



CHALMERS



BOREALIS

Keep Discovering

Förbättring av effektivitet och kapacitet hos Borealis AB

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi & Produktionsteknik

ERIC REHNBERG
JOEL TORBERNTSSON

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2024
www.chalmers.se

Förbättring av effektivitet och kapacitet hos Borealis AB

ERIC REHNBERG
JOEL TORBERNTSSON

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
Avdelning för Supply and Operations Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024

Förbättring av effektivitet och kapacitet hos Borealis AB

ERIC REHNBERG
JOEL TORBERNTSSON

© ERIC REHNBERG, 2024
© JOEL TORBERNTSSON, 2024

Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Bild på Borealis Group:s logo.

Göteborg, Sverige 2024

FÖRORD

Detta examensarbete omfattades av 15 hp och genomfördes under vårterminen 2024 vid Borealis AB i Stenungssund. Examensarbetet är den avslutande delen av programmet Ekonomi- och Produktionsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill börja med att tacka Borealis AB för möjligheten att genomföra vårt examensarbete i samarbete med dem. Det har varit både givande och intressant att få insyn i deras produktionsprocesser och att kunna applicera våra kunskaper. Därefter vill vi tacka vår handledare på Chalmers, Peter Almström för god stöttning och engagemang. Vi vill också tacka vår handledare på Borealis, Erik Lidberg och Björn Lundin för ett varmt välkomnande på företaget, vägledning och all hjälp under våren. Avslutningsvis vill vi lyfta samarbetet och engagemanget från alla inblandade parter på företaget, vars bidrag har värdefullt för vår studie. Vi vill särskilt tacka driftspecialist Boris Nikic och materialflödesplanerarna Ronnie Hjelm och Thomas Hjelm.

Göteborg, juni 2024

Eric Rehnberg
Joel Torberntsson

Göteborg, Sverige 2024

Förbättring av effektivitet och kapacitet hos Borealis AB

ERIC REHNBERG
JOEL TORBERNTSSON

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Denna rapport är utvecklad vid Borealis, en ledande industrianläggning inom plastlösningar. Målet med rapporten var att fokusera på förbättring av materialflödet vid en specifik packstation hos Borealis i Stenungssund. Genom att identifiera flaskhalsar och processer med potentiella förbättringsmöjligheter syftar rapporten att besvara vad som krävs för att öka kapaciteten vid packstationen. En kombination av kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder ligger till grund för rapporten som innehåller en litteraturstudie, en empirisk studie samt dataanalys. Detta har gett insikter om arbetsprocesserna och materialflödet. Genom att tillämpa en abduktiv forskningsmetod säkerställdes en analys som förstärkte förståelsen för studieresultatet. Studien resulterade i en nulägesbeskrivning vilket innehåller en översikt över packstationen och dess sammanhang till anläggningen. Vidare har en flödeskarta över anläggningen tagits fram samt information om materialflödet till och från packstationen. Det redogörs även för historisk data och dagens arbetsmetoder för att erhålla en holistisk syn. Analysen framställer potentiella anledningar till flaskhalsar och kapacitetsbegränsningar i materialflödet vid packstationen, vilket resulterade i konkreta förslag på förbättringar. Dessa inkluderar tekniska lösningar och processoptimeringar som syftar till att öka kapaciteter och minska driftstopp vilket förväntas bidra till betydande förbättringar i produktivitet. Slutligen presenterar rapporten en serie rekommendationer och lämpliga studier som utvecklas utifrån denna rapport.

Nyckelord: Processutveckling, Materialhantering, Flaskhalsar, Produktionseffektivitet, Kapacitetsplanering

ABSTRACT

This report, developed at Borealis, a leading industrial facility specializing in plastic solutions, focuses on improving material flow at a specific packing station in Stenungssund. By identifying bottlenecks and processes with potential for improvement, the report aims to address the requirements to increase the capacity at the packaging station. A combination of qualitative and quantitative research methods forms the basis of the report, which includes a literature review, an empirical study, and data analysis. This has provided insights into the work processes and material flow. By applying an abductive research method, an analysis was ensured that enhanced the understanding of the study results. The studies resulted in a description of the current state of the packaging station, which contains an overview of the packing station and its context within the facility. Furthermore, a flow chart of the facility has been developed, as well as information on the material flow to and from the packing station. Historical data and current work methods are also described to obtain a holistic view. The analysis presents potential reasons for bottlenecks and limitations in capacity in the material flow at the packing station, which resulted in concrete suggestions for improvements. These include technical solutions and process optimizations aimed at increasing capacities and reducing downtime, which are expected to contribute to significant improvements in productivity. Finally, the report presents a series of recommendations and suggests further studies that can be developed from this report.

Keywords: Process Development, Material Handling, Bottlenecks, Production Efficiency, Capacity Planning

Terminologi

<i>PE:</i>	Polyetenplast
<i>HDPE:</i>	Högdensitetpolyeten
<i>LDPE:</i>	Lågdensitetpolyeten
<i>MTBF:</i>	Mean Time Between Failure
<i>MTTR:</i>	Mean Time To Repair
<i>MTTW:</i>	Mean Time To Wait
<i>MDT:</i>	Mean Down Time
<i>OEE:</i>	Overall Equipment Effectiveness
<i>AGVS:</i>	Automatic Guided Vehicle System
<i>ERP:</i>	Enterprise Resource Planning
<i>MHOM:</i>	Material Handling Operability Monitoring
<i>MES:</i>	Manufacturing Execution System
<i>SSCC:</i>	Serial Shipping Container Code

Innehållsförteckning

Terminologi.....	2
1 Inledning	7
1.1 Bakgrund av fallföretag	7
1.2 Syfte	7
1.3 Avgränsningar.....	8
1.4 Problemformulering.....	8
2. Teori.....	10
2.1 Processer	10
2.2. Produktionseffektivitet.....	10
2.3 Flaskhalsar	11
2.3.1 Mänskliga faktorer på flaskhalsar.....	12
2.4 Ständiga förbättringar	13
2.5 Standardiserade arbetsmetoder	14
2.6 Förändringsmotstånd.....	14
2.7 Kapacitetsplanering.....	14
2.7.1 Dimensionering av produktionskapacitet	15
2.7.2 Kapacitetsbalansering	15
2.7.3 Kapacitetsstrategier.....	15
2.8 Materialstyrning.....	16
2.8.1 Materialflöde.....	17
2.8.2 Driftsäkerhet	17
3. Metod	18
3.1 Vetenskapliga synsätt.....	18
3.1.1 Forskningsmetoder.....	18
3.2 Empiri	18
3.2.1 Observationer.....	19
3.2.2 Intervjuer.....	19
3.2.3 Litteraturstudie	19
3.3 Datainsamling	19
3.3.1 Affärssystem	20
3.3.2 MES-System	20
3.3.3 Användning av data	21
3.4 Metodreflektion.....	21
3.4.1 Källkritik	21
3.4.2 Validitet.....	21
3.4.3 Reliabilitet.....	22
4. Nulägesbeskrivning.....	23

4.1 Flödeskarta.....	23
4.1.1 Materialflöde från fabrik.....	23
4.2 Västra packstation.....	24
4.2.1 Materialflöde till västra packstation.....	24
4.2.2 Vid västra packstation.....	25
4.2.2.1 Packprogram	26
4.2.2.2 Materialflöde Container – P100.....	26
4.2.2.3 Materialflöde Silo – P120 & P140.....	27
4.2.3 Materialflöde från västra packstation.....	28
4.3 Kapacitet hos packmaskinerna.....	29
4.3.1 Packmaskin P100.....	29
4.3.2 Packmaskin P120.....	30
4.3.3 Packmaskin P140.....	31
4.4 Identifierade begränsningar	31
4.4.1 Flaskhalsar	31
4.4.2 Driftstopp.....	32
4.4.3 Omställningar.....	34
5. Analys.....	36
5.1 Analys av kapaciteter.....	36
5.1.1 Förbättring av produktionseffektivitet.....	38
5.2 Analys av begränsningar.....	39
5.2.1 Cykeltider.....	39
5.2.2 Störningsanalys.....	40
5.2.3 Material.....	44
5.2.4 Mänskliga faktorer.....	46
5.3 Analys av potentiell produktionsvolym.....	47
5.3.1 Volymberäkningar	48
5.3.2 Begränsningar vid potentiell produktionsvolym.....	48
5.3.2.1 Trender.....	48
5.3.2.2 Produktionskrockar	48
5.3.2.3 Tillgänglighet.....	48
5.3.2.4 Målkonflikter	49
5.4. Identifierade lösningsförslag.....	49
5.4.1 Treskiftsarbete.....	50
5.4.2 Implementering av ny produktionslina	50
6. Diskussion.....	52
6.1 Jämförelse med andra studier.....	52
6.2 Metoddiskussion	53

6.3 Obesvarade undersökningar.....	53
6.4 Rapportens bidrag till hållbarhets samt etikaspekter	54
7. Slutsats	55
7.1 Rekommendationer och fortsatta studier	55
Litteraturförteckning.....	57

1 Inledning

Detta avsnitt innehåller en inledning till fallföretaget Borealis AB. Dispositionen av denna är att läsaren börjar med att få en bakgrund till företaget, vilket sedan följs av rapportens syfte. Därefter kommer problemformuleringen med de centrala frågeställningarna och avgränsningar för rapporten.

1.1 Bakgrund av fallföretag

Borealis AB är en av världens ledande företag inom innovativa plastlösningar. Produkterna som de tillverkar ingår i produkter som används till bland annat infrastruktur, energitransport, information, vatten och mat över hela världen (Borealis, 2024). Borealis i Stenungssund är Sveriges enda tillverkare av polyetenplast (PE), och är den näst största tillverkaren av polyolefin i Europa. I Stenungssund består Borealis av tre sorters anläggningar. Den första är krackeranläggningen, som använder råvaror från raffinaderier som etan, propan, butan, råbensin eller olika typer av bioråvara för att utvinna eten samt propen. Dessa är vanliga råvaror för tillverkning av plast. Produkterna från krackeranläggningen går sedan vidare till den andra anläggningen som är polyetenanläggningen. Vid denna anläggning tillverkas olika typer av PE-plast. Den tredje anläggningen är Borealis Innovation Center, där cirka 100 personer arbetar dagligen med att utveckla material och lösningar (Borealis, 2023).

På polyetenanläggningen i Stenungssund ansvarar Site Logistics bland annat för materialflödesplanering, packning, lagring och transport av producerat material. Den totala kapaciteten vid polyetenanläggningen är 750 000 ton per år (Borealis, 2024). Vid polyetenanläggningen tillverkar Borealis granulat av polyeten. Dessa är högdensitetspolyeten (HDPE) samt lågdensitetspolyeten (LDPE), varav tillverkningen av dessa sker vid olika fabriker inom polyetenanläggningen. Anledningen till att det är olika fabriker som finns inom polyetenanläggningen är för att HDPE och LDPE är olika sorters termoplast, samt för att undvika många övergångar i fabriken beroende på vilka tillsatsmedel som används för HDPE eller LDPE. Därför finns det specifika fabriker där HDPE tillverkas, och fabriker där LDPE tillverkas. HDPE tillverkas vid Borealis lågdensitetsfabriker och LDPE tillverkas vid deras högdensitetsfabriker. De karaktäristiska produkt dragen som LDPE innehar är att den är ett mjukare material med en hög duktilitet. HDPE är ett hårdare material med en högre motståndskraft som kan stå emot kemikalier och UV-strålning. Detta gör att HDPE lämpar sig bättre i krävande miljöer än LDPE.

Efter att materialet har blivit framställt som granulat i någon av fabriken, kan materialet packas i olika format. Antingen kan materialet lastas i bulk (förklaras senare i rapporten), oktabiner som är en 8-sidig låda, eller 20 eller 25 kg säckar vid någon av packstationerna inom polyetenanläggningen. Det är här som denna rapport är inriktad mot, där färdigt material från fabriken anländer till en av deras packstationer, västra packstation. Vid västra packstation är det främst granulat av HDPE som packstationen hanterar, men olika varianter av den. Dessa är material 1, material 2, material 3a och material 3b. Dessa skiljer sig åt gällande densitet, applikationsområden, vilka tillverkningsprocesser de är lämpliga för, smältpunkter, med mera. På grund av detta, måste Borealis säkerställa att materialen inte är kontaminerade, vilket också kommer att förklaras med detaljerat senare i rapporten.

I dagsläget är många utvecklingsprojekt på gång inom Borealis samtliga anläggningar, vilket kommer att påverka Site Logistics på olika sätt. Ett av dessa utvecklingsprojekt är att Borealis har planer att öka sin volym på sikt. På grund av detta vill Borealis ha hjälp med att göra en kartläggning av de materialflödena från fabriken till västra packstation inom polyetenanläggningen.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att kartlägga nuvarande flöde som berör västra packstation, dess begränsningar, samt att identifiera flaskhalsar som behöver elimineras för att möta framtida ökat kapacitetsbehov. Detta kommer

att göras genom en nulägesanalys. Analysens syfte kommer därmed vara att ingående undersöka flera olika kritiska aspekter av materialhanteringen.

Syftet är också att formulera förbättringarna för att öka produktiviteten och minimera arbetsstörningarna. Vissa förslag kommer kräva investeringar för långsiktiga fördelar. Rekommendationerna kommer att grunda sig på mätbara faktorer som tidsbesparingar, ökad driftsäkerhet, produktivitetshöjning och sparade kostnader. Fokus ligger därför på att skapa mätbara fördelar för företag.

1.3 Avgränsningar

Studien i denna rapport begränsar sitt fokus till materialflödet som berör västra packstationen vid Borealis Stenungssund och inkluderar inte översyn av andra produktionsprocesser eller packstationer. Det kommer dock tas hänsyn till dagens situation inom organisation och befintlig utrustning.

Förslag på förbättringsarbete kommer att hålla sig oberoende av finansiella aspekter, exempelvis prisförslag för maskininvestering. Avgränsningar kommer också göras mot hur flödet kommer påverkas under implementeringen av investeringarna och övriga investeringskostnader för ett eventuellt implementeringsarbete.

1.4 Problemformulering

Enligt Holweg et.al (2018) är variation ett fenomen som existerar i samtliga processer inom produktion och produktionsplanering. En typ av variation kan vara mellan arbetsstationer där stationernas cykeltider kan variera mycket eller litet. En annan typ av variation kan komma från kunder med bland annat kraftigt skiftande beställningsvolymerna samt vid oregelbundna tillfällen (s.84–88). Dessa olika typer av variation sätter i sin tur begränsningar på hela värdekedjan, och därför är det viktigt att identifiera och åtgärda dessa. Därmed kommer olika typer av begränsningar samt flaskhalsar, att ligga i fokus under studiens gång.

Vid Borealis anläggning observeras flera variationer som påverkar materialflödet. Specifikt variationer i partistorlekar för olika typer av plastgranulat bidrar till skillnader i materialflödet. Dessa partistorlekar påverkar både mängden material som ska paketeras och hur det hanteras vid ankomst till packstationen. Utöver detta transporteras och lagras granulatet på olika sätt. En del av granulatet förvaras i containrar medan annat förvaras i silos, vilket leder till att material ankommer till västra packstationen på olika sätt. Dessa olika metoder för intern transport och lagring bidrar ytterligare till variationen i hur material hanteras vid packstationen. Utöver detta, spelar även mänskliga faktorer in i materialflödet.

En viktig egenskap i effektiviteten av ett materialflöde är dess driftsäkerhet. Enligt Bergman och Klefsjö (2020) handlar driftsäkerhet i sig om förmågan hos en enhet att kunna utföra krävd funktion under givna förhållanden vid en given tidpunkt eller tidsintervall. I sin tur karakteriserats driftsäkerhet av dess underliggande faktorer såsom underhållsmässighet, underhållssäkerhet samt funktionssäkerhet (Bergman & Klefsjö, 2014, s.304–305).

Med anledning av planerade utvecklingsprojekt i den producerande anläggningen av företaget, kan en precisering av en frågeställning härledas från kartläggning av materialflödet vid nuvarande produktionsvolym samt en eventuell ökning av detta. Detta lägger grund till att följande frågeställningar preciseras som:

- Vilka utmaningar, eller flaskhalsar, kan identifieras eller existerar inom materialhanteringen för västra packstation?

Utöver att göra en nuvarande kartläggning av materialflödet är det väsentligt att utifrån nulägesanalysen kunna identifiera möjliga åtgärdsförslag som kan leda till att materialflödet blir effektivare. Med anledning av detta, har följande frågeställning tagits fram som lyder:

- Hur kan materialhanteringen effektiviserats och vilka åtgärder behövs implementeras?

2. Teori

Denna del innehåller relevant teori för rapporten. Den teori som följande avsnitt behandlar är hur olika begrepp, arbetsmetoder och tankesätt fungerar i en produktionskontext. På detta sätt kan läsaren få en grundläggande förståelse för ämnesområdet. Teorin utgör även en viktig beståndsdel för nulägesbeskrivningen samt analysen av nulägesbeskrivningen.

2.1 Processer

Enligt Holweg (2018) grundar sig allt arbete i processer. Om man bryter ner en process till dess simplaste form, är en process en sekvens av aktiviteter som förvandlar råvara till en service eller produkt genom förädling. Förädlingen kan också leda till att det matas ut icke-önskvärda restprodukter som utsläpp och slöseri.

Produktionsresurserna som går igenom en process är material, komponenter, arbetskraft och kapital. Material och komponenter tas in från en extern organisation medan arbetskraft utvecklas internt, vilket bidrar till ett mänskligt kapital. Energiåtgång för att driva processer, informationsflödet och ekonomisk kapital är olika kategorier av inflöden till processer. Vid transformationsfasen i en process tillförs resurser vilket är värdeadderande.

Utflödet förser en slutprodukt eller signalerar att syftet är tillfört. Hur väl processen har presterat kan mätas genom prestationsmättet produktivitet. Produktivitet är ett viktigt mått inom en process, eftersom det mäter förhållandet mellan inflödet och utflödet i en process (Holweg, 2018).

På ett producerade företag, men också inom processindustrier binds arbetet samman av genomgående processer. Vanligtvis spänner sig processer över olika avdelningar, det är därför viktigt att se över processer inom olika upplösningar eller nivåer. Dock, finns det olika risker som bör ses över på respektive nivå. På den mest övergripande nivån som behandlar hela värdeflödeskedjan är det av störst vikt att undvika kedjeeffekter. På den lägsta nivån, bör fokuset vara på individuella maskiner så att företaget inte suboptimerar en maskin i förhållande till en annan maskin. Detta för att minimera risken för ojämnheter i det totala flödet. Suboptimering är vanligt på mikronivå på grund av att man saknar ett helhetsperspektiv (Holweg, 2018).

2.2. Produktionseffektivitet

Stamatis (2017) förklarar hur Overall Equipment Effectiveness (OEE) används som ett vanligt mått inom tillverkningsindustrin för att bedöma användningen av tid, material och resurser i produktionsprocesser. På så sätt kan företag mäta hur väl en tillverkande process presterar, mot vad den är designad att prestera (s.23–24). Almström et al. (2016) menar att med ökad digitalisering i industrin är det allt vanligare att företag investerar i MES-system (Manufacturing Execution System) för att möjliggöra mätning och uppföljning av nyckeltalet OEE (s.1–2). MES är ett system som används för att övervaka och styra tillverkningsprocesser på golvnivå, vilket vidare kan förbättra produktiviteten och effektivisera produktionsledningen.

OEE analyserar tillverkningsprocessens prestation genom tre mätbara faktorer: Tillgänglighet, Anläggningseffektivitet och Kvalitetsutbyte. Varje faktor identifierar specifika förbättringsområden. Nyckeltalet för OEE beräknas genom att multiplicera dessa tre prestationsfaktorerna (Stamatis, 2017, s.23–24). Genom att använda sig att de tre mätbara faktorerna, hjälper de till att identifiera de sex största produktionsförlusterna, som kan ses närmare i tabell 2.1 (Almström et.al, 2016).

Kvalitetsutbyte	Minskad andel av accepterade produkter. Ökning av defekta enheter och omarbete.
Anläggningseffektivitet	Ökning av tomgång och småstopp. Ökad skillnad mellan ideal och verklig cykeltid
Tillgänglighet	Ökning av haverier. Ökning av omställningar och justeringar.

Tabell 2.1: Sex stora förlusterna inom produktion

Tillgänglighetsfaktorn i nyckeltalet OEE visar hur stor del av tiden en tillverkningsprocess är tillgänglig. Denna tillgänglighet påverkas av flera faktorer, såsom tillverkningsprocessens tillförlitlighet och hur ofta maskiner havererar. Den påverkar också tillverkningsprocessens underhållsmässighet, med hur lätt det är att utföra underhåll och reparationer. För att maximera tillgängligheten planeras underhåll noggrant så att det inte stör produktionen mer än nödvändigt (Stamatis, 2017, s.25; Almström et.al, 2016).

Anläggningseffektiviteten representerar prestationen av hastigheten för en tillverkningsprocess. Det vill säga, hur mycket tillverkningsprocessen kan generera jämfört med dess designkapacitet. Denna prestationsfaktor tar inte till hänsyn till kvalitetsaspekter som antal defekta artiklar eller en tillverkningsprocess tillgänglighet. Prestationsfaktorn handlar enbart om att jämföra den faktiska produktionen med den designade kapaciteten (Stamatis, 2017, s.26; Almström et.al, 2016).

Kvalitetsutbytesfaktorn i nyckeltalet OEE representerar andelen enheterna som uppfyller de acceptabla nivåerna enligt kundspecifikationer eller etablerade standarder. Denna faktor utgör en del av det totala antalet producerade enheter (Stamatis, 2017, s.26; Almström et.al, 2016).

2.3 Flaskhalsar

I en optimerad produktionsprocess börjar man med att skapa ett drag genom verkstaden, vilket innebär att resurser längs med materialflödet systematiskt är utrustade med gradvis ökande överkapacitet. Detta skapar en progressiv beredskap för att hantera leveranser från föregående steg i produktionskedjan. Enligt denna princip är det strategiskt fördelaktigt att placera flaskhalsar tidigt i produktionsflödet. Detta tillvägagångssätt säkerställer att efterföljande aktiviteter kan bibehålla stabila ledtider, eftersom varken planerade eller oplanerade köer förväntas uppstå. När flaskhalsen positioneras längre från den initiala operationen, ökar sträckan som saknar successivt ökande överkapacitet, vilket resulterar i minskad förutsägbarhet av ledtider. Denna princip är avgörande för att upprätthålla effektivitet och förutsägbarhet genom hela produktionsflödet (Olhager, 2013, s. 160).

Flaskhalsar är en resurs i en produktionsprocess som används mer än eller lika med 100% av dess belägningsgrad. Detta innebär att resursen inte kan producera det behov som efterfrågas, varav det kan klassificeras som en kritisk resurs i en produktionskedja. Därför bör flaskhalsarna utnyttjas till 100%, där tanken är att en förlorad timme i en flaskhals är detsamma som en förlorad timme för hela produktionssystemet. För att erhålla korta genomloppstider och högre omsättningshastighet måste denna tanke således följas (Olhager, 2013, s.336–337). Enligt Slack (2019) bestämmer flaskhalsen takten för flödet. På grund av att flaskhalsarna sätter takten för produktionssystemet är det rimligt att lagervålla resurser framför den för att den alltid ska ha något att arbeta på (s.344). Scheman bör fastställas genom att titta på alla begränsningar samtidigt. Det svåra är att skapa scheman enligt en enkel uppsättning regler för

flaskhalsar och begränsningar inom komplexa system. Därför måste alla begränsningar beaktas tillsammans (Slack, 2019, s.539)

Enligt Olhager (2013) kan flaskhalsar även vara av andra slag än just statiska maskiner som begränsar kapaciteten i produktionssystemet. Flaskhalsar kan även vara av dynamisk natur med att exempelvis tillgången på råmaterial är begränsad, eller variation i efterfrågan av ett företags produkter (s.159). En följd av dynamiska flaskhalsar är exempelvis "Bull-whip" effekten. Det är ett fenomen som förklarar tendensen hos leveranskedjor att förstärka relativt små förändringar på efterfrågesidan av en leveranskedja så att störningen i leveransändan av kedjan är mycket större. Detta gäller även interna flöden. En väl använd strategi för att undvika "Bull-whip" effekten är att koordinera sina aktiviteter. Vilket gör värdeflödet mindre störningskänsligt (Slack, 2019).

Flaskhalsar kan också vara en följd av variation. Likadant som flaskhalsar kan variation finns i alla processer och kan inträffa i kvalitet, volym och tid. Variation leder bland annat till sysslolöshet för maskiner som gör att man producerar mindre än vad som är möjligt i praktiken (Holweg, 2018). Variationer dränerar också kapacitet genom att även skapa behov av omarbete, hantering av avfall och korrigering av kvalitetsproblem. Därför är det viktigt att i arbetsprocesser identifiera och minska källor till variation för att öka den effektiva kapaciteten (Matthias Holweg, 2018). För att hantera oförutsägbarheten som variationer för med sig, bör processer konstrueras med en viss överkapacitet och flexibilitet. Detta kan innebära användande av buffertar och en medveten obalans mellan processer, vilket är metoder för att mildra de omedelbara effekterna av variation. Även om dessa buffertar är kritiska för att hantera variation, indikerar deras närvaro att processen inte opererar så effektivt som möjligt. Därför bör deras användning vägas mot kostnaden för ökad kapacitet. Att processer ofta är överdimensionerade med kapacitet för att kompensera för variation, är en viktig insikt i arbete med processförbättring. Genom att minska variationerna kan man minska behovet av överdimensionering och därmed sänka kostnader och öka genomflödet.

Petersson (2015) argumenterar för att effektiv förändring bör styras genom att uppmärksamma avvikelser från etablerade normer och processer. En kultur ska uppmuntra till kontinuerliga små förändringar och genom att systematiskt adressera dessa avvikelser, bidrar till en mer dynamisk och inkluderande förbättringsprocess. En strategi som fokuserar på endast de mest betydelsefulla avvikelserna kan visa sig vara ineffektiv, då större problem ofta kräver längre tid att åtgärda. Vilket kan minska motivationen för förbättringsarbete. Effektiviteten i förbättringsprocessen optimeras genom att ta itu med både små och stora avvikelser. Det framhävs att inga avvikelser är för obetydliga för att analyseras och åtgärdas.

Avvikelser i produktionen kan ha en direkt inverkan på effektiviteten och prestandan hos produktionssystemet, vilket gör det nödvändigt att hantera dem på ett adekvat sätt (Jon Bokrantz, 2016)

2.3.1 Mänskliga faktorer på flaskhalsar

I artikeln "Performance and utilization factors for manual and semi-automated work" betonar Almström (2013) vikten av att fokusera på produktivetsförbättringar för att kunna strategiskt angripa och minimera mänskliga flaskhalsar. Almström (2013) påpekar att produktiviteten för en specifik aktivitet kan ökas genom förbättrade metoder, högre prestanda, samt förbättrad nyttjandegrad (s.2). Flaskhalsar eller begränsningar som den mänskliga faktorn skapar i en produktionskontext kan vara av både statisk och dynamisk natur.

Metodfaktorn (M) beskriver flaskhalsar som orsakas av suboptimala arbetsmetoder eller arbetsflöden. Dessa kan inkludera ineffektivt placerade material, brist på verktyg eller dåligt designade arbetsstationer som kräver onödiga rörelser eller åtgärder från arbetarna. För att förbättra metoder kan man omstrukturera arbetsplatsen eller införa effektivare tekniker för att utföra arbetsuppgifterna, sådana förbättringar kan minska den idealiska cykeltiden och därmed öka produktiviteten.

Prestandafaktorn (P) avser till hur snabbt arbetsuppgifterna utförs jämfört med den idealiska cykeltiden. En flaskhals kan uppstå på grund av teknikers bristande färdigheter eller att de inte arbetar i rätt hastighet. Det kan bero på otillräcklig träning, låg motivation eller fysiska begränsningar. Att adressera dessa frågor kan kräva utbildningsprogram, motivationshöjande åtgärder eller anpassning av arbetsuppgifterna efter arbetarnas kapacitet.

Utnyttjandefaktorn (U) avser andelen av arbetstiden som faktiskt används för att utföra de arbetsuppgifter som planerats. Flaskhalsar i denna kategori kan inkludera långa inställningstider, frekventa avbrott, överflödigt personaltid och väntetider på material eller maskiner. Ett exempel på detta är när ett oväntat maskinfel gör att tekniker måste vänta på reparationer, vilket förhindrar dem från att utföra sitt arbete, vilket skapar en dynamisk flaskhals. Dessa problem kan adresseras genom att optimera schemalaggnings, minska störningar och bättre balansera arbetsbelastningen.

I den utökade ekvationen nedanför definieras produktivitet i en mer detaljerad form. Vidare förklaring av variablerna hänvisas till tabell 2.2.

	Variable	Definition
P	Personal performance rate (P_P)	The personal performance rate is affected by the individual's physical ability and his or her motivation to work at a high speed (relative the MTM norm), independent of work task.
	Skill based performance rate (P_S)	The skill based performance rate is the individual's speed at performing a specific work task depending on the training and the experience the individual has for the task.
U	Need based utilization rate (U_N)	The need based utilization rate depends on the need for relaxation and personal time. It is often regulated by agreements at the work place. It includes paid breaks and losses before and after a break.
	System design utilization rate (U_S)	The system design utilization rate is defined as the balance losses designed into the system. It can be balance losses on an assembly line as well as losses in a semi-automated work station.
	Disturbance affected utilization rate (U_D)	Disturbance affected utilization rate corresponds to the losses caused by different random disturbances. It includes the lost time from discovery of the disturbance until the work is performed at full speed again.

Tabell 2:2 Definition av variabler som påverkar produktivitet (Almström, 2013)

$$\text{Productivity} = M \times P_P \times P_S \times U_N \times U_S \times U_D$$

Figur 1: Formel för att mäta produktivitet

Formeln för produktivitet som illustreras ovan är produkten av hur olika komponenter av arbetsprocesser och resurshantering tillsammans påverkar den totala produktiviteten.

2.4 Ständiga förbättringar

Ständiga förbättringar innebär kontinuerligt arbete för att förbättra produkter, processer och övriga förhållningssätt. Detta studie syftar till att höja effektivitet, produktivitet och andra viktiga mått genom små, inkrementella förändringar.

En metod för ständiga förbättringar är den iterativa PDCA-cykeln. Denna metod är en flexibel och dynamisk metod som uppmuntrar till ständigt lärande och förbättringar genom att iterativt testa och justera processer.

Den första bokstaven i metoden står för Planera (Plan). Här identifieras ett problem eller en möjlighet till förbättring, och det planeras in förändringar som kan leda till förbättringar. Detta innefattar att samla in data, definiera problemet tydligt, och utveckla hypoteser om som kan vara orsaka problem, samt planera lösningar eller förbättringar (Nigel Slack, 2019, s. 556)

Den andra bokstaven står för Göra (Do). Här implementeras planen från det föregående steget i PDCA-cykeln på en kontrollerad, begränsad skala för att testa om förändringarna leder till förbättringar. Detta skede innebär att genomföra de planerade förändringarna, samla in data för att se effekten av dessa förändringar, och dokumentera eventuella problem eller avvikelser som uppstår under processen (Nigel Slack, 2019, s. 556)

Den tredje bokstaven står för Kontrollera (Check). Här utvärderas resultaten av föregående steg för att se om de önskade förbättringarna uppnåddes. Detta skede innebär att jämföra samlad data före och efter genomförandet för att se om förbättringarna hade den önskade effekten, samt att identifiera avvikelser. (Nigel Slack, 2019, s. 556)

Den sista bokstaven i PDCA-cykeln står för Agera (Act). Här handlar det om att vid ett positivt resultat som bygger från föregående steg, implementeras förändringarna i större skala. Om resultaten inte var som förväntat, börjar cykeln om med ny kunskap om vad som kan förbättras. Detta skede handlar om att standardisera framgångsrika förändringar och implementera dem på bredare front inom organisationen, eller, om förbättringarna inte uppnåddes, att justera och förfina planen baserat på vad som lärt under cykeln och sedan testa igen (Nigel Slack, 2019, s. 556)

2.5 Standardiserade arbetsmetoder

Enligt Liker (2021) är standardiserade arbetsmetoder en grundläggande princip. Dessa metoder syftar till att skapa en högkvalitativ, effektiv och förutsägbar produktionsprocess. Genom att standardisera arbetsuppgifter och procedurer säkerställs att varje arbetare vet exakt vad som förväntas och hur uppgiften ska utföras på det mest effektiva sättet. Detta bidrar till minimering av variationer i produktionen, vilket i sin tur leder till färre fel, lägre kostnader och högre produktkvalitet. Standardiseringen innebär att varje arbetsmoment är noggrant definierat och skriftligt dokumenterat med detaljerade instruktioner. Detta omfattar tydliga arbetsflöden som säkerställer att varje steg utförs i rätt ordning och vid rätt tidpunkt, vilket optimerar arbetsflödet och minimerar onödiga tidsförluster.

2.6 Förändringsmotstånd

Förändringsmotstånd i organisationer är en naturlig respons när individer eller grupper står inför nya förändringar. Detta motstånd kan uppstå på grund av rädsla för det okända, förlust av kontroll, bristfällig kommunikation eller en känsla av att förändringarna hotar ens position eller arbets säkerhet (Jacobsen & Thorsvik, 2019). Motståndet kan leda till minskad produktivitet och arbetsmoral, samt störa den dagliga verksamheten.

För att hantera förändringsmotstånd effektivt är det viktigt med tydlig kommunikation och att engagera medarbetarna i förändringsprocessen. Stöd och utbildning är också viktiga för att hjälpa personalen att anpassa sig till de nya förutsättningarna.

2.7 Kapacitetsplanering

Jonsson & Mattsson (2016) klargör att för att åstadkomma värdet förädlning i tillverkande företag krävs produktionsresurser av olika slag. Hur väl dessa produktionsresurser presterar i att åstadkomma värdet förädlning mäts i form av kapacitet. Att ett företag besitter en viss

produktionskapacitet är förknippat till kostnader som uppkommer även om resursen används eller inte. Det är även förknippat med förlust av intäkter om det finns en större efterfrågan än vad befintliga resurser kan tillverka. Därför är det av intresse att balansera tillgången av kapacitet mot behov av kapacitet. Att utföra aktiviteter som gör just detta kallas för kapacitetsplanering och är aktuell inom alla nivåer inom ett producerande företag (s.350).

2.7.1 Dimensionering av produktionskapacitet

För att avgöra vad för sorts kapacitet som behövs i produktionen är det nödvändigt att prognostisera eller bedöma den framtida efterfrågan enligt Jonsson & Mattsson (2016). Vidare menar författarna att det verkliga utfallet från produktion från en given kapacitet beror på flera faktorer. Det kan vara faktorer som har med produktionssystemets struktur att göra eller hur kapacitetsdimensioneringen har utförts (s.234).

Vid val av, samt dimensionering av produktionsresurser, finns det i huvudsak två strukturer för att uppnå en önskad nivå av produktionskapacitet. En av dem är Singel struktur. Det innebär att en, och endast en, produktionsresurs eller produktionslina har kapacitet nog att möta efterfrågan. Den andra är en Parallell struktur. Denna struktur innebär att det finns flera mindre produktionsresurser eller produktionslinor, som tillsammans har kapacitet nog att möta efterfrågan. Traditionellt har en singel struktur varit valet för de flesta producerande företag. Detta eftersom det möjliggör i större utsträckning en högre grad av automatisering samt lägre styckkostnader. Dock ligger dess svaghet i flexibilitet samt känslighet för störningar. Därför har parallell strukturen utvecklats, som inte är lika känslig för störningar och har en högre grad av flexibilitet vid en ökning eller minskning av kapacitetsbehov (Jonsson & Mattsson, 2016, s.234–235).

2.7.2 Kapacitetsbalansering

Att dimensionera produktionsresurser som leder till att alla produktionsgrupper och arbetsplatser blir lika mycket utnyttjade är en svår uppgift. Detta eftersom det beror på ett flertal faktorer, såsom variationer inom behovskvantiteter och tillverkningsstider och störningar i produktion och inleveranser av exempelvis material. Därför kan det vara fördelaktigt att avsiktligt skapa en viss obalans mellan olika kapaciteter inom produktionen. För att i möjligaste mån få ett ostört materialflöde, är det därför en bra idé att dimensionera för högre kapacitetstillgång i slutet av en förädlingskedja. På så sätt kan förseningar på grund av störningar i tidigare förädlingssteg tas igen och därmed skapas ett sug genom produktionen (Jonsson & Mattsson, 2016, s.237).

En annan metod för kapacitetsbalansering bygger från filosofin ”Theory of Constraints”. Enligt denna bör planering av produktion ske utifrån att obalanser existerar i kapaciteter, och att identifiera var i produktionssystemet som de trånga sektionerna med lägre kapaciteter existerar. Den trånga sektionen är således den begränsade faktorn i hur mycket som ett produktionssystem kan producera. Enligt ”Theory of Constraints” bör man därför sträva att i största möjliga utsträckning säkerställa att den trånga sektionen har en utnyttjandegrad på 100%, och undvika att det uppstår produktionsstörningar och brist på utgångsmaterial vid denna sektion. Utnyttjandet av övriga sektioner ska enbart utnyttjas i den utsträckning som krävs för att motsvara de volymer som den trånga sektionen kan producera (Jonsson & Mattsson, 2016, s.238–239).

2.7.3 Kapacitetsstrategier

Alla företag upplever både upp- och nedgångar i efterfrågan för deras produkter eller tjänster enligt Jonsson & Mattsson (2016). Kortsiktigt kan sådana variationer i efterfrågan hanteras genom en flexibel lagerhållning. Dock, om lagerhållning inte är möjlig att göra, eller kan göras i tillräckligt stor omfattning, måste kapacitetstillgången utökas eller minskas. Det finns två grundläggande strategier för att anpassa kapacitetstillgången efter framtida behov. Den första strategin är en mer proaktiv strategi: leda-strategi.

Denna strategi handlar om att öka eller minska på kapaciteten innan efterfrågan ökar respektive avtar. Den andra strategin är följa-strategi. Denna strategi är mer av en reaktiv strategi, som bygger på att investeringar i ny kapacitet endast sker när en ändring av efterfrågan är konstaterad och verifierad (s.240).

Ohlager (2013) hävdar att om kapacitetsbegränsningar är framträdande i en produktion, bör det finnas ett planeringssystem som tar hänsyn till begränsningarna. Ett sådant planeringssystem baserar sig på cyklisk produktion. Denna metod är en kombinerad material- och kapacitetsplaneringsmetod som baserar sig på en stabil efterfrågan och bestämd produktmix över en längre period. Planeringen utgår från att säkerställa en ständig användning av den begränsade resursen. Produkterna planeras som en följd som upprepas ett bestämt antal gånger per år, kvartal eller månad. På sådant sätt kan produkter med ett högt volymvärde planeras in för en högre frekvens av produktion, jämfört med de som har lågt volymvärde. Den huvudsakliga fördelen med denna metod är att det blir ett jämnare flöde med kortare kötider, men även att det blir en utökad kontroll över kapitalbindning, lagernivåer, produkter-i-arbete (PIA) och genomloppstider (s.332–333).

Olhager (2013) menar även att företag i produktionssammanhang planera sina strategier utifrån flexibilitet. I ett produktionssammanhang är flexibilitet ett företags förmåga att anpassa sig till nya förändrade eller nya förhållanden snabbt. Vilket ska ske snabbt och till en låg kostnad. I en produktionskontext kan flexibilitet därför delas upp i två olika delar; produktmixflexibilitet samt volymflexibilitet (s.482). Produktmixflexibilitet är förmågan att då ändra typen av produkter och de relativa produktionskvantiteterna, medan volymflexibilitet är förmågan att öka respektive minska produktionsvolymerna vid en given produktmixflexibilitet (Olhager, 2013, s.55–56).

2.8 Materialstyrning

För producerande företag är det viktigt att fatta beslut om framtida aktiviteter som påverkar hur material används och flödar genom produktionen. Dessa beslut varierar i när de behöver tas – från de närmaste timmarna till flera månader eller kvartal framåt. Till exempel kan ett beslut som behöver tas inom några timmar handla om att planera in en ny produktionsorder. Däremot kan ett beslut som ser ett halvår framåt innebära en investering i en ny maskin.

Nivån av detaljer som krävs i dessa beslut varierar också. En omedelbar produktionsplanering kräver exakta uppgifter om volymer, medan en långsiktig investering kan baseras på ungefärliga volymsuppskattningar. I praktiken hanteras dessa beslut inom en hierarkisk struktur av planeringsnivåer, där de vanligaste nivåerna för tillverkande företag presenteras i tabell 2.3 (Jonsson och Mattsson, 2016, s.345–347).

<i>Planeringsnivå</i>	<i>Tidshorisont</i>	<i>Periodlängd</i>	<i>Planeringsobjekt</i>
Sälj- och verksamhetsplanering	1-2 år	Kvartal/månad	Produktgrupp
Huvudplanering	0.5-1 år	Månad/vecka	Produkt inom produktgrupp
Orderplanering	1-6 månader	Vecka/dag	Artikel ingående i produkt
Detaljplanering	1.5 veckor	Dag/timme	Operation tillhörande order på artikel

Tabell 2.3: Planeringsnivåer i tillverkande företag

Jonsson och Mattsson (2016) understryker att hantering av material i tillverknings- och inköpsprocesser innebär att bestämma kvantiteter och tidpunkter för att tillgodose aktuella behov och starta materialflöden. Målet är att styra dessa flöden till högsta operativ effektivitet samt kostnadseffektivitet. Detta innebär minimering av uppbundet kapital och maximering av leveransservice och resursutnyttjande. Om tillgången är mindre än vad som efterfrågas, måste nya tillverknings- och inköpsorder planeras in i materialflödet. Om

tillgången är större än vad som efterfrågas, måste planeringen justeras till att senarelägga redan inplanerade tillverknings- eller inköpsorder, eller att behoven kan påverkas, exempelvis genom försäljningskampanjer. Vid stora variationer mellan tillgång och efterfrågan kommer stora lager att byggas upp för att bibehålla leveransförmåga (s.304–305).

2.8.1 Materialflöde

Jonsson och Mattsson (2016) beskriver att materialhantering omfattar hanteringen och förflyttningen av material inom en anläggning. Designen av dessa system påverkas av flera faktorer, som inkluderar materialtyper, transportsträckor mellan olika punkter samt antalet platser för att avlämna och hämta material. För att hantera dessa variationer är det fördelaktigt att använda sig av materialhanteringssystem. För mer frekventa och standardiserade materialflöden är det mer vanligt att inkludera automatiska hanteringssystem som till exempel transportband, rörnätverk, truckar eller AGVS (Automatic Guided Vehicle Systems). För att veta vilket material som ska hanteras, samt vart det ska levereras behövs information. Denna information förmedlas genom en så kallad plockorder som i sin tur genereras av antingen en tillverkningsorder, lagerpåfyllnadsorder eller utleveransorder (s.75–79).

2.8.2 Driftsäkerhet

Bergman & Klefsjö (2020) resonerar att en viktig egenskap i en enhet, utrustning eller produktionslina är dess driftsäkerhet. Driftsäkerhetsbegreppet är ett begrepp som finns med i Svenska Standarder vars definition lyder (s.304):

” Driftsäkerhet är förmågan hos en enhet att kunna utföra en krävd funktion under givna förhållanden vid en given tidpunkt eller under ett givet tidsintervall under antagandet att erforderliga externa underhållsresurser tillhandahålls” (Svenska institutet för Standarder, 2000).

Därmed bestäms egenskaper inom driftsäkerhet utifrån funktionssäkerhet, underhållsmässighet samt underhållssäkerhet. Funktionssäkerhet är enhetens eller utrustningens förmåga att kunna utföra krävd funktion under givna förhållanden varav dess mätetal är MTBF (Mean Time Between Failure). Underhållsmässighet är ett mått på hur lätt det är att utföra reparationer på enheten eller utrustningen, varav denna uttrycks i MTTR (Mean Time To Repair). Underhållssäkerhet är mer kopplat till organisationens förmåga att tillhandahålla de resurser som krävs för att utföra underhållet. Ett mätetal för denna är MTTW (Mean Time To Wait) (Bergman & Klefsjö, 2020, s.305–306)

3. Metod

För att kunna ge svar till de centrala frågeställningarna som återfinns i avsnitt *1.4 Problemformulering* av denna rapport har det genomförts en litteraturstudie, observationer, inhämtning av historisk data, samt intervjuer. Metoden bakom dessa förklaras i följande avsnitt.

3.1 Vetenskapliga synsätt

Enligt Kristensson (2014) ska högre utbildningar vila på vetenskapliga grunder och ska präglas av ett vetenskapligt förhållningssätt. Vetenskap i sig påtalas som en syssla med målet att skapa ny kunskap, vilket ska införskaffas med hjälp av systematisk undersökning och kunskapens beläggning. Inom vetenskapsteori finns det två sidor, den deskriptiva, som framför allt fokuserar på vetenskapshistoria och dess sociologi, och den normativa som fokuserar på vilka vetenskapliga metoder är att föredra, och vetenskapsetik (Kristensson, 2014, s.32). Eftersom författarna av rapporten redan besitter vissa kunskaper och förståelse kopplat till frågeställningarna har rapporten baserat sig i huvudsak på normativa studier som har grundats utifrån perspektivet positivism. Detta vetenskapliga förhållningssätt har utgjort grunden vid insamlingen av empiri, samt vid litteraturstudien i denna rapport.

Perspektivet positivism härstammar från att vetenskap kan ha olika synsätt. Dessa synsätt representeras i tre olika fält; Positivism, Hermeneutik och Fenomenologi. Positivism grundar sig i att kunskap ska vara positivt vetande, och att detta var något som var säkert eftersom kunskapen baseras på systematiska observationer av verkligheten. Med erfarna observationer som samlas in empiriskt, och som sedan analyserats med hjälp av ett logiskt tänkande, kommer detta lägga sig som en grund för vetandet och kunskapsutvecklingen (Kristensson, 2014, s.34).

3.1.1 Forskningsmetoder

Abduktiv tillvägagångssätt, eller abduktion, innebär en iterativ process där teori och empiri växelverkar med varandra. Inom abduktion börjar man ofta med att observera en händelse, utvecklar en teori baserat på dessa observationer, och testar sedan denna teori genom ytterligare empirisk forskning (Walton, 2005, s.34). Det ska nämnas att en slutsats som dras genom abduktiv slutledning, är en intelligent gissning. Dock är det fortfarande en gissning, eftersom den är knuten till ofullständig bevisföring (Walton, 2005, s.11). När ny bevisning tillkommer kan gissningen visa sig vara felaktig. En av fördelarna med abduktion är att det är en flexibel metod som tillåter forskaren att anpassa sin teori och forskningsfrågor baserat på nya insikter som uppstår under forskningsprocessen.

Denna studie har följt ett abduktivt tillvägagångssätt. Teori har nödvändigtvis inte föregått empiri eller vice versa. Istället har de genomförda intervjuerna bidragit till en ökad teoretisk förståelse, samtidigt som en växande teoretisk förståelse har bidragit till att formulera mer precisa och relevanta intervjufrågor. Rapporten inleddes med en litteraturstudie för att skapa en grundläggande förståelse av ämnet, följt av intervjuer för att testa och förfina denna förståelse. Baserat på information från intervjuer, anpassades och fördjupades den teoretiska kunskapen ytterligare, vilket bidrog till en mer omfattande förståelse av ämnet i denna rapport.

3.2 Empiri

Följande avsnitt behandlar den empiriska delen av studien, som baseras på observationer, intervjuer och litteraturstudier. Observationer gjordes vid produktionsanläggningen för att dokumentera processer och identifiera flaskhalsar. Intervjuer med nyckelpersoner inom Borealis gav djupare förståelse för verksamheten. Litteraturstudier kompletterades med teoretiska perspektiv för att stödja analysen.

3.2.1 Observationer

Empirin bygger på observationer och intryck, där Saunders. M et. al. (2009) beskriver observationer som värdeadderande element i samband med forskningssyften. I huvudsak bygger observationer på en systematik som går ut på att dokumentera, beskriva, analysera och tolka vad människor eller processer gör under en given tidpunkt eller tidsintervall. Observationer kan delas in i två huvudområden; deltagande observationer som bygger på en kvalitativ natur, samt systematisk observation som bygger på en kvantitativ natur med statistisk analys (Saunders. M et. al., 2009 s.283). I denna rapport har observationer av produktionsflödet, processer, effektivitet och tidsåtgångar observerats genom studiebesök i anläggningen.

Under observation av produktionslinorna har manuella tidmätningar genomförts för att fastställa cykeltider och genomloppstider av processer på produktionslinorna. Processerna som omfattades av tidmätningen var packmaskinerna, transportbandet, pallastaren och inhuvaren. Processer illustreras senare i figur 4.4 som återfinns i avsnitt 4.2.2 *Vid västra packstation*. För de övriga funktionerna som finns vid produktionslinorna, gjordes det inga tidmätningar eftersom dessa hade en väldigt kort cykeltid och därmed en försumbar påverkan på flöde och balansering hos respektive produktionslina. Dessa observationer har legat till grund för nulägesbeskrivningen samt analys och diskussion av den.

3.2.2 Intervjuer

Under rapportens gång skedde semistrukturerade och ostrukturerade intervjuer med nyckelpersoner hos Borealis. Intervjuerna som har genomförts i denna rapport har mestadels varit av en semistrukturerad karaktär. Detta innebär att innan intervjuerna genomfördes, utformades en intervjumall med förutbestämda frågor som användes som utgångspunkt för intervjun. De personer som har blivit intervjuade är tekniker på packstationen, materialflödesplanerare, logistikingenjörer och materialspecialister.

Detta gjordes för att få en djupare förståelse kring verksamheten och dess processer. Enligt Kristensson (2014) är en semistrukturerad intervju en intervju som grundar sig på frågor som är formulerade innan intervjun, men kan komma att ändras i ordningsföljd samt att nya frågor kan uppstå under intervjuns gång. Fördelen med att hålla en semistrukturerad intervju är att undersökaren får en flexibilitet med att de kan ändra sina frågor utefter vad respondenten svarar. Till följd av detta kan respondenterna därmed utveckla sina svar och i sin tur bidrar det till en ökad förståelse. En ostrukturerad eller öppen intervju är en intervjuform som innebär att deltagarna får frågor genom ett eller flera förutbestämda teman. Det innebär att de flesta frågor inte har förutbestämts, utan undersökaren anpassar frågorna efter innehållet från respondenten. Fördelen med denna form är att mötet kan ske mer spontant samt att formaliteten minskar för mötet (Kristensson, 2014, s.133–134).

3.2.3 Litteraturstudie

För att kunna ge en adekvat rapport har fördjupning av kunskap skett genom en litteraturstudie. Denna litteraturstudie har delvis baserat sig på användning av tidigare kurslitteratur inom programmet Ekonomi och Produktionsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola. Litteraturstudien har även använt sig av informationsökning via diverse informationskällor där relevanta nyckelord som "Project management", "Lean production", "Process theory", och "Materialflöde" har använts.

3.3 Datainsamling

Avsnittet beskriver metoderna för datainsamling och reflektioner kring deras användning. Data samlades in via affärssystemet SAP och MES-systemet MHOM för att få en helhetsbild av produktionsflödet och identifierade driftstopp. Insamlad data analyserades för att säkerställa noggrannhet och konsistens.

3.3.1 Affärssystem

Insamlingen av data för den systematiska observationen har inhämtats från Borealis interna ERP-system (Enterprise Resource Planning) där de använder sig av SAP. Systemet är Sveriges mest använda ERP-system sett till antal användare (Affärssystemen, 2024). ERP är en programvarulösning som är designad för att automatisera och hantera kärnprocesser inom större företag. Genom att samordna dataflödet mellan olika affärsområden fungerar ERP som en central informationskälla. Mjukvaran integrerar och effektiviserar företagets ekonomi, försörjningskedja, drift, handel, rapportering, tillverkning och personalhantering, vilket skapar en enhetlig plattform för övergripande verksamhetsstyrning (Microsoft, 2024). Insamlingen kommer att utgå från informationen som är tillgänglig i ERP-systemet, vilket kommer att fungera som en källa för datainsamling och analys. Metoden används för att säkerställa noggrannhet och konsistens.

På anläggningen använder tekniker SAP-systemet för att dela och få tillgång till information om produktionen på ett effektivt och centraliserat sätt. SAP-systemet kan användas för att logga och spåra produktionsdata som produktionstakt, kvalitetsmätningar och maskinstatus. Denna data gör det möjligt för tekniker att övervaka prestanda i realtid och göra justeringar samt underhåll vid behov för att upprätthålla effektivitet och produktkvalitet. Genom att samla information i ett och samma system, främjar SAP informationsdelning mellan tekniker och övrig personal, vilket vidare kan leda till ökad transparens i produktionen.

3.3.2 MES-System

MHOM (Material Handling Operability Monitoring) är ett MES system som innehåller den operativa informationen för samtliga produktionslinor hos Borealis. Alla anställda inom materialhantering- och planeringsavdelningarna på Borealis har åtkomst till systemet. Data ska uppdateras kontinuerligt och syftet med detta är att man ska kunna följa produktionen i realtid.

Stoppdata kan läggas in manuellt av teknikerna vid oplanerade eller planerade stopp för en produktionslina. Vid exempelvis ett oplanerat stopp, skriver teknikern in starttiden och sluttiden för stoppet, vilken maskin eller process som utgjorde stoppet, och om stoppet var OEE påverkande eller inte. Felorsaker som inte påverkar OEE är bland annat "No Night Shift", "Housekeeping" och planerade stopp. Tekniker ger i samband med att ange felorsak, en kort kommentar för att förklara vad stoppet beror på. Inmatningen av denna data görs i mån av tid av tekniker, vilket är oftast efter att teknikern har utfört avhjälpande underhåll för att produktionen ska återgå i drift. Därefter beräknas längden av stoppet ut av MHOM, och loggas i dess databas. Data som loggas i systemet placeras i främst två kategorier; produktionsdata och stoppdata som är OEE påverkande såsom oplanerade stopp samt data som är icke-OEE påverkande som exempelvis planerade stopp. I denna rapport har all data gällande "No Night Shift" filterats ut från beräkningar då detta är en automatisk registrerad datainmatning i systemet vars syfte är att illustrera att inget skift har pågått. Detta blir mycket överrepresentativ i förhållande till övriga felorsaker.

START DATE - END DATE = Datum	DURATION = Tidsåtgång
LINE = Produktionslina	RELATED PO = Relaterad till inköpsorder
REASON = Felorsak	CAUSE EQUIPMENT = Felande utrustning
AFFECTS OEE = OEE påverkan	COMMENTS = Kommentarer

Tabell 3.1: Möjliga val i MHOM

Felkod:	Beskrivning:	Felkod:	Beskrivning:
<i>AP</i>	Arkpåläggare	<i>SH</i>	Inhuvare
<i>BV</i>	Banvåg	<i>SK</i>	Skyttel 1
<i>ES</i>	Etikettskrivare	<i>SM</i>	Säckmärkare
<i>KH</i>	Kassethall	<i>TS</i>	Transportsystem till taktank
<i>KR</i>	Västra Kran	<i>AVST</i>	Avställning
<i>KS</i>	Kassetter	<i>BEM</i>	Personalbrist
<i>VB</i>	VB/Tippram	<i>EMB</i>	Emballageproblem
<i>PAM</i>	Pallmagasin	<i>HK</i>	House keeping
<i>PB</i>	Pallbanor	<i>MTRL</i>	Materialbrist
<i>PL</i>	Pallastare	<i>PRBY</i>	Produktbyte
<i>PM</i>	Packmaskin	<i>PROG</i>	Packprogram saknas
<i>POL</i>	Portar/ljusbarriärer	<i>STFÖ</i>	Startförberedelse
<i>SAP</i>	SAP/ADC	<i>OCI</i>	Meeting
<i>SB</i>	Säckbanor		

Tabell 3.2: Samtliga felorsaker i MHOM

3.3.3 Användning av data

Begränsningarna som har identifierats i denna rapport baseras på observationer av produktionslinorna under tidsperioden januari 2024-april 2024, samt genomgång av stoppdata januari 2023-april 2024. Därefter har denna studie även inhämtat och sammanställt produktionsdata från Borealis interna affärssystem samt MES-system för västra packstation.

Denna data har innehållit produktionsvolymerna under tidsperioden 2021–2023 samt data gällande produktionseffektiviteten samt inrapporterade stopp för utrustningen vid packstationen. Produktionsdatan har legat till grund för observation och analys.

3.4 Metodreflektion

Avsnittet kommer behandla källkritik, validitet och reliabilitet. Nedanför beskrivs de använda informationskällorna, metodernas noggrannhet, samt tillvägagångssätt för att säkerställa rapportens meningsfullhet och tillförlitlighet.

3.4.1 Källkritik

Rapporten har använt flera informationskällor, inklusive Google Scholar, Chalmers Bibliotek samt databaser från EBSCO. Vidare baseras rapporten huvudsakligen på tryckta källor som ingår i kurslitteraturen inom programmet Ekonomi och Produktionsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

3.4.2 Validitet

Enligt Ejvegård (2009) är validiteten central för att säkerställa att studieresultatet är meningsfullt och tillförlitligt. För att säkerställa hög validitet har noggrann planering och utformning av forskningsmetoder krävts. I praktiken innebär detta användande av tydliga och väldefinierade mätmetoder. Ett ytterligare steg som gjorts för att stärka validiteten är genom att låta svarande granska och bekräfta de uppgifter de bidragit med. Detta säkerställer att deras svar enligt dom själva fått en korrekt återspeglning av deras åsikter och erfarenheter (Ejvegård, 2009).

Ett exempel på vad som kan sänka validiteten är användningen av ledande frågor i intervjuerna vilket skulle kunnat snedvrída resultatet. Genom att grundligt välja data och metodik som baserat på omfattande litteraturstudier minskar risken för missförstånd och felaktiga tolkningar. Vilket också hade kunnat sänka validiteten (Ejvegård, 2009).

3.4.3 Reliabilitet

Enligt Kristensson (2014) kan reliabilitet definieras som ett mått på måttsäkerhet eller frånvaro av fel inom mätningar av data. Det handlar således om kvaliteten vid tillfället av mätning. Ett instrument inom mätning ska därmed sträva efter att ha högsta grad av måttsäkerhet som möjligt, för att säkerställa en hög grad av reliabilitet. I ett ideal scenario ska ett mätinstrument visa samma mätresultat vid upprepade mätningar som utförs av andra mätare. Detta hänger dock på att mätningen görs under stabila förhållanden, oavsett vem som utför mätningen (Kristensson, 2014).

De mätningar samt observationer som har genomförts i denna rapport har skett vid ett flertal tillfällen under tidsperioden för examensuppsatsen. De tidmätningar som har genomförts har varit av enklare natur, men genomfördes flertal gånger för att kunna få ett tillförlitligt resultat. Majoriteten av datan som har tillhandahållits för rapporten gäller driftstopp, produktionsvolymerna samt OEE statistik. Dessa har varit sekundärdata då det inte var möjligt att utföra egna insamlingar för att få primärdata. Datans integritet och dess påverkande faktorer är något som rapporten behandlar allt eftersom i efterföljande avsnitt.

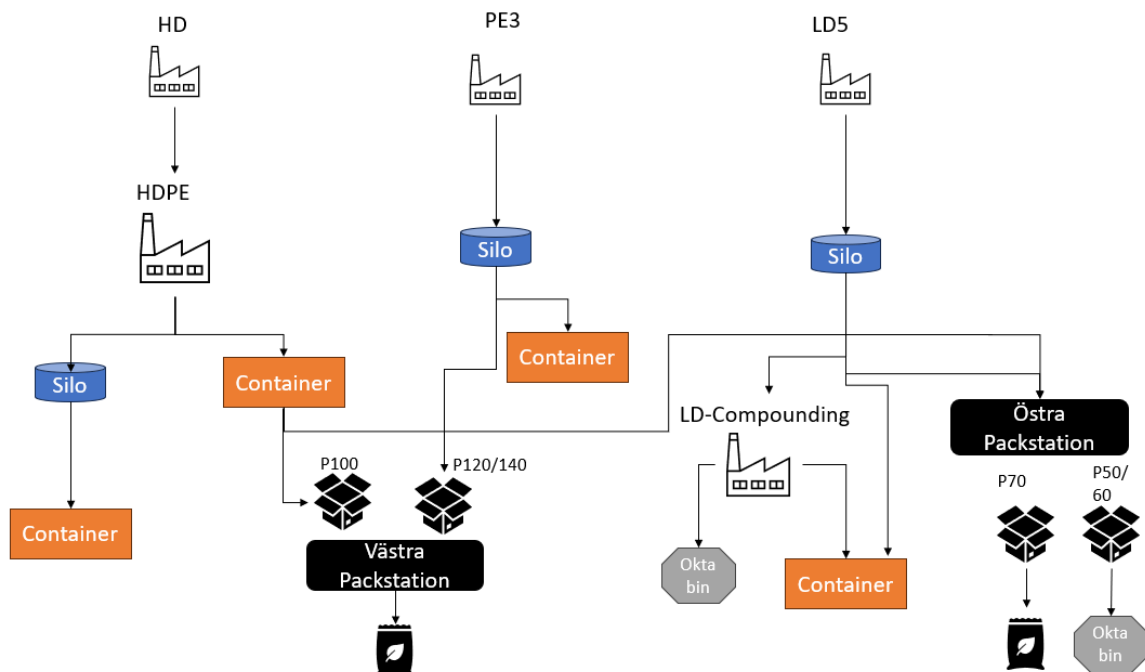
4. Nulägesbeskrivning

I detta avsnitt av rapporten presenteras en nulägesbeskrivning av västra packstation. Utöver insamlad data från intervjuer, har kvantitativ data erhållits som komplement till de värden och siffror som intervjuerna har nämnt, samt för att ge ett större djup i nulägesbeskrivningen.

Avsnittet är även menat att ge underlag som kan besvara den första och andra centrala frågeställningen i problemformuleringen.

4.1 Flödeskarta

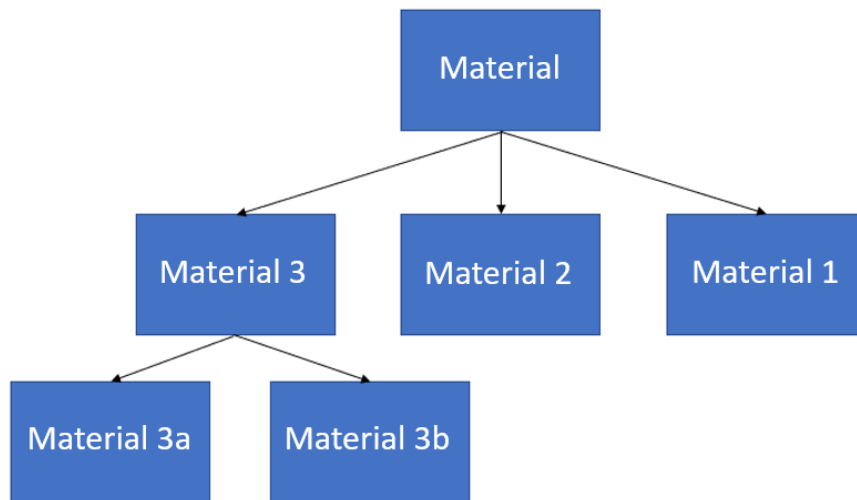
Figur 4.1 illustrerar en överskådlig flödeskarta över polyetenanläggningen i Stenungssund samt de ingående flödena till västra packstation. Den teoretiska kapaciteten är upp till 270 kiloton för PE3 och 179 kiloton material för HDPE per år.



Figur 4.1: Överskådlig flödeskarta

4.1.1 Materialflöde från fabrik

Som det framgår i figur 4.1, producerar fabriken HD råmaterial som vidare bearbetas i HDPE-fabriken. Det resulterande granulatet som produceras från HDPE-fabrikerna paketeras vid västra packstation tillsammans med granulat från PE3-fabrikerna. LD5 och LD-Compounding fabriken, som även de producerar granulat, faller dock utanför rapportens omfattning då deras produkter inte hanteras vid Västra packstationen. Vid PE3-fabriken produceras bland annat material 3a medan HDPE-fabriken producerar material 1, 2 och 3b. Dessa material och deras förhållanden till varandra illustreras tydligt i figur 4.2.



Figur 4.2: fördelning över material på västra packstation.

Beroende på vilken fabrik som produkterna kommer från, kan de färdiga produkterna antingen lagras i silos eller container innan materialflödet går in i packstationen. Borealis benämner de olika silos som 500-, 700- och 800 area silos. Om det är lagring i silos efter fabriken, rymmer en silo 350–500 ton av material beroende på vilken silo det är som lagerhåller materialet. Det finns totalt 60 silos på Borealis anläggning varav 23 av dem står till västra packstations förfogande. Utöver silos, använder Borealis containrar för transport och förvaring av material. En container är 40 fot, varav denna rymmer mellan 17.5 och 23.5 ton beroende på materialets densitet i containern. En container med material 1 rymmer 17.5 ton, medan för material 2 är det 23.5 ton.

Från fabrikerna kan materialet också lastas direkt i bulkutlastningar, vilket innebär att material packas ner direkt i en container som står på en lastbil. Lastbilen transporterar sedan materialet direkt till kund istället för att materialet går till västra packstation. Informanter har konstaterat att detta sker för ungefär 40% av de volymerna som produceras vid HD och PE3 fabrikerna, vilket innebär att cirka 60% av den producerande volymen går vidare till antingen västra eller östra packstation. Eftersom detta är något som inte berör västra packstation i sig kommer denna rapport inte att gå in djupare på bulklastning.

4.2 Västra packstation

Efter att materialet har transporterats från fabriken till container eller silo fortsätter materialet sedan vidare till packstationen. Transporteringen av material kan antingen ske via ett rörnätverk eller genom att containrarna har transporterats med interna lastbilar till en intern containergård som ligger intill packstationen.

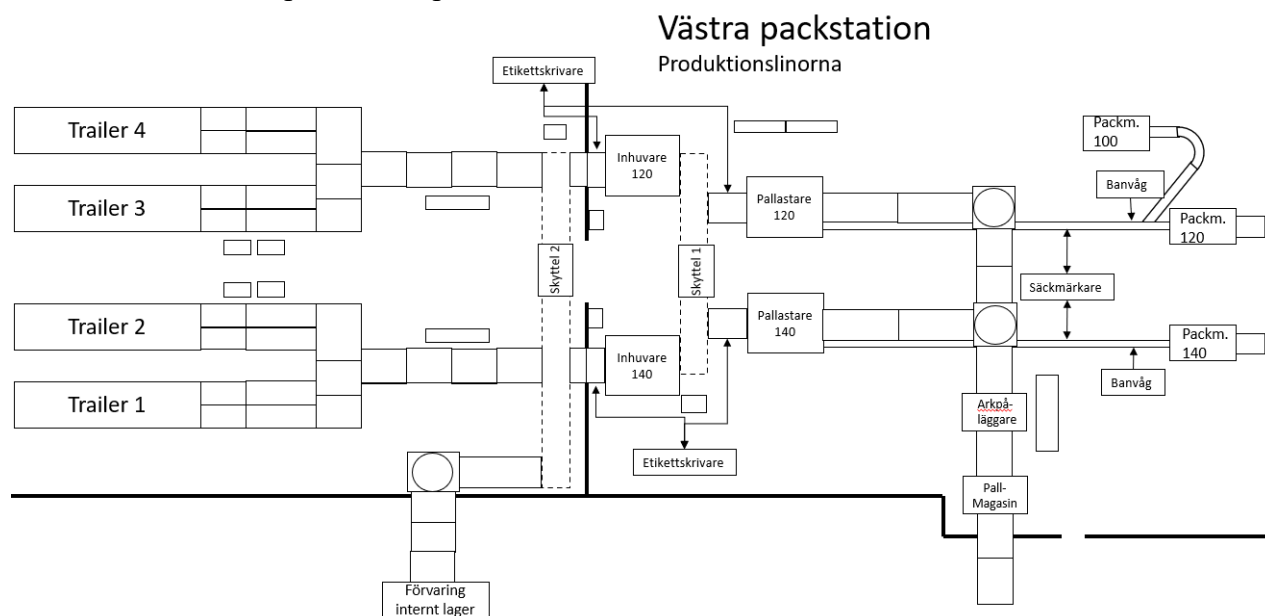
4.2.1 Materialflöde till västra packstation

Vid transport av material från 700- och 800 area silos passerar materialet en blåsmaskin, exempelvis M28. Blåsmaskinen bestämmer riktning och kan bara transportera materialet till antingen västra eller östra packstation, inte båda samtidigt. Eftersom blåsmaskinen enbart kan transportera materialet åt en riktning åt gången, kan det leda till att det krockar i planeringen. Särskilt om det uppstår materialbrist vid västra packstation samtidigt som blåsmaskinen är aktiv mot östra packstation. Maskinen kan också vara upptagen då blåsmaskiner blåser från fabrik till silo. Via M28 går materialet i ett rörnätverk till taktankar som sitter ovanför packstationen som illustreras i figur 4.6. Dessa taktankar rymmer 17 ton material.

Vid containergården finns det en kran som används för att plocka upp en container och sätta containern på taket av västra packstation. På taket finns det utrymme för två stycken containrar samtidigt.

4.2.2 Vid västra packstation

Som figur 4.3 illustrerar, kan det uppfattas som att det finns två produktionslinor på västra packstation. Däremot, eftersom de tre olika packmaskinerna P100, P120 och P140 packar olika material samt styrs av olika förutsättningar, kommer rapporten att benämna packflödet från packmaskinerna som tre olika produktionslinor. Namnet på dessa är produktionslina P100, P120 och P140.



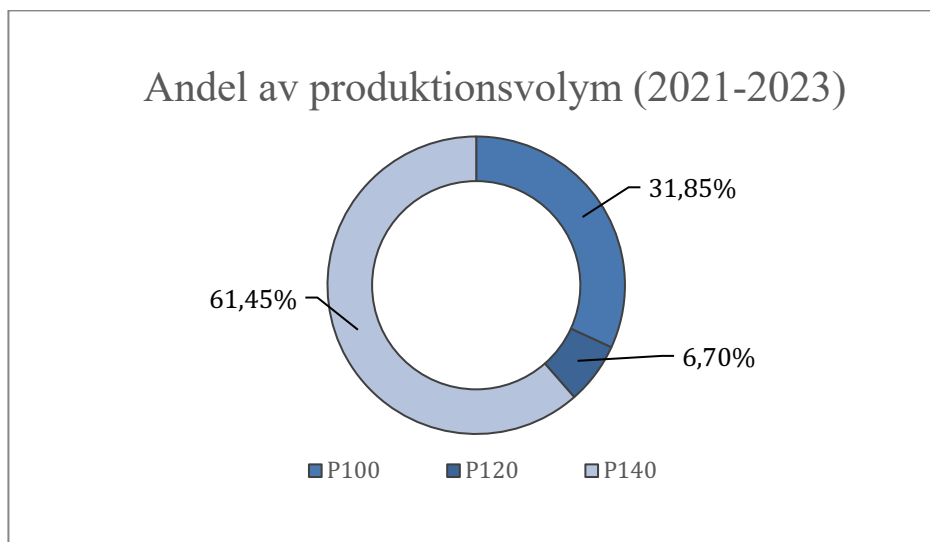
Figur 4.3: Överblick av produktionslinorna på västra packstation.

Materialet börjar med att bli packad i 20 eller 25 kg säckar. Detta sker vid packmaskinerna P100, P120 och P140, där säckarna fylls av material och sedan blir igensvetsade inuti packmaskinen. Därefter transporteras säcken via transportband, och efter att ha blivit vägd på produktionslinorna för att säkerställa att säcken är av korrekt vikt och blivit märkt, transporteras säckarna till en automatiserad pallastare. Vid det första steget vid pallastaren roterar en mekanisk gripare hälften av säckarna 90° för att skapa jämnare och mer stabila pallar. Efter det skjuter en metallplatta säckarna mot pallen för att stapla säckarna i 10 eller 11 lager med 5 säckar per lager. Detta resulterar i en nettovikt på 1375 kg då det är 11 lager med 25 kg säckar eller 1000 kg då det är 10 lager 20 kg säckar. Pallarna som säckarna staplas på, kommer från ett intilliggande magasin som transporteras till pallastaren via ett band som går under transportbandet som säckarna transporteras på. Efter att säckarna har blivit lastade på en pall går pallen med säckarna vidare till en etikettskrivare. Därefter, fortsätter pallen med säckarna vidare till en automatiserad inhovare som sträcker över plastskydd över pallen. Plastskyddet används för att hålla säckarna på plats samt för att skydda dem. Pallen kan få ett eller två lager av plastskydd, beroende på om pallarna ska förvaras utomhus. Om detta är fallet, får pallen två lager plastskydd. Efter det får pallen ett SSCC-nummer (Serial Shipping Container Code) via en etikettskrivare direkt efter inhovaren. SSCC-numret är typ av streckkod som används för att pallen ska kunna läsas av, och lagras i Borealis databas. Sedan går pallen vidare till antingen till trailers eller till förvaring i det interna magasinet.

Vid västra packstation finns det två olika arbetsskift. Det innebär att ett skift börjar vid 06:00 och är 9 timmar långt. Efter det första skiftet, börjar det andra skiftet från 15:00 på eftermiddagen som pågår till 24:00 på kvällen. Borealis benämner personalen ute vid packstationen som tekniker. Teknikerna har tre huvudsakliga uppgifter. Dessa är att se över felorsaker, arbeta förebyggande för att förhindra felorsaker samt att verkställa omställningar. Antal tekniker per skift beror på hur vad hur många aktiviteter som är planerade under dagen.

Minimumkravet för att produktionen ska vara igång är att det ska finnas minst en tekniker på plats bland produktionslinorna, samt en ute i magasinet som är tillgänglig för att hämta nya pallar till produktionslinan eller att köra ut de packade pallarna till förvaring i magasinet. Detta sker med hjälp av truck.

Fördelningen över den genomsnittliga volymen som produktionslinorna har hanterat kan utläsas i figur 4.4. 61.5% av denna volym har gått via produktionslina P140, 32% har gått igenom produktionslina P100 och 6.7% för produktionslina P120. Data är inhämtad från tidsperioden januari 2021–mars 2024.



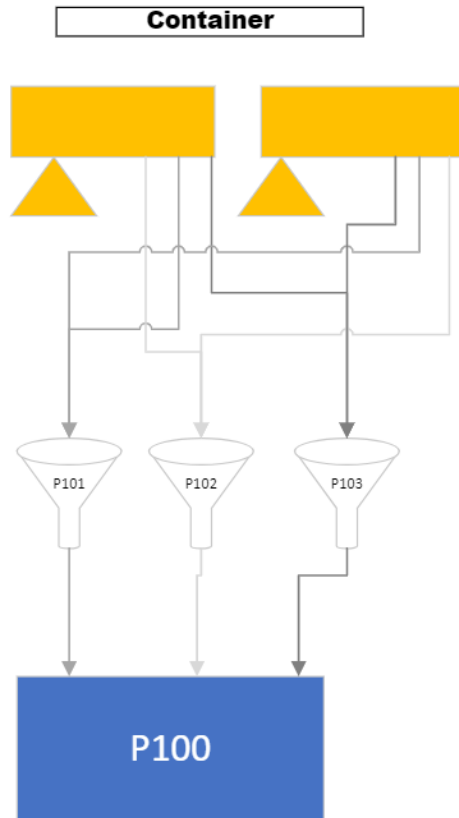
Figur 4.4: Genomsnittlig fördelning av totala packvolymen

4.2.2.1 Packprogram

Vid västra packstation följs ett färdigt packprogram där produktionen av säckar kan variera beroende på vad som efterfrågas. För att minimera stopp i flödet arbetar materialflödesplanerare med att justera ordningen av material som ska paketeras. Information som inkommer via packprogrammet om vad det för sorts material som ska packas utläses av teknikerna på plats. Här planeras även kampanjer in vilket innebär att en och samma typ av material produceras, exempelvis material 1. Kampanjen behandlar ett flertal kunder som i sin tur begär olika partistorlekar av samma material. Därigenom undviks stopp som vågbyten, frångång och rengöringar. Vid nödvändiga produktbyten omställningstiden varierar mellan 10–40 minuter beroende på flera faktorer. Dessa faktorer tas upp i mer detalj i avsnitt 4.4.3 Omställningar.

4.2.2.2 Materialflöde Container – P100

Packmaskin P100 har tre vågar som illustreras i figur 4.5 där de är formade som trattar. Materialet matas in till vågarna, och när den korrekta vikten uppnåtts släpps det ner till packmaskinen. På dessa är en våg dedikerad till material 1, en våg till material 2 och en tredje våg som används till 15 olika produktvarianter.

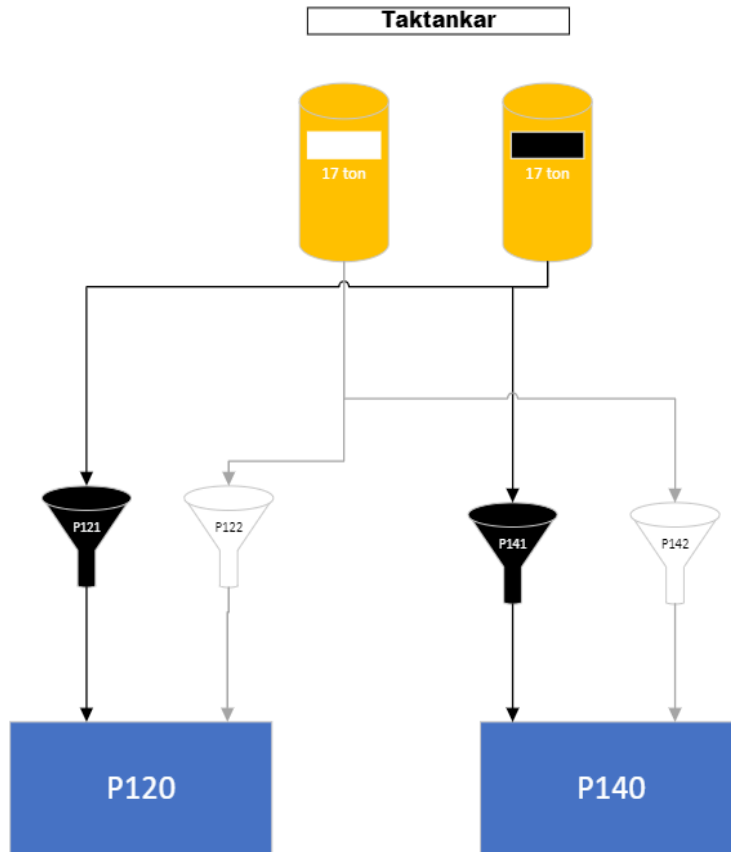


Figur 4.5: Visualisering för packmaskin P100.

Packmaskin P100 packar 60% av sin drifttid material 1. Av allt material som packas vid västra packstation är det endast material 1 som behöver packas i 20 kg säckar. Anledningen till detta är att materialets sandliknande konsistens gör att större säckar skulle bli otympliga, och skulle ligga dåligt på pallen. För resterande 40%, ligger fördelningen inom intervallet 15–20% material 2, och 15–20% för de 15 olika produktvarianterna. Tippningen av materialet från containern sker ovanför vågarna, varav materialet som flödar ner till vågarna kan enbart komma från en container åt gången, inte båda samtidigt. När en container har blivit tömd på material, sker det en omställning för att börja tömning av den andra containern. Detta utförs manuellt av tekniker.

4.2.2.3 Materialflöde Silo – P120 & P140

För packmaskin P120 och P140 är variation av material som packas mindre än för packmaskin P100. Vid dessa packmaskiner kommer materialet enbart från silolagring, varav det alltid är antingen material 3a eller 3b.



Figur 4.6: Visualisering över taktankarna till packmaskin P120 och P140.

Materialet transporteras från silos till taktankar som sitter ovanför västra packstation och går sedan genom ytterligare ett rörnätverk ner till packmaskinerna, detta illustreras i figur 4.6.

Paketering kan fortsätta beroende på om nästa silo innehåller samma material som silon innan. Om detta inte är fallet, måste omställningar ske, bland annat med en ren blåsning av silon för att säkerställa renhet.

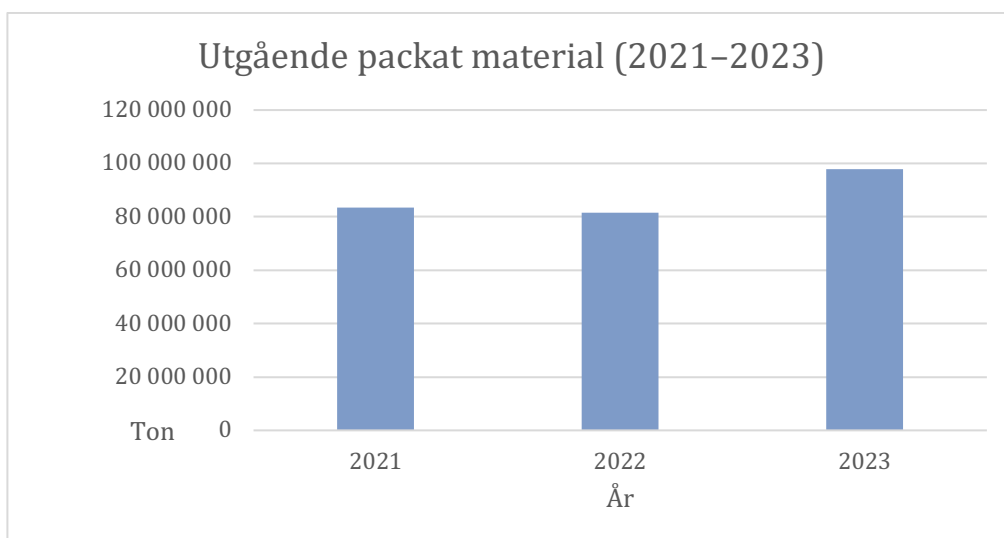
Packmaskinerna P120 och P140 har två vågar vardera som säkerställer att säckarna fylls till 25 kg.

4.2.3 Materialflöde från västra packstation

Den genomsnittliga volymen som har gått igenom västra packstation baseras på volymer från de senaste tre åren. De senaste tre åren har varit varierande i volymer. Som det kan utläsas i figur 4.7 har volymen varierat mellan 60 och upp mot 80 kiloton, men den genomsnittliga volymen från de tre senaste åren är drygt 68 kiloton.

Borealis packar inte mot kundorder utan mot lager. När packat material lämnar västra packstation transporteras det antingen till externt lager eller till internt magasin på anläggningen. Borealis kan producera mot lager utan att kortsiktigt behöva anpassa sig efter efterfrågan. Företagets huvudsakliga strategi när det kommer till paketering kan beskrivas som en leda-strategi, vilket framgår i avsnitt 2.7.3

Kapacitetsstrategier. Dock är det viktigt att verifiera efterfrågan innan investeringar genomförs, eftersom konsekvensen kan bland annat bli ökade driftkostnader. Detta tillvägagångssätt är i linje med en följa-strategi och bidrar till att säkerställa att finansiella resurser används effektivt och till god nytta.



Figur 4.7: Utgående packat material från packstationen från 2021–2023

4.3 Kapacitet hos packmaskinerna

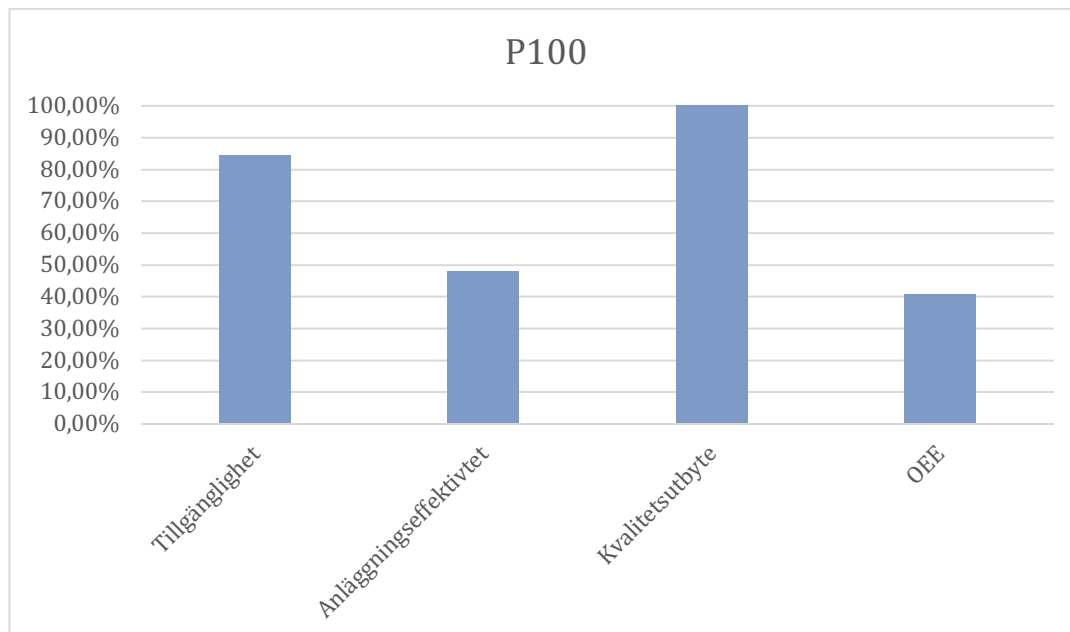
De tre packmaskinerna har en teoretisk kapacitet på 1600 säckar per timme, vilket motsvarar 40 ton per timme. Denna kapacitet är baserad på maskinernas ideala hastighet enligt deras specifikationer.

Packmaskin P100, som tidigare hade en teoretisk kapacitet på 1400 säckar per timme, har justerats upp till 1600 säckar per timme. Denna justering syftar enligt intervjuer till att underlätta framställningen av dokumentation och underlag som kan stödja finansiella investeringar i förbättringsåtgärder. I och med att kapacitetskravet blir högre blir produktionseffektiviteten lägre jämfört med det nya målet. Det vill säga, när skillnaden mellan den faktiska och den teoretiska kapaciteten ökar, blir det enklare för personalen på materialhanteringsavdelningen att motivera investeringar för ledningen när maskinen inte når upp till sitt kapacitetskrav.

4.3.1 Packmaskin P100

I verkligheten uppnår inte packmaskinerna en kapacitet på 1600 säckar per timme. Intervjuer har visat att Packmaskin P100 maximalt kan producera 1000 säckar per timme när den hanterar material 2 eller liknande produkter. När det gäller packning av material 1, rapporteras det att kapaciteten för Packmaskin P100 är 450–500 säckar per timme. Produktionsdata från MHOM under 2021–2023 visar att packmaskin P100 i genomsnitt packade 620 säckar per timme, oberoende materialtyp. Som tidigare nämnt, utgör material 1 60% av den totala volymen vid packmaskin P100. Detta material tar längre tid att hantera vilket resulterar i en lägre kapacitet för packmaskin P100 medans material 1 packas. Detta beskrivs ytterligare i avsnitt 5.1 *Analys av kapaciteter*

Figur 4.8 illustrerar prestationsmättet OEE och dess faktorer; Tillgänglighet, anläggningseffektivitet samt kvalitetsutbytet för packmaskin P100. Packmaskin P100 har en OEE nivå på 40.6%, anläggningseffektivitet på 48.1%, tillgänglighet på 84.4% och kvalitetsutbyte på 100%. Det redovisade värdet för anläggningseffektiviteten hos packmaskin P100 tyder på att det är begränsande faktorer som påverkar packmaskinen. Dessa begränsade faktorer tas upp mer i detalj i avsnitt 5.1 *Analys av kapaciteter* och följande avsnitt i analysen. Till skillnad från packmaskin P100, påverkar dessa begränsande faktorer inte på samma sätt packmaskinerna P120 och P140 eftersom de begränsas av andra faktorer. Dessutom, påverkar det svårhanterliga material 1 anläggningseffektiviteten negativt, vilket i sin tur påverkar den övergripande produktionseffektiviteten hos packmaskin P100. Hur material 1 är svårhanterligt, presenteras mer i detalj i avsnitt 5.2.1 *Material*. Med koppling till en av de centrala frågeställningarna i denna rapport, kan det uppfattas att det bildas en flaskhals vid packmaskin P100 vid packning av material 1.

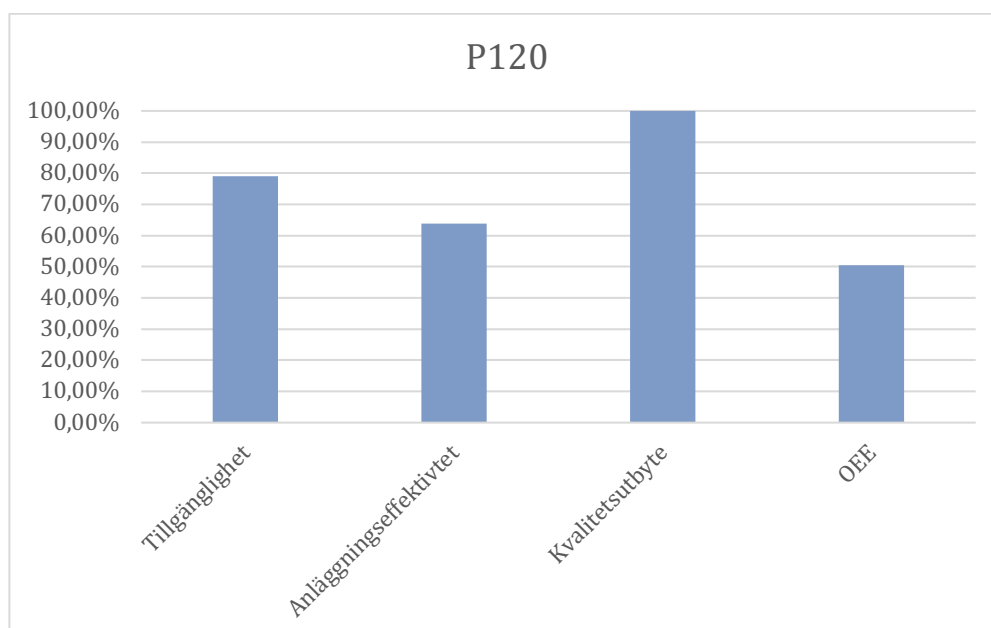


Figur 4.8: OEE-statistik packmaskin P100

4.3.2 Packmaskin P120

Som tidigare nämnt, är det är ingen stor variation i det som packas vid packmaskin P120. Dess maximala hastighet har justerats med hänsyn till produktionslinan, vilket resulterar i att packmaskinen som högst producerar cirka 1450 säckar per timme. Däremot, enligt uträkningarna baserat på produktionsdata från MHOM under 2021–2023, har det räknats ut att den verkliga produktionen är 1078 säckar per timme från den tidsperioden.

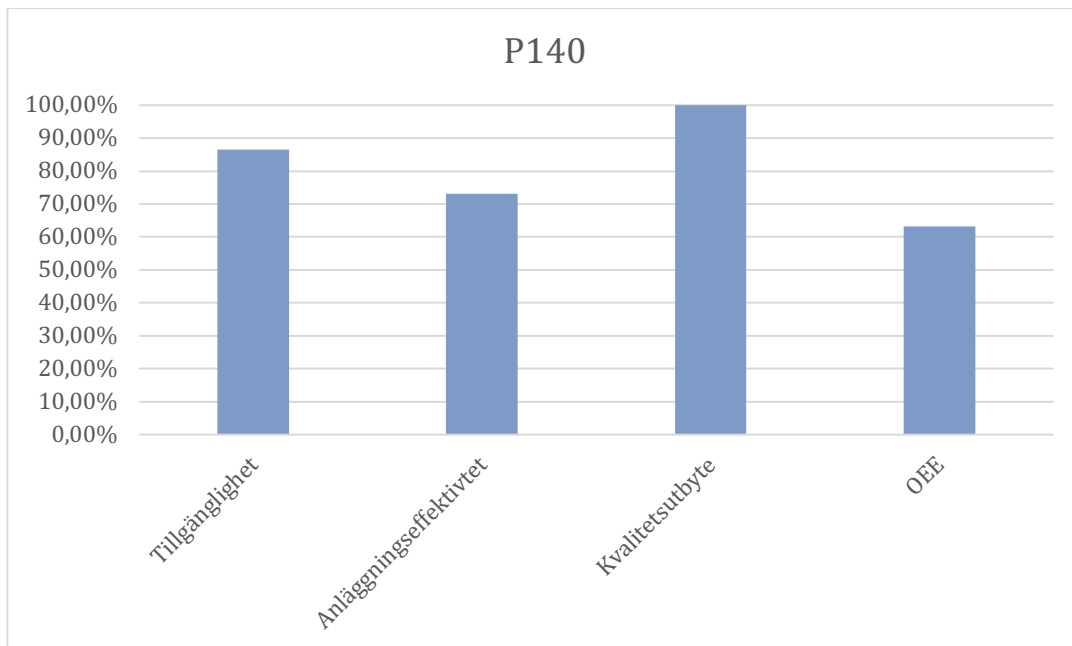
Som det kan utläsas i figur 4.9 har OEE för packmaskin P120 varit 50.5%. Vilket placerar packmaskinen OEE-värde mellan de andra två packmaskinerna. Anledningen till detta är att anläggningseffektiviteten är 15.7% högre för packmaskin P120 än för packmaskin P100. Detta uppnås trots att tillgängligheten för packmaskin P120 är 79%, vilket är lägre än de andra två packmaskinerna. Tillgängligheten hos packmaskin P120 är 5% lägre jämfört med packmaskin P100 och 7.5% lägre jämfört med packmaskin P140.



Figur 4.9: OEE-statistik Packmaskin P120

4.3.3 Packmaskin P140

Den praktiska kapaciteten vid packmaskin P140 är 1450 säckar per timme. Likt packmaskin P120, har kapaciteten justerats med hänsyn till begränsningar på produktionslinan som förklaras i detalj i avsnitt 4.4 *Identifierade Begränsningar*. Med hänsyn till samma produktionsdata som tidigare, har den verkliga kapaciteten identifierats som 1155 säckar per timme, vilket gör packmaskin P140 till den mest produktiva packmaskinen under perioden. Detta visar sig även i figur 4.10, som illustrerar att OEE-värdet för produktionslina P140 är 63.2%. P140 har högst värden bland samtliga packmaskiner med en tillgänglighet på 86.5% och anläggningseffektiviteten på 73%.



Figur 4.10: OEE-statistik Packmaskin P140

Sammanfattningsvis går det att identifiera att bland de underliggande faktorerna för OEE, är anläggningseffektiviteten den som är lägst för respektive produktionslina. De tre rapporterade OEE-faktorerna ger begränsad information om de bakomliggande orsakerna. Därför är det avgörande att analysera de huvudsakliga orsakerna till de rapporterade värdena. Denna analys presenteras i avsnitt 5.1 *Analys av Produktionseffektivitet*.

4.4 Identifierade begränsningar

Vid västra packstation begränsas dess materialflöde av olika faktorer. Det är flaskhalsar av både statiskt och dynamisk natur, oplanerade stopp, justeringar samt omställningar vid packstationen. Dessa faktorer beskrivs mer i detalj i följande avsnitt.

4.4.1 Flaskhalsar

För standardisera cykeltiderna över samtliga processer, baserades tidmätningarna på tiden det tar att producera en pall av säckar. Tidmätningarna för packmaskin P120 och P140 grundades på den tid det tar att fylla en pall med 55 stycken 25 kg säckar. Eftersom packmaskin P100 packar både 20 kg säckar och 25 kg säckar har tidmätningen baserats på 60% 20 kg säckar och 40% 25 kg säckar, vilket leder till att en genomsnittlig pall från packmaskin P100 har 52 säckar.

	<i>Packmaskin</i>	<i>Transportband</i>	<i>Pallastaren</i>	<i>Inhuvaren</i>
P100 linan [s]	270	140	176	55
P120 linan [s]	215	124	137	55
P140 linan [s]	215	124	137	65

Tabell 4.1: Uppmätta cykeltider för produktionslinorna.

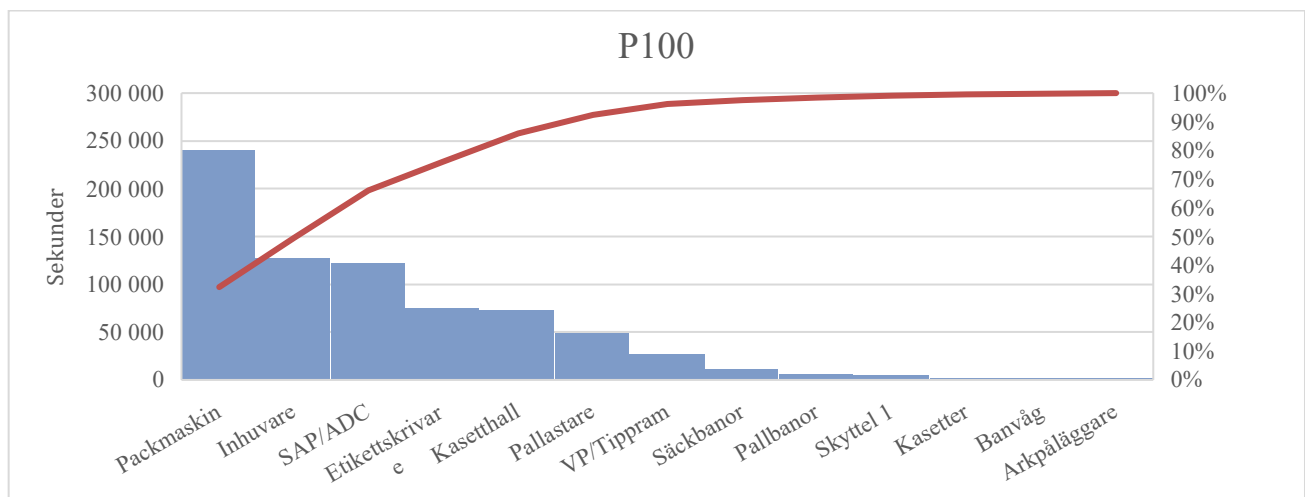
$$\frac{(270*4)-641}{270*4} \quad (1)$$

*P100: Högst cykeltid * antal processer – totalt genomloppstid / högst cykeltid * antal processer*

Resultatet från tidmätningarna som går att utläsas i tabell 4.1. Eftersom packmaskinerna har den längsta cykeltiden jämfört med alla andra processer på varje produktionslina, utgör dessa de primära flaskhalsarna för respektive produktionslina. Utifrån de uppmätta cykeltiderna har balanseringsförluster beräknats fram för att få ett kvantitativt värde på hur väl respektive produktionslina är balanserad. Resultatet visar att produktionslina P100 har balanseringsförluster på 40.7%. Uträkningen av denna ses av beräkningen ovan. Produktionslina P120 och P140 har balanseringsförluster på 38.2% respektive 37%. Detta betyder sammanfattningsvis att de har relativt likvärdiga balanseringsförluster och processerna är därmed ungefär lika underutnyttjade. Dock har produktionslina P100 högst effektivitetsproblem.

4.4.2 Driftstopp

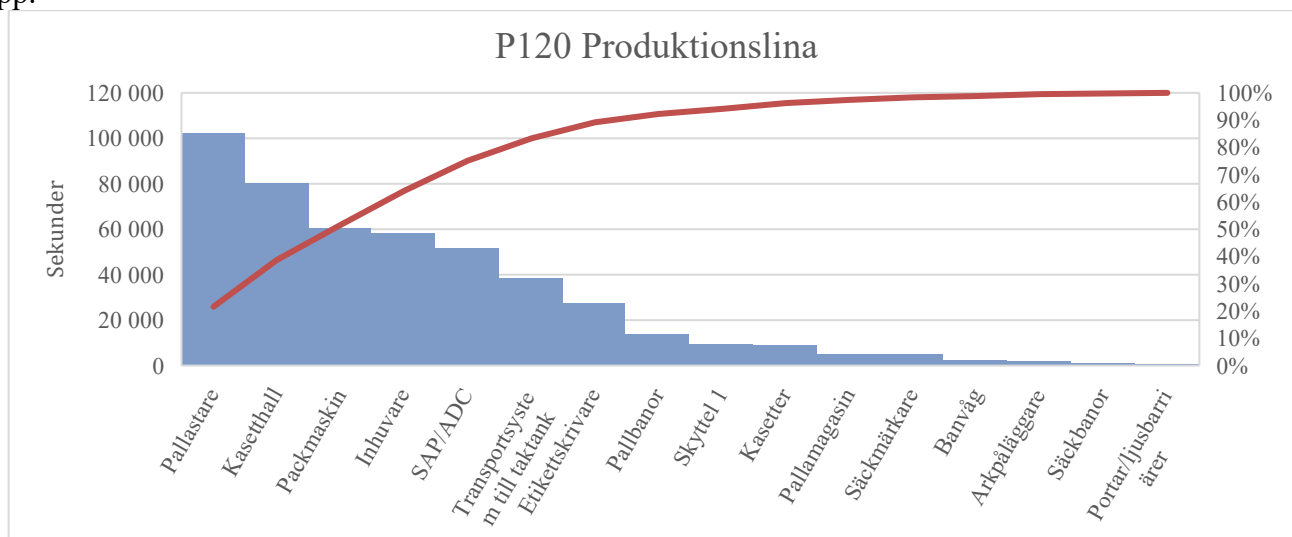
Den kumulativa andelen för de OEE-påverkande felorsakerna och deras tidsåtgång för varje process vid given produktionslina är det som kan utläsas i diagrammen nedanför. Diagrammen visar en fördelning på stoppen under tidsperioden mars 2023–mars 2024.



Figur 4.11: Paretodigram för OEE påverkande stopp för produktionslina P100

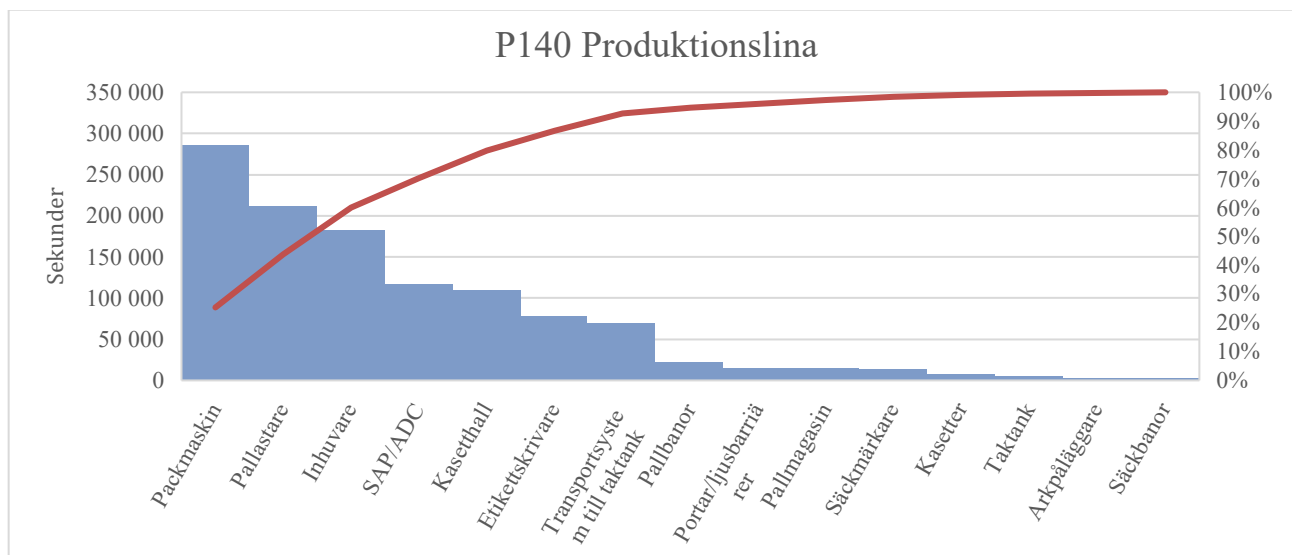
Som figur 4.11 illustrerar, är det packmaskinen vid produktionslina P100 som stannar oftast, den står för 32% av stoppen. Tillsammans med inhuvaren och SAP/ADC, som är de två näst vanligaste orsakerna till att det stannar, står de för en majoritet av stoppen, vilket motsvarar 59,7%. Den mest förekommande anledningen till stopp vid packmaskin P100 är när material har runnit ner trögt till säckarna i packmaskinen, och olika situationer kopplat till svetsarna inuti packmaskinen såsom korrektion i temperaturinställning och rengöring. Dessa situationer uppstår till följd av att packmaskin P100 producerar läckande säckar. Jämfört

med packmaskin P120 och packmaskin P140 stoppar packmaskin P100 mest, 19.5% respektive 7% fler stopp.



Figur 4.12: Paretdiagram för OEE påverkande stopp för produktionslina P120.

Vid produktionslina P120 är det pallastaren som stannar oftast, och står för 21.7% av stoppen. Tillsammans de två näst vanligaste orsakerna till att det stannar, står de också för en majoritet av stoppen, vilket motsvarar 51.7%. Som tidigare beskrivet i avsnitt 4.2.2 *Vid västra packstation*, samt illustrerat i figur 4.3 delar produktionslina P100 och produktionslina P120 på en gemensam pallastare. Vilket gör det intressant att pallastaren stannar mer medan Produktionslina P120 är igång. Skillnaden i drifttid är 15.2%, vilket betyder att pallastaren stannar över 3 gånger mer medan produktionslina P120 är igång jämfört med produktionslina P100. En annan intressant observation är inrapporteringen om kassetthallen, där säckarna med pallarna går vidare till trailers. Kassetthallen är felorsaken till 9.6% för båda produktionslinorna P100 och P140. Vid produktionslina P120 sker det nästan dubbelt så många stopp, 17.2% för kassetthallen.



Figur 4.13: Paretdiagram för OEE påverkande stopp för produktionslina P140

Vid Produktionslina P140 är de tre största felorsakerna packmaskin, pallastare och inhuvaren, som tillsammans står för 60% av stoppen. Hur packmaskin P140 och pallastaren förhåller sig till de andra två produktionslinorna har beskrivits i avsnitt 4.2.2 *Vid västra packstation*. Vid en snabb jämförelse, går det att

observera att inhuvaren är den näst största felorsaken för produktionslina P100, tredje största felorsaken för produktionslina P140 och fjärde största för produktionslina P120.

Sammanfattningsvis leder detta till att de tre mest problematiska processerna över alla tre produktionslinor vid västra packstation har varit packmaskinerna, inhuvarna och pallastarna sett till tiden av oplanerade stopp. Summan av deras gemensamma tider i timmar går att utläsas i tabell 4.2.

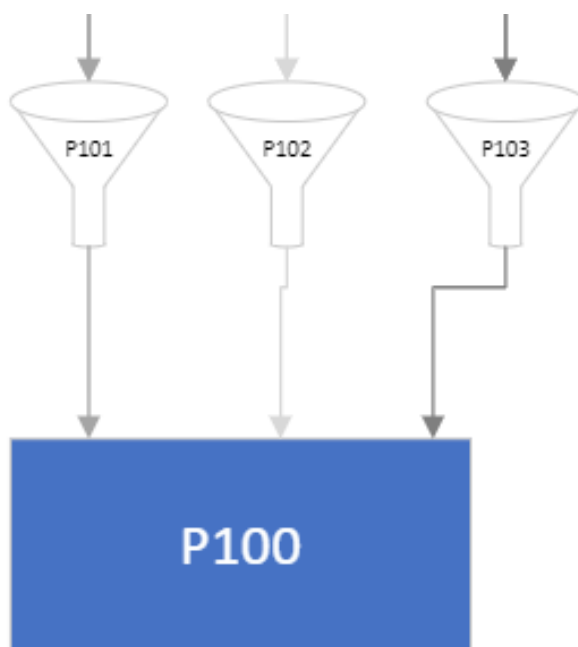
1. Packmaskin –163.5 h
2. Inhuvarer – 102.6 h
3. Pallastare – 100.8 h

Tabell 4.2: Processer med flest felorsaker på västra packstation

4.4.3 Omställningar

Omställningarna vid packstationerna syftar huvudsakligen på att förebygga risken för kontaminering hos produkterna och att packa fel material i säckarna. De nödvändiga åtgärderna för att undvika detta specificeras främst i packprogrammen, som tidigare nämnts i avsnitt 4.2.2.1 *Packprogram*. Omställningar kan inkludera bland annat flertal rengöringar, men även byte av våg och produktövergångar i enlighet med den information som packprogrammen innehåller. Baserat på intervjuer med tekniker kan tidsåtgången mellan dessa variera beroende på vad packprogrammet innehåller, generellt sett beräknas tidsåtgången för rengöring att ta ungefär 60 minuter. Vid rengöring används tryckluft för att få bort material som kan ha fastnat i rören eller ventilerna som går in i packmaskinerna.

Som figur 4.14 illustrerar, finns det vågar ovanför varje packmaskin som tillför material till den. Vid ett vågbyte ska packmaskinen gå från att använda en specifik våg för ett sorts material. Från intervjuer och observationer beräknas ett vågbyte att ta ungefär 30 minuter och produktövergångar tar 15 minuter.



Figur 4.14: Förstorad bildvisning av figur 4.7

Under intervjuer har det framkommit att tidsåtgången för utförandet av rengöring, vågbyte och produktövergångar varierar beroende på teknikern. Vilket indikerar att olika metoder används för att genomföra dessa uppgifter. Denna variation är särskilt tydlig vid produktbyte på packmaskin P100 på grund av containerbytet som tidigare beskrivits vid avsnitt 4.1.1 *Materialflöde från fabrik*. Tiden för produktbyten

vid packmaskin P100 kan därför variera från 10–40 minuter beroende på om det inkluderar ett vågbyte eller inte.

Utöver att teknikerna får packinstruktioner genom ett packprogram, finns det även vågprogram för varje packmaskin. Dessa vågprogram ska kalibreras av teknikerna för att säkerställa att packmaskinens producerade säckar inte lider av kvalitetsbrister. Detta kan exempelvis innebära att man säkerställer att svetsarna som finns inne i packmaskinen har en tillräcklig temperatur för att förslutningen av säcken blir bra som inte leder till att säcken läcker. Ett annat exempel är att flödes hastigheten ner till säcken kalibreras korrekt så att säckarna fylls till den korrekta vikten.

För omställningarna finns det även standardmanövrar för teknikerna på västra packstation. Dessa är till för att säkerställa att omställningen som teknikerna utför sker på ett korrekt sätt. De innehåller en detaljerad steg-för-stegguide för exempelvis en rengöring vid packmaskinen. Dessa standardmanövrar ska följas av en tekniker för att säkerställa ett korrekt genomförande. Vidare görs frångtag, vilket är en metod för att spola ut material som har fastnat. Med hjälp av ett frångtag kan det minska antalet rengöringar som behövs för att säkerställa renhet i transportsystemet inför paketering av ett annat material. Detta för att paketering av det nya materialet inte ska bli kontaminerat av det gamla. En ytterligare åtgärd för att minska antalet rengöringar och för att säkerställa att gammalt material från förra användningen är borta från transportsystemet är att göra en renblåsning. På detta vis kan material från det förra tillverkningspartiet samlas upp i en uppsamlingspunkt och sedan plockas man upp dessa med hjälp av ett frångtag

5. Analys

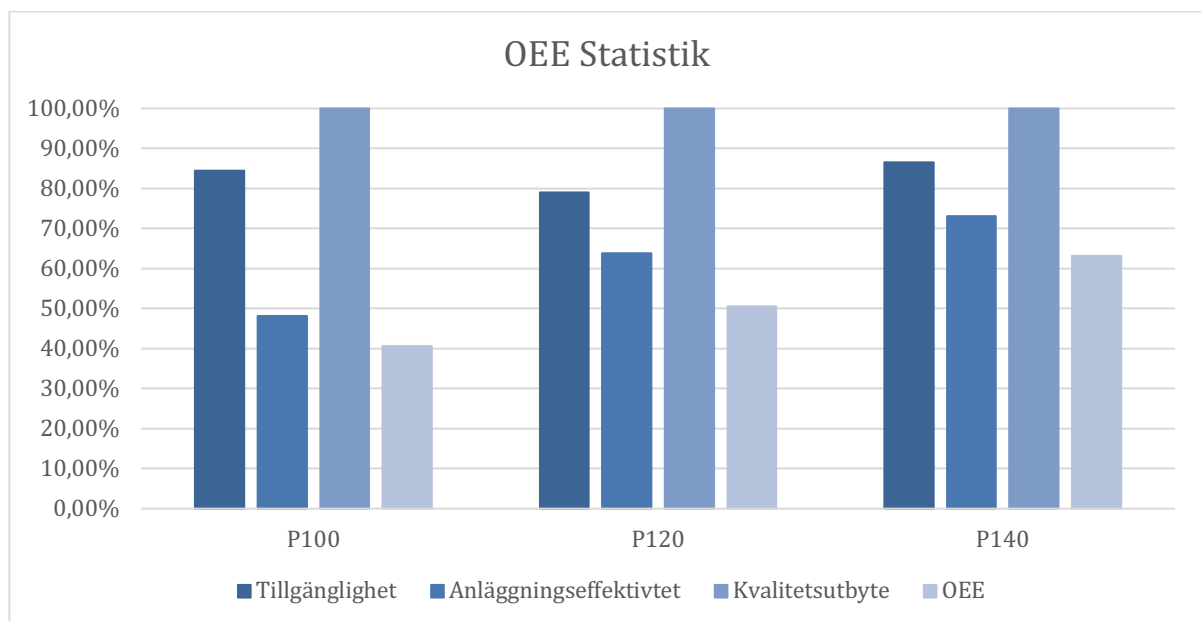
I detta avsnitt kommer resultatet av nulägesbeskrivningen att analyseras. Analysen bygger på samling av litteraturstudien som har genomförts, observationer, samt intervjuer.

5.1 Analys av kapaciteter

Borealis har satt upp ett målvärde på 64% OEE på sina anläggningar. Som figur 5.1 illustrerar har packmaskinerna P100, P120 och P140 en OEE nivå på runt 41%, 50.5 % respektive 63%. Ingen av packmaskinerna uppnår det satta målet, vilket indikerar att alla packmaskiner presterar under de krav som företaget har ställt. Jämfört med andra industrier och företag, fann Hedman et.al (2016) vid deras undersökning att den genomsnittliga nivån för OEE av de företag som undersöktes låg på runt 65% (s.3), medan Ylipää et.al (2017) nämner att den genomsnittliga nivån för OEE är runt 50% och världsklass är runt 85% (s.126). Detta kan tolkas som att Borealis OEE nivåer för packmaskinerna P120 och P140 ligger på en ungefärlig genomsnittlig nivå, medan packmaskin P100 ligger under genomsnittlig nivå.

Det är dock viktigt att påpeka att Borealis satt upp ett kapacitetskrav på att samtliga packmaskiner ska kunna producera 1600 säckar eller 40 ton material per timme som tidigare nämnt i avsnitt 4.3 *Kapacitet hos packmaskinerna*. Kravet på kapacitet skiljer sig från OEE eftersom ett kapacitetskrav handlar om ett företags förmåga att producera och leverera en viss mängd produkter inom en bestämd tidsram för att möta eventuell efterfrågan.

Även om OEE är en viktig indikator för prestanda, mäter OEE enbart effektiviteten hos produktionsutrustningen samt hur väl produktionsutrustningen används för att producera produkter eller enheter av hög kvalitet. För Borealis är det avgörande att uppnå de fastställda kapacitetskraven, men det är faktorerna som OEE mäter som påverkar om företaget kan uppnå dessa kapacitetskrav.



Figur 5.1: Genomsnittliga nivåer av OEE och dess underliggande faktorer

Den första faktorn som analyseras är tillgängligheten på packmaskin P100, P120 och P140. Som det kan utläsas i figur 5.1 har de en tillgänglighet på ungefär 84%, 79% samt 87%. Tillgänglighetsfaktorn i detta fall baseras på vad som är inrapporterat i MHOM.

Packmaskin P100 och P140 visar liknade tillgänglighet på omkring 85-90%, medan P120 har haft lägre tillgänglighet, närmare 80%. En tänkbar orsak till skillnaden kan vara att packmaskin P120 inte har varit i drift lika mycket som packmaskinerna P100 och P140.

Detta leder till att driftstopp som kan inträffa vid samtliga packmaskiner har en större påverkan på P120 än de andra. Dessutom har intervjuer och analys av tillgänglighetsfaktorn av OEE statistiken visat att Borealis inte inkluderar omställnings- eller justeringsarbete när de beräknar fram tillgänglighetsfaktorn. Exempelvis inkluderas inte tiden för inställningar av svetsen inuti packmaskinerna eller byte av säckrulle.

Detta skiljer sig från hur Nord et.al. (1997) definierat uträkningen av tillgänglighetsfaktorn i OEE. De menar att en maskins tillgänglighet bör baseras utifrån både oplanerade stopp samt tidsåtgång för omställnings- och justeringsarbete. Borealis väljer att inte inkludera tidsåtgången för omställnings- och justeringsarbete eftersom de inte är av maskinell karaktär och därmed ska detta inte inkluderas enligt dem. En rekommendation är att Borealis bör omvärdera detta då Ylipää et.al (2017) fann vid deras studie att den största påverkande faktorn inom tillgänglighet för industrin i stort, berodde på förluster inom omställnings- och justeringsarbete (s.138). Borealis tar inte heller hänsyn till planerade stopp i deras beräkningar av tillgänglighetsfaktorn i OEE. Detta hänsynstagande stämmer överens med hur Hedman et.al (2016) har räknat ut tillgänglighetsfaktorn (s.2).

Anläggningseffektiviteten som kan utläsas i figur 5.1 visar värden på ungefär 48%, 64% respektive 73% vid packmaskin P100, P120 och P140. En möjlig orsak till att packmaskin P100 har låg anläggningseffektivitet kan bero på en 30 % lägre flödes hastighet som tekniker har observerat och återberättat genom intervjuer. Detta händer enligt dem när containern tappar ner materialet till packmaskinen. I dessa observationer har det konstaterats att mängden i en containertömning till packmaskin P100 varierar. Trots detta fann Borealis ingen korrelation mellan containerns tippvinkel och tömningshastigheten vid en studie som genomfördes av de själva. På grund av detta anses det finnas mer incitament till att undersöka hur materialets egenskaper kan påverka hastigheten och därmed anläggningseffektiviteten. Således kan en möjlig undersökning studera hur olika material beter sig när de passerar rören ner till vågen, med fokus på viskositeten hos materialet.

En annan orsak till hastighetsförlusterna kan vara att materialet hindras av rörens utformning. Rören är böjda och går diagonalt ner till packmaskinen. Jämförelsevis, har taktankarna vid packmaskinerna P120 och P140 en direkt riktning nedåt, vilket också kan vara en orsak till skillnaden mellan hastigheterna i tillförseln. En rekommendation hade varit att undersöka ett möjligt investeringsalternativ som tillåter en förflyttning av packmaskin P100. Detta för att möjliggöra att packmaskinen står direkt under containertipparna på taket. Detta hade möjliggjort att materialet skulle runnit rakt nedåt till vågen och anläggningseffektiviteten skulle potentiellt kunna öka som resultat. Som resultat hade detta kunnat generera en kapacitetsökning på 23.4% för packmaskinen P100. Detta baseras på antagandet att packmaskinens kapacitet inte hade påverkats av att materialet flödar dåligt från containern. Vilket hade lett till att när packmaskinen packar material 1 hade kapaciteten ökat till åtminstone 620 säckar per timme.

Utifrån figur 5.1 kan det utläsas att det finns en skillnad på cirka 10 % i anläggningseffektiviteten mellan packmaskin P120 och P140. Trots att både packmaskin P120 och P140 får material på samma sätt via taktankar. En anledning till att det är en sådan skillnad, kan bero på de silos som nämnts i avsnitt 4.1.1 *Materialflöde från fabrik*. Varje silo är utrustad med en individuell omdirigerare som dirigerar materialet vidare till transportsystemet mot västra packstation. Omdirigeraren agerar som en sluss och är en del av det system som styr materialflödets riktning. I samverkan med en blåsmaskin, finns det en cellmatare som avgör hastigheten av materialet vid transporten. Cellmataren roterar och därmed doserar material. Med ökad frekvens i cellmatarens rotation ökar även hastigheten av materialflödet, detta är något som styrs av tekniker från en mätare. Det innebär att taktankarna som sitter ovanför västra packstation kan fyllas i olika hastigheter, beroende på från vilken silo materialet kommer. Informanter har pekat ut 500 area silos som de äldsta på anläggningen. Cellmatarna som styr 500 area silos kräver ett manuellt handhavande medan övriga silos är mer moderna istället är automatiska. Detta betyder att om packmaskin P120 har fått ökad tillförsel

från silos i 500-området mellan åren 2023–2024, kan detta ha sänkt dess anläggningseffektivitet. Detta kan vara en förklaring till varför packmaskin P120 uppvisar lägre anläggningseffektivitet jämfört med packmaskin P140. För att höja produktionseffektiviteten hos både packmaskin P120 och P140 kan det vara värt att identifiera vilka silos som negativt påverkar anläggningshastigheten och överväga att utrusta dessa med samma moderna cellmatrare som används i andra silos.

Figur 5.1 illustrerar även att kvalitetsutbytet för samtliga packmaskiners OEE värden beräknats till 100%. Anledningen till detta är eftersom kvalitetsbrister för själva materialet är försumbart liten eller att det inte finns någon kvalitetsbrist i det som har producerats. Det betyder följaktligen att de säckarna som kommit till kund eller som har producerats aldrig fyllts med fel material, blivit kontaminerade eller svetsats fel då dessa plockas av från produktionslinan under de tre senaste åren. Det rapporterade värdet är sannolikt inte helt korrekt eller realistiskt. Det kan ha förekommit incidenter där säckar inte förslutits tillräckligt bra, vilket lett till att material läckt ut vid leverans till kunden. Dessutom kan det finnas en låg grad av kontaminering i materialet.

5.1.1 Förbättring av produktionseffektivitet

För att förbättra den befintliga OEE statistiken hos packmaskinerna kan lösningar som Stamatis et.al (2017) nämner användas. De menar att tillgänglighetsfaktorn kan förbättras genom att minska oplanerade stopp, identifiera och eliminera de mest förekommande felorsakerna till de oplanerade stoppen samt MTBF och MTTR (s.43). Vid avsnitt 4.4.2 *Driftstopp* av denna rapport visade resultatet från stoppdata att packmaskinerna, inhuvarn och pallastaren har driftstoppstider på cirka 164, 103 respektive 101 timmar. Baserat på genomsnittliga cykeltider motsvarar detta en potentiell produktion av 2530 stycken pallar vid packmaskinerna, 2472 stycken pallar vid inhuvarna och 6233 pallar vid pallastarna. Genom att förbättra tillgänglighetsfaktorn genom att ha ett aktivt och effektivt förebyggande underhållsarbete kan oplanerade driftstopp minskas, vilket i sin tur reducerar förlusten av pallar. Detta förstärks av Mobley, R.K (2011) som diskuterar att nettoresultatet av en proaktiv underhållsfilosofi leder till lägre underhållskostnader och en högre tillgänglighet för processerna. Dessutom har det visat sig att underhållskostnaderna utifrån en reaktiv underhållsfilosofi kan kosta upp mot 3 gånger mer än att göra samma sorts underhåll som bygger på en proaktiv underhållsfilosofi. Genom att schemalägga och planera reparationer som minimerar dess tidsåtgång, och som inte påverkar produktionen eller leveranser till kunder, minimeras både dess direkta och indirekta kostnader för ett företag (s.3). Däremot baseras mycket av beslutsfattandet vid att planera in underhåll i en proaktiv underhållsfilosofi på intuitionen samt erfarenheterna hos underhållsarbetarna (Mobley, 2011, s.5). Detta kan leda till svårigheter för Borealis om kompetensen hos underhållsarbetarna förloras eller försvinner. Därför kan det, utöver att enbart förlita sig på underhållsarbetarna, vara fördelaktigt att inkludera ett förutsäggande underhållsprogram som förlitar sig på statistiska analyser om tillståndet hos utrustningen. Därför måste Borealis säkerställa att det finns eller att det ska komma in kompetens som kan utföra statistiska analyser.

Som tidigare nämnt i avsnitt 2.2 *Produktionseffektivitet* mäter anläggningseffektiviteten de förluster som beror på hastighetsförluster i produktionen. Hastighetsförluster kunde sedan kategoriseras som antingen mikrostopp eller reducerad hastighet i produktionen (Stamatis, 2017, s.26; Hedman et.al, 2016). Från observationer av stoppdata, OEE statistik och observationer vid packstationen, kan det konstateras att samtliga produktionslinor präglas av reducerad hastighet och mikrostopp. Hastighetsförlusterna är mer av en teknisk natur som har beskrivits i detalj i avsnitt 5.1 *Analys av kapaciteter* och mikrostoppen inträffar som följd av läckande säckar eller säckar utan korrekt vikt. Därför är det av intresse för Borealis att undersöka dels de tekniska detaljerna för att minimera hastighetsförluster, men även se över mikrostoppen som sker. På så sätt kan Borealis öka på anläggningseffektiviteten på samtliga packmaskiner och övrig utrustning längs respektive produktionslina. Eftersom hastighetsförluster är svåra att mäta och övervaka i en produktion rekommenderas det att införa ett automatiskt datainsamlingssystem för att kunna göra en mer detaljerad analys. Analysen bör innehålla bland annat cykeltider och förluster för samtliga processer vid respektive

produktionslina. Detta eftersom cyklerna kan vara snabba och vara svåra att mäta manuellt (Novotek, 2022). Dock kan införandet av ett sådant system innebära att rätt kompetens måste finnas tillgänglig. Detta kan innebära anställning av mer personal och paus av produktionen för att införa systemet. Eftersom det är anläggningseffektiviteten som är den huvudsakliga faktorn till de redovisade OEE nivåerna bland samtliga packmaskiner hos västra packstation, är det viktigt att undersöka dess felorsaker mer än de tekniska detaljerna som har analyserats ovan. Enligt Hedman et.al (2016), påverkas anläggningseffektiviteten också av operatörsarbetet, där det är bland annat operatörernas aktiviteter och produktionsplanering som påverkar den anläggningseffektiviteten och som i sin tur påverkar OEE. I studien undersöktes hur mycket av operatörernas aktiviteter påverkade OEE mätningen. Studien fann att runt 90% av de dokumenterade förlusttiderna berodde på stödjande manuella aktiviteter som operatörerna utförde till följd av ett driftstopp. På grund av detta resultat, menar studien att det krävs att ett fokus på att undersöka hur operatörsarbetet, inte enbart utrustningen, påverkar anläggningseffektiviteten (Hedman et.al, 2016, s.3–4).

Kvalitetutbytesfaktorn för samtliga packmaskiner har varit på 100%. Utifrån den etablerade teorin i avsnitt 2.2 *Produktionseffektivitet* om kvalitetutbytesfaktorn, innebär det således att samtliga säckar har producerats enligt de krav och specifikationer som krävs för försäljning.

Även om OEE statistiken i figur 5.1. visar 100% på samtliga packmaskiner för kvalitetutbytesfaktorn, har det genom intervjuer samt observationer uppfattats att när västra packstation packar material 1 vid packmaskin P100, ökar frekvensen av defekta säckar. Detta är särskilt vanligt under uppstart av packmaskinen. Som resultat, kan ett förslag vara att se över hur material 1 leder till fler läckande säckar. Utöver detta, kan det vara fördelaktigt att undersöka andra möjliga orsaker till som leder till läckande säckar än just material 1. Det kan exempelvis vara att undersöka själva materialet på säcken, om det skulle kunna vara en möjlig orsak till defekta säckar. Det kan vara att materialet som 20 kg säckarna består av, är bättre materialet som 25 kg säckarna består av. Rent intuitivt kan det tolkas som att ytterligare en process som kontrollerar kvaliteten kommer att eventuellt sänka hastigheten inom produktionen vid västra packstation. Däremot skulle en ökning i kvalitet till följd av ett kvalitetsprogram inte nödvändigtvis innebära en reduktion i hastighet eller en ökning av kostnader menar Laman & Scott (2022). Denna tolkning grundar sig traditionellt sett, har kvalitet, hastighet och kostnader varit något som är i konflikt med varandra och att man enbart kan välja att fokusera på två av dem (s.98). Genom att utveckla samt implementera en god kvalitetskontroll, kan en ökad produktivitet och minskade kvalitetsrelaterade kostnader följa som resultat. Dock ska det understrykas att ett kvalitetsprogram inte är ett enkelt verktyg att använda för att lösa tillfälliga brister i kvaliteten, utan det är ett omfattande system. Det har visat sig att det finns en risk med att företag enbart förlitar sig på att addera nya interna processer såsom kvalitetskontroller eller inspektioner. Detta skulle således innebära en ökning i antal operatörer vid en produktion och därmed inte nödvändigtvis innebära en eliminering av rotorsken till kvalitetsproblemen. Därför är det viktigt att ett kvalitetsprogram ska inkludera vad en eventuell investering i ett kvalitetsarbete kan generera som avkastning och om det leder företaget närmare att eliminera alla rotorsaker till kvalitetsproblemen (Laman & Scott, 2022, s.99–106).

5.2 Analys av begränsningar

Följande avsnitt analyserar de begränsningar som påverkar västra packstations produktionseffektivitet. Flera faktorer, såsom cykeltider, störningar, materialegenskaper och mänskliga faktorer undersöks för att identifiera flaskhalsar och andra hinder i produktionsprocessen. Dessa analyser ger en grund för att föreslå förbättringsåtgärder som kan öka produktionskapaciteten och minska driftstopp.

5.2.1 Cykeltider

Eftersom packmaskinerna är den trånga sektionen på västra packstation är det ytterst viktigt att utgångsmaterialet, säckarna, fortsätter komma ut från packmaskinerna. På grund av att packmaskinerna utgör en flaskhals på samtliga produktionslinor, är det också nödvändigt att säkerställa dess

funktionssäkerhet. Det vill säga minimera packmaskinernas oplanerade stopp så att de kan utföra krävd funktion. Dessutom är det av vikt att säkerställa att packmaskinernas utnyttjandegrad alltid är 100% eftersom packmaskinen sätter tempot för resten av produktionslinan. Detta kan kopplas till ”Theory of Constraints” i *avsnitt 2.7.2 Kapacitetsbalansering*. Dock skriver Jonsson & Mattsson (2016) att man hellre vill ha högre kapacitet i slutet av förädlingskedjan än i början av den (s.237). Vidare, enligt begränsningsteorin ska produktionen utnyttja den trånga sektionen så mycket som möjligt, eftersom det motarbetar förlängd produktionsstörning. Detta kan identifieras hos Borealis då de använder den överblivna tiden mellan flaskhalsen och de andra arbetsprocesserna på flera olika sätt. Det första är genom att placera en buffertplats för färdiglastade pallar framför inhuvararen som har lägst cykeltid. Det andra exemplet är att transportbandet balanserar flödet mellan stationerna.

Utifrån tidsstudien har denna rapport beräknat fram att samtliga packmaskiner är 46 sekunder fortare än vad transportband och pallastaren är sammanlagt. Detta innebär att transportbandet agerar som en onödigt stor buffert och därmed höjer den totala genomloppstiden. Under förutsättningarna att pallastarens gripare inte kan utföra rörelsen fortare men istället oftare eller konstant finns det två alternativ för att spara in den här tiden, antingen ett kortare transportband eller ett fortare transportband.

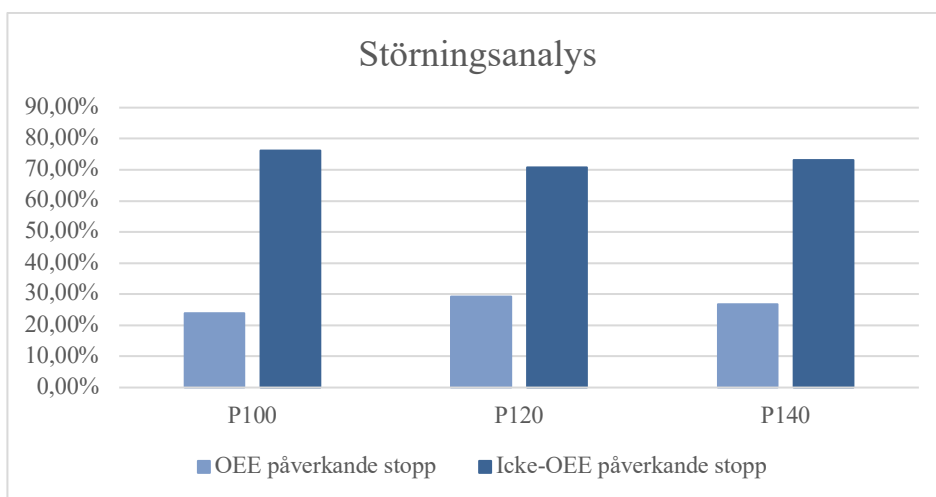
För att kunna möjliggöra en kortare transport skulle det innebära en slags förflyttning av antingen packmaskinen eller resten av produktionslinan från pallastaren och neråt. I och med detta finns det många faktorer som måste tas till hänsyn. Exempelvis för att kunna möjliggöra en flytt av packmaskinerna utan att anläggningseffektiviteten hos packmaskinerna minskar, räcker det inte med att enbart flytta på vågarna, utan även taktankarna. Annars är alternativet att rörsystemet har en sned lutning från våg till packmaskin. Därför, med hänsyn till rapportens avgränsning till implementerings kommer det inte att uttryckas vidare ställningstagande om detaljer kring dessa förslag.

5.2.2 Störningsanalys

Figur 5.2 illustrerar procentandelarna av de totala stopptiderna för samtliga produktionslinor uppdelade i två kategorier. De två kategorierna är OEE-påverkande stopp och Icke-OEE påverkande stopp. OEE påverkande stopp är sådana som uppstått under produktion. Det kan exempelvis vara haverier eller störningar som benämns *avsnitt 2.2. Produktionseffektivitet*. Icke-OEE påverkande stopp är de som inte har en påverkan på produktionslinornas produktionseffektivitet. Det kan vara stopp som materialbrist, personalbrist eller att packprogram saknas för teknikerna. Som figuren visar, är det icke-OEE påverkande stopp som står för den större andelen av rapporterade stopp för respektive produktionslina. För produktionslina P100, P120 och P140 står denna kategori för 76.2%, 71% samt 73% av den totala stopptiden på respektive produktionslina.

Att antalet icke-OEE påverkande stopp är hög kan vara ett resultat av hur Borealis har valt att definiera faktorerna i sin OEE beräkning. Exempelvis anses felorsakerna packprogram saknas eller materialbrist inte som direkt produktionsfall. Detta gör följaktligen att OEE-värdet högre än vad det egentligen bör vara.

Trots att de icke-OEE påverkande stoppen inte har någon påverkan på OEE statistiken, påverkar de ändå den övergripande produktionen. Även om västra packstation finns tillgänglig för att packa material, kan detta inte ske på grund av stoppen som materialbrist, personalbrist eller någon av de andra anledningarna som har nämnts. Därför, trots att de mörka staplarna i figur 5.2 inte har någon påverkan på produktionslinornas produktionseffektivitet, är det viktigt att inse att de är fortfarande aktuella på grund av deras påverkan på västra packstations produktivitet överlag.



Figur 5.2: Jämförelse i tidsåtgång mellan andelen OEE påverkande och Icke-OEE påverkande stopp

För att identifiera dynamiska flaskhalsar i produktionen vid västra packstation, har denna rapport utfört en undersökning utifrån samtliga inrapporterade stopp mellan januari 2024-april 2024 för att sedan kunna jämföra hur maskinernas stopp skiljer sig mot samtliga inrapporterade stopp mellan mars 2023–mars 2024. Denna undersökning skiljer sig från den tidigare undersökningen i avsnitt 4.4.2 *Driftstopp* som enbart behandlade OEE-påverkande stopp. Eftersom dynamiska flaskhalsar i större utsträckning uppstår på grund av tillfälligheter i produktionen, var syftet med undersökningen att se vilken stoppdata som varit mest framträdande under en 3 månaders period.

Anledningen till att den här perioden har valts är baserat på slutsatsen att stoppdata som visar sig vara mest framträdande bör vara den som är mest situationsbetingad. Felorsaker som har inträffat tidigare än den här valda perioden antas också redan ha åtgärdats. Undersökningen fokuserar på upp till tre felorsaker som ökat mest under den här perioden jämfört med föregående år för att filtrera vad som kan vara slumpmässiga företeelser. Det anses också att dessa är de felorsaker som har påverkat produktionen mest, sett till procentuell utveckling, vilket inte blir synonymt med total tidsåtgång för underhåll. Felorsaker som inte väsentligt påverkat den totala produktionstiden kommer att utelämnas för att behålla en hög datakvalitet. De tre felorsakerna som har ökat mest, samt haft den mest betydande påverkan i produktionen under denna period är vad som kan utläsas från tabell 5.1.

	% P100	% P120	% P140
ES - Etikettsskrivare	277%		
PL - Pallastare	262%		
SAP - SAP/ADC			193%
Inhuvare	211%		298%
TS - Transportsystem till taktank		295%	314%
BEM - Personalbrist		348%	
PRBY - Produktbyte		271%	

Tabell 5.1: Situationsbetingade förändringar för produktionslinorna

Under 2024 har tre maskiner på produktionslina P100 varit särskilt utmanande. Först är etikettsskrivaren, som delas med produktionslina P120. Därefter är pallastaren den maskin som har stannat näst mest. Den maskin som har stannat tredje mest är pallbanan. Trots detta har pallbanan totalt sett inte stannat mer än 2 timmar över en tremånadersperiod. Detta påverkar inte produktion tillräckligt för att kunna betraktas som en flaskhals. Vidare har det endast skett 2 stopp mellan januari–april 2024. Därför är inhuvaren en mer väsentlig felorsak att ta hänsyn till. Detta eftersom inhuvaren har mer inrapporterad stopptid än pallbanorna, men lägre procentuell utveckling.

På produktionslina P120 har tre maskiner uppvisat en betydande ökning i driftstopp. Dessa är säckmärkaren, personalbrist och transportsystemet till taktankar. Säckmärkaren har dock endast två incidenter registrerade där den har stannat, en gång under 10 minuter under 2023 och en gång under 30 minuter under 2024. Därför anses säckmärkaren inte ha en väsentlig påverkan på produktionslinans produktionseffektivitet och ingen ytterligare analys kommer utföras för denna maskin. Därför rekommenderas fokus på felorsaken produktbyte, som har mer inrapporterade tillfällen för stopp, samt en högre inrapporterad stopptid vilket framgår av tabell 5.2. Den underliggande orsaken till att personalbrist bidrog till 3.48 gånger fler stopp under den undersökta perioden är inte fullständigt klarlagd. Analys av data från packmaskin P120 visar på signifikant färre packtillfällen, vilket antyder att produktionen kanske flyttats till en annan produktionslina. Även om personalbristen inte orsakade många stopp på P120, var de få som inträffade av längre varaktighet, vilket framgår av tabell 5.2. En av felorsakerna som har lett till driftstoppen i transportsystemet till taktankarna är att rörnätverket som förbinder till dessa tankar har varit upptaget. Eftersom dessa situationer grundar sig i ett planeringsproblem bör de betraktas som förutsägbara i och med att det är återkommande. De tillfällen som transportsystemet har varit upptaget, utgör det ett tydligt exempel på en dynamisk flaskhals som har övergått till att bli en statisk flaskhals. De mest frekventa anledningarna till att rörnätverket är upptaget har varit att bulklastning blockerar rörnätverket eller att blåsmaskinen M28 är inställd på att transportera material till östra packstation. Denna problematik med transportsystemet finns även för produktionslina P140, vilket framgår av statistiken nedanför.

För produktionslina P140 har analysen visat att de tre maskinerna med högst frekvens av driftstopp är SAP-systemet, inhuvaren och transportsystemet till taktankarna. Enligt stoppstatistiken och tillhörande kommentarer noteras det att en stor majoritet av stoppen för både inhuvaren och transportsystemet till taktankarna har varit oplanerade. Även SAP-systemet har haft en hög andel oplanerade stopp, men det är framför allt antalet stopp relaterade till SAP som utmärker sig, vilket är högre än för någon annan felorsak. I detta sammanhang betyder det att det inte är fel på själva SAP, utan det är felorsaker som är relaterat till användandet SAP. Exempelvis med att teknikern som kör trucken ute i magasinet har problem med uppkopplingen till SAP, eller att det inte går att läsa in pallarnas SSCC-nummer in till SAP, eller mänskligt handhavande av SAP. På grund av dessa olika felorsaker relaterat till SAP, stoppas produktionen.

	P100 2024 (min)	P100 2023 (min)	% P100	P120 2024 (min)	P120 2023 (min)	% P120	P140 2024 (min)	P140 2023 (min)	% P140
AP		10			13			12	
BV	10	7	150%		15		300	108	277%
ES	2 687	145	1857%		153		835	732	114%
KH	53	235	23%	145	152	95%	720	673	107%
KR	74	88	84%		0				
KS		126			241			1 172	
VB	15	158	885%						
PAM					35		8	161	5%
PB	115	13	1429%	30	59	51%	242	176	138%
PL	662	46	145%	35	520	7%	364	1 195	30%
PM	1 630	1 127	526%	40	633	6%	595	1 978	30%
POL	1 547	180	332%		5		33	212	16%
SAP	104	294	635%	49	441	11%	1 053	739	142%
SB	2 374	31	9%		8	0%		17	0%
SH		374		105	264	40%	3 869	1 767	219%
SK		15			54				
SM				30	2	1286%	133	303	44%
TS				288	151	190%	272	571	48%
AVST	138	95	146%		27		265	233	114%
BEM	1 238	1 366	91%	767	428	179%	1 061	1 680	63%
EMB	181	3	26%		254		6	54	11%
HK	150	705	105%	90	452	20%	347	1 186	29%
MTRL	954	143	95%		308		306	1 093	28%
PRBY	343	1 008	49%	390	209	187%	599	1 112	54%
PROG		579			471		434	1 347	32%
SIFÖ		698			81		441	532	83%
OCI	94						50	30	167%

Tabell 5.2: Total stopptid under Jan-April 2024, Jan-April 2023 och procentuell förändring

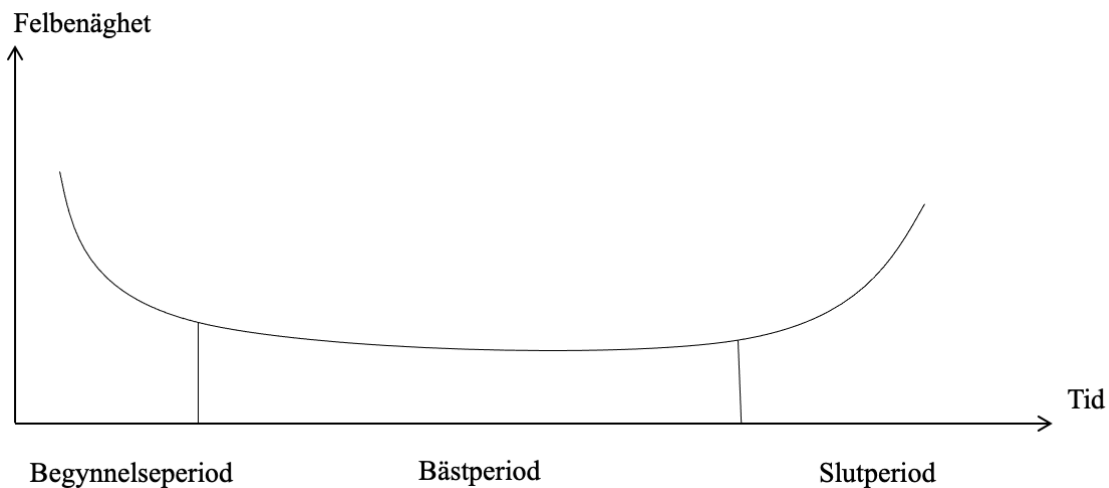
Tabell 5.2 visar stopptid i minuter för perioderna januari-april 2024 och januari-april 2023, samt den procentuella förändringen mellan dessa. Skillnaden i tidsperioder har lett till ändrade procentuella förändringar i felorsakerna jämförelsevis med störningsanalysen tillhörande tabell 5.1. Till skillnad från paretoagrammen som återfinns i avsnitt 4.4.2 *Driftstopp*, som endast inkluderade OEE-påverkande stopp, inkluderar denna jämförelse alla inrapporterade stopp. De tre främsta felorsakerna är pallbanor, packmaskin och etikettskrivare för P100, medan P120 och P140 har problem av produktbyte, personalbrist och transportsystem till taktank, respektive inhuvar, SAP-systemet och transportssystem till taktank.

En möjlig orsak till att vissa felorsaker, exempelvis etikettskrivaren, har ökat betydande mycket kan vara på grund av installationsproblem. En ny etikettskrivare installerades under början av år 2024, vilket kan ha bidragit till initiala driftsproblem. Denna situation kan resultera i att stoppdata blir missvisande och överrepresenterar de antal fel som etikettskrivarna orsakar i jämförelse med andra felkällor. Denna problematik har framkommit som en utmaning för teknikerna. Det understryker vikten av att förstå de underliggande orsakerna bakom dessa driftstopp för att kunna vidta rätt åtgärder.

Det är nödvändigt att förstå vilka konsekvenser introduktionen av ny utrustning eller nya maskiner kan ha för produktionen. Denna förståelse är särskilt viktig eftersom sådana tillägg kan medföra utmaningar som påverkar hela produktionslinans effektivitet, som det framgår av detta fall. Den redovisade trenden för etikettskrivaren kan även uppfattas att följa den kurva som Bergman & Klefsjö (2020) benämner som badkarskurvan inom underhållsplanering, vilket kan utläsas i figur 5.3. Den beskriver felbenägenhet, och visar att det är högst troligt att enheten som har överlevt en viss tid, kommer gå sönder inom en snar tidsperiod. I begynnelseperioden kan en enhet eller utrustning som är relativt ny, vara sårbar för att producera defekter och fel. Detta kan bero på bland annat inkörningsproblem (s.308–309). Denna tendens är tydlig i fallet med etikettskrivaren där en ganska kraftig ökning av driftstopp har registrerats under de senaste tre månaderna. Detta kan bero på att utrustning är ny och således följer badkarskurvan Förutom att det blir kostsamt för avdelningen med mer underhåll än planerat, kommer det även att leda till förändringsmotstånd som förklaras i avsnitt 2.3.5 *Förändringsmotstånd*.

För de övriga redovisade trenderna i respektive produktionslina har det inte skett något byte av utrustning. Däremot kan det vara möjligt att utrustningen befinner sig i någon av de andra två faserna av badkarskurvan illustreras i figur 5.3. Exempelvis att utrustningen befinner sig i en period där felbenägenheten är konstant, och att de fel som inträffar är exempelvis tillfälliga belastningar (Bergman & Klefsjö, 2020, s.308). Uppfattningen från informanter är att majoriteten av utrustningen som är vid västra packstation är i slutet av sina respektive livslängder. Därför bör utrustningen följa en utveckling som efterliknar Slutperioden i figur 5.3, då börjar utrustningen gå mot slutet av sin livslängd och därför ökar frekvensen av fel. På så vis bör Borealis förvänta sig en ökad felbenägenhet i sin utrustning.

Det ska dock poängteras att badkarskurvan är en förenklad modell för att visualisera förändring i sannolikheten för fel över tid, och därmed bestämma i vilken av faserna som utrustningen kan befinna sig i. Dess enkelhet är även dess primära fördel. På så sätt tillkommer även identifiering av underhållsbehov som kan leda till att företag kan planera in effektiva underhållsinsatser. Dock kan det finnas risker för att badkarskurvan kan vara för enkel för visa tillämpningar och inte alltid återspegla de verkliga förhållandena för alla system eftersom de inte följer den linjära utvecklingen som kurvan uppvisar. Det kan vara att utrustningen uppvisar återkommande problem, eller har en slumpmässig felbenägenhet över tiden.



Figur 5.3: "Badkarskurvan"

Undersökningen och intervjuerna visar att orsaker till produktionsfel uppvisar trender och återkommande felorsaker, vilket påverkar produktionsprocessen på flera sätt. En av dessa påverkningar är utmaningen att förutspå framtida trender. Potentiellt kan en möjlig åtgärd för att förbättra underhållsplaneringen och materialhanteringen vara att undersöka och modellera dessa trender, vilket skulle kunna leda till mer proaktiva och informerade beslut om när man ska planera underhåll.

5.2.3 Material

Som tidigare nämnt i avsnitt 4.3.1 *Packmaskin P100* är packhastigheten lägre när vissa material packas på produktionslinan och därför kan själva materialet anses vara en flaskhals för produktionslinan P100. Detta fenomen finns inte på de andra två produktionslinorna eftersom de inte hanterar material 1. Således är materialet ingen flaskhals för dem produktionslinorna.

Bland annat har det vid tillfällen visat sig att materialet har försämrade flödes hastighet från container som har beskrivits i avsnitt 5.1 *Analys av kapaciteter*. Materialet försvårar även packningen i säckar genom att materialet lätt fastnar i förslutningslinjen för säcken som påverkar svetsningen av säcken. Detta påverkar därmed säckens hållbarhet, och leder till fler läckande säckar som produceras från packmaskinen. Som resultat packar därmed packmaskinen på en lägre hastighet för att minimera läckande säckar. Eftersom beslutet att köra med en lägre hastighet fattas varje gång material 1 packas, kan materialet anses vara mer av en statisk än dynamisk flaskhals.

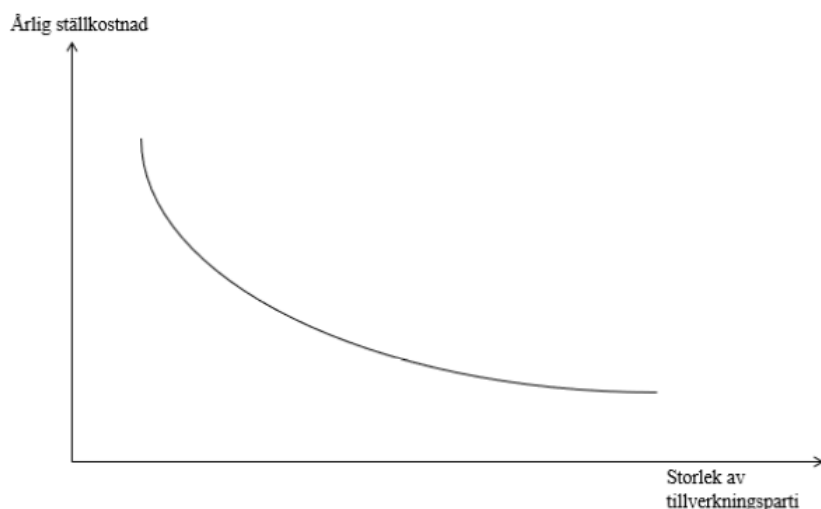
Eftersom det packas fler variationer av material på packmaskin P100, jämfört med packmaskinerna P120 och P140 kan det vara fördelaktigt att anpassa kapacitetskraven utifrån varje specifikt material. En sådan justering skulle möjliggöra mer korrekta data och därmed en mer exakt beräkning av OEE-statistiken, eftersom det finns betydande skillnader i packningshastighet mellan olika material. En ytterligare potentiell styrka med att justera kapacitetskraven efter materialet är att det kan underlätta processen med att identifiera specifika effektivitetsproblem vid produktionslinorna. En potentiell nackdel är dock att det kan leda till svårigheter i hur packmaskinens kapacitet ska definieras och upprätthållandet av standardisering. Dessutom skulle det kunna innebära ytterligare administrativa arbete och därmed högre driftkostnader.

Från intervjuer framkom det att det har blivit allt vanligare med mindre tillverkningspartier, vilket leder till en ökning av antalet omställningar. Denna trend mot mindre tillverkningspartier beror på att fler produkter från olika fabriker nu packas på västra packstation än vad det tidigare gjorts. Trots att endast 10% av den genomsnittliga volymen utgör dessa mindre tillverkningspartier, har de en negativ påverkan på både produktionseffektivitet och processoptimering. Detta har förvandlat en tidigare dynamisk flaskhals till en mer statisk situation, därför att maskinernas begränsningar blir alltmer påtagliga. En av utmaningarna är att

det leder till mer frekventa omställningar, vilket reducerar den effektiva produktionstiden. Mindre tillverkningspartier har nackdelar även för kunden eftersom varje ny order kräver kvalitetstester, vilket ökar arbetsbelastningen då fler leveranser måste kontrolleras. Dessutom medför det att färre pallar ingår per order, vilket resulterar i att färre pallar har samma identifikationsnummer, vilket kan komplicera logistiken.

I planeringsprocessen ges packprioritet till det tillverkningsparti som har det högsta kundordervärdet. Denna prioritering kan leda till förändringar i produktionsflödet och därmed skapa en dynamisk flaskhals, vilket påverkar planeringen enligt referens till tabell 2.3 i avsnitt 2.8 *Materialstyrning*.

I planeringsprocessen prioriteras material 1 i produktionen, eftersom det generellt har ett högre marknadsvärde än andra material. Det är planerat att material 1 ska börja produceras i större partier, vilket kommer beskrivas närmare i avsnitt 5.3 *Analys av potentiellt framtida materialflöde*. Detta är fördelaktigt då det minskar frekvensen av omställningar. I följd av färre omställningar vid västra packstation bör även de årliga ställkostnaderna minska med hänvisning till figur 5.4. Dock innebär detta en nackdel eftersom det begränsar användningen av packmaskin P120, eftersom packmaskinerna delar på samma transportband. Denna situation kan leda till lägre utnyttjande av tillgängliga resurser och kräver uppmärksamhet i produktionsplaneringen.



Figur 5.4: Illustration över förhållandet mellan årlig ställkostnad och storlek av tillverkningsparti.

Enligt Goldratt & Cox (2014) bidrar optimala partistorlekar eller tillverkningspartier till en minimerad kostnad per enhet, samtidigt som den möjliggör flexibilitet i produktionen för att anpassa sig till förändrade marknadsbehov. Därför är det nödvändigt att noggrant överväga storleken på tillverkningspartierna. Enligt teorin om produktionsflöden har storleken på partier även en direkt påverkan på produktionshastigheten. Stora tillverkningspartier leder oftare till väntetider vilket vidare reducerar den övergripande produktionen. Vilket i slutändan påverkar produktionens lönsamhet och tillförlitlighet. För att adressera detta problem föreslås att utforska vad den optimala partistorleken är eftersom det kan leda till slutsatsen att mindre och mer frekventa partier är gynnsamt då de används för att minska påverkan av enskilda flaskhalsar. För denna beräkning behöver Borealis bättre data för omställningarna.

Från intervjuer med diverse personer från Borealis har olika former av flexibilitet varit en avgörande faktor för valet av det nuvarande systemet vid västra packstation. Borealis anser själva att det är deras flexibilitet är en faktor som har möjliggjort för dem att kunna ha en god lönsamhet. Enligt Olhager (2013) kan flexibilitet indelas i produktmixflexibilitet och volymflexibilitet. En framtida ökning av antalet tillverkade standardprodukter kan tyda på att behovet av både produktmixflexibilitet samt volymflexibilitet har minskat (s.482). Således skulle det kunna innebära att Borealis rör sig ifrån att ha en hög grad av flexibilitet, både med sina produkter samt volymer, eftersom behovet inte finns i samma utsträckning. För produktmixen kan

detta innebära att det produktionen rör sig mot att producera fler material som bygger på enhetliga egenskaper. Detta minimerar de krävande aktiviteterna, vilka bland annat beskrivs i avsnitt 4.4.3 *Omställningar*. För Borealis volymmix kan det innebära att storleken av tillverkningspartierna kan bli större. Detta hänger ihop med figur 5.4 som illustrerar hur de årliga ställkostnaderna minskar med större partistorlekar.

5.2.4 Mänskliga faktorer

Den mänskliga faktorn skapar flaskhalsar eller begränsningar i en produktionskontext. Detta kan vara av både statisk eller dynamisk natur. Maskinerna har som tidigare nämnt, ett behov av manuell styrning vilket leder till teknikerna tenderar att styra maskinerna efter sina observationer och erfarenheter. För att undvika att produktionslinorna ska stanna kan det ske att tekniker på plats väljer att sänka hastigheten på grund av personens uppfattning att maskinerna som exempelvis packmaskinen eller cellmatare, och i förlängning hela produktionsflödet blir mer driftsäkra om hastigheten sänks.

På Borealis alla anläggningar finns det rutiner och standardmanöver som ska följas, dessa har två primära syften. Undvika kontaminering av materialet och säkerhetsåtgärder för teknikerna. Vad som inte finns inom rutiner och standardmanöver för i vilken ordning som teknikerna bör prioritera sina uppgifter. Vilket betyder att sättet en tekniker utför arbetet på, kan styras av sin uppfattning istället för bästa praxis, som med maskinhastigheten. Med hänsyn till avsnitt 2.2.1 *Standardiserade arbetsmetoder* och Likers syn på standardiserade arbetsmetoder är detta inte korrekt, och därför bör en lösning kring att införa standardiserat arbetssätt vara aktuellt (Liker, 2021). Intervjuer har påvisat att det förekommer en kapacitetsminskning om minst 5% på grund av teknikers val av maskinhastigheter. Vidare har det även framgått att teknikernas inblandning total sett skulle kunna innebära en kapacitetsminskning på över 25%.

Vid den västra packstationen sker rotation av personalen, vilket inkluderar fast anställda vid stationen, personal som roterar mellan olika arbetsområden, samt personal som temporärt stödjer vid behov. Två huvudsakliga problem har identifierats genom intervjuer kopplat till detta. För det första, den stödjande personalen är ofta inte uppdaterad om de senaste händelserna eller förändringarna vid västra packstationen, vilket kan leda till begränsningar och fel. För det andra upplevs en brist på engagemang för att utföra uppgifter noggrant och korrekt rapportera stopp. Brist på motivation kan grunda sig i att många tekniker inte förväntas vara kvar vid västra packstation under en längre period. Detta resulterar i en mentalitet där ansvaret för uppgifterna överlämnas till nästa skift, vilket underminerar kvaliteten av arbetet. Detta innebär att produktionsledningen, som ansvarar för planeringen av personalallokeringen, behöver säkerställa att alla inblandade är ordentligt informerade och engagerade i sina arbetsuppgifter, oavsett deras koppling till arbetsplatsen.

För att bättre förstå den mänskliga faktorns roll är det viktigt att utforskas hur mänskliga faktorer påverkar produktiviteten i för produktionslinorna. Genom att granska dessa aspekter kan vi förstå och tillämpa rätt metoder för att förbättra produktiviteten, vilket är avgörande för att minimera mänskligt skapade flaskhalsar.

För att effektivt bemöta de utmaningar som Borealis har i samband med mänskliga faktorer tros det vara viktigt att integrera teknikerna i början av förbättringsprocesser. Vidare, är det avgörande att tidigt kommunicera syftet när åtgärder planeras. Ett effektivt verktyg för detta ändamål är att implementera uppföljningsplaner som visualiserar förbättringarna i processerna. Enligt Nigel Slack (2019, s.556) har PDCA-metoden visat sig vara särskilt användbar under dessa förhållanden, framförallt i processer som betonas av kontinuerlig förbättring. PDCA-metoden är ett enkelt system som ofta används inom förbättringsarbeten som kan utvecklas i takt med att man ser resultat och därmed avanceras.

Dessa uppföljningsplaner skulle kunna utgöra ett värdefullt komplement till de månadsmöten som redan genomförs på Borealis för att upp ytterligare information till ytan. De kan även fungera som ett

motivationshöjande verktyg, med tanke på att det finns en uppfattning bland personalen att syftet med att registrera statistik är otydligt. Bland annat tycker de inte de får tillräcklig med återkoppling på hur data används och vilket värde det tillför. Detta gäller särskilt icke-OEE påverkande händelser som kategoriseras som "Non Equipment Related" i det interna systemet MHOM. Detta kan leda till att teknikerna inte ser lika stort värde i att registrera dessa med samma noggrannhet som för OEE-påverkande stopp, vilket gör en uppföljning på stoppdata mer otydlig. Detta kan även bero på att teknikerna befinner sig långt ifrån de avdelningar som fattar besluten om hur datan ska användas. Dessutom kan statistiken ge en missvisade bild av verkligheten och därför finner tekniker inte värde i att registrera stoppdata. Exempelvis när tekniker har uppnått kapacitetskraven kan det verka som att de har arbetat effektivt, men i verkligheten kan detta bero på att maskinerna fungerar väl och teknikerna inte har behövt ingripa. Omvänt, när kapacitetskraven inte uppnås, kan det ge intrycket att teknikerna inte har presterat tillräckligt, trots att de i själva verket kan ha arbetat intensivt med att försöka få maskinerna att fungera korrekt.

Detta är några av avledningarna till att uppföljningsplaner kan utgöra ett värdefullt komplement till de månadsmöten som redan genomförs på Borealis för att få upp ytterligare information till ytan. Genom att tillämpa PDCA-metoden och samtidigt aktivt inkludera teknikerna mer i processen, finns det möjlighet hela informationssystemet göras mer transparent och öppet över tid. Förutom att göra informationssystemet mer transparant finns det också förhoppningar att totalt sett öka produktiviteten i linje med att öka variablerna P och M som avsnitt 2.3.1 *Mänskliga faktorer på flaskhalsar* behandlar.

Som diskuterat i avsnitt 5.2.1 *Cykeltider*, finns det balanseringsförluster hos produktionslinorna som kan bemötas genom att eventuellt omplacera viss utrustning, eller se över buffertar vid västra packstation. Vid analys av de mänskliga faktorerna, kommer det att läggas fokus på variablerna U_N och U_D som återfinns i avsnitt 2.3.1 *Mänskliga faktorer på flaskhalsar*. En effektiv metod för att adressera variabeln U_N skulle kunna vara att noggrant granska tidsåtgången vid skiftbyten. Observationer och intervjuer indikerar att det kan ta mellan 10–30 minuter innan produktionen återupptas fullt ut efter ett skiftbyte. Denna fördröjning kan bero på nödvändiga omställningar och informationsöverföring mellan avlösande personal om händelser och tillstånd från det föregående passet. En potentiell lösning skulle kunna innebära en systematisk genomgång av stoppdata från det tidigare skiftet, vilket skulle effektivisera informationsutbytet och minska tiden det tar att återuppta full produktion. För att förbättra variabeln U_D och därmed minska tiden för att hantera oplanerade stopp, är det väsentligt att implementera bättre rutiner och tydligare instruktioner för effektiv felsökning. Det har identifierats två sätt som Borealis för att underlätta hanteringen av dessa situationer mer effektivt. För det första, har Borealis placerat driftstationen i direkt anslutning till produktionslinorna, vilket möjliggör snabbare hantering vid eventuella driftstopp på grund av uppsyn. För det andra har produktionslinan utrustats med ljussignaler som indikerar var felet har uppstått, vilket påskyndar identifieringen av problemet och därmed snabbare avhjälpande underhåll.

För att ytterligare underlätta avhjälpande underhåll bör Borealis möjligtvis och mer detaljerade instruktioner till tekniker. Detta gäller särskilt för de tekniker som inte roterar till västra packstation ofta, eller även i samband med installation av nya system. Detta är av särskild vikt med tanke på den så kallade badkarskurvan, som illustrerats i figur 5.3. Ett exempel på när bristfälliga rutiner och otydliga instruktioner har fördröjt processen är under installationen av de nya etikettskrivarna, vilket har resulterat i onödigt långa driftstopp. En förbättring inom detta område skulle kunna leda till snabbare felsökning och minskad MDT (Mean Down Time), vilket direkt bidrar till ökad produktivitet.

5.3 Analys av potentiell produktionsvolym

På grund av pågående planerade utvecklingsprojekt inom anläggningen, bör en undersökning genomföras för att utvärdera hur en volymökning skulle påverka materialflödet för västra Packstation. Detta har beskrivits tidigare i avsnitt 1.4 *Problemformulering*.

Därför kommer nästkommande avsnitt undersöka hur en eventuell ökning av produktionsvolymen skulle påverka det nuvarande materialflödet vid västra packstation. Denna ökning skulle främst ske för produktionslina P100. Analysen utgår från en volymökning med 20% vid produktionslina P100.

5.3.1 Volymberäkningar

Som tidigare nämnt i avsnitt 4.2 *västra packstation* har produktionslina P100 hanterat cirka 32% av den totala genomsnittliga andelen vid västra packstation. Den totala genomsnittliga produktionsvolymen som västra packstation har hanterat finns med i avsnitt 4.2.3 *Materialflöde från västra packstation*. Detta ger en volym på:

$$32\% * 68\,133,48 \approx 21\,803 \text{ ton} \quad (2)$$

Om det hade skett en 20% ökning av detta hade detta resulterat i:

$$21\,803 * (20\% + 100\%) \approx 26\,164 \text{ ton} \quad (3)$$

Om den 20% ökningen hade följt samma fördelning av material som finns vid avsnitt 4.2.3 *Materialflöde från västra packstation* hade volymen i ton bland materialen varit följande:

$$\text{Material 1: } 60\% * 26\,164 \approx 15\,698 \quad (4)$$

$$\text{Material 2: } 20\% * 26\,164 \approx 5\,233 \quad (5)$$

$$\text{Övrigt: } 20\% * 26\,164 \approx 5\,233 \quad (6)$$

Volymökningen hade gett en uppskattad volym på cirka 15 700 ton för material 1, 5200 ton för material 2 och 5200 ton av övriga material vid produktionslinan P100.

5.3.2 Begränsningar vid potentiell produktionsvolym

Vid en volymökning kommer de nuvarande begränsningarna vid packstationen att kvarstå, men nya begränsningar kan uppstå till följd av denna utveckling. I följande avsnitt belyses begränsningar som identifierats i denna rapport till följd av volymökningen.

5.3.2.1 Trender

Vid en potentiell volymökning kan det vara nödvändigt att investera i ny utrustning vilket förväntas att initialt leda till en ökning av stopp. Exempelvis om Borealis installerar nya cellmatrare för att öka tillförseln till taktankarna. Detta hade varit i linje med badkarskurvan. Det är därför viktigt att förbereda för underhåll och övervakning för att minimera störningar i produktionen under denna initiala fas.

5.3.2.2 Produktionskrockar

Det ligger utmaningar i att öka produktionsvolymerna på packmaskin P100 på grund av att det riskerar att leda till ökade krockar i produktionen mellan packmaskinerna P100 och P120, vilket potentiellt kan förvärra flaskhalsproblematiken. Om kapaciteten hos P100 ökar utan en motsvarande justering i systemet kan detta leda till att packmaskin P120 upplever fördröjningar eller att materialflöden blir ojämna, vilket kan påverka hela produktionslinjens effektivitet negativt. Att öka produktionsvolymerna kan således bidra till ett mindre flexibelt system bland annat på grund av nya kapacitetsbegränsningar vid hanteringen av de nya volymerna samt ytterligare faktorer som beskrivs i avsnitt 5.2.3 *Material*.

5.3.2.3 Tillgänglighet

Vid en volymökning blir de ingående flödena till västra packstation och produktionslina P100 påverkade. Som beskrivet vid avsnitt 4.2.1 *Materialflöde till västra packstation* finns det en kran vid packstationen som lyfter upp containers till taket av packstationen. Vid en eventuell volymökning hade kranens funktion blivit en mer kritisk resurs eftersom den måste byta fler containers mot nya på taket. Detta kräver mer tillförlitlighet i teknikerns handhavande av kranen. Vidare måste det säkerställas att packmaskinen alltid arbetar med full kapacitet och att västra packstation inte drabbas av försening i väntan på nya containers. Dessutom hade en ökning av volymen vid produktionslina P100 inneburit användning av fler containers, vilket troligtvis innebär en expansion av containergårdens för att rymma dessa. Risken för att kranen får utmattningsproblem eller eventuellt haveri ökar också, i följd av att körtiden ökar.

För att effektivt hantera de ökade volymerna är det av yttersta vikt att säkerställa att teknikerna inte sänker hastigheten på någon maskin baserat på personlig erfarenhet, vilket tidigare har noterats. Detta beteende, även om det tidigare kan ha bidragit till driftsäkerhet enligt ansvariga, kan bli en ännu mer betydande flaskhals i ljuset av de ökade kapacitetskraven. Att justera hastigheterna nedåt kan leda till att inte bara effektiviteten minskar, utan även att möjligheten att möta de nya volymkraven begränsas.

För att bemöta detta, blir det än viktigare att säkerställa att rutiner följs noggrant för att nå uppsatta kapacitetskrav. Detta kräver mer noggrann planering och övervakning för att undvika överbelastning av hela systemet. Det är extra viktigt eftersom rutiner undviker onödig belastning för både teknikerna och produktionen. Det är också avgörande att implementera och upprätthålla detaljerade säkerhetsprotokoll och regelbunden utbildning för tekniker för att hantera den ökade belastningen. Denna samordning kan leda till att man säkerställer att den mänskliga faktorn inom materialhanteringen inte blir en begränsande faktor eller en källa till ytterligare flaskhalsar för den möjliga framtidens produktion.

5.3.2.4 Målkonflikter

Enligt Jonsson & Mattsson (2016) finns det inom tillverkande företag målkonflikter inom dess funktioner som påverkar hur ett företags materialflöde ska se ut och vad dess mål ska vara (s.34). Om Borealis kommer att öka produktionsvolymen vid produktionslina P100 med 20% kommer det att, baserat på beräkningen av (2) & (3) i avsnitt 5.3.2 *Volymberäkningar*, resultera i en ökning av 3 727 stycken pallar. Om antagandet görs att Borealis använder sig av standard EU-pallar har dessa 1.2 m i längd och 0.8 m i bredd. Detta ger innebär att en pall har en area på 0.96 m^2 . Detta innebär att ökningen av pallarna skulle täcka en area av cirka 3578 m^2 . Ungefär hälften av arean av en fotbollsplan som liknelse. Dock hade exakt denna area inte krävts eftersom lagret också är kopplat till hur länge en pall står i lager och vad den ökade efterfrågan är. Det vill säga, till följd av en ökad efterfråga som leder till en ökad produktionsvolym, kommer troligtvis lagrets omsättningshastighet att öka. Lagrets omsättningshastighet är i sig ett mått på hur många gånger ett företags lager säljs under en viss tidsperiod. Detta innebär att Borealis inte behöver bygga upp mer lager om det finns en ökad eller stabil efterfråga. Däremot, om efterfrågan varierar kraftigt eller skulle gå ner kommer Borealis att bygga upp sina lagernivåer under perioden som den ökade produktionsvolymen fortfarande är igång. Detta kan riskera att spä på konflikten mellan funktionerna produktion och ekonomi i ett tillverkande företag, eftersom en ökning av produktionsvolymen minskar på antalet omställningar men det ger ökade kostnader och sämre kassaflöde till ett företag (Jonsson & Mattsson, 2016, s.36).

5.4. Identifierade lösningsförslag

För att kunna hantera en ökad produktionsvolym, står Borealis även för ett ökat kapacitetsbehov. Utöver de identifierade utmaningarna som existerar i nuvarande läge, samt vad nya utmaningar kan vara, presenteras det här två förslag på hur Borealis kan få en ökad kapacitetstillgång. Ett sätt är genom att genom att öka produktionstiden genom att använda mer av kalendertiden, och det andra är att implementera en ny produktionslina.

5.4.1 Treskiftsarbete

Det har tidigare konstaterats att vissa material har inneboende egenskaper som sänker hastigheten till packmaskinen vid produktionslina P100, särskilt material 1. Hastighetssänkningen innebär att materialet inte är tillgänglig för packmaskin P100 i den mån som Borealis önskar, och därför är material 1 begränsande. I brist på bevisad teori som stöder möjligheten att öka hastigheten på packmaskinen för dessa material, är det lämpligt att överväga att allokera mer av kalendertiden till produktion. En lösning för att möta ökade krav kan således vara att införa treskiftsarbete. Implementeringen av treskiftsarbete, vilket redan tillämpas inom andra delar av polyetenanläggningen, skulle möjliggöra en effektivare utnyttjande av kalendertiden genom att öka produktionstiden. Eftersom treskiftsarbete redan används på andra delar av polyetenanläggningen bör det även vara en lättare övergång vid packstationen.

När det gäller att öka kapaciteten vid packmaskin P100, och därmed ett potentiellt arbete kring omplanering vid västra packstation, krävs det noggrann kapacitetsplanering med hänsyn till teorin i avsnitt 2.7 *Kapacitetsplanering*. En av de nödvändigaste resurserna hos Borealis är rätt arbetskraft, vilket är avgörande för att systemen ska fungera kontinuerligt. Vid ett potentiellt byte till treskiftsarbete, hade det varit viktigt att säkerställa att det finns en närvaro av kunniga tekniker på plats. Detta för att upprätthålla effektiv paketering och produktionssäkerhet.

Eftersom en betydande del av stoppen vid den västra packstationen är registrerade som planerade, vilket framgår av figur 5.2, har denna rapport inte kunnat utläsa hur många av de planerade stoppen som är planerat underhåll. Trots detta, är en hypotes att det bör vara ett rimligt förslag att planera underhåll som schemaläggs utanför produktionstid, det vill säga mellan 24:00–06:00. Genom att justera på detta sätt skulle det möjliggöra en mer kontinuerlig och effektiv produktion som inte begränsas av planerat underhåll. Det finns några potentiella hinder som kan påverka denna strategi. Främst om kunder varken önskar eller har möjlighet att hämta pallar på natten begränsas möjligheten att använda externt lager. Då skulle det enda alternativet vara att producera för att fylla magasinet eller andra interna lager. Hur det hade påverkat befintligt lagerutrymme beskrivs i avsnitt 5.3.2.4 *Målkonflikter*.

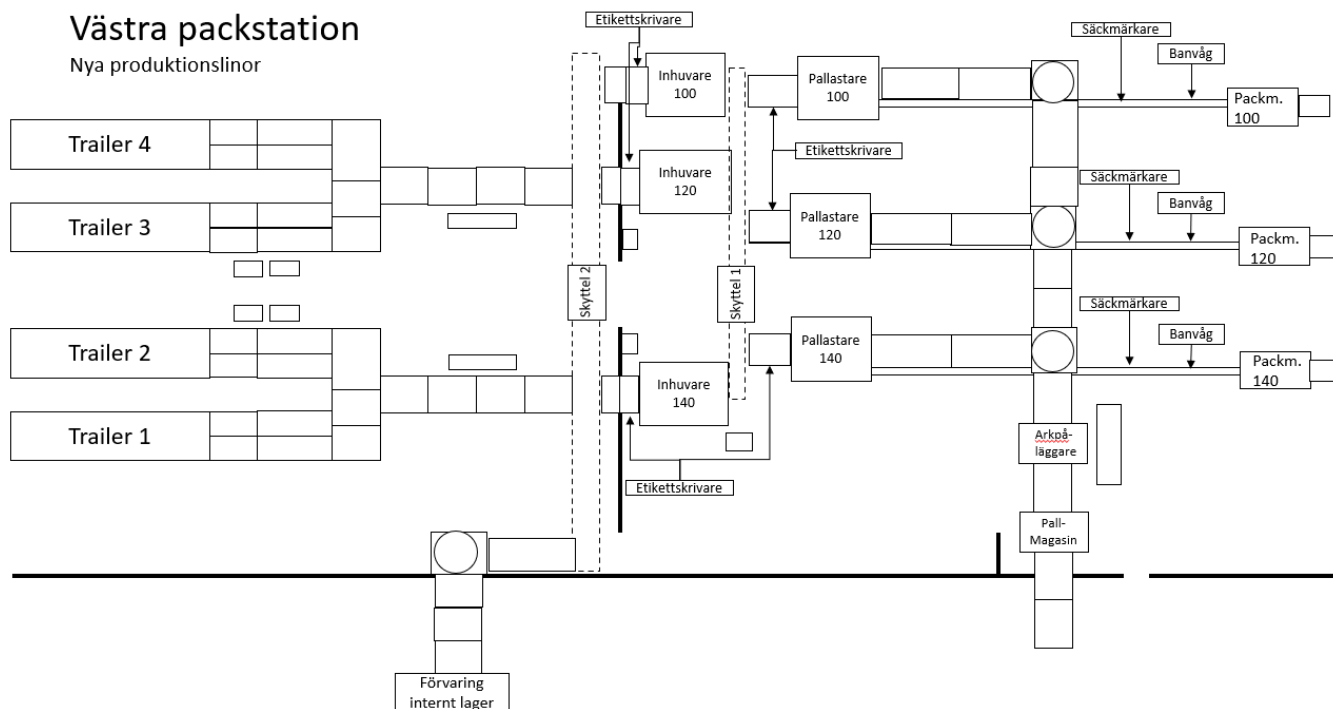
5.4.2 Implementering av ny produktionslina

Borealis skulle kunna öka kapaciteten med 6.4% vid västra packstation och därmed tillmötesgå den ökade volymen genom att införa en ny produktionslina. Figur 5.5 illustrerar ett förslag på hur det kan se ut om packmaskin P100 skulle kunna få en egen produktionslina. Detta innebär eget transportband, pallastare och inhuvar. Därefter används skytteln vid kassettdrift för att antingen transportera pallarna till trailers eller till förvaring i det interna magasinet. Genom intervjuer och observationer, har en egen produktionslina för packmaskin P100 varit en tidigare ambition vid västra packstation. På grund av nedskärningar i resurser till följd av en försämrad lönsamhet fick denna ambition revideras, vilket ledde till hur det ser ut i figur 4.3 i avsnitt 4.2.2 *Vid västra packstation*.

En viktig poängtering gällande figur 5.5 är att skissen är enbart ett potentiellt förslag på en ny layout av produktionslinorna. Skissen i figur 5.5 har inte tagit till hänsyn av packstationens fysiska begränsningar, exempelvis väggar, pelare, gångar, trappor, takhöjder, övervakningsutrustning, dörrar, med mera. Skissen kan även utvecklas på en mängd olika sätt. Bland annat genom att ha ett transportband till förvaring i internt lager uppe vid produktionslinan P100 efter inhuvar, eller att produktionslinan har eget kassetband ut till trailers, som blir trailer 5 och 6 i det fallet.

En ny produktionslina skulle troligtvis innebära att cykeltiderna för de tillhörande processerna kan komma att förbättras nuvarande tillstånd. Detta kan leda till en förbättring för balanseringsförlusten i produktionslina P100. Däremot, själva packmaskinen kommer fortfarande att ha samma cykeltid eftersom

maskinen är densamma. På så sätt är packmaskin P100 fortfarande flaskhalsen i dess nya produktionslina och sätter tempot för produktionslinan.



Figur 5.5: Förslag över nya produktionslinor på västra packstation. Ej skal- eller dimensionsenlig.

Den primära fördelen med att packmaskin P100 skulle få en egen produktionslina är att dess påverkan på produktionslina P120 hade försvunnit. På så sätt sänker inte packmaskin P100 längre kapaciteten eller den önskvärda volymen på produktionslina P120. Att packmaskin P100 skulle få en egen produktionslina kan även kopplas till hur företag dimensionerar kapaciteter till följd av ett ökat kapacitetsbehov som beskrivs in avsnitt 2.7.1 *Dimensionering av kapaciteter*. Detta kapacitetsbehov uppstår som ett resultat av den önskvärda volymökningen. Vid implementering av en egen lina kan även packmaskin P100 förflyttas så själva packmaskinen är i linje med takramarna. En utmaning som tidigare har analyserats i avsnitt 5.1 *Analys av kapaciteter*.

Att implementera en ny produktionslina för packmaskin P100 hade troligtvis krävt en betydande investering och ökade driftkostnader. Ny utrustning måste köpas som transportband, pallastare samt inhuvare. Därtill krävs ytterligare utrustning som måste finnas på plats innan produktionslinan kan vara fullt verksam som exempelvis elledningar. Dessa kostnader omfattar inte endast inköp utan vissa har också flergångskaraktär, exempelvis kräver ny utrustning underhåll vilket i sin tur kräver anställning av fler tekniker och entreprenörer.

Sammanfattningsvis är en ny produktionslina vid P100 ett intressant förslag som kan ge en kapacitetsökning på 6.4% för hela västra packstation. Däremot, är det ett förslag som kräver en noggrann undersökning och planering kring hur det ska komma att se ut på västra packstation. Eftersom detta arbete avgränsar sig från att göra vidare analys av hur lösningsförslag kan komma att se ut på västra packstation, kommer detta inte att analyseras vidare.

6. Diskussion

Följande avsnitt innehåller en diskussion relaterad till rapporten. Först diskuteras hur resultatet i denna rapport jämförs med resultat från andra examensarbeten med liknande syften. Därefter granskas författarnas metodik och eventuella aspekter som studien inte behandlat. Slutligen behandlas Borealis ur ett hållbarhets- och etiskt perspektiv.

6.1 Jämförelse med andra studier

En examensuppsats av Hallin & Runesson (2023) vid AB formplast undersökte effektiviseringen av produktionsflödet för en produkt kallad Kåpan. För att uppnå deras syfte genomförde författarna en värdeflödesanalys av det nuvarande tillståndet och därefter användes element av "Lean production" i värdeflödesanalysen. Som resultat av detta, föreslogs det i studien att produkten Kåpan bör produceras i större tillverkningspartier i ett kontinuerligt flöde, och att högvolymprodukter bör prioriteras i planeringen på grund av dess stora påverkan på intäkter och produktionsstörningar. Även förslag på standardiserade arbetsmetoder i produktionsflödet föreslogs i studien. Vid jämförelse av resultatet i denna rapport kan liknelser identifieras. Båda studierna har kartlagt materialflöden, påverkande faktorer och begränsningar. En annan likhet är att båda rapporterna identifierar tillverkningsvariationer. Dock har ingen värdeflödesanalys genomförts i denna rapport.

En värdeflödesanalys hade eventuellt varit givande, men svår att genomföra eftersom Borealis stora volymer och stora lager till följd av flexibel lagerhållning. En annan distinkt skillnad är att denna studie tog hänsyn till flera produkter, inte en produkt vilket var fokus för AB Formplast. Vilket leder till att för det aktuella fallet med Borealis, som verkar inom tillverkningsindustrin, har tillämpningen av "Lean Production" varit mindre användbar.

Borealis produktionsstrategi fokuserar på kontinuerlig produktion och lageruppbyggnad, vilket skiljer från "Lean production" filosofins kärnprinciper. Enligt principerna bör produktionen primärt styras av faktisk kundefterfrågan snarare än att producera för lagerhållning. Denna strategi syftar till att minska överproduktion och lagerkostnader, vilket är centrala element i Lean (Liker, 2021). Till skillnad från AB formplast som behandlade en analys av tillverkningspartier, har denna rapport inte undersökt ekonomiska orderkvantiteter.

Detta hade kunnat vara intressant för att ta reda på de optimala tillverkningspartierna för olika material som studien centrerat kring. Dock utfördes det ingen gjorde ingen analys av produktionseffektiviteten, till skillnad från denna studie. Även om metoderna har skilt sig föreslås det liknade rekommendationer i båda studierna. Det är bland annat standardiserade arbetsmetoder för att få bättre metoder kring hur studien utförs och på så sätt öka produktiviteten.

En annan examensuppsats av intresse är det som Hålldén (2022) har genomfört. I denna genomfördes en analys av paketeringsprocessen vid Borealis i Stenungssund, fast för Östra Packstation. Detta gjordes för att identifiera eventuella flaskhalsar, som identifierades med hjälp av en simuleringsmodell som byggde på tillgänglig stoppdata om oplanerade stopp. Resultatet från simuleringen var att fyra flaskhalsar identifierades, bland annat packmaskinen. Författaren undersökte dessa flaskhalsar och hur de kunde åtgärdas genom att implementera filosofin från begränsningsteorin. Resultatet från att implementera denna filosofi var en ökning i produktionstakten för varje produkt som paketeringsprocessen i simuleringen behandlade. Denna rapport genomförde ingen simulering, utan vid analys av begränsningar i avsnitt 5.2.1 *Cykeltider* tillämpades begränsningsteorin, där resonemanget gick kring hur de identifierade flaskhalsarna i denna studie, packmaskinerna, sätter tempot för resten av produktionen. Där konstaterades det att Borealis baserar mycket av sina kapaciteter utifrån begränsningsteorin. Den underliggande argumentet som denna rapport behandlar är just genom att tillämpa ett begränsningsteorin i produktionen, kan förbättringar komma som resultat. På så sätt kan det tolkas att studien som Hålldén har utfört stärker det resonemanget i denna rapport.

6.2 Metoddiskussion

I den här studien har data som används tjänat både ett kvantitativt och kvalitativt syfte. Det hade varit fördelaktigt att samla in primärdata genom att utföra mätningar själva, men på grund av begränsningar i resurser hade inneburit ett mycket större inhämtningsarbete. Därför har en del av datan inhämtats som sekundärdata från systemen MHOM och SAP. Sekundärdata har sina fördelar eftersom man kan utläsa historisk data från MHOM och SAP. Dock, finns en erkännande från diverse informanter att tidsregistreringen inte alltid kan representera den verkliga tidpunkten korrekt eftersom stoppen registreras manuellt av teknikerna. Bland annat genom att teknikern rapporterar in ett stopp som väldigt långt, trots att det kanske inte var det. På grund av denna anledning är det svårt att ge en uppskattning på hur tillförlitlig denna data verkligen är. Detta kan därmed ha en påverkan på de inrapporterade driftstoppen och felorsaker som är OEE påverkande och i sin tur, OEE statistiken själv. På grund av osäkerheten i tidsregistreringen i MHOM, har en större användning av automatiserad data använts då det funnits möjlighet till detta. För rapportens giltighet har alla kommentarer i samband med felorsakerna behandlats som sanningsenliga och korrekta vid tidpunkten för insamling. Det är viktigt att notera att en stor del av denna data inte direkt påverkar den övergripande produktionseffektiviteten.

Den enda primärdata är tidmätningen som har utförts. Däremot hade resultatet av tidmätningen kunnat förstärkas av ytterligare tidmätningar, men på grund av arbetsomfattning kunde det inte ske. Flera aspekter av tidmätningarna kan vara påverkade av felkällor. Bland annat vid de olika tillfällena av tidmätningarna var produktionslinorna i drift på olika hastigheter, vilket påverkar tidmätningen. För att motarbeta detta användes ett genomsnitt av de mäta cykeltiderna. För produktionslinorna P100 och P140 har flera mätningar gjorts under olika tillfällen. Däremot, för produktionslina P120 har det bara genomförts mätning vid ett tillfälle. Anledningen till detta var att produktionslinan P120 har inte varit mycket i drift under tiden för denna studie, vilket påvisas i figur 4.5. Det antogs att packmaskin P120 som är identisk med packmaskin P140, skulle ha samma cykeltider. Eftersom produktionslinorna P100 och P120 delar transportband, pallastare och inhuvarare antogs även de ha samma cykeltider, vilket gav P120 dess cykeltidsdata.

För att erhålla en fullständig bild har intervjuer med anställda på Borealis genomförts. En utmaning vid intervjuer kan vara att bedöma hur trovärdig och verklighetstrogen informationen som erhålls från intervjuer är. Människor kan ha skilda uppfattningar och synsätt, vilket kan leda till subjektiva tolkningar av situationer och problem. Vad som tydligt framkommit av intervjuerna är att alla anställda hos Borealis är intresserade av förbättring, men har olika syn på hur det bör ta form. Dessutom kan personliga agendor påverka svaren som ges under en intervju, vilket har egenskapen att snedvrیدا den sammanställda informationen från intervjuerna. För att minska riskerna från dessa utmaningar har semistrukturerade intervjuer använts.

Denna typ av intervjuform har förhoppningsvis upplevts som mer flexibel och anpassningsbar för respondenterna. Ambitionen har bland annat varit att hjälpa till att minska respondenternas känsla av att vara granskade och genom att tillämpa en mer öppen intervjuform skapa en mer avslappnad miljö. Detta kan bidra till att öka trovärdigheten i den information som samlas in. Denna metodik för att genomföra intervjuer anses vara fördelaktig just för att den främjar en mer avslappnad och mindre strukturerad dialog. Detta kan vara särskilt värdefullt i sammanhang där känslig eller komplex information ska frambringas, vilket gör att denna typ av intervjuer ofta föredras i forskningsstudier där djupare förståelse och kontext är av betydelse. Detta kan hänvisas till avsnitt 3.2.2 *Intervjuer*.

6.3 Obesvarade undersökningar

Om denna studie hade haft mer tid, hade den första aspekten som gynnats av detta varit tidmätningarna. Som beskrivet i avsnitt 6.1 *Metoddiskussion*, var produktionslina P120 sällan i drift under studiens genomförande. Därför hade det varit fördelaktigt att utföra fler mätningar när produktionslina P120 i drift så

att det blev en mer rättvisande bild av den. Dessutom hade det varit intressant att fortsätta med hur de fysiska restriktionerna på västra packstation hade påverkat en eventuell implementering av en ny produktionslina som föreslås i avsnitt 5.4.2. *Implementering av ny produktionslina*.

Utöver detta, hade det även varit intressant att undersöka potentialen i de förbättringsförslag eller investeringsförslag som presenteras i rapporten, varav detta är något som Borealis kan fortsätta undersöka själva. Det hade kunnat exempelvis vara att införskaffa eller beräkna mätetal för de nya scenarierna. Exempelvis vad en minskning i oplanerade driftstopp genom att förbättra maskinernas MTBF och MTTR som avsnitt 5.1.1 *Optimering av Produktionseffektivitet* hade resulterat i. Det kan då uttryckas i mätbara faktorer som tidsbesparingar, ökad driftsäkerhet, produktivitetshöjning och sparade driftkostnader. Det hade även varit av intresse att undersöka om de identifierade problemen som denna rapport behandlar är mer av en lokal utmaning, eller om liknande utmaningar kan identifieras vid östra packstation. Sedan, för att få ett ännu mer djup i rapporten hade det varit intressant samt givande att utföra jämförelser med hjälp av fältstudier vid andra tillverkningsindustrier. Exempelvis vad deras största utmaningar är, och hur deras OEE statistik ser ut. På så sätt kan det undersökas om vissa av lösningsförslagen som presenteras i denna rapport även går att applicera på andra anläggningar som Borealis bedriver.

6.4 Rapportens bidrag till hållbarhets samt etikaspekter

I och med industrin som Borealis kan slutsatsen dras att de därmed bidrar till en ökad användning samt konsumering av fossila bränslen. Därmed har de en negativ påverkan på miljön. Däremot, ska det tilläggas att Borealis bedriver aktivt arbete kring hållbarhet i stort. Bland annat har de flera projekt som behandlar flera viktiga aspekter inom hållbarhet, såsom social hållbarhet, cirkulär ekonomi, användandet av energi från hållbara energikällor (Borealis - Sustainability, 2024).

Utöver detta, har det i rapporten konstaterats att spill och läckage förekommer vid västra packstation. Eftersom läckage och spill är en aspekt inom hållbarhet är det relevant att diskutera denna. I denna rapport har det observerats att när det uppstår läckande säckar, tas dessa bort från produktionslinan. Vid början av produktionslina P120 och P140 har Borealis ett återvinningssystem för läckande säckar. Där går materialet tillbaka in i vågen som sitter ovanför packmaskinerna genom ett rörnätverk. Detta återvinningssystem finns inte vid packmaskin P100, utan där tar teknikerna och tömmer materialet från en läckande säck ner i en låda. Själva lådan kan sen säljas vidare med det läckta materialet till kunder, eller skickas lådan till förbränning för att utvinna energi. På så sätt kan det ses att vid västra packstation, finns det metoder och rutiner för att jobba mot att minimera miljömässiga konsekvenser. Däremot kan det förbättras genom att Borealis exempelvis införskaffar samma sorts återvinningssystem vid produktionslina P100 som produktionslinorna P120 och P140 redan har.

För att adressera de etiska aspekterna av Borealis verksamhet, väljer denna rapport att diskutera dessa frågor i mer generella termer eftersom etikaspekterna är så pass många för ett företag av Borealis storlek. En av dessa är att Borealis måste säkerställa att dess leverantörer och partners följer etiska standarder som liknar deras egna, särskilt i frågor som rör arbetstagares rättigheter och miljöskydd. Detta kan innebära att genomföra regelbundna revisioner och kontroller av leverantörer för att upprätthålla dessa standarder. En ytterligare är produktsäkerhet och kvalitetsutbyte som också är också avgörande för Borealis, eftersom deras produkter används inom infrastruktur och energitransport. Företaget måste därför upprätthålla högsta möjliga standarder för att förhindra risker för människors hälsa och säkerhet. Utöver dessa interna och operativa ansvarsområden bör Borealis också visa socialt ansvar genom att positivt bidra till de samhällen där de verkar. Detta kan innefatta initiativ för att skapa arbetstillfällen, stödja lokala utbildningsprogram och bidra till samhällets välfärd.

7. Slutsats

Syftet med rapporten har varit att kartlägga och analysera materialflödet hos Borealis, med fokus på västra packstation, identifiera flaskhalsar och begränsningar, samt föreslå förbättringar för ökad produktivitet och driftsäkerhet. Utifrån de centrala frågeställningarna:

- Vilka utmaningar, eller flaskhalsar, kan identifieras eller existerar inom materialhanteringen för västra packstation?
- Hur kan materialhanteringen effektiviserats och vilka åtgärder behövs implementeras?

dras slutsatser som påvisar att packmaskinerna som varit den primära flaskhalsen hos respektive produktionslina på västra packstation. Därefter har det konstaterats att det finns ett flertal faktorer som på olika sätt begränsar materialflödet vid västra packstation. Till följd av dessa föreslås olika lösningar som kan effektivisera materialflödet vid västra packstation i nuvarande tillstånd, samt ett framtida tillstånd vid en eventuell ökning av materialflödet. Därför föreslås tekniska lösningar för att förbättra produktivitet och effektivitet, förbättring av utrustningens MTBF och MTTR vid produktionslinorna, vidare undersökning av mänskliga faktorer påverkan på produktionen samt undersök möjliga förslag för en ökad kapacitetstillgång. Denna rapport föreslår möjligheten för treskift och implementering av ny produktionslina för packmaskin P100.

Rapporten belyser även innebörden av identifierade flaskhalsar och vad förbättringsåtgärderna för att förbättra produktionsflödet, minska driftstopp och förbättra effektivitet kan innebära. Varje förändring i produktionen kan innebära övervägning av förändring vilket påverkar anläggningens dagliga arbete.

7.1 Rekommendationer och fortsatta studier

Första rekommendationen är att säkerställa bättre rutiner för att hantera och minimera mänskliga faktorer som kan påverka kapaciteten. Genom att implementera dessa rutiner förväntas en kapacitetsförbättring på 5%. Exempelvis kan 20 minuter vinnas genom att kranen alltid säkerställer tillgänglighet av containrar vid taket av packstationen. Utöver detta, uppskattas det att åtminstone 5% av kapacitetsförlusterna beror på bristande rutiner i omställningsarbetet, men från intervjuer har det indikerats att upp till 25% av kapacitetsförlusterna kan bero på mänskliga faktorer.

Den andra rekommendationen innebär investering i maskiner, och eventuell förflyttning av utrustning vid packstationen. Detta skulle exempelvis vara en investering innebära att flytta takramarna vid packmaskin P100 för att förbättra flödehastigheten för material 1. Detta förväntas ge en förbättring på 23.4% då flödet kan öka till 620 säckar per timme jämfört med nuvarande 450–500 säckar per timme. En ny produktionslina förväntas bidra med en kapacitetsförbättring på 6.4% för hela västra packstation.

Den tredje prioriteringen innebär att införa automatiserings- och digitaliseringsmetoder. Automatisering syftar till att minska stopptider och förbättra anläggningseffektiviteten på packmaskinerna, istället för att tekniker manuellt ställer in anläggningseffektiviteten. Vidare ska insamlingen av data förbättras för att säkerställa mer pålitlig och användbar information.

Avslutningsvis bör framtida projekt utforska möjligheten att utöka tillämpningen av rapportens rekommendationer till hela organisationen för att förbättra samordningen och enhetligheten mellan olika verksamhetsfunktioner. Om samma förutsättningar föreligger för en annan packstation, kan dessa åtgärder förväntas ge liknande kapacitetsökningar.

Litteraturförteckning

- Affärssystemen. (2024). *Affärssystemen - ERP*. Hämtat från Affärssystemen: <https://affarssystemen.se/>
- Almström, P. (2013). *Performance and utilization factors for manual and semi-automated work*. Gothenburg: Chalmers.
- Borealis . (2024). *Borealis i Stenungsund*. Hämtat från Borealis: <https://www.borealisgroup.com/sverige/stenungsund>
- Borealis. (den 23 11 2023). *Borealis*. Hämtat från Borealis: <https://www.borealisgroup.com/sverige>
- Borealisgroup. (2024). *Industries*. Hämtat från Borealisgroup: <https://www.borealisgroup.com/industries>
- Dag Ingvar Jacobsen, J. T. (2019). *Hur moderna organisationer fungerar*. Norge: Vigmostad Et Bjørke AS.
- Eliyahu M. Goldratt, J. C. (2014). *The Goal: A process of ongoing improvement (30:e uppl.)*. North River Press.
- Hallin, H. &. (2023). *Effektivisering av produktionsflöde hos AB Formplast*.
- Hedman, R. S. (2016). *Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE*. Procedia Cirp.
- Hålldén, A. (2022). *Bottlenecks in the packaging process of PE-granulates*.
- Jon Bokrantz, A. S. (den 3 October 2016). *Handling of production disturbances in the manufacturing industry*. Hämtat från Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 27 Issue (8): <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2016-0023>
- Kemi.se. (den 23 10 2023). *Vanliga plastsorter*. Hämtat från Kemi.se: <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/plast/vanliga-plastsorter>
- Laman, S. A. (2022). *ASQ Certified Quality Engineer Handbook (5th edition)*. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASQCQEH2/asq-certified-quality/asq-certified-quality>
- Liker, J. K. (2021). *The Toyota way: 14 principles from the world's greatest manufacturer (2nd edition)*. McGraw Hill Education.
- Masterbatch. (den 29 9 2023). *Masterbatch*. Hämtat från Hem: <http://www.masterbatch.se/>
- Matthias Holweg, J. D. (2018). *Process Theory : The Principles of Operations Management*. Oxford University Press.
- Mattsson, S. &. (2016). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden (3.uppl.)*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Microsoft. (2024). *What is ERP*. Hämtat från Microsoft: <https://dynamics.microsoft.com/sv-se/erp/what-is-erp/>
- Mobley, R. (2011). *Maintenance fundamentals. 2nd edition*. . Elsevier.
- Nigel Slack, A. B.-J. (2019). *Operations Management Ninth Edition*. Pearson.
- Nord, C. P. (1997). *TPM: Total Productive Maintenance med Erfarenhet från Volvo*. Insitutet för verkstadsteknisk forskning (IVF).
- Novotek. (2024). *Novotek.se*. Hämtat från En snabbguide om OEE och TAK: https://www.novotek.se/wp-content/uploads/sites/2/sites/2/Products_and_Solutions/Solutions/TAK-OEE/NovotekSverigeAB_en_snabbguide_till_OEE.pdf
- Olhager, J. (2013). *Produktions-ekonomi (Vol. 2)*. Lund: Studentlitteratur.
- Per Pettersson, S. A. (2015). *Lean : gör avvikelser till framgång*. Bromma: Part Media.
- Plastics Industry Association. (2024). *Thisisplastics*. Hämtat från different types of plastics: <https://thisisplastics.com/plastics-101/different-types-plastic/>
- Stamis, D. H. (2017). *The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability*. . New York: CRC Press.
- Svenska Institutet för Standarder. (2000 12 12). *Tillförlitlighet - Ordlista*. Stockholm: SEK SVENSK ELSTANDARD.
- Tutorchase. (den 19 1 2024). Hämtat från why-is-flexibility-important-in-modern-production-methods: <https://www.tutorchase.com/answers/ib/business-management/why-is-flexibility-important-in-modern-production-methods>
- Walton, D. (2005). *Abductive Reasoning (1st ed.)*. Alabama: University of Alabama Press.

- Ylipää T., S. A. (2017). *Identification of maintenance improvement using OEE assessment*. International Journal of Productivity and Performance Management.
- Kristensson, J. (2014). *Handbok i uppsatsskrivande och forskningsmetodik för studenter inom hälso-och vårdvetenskap*. Natur & kultur.
- Bergman, B., & Klefsjö, B. (2020). *Kvalitet från behov till användning*. Sjätte upplagan. Studentlitteratur AB.
- Holweg, M., Davies, J., De Meyer, A., Lawson, B., & Schmenner, R. W. (2018). *Process theory: The principles of operations management*. Oxford University Press.
- Saunders, M. et. al. (2009). *Research Methods for Business Students*. Femte upplagan. Google Books

INSTITUTIONEN FÖR TENIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se



CHALMERS