

Lagerhantering Lantmännen Agroetanol

TDDC28

ANNA DANIELSSON OCH GUSTAV NÅFÄLT

Innehåll

1.	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Problemformulering.....	3
1.3	Syfte, mål och frågeställningar	3
1.4	Projektleverabler	4
1.5	Simuleringsspecifikation	4
2.	Systembeskrivning	5
3.	Konceptuell modell	6
3.1	Förenklingar och begränsningar	6
3.2	Konceptuell beskrivning av modellen	6
4.	Modelldata	8
4.1	Bakgrund och teori.....	8
4.2	Indata	9
5.	Modellbygge	10
5.1	Delsystem 1.....	11
5.2	Delsystem 2.....	12
5.3	Delsystem 3.....	13
5.4	Delsystem 4.....	14
5.5	Delsystem 5.....	15
5.6	Animering.....	15
6.	Verifiering och Validering.....	17
6.1	Bakgrund och teori.....	17
6.2	Verifiering i projektet.....	17
6.3	Validering i projektet	19
7.	Experimentering och analys.....	21

7.1	Bakgrund och teori.....	21
7.2	Antal replikationer och replikationslängd.....	22
7.3	Beskrivning av experiment.....	25
7.4	Antal arbetande nätter	27
7.5	Antal arbetande helgdagar	30
7.6	Antal dagar med hamnlagernivå under 2000 ton.....	32
7.7	Antal gånger produkt levereras inom 72 timmar efter provtagning	35
7	Diskussion och slutsats	38
	Referenser.....	39
	Appendix A – Hamnleveranser perioden 2019-09-01 – 2019-10-31	40

1. Inledning

Detta dokument är slutrapporten av simuleringsprojektet Lagerhantering Lantmännen Agroetanol. Projektet är ett resultat av en simulering av flödet av drank som kan användas som underlag för utvärdering av alternativa strategier med mål att förbättra flödet i systemet.

1.1 Bakgrund

Lantmännen Agroetanol är en del av Lantmännen, ett lantbrukskooperativ som ägs av 25 000 svenska lantbrukare. Där raffinerar spannmål och stärkelserika restprodukter från livsmedelsindustrin till etanol, protein och koldioxid. Verksamheten, med ca 120 medarbetare, finns på Händelö utanför Norrköping och omsätter ca 1.7 miljarder svenska kronor.

I raffineringen förädlas etanol till drivmedel, koldioxiden till kolsyra och av proteinet görs djurfoder-råvara. Denna råvara, kallad drank, lagras i silos och i externa lager i närheten av lastkajen i hamnen. I dagsläget fylls dessa silos godtyckligt och när de är fyllda tas ett prov innan produkten transporteras till lagret i hamnen. Nedkörningen till hamnen sker dels under dagtid, några nätter i veckan samt enstaka helger.

1.2 Problemformulering

Problemet med påfyllningsprocessen till silorna är att det inte finns någon uttalad strategi att arbeta utifrån och beslut fattas därför ofta godtyckligt i nuläget. Det gör att det inte alltid finns tid att få tillbaka analyssvaren av det prov som tagits på produkten, innan den lastas ut från silorna. Genom att simulera processen kan eventuella strategier för påfyllningen utvärderas innan de sätts i bruk.

Problemet med nedkörningen av produkt till hamnen är att det ofta finns behov av att köra nattleveranser eller helger. Simulering av problemet har därför undersökt möjligheten av att istället utöka arbetsdagen för att försöka undvika natt- och helgleveranser.

1.3 Syfte, mål och frågeställningar

Syftet med projektet är dels att utreda hur påfyllningen i silorna kan ske på ett bättre sätt med hänsyn till lagernivåer och leveranskrav men även att utreda möjligheten av att transportera drank till hamnen i två skift istället för under natt eller helg. För att underlätta utredningen har följande frågeställningar tagits fram:

- Hur kan påfyllningen av silorna förbättras?

- Kan efterfrågan uppfyllas genom att transportera i två skift under dagtid istället för under natt eller helg?

Målet är dels att se till att det alltid finns analyserad produkt att leverera till kunden och även att det alltid ska finnas utrymme i silorna att lagra den nytillverkade produkten i. Målet är också att möta efterfrågan i hamnen utan att transportera natt eller helg.

1.4 Projektleverabler

Projektet har resulterat i en simuleringsmodell med tillhörande rapport innehållande en utredning av förbättringsförslag för silopåfyllnad samt av om natt- och helgleveranser till hamnen kan ersättas med längre arbetsdagar.

1.5 Simuleringsspecifikation

Simuleringen beskriver genom animering flödet av drank från raffinaderi till hamn där det på ett enkelt sätt går att följa händelseförloppet.

Indata i modellen är påfyllnadshastighet av drank i silorna, leveranshastigheter (för dagsleverans, nattleverans och helgleverans) och efterfrågan av drank vid hamnlager. Utdata i modellen är antal lyckade leveranser (drank levereras inte innan analysen är färdig), antal natt- och helgleveranser och antal dagar med hamnlagernivå under minimigränsen.

Modellen ger en helhetsbild över systemets flöden mellan raffinaderi och hamn. Vidare utvärderar modellen huruvida någon metod kan användas för att öka antalet lyckade leveranser. Modellen utreder även möjligheten att istället för natt- och helgleveranser utöka arbetsdagen.

2. Systembeskrivning

I raffinaderiet produceras ca 4000 ton drank i veckan vilket leds vidare till torkar och därefter till silos för lagring. Det är torkarnas kapacitet som bestämmer i vilken hastighet silorna fylls på, men påfyllningen sker hela tiden. Det finns två olika fabriker där den ena endast tar in spannmål som råvara (A12-produkt) och den andra tar även in andra stärkelserika råvaror (A10-produkt). Totalt finns det möjlighet att lagra 11 100 ton drank vilket är uppdelat i 6 silor (1850 ton var), varav 5 lagrar A12-produkt och 1 A10-produkt. Det tar totalt ca 5 veckodagar att fylla en silo och därefter tas ett prov som skickas på analys som i genomsnitt tar 3 arbetsdagar. Målet är att ingen produkt ska levereras innan analysen är klar (72-timmarsregeln) men i nuläget uppnås inte detta mål p.g.a. brist på tillgänglig produkt. Påfyllnad sker kontinuerligt och till en silo i taget. En silo behöver nödvändigtvis inte fyllas helt innan provtagning görs utan huvudsaken är att påfyllnaden har avslutats. Påfyllnadsprocessen avbryts ibland innan en silo har fyllts till "optimal" fyllnadsgrad (95% - 100%) och det beror på att det finns en 48-timmarsregel (drank måste ligga i silo i 48 timmar innan den levereras). Avbrott sker då personalen på Agroetanol inser att det krävs ett avbrott för att se till att det finns drank tillgänglig för leverans om 2 dagar.

Från silorna kan produkten levereras antingen direkt till kund eller via lagret i hamnen. Leveransen från silorna till hamnen sker med lastbil med släp som rymmer 40 ton, där kapaciteten är 400 ton/arbetsdygn vid dagsleveranser (6.30-16.30) och 900 ton/arbetsdygn vid nattleveranser (16.30-6.30). I enstaka fall sker även leveranser under helgdagar 06.30-18.00 och då med kapaciteten 1000 ton/dygn. Att all produkt ska få plats att lagras i silorna regleras genom att sätta in fler natt- och/eller helgpas. Efter att A10-produkt levererats måste systemen "sköljas" med 100 ton A12-produkt för att se till att ingen A10-produkt finns kvar i systemet. Det medför att när A10-produkt levereras (fredagar eller natt) så är kapaciteten 300 ton/dag.

I hamnen finns möjlighet att lagra 7000 ton drank och ett krav är att det alltid ska finnas 2000 ton tillgängligt. Från hamnen levereras i genomsnitt 3500 ton per vecka. Båtarnas exakta leveransdag är känd åtminstone 5 dagar före leverans.

3. Konceptuell modell

För att underlätta simuleringen och minska omfattningen av projektet, har förenklingar och begränsningar gjorts för de minst relevanta delarna av systemet. I detta kapitel beskrivs dessa förenklingar och begränsningar samt hur simuleringsmodellen modelleras på en konceptuell nivå.

3.1 Förenklingar och begränsningar

En avgränsning från systembeskrivningen i den konceptuella modellen är att den produkt som levereras direkt från silorna, utan att passera lagret i hamnen "tas bort" från systemet direkt när silon är färdigfylld. Detta gjordes då det inte förväntades påverka resultatet. Modellen avgränsades också genom att ingen hänsyn togs till hur torkningsprocessen ser ut. Istället framställs drank med en konstant hastighet eftersom data över torkningsprocessen saknas.

Processen av att leverera drank från silo till lager i hamnen förenklades genom att hänsyn inte togs till lastbilens transporttid utan det viktigaste var att leveranshastigheten av drank var korrekt. Anledningen till att modellen förenklades på detta vis var att endast drankens leveranshastighet var känd som indata. Vidare förenklades modellen genom att all drank ses som samma produkt när den levereras från silo till lager (skiljer inte på A10-produkt och A12-produkt) eftersom de ändå blandas vid leverans till kund.

3.2 Konceptuell beskrivning av modellen

Flödet av entiteter, som är definierade som 10 ton drank, startar i någon av de två fabrikerna och fortsätter ut till någon av de 6 silorna. Det finns en skapandeprocess för A12-produkter och en för A10-produkter men entiteterna (drank) är av samma typ för de båda processerna. Det finns 1 silo för vidareledning av entiteter som skapas i A10-fabriken och 5 silos för vidareledning av entiteter från A12-fabriken. Silon som lagrar A10-produkt har en konstant påfyllnadsprocess och silorna som lagrar A12-produkt har en påfyllnadsprocess som ibland avbryts, för att istället fylla en annan silo. Påfyllnadsprocessen av en silo kan avbrytas av två olika anledningar:

1. Silon är färdigfylld.
2. Mängden drank som ska levereras inom 2 dagar är mer än mängden drank finns tillgängligt inom 2 dagar. Vidare krävs också att silon är fylld till åtminstone en minimigräns för att processen ska avbrytas.

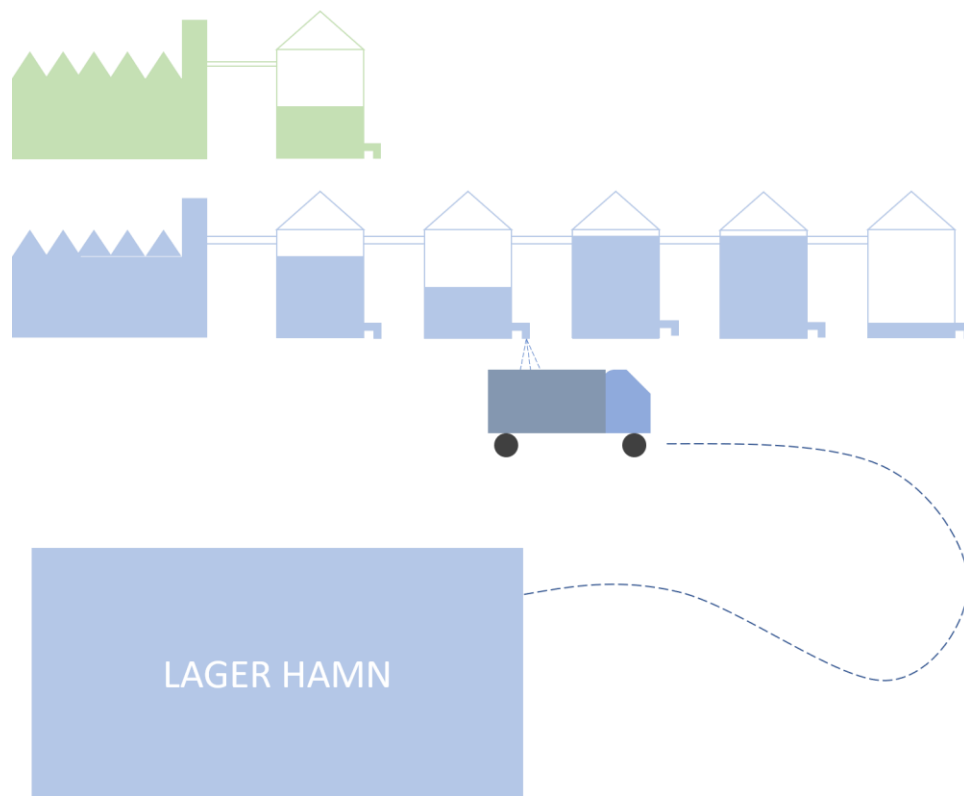
Anledningen till att en minimigräns användes i ovan avbrottskriterium var för att undvika att en silo slutar fyllas omedelbart när påfyllnadsprocessen startar (om tillgänglig drank inom 2 dagar är för lite initialt). I

det verkliga systemet finns ingen sådan uttalad minimigräns, utan det regleras intuitivt. Minigränsen sattes till 50% eftersom det ansågs vara en rimlig gräns.

När en silo är färdigfylld tas ett prov som analyseras, vilket tar i genomsnitt 3 arbetsdygn. Därefter körs entiteterna med lastbil till lagret i hamnen med kapaciteten 400 ton/arbetsdygn vid dagsleveranser, alternativt 900 ton/arbetsdygn vid nattleveranser eller 1000 ton/dygn vid helgleveranser. Silorna kan ses som köer där drank "väntar på" att betjänas genom att köras till lagret.

Huruvida natt- eller helgleveranser behövs regleras dynamiskt beroende på efterfrågan de kommande 5 dagarna. Efterfrågan beror på antalet båtar inom de 5 närmsta dagarna. Båtarna kommer med en sannolikhet på 2/7, dvs ca 2 stycken i veckan, med en efterfrågan på 1750 ton. Natt- eller helgleveranser krävs också om 3 stycken A12-silor är fyllda, samt om A10-silon kommer att fyllas under natten.

Figur 1 visar en skiss av den konceptuella modellen.



Figur 1 - Konceptuell modell

4. Modelldata

Följande kapitel innehåller dels en teoridel om indatamodellering, men även en del som beskriver den indata som använts i projektet.

4.1 Bakgrund och teori

För att beskriva situationen som modelleras är data en central del. Om den är felaktig eller bristfällig kan resultatet av modellen också bli otillförlitligt. Data behövs inom simulering enligt Robinson (2004) av tre orsaker: för att förstå problemet, för att ta fram själva modellen samt för att validera modellen. Ibland är det dessutom inte tillräckligt att använda medelvärdet för en viss process, utan det krävs någon indatamodellering för att beskriva variationen i data. Det görs ofta genom att identifiera sannolikhetsfördelningar och parametervärden för dem, vilka baseras på historiska data. Det kan göras med hjälp av Arenas Input Analyzer, där flera olika fördelningar med tillhörande parametrar kan jämföras. Att välja vilken fördelning som passar bäst kan göras antingen från kända egenskaper hos processerna eller genom att se hur den bäst passar data, vilket görs i tre steg: välja fördelning, bestämma parametrar och testa hur väl den passar data ("goodness-of-fit"). Robinson (2004) understryker att för att verkligen hitta den bästa bör flera fördelningar testas med flera värden på parametrarna.

Att testa hur väl fördelning och parametrar passar data kan dels göras statistiskt men ofta görs det först genom att visuellt jämföra histogram av data med histogram av fördelningen. Det ger en vägledning av vilka fördelningar som bör analyseras statistiskt. Enligt Robinson (2004) är chi-två testet ett av de bästa för att undersöka goodness-of-fit för en fördelning, vilket baseras på beräkningen av chi-två värden i ekvation 1.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Där χ^2 är chi-två värde, O_i är observerad frekvens i intervall i , E_i är förväntad frekvens i intervall i och k är antalet intervall. Chi-två värdet jämförs med ett kritiskt värde som hämtas från en chi-två tabell som läses av med hjälp av signifikansnivån (ofta 5 %) och frihetsgraden, som beräknas genom antalet intervall – antalet parametrar – 1. Om chi-två värdet är större än det kritiska värdet representerar fördelningen inte datan och processen upprepas för en annan fördelning.

Ett annat vanligt test är Kolmogorov-Smirnov testet som jämför den teoretiska fördelningen med den empiriska och är särskilt bra för att upptäcka skillnader i mitten av data-setet (Biller och Gunes, 2010).

Om data saknas kan antingen kvalificerade uppskattningar med hjälp av expertkunskap användas, eller kan data hanteras som en experimentell faktor istället för en given parameter. Då utreds snarare vilket värde behöver parametern ha för att uppnå ett visst resultat (Robinson, 2004). Det är också möjligt att använda data från ett liknande system eller standardiserade data om det finns tillgängligt. Att använda uppskattade medelvärden istället för historiska data försämrar modellens tillförlitlighet och resultatet av modeller som endast baseras på uppskattade parametrar bör användas med försiktighet (Robinson, 2004). Det kan också medföra att modellens omfattning och detaljnivå bör begränsas och att projektmålen behöver ändras.

4.2 Indata

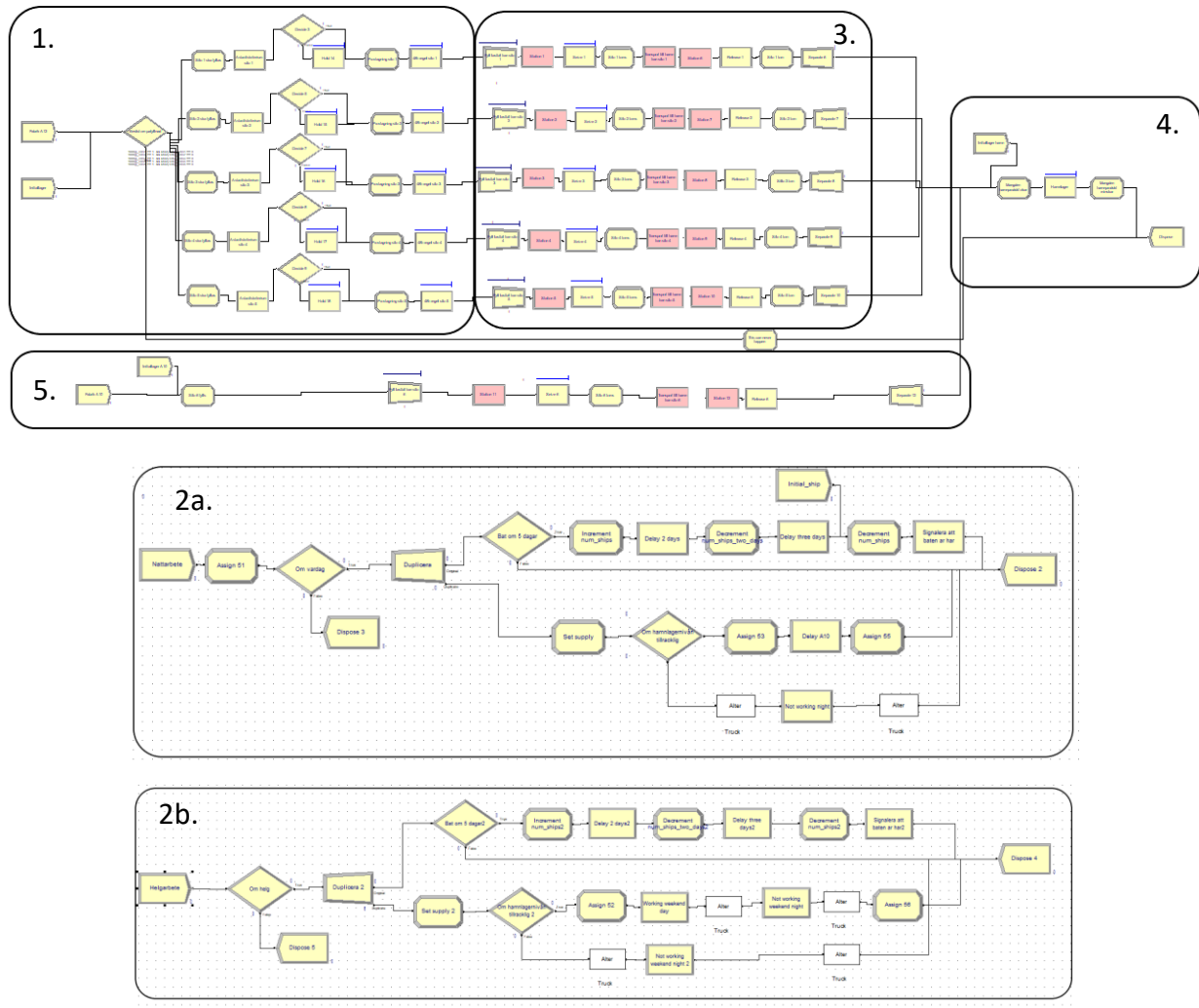
Historisk data över systemet i detta projekt saknades och därför gjordes kvalificerade uppskattningar utifrån erfarenheter och expertis hos uppdragsgivare. Det innebär att modellen baseras på de antaganden och förenklingar som gjorts och att resultatets tillförlitlighet minskar om dessa är ogiltiga. Följande medelvärden av indata har använts:

1. Påfyllnadshastighet i silorna – Produkt A10: 6,1 ton/h, Produkt A12: 18,1 ton/h.
2. Leveranshastighet för dagsleveranser är 40 ton/h, nattleveranser är 37,5 ton/h och helgleveranser är 91,7 ton/h.
3. Vid hamnen kommer i genomsnitt båtar 2 gånger per vecka. Efterfrågan av drank vid hamnen är totalt 3500 ton/vecka.

5. Modellbygge

Kapitlet innehåller en beskrivning av modellen som utvecklats i Arena, inklusive visualisering och förklaring av animeringen.

Hela systemet i modellen kan ses i Figur 2, där 5 delsystem med olika funktioner är definierade.

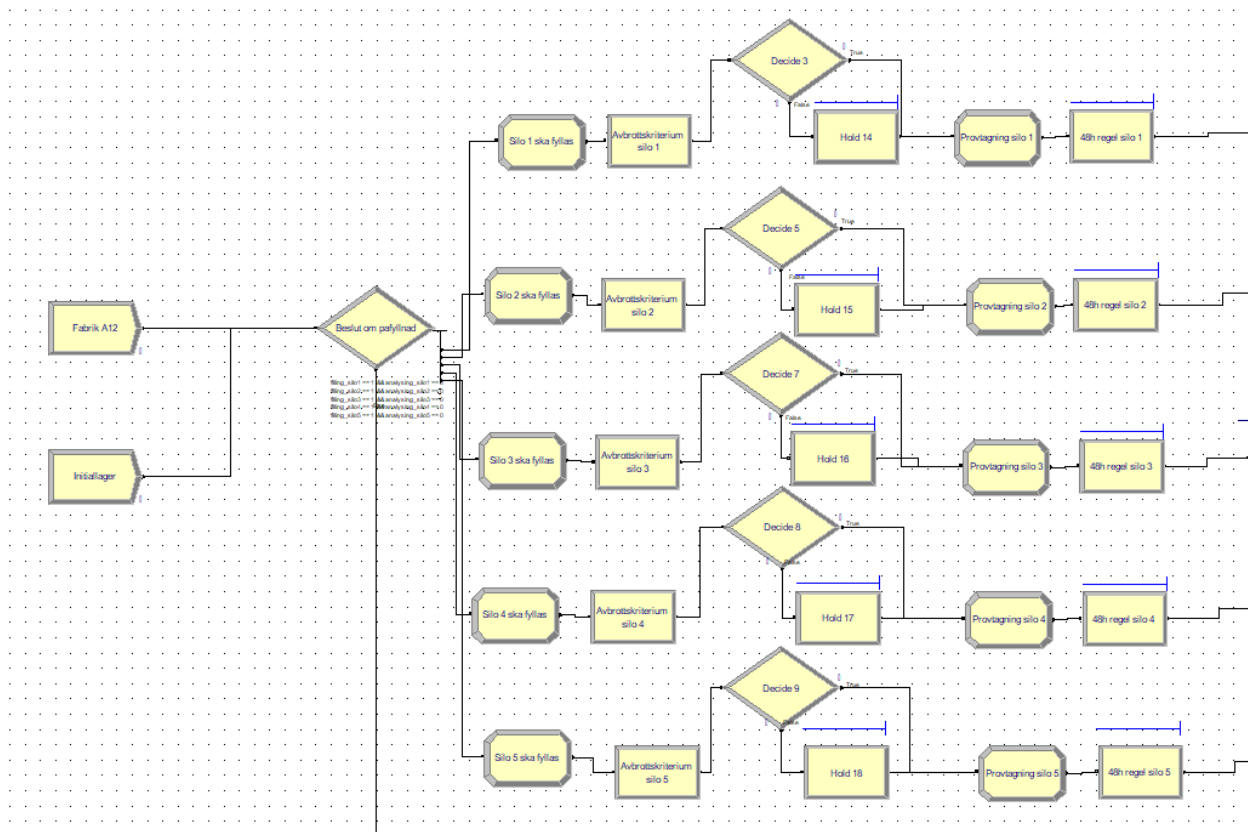


Figur 2 - Huvudsystem

De fem delsystemen i huvudsystemet beskrivs var för sig nedan.

5.1 Delsystem 1

Det första delsystemet, som kan ses i Figur 3, beskriver påfyllnadsprocessen från A12-fabriken.



Figur 3 - Delsystem 1: Påfyllnadsprocessen A12

Det första som händer när modellen startar är att initiallagren i hamnen och silorna fylls på med 4500 och 3500 ton vardera. Vidare skapas en initialbåt som ankommer till hamnen efter 3 dagar. Modellen innehåller en fabrik från vilken A12-entiteterna (10 ton drank vardera) kommer till en decide-modul som bestämmer vilken av de 5 kvarvarande silorna som ska fyllas. Det finns två stycken binära variabler per silo som reglerar beslutet, en som ser till att bara en silo i tagen fylls och en som ser till att en silo inte kan fyllas på under tiden den analyseras eller töms.

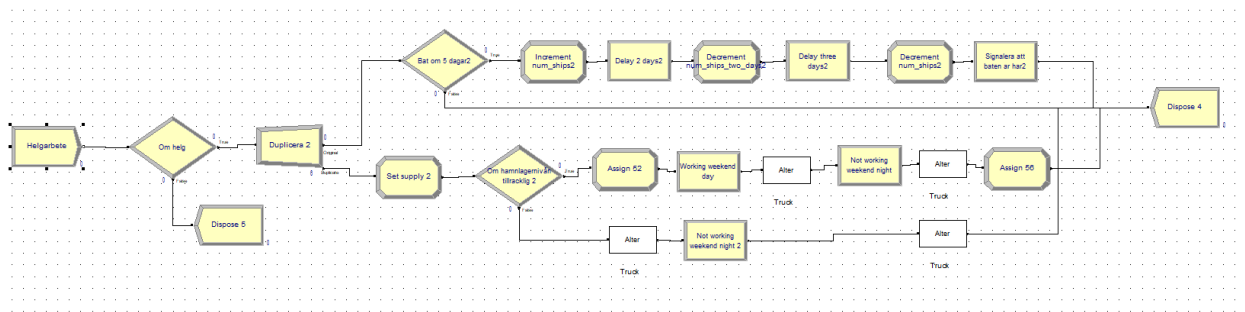
När beslutet tagits kontrolleras om avbrottskriteriet för silon är uppfyllt (signal-modul), vilket skulle innebära att påfyllningen till silon avbryts. Beslutet baseras dels på huruvida mängden redan påfylld produkt uppnått silons maxgräns, men också på om mängden produkt färdig att levereras inom 48 timmar

är tillräcklig för att möta efterfrågan (på grund av 48-timmarsregeln) givet att en fördefinierad minimigräns är uppfylld.

När silon är färdigfylld ska den ligga orörd i 48 timmar för att svalna (48-timmars regeln), vilket modelleras med en hold-modul. Under den tiden tas också ett prov på produkten som sedan analyseras i tre dygn. Produkten får tas ut innan analysen är klar, men färdiganalyserad produkt prioriteras i transporten ner till hamnen.

5.2 Delsystem 2

Det andra delsystemet hanterar beslutet för huruvida natt- eller helgleveranser behövs. Beslutet tas i separata sub-system. Där finns ett system som avgör om helgleveranser är nödvändigt, se Figur 4 och ett som avgör om det nattleveranser behövs, se Figur 5.

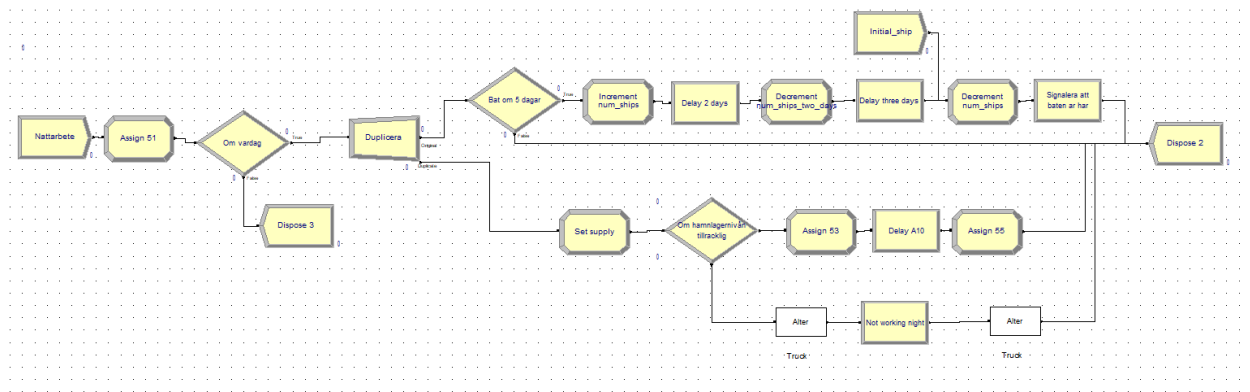


Figur 4 - Delsystem 2a: beslut angående helgleveranser

Helgleverans-systemet startar med att en entitet (inte drunk) kommer varje morgon kl. 6.30, eftersom det är då arbetsdagen börjar oavsett om det är vardag eller helg. Om den aktuella dagen är en helgdag (lördag eller söndag) skapas en kopia av entiteten och en av dem skapar en kö av båtar som är på väg in, medan den andra undersöker om lagernivån i hamnen är tillräcklig för att möta efterfrågan de kommande 5 dagarna (eftersom båtarnas leveransdatum är känt 5 dagar i förväg). Är lagernivån i hamnen inte tillräcklig pågår helgleveranserna till 18.30 (transportresursens kapacitet är 1 i 12 timmar). Om lagernivån däremot är tillräcklig blir den aktuella helgdagen ledig (transportresursens kapacitet är 0 i 24 timmar).

Ett liknande system tar beslut gällande nattleveranser, men entiteterna kommer istället kl. 16.30 varje dag, då arbetsdagen tar slut om det inte finns behov av nattleveranser den aktuella vardagen. På helger

körs i modellen inga nätter. Om behovet av nattleveranser finns pågår de fram till 6.30 dagen efter, vilket innebär att transportresursens kapacitet är 1 fram till 16.30 dagen därpå.

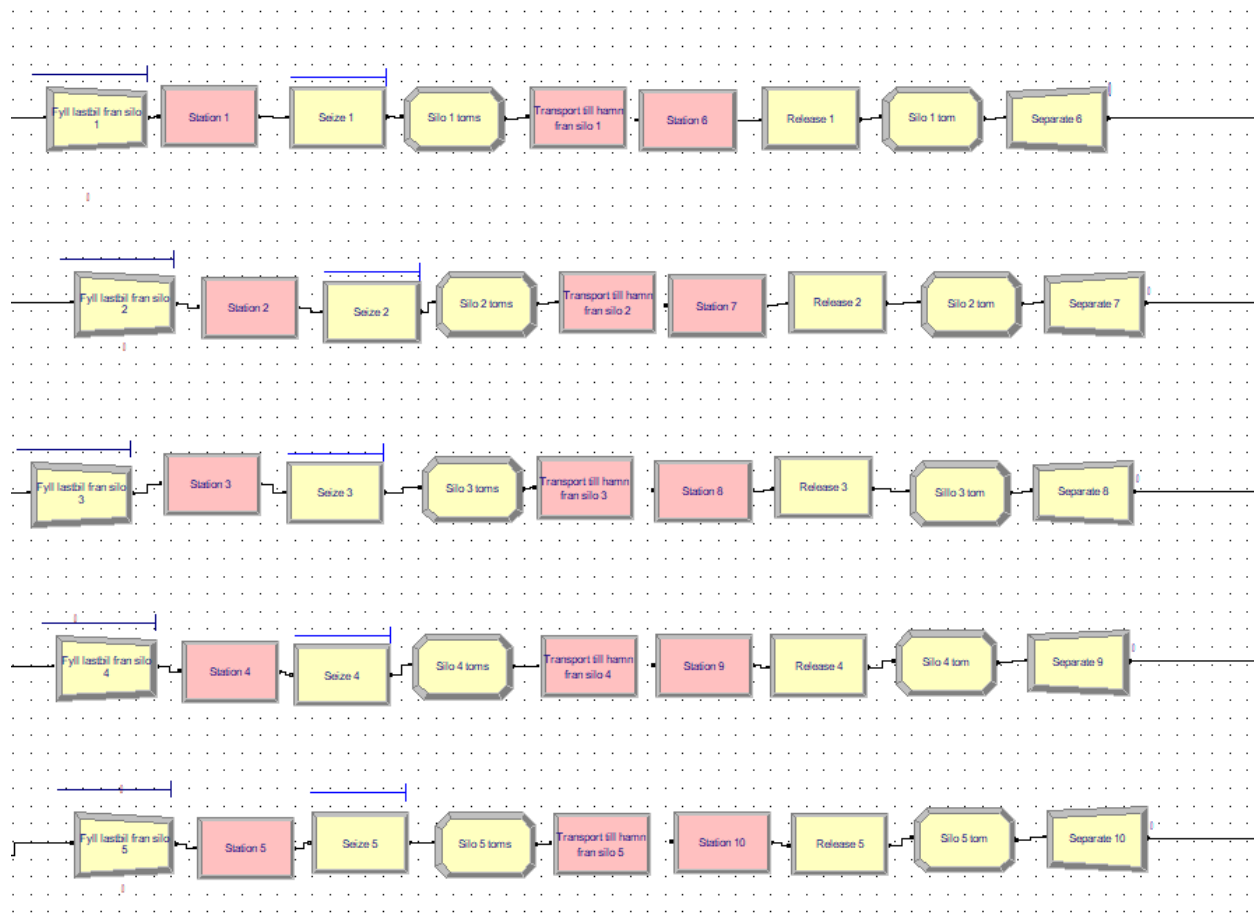


Figur 5 - Delsystem 2b: beslut om nattleveranser

I båda systemen skapas båtar på väg in med en sannolikhet $2/7$, det kommer alltså i snitt två båtar i veckan, samtliga med en efterfrågan på 1750 ton drank.

5.3 Delsystem 3

I det tredje delsystemet hanteras transporten ner till hamnen, se Figur 6.

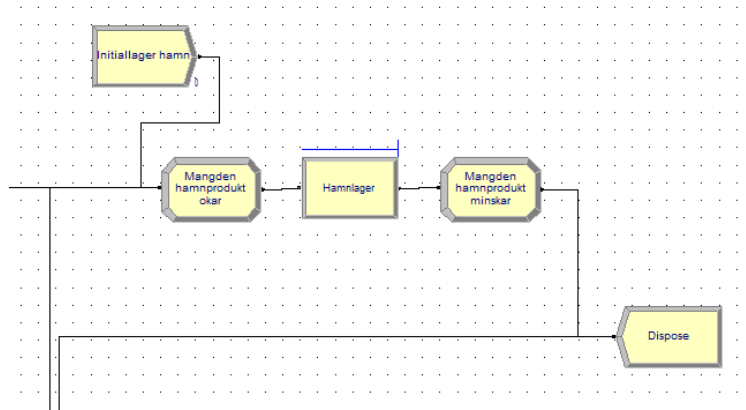


Figur 6 - Delsystem 3: Hamnleverans

Produkten levereras i batcher om 4 entiteter (eftersom en lastbil rymmer 40 ton) för att förtydliga animeringen. Leveranshastigheten beror på om leveransen sker under dagtid, nattetid eller helg.

5.4 Delsystem 4

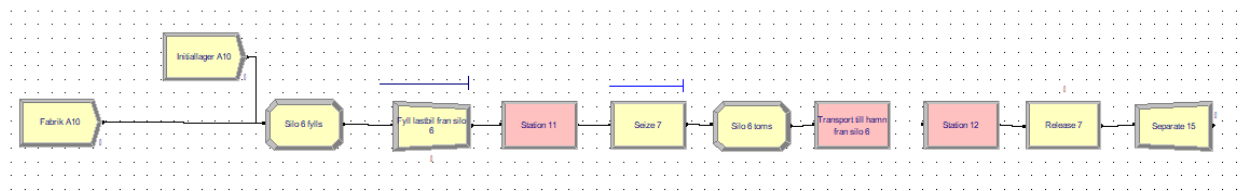
Huvudmodellen avslutas efter transporten ner till hamnen med att variabler nollställs och batcherna delas upp innan de lagras i hamnlagret tills båtarna kommer (dispose), vilket visas i Figur 7. En hold-modul håller entiteterna tills en signal skickas om att en båt hämtar produkt.



Figur 7 - Delsystem 4: båtleverans

5.5 Delsystem 5

I delsystem sker påfyllnad och transport av drank i fabrik A10, se Figur 8.

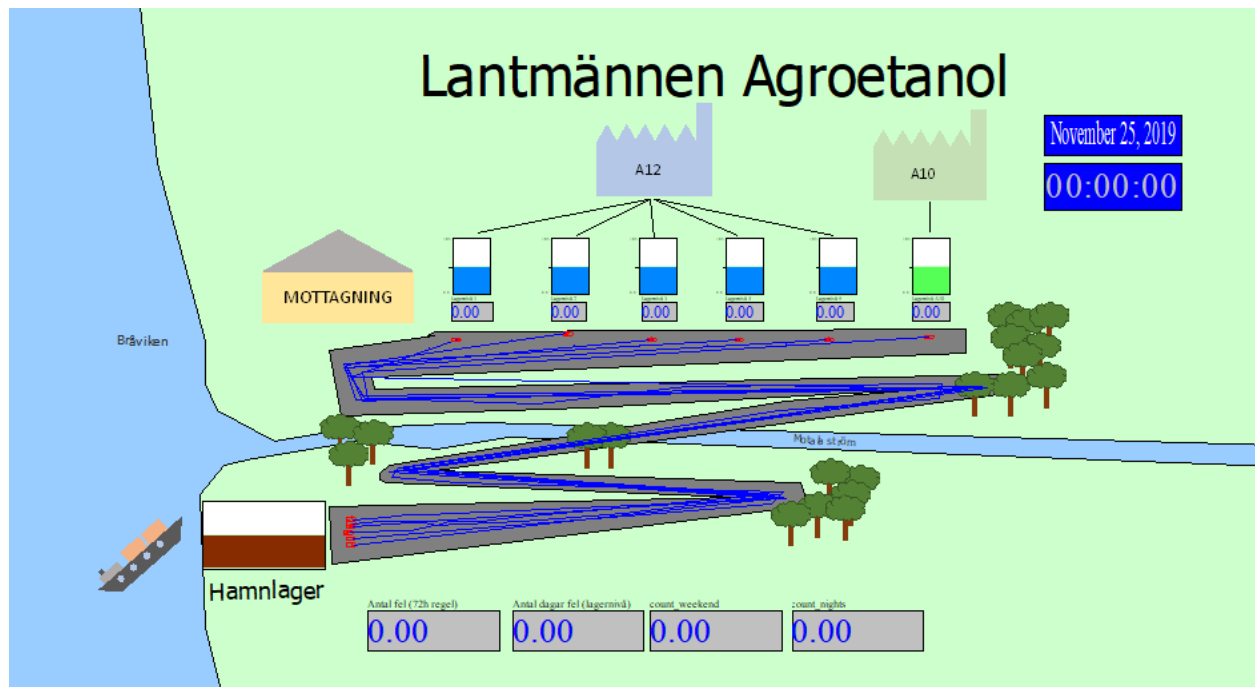


Figur 8 - Delsystem 5: flöde A10

Dranken från A10-fabriken påverkas inte av 48-timmarsregeln, 72-timmarsregeln eller av provtagningsprocessen och därför har silo 6 inte samma avbrottskriterium och prioriteringsregler som de övriga silorna. Silo 6 har istället högst prioritet på fredagar och torsdag-nätter.

5.6 Animering

Animeringen i modellen, se Figur 9, visar påfyllnaden i silorna och transporten ner till hamnlagret, samt dess fyllnadsgrader. I figuren syns de två fabrikerna och mottagningscentralen som passerar på vägen ut från området. Det framgår också av animationen hur många gånger 72-timmarsregeln bryts, dvs hur ofta produkt levereras utan att analysen är färdigställd, hur många dagar lagernivån i hamnen är under 2000 ton, samt hur många helger och nätter som krävs. När modellen körs framgår den aktuella lagernivån i silorna samt från vilken silo en lastbil hämtar just nu.



Figur 9 - Animering

6. Verifiering och Validering

Detta kapitel redogör genom teori och bakgrund vad verifiering och validering innebär samt vad det används till inom simulering. Det beskriver också vilka konkreta validerings-/verifieringsmetoder som använts i detta projekt.

6.1 Bakgrund och teori

Användandet av simuleringsmodeller för att stödja beslutsfattande ökar vilket medför att dessa beslutsfattare lägger vikt i att säkerställa att dessa modeller är "korrekta" (Sargent 2007). Beslutsfattare säkerställer modellens "korrekthet" genom validering och verifiering. Modellverifiering definieras ofta som "säkerställande av att datorprogrammet för den datoriserade modellen och dess implementering är korrekt" (Sargent 2007). Modellvalidering definieras vanligtvis som "underbyggnad av att en datoriserad modell inom dess tillämpningsområde har ett tillfredsställande intervall av noggrannhet som överensstämmer med den avsedda tillämpningen av modellen" (Sargent 2007). Med andra ord säkerställer validering att modellen överensstämmer med det verkliga systemet och verifiering att det datorprogram man skapat är korrekt i förhållande till det system som beskrivits.

Det finns fyra grundprincipiella tekniker som kan användas för att säkerställa att en simuleringsmodell är valid (Sargent 2007). Samtliga fyra tekniker kräver att modellskaparna utför validering och verifiering som en del av arbetet med att utveckla och framställa modellen (Sargent 2007). Den första tekniken är att låta modellskaparna själva avgöra om modellen är tillräckligt korrekt, vilket ger en subjektiv bedömning av validiteten. Den andra tekniken är att låta användare av modellen involveras i skapandeprocessen för att på så sätt kunna validera modellen. Den tredje tekniken är att låta en oberoende, tredje part granska projektet. Den fjärde tekniken är att använda en poängmodell för att betygsätta hur pass valid en modell är.

De grundtekniker som främst använts i detta projekt är den första och den andra (beskrivet ovan). Användarna av modellen ses i detta projekt som Agroetanol (uppdragsgivare) där de involverats genom möten där modellen har presenterats i dess befintliga skick.

6.2 Verifiering i projektet

För att verifiera att simuleringsmodellen stämde överens med den konceptuella modellen har följande verifieringstekniker använts.

- Animering/Observation

Flödet av entiteter animeras under körning när de förflyttas mellan olika moduler. Resultatet observeras sedan för att t.ex. verifiera att en silo fylls upp/töms med rätt tid eller att båtar ankommer med rätt hastighet enligt den konceptuella modellen.

Observation användes också för att identifiera onormala beteenden eller misstag i modellen som i sin tur ledde till identifiering av felaktiga parametervärden.

- Test av extremförhållande

Modellen testades när endast ordinarie arbetstider var schemalagda och när samtliga övertider var schemalagda. När ingen övertid var schemalagd så var fyllnadsgraden i silorna hög och fyllnadsgraden i hamnlagret låg (leveranserna var inte tillräckliga i förhållande till produktion). När all övertid kördes var fyllnadsgraden i silorna låg och fyllnadsgraden i hamnlagret hög (leveranserna skedde för ofta i förhållande till produktionen). Konsekvenserna av testet stämde överens med uppsatt hypotes.

- Sub-modellering

När nya delar med komplicerad logik skulle läggas till modellen så testades dessa först för sig. Denna teknik användes för att minimera risken för misstag och för enklare felsökning av felaktigheter.

- Variabelvisualisering

Kvantitativa värden av modellen visades under körning för att verifiera att modellen fungerar som det var tänkt eller att inga felaktigheter skedde. T.ex. kontrollerades att resursen (lastbilen) alltid pendlade mellan 0 och 1, att resursen slutade köra vid rätt tidpunkter på dygnet eller att resursen fortsatte köra även efter ordinarie arbetstid (om så krävdes vid det tillfället).

6.3 Validering i projektet

För att validera att den konceptuella modellen stämde överens med det faktiska systemet samt att simuleringsprogrammet resulterade i "korrekta" resultat har följande valideringstekniker använts.

- Dialog med uppdragsgivare

Genom möten med uppdragsgivare klargjordes hur systemet fungerade och vilka förenklingar som var lämpliga att göra. Ett möte hölls också där simuleringsmodellen presenterades i dess nuvarande utformning där experter från uppdragsgivaren kunde återkoppla om någon viktig del i systemet saknades eller var felaktig.

Utöver möten har kontinuerlig mailkontakt upprätthållits under projektets gång. Detta har lett till att den konceptuella modellen förändrats iterativt genom att mer och mer förståelse för systemet har erhållits.

- Diskussion

Genom diskussion inom gruppen och med handledare kunde erfarenhet och rimlighetsanalys användas för att validera den konceptuella modellen.

- Test av extremförhållande

Test av att köra endast ordinarie arbetstider eller samtliga arbetstider (beskrivet i kapitel 6.2) är också ett exempel på validering av modellen. Resultatet (att fyllnadsgrad i silorna var för hög vid endast ordinarie arbetstider och för låg vid samtliga övertider) stämmer överens med systembeskrivningen/problembeskrivningen. Att allokera övertidstillfällen för leveranserna är en av projektets stora utmaningar.

- Jämförelse mellan historiska data och utdata

Utdata i modellen jämfördes som stöd i valideringsprocessen. T.ex. kördes i genomsnitt 7.5 nattleveranser/månad och 1 helgleveranser/månad under perioden september-oktober 2019 (Se Appendix A för redovisning av historiska data). Detta jämfördes med att modellen med 35 replikationer och 5 månaders körtid resulterade i att 38.6 nattleveranser kördes i genomsnitt, vilket motsvarar 7.7/månad. Vidare resulterade modellen (med samma körlängd och antal replikationer) i att 14 helgleveranser kördes i genomsnitt vilket motsvarar 2.8 helgleveranser/månad.

I en jämförelse mellan modell och historisk data kan det fastslås att modellen i genomsnitt kör något fler helgleveranser men att antalet nattleveranser stämmer ganska väl.

7. Experimentering och analys

Detta kapitel innehåller teoribakgrund, beskrivning, resultat och analys av de experiment som utförts. Det innehåller också en härledning av antal replikationer och replikationslängd.

7.1 Bakgrund och teori

I följande underkapitel tas teorier upp för att beskriva tillvägagångssätt i experimenteringen.

- Replikationslängd

En tumregel är att replikationslängden bör vara åtminstone 3 gånger den längsta ledtiden i systemet (Persson 2019). Vidare bör replikationslängden vara åtminstone 10 gånger uppvärmningstiden (Persson 2019).

- Antal replikationer

För att undersöka hur antalet replikationer påverkar variationen i resultatet kan ett glidande medelvärde på olika typer av utdata användas för att underlätta beslutet (Persson 2019). När antalet replikationer ökar så bör rimligtvis variansen av medelvärdet minska vilket är önskvärt för att simuleringsmodellens resultat ska vara trovärdiga.

- Initial partiskhet

För att undvika att starten av modellen inte ger en partiskhet så kan två olika metoder användas. Det första är att köra modellen under en uppvärmningstid och på så sätt se till att systemet uppnår ett realistiskt scenario. Det andra är att sätta initialvärden i modellen så att modellen inte behöver "värmas upp". (Robinson 2004)

- Konfidensintervall och t-test

Konfidensintervall är en statistisk metod för att visa på hur exakt ett medelvärde blir estimerat (Robinson 2004). En vanlig signifikansnivå vid användandet av konfidensintervall är 5% vilket innebär att sannolikheten att det sanna medelvärdet ligger i konfidensintervallet är 95%. (Robinson 2004).

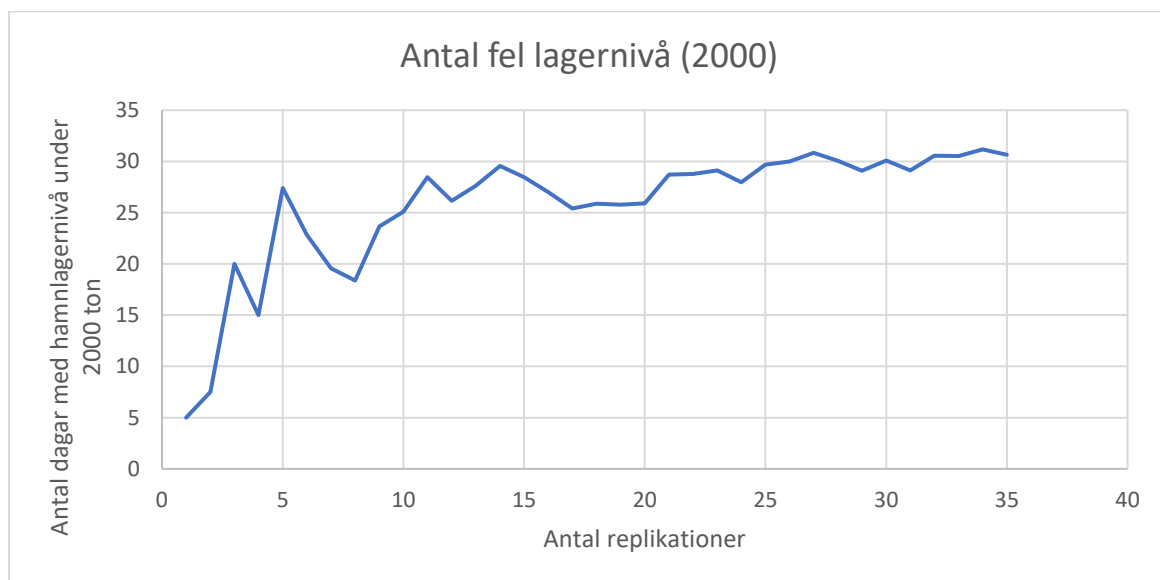
För att jämföra två olika system så kan parvis jämförelse användas (Persson 2019). Ett exempel på en parvis jämförelse är t-test vilket är ett lättare sätt att upptäcka skillnader mellan system (Steins 2018).

7.2 Antal replikationer och replikationslängd

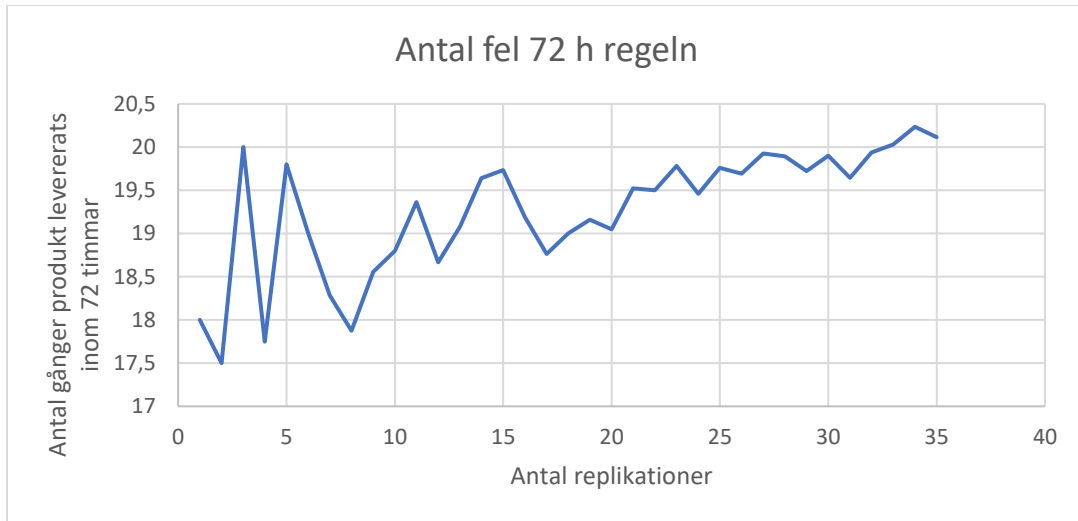
För att utföra experimenteringen beräknades först replikationslängd och antalet replikationer. Den längsta ledtiden i systemet är om en entitet hamnar längst ner i en silo och alla andra silor ska tömmas före. Då ska 5 stycken silor tömmas innan entiteten kommer vidare, och maximalt antal dagar att tömma en silo är 7 dagar. I värsta fall hamnar entiteten sedan längst ner i hamnlagret, vilket tar maximalt 14 dagar att tömma. Det ger en replikationslängd på ca 5 månader enligt ekvation (2).

$$3 * (5 * 7 + 14) = 147 \text{ dagar} = 4.8 \text{ månader} \approx 5 \text{ månader} \quad (2)$$

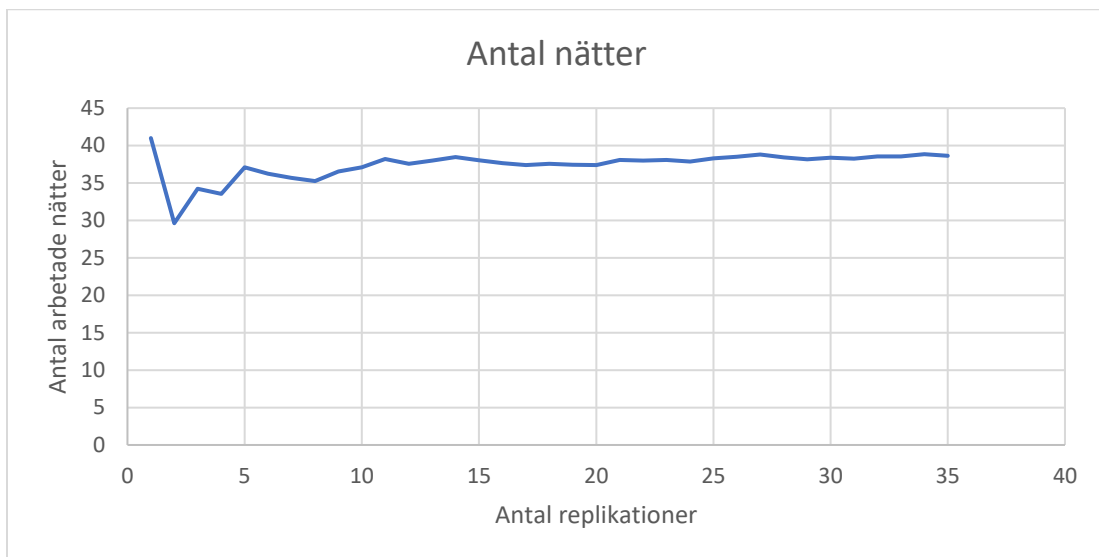
För att sedan ta reda på antalet replikationer gjordes grafer där medelvärdet av sex utdata-faktorer (antal dagar hamnlagernivån är under 2000 ton, antal gånger produkt levereras ut ur silo inom 72 h efter provtagning, antal arbetande nätter och antal arbetande helgdagar, antal dagar med hamnlagernivå över 7000 ton och antal dagar med hamnlagernivå på över 10 000 ton) beräknades för ett stigande antal replikationer, se Figur 10 - Figur 15. Samtliga utdatafaktorer är mått på hur väl systemet presterar.



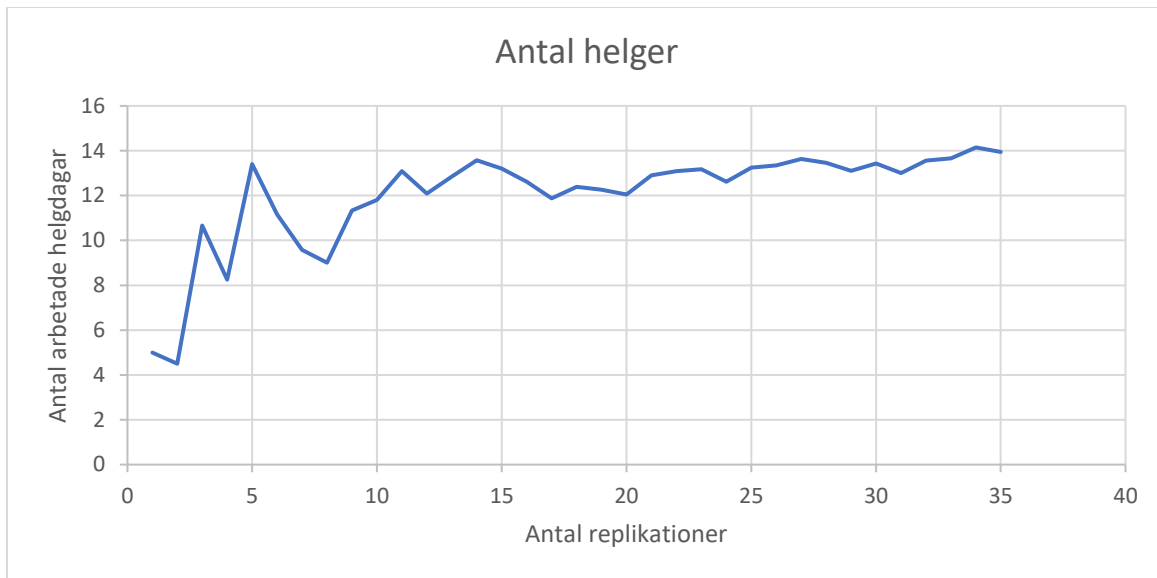
Figur 10 - Antal dagar med lagernivå under 2000 ton för olika antal replikationer



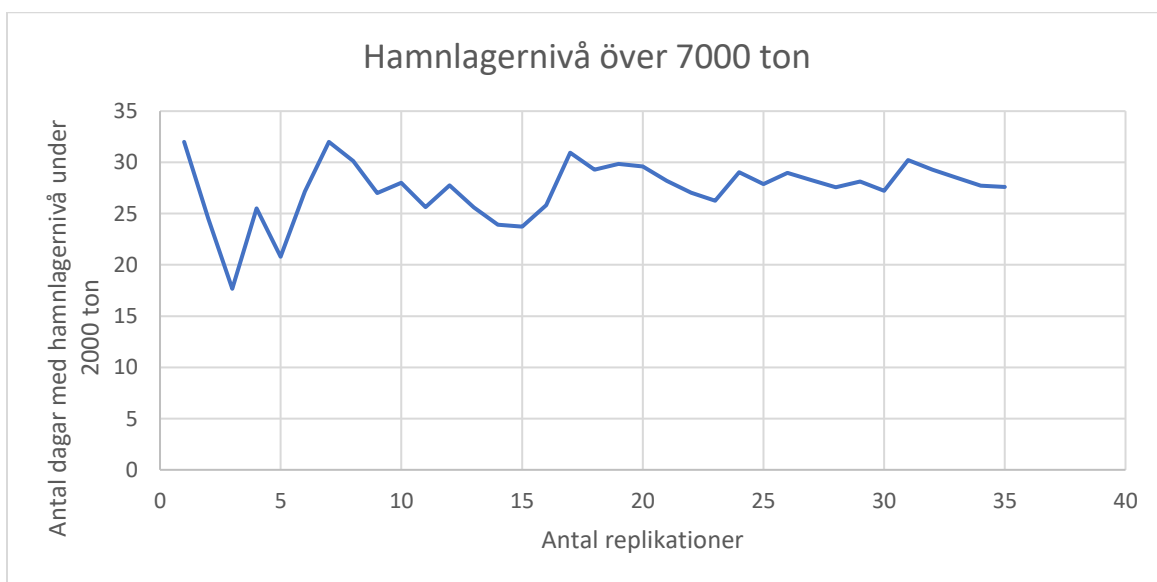
Figur 11 - Antal gånger produkt levereras inom 72 timmar efter provtagning för olika antal replikationer



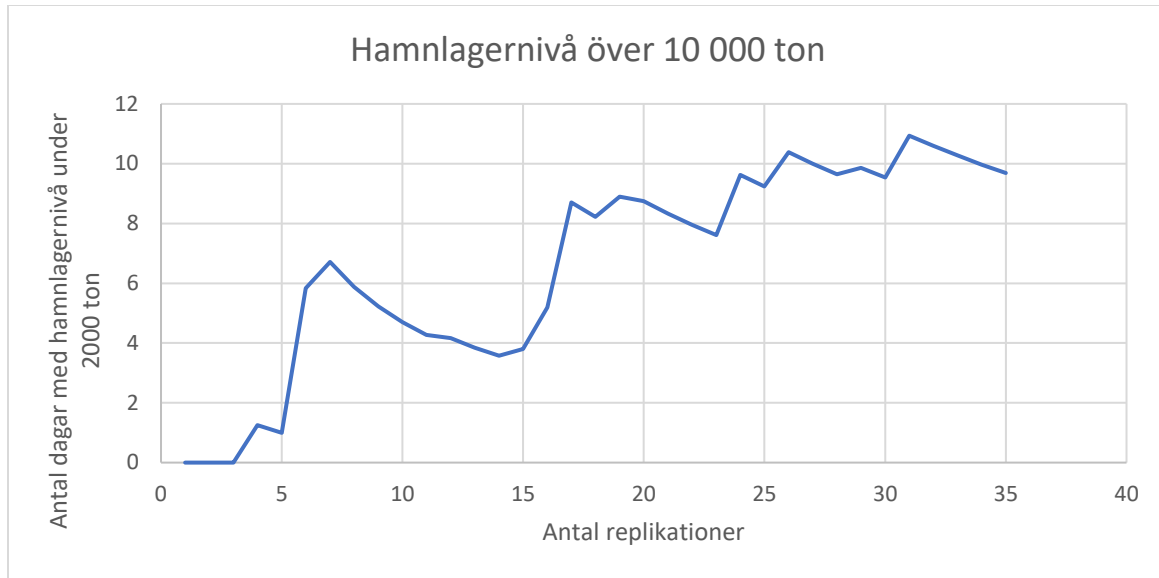
Figur 12 - Antal arbetande nätter för olika antal replikationer



Figur 13 - Antal arbetande helgdagar för olika antal replikationer



Figur 14 - Antal dagar med hamnlagernivå över 7000 ton



Figur 15 - Antal dagar med hamnlagernivå över 10 000 ton

I figurerna framgår att för vissa faktorer, exempelvis Antal helger och Antal nätter, stabiliseras medelvärdet efter 5–10 replikationer, medan det för andra, exempelvis Antal fel 2000 regeln och Antal fel 72h regeln, krävs fler. Det kan bero på att standardavvikelsen för de som kräver fler replikationer är större och värdena därför varierar mer. Samtliga faktors medelvärde har dock stabiliserats efter ca 35 replikationer och därför körs 35 replikationer i experimenten.

7.3 Beskrivning av experiment

Experimenten är utformade för att svara på frågeställningarna, d.v.s. kontrollera om det är möjligt att möta efterfrågan utan natt- och helgleveranser samt om möjligt hitta en förbättrad strategi för påfyllnad i silorna. Fyra experiment gjordes där fyra olika utdataparametrar analyserades för två olika scenarier, nuläget och tvåskifts-schema. De fyra parametrarna är:

1. Antal dagar hamnlagernivån är under 2000 ton
2. Antal gånger produkt levereras ut från en silo inom 72 timmar efter provtagningen
3. Antal arbetande nätter
4. Antal arbetande helgdagar

För att modellera ett tvåskiftsschema kördes dagsleveranser istället 6:30-22:00 och nattleveranser 22:00-6:30. Helgleveranser kördes som i nulägesmodellen. Enligt uppdragsgivare var leveranskapaciteten vid

tvåskift 900 ton drank 6:30-22:00 vilket uppdaterades i modellen. Leveranskapaciteten vid natt- och helgleveranser behölls oförändrat.

För både nuläget och tvåskifts-schemat experimenterades dessutom med olika påfyllnadsstrategier. Dels gjordes experiment för olika minimigränser till vilken silon åtminstone skulle fyllas i den påfyllnadsprocess som används i nulägesmodellen. Strategierna benämns enligt "Nuläge min x %" alternativt "Tvåskift min x %" i experimenten, där x är andel av silons maxkapacitet som minst ska fyllas. Utöver det gjordes experiment med att istället använda en fast påfyllnadsprocess med olika gränser till vilken silon alltid fylls utan hänsyn till mängden leveransklar produkt som finns inom två dygn. Dessa strategier benämns enligt "Nuläge fast x %" respektive "Tvåskift fast x %", där x är andel av silon som fylls. Den påfyllnadsstrategi som används idag liknar mest den som kallas "Nuläge min 50 %" i experimenten. De olika scenarierna som användes presenteras i Tabell 1.

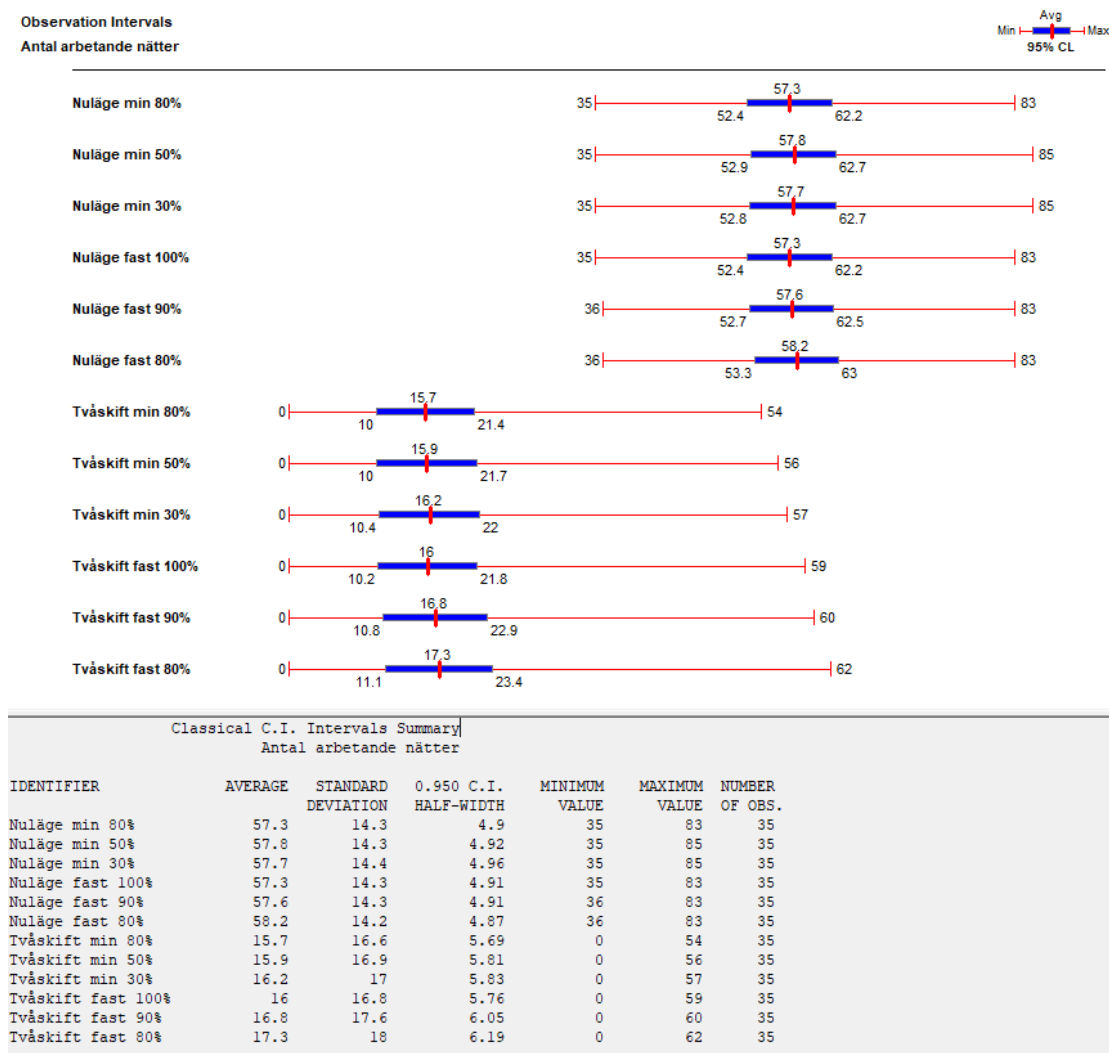
Tabell 1 – Beskrivning av de olika scenarierna som användes i experimenteringen

Scenario	Beskrivning
Nuläge min 30 %	Leveransprocess enligt nuläget. Påfyllnadsprocess enligt nuläget fast med minimigräns 30%.
Nuläge min 50 %	Leveransprocess enligt nuläget. Påfyllnadsprocess enligt nuläget (50% minimigräns)
Nuläge min 80 %	Leveransprocess enligt nuläget. Påfyllnadsprocess enligt nuläget fast med minimigräns 80%
Nuläge Fast 80 %	Leveransprocess enligt nuläget. Silorna fylls alltid till 80%
Nuläge Fast 90 %	Leveransprocess enligt nuläget. Silorna fylls alltid till 90%
Nuläge Fast 100 %	Leveransprocess enligt nuläget. Silorna fylls alltid till 100%
Tvåskift min 30 %	Leveransprocess enligt tvåskifts-schema. Påfyllnadsprocess enligt nuläget fast med minimigräns 30%
Tvåskift min 50 %	Leveransprocess enligt tvåskifts-schema. Påfyllnadsprocess enligt nuläget (50% minimigräns)

Tvåskift min 80 %	Leveransprocess enligt tvåskifts-schema. Påfyllnadsprocess enligt nuläget fast med minimigräns 80%
Tvåskift fast 80 %	Leveransprocess enligt tvåskifts-schema. Silorna fylls alltid till 80%
Tvåskift fast 90 %	Leveransprocess enligt tvåskifts-schema. Silorna fylls alltid till 90%
Tvåskift fast 100 %	Leveransprocess enligt tvåskifts-schema. Silorna fylls alltid till 100%

7.4 Antal arbetande nätter

För att få en indikation på om det är någon skillnad mellan de olika påfyllnadsstrategierna, och mellan nuläget och tvåskifts-schemat gällande antal arbetande nätter jämfördes konfidensintervallen med varandra. Jämförelsen, som kan ses i Figur 16, visar att antalet arbetande nätter tycks vara färre för tvåskiftsschemat jämfört med nuläget, eftersom hela konfidensintervallet för samtliga påfyllnadsstrategier med tvåskiftsschemat är mindre än för nuläges-strategierna.

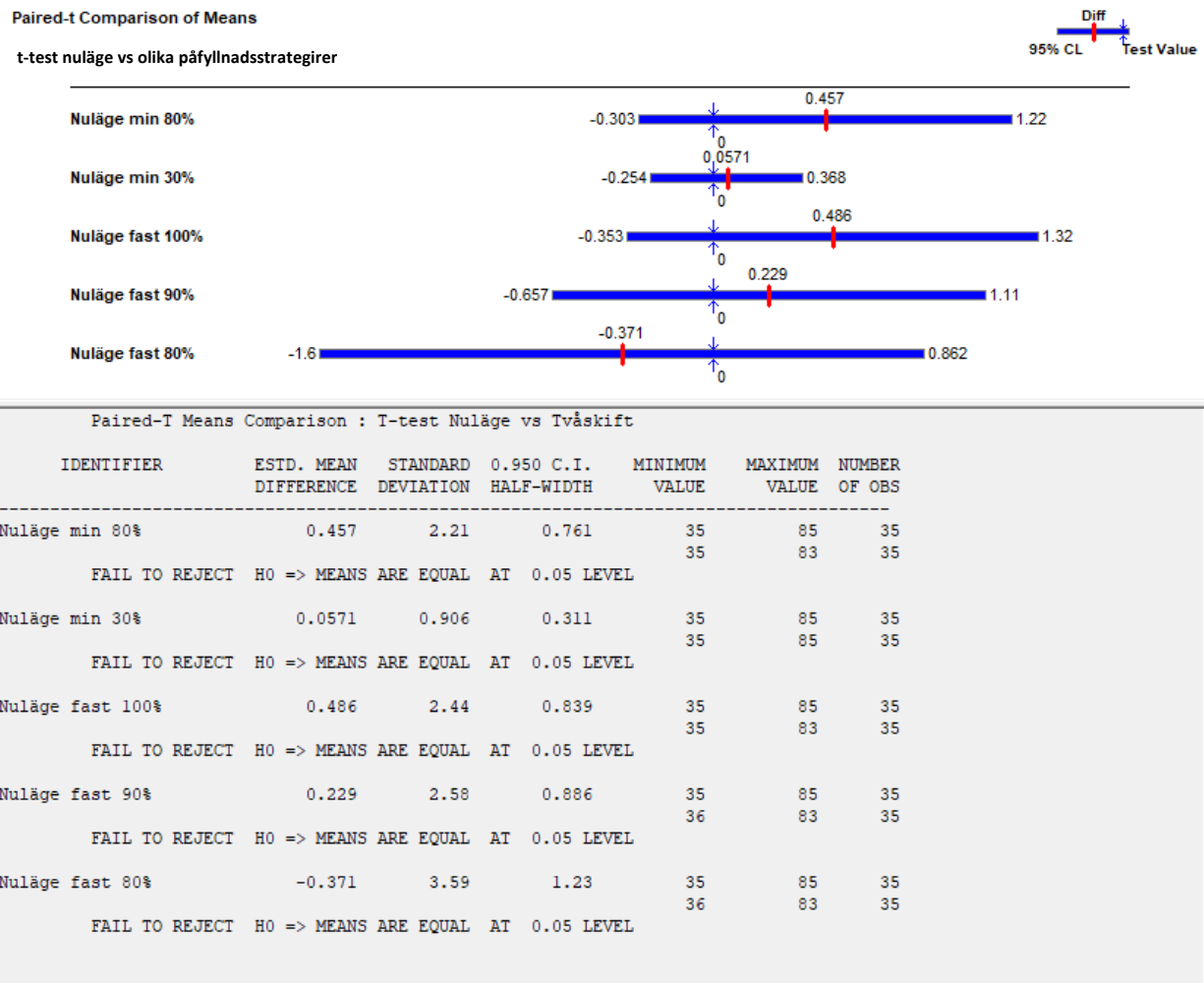


Figur 16 - Jämförelse för antal arbetande nätter mellan olika påfyllnadsstrategier för nuläget och tvåskiftsschemat

I Figur 16 kan utläsas att tvåskiftsschemat resulterar i att antalet nattleveranser i genomsnitt verkar hamna runt 16 vilket motsvarar 3.2/månad. Nulägesstrategin verkar hamna runt 58 vilket motsvarar 11.6/månad.

Jämförelsen i Figur 16 säger ingenting om huruvida någon påfyllnadsstrategi är bättre än "Nuläge min 50 %" (nulägesstrategin), varken med den påfyllnadsprocess som finns i nuläget eller i tvåskiftsschemat, eftersom konfidensintervallen överlappar varandra. För att säkerställa att det inte finns någon statistisk skillnad mellan de olika strategierna gjordes därför parvisa t-test mellan "Nuläge min 50 %" och alla andra strategier, se Figur 17. T-testen visar att det inte finns någon statistisk skillnad på 95 % signifikansnivå för någon av påfyllnadsstrategierna i nuläget, gällande antalet arbetande nätter, eftersom 0 är inkluderat i samtliga konfidensintervall. Eftersom det i jämförelsen mellan konfidensintervallen i Figur

16 konstaterades att det finns en skillnad mellan nuläget och tvåskiftsschemat gjordes inga t-test för att bevisa detta.

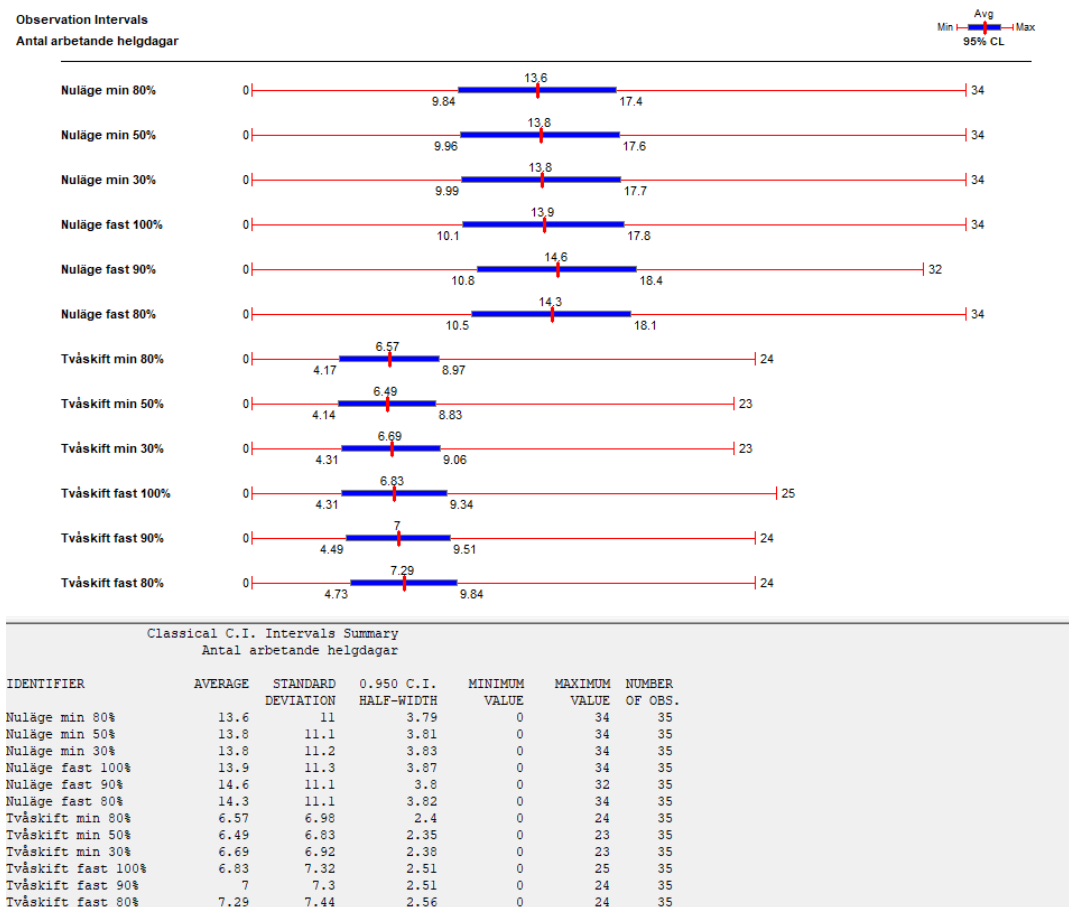


Figur 17 - t-test "Nuläge min 50 %" vs de olika påfyllnadsstrategierna för antalet arbetande nätter

Resultatet visar att det krävs färre nattleveranser om tvåskift införs, men att det inte tycks vara möjligt att få ner tillräckligt med produkt för att möta efterfrågan utan att köra några nattleveranser alls för någon påfyllnadsstrategi. Varken konfidensintervall eller t-test kan påvisa att det finns en signifikant skillnad mellan nuläge och undersökta påfyllnadsstrategier.

7.5 Antal arbetande helgdagar

Av samma anledning som i föregående delkapitel, dvs för att få en indikation på om det är någon skillnad mellan de olika påfyllnadsstrategierna och mellan nuläget och tvåskifts-schemat gällande antal arbetande helgdagar, jämfördes konfidensintervallen för de olika påfyllnadsstrategierna för nuläget och tvåskiftsschemat. Jämförelsen, som kan ses i Figur 18, visar att antalet arbetande nätter tycks vara färre för tvåskiftsschemat jämfört med nuläget, eftersom hela konfidensintervallet för samtliga påfyllnadsstrategier med tvåskiftsschemat är mindre än för nuläges-strategierna.



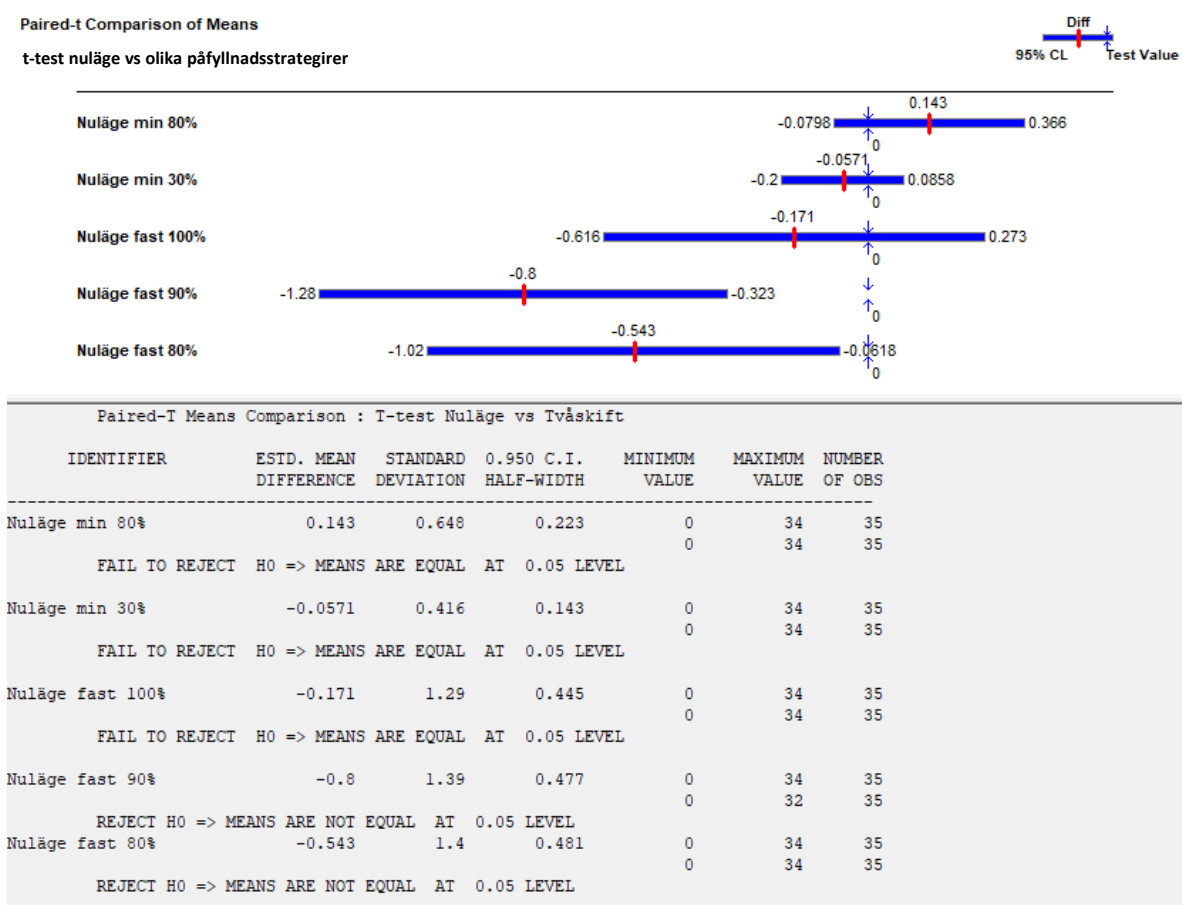
Figur 18 - Jämförelse för antal arbetande helgdagar mellan olika påfyllnadsstrategier för nuläget och tvåskiftsschemat

I Figur 18 kan utläsas att tvåskiftsschemat resulterar i att antalet nattleveranser i genomsnitt verkar hamna runt 6.5 vilket motsvarar 1.3/månad. Nulägesstrategin verkar hamna runt 14 vilket motsvarar 2.8/månad.

Som tidigare nämnts, säger jämförelsen av konfidensintervall i Figur 18 ingenting om vilken påfyllnadsstrategi som är bättre än någon annan, varken för nuläget eller tvåskiftsschemat, eftersom

konfidensintervallen överlappar varandra. För att undersöka detta gjordes därför parvisa t-test mellan "Nuläge min 50 %" (påfyllnadsstrategi i nuläget) och alla andra strategier, se Figur 19. T-testen visar att det för "Nuläge min 80 %", "Nuläge min 30 %" och "Nuläge fast 100 %" inte finns någon statistisk skillnad på 95 % signifikansnivå för någon av påfyllnadsstrategierna i nuläget, gällande antalet arbetande nätter, eftersom 0 är inkluderat i dessa konfidensintervall. "Nuläge fast 90 %" och "Nuläge fast 80 %" däremot är statistiskt sätt sämre, d.v.s. det krävs fler helgpas för att möta efterfrågan, med en signifikansnivå på 95 %.

Eftersom det i jämförelsen mellan konfidensintervallen i Figur 18 konstaterades att det finns en skillnad mellan nuläget och tvåskiftsschemat gjordes inga t-test för att bevisa detta.



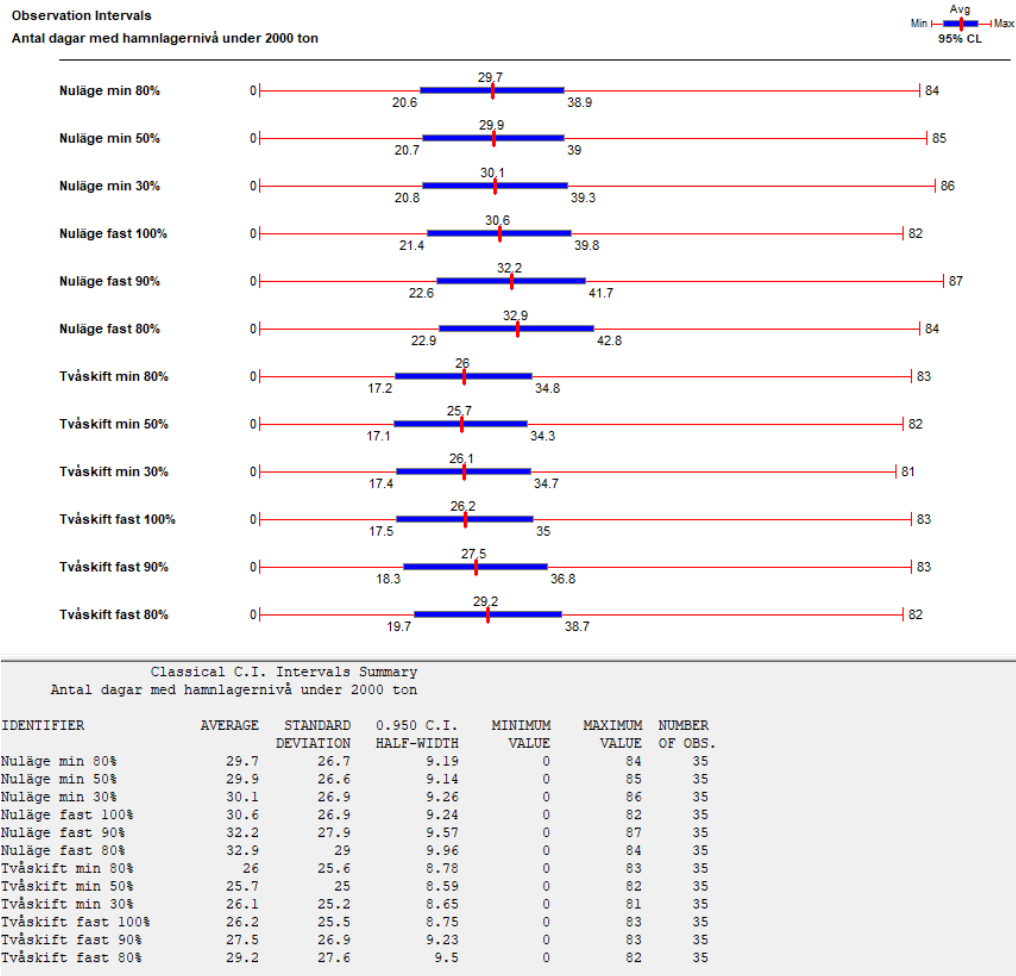
Figur 19 - t-test "Nuläge min 50 %" vs de olika påfyllnadsstrategierna för antalet arbetande helger

Resultatet av experimentet visar att det krävs färre helgdagsleveranser om tvåskift införs, men att det inte tycks vara möjligt att få ner tillräckligt med produkt för att möta efterfrågan utan att köra några

helgleveranser alls för någon påfyllnadsstrategi. Resultatet visar också att två av de undersökta påfyllnadsstrategierna är, med en signifikansnivå på 95 %, sämre än "Nuläge min 50 %" (nuvarande påfyllnadsstrategi). Experimentet antyder att de övriga påfyllnadsstrategierna inte påverkar antalet helgleveranser, men t-testen kan inte påvisa att det inte finns en skillnad mellan dem och den nuvarande påfyllnadsstrategin.

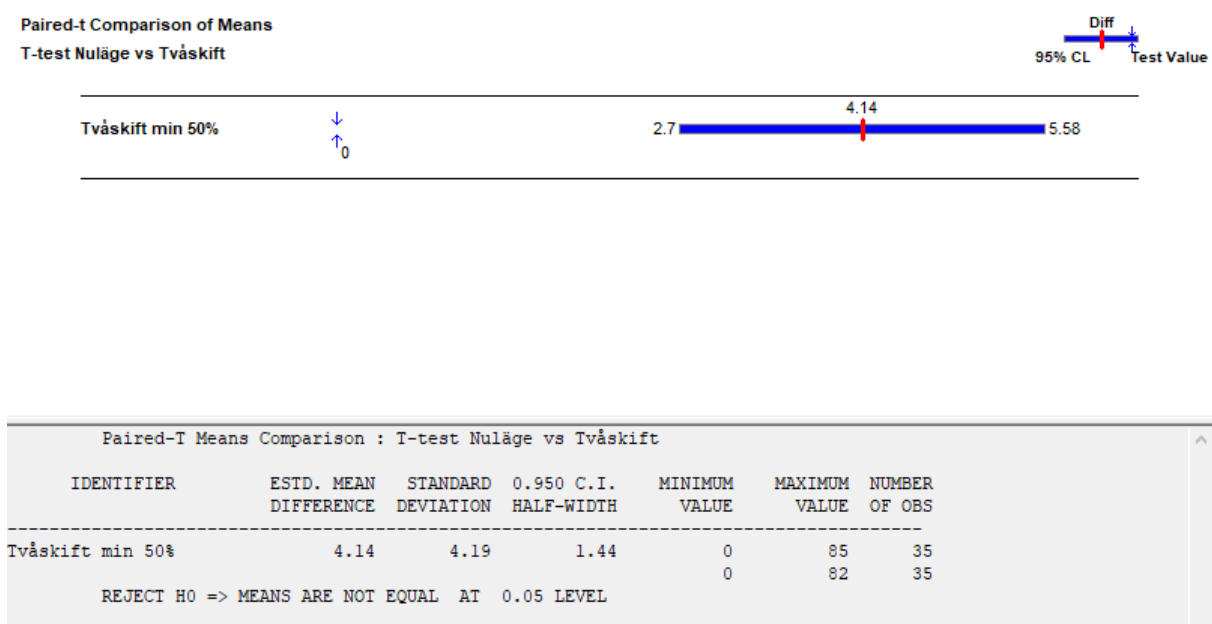
7.6 Antal dagar med hamnlagernivå under 2000 ton

Av samma anledning som i föregående delkapitel, dvs för att få en indikation på om det är någon skillnad mellan de olika påfyllnadsstrategierna och mellan nuläget och tvåskifts-schemat gällande antal dagar med hamnlagernivå under 2000 ton, jämfördes konfidensintervallen för de olika påfyllnadsstrategierna för nuläget och tvåskiftsschemat. Jämförelsen, som kan ses i Figur 20, visar att det krävs ytterligare analyser för att utreda eventuella skillnader mellan de olika scenarierna, eftersom konfidensintervallen överlappar varandra.



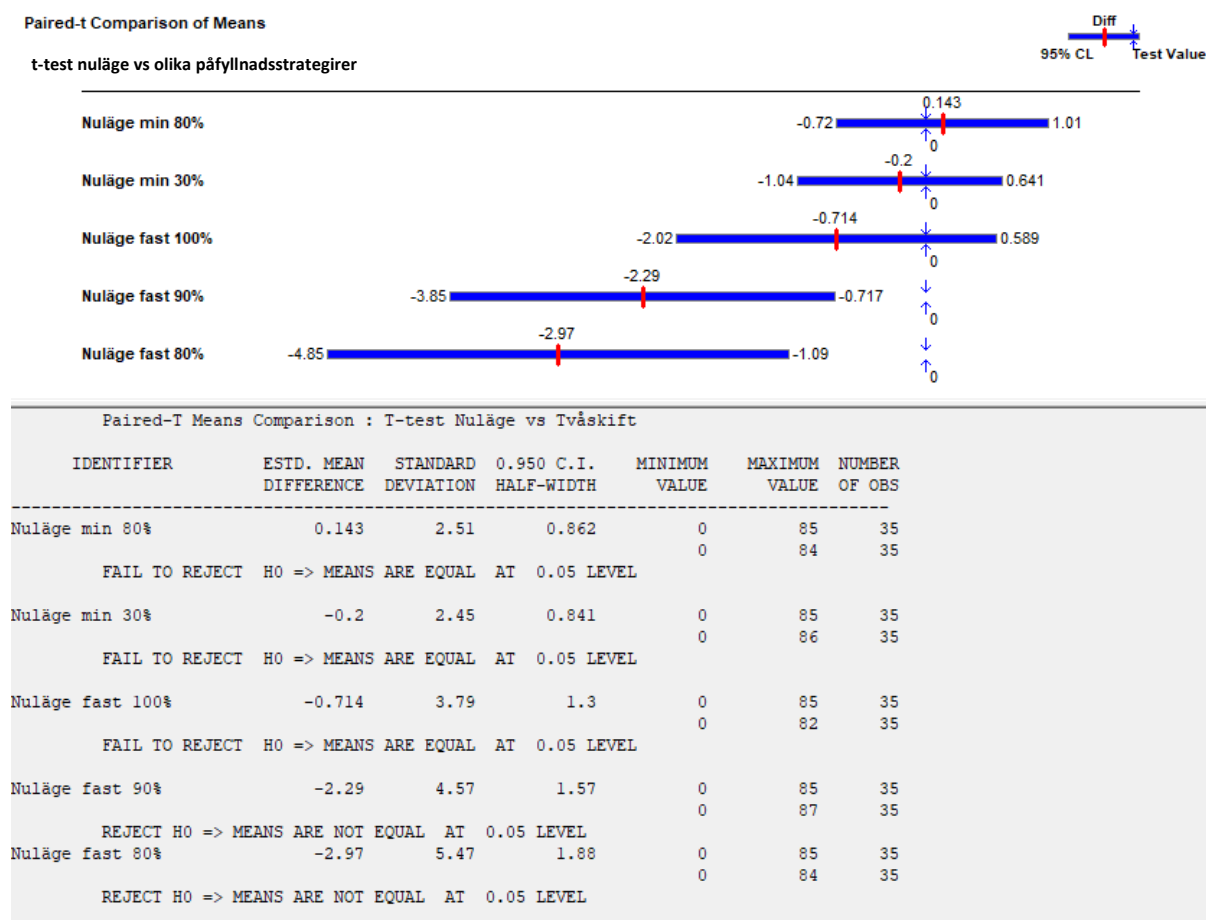
Figur 20 - Jämförelse för antal dagar med hamnlagernivå under 2000 ton mellan olika påfyllnadsstrategier för nuläget och tvåskiftsschemat

För att utreda skillnaden mellan nuläget och tvåskiftsschemat gjordes ett t-test mellan "Nuläge min 50%" (påfyllnadsstrategi i nuläget) och "Tvåskiftsschema min 50 %", dvs samma påfyllnadsstrategi men med tvåskiftsschemat för leveranser till hamnen. T-testet, som kan ses i Figur 21, visar att "Nuläge min 50%" ger fler dagar med hamnlagernivå under 2000 ton på en 95 % signifikansnivå.



Figur 21 - t-test mellan "Nuläge min 50 %" (påfyllnadsstrategi i nuläget) och "Tvåskiftsschema min 50 %"

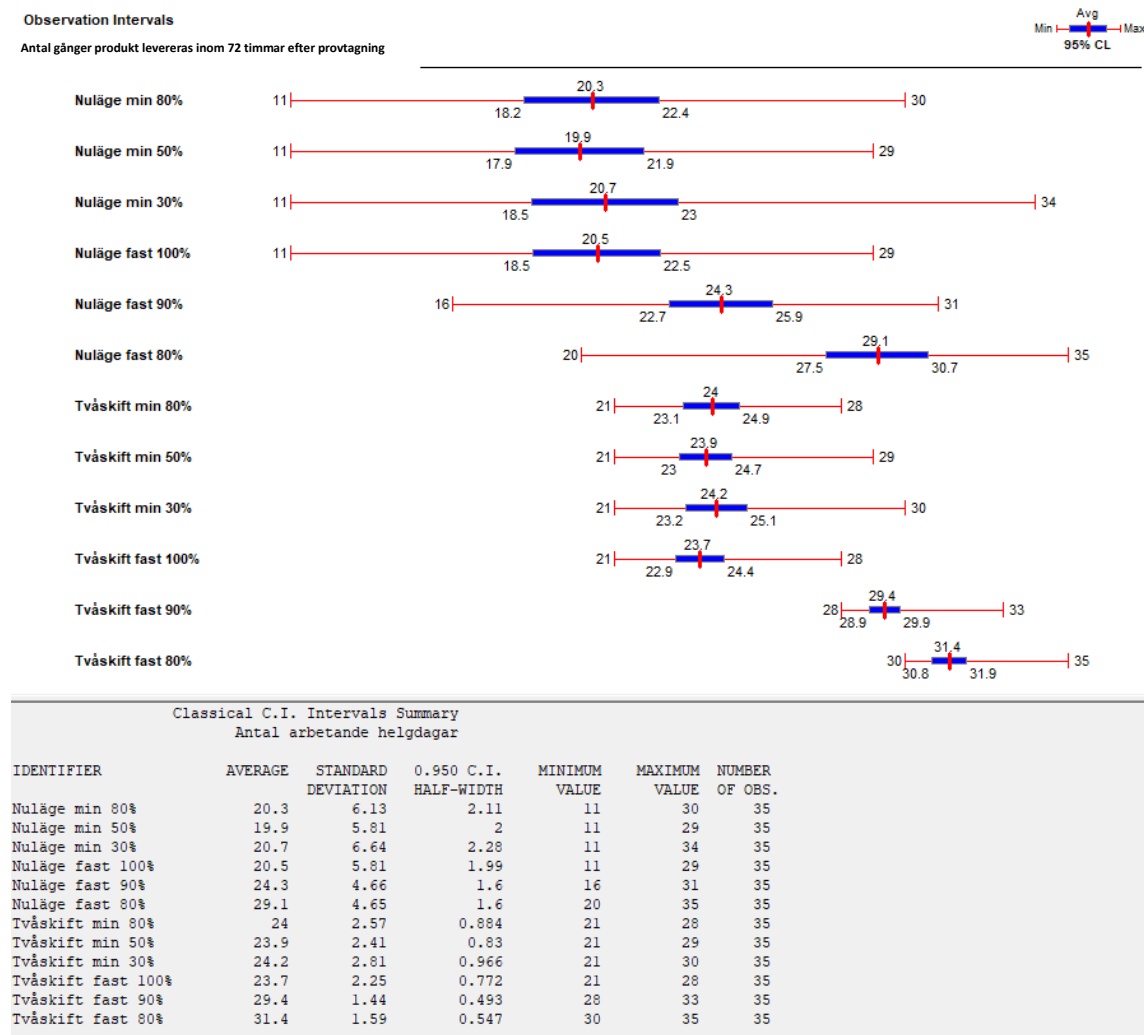
Eftersom jämförelsen av konfidensintervall i Figur 20 inte säger någonting om vilken påfyllnadsstrategi som är bättre än någon annan, varken för nuläget eller tvåskiftsschemat, gjordes parvisa t-test mellan "Nuläge min 50 %" (påfyllnadsstrategi i nuläget) och alla andra strategier, se Figur 22. T-testen kan inte påvisa huruvida det finns någon skillnad för hur många dagar hamnlagernivån är under 2000 ton för "Nuläge min 80 %", "Nuläge min 30 %" och "Nuläge fast 100 %", eftersom 0 är inkluderat i dessa konfidensintervall. "Nuläge fast 90 %" och "Nuläge fast 80 %" däremot kan konstateras vara sämre, dvs det blir fler dagar med för låg lagernivå, med en signifikansnivå på 95 %.



Figur 22 - t-test "Nuläge min 50 %" vs de olika påfyllnadsstrategierna för antalet dagar med hamnlagernivå under 2000 ton

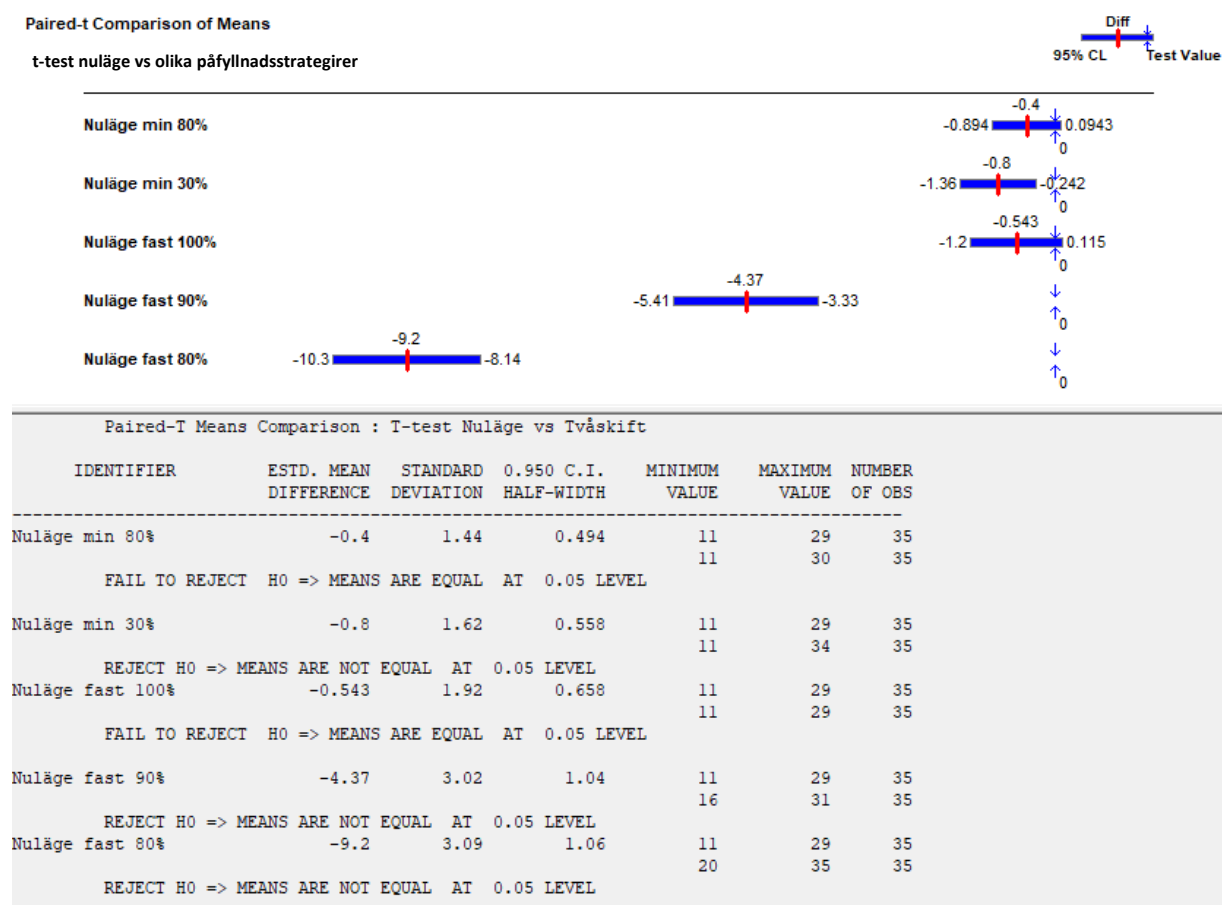
7.7 Antal gånger produkt levereras inom 72 timmar efter provtagning

Av samma anledning som i föregående delkapitel, dvs för att få en indikation på om det är någon skillnad mellan de olika påfyllnadsstrategierna och mellan nuläget och tvåskifts-schemat gällande antal gånger produkt levereras ut inom 72 timmar efter provtagning, jämfördes konfidensintervallen för de olika påfyllnadsstrategierna för nuläget och tvåskiftsschemat. Jämförelsen, som kan ses i Figur 23, visar att bortsett från "Nuläge fast 90 %", "Nuläge fast 80 %", "Tvåskift fast 90 %" och "Tvåskift fast 80 %" är samtliga påfyllnadsstrategier för nuläget bättre än för tvåskiftsschemat. Konfidensintervall-jämförelsen visar också att "Nuläge fast 90 %" är bättre än "Tvåskift fast 90 %", samt att "Nuläge fast 80 %" är bättre än "Tvåskift fast 80 %". Att ett scenario är "bättre" än något annat innebär i det här fallet att produkt levereras inom 72 timmar färre gånger.



Figur 23 - Jämförelse för antal gånger produkt levereras ut inom 72 timmar efter provtagning mellan olika påfyllnadsstrategier för nuläget och tvåskiftsschemat

Eftersom jämförelsen av konfidensintervall i Figur 23 inte säger någonting om vilken påfyllnadsstrategi som är bättre än någon annan, varken för nuläget eller tvåskiftsschemat, gjordes parvisa t-test mellan "Nuläge min 50 %" (påfyllnadsstrategi i nuläget) och alla andra strategier, se Figur 24. T-testen kan inte påvisa huruvida det finns någon skillnad för hur många gånger produkt levereras ut inom 72 timmar efter provtagning för "Nuläge min 80 %" och "Nuläge fast 100 %", eftersom 0 är inkluderat i dessa konfidensintervall. "Nuläge min 30 %", "Nuläge fast 90 %" och "Nuläge fast 80 %" däremot kan konstateras vara sämre, dvs produkt levereras ut för tidigt med hänsyn till 72-timmarsregeln, med en signifikansnivå på 95 %.



Figur 24 - t-test "Nuläge min 50 %" vs de olika påfyllnadsstrategierna för antalet gånger produkt levereras inom 72 timmar efter provtagning

Experimentet tyder på att 72-timmarsregeln bryts oftare om tvåskift införs men t-testen. Experimentet indikerar också att resultatet inte skulle förbättras av någon av de undersökta påfyllningsstrategierna, men kan endast påvisa sämre resultat i tre av påfyllnadsstrategierna: "Nuläge min 30 %", "Nuläge fast 90 %" och "Nuläge fast 80 %" på en 95 %-ig signifikansnivå.

7 Diskussion och slutsats

I den experimentering som gjorts är det svårt att komma fram till några definitiva slutsatser utan den tolkas snarare som indikationer av olika slag. Det går att påvisa att tvåskiftsmodellen skiljer från nulägesmodellen på ett 95% konfidensintervall där antalet natt- och helgleveranser minskat i båda fallen. Det verkar däremot inte som att natt- och helgleveranser kan bytas ut helt mot ett tvåskiftssystem utan det krävs troligtvis då att några nattleveranser (ca 3 stycken/månad jämfört med 12 stycken/månad i nuläget) och helgleveranser (ca 1 stycken/månad jämfört med 3 stycken/månad i nuläget) körs utöver tvåskiftet. Det betyder inte att det inte går i det verkliga systemet eftersom modellen bygger på de förenklingar och antaganden som definieras i den konceptuella modellen (kapitel 3). En möjlig anledning till att det tycks krävas nattleveranser är att det blir fullt i silon som lagrar produkt från A10 som då måste tömmas på natten (eftersom den inte kan tömmas dagtid måndag till torsdag).

Den experimentering som gjordes för att undersöka möjligheten att förbättra påfyllnadsprocessen kan inte heller påvisas ge förbättrade resultat jämfört med hur påfyllnadsprocessen sker i dagsläget. Några undersökta strategier gav signifikant sämre resultat än nuläget, men ingen signifikant bättre strategi hittades. En brist med projektet i stort är att det inte funnits något konkret åtgärdsförslag i projektbeskrivningen. Detta blev påtagligt i experimenteringsfasen då det visades vara en utmaning att försöka förbättra påfyllnadsprocessen eftersom få delar i beslutsfattningen faktiskt kunde varieras eller ge en signifikant påverkan på systemet.

I jämförelsen mellan historisk data och utdata resulterar modellen i att något fler natt- och helgleveranser körs i nuläget. Det kan t.ex. bero på antagande om att fabriken alltid kör med full kapacitet vilket inte är fallet i verkligheten. Det kan också bero på att beslut i verkligheten fattas av en person som har mer information om systemet än modellen har och kan därför parera extremförhållanden bättre.

Vidare gör bristen på indata att modellen försvagas i allmänhet. Eftersom indata i systemet bygger på uppskattade fördelningar ökar risken för felaktigheter. Detta gör att resultaten bör användas med försiktighet.

Referenser

Biller, B., Gunes, C. (2010). Introduction to simulation input modelling. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*.

Persson, F. (2019). Föreläsning 5 i kursen Tillämpningar av diskret simulering (TDDC28). Linköpings universitet.

Robinson, S. (2004). *Simulation: The practice of model development and use*. Chichester, England: John Wiley and Sons Ltd

Sargent, R.G. (2007). *Verification and validation of simulation models*. Austin, TX, USA

Steins, K. (2018). Föreläsning 8 i kursen Diskret Simulering (TNK089). Linköpings universitet.

Appendix A – Hamnleveranser perioden 2019-09-01 – 2019-10-31

week	day	date	Produktion		Lager Agro		Lagerflytt A10 till hamnlagret		Lagerflytt A12 till hamnlagret	
			A10	A12	Agro A10	Agro A12	Ångan Betongen	Pyramiden	Ångan/Betongen	Pyramiden
35	7	2019-09-01	126,7	406,7	685	6411				
36	1	2019-09-02	126,7	406,7	712	6529			650	
36	2	2019-09-03	126,7	406,7	838	6018			650	
36	3	2019-09-04	126,7	406,7	965	5368			800	
36	4	2019-09-05	126,7	406,7	842	4898	250		800	
36	5	2019-09-06	126,7	406,7	828	5083	300			
36	6	2019-09-07	126,7	406,7	954	5489				
36	7	2019-09-08	126,7	406,7	1081	5898				
37	1	2019-09-09	126,7	406,7	1518	4558			1000	
37	2	2019-09-10	126,7	406,7	1644	3885			1000	
37	3	2019-09-11	126,7	406,7	1771	3035			800	
37	4	2019-09-12	126,7	406,7	1898	3175				
37	5	2019-09-13	126,7	406,7	1607	3718	400			
37	6	2019-09-14	126,7	406,7	1733	4124				
37	7	2019-09-15	126,7	406,7	1880	4531				
38	1	2019-09-16	126,7	406,7	1587	4143		400	400	
38	2	2019-09-17	126,7	406,7	1714	3882			400	
38	3	2019-09-18	126,7	200	1491	3840			400	
38	4	2019-09-19	126,7	200	1617	3264			400	
38	5	2019-09-20	126,7	200	1300	3211		300		
38	6	2019-09-21	126,7	200	1427	3411				
38	7	2019-09-22	126,7		1553	3411				
39	1	2019-09-23	126,7		1680	3028			800	
39	2	2019-09-24	126,7		1407	2125		400	400	
39	3	2019-09-25	126,7		1227	1511	400		400	
39	4	2019-09-26	126,7	406,7	1353	1518			400	
39	5	2019-09-27	126,7	406,7	713	2407		300		
39	6	2019-09-28	126,7	406,7	839	2813				
39	7	2019-09-29	126,7	406,7	966	3220				
40	1	2019-09-30	126,7	406,7	823	3194				
40	2	2019-10-01	121	433	944	2774			400	
40	3	2019-10-02	121	433	1065	2249			800	
40	4	2019-10-03	121	433	1186	1845			800	
40	5	2019-10-04	121	433	907	2078	400			
40	6	2019-10-05	121	433	1028	2511				
40	7	2019-10-06	121	433	1149	2944				
41	1	2019-10-07	121	433	1270	3558			400	
41	2	2019-10-08	121	433	1391	3403			400	
41	3	2019-10-09	121	433	1512	2873			400	
41	4	2019-10-10	121	433	1521	2398			400	
41	5	2019-10-11	121	433	1242	2809	400			
41	6	2019-10-12	121	433	363	3242	1000			
41	7	2019-10-13	121	433	484	3675				
42	1	2019-10-14	121	433	605	3578			320	
42	2	2019-10-15	121	433	726	3001			800	
42	3	2019-10-16	121	433	847	2724			500	
42	4	2019-10-17	121	433	968	2547			400	
42	5	2019-10-18	121	433	788	2848	300			
42	6	2019-10-19	121	433	910	3281				
42	7	2019-10-20	121	433	31	3714	1000			
43	1	2019-10-21		433	38	3313	80		320	
43	2	2019-10-22		433	36	3845				
43	3	2019-10-23		433	0	4223				
43	4	2019-10-24		433	0	3987				
43	5	2019-10-25	121	377	121	3803				435
43	6	2019-10-26	121	377	242	4180				
43	7	2019-10-27	121	377	363	4557				
44	1	2019-10-28	121	377	484	4224			500	
44	2	2019-10-29	121	377	605	3891			500	
44	3	2019-10-30	121	377	726	3158			900	
44	4	2019-10-31	121	377	714	1642				

Figure 1 - Hamnleveranser september och oktober månad 2019.

I Error! Reference source not found. kan antalet nattleveranser under perioden avläsas vilket görs genom att lägga ihop antalet dagar då "Lagerflytt A12 till hamnlagret" tillsammans med "Lagerflytt A10 till hamnlagret" överstiger 650 (ton).

Detta resulterar i att nattleveranser körs 15 gånger under perioden vilket motsvarar $15/2 = 7.5$ nattleveranser/månad.

Under perioden körs också två helgleveranser vilket motsvarar $2/2 = 1$ helgleverans/månad.