



Bacheloroppgave

SCM600 Logistikk

Optimalisering av produksjonsstrategi ved ukjent etterspørsel for Astero AS

Ingvild Aase og Even Spilling

Totalt antall sider inkludert forsiden: 55

Molde, 02.06.2020



Høgskolen i Molde
Vitenskapelig høgskole i logistikk

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i URKUND, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Personvern

Personopplysningsloven

Forskningsprosjekt som innebærer behandling av personopplysninger iht. Personopplysningsloven skal meldes til Norsk senter for forskningsdata, NSD, for vurdering.

Har oppgaven vært vurdert av NSD?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

- Hvis nei:

Jeg/vi erklærer at oppgaven ikke omfattes av Personopplysningsloven:

Helseforskningsloven

Dersom prosjektet faller inn under Helseforskningsloven, skal det også søkes om forhåndsgodkjenning fra Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, REK, i din region.

Har oppgaven vært til behandling hos REK?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Arild Hoff

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

ja nei

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Dato: 02.06.2020

Forord

Denne oppgaven markerer sluttpunktet for bachelorstudiet vårt Logistikk og Supply Chain Management ved Høgskolen i Molde – vitenskapelig høgskole i logistikk. Gjennom emnet SCM600 Bacheloroppgave har vi fått mulighet til å fordype oss i et tema som vi syntes er interessant, nemlig lagerstyring. Arbeidet har vært krevende, men også spennende og lærerikt. Denne våren har verden i stor grad vært påvirket av koronaepidemien. Dette har også påvirket oss i arbeidet med denne oppgaven.

I løpet av høsten og vinteren hadde vi to møter med ledelsen i fokusbedriften vår Astero og to møter med ansatte ved deres fabrikk. Vi hadde planlagt å ha flere møter med bedriften gjennom våren og vi fikk tildelt plass hvor vi kunne sitte og skrive oppgaven. Da tiltakene mot koronaepidemien ble iverksatt for fullt i midten av mars måned stengte bedriften for alle besøk. Dette gjorde at det ikke ble mulig å arbeide med denne oppgaven slik vi hadde sett det for oss og det ble ingen flere fysiske møter med ansatte i bedriften. All kommunikasjon med bedriften har foregått over mail siden dette. Vi mener at dette har begrenset vårt samarbeid og kan ha ført til at vi har fått mindre informasjon enn hva vi ville fått ved å være i bedriftens lokaler og produksjonshall. Heldigvis hadde vi en god prosess med innsamling av bakgrunnsdata ved oppstart i januar som har gjort det mulig å komme fram til et godt resultat.

Kommunikasjon med veileder har også blitt noe begrenset grunnet koronatiltakene, men vi har likevel beholdt god kommunikasjon via mail. Veileder har vært tilgjengelig og behjelpelig gjennom vårt arbeid med denne oppgaven.

Tusen takk til ansatte ved Astero og veileder.

Ingvild Aase og Even Spilling

02.06.2020

Sammendrag

Astero er en produksjonsbedrift med fokus på arbeidsforberedende trening av mennesker som har falt utenfor arbeidslivet. Produktene som produseres selges blant annet til skipsindustrien, olje/offshore, bygg og anlegg, oppdrettsindustrien og privatmarkedet. Bedriften holder til i Molde og omsetter for om lag 100 millioner i året. De siste årene har lagerbeholdningen til Astero vært uønsket høy, med en verdi på rundt 14 millioner kroner. Store verdier knyttet til lageret vil med tiden belaste bedriftens balanse og finansieringsmuligheter for Astero. I denne oppgaven har vi derfor jobbet for å finne en løsning på hvordan bedriften kan få en redusert lagerbeholdning gjennom å optimalisere deres produksjonsstrategi.

Vi har fått innsyn i fire av bedriftens produkter og utarbeidet en produksjonsstrategi egnet for disse. For å komme fram til en optimal løsning for Astero har vi benyttet en modell kaldt «*Lot size-reorder Point systems*». Modellen regner ut de totale kostnadene knyttet til lagerhold, oppstart av produksjon og eventuelle straffekostnader med mål om å minimere disse. Ved bruk av denne modellen har vi funnet ut når det er optimalt at bedriften starter opp en ny produksjon av med hensyn til produksjonstid, eget lager og kundenes etterspørsel. Vi har også funnet ut hvor mange enheter bedriften bør produsere per produksjon, hvor mange enheter bedriften bør ha i sikkerhetslaget og tilhørende servicegrad til løsningene.

Løsningen vi kom fram til tilsa at det ikke er optimalt å redusere ferdigvarelager, men heller endre produksjonsstrategien til å produsere oftere og mindre serier. Dette vil gi en reduksjon i de totale kostnadene knyttet til lagerhold, setup og eventuelle straffekostnader på tre av de fire produktene vi så på. Resultatet vi kom fram til på produktene mener vi at kan gjenspeile hvordan det vil se ut for bedriftens resterende produkter. Dersom dette stemmer kan de totale besparelsene ved endring av produksjonsstrategi for flere produkter være betydelig og ha en større positiv påvirkning på bedriftens økonomi. For at bedriften skal kunne finne optimal produksjonsstrategi på resterende produkter har vi utformet en Excel-dokument med en modell dem kan plote inn informasjon om sine produkter for å få forslag til produksjonsstrategi for hvert produkt.

Innholdsfortegnelse

1.0	Introduksjon	1
1.1	Bakgrunn for valg av tema.....	1
1.2	Bakgrunn for valg av problemstilling	1
1.2.1	Problemstilling	2
1.2.2	Forskningsspørsmål.....	2
1.3	Bakgrunn for valg av problemstilling	3
1.3.1	Avgrensning av tema.....	3
1.3.2	Avgrensning av antall produkt	4
1.4	Gruppens mål	4
2.0	Casebeskrivelse.....	5
2.1	Astero AS	5
2.2	Nåværende situasjon	7
2.3	Nytte for bedriften.....	8
3.0	Teori	9
3.1	Lagerstyring	9
3.1.1	Lagerhold og trygghet	9
3.1.2	Ledetid og servicegrad	10
3.1.3	Konsekvenser av lagerhold	10
3.1.4	Internrente	10
3.1.5	Produksjonsstrategier	11
3.2	Lot size-reorder point systems	11
3.2.1	Kostnadsfunksjonen	12
3.2.2	Bestemmelsesvariabler.....	14
3.2.3	Krav til at modellen er gyldig	18
4.0	Metode og datainnsamling	18
4.1	Valg av metode	18
4.2	Datainnsamling	19
4.3	Behandling av innsamlet data	20
4.3.1	Beregning av bedriftens internrente	20
4.3.2	Parametere for fire produkter	20
4.3.3	Beregning av setup kostnad	22
4.3.4	Lagertransaksjoner	23
5.0	Testresultater	24

5.1	Utregninger 2019	24
5.1.1	Trender	24
5.1.2	Beregning av kostnader 2019	24
5.1.3	Begrensninger i utregningene fra 2019	26
5.2	Resultater	27
5.2.1	Produkt 1 - Propellkniv	28
5.2.2	Produkt 2 - Flens	29
5.2.3	Produkt 3 - Stang	30
5.2.4	Produkt 4 – Propellskrue	31
6.0	P1 analyse	32
6.1	Analyseformål	32
6.2	Analyseresultater	33
6.2.1	Produkt 1	33
6.2.2	Produkt 2	34
6.2.3	Produkt 3	35
6.2.4	Produkt 4	36
7.0	Oppsummering og konklusjon	38
7.1	Anbefaling	38
7.2	Svar på problemstilling og forskningsspørsmål	42
7.3	Konklusjon	44
8.0	Referanseliste	45
9.0	Vedlegg	46
9.1	Vedlegg 1 – Excel fil: Lot size-reorder point systems 2.0	46

Figur oversikt:

Figur 1: Organisasjonskart Astero AS.....	6
Figur 2: Illustrasjon over lagernivå med sikkerhetslager.....	13
Figur 3: Utklipp av Excel ark for lot-size reorderpoint system.....	41

Tabell oversikt:

Tabell 1: Parametere for produktene.....	20
Tabell 2: Oversikt over setup kostnad for produkt 1-4.....	22
Tabell 3: Utklippene viser salg (til venstre) og produksjon (til høyre) av produkt 1.....	23
Tabell 4: Oversikt over kostnader for produkt 1 – 4 i 2019.....	25
Tabell 5: Oversikt over kostnader og potensiell besparelse for produkt 1 – 4.....	27
Tabell 6: Resultat av utregninger for produkt 1.....	28
Tabell 7: Resultat av utregninger for produkt 2.....	29
Tabell 8: Resultat av utregninger for produkt 3.....	30
Tabell 9: Resultat av utregninger for produkt 4.....	31
Tabell 10: Utklipp av utregnet måltall for produkt 1. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.....	33
Tabell 11: Utklipp av kostnadene til produkt 1. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.....	34
Tabell 12: Utklipp av utregnet måltall for produkt 2. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.....	34
Tabell 13: Utklipp av kostnadene til produkt 2. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.....	35
Tabell 14: Utklipp av utregnet måltall for produkt 3. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.....	35
Tabell 15: Utklipp av kostnadene til produkt 3. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre	36
Tabell 16: Utklipp av utregnet måltall for produkt 4. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.....	36
Tabell 17: Utklipp av kostnadene til produkt 4. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.....	37
Tabell 18: Sikkerhetslager og servicegrad ved optimal løsning.....	43
Tabell 19: Sikkerhetslager og kostnadsendring ved P1 på 90%.....	43

1.0 Introduksjon

Denne bacheloroppgaven i Logistikk ved Høgskolen i Molde er skrevet for bedriften Astero AS. Astero er en bedrift med fokus på arbeidsforberedende trening av mennesker som har falt utenfor arbeidslivet. Produktene som produseres selges blant annet til skipsindustrien, olje/offshore, bygg og anlegg, oppdrettsindustrien og privatmarkedet. Bedriften holder til i Molde og omsetter for om lag 100 millioner i året (Orset, 2019, s. 4). Oppgavens første kapittel innledes med å beskrive bakgrunnen til valget av tema og problemstilling. Videre defineres problemstillingen og våre forskningsspørsmål som skal besvares gjennom denne bacheloroppgaven. Kapittelet avsluttes med å beskrive oppgavens avgrensninger og våre egne mål for oppgaven.

1.1 Bakgrunn for valg av tema

Da vi startet arbeidet med vår bacheloroppgave, sto vi fritt til å velge fagområde, tematikk og problemstilling for oppgaven. For å oppnå optimal kommunikasjon og muligheten til å enkelt besøke bedriften var det ønskelig for oss å skrive for en lokal bedrift. Ut over dette var vi åpen for hva selve oppgaven skulle innebære da vi kontaktet fokusbedriften vår Astero AS. I vårt første møte hos Astero kom det raskt fram at bedriften har og har hatt uønsket høy kapital bundet i ferdigvarelageret de siste par årene. Astero ønsket å finne en løsning for å optimalisere sin produksjon og lagerstyring for å redusere kapitalbindingen. Dette så vi på som et interessant tema for oppgaven vår. Gjennom vår bachelorgrad har vi gjennomført emner hvor vi har lært om lagerstyring, produksjonsplanlegging og etterspørselsprognoser. Kunnskap om nevnte emner har gitt oss grunnlag for å besvare denne oppgaven.

1.2 Bakgrunn for valg av problemstilling

Vi fant raskt ut at problemstillingen hos Astero er mye større enn vi har kapasitet til å dekke i en bacheloroppgave. En avgrensning av problemstillingen ble derfor nødvendig. På vårt andre møte med Astero la vi fram to forslag til vinklinger. Vi ønsket å inkludere Astero i denne prosessen for å få til et optimalt samarbeid og bidra til at forventningene var de samme hos alle parter. På dette møtet kom vi fram til at vi skulle se på bedriftens

produksjonsmengde (lot size) av produkter som ofte produseres til lager og hvordan bedriften bør produsere for å overholde ønsket servicegrad. Ut ifra dette utformet vi en problemstilling med to tilhørende forskningsspørsmål.

1.2.1 Problemstilling

Problemstillingen er hovedspørsmålet som skal besvares i denne bacheloroppgaven. Oppgavens problemstilling er som følger:

«Hvordan kan optimalisering av Asteros produksjonsstrategi bidra til å redusere kapitalbindingen på deres ferdigvarelager?»

Som nevnt innledningsvis har Astero en uønsket høy kapitalbinding i sitt lager og ønsker å iverksette tiltak som fører til en reduksjon. Gjennom denne bacheloroppgaven skal vi sette oss inn i problemet og til slutt foreslå tiltak vi mener vil være nødvendige i denne situasjonen. I oppstarten av arbeidet med denne oppgaven mente vi at lagerbeholdningen kunne reduseres dersom bedriften optimaliserer sin produksjonsstrategi. Dette vil si at bedriften produserer en optimal mengde enheter og til riktig tidspunkt. Gjennom arbeidet med denne oppgaven skal vi finne ut om dette stemmer.

1.2.2 Forskningsspørsmål

I tillegg til problemstillingen vil denne oppgaven ha to forskningsspørsmål som skal være med å bidra til å finne svar på problemstillingen og samtidig ha fokus på det som er viktig for Astero. Forsknings-spørsmålene for denne oppgaven er som følger:

Forskningsspørsmål 1:

Hva er servicegraden ved den optimale størrelsen på sikkerhetslageret?

Forskningsspørsmål 2:

Hvor stort bør sikkerhetslageret være for å overholde bedriftens ønskede servicegrad?

Det er viktig for Astero å overholde en høy servicegrad i framtiden for å forbli konkurransedyktig. Generelt sett defineres servicegrad som bedriftens evne til å levere avtalt mengde til avtalt tid (STAND, 2020). I denne oppgaven skiller vi mellom to former for servicegrad, hvor den ene er sannsynligheten for å kunne levere uten at bedriften går tom på lager («P1»), mens den andre beskriver andelen av salget som kan leveres direkte fra lageret («P2»). Den mer teoretiske forklaringen på dette vil bli beskrevet nærmere i teorikapittelet 3.1.2. For at bedrifter skal være best mulig rustet til å levere varer til kunden på avtalt tidspunkt, er det i tilfeller med usikker etterspørsel og ledetid avgjørende at bedriften har varer på lager fra før, altså et sikkerhetslager. Samspillet mellom sikkerhetslaget og servicegrad er altså viktig for resultatet av denne oppgaven. Ved hjelp av oppgavens to forskningsspørsmål skal vi ha fokus på bedriftens servicegrad og sikkerhetslager i arbeidet med å finne en optimal løsning.

1.3 Bakgrunn for valg av problemstilling

1.3.1 Avgrensning av tema

I starten av denne oppgaven ønsket vi å se på hele driften og alt som kunne gjøres for å redusere kapitalbindingen i lageret til Astero. Blant annet kunne vi ha sett på endringer i hvordan bedriften foretok sine innkjøp, hvordan de planla produksjonen, hva og hvor mye de lagret av de ulike produktene, og når salget foregikk i forhold til produksjonen. Vi fikk tidlig informasjon som tilsa at innkjøpsfunksjonen til Astero er godt utarbeidet med trygge og gode leverandører som leverer nye forsyninger flere ganger i uken. Vi så derfor ikke det store potensialet med å gå inn på denne funksjonen i vår oppgave. Senere så vi på mulighetene for å tilby kvantumsrabatt til kunden eller å sette ferdiglageret ut til kunden som et tiltak for å redusere lagerbeholdningen. Dette var spesielt interessant i tilfeller hvor Astero produserte flere enheter enn det de hadde fått inn ordrer på, uten å vite om det kom flere ordre på det bestemte produktet. Grunnen til at bedriften produserte mer enn nødvendig kunne være fordi en enhet av en råvare var nok til å produsere et bestemt antall enheter av produktet. I noen tilfeller kan dette føre til at de ferdige produktene blir liggende lenge på lageret før de til slutt kastes. I samsvar med Astero kom vi til slutt fram til at produksjonsstørrelser var det riktige temaet å se på i denne oppgaven.

1.3.2 Avgrensning av antall produkt

Astero produserer over 600 ulike produkter. Den store mengden produkter gjorde det umulig for oss å analysere og utvikle en optimal produksjonsstrategi for alle produktene i denne oppgaven. Vi ba derfor Astero om å komme med et forslag til bestemte produkter de ønsket at vi skulle se nærmere på. Forutsetningen var at dette skulle være produkter som produseres mer enn en gang, har en usikker etterspørsel og som ofte ligger på lager. Vi fikk da informasjon om fire ulike produkter som vi kunne se nærmere på, hvor alle hadde usikker etterspørsel og ble produsert til lager. Vi er klar over at fire produkter av en total på over 600 produkter er en svært liten prosentandel, men vi tror på at beregningene, utregningene og løsningene vi kommer fram til på disse fire produktene kan gi en indikasjon på om det finnes forbedringspotensial for flere produkter. Metoden vi benytter i oppgaven for å finne en optimal løsning vil ikke være unik for disse fire produktene, men vil også kunne benyttes på andre produkter hos Astero. Derfor har vi utviklet et regneark der bedriften kan legge inn egne data for parameterverdier til andre produkter og få et forslag til bestillings- og produksjonsstrategier. Det er viktig å påpeke at Astero har mange varelinjer med forskjellige forutsetninger og vi kan derfor ikke garantere at modellen vi benytter på disse fire produktene kan benyttes for alle bedriftens 600 produkter.

1.4 Gruppens mål

Vårt mål med denne bacheloroppgaven er primært å ta i bruk kompetansen vi har fått i løpet av våre tre år på Høgskolen i Molde og benytte denne kompetansen i praksis. Samarbeidet med Astero gjør det mulig å benytte vår kunnskap til å løse et *ekte* problem. Denne oppgaven gir oss også god erfaring med prosjektarbeid og samarbeid, som vil være godt å ha med i både videre studier og i arbeidslivet. Når vi er ferdige med denne oppgaven, håper vi å levere en god oppgave og kjenne på mestring som gjør oss rustet til en potensiell masteroppgave. Helt siden Astero presenterte sine forbedringspotensialer har vi hatt et ønske om å bidra. Vi håper å finne gode metoder og resultater som Astero kan ta i betraktning i fremtidige produksjonsstrategi beslutninger. Vi ønsker å gjøre en grundig jobb med denne oppgaven slik at Astero sitter igjen med positive erfaringer knyttet til bachelorstudenter. Forhåpentligvis kan vi også inspirere til et enda tettere samarbeid mellom Høgskolen i Molde og lokale bedrifter som Astero.

2.0 Casebeskrivelse

I dette delkapittelet vil vår oppdragsgiver Astero AS bli presentert og bedriftens situasjon i dag beskrevet. Delkapittelet avsluttes med å beskrive hvilken nytte bedriften forhåpentligvis vil ha av resultatene fra denne bacheloroppgaven.

2.1 Astero AS

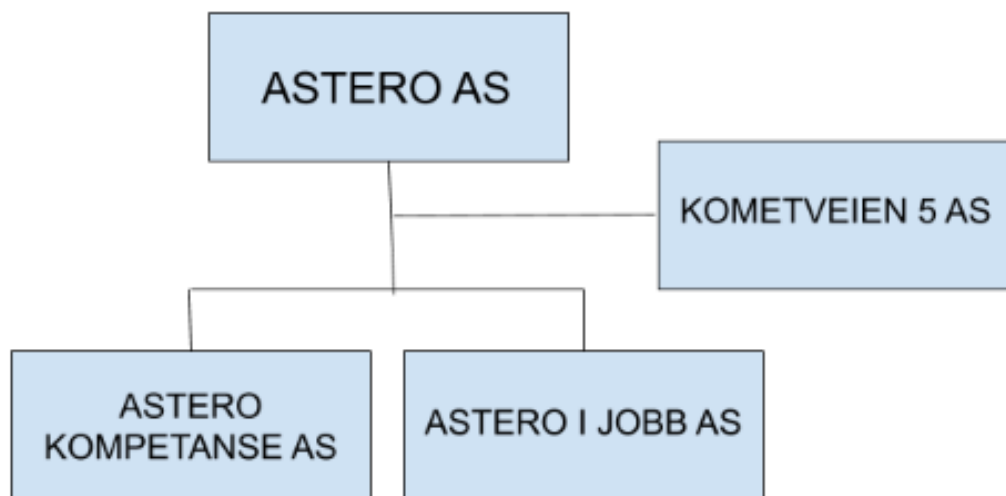
For å forstå hvordan Astero ble til må vi gå helt tilbake til tiden etter andre verdenskrig, da et internasjonalt vern om menneskerettigheter ble etablert. Den første utbedringen av Grunnloven skjedde i 1954 da det ble statens plikt å tilrettelegge for lønnet arbeid. Paragraf 110 i Grunnloven sier at; *«Statens myndigheter skal legge forholdene til rette for at ethvert arbeidsdyktig menneske kan tjene til livets opphold ved arbeid eller næring. Den som ikke selv kan sørge for sitt livsopphold, har rett til støtte fra det offentlige. (...)*» (Lovdata, 1954, paragraf 110). Lønnet arbeid var nå blitt en menneskerett.

Femten år senere, 28. mai 1969 tok Fylkeskontoret i Molde initiativ til et møte mellom flere bedrifter og interessenter fra Molde og nærliggende kommuner. Målet med møtet var å utarbeide en ordning som skulle tilrettelegge for at yrkeshemmede kunne få arbeid. Resultatet ble bedriften YVI Produkter A/S Molde, eller Astero AS som vi kjenner den som i dag. Astero er en kompetansebedrift som omsetter for om lag 100 millioner i året. Bedriften har 78 ansatte og eier opp mot 12 tusen kvadratmeter kontor og produksjonslokaler både i Molde og Åndalsnes. Astero AS har i dag 17 eiere som hovedsakelig er kommuner fra fylket, men også et par bedrifter har noen små eierandeler i selskapet. De største aksjonærene er Molde Kommune med (39,35%), Møre og Romsdal Fylkeskommune (30,98%) og Rauma Kommune (11,34%). (Orset, 2019, s. 4-5)

Astero har nå eksistert i over 50 år og er en svært viktig aktør i det lokale næringslivet i både Molde og Rauma. For lokale bedrifter som Brunvoll, Arkeoplan og Bussbygg er Astero en viktig leverandør. Bedriftens innsats innenfor arbeid og inkludering skaper verdier for både samfunnet og for de enkelte tiltaksdeltakerne. Ordningene bidrar til at flere får økt sin kompetanse opp på et nivå som gjør dem kvalifisert til arbeid, som igjen er med på å redusere arbeidsledigheten i fylket. Forretningsideen til Astero beskriver dette godt, den er nemlig *«å skape positive resultat for individ, samfunn og eiere ved å gjøre*

enkeltmennesket i stand til å produsere og levere markedsorienterte produkter og tjenester gjennom reelle arenaer» (Myrstad, 2016). Bedriften har høye målsetninger og ønsker å være en regional motor innen arbeidsinkludering (Orset, 2019, s. 5).

Astero AS inngår i et konsern som i alt består av totalt fire selskaper. Som vist i organisasjonskartet under (Figur 1), har Astero AS tre datterselskaper; Astero Kompetanse AS, Astero i Jobb AS og Kometvegen 5 AS.



Figur 1: Organisasjonskart Astero AS

I 2016 ble forretningsområdene «Arbeid og inkludering», «Astero Mekaniske» og «Handel» etablert som datterselskapet Astero i Jobb AS. Målet med driften er å styrke tiltakdeltakernes mulighet til å få og beholde arbeid. Gjennom et nært samarbeid med NAV tilbys arbeidsforberedende trening til mennesker som har falt utenfor arbeidslivet. Arbeidstreeningen foregår i stor grad i konsernets mekaniske produksjonshall. Her utfører arbeidstakerne aktiviteter som mekanisk skreddersøm, sveising, skjæring, maskinering, platebearbeiding og lakkering. Produktene som produseres selges blant annet til skipsindustrien, olje/offshore, bygg og anlegg, oppdrettsindustrien og privatmarkedet. På dette forretningsområdet har Astero en visjon om å bli regionens foretrukne leverandør av mekanisk skreddersøm. I denne oppgaven vil fokuset være på lageret til produksjonshallen.

Astero kompetanse AS driver med kurs for personer som ønsker å komme seg ut i arbeid. Kursene går gjennom ulike tema som gjør deltakernes bevisst på sine valgmuligheter, egen kompetanse og hvordan de kan øke sin konkurransedyktighet på arbeidsmarkedet (Astero, 2020). I tillegg til produksjon, kursing og arbeidsforberedende trening driver Astero også en Bunnpris butikk, salg av utepeiser, gressklippere og Tysse tilhengere, levering av jobbfrukt, vaktmestertjenester til både privatpersoner og bedrifter, renholdstjenester hos bedrifter, og andre skreddersydde tjenester. Det er ikke rart at bedriften omtales som en «tryllebedrift».

2.2 Nåværende situasjon

De siste årene har lagerbeholdningen til Astero vært uønsket høy, med en verdi på rundt 14 millioner kroner. Store verdier knyttet til lageret vil med tiden belaste bedriftens balanse og påvirke deres likviditet. Dette kan medføre reduserte finansieringsmuligheter for Astero. Kapital bedriften kunne benyttet til nye investeringer står nå bundet i varelageret. Astero er klar over den store kapitalbindingen og har et ønske om å redusere denne. I bedriftens strategiplan for 2017-2021 for avdeling *mekanisk skreddersøm* er det oppgitt at bedriften har som mål å «*Redusere kapitalbinding og frigjøre kapital, gjennom reduksjon av råvarelager, varer i arbeid og ferdigvarer*» (Astero, 2016, side 3). Astero har altså et mål om å redusere både lageret for råvarer, varer i arbeid og ferdige varer. Bedriften vil mest sannsynlig møte ulike utfordringer når de skal redusere de forskjellige lagertypene. Som nevnt i delkapittel 1.3.1 har vi fått inntrykk av at bedriftens innkjøpsfunksjon er god og dermed vil råvarelageret ha et mindre forbedringspotensial. Denne oppgaven vil derfor fokusere på ferdiglageret til Astero og spesielt de fire utvalgte produktene.

Tidligere skal en ansatt ved Astero ha sett på problemstillingen, men dessverre ble det ingen løsning før personen gikk inn i en annen jobb. Etter dette er det heller ingen andre som har tatt tak i det uønsket høye lagernivået og det er fortsatt ønskelig for bedriften å redusere dette. Administrasjonen i Astero har vurdert å investere i et «paternoster lagersystem» som et tiltak for å redusere lagernivået. Dette er et lukket system som vil beskytte deler av lageret mot støv og smuss, og gi en bedre oversikt over hva bedriften har på lager til enhver tid. Et slikt lager er spesielt egnet for mindre varer som benyttes som komponenter i en produksjon. Slike lagersystem kan være med å redusere fabrikkens ansattes gang- og ventetid når de skal hente ut deler de trenger til produksjonen. I tillegg

kan lagersystemet gi betydelig plassbesparelser (LIS, 2020). Så langt har Astero vurdert at dette kan være en god økonomisk løsning dersom de får utfordringer knyttet til arealmangel, og investeringen kan utsette en ny utbygging (Astero, 2016, side 9).

Lageret vi skal se på i denne oppgaven er hovedlageret deres som ligger i Astero produksjonslokaler i Molde. Lageret består av en rekke reoler fylt med varer for en verdi på opp mot 14 millioner kroner. Vi skal se på bedriftens ferdigvarelager med hovedfokus på fire bestemte produkter. Astero ønsker å opprettholde en servicegrad på rundt 90% i framtiden. For å ha en høy servicegrad er Astero avhengig av å ha et høyt kvantum av både råvarer og ferdigvarer på lager til enhver tid. Vår oppgave er å finne den optimale balansen mellom produksjonsstørrelser og produksjonspunkt for å opprettholde den ønskede servicegraden og oppnå en reduksjon i kapitalbindingen i lageret.

2.3 Nytte for bedriften

Formålet med denne oppgaven er å finne en løsning for hvordan Astero kan redusere kapitalbindingen i ferdigprodukter på lageret sitt. Vi håper at vi kan hjelpe Astero med å planlegge fremtidig produksjon av produktene vi har sett på, ved å finne optimal produksjonsmengde, sikkerhetslager og produksjonspunkt. Hvis måltallene vi finner gir positive svar, vil det være mulig å se på flere artikler ved bruk av samme framgangsmåte for å redusere det totale ferdiglageret. Ved å frigjøre kapital fra lageret vil Astero ha mulighet til å benytte kapitalen i andre avdelinger, investeringer eller nyansettelser. I tillegg kan et mindre volum av ferdigvarer på lageret være med på å redusere arealbruk, som kan frigjøres til andre aktiviteter.

Som nevnt i forrige delkapittel 2.2 Nåværende situasjon, så har Astero som mål å redusere kapitalbinding og frigjøre kapital, gjennom reduksjon av råvarelager, varer i arbeid og ferdigvarer innen 2022. Vi håper på å bidra til at bedriften kommer et steg i riktig retning for å kunne nå dette målet.

3.0 Teori

I dette kapitlet vil grunnleggende teori som benyttes i oppgaven bli presentert for å etablere en bedre forståelse før vi går videre til forskningsdelen. Først presenteres teori knyttet til generell lagerstyring før modellene som er benyttet til å finne en løsning beskrives. Grunnlaget for modellene vi har brukt er hentet fra boken «*Production and operations analysis*» av Nahmias og Olsen (2015).

3.1 Lagerstyring

Det ideelle hadde vært om bedriftene klarte seg uten lager, men slik er det ikke. De fleste bedrifter som tilbyr fysiske produkter har lagre fylt med de tre lagertypene; råvarer og komponenter som benyttes til produksjon, varer under produksjon og varer som er klare til salg. Dette er ikke bare nødvendig for bedrifters produksjon og salg, men også for å sikre bedriften mot svingninger i markedet (Emmett & Granville, 2007). En bedrift med stort lagernivå vil ha flere kostnader, men til gjengjeld en redusert risiko for å ikke kunne levere varer når de skal. En bedrift med mindre lager vil ha reduserte kostnader. De reduserte kostnadene kan i mange situasjoner gå på bekostning av ledetiden, altså at det tar lengre tid fra de får inn ordre til de kan levere. Lagernivået en bedrift legger seg på kan være kritisk for konkurransedyktighet og lønnsomhet.

3.1.1 Lagerhold og trygghet

I produksjonsbedrifter er andelen råvarer på lageret ofte større enn andelen ferdigvarer. Grunnen til dette er at råvarene kan kjøpes inn i større parti for å oppnå kvantumsrabatt før de lagres fram til de skal benyttes i produksjonen, mens ferdigvarene ofte selges kort tid etter de er blitt produsert. Den delen av lageret som består av ferdigproduserte varer gjør det mulig å sende produktene til kunden så fort det kommer inn en ordre. Det å ha varer på lager har en høy trygghetsverdi for en bedrift. Dersom noe skjer med leverandøren som umuliggjør vareleveranser for en tidsperiode, er det lurt å ha et sikkerhetslager med råvarer som holder fram til det kommer en løsning med leverandøren. Et lager med ferdigvarer er også en sikkerhet i forhold til endringer i den forventede etterspørselen. Får en bedrift plutselig ordrer på flere enheter enn forventet, har de med et sikkerhetslager mulighet til å levere likevel.

3.1.2 Ledetid og servicegrad

I mange situasjoner er det viktig å ha råvarer tilgjengelig for å kunne starte opp produksjonen så fort det kommer inn en ordre. Dersom bedriften må vente på forsyninger for å kunne starte produksjonen vil dette føre til økte ledetider og en redusert servicegrad. Ledetid er tiden det tar fra en ordre kommer inn til varen er overlevert til kunden. Servicegrad er som nevnt bedriftens evne til å levere avtalt mengde til avtalt tid (STAND, 2020). Det er vanlig å skille mellom to typer servicegrad: P1 er sannsynligheten for at bedriften kan levere uten å gå tom på lager, mens P2 er andelen av salget som kan leveres direkte fra lager (Nahmias & Olsen. 2015). Begge servicegrad typene er avhenger av produksjonspunktet og dermed størrelsen på sikkerhetslageret. En kort ledetid og høy sikkerhetsgrad kan gi en bedrift god fleksibilitet og ett sterkt konkurransefortrinn.

3.1.3 Konsekvenser av lagerhold

Høy kapital bundet i lageret over lengre tid er ikke ønskelig ettersom det fører til redusert fleksibilitet og økte kostnader for bedriften. Med tiden kan kapitalbindingen belaste bedriftens balanse og påvirke deres likviditet og finansieringsmuligheter. Dersom store deler av bedriftens kapital er bundet i lageret kan det hindre bedriften økonomisk i å gjennomføre større investeringer. Et stort varelager vil også gjøre det mer krevende å ha kontroll på lagerbeholdningen, som igjen kan føre til at varer blir liggende så lenge at de blir ødelagt, eller ikke kurante og må kastes eller selges til redusert pris. Lagerkostnadene øker også i takt med verdien og størrelsen på varene som lagres. Beregning av lagerkostnader vil bli beskrevet nærmere i delkapittel 3.2.1.

3.1.4 Internrente

Internrente er et relativt avkastningsmål som viser hvilken avkastning som kan oppnås av kapitalen som til enhver tid er investert i ett prosjekt (Hageland finans, ingen dato). Bedrifter bestemmer internrenten på bakgrunn av deres kapitalkostnad, skatter, avgifter og forsikringer, samt kostnader for lagerhåndtering per enhet og brekkasje/svinn. Internrenten er en av faktorene som benyttes til å beregne kostnadene for lagerhold.

3.1.5 Produksjonsstrategier

Det er flere ulike produksjonsstrategier er vanlige i produksjonsbedrifter. I emnet «*Lager og produksjonsplanlegging*» lærte vi blant annet om «*Make-to-stock*», «*Assamble-to-order*», «*Make-to-order*», «*Engineer-to-order*» og «*Just-in-time*». For denne oppgaven er «*Make-to-stock*» og «*Make-to-order*» strategiene mest relevant. «*Make-to-stock*» benyttes av bedrifter som selger varene sine fra ferdiglageret. For disse bedriftene er det viktig å utarbeide prognoser for etterspørselen og utarbeide planer for lagernivå og sikkerhetslager. Dette vil gjøre at servicenivået kan styrkes. «*Make-to-order*» strategien benyttes av bedrifter som tar inn ordrer fra kunden hvor kunden spesifiserer ønsket produkt. Denne typen strategi er mer krevende for bedriften og forutsetter at bedriften kan utarbeide produktet i henhold til gitte spesifikasjoner. Leveringsdato må avtales og det må gis oppdateringer underveis i prosessen for å sikre en trygg handel. Ved «*Make-to-order*» kan kunden i noen tilfeller bestemme leverandøren av råvarene og da blir det bedriftens ansvar å anskaffe disse. Astero benytter både «*Make-to-stock*» og «*Make-to-order*» strategiene ettersom at de både selger produkter direkte fra lageret og produkter kundene legger inn ordre etter.

3.2 Lot size-reorder point systems

Sammen med vår veileder diskuterte vi mulige modeller vi kunne benytte i denne oppgaven. Vi kom til slutt fram til at vi hovedsakelig skulle benytte en «*Lot size-reorder Point systems*» modell for å finne en optimal løsning for Astero. I stedet for å finne ut når bedriften skal legge inn en ny ordre med hensyn til eget lager som denne modellen opprinnelig gjør, skal vi benytte modellen for å finne ut når bedriften skal starte opp en ny produksjon med hensyn til produksjonstid, eget lager og kundenes etterspørsel. Denne modellen egner seg til problemer hvor etterspørselen er usikker, slik som hos vår fokusbedrift Astero. For å finne verdier vi skulle bruke i denne modellen har vi også benyttet EOQ-modellen og andre formler. Under har vi beskrevet teori og fremgangsmåter knyttet til modellen.

3.2.1 Kostnadsfunksjonen

«Lot size-reorder Point systems» modellen består av en kostnadsfunksjon som summerer de totale årlige kostnadene knyttet til produksjonsstrategien. Hvert ledd i kostnadsfunksjonen representerer en type kostnad, derav setup-kostnad, lagerkostnad (*holding cost*) og en straffekostnad (*penalty cost*) dersom lageret går tomt. Ved bruk av denne kostnadsfunksjonen finner vi de totale kostnadene knyttet til oppstart av produksjonsserier, lagerhold og straffekost for et år, med et mål om å minimalisere total kostnaden. Slik ser funksjonen ut:

$$G(Q, R) = \frac{\lambda}{Q}K + \frac{1}{2}Qh + SS * h + \frac{\lambda}{Q}p * n(R)$$

(setup-kostnad + lagerkostnad + straffekostnad)

Setup-kostnad

Setup-kostnaden (K) er det som det koster bedriften å sette opp en produksjon av et produkt. Dette er en fast kostnad som forekommer hver gang bedriften forbereder en produksjonsserie. Prisen bedriften betaler for arbeidskraft og kostnaden for stopp i produksjon mens maskinene settes opp på nytt regnes som en del av setup-kostnadene. For å finne den gjennomsnittlige setup kostnaden per år må vi i tillegg til setup-kostnaden vite hvor mye bedriften har solgt og hvor mye som er produsert i hver serie. Antall produksjonsserier per år regnes ut ved å dividere etterspørsel (λ) på produksjonsstørrelse (Q). Antallet produksjonsserier per år behøver ikke å være et helt tall ettersom vi ønsker å regne ut gjennomsnittlig antall produksjonsserier per år for å finne den gjennomsnittlige setup kostnaden. Leddet for å regne ut den gjennomsnittlige totale setup kostnaden per år i kostnadsformelen ser da slik ut:

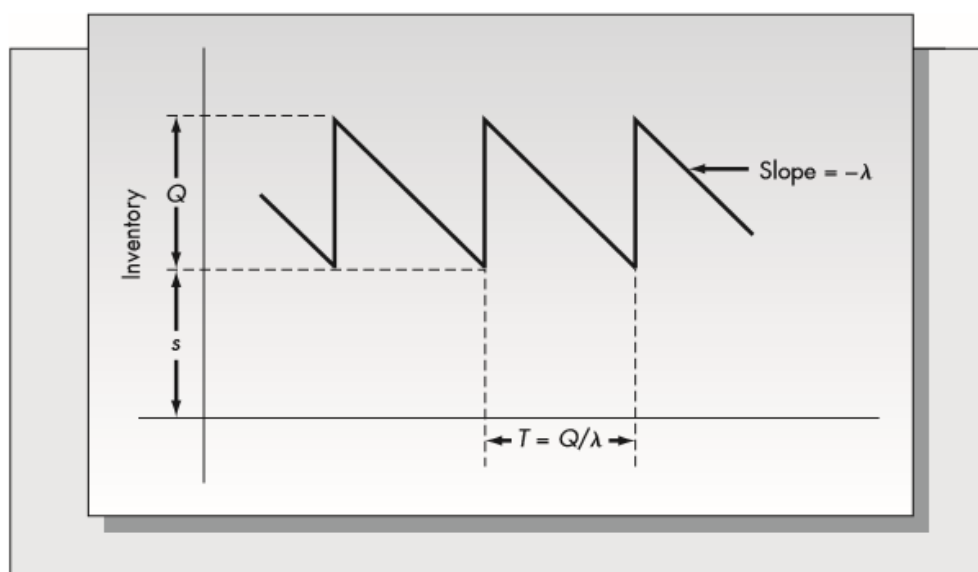
$$\frac{\text{etterspørsel}}{\text{optimal produksjonsstørrelse}} \text{ setup kostnad} = \frac{\lambda}{Q}K$$

Lagerkostnad

Lagerkostnaden (h) er kostnaden bedriften må betale for å ha en vare på lager over en bestemt tidsperiode. Denne kostnaden finner vi ved å multiplisere produktets verdi (c) med internrenten (i), altså « $c * i = h$ ». Begrepet internrente ble beskrevet nærmere i teorikapittelet 3.1.4. Gjennomsnittlig lagernivå over en gitt periode multiplisert med lagerkostnaden vil dermed bli den totale lagerkostnaden for perioden. Gjennomsnittlig lagernivå vil alltid ligge et sted mellom nivået på sikkerhetslageret (SS) og nivået på lageret når bedriften nylig har fått påfyll av nyproduserte varer, altså « $Q + SS$ ». Leddet for å regne ut den gjennomsnittlige totale lagerkostnaden per år i kostnadsformelen ser da slik ut:

$$\text{gj. snitt lagernivå} * \text{lagerkostnad} + \text{sikkerhetslager} * \text{lagerkostnad} = \frac{1}{2}Qh + SS * h$$

Gjennomsnittlig lagernivå vil være « $\frac{1}{2}Q + SS$ » gitt at en ny serie med produkter ankommer når lageret når størrelsen på sikkerhetslageret. Dette illustrert av grafen under (Figur 2). I grafen representerer bokstaven « s » størrelsen på sikkerhetslageret, bokstaven « Q » viser den optimale produksjonsstørrelsen, og tegnet « λ » viser etterspørsel for produktet i periode T . Periode T er en produksjonssyklus som starter når bedriften får inn ferdig produserte enheter på lageret og avsluttes ved neste påfylling av ferdigvarer.



Figur 2: Illustrasjon over lagernivå med sikkerhetslaget (Nahmias & Olsen. 2015).

Straffekostnad

Straffekostnader kan inntreffe når man ikke har mulighet til å levere ønsket antall varer til avtalt tidspunkt. Ettersom etterspørselen i mange tilfeller er usikker og varierende kan bedrifter oppleve at etterspørselen i ledetiden blir større enn produksjonspunktet. Det kan føre til at bedriften ikke kan levere produkter til alle kundene som avtalt og må vente til neste produksjonsserie er ferdig produsert. Dette kan føre til tapt salg og / eller redusert servicegrad. Leddet for å regne ut den gjennomsnittlige totale straffekostnaden per år i kostnadsformelen ser da slik ut:

$$\frac{\text{etterspørsel}}{\text{produksjonsstørrelse}} \text{straffekostnad} * \text{stockouts} = \frac{\lambda}{Q} p * n(R)$$

« $n(R)$ » i formelen representerer antallet forventede utsolgte enheter (*stockouts*) i løpet av en syklus. I avsnittet om «Optimal kombinasjon av bestemmelsesvariablene Q og R » i neste delkapittel 3.2.2 vil vi forklare hvordan vi kom fram til verdien for « $n(R)$ ».

Bokstaven « p » er straffekostnaden per enhet som mangler. Formelen regner ut gjennomsnittlig total straffekostnad for produktet per år ved å ta antallet *stockouts* og multiplisere det med straffekostnaden.

3.2.2 Bestemmelsesvariabler

«*Lot size-reorder Point systems*» modellen består av to bestemmelsesvariabler; optimal produksjonsmengde (Q) og produksjonspunkt (R). Optimal produksjonsstørrelse er det optimale antallet enheter som bør produseres per produksjonsserie. Produksjonspunktet forteller antallet enheter som er igjen på lageret når bedriften bør starte opp en ny produksjon. Første steg for å finne løsningen som gir lavest kostnader er å finne den optimale kombinasjonen mellom disse bestemmelsesvariablene. Til slutt i dette delkapittelet viser vi også hvilken formel vi bruker for å finne sikkerhetslageret (SS).

Optimal produksjonsmengde - EOQ modellen

EOQ står for «*Economic Order Quantity*», og modellen er den enkleste og mest grunnleggende inventarmodellen innenfor lagerstyring. Modellen beskriver en viktig avveining mellom faste ordrekostnader og lagerkostnader (Nahmias & Olsen. 2015). Ved å

legge inn verdier for etterspørsel (λ), setup kostnad (K) og lagerkostnad (h) for et produkt i modellen finner vi den optimale verdien for bestemmelsesvariabelen « Q », altså enheter bedriften bør produsere per produksjonsserie. Vi fant den første startverdien for « Q » altså « Q_0 » for de fire produktene ved bruk av EOQ – modellen som ser slik ut:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2\lambda K}{h}}$$

For å finne verdien for bestemmelsesvariabelen « R » trenger vi verdien for optimal ordrestørrelse (Q), lagerkostnad (h), straffekostnad (p) og etterspørsel (λ). Dette settes sammen i formelen som vist under for å finne startverdien for « R » altså « R_0 ».

$$1 - F(R_0) = \frac{Q_0 h}{p\lambda}$$

Optimal kombinasjon av bestemmelsesvariablene « Q » og « R »

Når startverdiene for « Q » og « R » er definert er det neste steget å finne den optimale kombinasjonen av de to som gir den laveste totalkostnaden. Dette gjør vi ved å slå opp verdiene i normalfordelingstabellen fra læreboken vår i emnet «*Styringsmodeller og operasjonsanalyse*». Normalfordelingstabellen er en tabell som viser sannsynligheten for avvik fra en forventningsverdi, gitt at etterspørselen i ledetiden er normalfordelt. Ved å slå opp startverdien vi fant for produksjonspunkt « R_0 », vil vi finne den tilhørende verdien for « Z » og « $L(z)$ ».

« $L(z)$ » er delforventningen, definert som forventet antall utsolgte enheter som en brøk av standardavviket. Hvis verdien for « $L(z)$ » skal beregnes manuelt, kan det gjøres ved formelen; « $L(z) = n(R)/\sigma$ ». Når vi har funnet verdien for « $L(z)$ », kan vi finne antallet forventede «stockouts» (« $n(R)$ ») som vi også vil trenge i den totale kostnadsfunksjonen. For å finne « $n(R)$ » må vi startet vi med å regne ut standardavvik i ledetiden for alle produktene per kvartal (σ). Dette beregnet vi ved å te standardavvik i ledetid per kvartal multiplisert med kvadratroten av ledetid i dager dividert på antall dager i et kvartal.

$$\sigma = \sigma_{kvtartal} * \sqrt{\frac{L}{91,25}}$$

Når standardavviket i ledetiden er funnet legger vi verdien for dette og verdien vi fant for « $L(z)$ » inn i formelen under.

$$n(R) = \sigma * L(z)$$

Ved å sette inn verdien som beregnes for « $n(R)$ » i den første formelen under og løse begge formlene kan vi oppdatere « Q » og « R ». Denne prosedyren gjentas frem til « Q » og « R » verdiene blir *like* to ganger på rad og vi har funnet optimal kombinasjon av « Q » og « R » for å minimere totalkostnaden « $G(Q, R)$ ». For at « Q » og « R » verdiene skal regne som like må de være innenfor samme « Z »-verdi i normalfordelingstabellen.

$$Q = \sqrt{\frac{2\lambda(K + p * n(R))}{h}}$$

$$1 - F(R_n) = Qh/p\lambda$$

Optimalt produksjonspunkt

For å finne produksjonspunktet må sikkerhetslageret (SS) først regnes ut. Sikkerhetslageret er antallet enheter det er igjen på lager når en ny produksjonsserie er ferdig. Dette er gitt at hele produksjonsserien er ferdig samtidig. Hvis produktene blir ferdig gradvis, vil også lageret øke gradvis mens det produseres. Da vil man ikke komme ned på nivået til sikkerhetslageret. Ettersom vi opererer med usikker etterspørsel, kan det hende at mengde på lager vil variere, men utregnet sikkerhetslager er det vi vil ta utgangspunkt i. Sikkerhetslaget regnes ut ved å multiplisere standardavviket i ledetiden med z -verdien.

$$SS = \sigma_L * z$$

Når vi har funnet sikkerhetslageret kan vi beregne produksjonspunktet.

Produksjonspunktet er antall enheter igjen på lageret når vi ønsker å begynne en ny produksjonsserie. For å finne optimal R må vi finne forventet etterspørsel i ledetiden. Dette henger sammen med at produksjonsserien skal være ferdig før lageret går tomt. I tillegg legger vi til sikkerhetslageret, som er bidrar til økt sikkerhet for at lageret ikke går tom.

$$R = l_L + SS$$

Ved produksjon av varer må det tas høyde for produksjonstiden for å finne produksjonspunktet (« R »). Formelen vi bruker kan derfor bli noe unøyaktig, men siden produksjonsraten er mye høyere enn etterspørselsraten blir unøyaktigheten liten i Asteros tilfelle.

Servicegrad

I tillegg til ordrestørrelse, sikkerhetslaget og produksjonspunkt har vi måltallene $P1$ og $P2$ for servicegrad. $P1$ viser sannsynligheten for å gå tom på lager i løpet av en bestillingssyklus. Det vil si hvor ofte vil etterspørselen i ledetiden være større enn produksjonspunktet. Hvis etterspørselen i ledetiden er større enn reordre-punktet, vil vi få en «stockout», altså tomt lager. For å finne sannsynligheten for at det ikke blir tomt på lageret i bestillingssyklusen bruker vi følgende formel:

$$1 - P1 = 1 - F(R) = \frac{Qh}{pl}$$

Forventet etterspørsel mellom to produksjonsserier er Q , altså fra en ny serie er ferdig, til neste er ferdig. $P2$ viser oss sannsynligheten for at etterspørselen i denne syklusen blir oppfylt. « $n(R)$ » viser oss forventet antall «stockouts» per syklus, dermed blir andelen av etterspørselen som blir tom slik:

$$\frac{n(R)}{Q}$$

For å snu på det så er den gjennomsnittlige andelen av etterspørselen som blir oppfylt når den oppstår følgende:

$$P2 = 1 - \frac{n(R)}{Q}$$

3.2.3 Krav til at modellen er gyldig

For å benytte denne modellen må vi legge fire forutsetninger til grunn. Den første forutsetningen er at systemet må oppdateres kontinuerlig. Det vil si at etterspørselen registreres når den forekommer, og lagernivået må være kjent til enhver tid. Den andre forutsetningen er at etterspørselen må være tilfeldig og stasjonær. Det betyr at forventet etterspørsel over et tilfeldig tidsintervall med fast lengde er konstant, selv om vi ikke kan forutsi verdien av etterspørselen. Den tredje forutsetningen er at ledetiden for ordrene er positiv, altså « $L > 0$ ». Den siste forutsetningen er at vi må anta følgende kostnader; Set-up kostnad i kroner per ordre, lagerkostnader i kroner per enhet per år, ordrekostnad i kroner per vare, og straffekostnad i kroner per enhet som ikke blir levert (Nahmias & Olsen, 2015). Situasjonen hos Astero fyller alle disse kravene.

4.0 Metode og datainnsamling

4.1 Valg av metode

Det ble gjennomført i alt tre møter med administrasjonen i Astero. To møter ble gjennomført i november 2019, mens det siste møtet ble gjennomført i januar 2020. I tillegg har vi hatt to samtaler med ansatt ved Asteros produksjonshall som har gitt oss data og informasjon om de fire produktene. Samtalene ble gjennomført i februar og tidlig i mars på den ansattes kontor hos Astero. I ettertid har kommunikasjonen foregått via mail grunnet restriksjoner på grunn av smittefare av Covid-19.

For å besvare denne bacheloroppgaven har vi benyttet kunnskap vi har tilegnet oss gjennom vår bachelorgrad. Da problemstillingen var fastsatt begynte vi å se på angrepsvinkelen på oppgaven. Gjennom samtaler med veileder ble vi enig om en modell som passet situasjonen hos Astero. «*Lot size-reorder point systems*» er en modell vi

tidligere har sett på i emnet «*Styringsmodeller og operasjonsanalyse*». I tillegg har vi gjennomført en P1 analyse for å analysere kostnaden ved å ha større leveringsevne fra lager enn resultatet vi får når vi finner optimal løsning.

4.2 Datainnsamling

Da vi hadde bestemt oss for hvordan vi ønsket å vinkle oppgaven vår og for hvilken modell vi skulle benytte, tok vi kontakt med en ansatt ved produksjonsavdelingen til Astero for å anskaffe relevante data. Vi ba om innsyn noen produkter som bedriften produserer mer enn en gang, som har en usikker etterspørsel og som ofte ligger på lager. Vi fikk da tilsendt informasjon og data på mail som gjorde det mulig å beregne internrente og setup kostnad for fire bestemte produkter. I kapittel 1.3.2 om avgrensninger av antall produktenheter beskrev vi svakheten ved at vi kun analyserer fire av Asteros over 600 produkter. Vi fikk også tilgang til alle lagertransaksjoner tilbake til 2010 og generelle data som for eksempel antall årlige arbeidsdager, ønsket servicegrad og lagertransaksjoner for de gjeldene produktene. Informasjonen vi har fått er primærdata og historiske data.

Som nevnt ga Astero oss fullt innsyn i produksjon og salg av de fire produktene i tidsperioden 2010 - 2019. De historiske dataene for salg viser ingen klar trend, så det er derfor vanskelig å forutse framtidig etterspørsel. Dette har gjort det ekstra vanskelig å finne et optimalt svar for produksjonsmengde basert på historiske data. For eksempel har et av produktene vi har sett på et salgstall på 60 enheter i 2017, mens to år senere i 2019 ble det solgt 319 enheter av produktet. Den usikre etterspørselen vises også i produksjonen av produktet, hvor det i 2017 og 2018 kun ble produsert en gang, mens i 2019 ble det samme produkt produsert hele ni ganger. På grunn av den store variasjonen i etterspørselen ble vi i samråd med Astero enig om å ta utgangspunkt i tallene fra 2019. Astero mente også at disse tallene best representerte etterspørselen de forventet å oppnå i 2020. Siden Astero ikke ga oss informasjon om at de hadde prognosert mulig vekst eller reduksjon i etterspørselen, ser vi på etterspørselen til produktene som usikker og tilfeldig.

4.3 Behandling av innsamlet data

4.3.1 Beregning av bedriftens internrente

Vi fikk oppgitt informasjon om kostnadene som til sammen blir internrenten i prosent fra Astero. Bedriften oppga en kapitalkostnad på 18%, skatter, avgifter og forsikringer på til sammen 1% og svinn på 5%. Astero hadde ikke data eller informasjon om lagerhåndtering per enhet, så denne verdien inkluderes ikke i deres internrente. Ved å summere verdiene fikk vi en internrente på 24%. Internrenten gjelder for alle Asteros produkter.

4.3.2 Parametere for fire produkter

Som nevnt i delkapittel 1.3.2 om avgrensninger, har Astero over 600 varelinjer og det vil være umulig for oss å gå inn på hver enkelt av disse i denne bacheloroppgaven. Derfor har vi fått innsyn i fire produkter som Astero ofte produserer til lager. Dette er en propellkniv, en flens, en stang og en propellskrue. Vi vil referere til disse som produkt 1 – 4 i denne oppgaven. For de nevnte produktene har vi fått oppgitt informasjon om tid som benyttes for setup, produksjonsrate per dag, materialkostnader, salgspris, ledetid, og etterspørsel. Ut fra denne informasjonen har vi regnet ut setup kostnad og lagerkostnad som blir presentert under. Denne informasjonen er oppsummert i tabellen under (Tabell 1) og beskrevet i avsnittene på neste side.

Produkt		Produksjons rate pr. dag	Material kostnader	Totale kostnader	Salgs pris	Lede tid	Etter-spørsel	Lager kostnad	Setup kost.
1	Propellkniv	37	69	426,67	512	30	361	102,4	3 700
2	Flens	35	36	362,5	435	25	399	87	1850
3	Stang	20	17	337,5	405	35	114	81	5550
4	Propellskrue	75	27	266,67	320	20	60	64	1850

Tabell 1: Parametere for produktene

Produkt 1 - Propellkniv

Produkt 1 er en propellkniv. Det tar i gjennomsnitt to timer å starte opp en produksjon av dette produktet og produksjonsraten per dag er 37 enheter. For Astero koster det 69 kroner i materialkost med å produsere en propellkniv, mens de totale kostnadene bedriften har knyttet til produktet er på 427 kroner per enhet. Utsalgsprisen på produkt 1 er 512 kroner per enhet. Ledetiden, altså tiden det tar fra Astero får inn en ordre på produktet til produktet skal leveres til kunden er 30 dager for dette produktet. I 2019 solgte Astero 361 enheter av dette produktet. Ved bruk av enhetskostnaden på 427 kroner og internrenten på 24% regnet vi ut at lagerkostnaden for dette produktet vil være på 102 kroner per enhet per år («h» i kostnadsfunksjonen).

Produkt 2 – Flens

Produkt 2 er en flens. For å produsere en flens benytter bedriften materialer for 36 kroner, mens de totale kostnadene bedriften har knyttet til produktet er på 363 kroner per enhet. Utsalgsprisen på produkt 2 er 435 kroner per enhet. Det tar en time å starte opp en produksjon av dette produktet og produksjonsraten per dag er 35 enheter. I 2019 solgte Astero 399 enheter av dette produktet med en ledetid på 25 dager. Ved bruk av enhetskostnaden på 363 kroner og internrenten på 24% regnet vi ut at lagerkostnaden for dette produktet er 87 kroner per enhet per år.

Produkt 3 – Stang

Produkt 3 er en stang. For å produsere en stang benytter bedriften materialer for 17 kroner, mens de totale kostnadene bedriften har knyttet til produktet er på 338 kroner per enhet. Utsalgsprisen på produkt 3 er 405 kroner per enhet. Det tar tre timer å starte opp en produksjon av dette produktet og produksjonsraten per dag er på 20 enheter. I 2019 solgte Astero 114 enheter av dette produktet med en ledetid på 35 dager. Ved bruk av enhetskostnaden på 338 kroner og internrenten på 24% regnet vi ut at lagerkostnaden for dette produktet er 81 kroner per enhet per år.

Produkt 4 – Propellskrue

Produkt 4 er en propell skrue. For å produsere en enhet av dette produktet benytter bedriften materialer for 27 kroner, mens de totale kostnadene bedriften har knyttet til produktet er på 267 kroner per enhet. Utsalgsprisen på produkt 4 er 320 kroner per enhet. Det tar en time å starte opp en produksjon av dette produktet og produksjonsraten per dag er 75 enheter. I 2019 solgte Astero 60 enheter av dette produktet med en ledetid på 20 dager. Ved bruk av enhetskostnaden 267 kroner og internrenten på 24% regnet vi ut at lagerkostnaden for dette produktet er 64 kroner per enhet per år.

4.3.3 Beregning av setup kostnad

Astero ga oss informasjon om hvor mange timer de benytter for å sette opp en produksjon av de fire produktene. Som beskrevet i forrige delkapittel 4.3.2 tar det 2 timer å starte opp en produksjon av produkt 1, for produkt 2 benytter bedriften 1 time, for produkt 3 benytter de 3 timer og for produkt 4 benytter de 1 time. Vi fikk så opplyst at lønnskostnader per ansatt per time er 350 kroner og den gjennomsnittlige maskinkostnaden per time når en produksjon blir satt opp er på 1 500 kroner. Setup kostnaden for et produkt blir altså summen av lønnskostnad og maskinkostnad multiplisert med antallet timer som benyttes for å sette opp en produksjon. Setup kostnaden blir 3 700 kroner for produkt 1, 1 850 kroner for produkt 2, 5 550 kroner for produkt 3 og 1 850 kroner for produkt 4. Siden det tar like lang til å sette opp produksjonen for produkt 2 og produkt 4 vil setup kostnaden bli den samme.

	Produkt 1	Produkt 2	Produkt 3	Produkt 4
Tid:	2 timer	1 time	3 timer	1 time
Setup kostnad	3 700 kroner	1 850 kroner	5 550 kroner	1 850 kroner

Tabell 2: Oversikt over setup kostnad for produkt 1 – 4.

4.3.4 Lagertransaksjoner

Astero ga oss tilgang til alle lagertransaksjoner for de fire produktene, noen helt tilbake til 2010. Oversikten ga oss en oversikt over produksjon, salg, lagertellinger samt hvor mange enheter som befant seg på lager til enhver tid. Dette var gode historiske data som ga oss et tydelig bilde på hvordan etterspørselen har vært og hvordan transaksjonsmønsteret var. Det så ut til å være stor variasjon i etterspørselen langt tilbake i tid.

Tabellene under (Tabell 3) gir en oversikt over Asteros salg og produksjon av produkt 1 måned for måned gjennom årene 2017-2019. Denne oversikten bekreftet det Astero allerede visste at det er stor usikkerhet og variasjon i etterspørselen for produkt 1. Etter å ha sett på den samme informasjonen for de resterende produktene konkluderte vi med at dataene fra 2019 var mest representative for vår modell. Da vi spurte Astero om fremtidig etterspørsel, sa de at det beste er å ta utgangspunkt i de nyeste dataene fra 2019. Derfor har vi benyttet dataene fra 2019, i utregningene i modellen vår videre. Grunnen til at vi valgte å se bort fra dataene før 2019, var blant annet på grunn av en stor økning i salg i samtlige produkter fra 2017 til 2018. Hva dette skyldes har vi ikke fått opplyst. Det kan argumenteres for at vi kunne ha inkludert 2018 dataene, men da hadde vi hatt et lite grunnlag for trend (forskjell i etterspørsel fra 2018 til 2019). Siden det ikke ble oppgitt forventet vekst eller reduksjon i etterspørsel, fulgte vi Asteros råd om å kun ta utgangspunkt i 2019 dataene.

UO	2019	2018	2017	IE	2019	2018	2017
Jan	-80	-40		Jan	193		
Feb	-40			Feb			
Mar	-41			Mar	6		
Apr	-40	-40		Apr	40		
Mai	-40	-40		Mai	40		
Jun	-40		-40	Jun	41		
Jul				Jul			
Aug		-40		Aug			217
Sep	-40			Sep	164		
Okt	-20	-80		Okt			
Nov	-20	-39		Nov	23	105	
Des		-40	-20	Des			
Totalt	-361	-319	-60	Totalt	507	105	217

Tabell 3: Utklippene viser salg (til venstre) og produksjon (til høyre) av produkt 1.

5.0 Testresultater

5.1 Utrekninger 2019

I dette delkapittelet skal vi se nærmere på dataene vi har fått fra Astero for de aktuelle produktene. Det er viktig å forstå dagens situasjon, samt historiske data for å finne løsninger til forbedringer. For å regne ut potensielle forbedringer må vi vite hva kostnadene knyttet til setup og lager for de fire produktene var i 2019. Grunnen til at vi ønsker å sammenligne egne resultater med dataene fra 2019 er fordi at fremtidig etterspørsel er ukjent. Derfor har vi tatt utgangspunkt i de nyeste dataene for å kalkulere fremtidig lagerstyring. Disse dataene er mest representative for fremtidig planlegging på kort sikt.

Da vi regnet ut optimal « Q » og « R » valgte vi å forutsette positive z verdier, altså; « $z > 0$ ». Dette gjorde vi fordi en negativ « z »-verdi vil gi negativt sikkerhetslager. Derfor stoppet oppdateringen av « Q » og « R » når « z »-verdien ble 0, og den ikke hadde en økende trend.

5.1.1 Trender

Ved å se på lagertransaksjonene for produktene ser vi at det er stor variasjon i etterspørselen på samtlige produkter år for år. En liten, men til dels usikker trend vi la merke til, var at salgstallene var nokså jevne for 2018 og 2019. Unntaket er for produkt 2 som har en markant stigning fra 220 enheter i 2018, til 399 enheter i 2019. Denne trenden fikk oss til å vurdere å ta utgangspunkt i 2018 og 2019 ved utregning av standardavvik. Som tidligere nevnt besluttet vi å ta utgangspunkt i 2019 dataene siden dette ble anbefalt av Astero. Derfor er det ingen gitt trend for produktene vi ser på.

5.1.2 Beregning av kostnader 2019

For å kunne sammenligne egne resultater vi senere kommer fram til med noe valgte vi å beregne de reelle totale kostnadene knyttet til produktene vi ser på for 2019. Siden Astero ikke hadde gode nok data til å beregne straffekostnader, og eventuelle forsøk vil bare bli antagelser, valgte vi å se bort fra denne kostnadstypen når vi regnet ut de totale kostnadene

for 2019. For å få så nøyaktige data for 2019 som mulig, brukte vi mye tid på å lage et Excel-dokument med oversikt over lager og lageraktiviteter for hver dag gjennom hele 2019 for de fire produktene. Ut fra denne oversikten beregnet vi gjennomsnittlig lagerbeholdning, og dermed bedriftens lagerkostnad for 2019. I tillegg ga oversikten oss et bedre bilde over lagertransaksjonene og situasjonen for de ulike produktene. Ved å ta antallet produksjoner i 2019 multiplisert med setup kostnaden (K) får vi den totale setup kostnaden for 2019. Ved å legge til lagerkostnaden, har vi total setup- og lagerkostnad for 2019.

Produkt 1		Produkt 2	
Kostnader 2019		Kostnader 2019	
Gjennomsnittlig lager 2019	41,76	Gjennomsnittlig lager 2019	41,65
Lagerkostnad/enhet	kr 102,40	Lagerkostnad/enhet	kr 87,00
Lagerkostnad 2019	kr 4 276,46	Lagerkostnad 2019	kr 3 623,34
Antall produksjonsserier	9	Antall produksjonsserier	5
Setup kostnad	kr 3 700,00	Setup kostnad	kr 1 850
Årlig setup kostnad	kr 33 300,00	Årlig setup kostnad	kr 9 250
Total setup- og lagerkostnad	kr 37 576,46	Total setup- og lagerkostnad	kr 12 873,34

Produkt 3		Produkt 4	
Kostnader 2019		Kostnader 2019	
Gjennomsnittlig lager 2019	35,97	Gjennomsnittlig lager 2019	24,29
Lagerkostnad/enhet	kr 81,00	Lagerkostnad/enhet	kr 64,00
Lagerkostnad 2019	kr 2 913,34	Lagerkostnad 2019	kr 1 554,36
Antall produksjonsserier	2	Antall produksjonsserier	2
Setup kostnad	kr 5 550	Setup kostnad	kr 1 850
Årlig setup kostnad	kr 11 100	Årlig setup kostnad	kr 3 700
Total setup- og lagerkostnad	kr 14 013,34	Total setup- og lagerkostnad	kr 5 254,36

Tabell 4: Oversikt over kostnader for produkt 1 – 4 i 2019

Utrekningene for 2019 ga oss noen nyttige observasjoner hvor gjennomsnittlig lagerbeholdning så lav ut for alle produktene. Det er derfor liten grunn til å tro at vi kan redusere lagernivået nevneverdig på disse produktene. Det må legges til at for produkt 1, 2 og 3 var det ved en lengre periode i 2019 veldig få, eller ingen enheter på lager. Vi la spesielt merke til at det ofte var tomt for produkt 1 på lager. Ved fem anledninger ble det produsert enheter som ble solgt samme dag, hvor lageret forble null eller en. Dette kan potensielt bety at Asteros leveringsevne i denne perioden var redusert. Grunnen til denne mistanken oppsto da vi observerte at det var registrert et salg på 40 enheter på et tidspunkt

hvor det kun var en enhet på lager. Resterende 39 enheter ble produsert ni dager senere. Dette kan ha ført til straffekostnader. I tillegg har mange produksjonsserier ført til høy setup kostnad. Vi kan dermed anta at lav lagerbeholdning har ført til høyere setup- og straffekostnader.

En annen observasjon var at det var generelt høye setup kostnader på alle produktene. For alle produktene er de totale setup kostnadene minst dobbelt så høy som de totale lagerkostnadene for produktet. Dermed så vi at det var størst potensiell i reduksjon av setup kostnader. Et eksempel på dette er produkt 1 som over en lengre periode i 2019 ikke lå på lager, men ble produsert til ordre fem ganger. Fem produksjonsserier ga totale setup kostnader for 2019 på 33 300 kroner. Setup kostnaden er dermed over seks ganger større enn lagerkostnaden på 5 132 kroner. Lagertransaksjonene for dette produktet ligner en Make-To-Order strategi der det ble produsert varer til ordre. Dette indikerer at en Make-To-Order strategi vil gi en høy total kostnad for bedriften og at det ikke vil lønne seg med en Make-To-Stock strategi i deres situasjon.

Usikkerheten i etterspørselen Astero opplever gjør at det er ønskelig å ha varer på lager. Astero har flere hundre varelinjer som alle skal gjennom de samme maskinene og de er dermed avhengig av å kunne levere noen ordre direkte fra lager. Det kan skape problemer om maskinene ikke har kapasitet til å ta unna nye ordrer. I verstefall kan dette føre til at Astero ikke har leveringsevne til ønsket tid, og/eller Astero må leie inn kapasitet for å få produsert ordren. Astero har informert om at de ønsker en sikkerhetsgrad på 90% for lageret på produktene vi ser på, så det bekrefter at Make-To-Stock er den riktige strategien.

5.1.3 Begrensninger i utregningene fra 2019

Tidligere i kapitlet ble det nevnt at det ikke er mulig å regne ut nøyaktige straffekostnader for 2019 på grunn av manglende data hos bedrift. Utregningene er derfor begrenset, men gir en grei pekepinn mot tilsvarende kostnader som skal sammenligne med.

Informasjonen fra Astero viser at maskinene har kapasitet til å produsere et høyt antall enheter per dag, men siden det er flere hundre produkter som skal gjennom maskinene er kapasiteten begrenset likevel. Det er altså ikke produksjonstiden som fører til de lange ledetidene, men køen med alle produktene som skal produseres. En maskin kan ha få

ledige «slots» ettersom det er flere hundre andre produkter som også trenger samme maskin. Ledig kapasitet på maskiner er ikke inkludert i vår modell, eller problemstilling. Andre kostnader som er vanskelige for oss å beregne er for eksempel hva fristilt lagerareal har i verdi om Astero hadde valgt å eliminere lager og kun gå for en Make-To-Order strategi.

5.2 Resultater

Ved bruk av Lot-size reorder point system modellen som ble beskrevet i delkapittel 3.2.1 har vi kommet fram til resultatene som blir beskrevet for de ulike produktene under. Resultatene vi kom fram til i den optimale løsningen bekrefter observasjonene som ble gjort i 2019 dataene i forrige delkapittel 5.1. De høye setup kostnader er redusert på alle produkter, mens lagerkostnadene har økt på samtlige produkt. Likevel er totalkostnaden lavere for tre av fire produkt.

Produkt	Setup kostnader	Lager kostnader	Straffe kostnader	Totale kostnader	Totale kost. 2019	Potensiell besparelse
1	7 294 kr	11 857 kr	2 081 kr	21 233 kr	37 575 kr	16 344 kr
2	4 877 kr	9 454 kr	1 707 kr	16 038 kr	12 873	- 3 165 kr
3	4 638 kr	5 525 kr	887 kr	11 050 kr	14 013 kr	2 963 kr
4	1 681 kr	2 114 kr	433 kr	4 227 kr	5 254 kr	1 027 kr

Tabell 5: Oversikt over kostnader og potensiell besparelse for produkt 1 – 4.

5.2.1 Produkt 1 - Propellkniv

Optimal produksjonsstørrelse av produkt 1 er 183 enheter. Dette er antall enheter som bør produseres hver gang produksjonspunktet nåes. Med denne produksjonsstørrelsen trengs det omtrent 2 produksjonsserier per år. For å sikre bedriften mot *stockouts* bør bedriften ha et sikkerhetslager på 24 enheter av produkt 1 på lager. Astero når produksjonspunktet når det er 73 enheter igjen på lageret, da bør bedriften starte opp en ny produksjon av produktet. «P1» er sannsynligheten for ikke å gå tom på lager i en bestillingssyklus. For produkt 1 er denne sannsynligheten på 76%. «P2» forteller hvor stor andel av etterspørselen som dekkes når den oppstår. For produkt 1 dekkes i gjennomsnitt 97% av all etterspørsel når den oppstår. I løsningen vi har kommet fram til er setup kostnaden betydelig redusert i forhold til utregningene vi kom fram til for 2019. I 2019 var setup kostnaden på 33 300 kroner, mens med vår løsning kan denne reduseres til 7 294 kroner. Lagerkostnaden (inkludert syklisk- og sikkerhetslager) derimot øker fra 4 276 kroner til 11 857 kroner med løsning vi har kommet fram til. Den gjennomsnittlige totale straffekostnaden blir med vår løsning på 2081 kroner per år. Resultatet for produktet blir altså en totalkostnad beregnet til 21 233 kroner. Til tross for økningen i lagerkostnader vil vår løsning gi en potensiell besparelse på 16 344 kroner sammenlignet med utregningene for 2019.

Avrundet	
Q*	183
SS*	24
R*	73
P1	0,7565
P2	0,9730
Totale setupkostnader	kr 7 294,37
Totale lagerkostnader	kr 11 857,45
Totale straffekostnader	kr 2 081,06
Total kostnadsfunksjon	kr 21 232,87
Totale kostnader 2019	kr 37 576,46
Totale kostnader m/utregninger	kr 21 232,87
Potensiell besparelse	kr 16 343,58

Tabell 6: Resultat av utregninger for produkt 1.

5.2.2 Produkt 2 - Flens

Optimal produksjonsstørrelse for produkt 2 blir på 151 enheter. Astero bør holde et sikkerhetslager på 33 enheter og starte opp nye produksjoner av produktet når lageret når produksjonspunktet på 78 enheter. Sannsynligheten for at Astero ikke gå tom for produktet på lageret i en bestillingssyklus er på 82% (P1), mens 98% av all etterspørsel kan dekkes når den oppstår dersom Astero velger å følge denne løsningen for produktet (P2). Den totale kostnadsfunksjonen som ble beskrevet i teorikapitlet blir totalt på 16 038 kroner, bestående av en setup kostnad på 4 877 kroner, lagerkostnader på 9 454 kroner og straffekostnader på 1 707,48 kroner. I utregningene for 2019 ble de totale kostnadene på 12 873 kroner, mens med denne løsningen øker Asteros kostnader med 3 165 kroner og får totale kostnader på 16 038 kroner. De faktiske kostnadene kan som tidligere nevnt være høyere siden vi ikke har straffekostnader for 2019 medberegnet.

Avrundet	
Q*	151
SS*	33
R*	78
P1	0,817911065
P2	0,976389467
Totale setupkostnader	kr 4 876,74
Totale lagerkostnader	kr 9 453,71
Totale straffekostnader	kr 1 707,48
Total kostnadsfunksjon	kr 16 037,93
Totale kostnader 2019	kr 12 873,34
Totale kostnader m/utregninger	kr 16 037,93
Potensiell besparelse	-kr 3 164,60

Tabell 7: Resultat av utregninger for produkt 2

5.2.3 Produkt 3 - Stang

Optimal produksjonsstørrelse for produkt 3 blir på 136 enheter. I denne løsningen har vi kommet fram til at det ikke er behov for eller optimalt å ha et sikkerhetslager. Dette forutsetter at bedriften starter opp produksjon av produktet når lageret når produksjonspunktet på 18 enheter. Sannsynligheten for at Astero ikke gå tom på lager i en bestillingssyklus er på 43% (P1). Grunnen til at denne er lav at bedriften ikke har noe sikkerhetslager. Grunnen til at sikkerhetslageret er 0 er at z verdien er 0. Med en negativ z verdi ville sikkerhetslageret til produkt 3 blitt negativt, det vil si at lageret oftere går tomt enn at det ikke gjør det. En grunn til at dette kan oppstå er den lange tiden mellom produksjoner. Løsningen prognostiserer mindre enn en produksjon per år, siden optimal produksjonsstørrelse er høyere enn årlig etterspørsel. I 95% av tilfellene kan etterspørsel dekkes når den oppstår dersom Astero velger å følge denne løsningen for produktet (P2). De totale kostnadene blir på 11 050 kroner, bestående av setup kostnader på 4 638 kroner, lagerkostnader på 5 525 kroner og straffekostnader på 887,48 kroner. I utregningene for 2019 ble de totale kostnadene på 14 013 kroner, mens med denne løsningen kan Astero potensielt oppnå en besparelse på 2 963 kroner.

Avrundet	
Q*	136
SS*	0
R*	18
P1	0,425579952
P2	0,953867099
Totale setupkostnader	kr 4 637,72
Totale lagerkostnader	kr 5 525,20
Totale straffekostnader	kr 887,48
Total kostnader	kr 11 050,41
Totale kostnader 2019	kr 14 013,34
Totale kostnader m/utregninger	kr 11 050,41
Potensiell besparelse	kr 2 962,94

Tabell 8: Resultater av utregninger for produkt 3.

5.2.4 Produkt 4 – Propellskrue

Optimal produksjonsstørrelse for produkt 4 blir på 66 enheter. Ut ifra den lave etterspørselen for produktet i antall enheter kombinert med rask produksjon vil det ikke være nødvendig med ett sikkerhetslager. Bedriften må starte opp nye produksjoner av produktet når lageret når produksjonspunktet på 8 enheter. Sannsynligheten for at Astero ikke gå tom for produktet på lageret i en bestillingssyklus er på 47% (P1), mens 95% av all etterspørsel kan dekkes når den oppstår dersom Astero velger å følge denne løsningen for produktet (P2). Som ved produkt 3 så får produkt 4 en relativt lav P1 verdi på grunn av negativt sikkerhetslager. Grunnen til at sikkerhetslageret blir 0 er at z verdien er 0, og fordi vi ikke tillater negative z verdier. En grunn til at dette kan oppstå er den lange tiden mellom produksjoner. Løsningen prognostiserer mindre enn en produksjon per år, siden optimal produksjonsstørrelse er høyere enn årlig etterspørsel. Den kostnaden blir med denne løsningen på 4 227 kroner, bestående av en setup kostnader på 1 681 kroner, lagerkostnader på 2 114 kroner og straffekostnader på 433 kroner. I utregningene for 2019 ble de totale kostnadene på 5 254 kroner, mens med denne løsningen vil Astero potensielt oppnå en besparelse på 1 027 kroner.

Avrundet:	
Q*	66
SS*	0
R*	5
P1	0,471590967
P2	0,945860023
Totale setupkostnader	kr 1 680,52
Totale lagerkostnader	kr 2 113,64
Totale straffekostnader	kr 433,12
Totale kostnader	kr 4 227,27
Totale kostnader 2019	kr 5 254,36
Totale kostnader m/utregninger	kr 4 227,27
Potensiell besparelse	kr 1 027,09

Tabell 9: Resultater av utregning for produkt 4.

6.0 P1 analyse

6.1 Analyseformål

Som tidligere nevnt ønsker Astero en servicegrad på minst 90%. Måten bedriften formulerte seg på tolket vi som at dette gjaldt P2 verdien. I den optimale løsningen som vi beskrev i delkapittel 5.2 hadde alle produktene en P2 verdi på opp mot hundre prosent og oppfyller dermed Asteros ønske. P1 verdien derimot varierte en del på de ulike produktene og lå mellom 42% og 81% i den optimale løsningen.

P1 verdien for et produkt definerer sannsynligheten for at bedriften ikke går tom for produktet på lager i en bestillingssyklus. I en «*Make-to-Order*»-strategi vil P1 være nærme 0, ettersom bedriften kun produserer til ordre og ikke til lager. P1 er derfor et mer relevant måltall for bedrifter, eller produkter som produseres til lager (Make-to-Stock). Dette betyr at produkter med høyere sikkerhetslager vil ha en høyere P1 verdi. Hvis vi ser på produkt 1, så er optimalt sikkerhetslager på 22 enheter som gir en P1 grad på 76%. Mens hvis vi ser på produkt 3 og 4, så er optimalt sikkerhetslager mindre enn 0. Disse produktene har en mye lavere P1 verdi på forholdsvis 43% og 47%. Dette betyr at i over halvparten av tilfellene er det ikke nok enheter på lager. Dette henger sammen med at det sjeldnere kommer ordre på disse produktene, og at det er kostnadsoptimalt å ikke ha sikkerhetslager på et produkt som potensielt kan bli sittende lenge på lager. I denne analysen skal vi finne ut hva som skjer dersom vi øker P1 verdien til minst 90%. For å finne en løsning med en gitt P1 verdi bruker vi følgende formel:

$$1 - F(R) = P1, \quad F(R) = P1$$

$F(R)$ er den kumulative sannsynligheten for alle verdier lavere enn R i normalfordelingen, det vil si sannsynligheten for at etterspørselen i ledetiden ikke skal være høyere enn R . Når vi har $1-F(R)$ verdien er det enkelt å finne den tilhørende z -verdien for å beregne sikkerhetslager. Resten av modellen er lik som tidligere, unntaket er nå at vi har en gitt $1-F(R)$, slik at vi behøver ikke oppdatere modellen videre. Hvis vi prøver å oppdatere modellen vil P1 verdien endres og vi vil til slutt ende opp med den kostnadsoptimale løsningen. For å beregne måltallene med en gitt P1 verdi bruker vi et Excel-ark vi har laget tilpasset modellen vår. Regnearket beskrives nærmere i kapittel 7.1. Nå setter vi $P1 = 90\%$ for å se hva som skjer med løsningen til de forskjellige produktene.

6.2 Analyseresultater

6.2.1 Produkt 1

Med en høyere P1 grad enn den optimale løsningen, vil løsningen endres for å gi bedre leveringsevne fra lager. Antall produksjoner per år går opp fra 1,97 til 2,14. Den lille økningen indikerer på at for å bedre leveringsevnen fra lageret må det produseres litt oftere. Andre konsekvenser med høyere P1 er sikkerhetslageret. Her er økningen fra 24 enheter til 44 enheter. Dette er en betydelig økning som vil gi en betydelig bedre evne til å levere fra lager når en ordre kommer inn. Konsekvensen er høyere lagerkostnad.

Produksjonspunktet er også blitt høyere, fra 73 til 94. Dette henger sammen med antall produksjoner per år, nemlig at vi produserer oftere/tidligere, for å opprettholde høy leveringsevne fra lager. Siden det produseres oftere har produksjonsstørrelsen minket fra 183 til 169. Dette, sammen med de andre faktorene gjør at omløpstiden på lageret går ned fra 185 dager til 171 dager. Vi kan å observere en liten økning i P2 graden fra 97,28% til 99,03%. Dette betyr at å øke leveringsevnen fra lager gir en liten økning i leveringsevnen i ledetiden i dette tilfelle.

Utregninger		Utregninger	
Standardavvik i ledetiden	34,63	Standardavvik i ledetiden	34,63
Omløpstid for lager i dager	185,34	Omløpstid for lager i dager	170,85
Antall produksjoner per år	1,97	Antall produksjoner per år	2,14
Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	183,31	Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	168,98
Produksjonspunkt (R)	73,27	Produksjonspunkt (R)	93,60
Sikkerhetslager	24,04	Sikkerhetslager	44,38
P1	75,63 %	P1	90,00 %
P2	97,28 %	P2	99,03 %

Tabell 10: Utklipp av utregnet måltall for produkt 1. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.

Tidligere ble det nevnt at en høyere P1 grad ville føre til en høyere lagerkostnad. La oss se nærmere på de økonomiske konsekvensene med en høyere P1 grad. Vi ser en liten økning i setup kostnaden. Dette er på grunn av at løsningen med en høyere P1 grad vil produsere litt oftere. Lagerkostnaden har blitt 1349 kroner høyere. Dette er en økning på ca. 11%.

Høyere P1 verdi betyr at leveringsevnen er bedre, derfor vil de gjennomsnittlige straffekostnadene bli lavere. Straffekostnaden går ned fra 2099 kroner til 747 kroner, det vil si en nedgang på ca. 64%. Den totale kostnaden øker litt fra 21 232,62 kroner til 21 848 kroner, en økning på 615 kroner, eller 3%. Bunnlinjen viser altså at produkt 1 vil få 3%

økte kostnader med å øke servicegraden P1 fra 76% til 90%. Begge løsningene er godt under utregnet kostnader for 2019 på 37 576 kroner.

Løsning med hensyn til Q og R			Løsning med hensyn til P1		
Total setup kostnad	kr	7 286,75	Total setup kostnad	kr	7 904,59
Total lagerkostnad	kr	11 847,32	Total lagerkostnad	kr	13 195,82
Total straffekostnad	kr	2 098,55	Total straffekostnad	kr	747,14
Andre kostnader	kr	-	Andre kostnader	kr	-
Totale kostnader forrige år	kr	21 232,62	Totale kostnader forrige år	kr	21 847,55

Tabell 11: Utklipp av kostnadene til produkt 1. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.

6.2.2 Produkt 2

Produkt 2 har ganske like forandringer som produkt 1, nemlig at det skal produserer mindre serier oftere. Antall produksjoner per år øker fra 2,63 til 2,83. Optimal produksjonsstørrelse minker fra 151 til 141 enheter. Produksjonspunktet øker fra 78,21 til 91,79 enheter. Sikkerhetslageret øker fra 33 til 46 enheter. Denne endringen øker servicegraden P1 med 8,22% fra 81,78% til 90%. P2 graden har også en liten økning fra 97,63% til 99,78%.

Den kostoptimale løsningen har en relativt høy P1 grad, derfor er det ikke de store endringene som må til for å nå 90%.

Utregninger		Utregninger	
Standardavvik i ledetiden	36,24	Standardavvik i ledetiden	36,24
Omløpstid for lager i dager	138,57	Omløpstid for lager i dager	128,79
Antall produksjoner per år	2,63	Antall produksjoner per år	2,83
Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	151,47	Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	140,79
Produksjonspunkt (R)	78,21	Produksjonspunkt (R)	91,79
Sikkerhetslager	32,87	Sikkerhetslager	46,45
P1	81,78 %	P1	90,00 %
P2	97,63 %	P2	98,78 %

Tabell 12: Utklipp av utregnet måltall for produkt 2. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.

Hvis vi ser på kostnadene knyttet til de to løsningene så er det en litt dyrere setup- og lagerkostnad knyttet til løsningen med P1=90%. Straffekostnaden derimot halveres og sørger derfor for at den totale kostnaden er relativt lik for de to løsningene. Løsningen med hensyn til P1 er kun 252 kroner dyrere, eller kun 1,57% høyere enn den optimale løsningen. Begge løsningene er høyere enn utregningen for 2019 på 12 873 kroner.

Tidligere har vi nevnt at vi ikke har beregnet straffekostnader for 2019 utregningene. I tillegg viste vår lageroversikt dag for dag at produkt 2 hadde 0 på lager i en lenger periode i 2019. Det er derfor mulig at det forekom straffekostnader i denne perioden.

Løsning med hensyn til Q og R			Løsning med hensyn til P1		
Total setup kostnad	kr	4 873,13	Total setup kostnad	kr	5 242,93
Total lagerkostnad	kr	9 448,88	Total lagerkostnad	kr	10 165,45
Total straffekostnad	kr	1 715,97	Total straffekostnad	kr	881,42
Andre kostnader	kr	-	Andre kostnader	kr	-
Totale kostnader forrige år	kr	16 037,98	Totale kostnader forrige år	kr	16 289,79

Tabell 13: Utklipp av kostnadene til produkt 2. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.

6.2.3 Produkt 3

For produkt 3 blir endringene noe annerledes enn for produkt 1 og produkt 2, men tendensen med å produsere mindre serier, men oftere er den samme. Astero skal i denne løsningen øke antallet produksjoner per år fra 0,84 til 0,9 ganger i året. Den optimale produksjonsstørrelsen reduseres fra 136 til 126 enheter, mens produksjonspunktet nå er på 38,36 enheter istedenfor på 18,14 enheter. Sikkerhetslageret øker fra 0 enheter til å bli på 20,22 enheter. P1 verdien øker fra 42,56% til 90%. P2 graden er også opp fra 95,39% til 99,41%.

Utregninger		Utregninger	
Standardavvik i ledetiden	15,78	Standardavvik i ledetiden	15,78
Omløpstid for lager i dager	436,80	Omløpstid for lager i dager	404,70
Antall produksjoner per år	0,84	Antall produksjoner per år	0,90
Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	136,43	Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	126,40
Produksjonspunkt (R)	18,14	Produksjonspunkt (R)	38,36
Sikkerhetslager	0,00	Sikkerhetslager	20,22
P1	42,56 %	P1	90,00 %
P2	95,39 %	P2	99,41 %

Tabell 14: Utklipp av utregnet måltall for produkt 3. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.

Når vi ser på kostnadene knyttet til de to løsningene, så har løsningen med P1=90% høyere kostnader til både setup og lager. Andre kostnader knyttet til setup, lagring og straffekostnad har derimot blitt kraftig redusert fra 888 kroner til 114 kroner, ned 87,2%. Den totale kostnaden i løsningen med P1 verdi på 90% er på 11 876,22 kroner, mens løsningen som tar hensyn til «Q» og «R» er på 11 051 kroner. Dermed er begge disse

løsningene rimeligere enn resultatet vi regnet ut for Astero i 2019 som var på 14 013 kroner.

Løsning med hensyn til Q og R			Løsning med hensyn til P1		
Total setup kostnad	kr	4 637,68	Total setup kostnad	kr	5 005,53
Total lagerkostnad	kr	5 525,25	Total lagerkostnad	kr	6 757,01
Total straffekostnad	kr	887,57	Total straffekostnad	kr	113,68
Andre kostnader	kr	-	Andre kostnader	kr	-
Totale kostnader forrige år	kr	11 050,50	Totale kostnader forrige år	kr	11 876,22

Tabell 15: Utklipp av kostnadene til produkt 3. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.

6.2.4 Produkt 4

For produkt 4 vil det også bli optimalt å produsere litt færre produkter per produksjon og heller produsere litt oftere for å oppnå en P1 verdi på 90%. Astero skal i denne løsningen øke antallet produksjoner per år fra 0,91 ganger i året til 1 gang i året og den optimale produksjonsstørrelsen reduseres fra 66 til 60 enheter. Produksjonspunktet er nå satt til når det er 16,94 enheter igjen på lager istedenfor på 5,5 enheter. Et tidligere produksjonspunkt er med å bidra til at sikkerhetslageret nå øker fra å være 0 enheter til å bli på 11,5 enheter. P1 verdien øker fra 47,2% til 90%. P2 øker også fra 94,6% til 99,29%.

Utrekninger		Utrekninger	
Standardavvik i ledetiden	8,96	Standardavvik i ledetiden	8,96
Omløpstid for lager i dager	401,81	Omløpstid for lager i dager	363,72
Antall produksjoner per år	0,91	Antall produksjoner per år	1,00
Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	66,05	Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	59,79
Produksjonspunkt (R)	5,45	Produksjonspunkt (R)	16,94
Sikkerhetslager	0,00	Sikkerhetslager	11,49
P1	47,16 %	P1	90,00 %
P2	94,59 %	P2	99,29 %

Tabell 16: Utklipp av utregnet måltall for produkt 4. Til høyre er optimal løsning, til venstre er med gitt P1 verdi 90%.

Løsningen som gir en P1 på 90% har høyere kostnader til både setup og lager enn løsningen som optimaliserer «Q» og «R». De andre kostnadene knyttet til setup, lagring og straffekostnad har også her blitt redusert betydelig fra 433 kroner til 57 kroner. Den totale kostnaden i løsningen med P1 verdi på 90% blir på 4 562 kroner, mens løsningen som tar

hensyn til «Q» og «R» er litt rimeligere og vil koste 4 227 kroner. Dermed er begge disse løsningene rimeligere enn resultatet vi regnet ut for Astero i 2019 som var på 5 254 kroner.

Løsning med hensyn til Q og R			Løsning med hensyn til P1		
Total setup kostnad	kr	1 680,51	Total setup kostnad	kr	1 856,51
Total lagerkostnad	kr	2 113,68	Total lagerkostnad	kr	2 648,58
Total straffekostnad	kr	433,17	Total straffekostnad	kr	56,79
Andre kostnader	kr	-	Andre kostnader	kr	-
Totale kostnader forrige år	kr	4 227,35	Totale kostnader forrige år	kr	4 561,88

Tabell 17: Utklipp av kostnadene til produkt 4. Med hensyn til Q og R til venstre, med hensyn til P1 til høyre.

Det er viktig å presisere at løsningene våre kun er optimal hvis alle parameterne er korrekte. Som vi nå har sett så vil en økning i P1 graden øke de totale kostnadene for alle produktene. Kostnadsøkningen er på mellom 1,5% og 8%. For produkt 3 og 4 er økningen i P1 graden stor, en økning på godt over 40% for begge produkt, til en kostnadsøkning på henholdsvis 7,9% og 7,5%. Vi har også sett at en høyere P1 grad har gitt en bedre P2 grad. Hvis vi ser nærmere på kostnadene ser vi at setup- og lagerkostnadene øker med en høyere P1 grad. Dette er som nevnt at en høyere P1 grad vil gi et større sikkerhetslager og oftere produksjon. Det positive er at en høyere P1 grad vil gi betydelig mindre straffekostnad. På produkter som har høy straffekostnad vil det derfor være viktig med en høy servicegrad, slik at straffekostnaden ikke vil inntreffe. Det straffekostnaden ikke viser er tap ved tapt salg. Hvis man taper et salg på grunn av at man ikke har varer på lager vil den reelle straffekostnaden være enda høyere.

Hvis setup kostnaden forandrer seg, vil løsningen gi utslag i hvor ofte og hvor mye som skal produseres. Hvis Astero finner ut at det er mulig å redusere denne, kan det gi en løsning med oftere produksjon med mindre volum. Dette vil ha en positiv effekt på P1 graden, ettersom tiden mellom produksjonsseriene er kortere. En økning i setup kostnaden vil ha motsatt effekt. Hvis lagerkostnaden endres vil det gi utslag i antall enheter vi bør produsere om gangen og størrelsen på sikkerhetslageret. En lavere lagerkostnad vil gi en løsning med en høyere produksjonsstørrelse og et høyere sikkerhetslager. Dette er fordi at den totale kostnaden blir rimeligere ved å redusere antall produksjoner (setup kostnaden), med å heller ha flere enheter på lageret, siden lagerkostnaden er redusert. Dette vil også føre til en positiv effekt på P1 graden. Produkter som har en høy setup- og lagerkostnad

sammenlignet med straffekostnaden vil dermed få en optimal løsning med lav P1 verdi. P2 verdien avhenger av produksjonsraten og ledetiden. Hvis det ønskes en høy servicegrad på slike produkt, kan det bli kostbart å opprettholde en høy servicegrad. Da kan det være bedre å ta utgangspunkt i en ønsket P2 grad, eller tilnærme seg en Make-to-Order strategi.

7.0 Oppsummering og konklusjon

7.1 Anbefaling

I vårt arbeid har vi kun sett på fire produkter. Astero har flere hundre varelinjer som produseres, i tillegg til at de er fleksible når kunder spør om nye produkter som ikke har blitt laget før. Det vil derfor også være stor varians på produkters levetid. Enkelte produkt blir kun produsert en gang, mens andre blir produsert flere ganger over mange år. Dette gjør at våre resultater ikke er representative for alle produkter. Det ville likevel vært interessant å bruke modellen vi har brukt på flere produkter som skal produseres en stund frem i tid. Den begrensede dataen vi har laget kan indikere på at det blir produsert for ofte, altså at setup kostnaden er endel høyere enn våre beregninger. Større produksjonsserier for produktene, med muligens større lager på enkelte produkter kan gi en mindre total kostnad. For at dette skal fungere i praksis, må Astero ha kapasitet på lageret til optimalt sikkerhetslager pluss optimal ordrestørrelse på gjeldene produkter. Hvis den kapasiteten ikke eksisterer, må det beregnes hva det vil koste å skaffe denne kapasiteten opp mot potensiell besparelse. En annen ukjent kostnad vi ikke har oversikt over, er hva lagerplass er verdt. Hvilken verdi har en potensiell frigjøring av lagerplass for eksempel. Dette må også settes opp som potensiell besparelse.

Ved å produsere færre serier vil det være mulig å redusere tiden hvert produkt bruker på maskinene. Dette kan friggi kapasitet som kan brukes på andre produkter og haste oppdrag. Selv om det er ønskelig å ha en høy bruksgrad på maskinparken, kan redusert belastning potensielt øke levetiden på maskiner, med mer tid til vedlikehold og reparasjoner.

Under et tidlig møte med Astero fikk vi opplyst at for produkt 4 så var det naturlig å lage cirka 40 enheter per produksjonsserie ettersom de fikk laget så mange enheter med en plate råvare. Her må igjen dagens situasjon settes opp mot utregningene. Vår utregning ga oss optimal produksjonsstørrelse på 61 enheter. Siden dette ser ut til å tilsvare 1,5 plate, kan

Astero her vurderer om de kan bruke 1,5 plate, og spare på den halve platen til neste produksjonsserie, eventuelt bruke den til produksjon av annet produkt.

Ved å se på tidligere produksjonsstørrelser for de fire produktene, varierer mengden stort for produkt 1, 2 og 3. Med standardiserte produksjonsmengder for alle produkter er det lettere for ansatte i produksjonen. I tillegg trengs det mindre administrativt arbeid på å bestemme hvor mye som skal produseres. Ved å ha et fast produksjonspunkt, blir det også lettere å planlegge når nye serier må produseres. Disse endringene kan kanskje også redusere tid som trengs til å sette opp produksjonen, som dermed vil redusere setup kostnaden.

Excel-ark til Astero

Siden vi ikke har hatt kapasitet i vår oppgave til å se på flere produkter, har vi laget et Excel-ark med formlene vi har brukt i våre beregninger. I arket vil det være mulig for Astero å plote inn data fra andre produkter for å sammenligne dagens situasjon, med modellen vi har brukt.

Lot size-Reorder point systems					
Parameter forklaring		Generell informasjon		Oversikt data for produkt	
K	Setup kostnad	Antall arbeidsdager i et år	220	K	kr 3 700,00
D	Etterspørsel	Ønsket servicenivå	90 %	D	361
h	Holding cost/lagerkostnad	Straffekostnad i % av produktets verdi	50 %	h	kr 102,40
c	Enhetskostnad			c	kr 426,67
i	Interrennte per år			i	24 %
P	Produksjonsrate (per dag)			P	37
L	Ledetid (i dager)			L	30
Farget felt	Felt som kan endres			Std.av	34,62638158
				Straffekostnad per enhet	kr 213,34
Beregning av interrennte (i %)		Produktinformasjon			
Kapitalkostnad	18 %	Navn			
Skatter, avgifter og forsikringer	5 %	Produkt ID			
Lagingskostnad	0 %	c	kr 426,67		
Svinn/brekasje	1 %	P	37		
Total i	24 %	L	30		
		Antall produksjonsserier forrige år	9		
		Gjennomsnittlig lagerbeholdning forrige år	41,76		
		Eventuelle kjente straffekostnader forrige år (i kr)			
		Andre kostnader knyttet til setup eller lagring forrige år			
Beregning av setupkostnad		Fjern all inndata			
Kostnad for en ansatt per time	kr 350,00				
Antall ansatte	1				
Maskinkostnad per time	1500				
Antall timer	2				
Andre kostnader (i kr)					
Total K	kr 3 700,00	Knappen over fjerner all data i gråe felter			
Oversikt Etterspørsel (forrige observasjoner)		Kostnader forrige år		Løsning med hensyn til Q og R	
1. Kvartal	161	Total setup kostnad	kr 33 300,00	Total setup kostnad	kr 7 286,75
2. Kvartal	120	Total lagerkostnad	kr 4 276,26	Total lagerkostnad	kr 11 847,32
3. Kvartal	40	Total straffekostnad	kr -	Total straffekostnad	kr 2 098,55
4. Kvartal	40	Andre kostnader	kr -	Andre kostnader	kr -
Total etterspørsel	361	Totale kostnader forrige år	kr 37 576,26	Totale kostnader forrige år	kr 21 232,62
Utrekninger					
Standardavvik i ledetiden	34,63				
Omløpsti for lager i dager	185,34				
Antall produksjoner per år	1,97				
Optimal Produksjonsstørrelse (Q)	183,31				
Produksjonspunkt (R)	73,27				
Sikkerhetslager	24,04				
P1	75,63 %				
P2	97,28 %				
	Q	(1-F(R))	Z	L(z)	n(R)
1	161,52	0,2148	0,79	0,1223	4,2361
2	180,17	0,2396	0,71	0,1410	4,8829
3	182,85	0,2431	0,70	0,1438	4,9784
4	183,24	0,2436	0,69	0,1442	4,9925
5	183,30	0,2437	0,69	0,1442	4,9945
6	183,30	0,2437	0,69	0,1442	4,9948
7	183,30	0,2437	0,69	0,1443	4,9949
8	183,31	0,2437	0,69	0,1443	4,9949
9	183,31	0,2437	0,69	0,1443	4,9949
10	183,31	0,2437	0,69	0,1443	4,9949

Figur 3: Utklipp av Excel ark for Lot Size-Reorder point system.

Utklippet over viser hvordan Excel-arket ser ut. Excel-arket er utformet for å være brukervennlig, slik at hvem som helst med kompetanse om produktene kan bruke det. Det er viktig å understreke at dette arket gir den beste løsningen ut fra forutsetningen at alle parameterverdier er riktige og at det ikke finnes andre momenter som påvirker løsningen. Forskjellige produkter kan ha forskjellige forutsetninger som gjør at modellen vår ikke vil gi det beste resultatet. Første kolonne, som kalles parameterforklaring gir, brukeren en kort forklaring på hva de forskjellige forkortelsene er som brukes i modellen. Her spesifiseres det også hvilke tidsenheter som skal brukes på datapunkter hvor dette er viktig. Det står at farget felt er de som kan endres. Dette er fordi regnearket vil bli beskyttet, slik at ikke formler eller annen data blir endret. Siste ting som er viktig å poengtere er at dette Excel-arket er tilpasset modellen og dataene vi har brukt. Andre produkter kan ha andre forutsetninger som gjør at denne modellen ikke kan brukes, eller at modellen ikke vil gi de mest optimale svarene. Eksempler på når modellen ikke er gyldig finnes i kapittel 3.2.3. Et eksempel er produkt med lav etterspørsel, da blir en optimaliseringsmodell overflødig.

Vi har lagt inn en beregning av internrenten, slik at Astero vil ha muligheten til å endre denne. Beregning av setup kostnader har flere variabler, antall ansatte, lønnskostnad, maskinkostnad, antall timer og andre kostnader. Etterspørsel plottes inn kvartalsvis, der de 4 siste observasjonene blir brukt. Her finnes det argumenter for at det ville ha vært mer nøyaktig å bruke måneder og flere observasjoner. Grunnen til at vi har valgt kvartal er fordi variasjonen måned til måned var ganske stor. Da vi prøvde dette fikk vi et høy standardavvik som ga oss unøyaktige beregninger. Med å samle etterspørselen til kvartaler ble variasjonen flatere, og beregningene så bedre ut. Grunnen til at vi kun har fire observasjoner (kvartaler) er at når vi så på salgstallene på produktene var de nyeste dataene de som mest representerte dagens situasjon. På spørsmål om forventet økning/nedgang av salg sa Astero ingen, altså usikkert. Derfor tar vi utgangspunkt i observasjoner fra siste fire kvartal.

På nedre del av regnearket er det laget en oppstilling av kostnader fra forrige år og kostnader knyttet til den optimale løsningen. Her vises setup, lager og straffekostnaden individuelt og summert opp. Dette gir brukeren mulighet til å sammenligne de forskjellige kostnadspostene i tillegg til den totale kostnaden. Totale kostnader cellene er formatert slik at den høyeste verdien blir rød/oransje, mens den laveste blir grønn. Under kolonnen

«utregninger» er nøkkeltallene regnet ut. I tillegg til måltallene vi er ute etter, har vi regnet ut omløpstad på lager og antall produksjoner per år. Disse utregningene kan gjøre det lettere å planlegge produksjonsserier frem i tid. Nederst i kolonnen finner vi servicegradene P1 og P2. Når vi regner ut optimal løsning blir det ikke tatt hensyn til hverken P1 eller P2. Det er derfor viktig å legge merke til hvilke P1 og P2 verdier optimal løsning gir. Er det viktig å opprettholde en gitt servicegrad, så må løsningen beregnes med hensyn til P1 eller P2. Vi har derfor lagt til et ekstra regneark som heter «P1». Dette regnearket er identisk, med unntak at vi har lagt til celle som heter «Ønsket P1 (i %)». Dette gjør det mulig for bruker å velge ønsket P1 servicegrad. Løsningen vil da sørge for at P1 blir opprettholdt. Både «ønsket P1» og «P1» cellene er tydelig markert i regnearket slik at det ikke skal bli misforståelser. Vi har også laget et ark som heter P2 hvor vi har prøvd å finne en løsning med utgangspunkt i en gitt P2 verdi. Oppsettet på dette arket er likt som P1-arket. Vi har klart å finne en formel som finner riktig « $L(z)$ » verdi, men klarte ikke å hente riktig Z verdi. Man er derfor avhengig av tabelloppslag for å ta i bruk dette arket. Det kan nevnes at alle produktene vi har sett på fikk en P2 på over 94%. På grunn av Asteros gode produksjonskapasitet og god ledetid på ordre, vil P2 ofte være meget høy. Det er kanskje derfor mer interessant for Astero å se på P1 hvor verdien varierte fra 47% for produkt 3 til 84% for produkt 2. En annen merknad angående P2 var at den ga en høy $L(z)$ verdi da vi prøvde med testverdien $P2 = 90\%$ på produkt 1. Dette forårsaket en veldig høy $n(R)$ verdi, som gjør at straffekostnaden blir meget høy. Dette er som nevnt fordi P2 verdien på optimal løsning allerede er meget høy. Ved å redusere P2 verdien blir straffekostnaden høyere. Det kan å nevnes at da vi testet $P1 = 90\%$ for produkt 1 ble $P2 = 99\%$. Det samme skjedde da vi gjorde samme test for de resterende produktene. Alle P2 verdiene for den optimale løsningen tilfredsstillter Asteros ønske om minst 90% servicegrad. Dette forteller oss at det er mer interessant å se på P1, mens analyser av P2 ikke er like interessant.

Produktene vi har sett på har usikker etterspørsel, og vår oppfatning er at Astero har mange produkter med usikker etterspørsel. Vi tror derfor at modellen kan bli et verktøy som kan bidra til å bestemme sikkerhetslager, produksjonspunkt og produksjonsmengde. Siden modellen bruker kun seneste året med etterspørselsdata, vil vi anbefale å kjøre modellen med nyeste data hvert år. Potensielt sett hadde det vært en fordel å implementere et slikt ark inn i Asteros database. Da hadde det vært mulig å skrive inn produkt ID, og så ville databasen hentet ut alle relevante data for brukeren. I tillegg kan databasen lagre

beregninger, og potensielt sett bruke tidligere beregninger til å lage enda mer nøyaktige beregninger. I tillegg vil det være lettere å observere trender.

7.2 Svar på problemstilling og forskningsspørsmål

Da vi møtte administrasjonen ved Astero høsten 2019 kom det fram at bedriften ønsket å redusere sin kapitalbinding i ferdigvarelageret. Vår oppgave ble derfor å finne ut hvordan vi kunne redusere kapitalbindingen ved å se på Asteros produksjonsstrategi. Vi fikk da fullt innsyn i fire av Asteros produkter som vi skulle se nærmere på i oppgaven. Ved bruk av produktenes lagertransaksjonshistorikk og andre nøkkeltall hadde vi et godt utgangspunkt til å finne en løsning og valgte å bruke teknikken Lot-size reorder point system. I dette delkapittelet vil vi oppsummere oppgaven og det vi har kommet fram til ved å besvare oppgavens problemstilling og de to tilhørende forskningsspørsmålene.

Problemstillingen for oppgaven var følgende:

«Hvordan kan optimalisering av Asteros produksjonsstrategi bidra til å redusere kapitalbindingen på deres ferdigvarelager?»

Antallet gjennomsnittlige enheter på lager i 2019 var relativt lavt for produktene, og over en lengre periode var det ingen enheter av produkt 2 på lager. Da vi beregnet kostnadsoptimal løsning så vi at optimal løsning ga en høyere lagerkostnad for samtlige produkter, altså at bedriften skulle ha flere enheter på lager. Vi forstod da at forbedringspotensialet for de totale kostnadene ikke lå i lageret, men i reduisering av setup kostnadene.

I løsningen vi kom fram til ble de totale kostnadene redusert for tre av produktene til tross for at løsningen ga en økning i lagernivået og lagerkostnadene. Gitt at dataene våre er nøyaktige, har vi kommet frem til at den optimale produksjonsstrategien er å produsere færre serier og ha flere ferdigvarer på lager. Ut ifra vår problemstilling har vi mislykket med å redusere ferdigvarelageret, men vi har lyktes i å finne en produksjonsstrategi som kan redusere de totale kostnadene. Ved bruk at Excel arket vi har laget kan Astero bruke samme modell på flere produkt for å se om de får lignende resultater, og ta disse med i vurderingen om det er ønskelig å endre produksjonsstrategien.

Forskningsspørsmålene for oppgaven var følgende:

1. *Hva er servicegraden ved den optimale størrelsen på sikkerhetslageret?*
2. *Hvor stort bør sikkerhetslageret være for å overholde bedriftens ønskede servicegrad?*

På spørsmål om hvor høy servicegrad Astero ønsket var svaret 90%. Det ble ikke presisert om dette var P1 eller P2 gradene som vi har sett på. Samtlige av produktene fikk en P2 grad på over 90% i beregningene våres, og oppfyller derfor ønsket om 90% servicegrad. P1 graden varierte og lå mellom 40% og 80% for de fire produktene. Da hadde kun produkt 1 og 2 sikkerhetslager, mens det lønnet seg ikke med sikkerhetslager for produkt 3 og 4.

<i>Kostnadsoptimal løsning</i>	<i>Produkt 1</i>	<i>Produkt 2</i>	<i>Produkt 3</i>	<i>Produkt 4</i>
<i>Sikkerhetslager</i>	24	33	0	0
<i>P1</i>	75,65%	81,79%	42,56%	47,16%
<i>P2</i>	97,30%	97,64%	95,39%	94,59%

Tabell 18: Sikkerhetslager og servicegrad ved optimal løsning.

Hvis det er ønskelig for Astero å operere med en P1 grad på 90% fant vi ut at seriene må produseres oftere og sikkerhetslageret må økes. Samtlige produkter kunne nå en P1 grad på 90% til en prisøkning på godt under 10% sammenlignet med optimal løsning. Da ville samtlige produkter ha et sikkerhetslager.

<i>P1 = 90%</i>	<i>Produkt 1</i>	<i>Produkt 2</i>	<i>Produkt 3</i>	<i>Produkt 4</i>
<i>Sikkerhetslager</i>	44	46	20	11
<i>P2</i>	99,03%	98,79%	99,41%	99,29%
<i>Kostnadsendring (i %)</i>	+ 2,9%	+ 1,6%	+ 7.5%	+ 7,9%

Tabell 19: Sikkerhetslager og kostnadsendring ved P1 på 90%

Vi la til et ark i Excel dokumentet hvor det er mulig å finne en løsning med en gitt P1 verdi. Da får Astero muligheten selv til å sammenligne kostnadene ved forskjellig P1 verdier. Vi ønsket også å lage et ark som finner en løsning med gitt P2 grad. Dette var

betydelig vanskeligere å lage, og forsøket vårt på å lage det var avhengig av tabelloppslag for å finne løsningen. På grunn av det, i tillegg til at løsningene våre allerede hadde svært høy P2 grad, gjorde at vi valgte å droppe et P2 ark i Excel dokumentet.

7.3 Konklusjon

I denne oppgaven har vi forsket på Asteros produksjonsstrategi for fire utvalgte produkter med mål finne en optimal løsning som kan bidra til å redusere bedriftens ferdigvarelager. Vi kom fram til en løsning som tilsa at det ikke er optimalt å redusere ferdigvarelager, men heller endre produksjonsstrategien til å produsere oftere og mindre serier enn det bedriften gjorde i 2019. Dette vil gi en reduksjon i de totale kostnadene knyttet til lagerhold, setup og eventuelle straffekostnader. Resultatet vi kom fram til på produktene mener vi at kan gjenspeile hvordan det vil se ut for bedriftens resterende produkter.

Vi har utviklet et Excel-dokument (Vedlegg 1) som vi vil overlevere til Astero. I dette kan dem plote inn informasjon om sine produkter for å få forslag til produksjonsstrategi for hvert produkt. Vi kom fram til at bedriften vil kunne oppnå en potensiell besparelse i de totale kostnadene på tre av de fire produktene vi så på. Hvis dette også gjelder for de resterende produktene kan de totale besparelsene ved endring av produksjonsstrategi være betydelig høyere og ha en positiv påvirkning på bedriftens økonomi.

8.0 Referanseliste

Astero, (2020). *AMO-kurs*. Tilgjengelig fra: <https://www.astero.no/amo-kurs> (Hentet: 10.04.2020).

Astero, (2016). *Strategiplan 2017-2021 Mekanisk skreddersøm*. Astero AS. Upublisert.

Lovdata, 2019. Grunnloven, Kongeriket Norges grunnlov. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1814-05-17?q=grunnloven>. Hentet 01.02.2020.

Hageland Finans (Ingen dato). *Innvesteringsanalyse*, Hageland Finans. Tilgjengelig fra: <https://haglandfinans.no/tjenester/okonomiske-analyser/investeringsanalyse/> (Hentet 23. mai 2020).

Orset, V.N. (2019) *Arbeidsinkludering gjennom 50år, Astero informasjonsavis 2019 – 50 år for folket*, 2019, side 4-5.

LIS – Lager og industrisystemer (Ingen dato) *Tredoble effektiviteten på lageret med lagerautomat*. Tilgjengelig fra: <https://info.lis.no/> (Hentet: 19.05.2020).

Myrstad, P.O. (2016). *Strategiplan 2017-2021*. Astero AS. Upublisert.

Nahmias S, & Olsen T.L, (2015). *Production and operations analysis*. United States of America: Waveland press.

STAND - Standardiseringsutvalget for norsk dagligvarebransje (Ingen dato) *Ordlister - Servicegrad*. Tilgjengelig fra: <https://www.stand.no/ordliste-servicegrad/#top> (Hentet: 19.03.2020).

Stuart Emmett & David Granville (2007). *Excellence in Inventory management – How to minimize costs and maximise service*. United Kingdom: Cambridge Academic.

9.0 Vedlegg

9.1 Vedlegg 1 – Excel fil: Lot size-reorder point systems 2.0