



Studienævn for Industri og Global
Forretningsudvikling

Titel: Performance Measures, fra mål til styring
- en modeldreven tilgang

Fibigerstræde 16

Semester: Virksomhedssystemer 4. semester

DK - 9220 Aalborg Øst

Projektperiode: 1. februar 2012 – 1. juni 2012

Tlf. 99 40 93 09

ECTS: 30

swe@me.aau.dk

Vejleder: Kenn Steger-Jensen

www.industri.aau.dk

Projektgruppe: 13.5A

Jon Andersen

Claus Boye Asmussen

Tommy Dahlbæk Bell

Oplag: 5 stk.

Antal sider: 94 sider

Appendiks: 5 (på CD)

SYNOPSIS:

Rapporten introducerer problemstillingen omkring manglende fokus på koblingen mellem funktionerne på det taktiske niveau og funktionerne på det strategiske og operationelle niveau. Denne problemstilling blev taget op, og løst ved at udvikle en beslutningsstøttemodel. Beslutningsstøttemodellen er udviklet på baggrund af et MTS styringskonceptet. De valgte performance measures er udvalgt baseret på Andy Neely's framework, hvor de er blevet valgt på baggrund af relevans for en lagerproducerende virksomhed. Desuden blev der udført matematisk modellering af de udvalgte performance measures og i den forbindelse kom der anderledes bud på allokering af faste omkostninger i forhold til produktet. Beslutningsstøttemodellen blev udviklet således at den visualiserer sammenhængen mellem performance measure, funktioner, processer og styringsprincipper. Ud fra denne model blev der fundet manglende forbindelser for funktionerne planlægning og scheduling i forhold til performance measures, der er derfor udviklet to performance measures til at imødekomme de mangler. Med udgangspunkt i data, indsamlet til et andet formål, er der gjort brug af modelstrukturen til at strukturere dataene for at udføre PCA analyse. Der eksemplificerer hvorledes der via modellen ved hjælp af multivariate metoder kan finde graden af påvirkninger.

Ved at underskrive dette dokument bekræfter hvert enkelt gruppemedlem, at alle har deltaget lige i projektarbejdet og at alle således hæfter kollektivt for rapportens indhold.

Resumé

The topic of this report is how performance measures, company functions and production control principles can be combined to form a model aimed at supporting decision makers with respect to guiding the company or organization as whole towards their chosen goal or goals. This is accomplished by designing a model which indicates which company functions, performance measures and processes will be affected when adjusting a control principle or showing which control principle to adjust with the objective to improve a performance measure.

This was accomplished by modeling, both visually and mathematically, the company functions and production processes and combining the models with performance measures applicable for an organization employing an MTS planning and control concept. The performance measures are based on a framework chosen by a citation study and choosing one of the most cited authors in the performance measurement field, which has a perspective which is similar to that explored in the report. The company functions are based on the planning and control concept, which composes a number of company functions w most, if not all, MTS companies possess. The production control principles are based on the chosen planning and control concept and is identified based on domain knowledge and accepted literature in the field.

An information and material goods model is designed and is the basis for assigning control principles and performance measures to each function. Combining the performance measures, company functions and control principles via the developed models form a decision support model. Which upon review revealed a lack of focus on how to measure the tactical level/company functions of an MTS company? This was already suspected based on domain knowledge and published literature. There is a shortage of performance measurements aimed towards benchmarking how company functions perform. This is particularly aimed at production planning and production scheduling, for which no performance measures where identified. Developing two new performance measures and expanding the concept of *RunningCost* into covering the allocation of overhead expenses based on activities, which comprises how a function performs its primary function. For instance, the overhead cost for sales is allocated based on the number of saleslines which Sales process or how many products the packing and shipping department process. The performance measures developed represents a stability index and an economical index of how well both production and scheduling performs their primary function.

The performance measures are compared to historical numbers to make meaning of them and track how the functions develop compared to the overhead cost incurred. The stability index

indicate how stable a plan is based on how many changes are introduced from the beginning of a period compared to the end of that period, the economical index indicates how the expenses of a plan develops over the same period.

The developed decision support model and the new performance measures and expanded *runningcost* is used in an example to indicate how it is possible to affect the performance measure 'Ability to keep promise' which indicate the company or organizations ability to deliver the right amount at the promised date. Using the decision support model it is identified that the performance measure is based on data from the finished goods inventory and data which represents the development of the inventory and sales information containing promised sales and amount, must be subjected to further data analysis to answer how much each of the control principles affect the performance measure. A number of multivariate methods are available to discover latent connections between data, in the example Principal Component Analysis is chosen to base the analysis on. However the dataset chose to apply the analysis on is incomplete and must be manipulated to be eligible for applying the analysis on. This is not a problem as this is only an example, however in an actual situation, more data would have to be collected and organized for this method to be viable. Based on data manipulation and insertion of estimated values, the PCA method indicates that each control principle does not affect how the finished goods inventory is able to affect the performance measure 'Ability to keep promise'.

The conclusion of the report and the developed model is that is there is insufficient work done on performance measures for the tactical and that many performance measures are developed with an economical perspective which is not always sufficient to measures performance in some company functions. Further, there is ample opportunity to further develop the decision support model into a more comprehensive system, by applying further research into identification and application of performance measures towards the tactical level. Identifying and modeling further performance measures and connections towards the operational level through the tactical level would increase the decisions support models applicability.

Forord

Dette projekt er udarbejdet af gruppe 13.5A 4. semesters projekt på kandidatuddannelsen Virksomhedssystemer ved Institut for Mekanik og Produktion på Aalborg Universitet. Rapporten er udarbejdet i perioden fra den 1. februar 2012 til den 1. juni 2012.

Referencer i rapporten er vist i formatet "Chicago, 15. udgave" en komplet bibliografi findes sidst i rapporten.

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	1
2	Formål	7
3	Afgrænsning og fokus	9
4	Problemformulering.....	11
5	Metode.....	13
5.1	Afvejning og tilpasning af modelkomponenter (A).....	14
5.2	Identifikation og sortering af relevante performance measures (B).....	14
5.3	Deskriptiv modellering af produktion relevante processer (C)	15
5.4	Identifikation af styringsprincipper (D)	15
5.5	Kombination af model delkomponenter (E) – Overordnet Model	15
6	Performance Measures.....	17
6.1	Cost.....	19
6.2	Quality	23
6.3	Dependability	24
6.4	Opsamling	25
7	Proces modellering	27
7.1	Varestrøm.....	27
7.2	Informationsstrøm	28
7.3	Procesmodel.....	29
7.4	Funktionsinddelte processer.....	29
7.5	Forecast.....	30
7.6	Indkøb	31
7.7	Salg	32
7.8	Pluk/transport.....	32
7.9	Lager.....	33
7.10	Produktion.....	35
7.11	Opsamling	37

8	Styringsprincipper for MTS	39
8.1	Identifikation og beskrivelse af styringsprincipperne.....	39
9	Beslutningsstøttemodel	45
9.1	Beskrivelse af beslutningsstøttemodellen	45
9.2	Samling af performance measure og performance measure parametre.....	49
9.3	Opsamling	51
10	Manglende performance measures.....	53
10.1	Produktionsplanlægning	53
10.2	Schedulering.....	56
10.3	Opsamling	57
11	Modelforudsætninger.....	59
11.1	Forudsætninger til brug af modellen	59
11.2	Organisationsforudsætninger	59
11.3	Brugerforudsætninger	60
11.4	Opsamling	60
12	Modelbrug – En use case	63
12.1	Principal Component Analysis.....	69
13	Diskussion	73
14	Konklusion.....	79
15	Perspektivering	81
16	Bibliografi	85

Kapitel

1

Indledning

Dette kapitel præsenterer det fundament, som der vil arbejdes videre med resten af rapporten og fører til en formulering af afgrænsningen og en problemformulering. Der startes med en kort historisk gennemgang af oprindelsen af moderne produktionskoncepter for at sætte baggrunden for rapporten og det udførte arbejde, og som ender i et konkret emne der vil blive undersøgt.

I løbet af de sidste mange årtier har der været fokus på mange forskellige områder inden for optimering af industrielle produktionssystemer. I starten af det 19. århundrede satte Frederik Taylor trenden med en maskinel tilgang til opfattelsen af den ressource som en produktionsmedarbejder udgør. Essentielt betragtede Taylor en medarbejder i produktionen som et tandhjul, med de samme attributter og som kunne styres som en industrimaskine, denne fremgang er kendt som Taylorism. Denne måde at betragte medarbejderne på var medvirkende til en lang række af konflikter mellem ledelse og arbejdere, men var grundlaget for masseproduktion. (Kjær, Skriver and Staunstrup 2007)

Henri Fayol byggede oven på Taylorisme med et organisatorisk syn på virksomheden og banede dermed vej for at der blev oprettet organisatoriske retningslinjer, der var med til at påvirke, hvorledes virksomheder skulle sammensættes. (Kjær, Skriver and Staunstrup 2007)

I slutningen af 1960'erne slår systemteorien igennem og ændrer igen den måde virksomheden opfatter sig selv på. Virksomhederne begynder at se sig selv som en del af en kæde, og over en tidsperiode kommer 'Supply Chain' tilgangen til. Det er med udgangspunkt i den systemteoretiske tilgang at Michael E. Porter forfatter bogen: "Competitive Advantage", hvori der fremføres, hvordan virksomheder, i en kæde, bør arbejde mod et fælles mål for at kunne modstå konkurrenternes indtrængen på vundne markedsdele. Dette kan opnås ved at fokusere på de aktiviteter der bidrager med værdi, de bærende aktiviteter, i de enkelte virksomheder der deltager i kæden.

Sideløbende med udviklingen der førte til figur 1 er der en øget aktivitet inden for område af 'Performance Measurements', hvor der i tidsperioden 1992 – 1996 blev publiceret 3615 artikler om emnet, hvilket svar til ca. tre artikler om dagen, alene i USA (Neely, Business Performance Measurement - Theory and Practice 2002). Performance measurements kan bruges til at måle virksomhedens formåen og afgøre om virksomhedens enheder bevæger sig i retning af den valgte strategi. Ligesom Competitive Advantage skelner mellem bærende og støttende aktiviteter, er der også en opdeling i litteraturen for performance measurements hvor der i højere grad ønskes at monitorere bærende aktiviteter (Johnson, Scholes and Whittington 2010, 450-1).



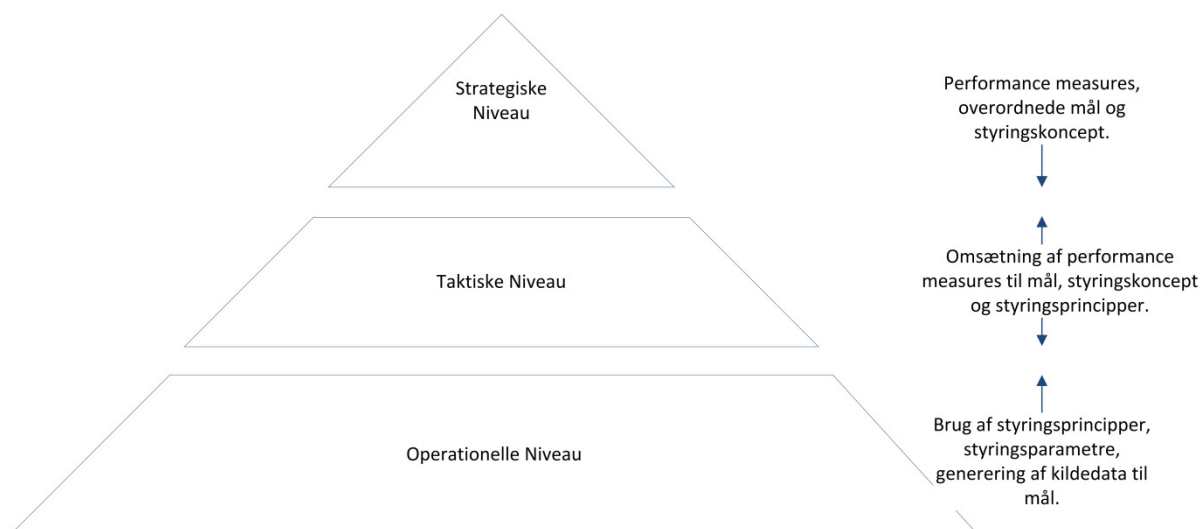
Figur 1 – Illustration der viser de bærende og støttende aktiviteter, jf. (Porter 1985).

Et af de mest udbredte systemer til målstyring og strategi er Kaplan & Nortons 'Balance Scorecard' [BSC], som søger at skabe samspil mellem den daglige drift, virksomhedens vision og de performance measures der søges at monitorere (Kaplan and Norton 1996). Kaplan & Norton nævner, at det der skal monitoreres, er kerneområder af virksomheden, og dette inkluderer ofte ikke de støttende funktioner, der er derfor ikke særlig meget fokus på dette område.

I 1990 udkom bogen: "The machine that changed the world – Lean Production", denne bog var kulminationen af en femårig undersøgelse af metoden bag Toyota Automotive's succes. Undersøgelsen blev initieret med målet om at kortlægge årsagen bag den dominerende rolle som, Toyota Automotive havde opnået. Denne bog introducerede verden til begreber som '5S' samt 'Muda'(De syv spildtyper). Lean er nærmest blevet synonymt med produktionsoptimering via fjernelse af de elementer, som ikke bidrager med værdi til produktet. Denne tilgang til produktion har i ca. 20 år påvirket måden der produceres på verdensplan (Bicheno 2004). I takt med at lønniveauet i Danmark er højere end mange andre steder, selv nabolandene (Hansen 2010), er det nu i større omfang økonomisk smartere at producere i lande med lavere løn, som f.eks. Kina eller Indien, eller lavtløns lande i Europa som Ungarn eller Balkanlandene, fordi prisen er en af de primære faktorer i markedet.

Det eksisterende fokus på både performance measures og produktionsoptimering, er ofte baseret på en kortsigtet målsætning om reducere af omkostninger for at opnå profitoptimering. Dette har medført en generel udflytning af produktionen til lande med lavere lønomkostninger. Kombinationen af fokus på produktionsoptimering og udflytningen af produktionen har medført at potentialet for minimering af omkostningerne, er mindre nu end tidligere. I stedet er der mulighed for besparelser ved effektivisering og optimering af det taktiske niveau, hvor der er høj løn, men ikke har været fokus på effektivisering hidtil.

Organisationen inddeles i et operationelt, taktisk og strategiske niveau, et eksempel på dette ses i figur 2. Det strategiske niveau er optaget af langsigtet planlægning samt opfølgning på virksomhedens vision og strategiplan. Det taktiske niveau oversætter og nedbryder strategiplanen til individuelle målbare parametre for den enkelte afdeling. På det operationelle niveau bliver der udført og korrigeret processer for at opnå de mål (Kjær, Skriver and Staunstrup 2007).



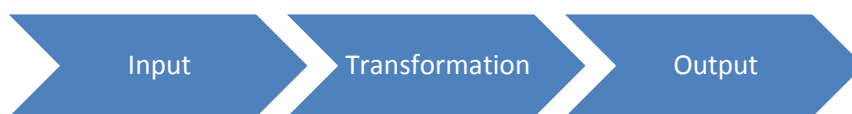
Figur 2 – Illustration over sammenhængen mellem virksomheds organisations niveau og opgaver.

Optimering af det taktiske niveau kan ske via effektivisering af processer, ligesom i produktionen, f.eks. via reducere af unødvendige processer. På trods af at der er øget mulighed for at benytte systemer til at behandle data fra f.eks. produktionen, er der sket en eksplosion af datamængden der skal behandles, og med øget transaktions logging og generelt øget dataopsamling fra processer, vokser mængden af data stadig. Den øgede mængde opsamlet data giver nye muligheder indenfor måling af virksomhedens evner (Performance measures), men kræver endnu mere behandling af data samt analyse for at bidrage med information til virksomheden. Dette skyldes at dataene er genereret på baggrund af transaktioner udført af systembrugeren eller af systemets indbyggede logik. At bruge transaktionsdata til beslutningsformål, kræver at det bliver bearbejdet. Denne bearbejdning er omtalt som Extract Transform Load [ETL], denne tilgang er ikke

ny, men udbredt i henhold til Arnott & Pervan (2008) og udviklingen indenfor fagområdet beslutningsstøttesystemer har de sidste 10 år været datadrevet i modsætning til modeldrevet.

Virksomheders brug af performance measures er stærkt stigende og der monitoreres mange forskellige mål i hele virksomheden, mange af dem er økonomiske eller procesorienteret. Den øgede brug af performance measures har øget behovet for at behandle og fortolke data, samt vurdere de økonomiske konsekvenser ved resultaterne af de mange målte performance measures. Hver gang der ændres i en plan eller proces, skabes der en lang række transaktioner og information der skal behandles. Dette sker primært i det taktiske niveau. Det taktiske niveau har dermed fået mere at lave, men har ikke oplevet den samme effektivisering eller optimering som det operationelle niveau. På baggrund af dette er en forståelse for produktionsvirksomheders generelle opbygning vigtig for at kunne forstå virksomhedernes opførsel og for at der kan konkluderes hvor henne i virksomheden en indsats for optimering er mest relevant.

Grundlæggende er en virksomhed en transformationsenhed, hvor der tilgår komponenter, som udsættes for en transformation inden det kan sælges til kunden. En illustration af transformationen fremgår af figur 3. Denne transformation understøttes af virksomhedens organisation (Kjær, Skriver and Staunstrup 2007).



Figur 3 - Virksomheden set som en transformation (Slack and Lewis 2008).

Styring af denne transformation er underlagt et styringskoncept, hvilket koncept der vælges er situationsbestemt. Eksempler på styringskoncepter kan være: Make to Order[MTO], Make to Stock[MTS] eller Assembly to Order[ATO]. Fælles for styringskoncepterne er, at de relaterer sig til hvordan produktionen planlægges og styres. De forskellige styringskoncepter kan primært skelnes ved at lokalisere kunde-dekoblingspunktet.

På det operationelle niveau er der en række justeringsmuligheder, der udgør den reelle styring af processerne. De tilgængelige justeringsmuligheder påvirker processerne og igennem dem virksomheden som helhed (Johansen, Riss and Arlbjørn 2006, 57). De tilgængelige justeringsmuligheder i virksomhedens styringskoncept betegnes fremover som styringsprincipper. Et styringsprincip, indeholder en række styringsparametre, som overordnet er med til at styre en given proces efter de retningslinjer som styringsprincippet repræsenterer. Styringsprincipper er i det her tilfælde betegnet som f.eks. et bestemt sekvenseringsprincip for scheduleringen, EOQ eller reorderpoint for lager eller en forecast metode. For at kunne styre via et styringsprincip, benyttes

der styringsparametre. Et styringsparameter er i den efterfølgende tekst defineret, ud fra egen fortolkning, som:

"Et styringsparameter betegnes som et input til en proces, der benyttes til at regulere hvordan processen skal korrigeres for at opfylde kravet fra styringsprincippet."

I en produktionsvirksomhed er de primære processer placeret i produktionen, og styringen af at levere det der ønskes fra kunden, uanset styringskoncept, er en vigtig del. Det store fokus på produktionen har medført, at produktionen er blevet optimeret og ikke har meget spild tilbage. Ligeledes har det strategiske niveau fået megen opmærksomhed i forbindelse med udviklingen af performance measures jf. (Wilson 2010).

På baggrund af de foregående afsnit, er der samlet et billede af, at produktionen har fået megen opmærksomhed omkring optimering og effektivisering. Ligesom det strategiske niveau har fået megen opmærksomhed i forbindelse med f.eks. performance measures og udvikling af strategier. Det taktiske niveau ikke er blevet tilgodeset på samme måde, men derimod har haft en øgning af arbejdsopgaver i forbindelse med f.eks. databehandling, hvor der ikke sidenhen er fokuseret på optimering af arbejdsopgaver.

Det taktiske niveau er gået fri i forbindelse med optimering af arbejdsprocesser, i stedet har der de seneste 10 år været fokus på at støtte arbejdsprocesserne på det taktiske niveau, via datadrevet beslutningsstøtteværktøjer.

Formål

Det har ikke været muligt at finde en fælles model som samler performance measures, styringskonceptet og dertilhørende styringsprincipper i en model. Figur 2 (s. 3) viser at det er det taktiske niveau der binder styringsprincipperne fra det operationelle niveau sammen med de PM og overordnede mål fra det strategiske niveau, via en fortolkning af performance measures der giver en række parametre der kan måles på. Netop det manglede fokus på det taktiske niveau har været medvirkende til at der ikke er udviklet sådanne modeller. Et blik på litteraturen viser at der ikke er meget fokus på udvælgelsen af passende performance measures, i forhold til det valgte styringskoncept eller udvælgelse af passende styringsprincipper. Derudover er der også manglende fokus på hvordan der skabes samspil mellem styringsprincipper og de valgte performance measures.

Formålet med dette projekt er derfor, at designe en beslutningsstøttemodel som visualiser forbindelsen mellem performance measures, styringskoncept og styringsprincipper. På sigt vil modellen kunne hjælpe med at strømligne beslutnings- og styringsprocessen, så alle beslutninger går mod samme mål.

Kapitel

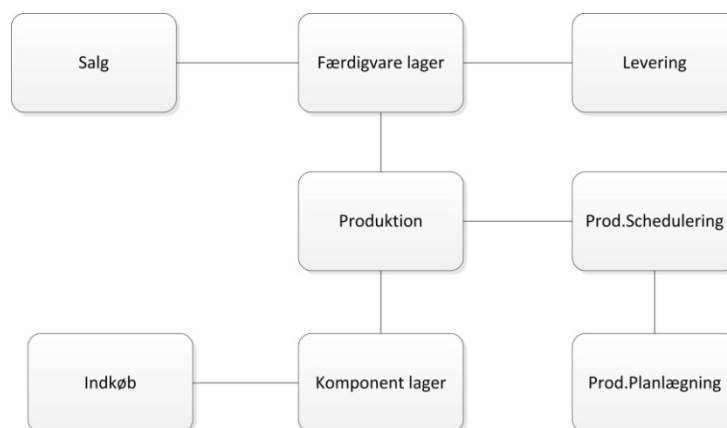
3

Afgrænsning og fokus

Med henblik på at skabe en model som sammenkæder performance measures, styringskoncept og styringsprincip, er det nødvendigt at afgrænse og fokusere problemstillingen. I indsnævringen af problemstillingen vælges der ét styringskoncept, samt en definition på hvilke processer dette styringskoncept indebærer.

Grunden til valget af ét styringskoncept er baseret på et ønske om at være i stand til at fokusere og udnytte de tilstedeværende ressourcer, der resultere i en større dybde i løsningen af problemstillingen. Det er valgt at taget udgangspunkt i MTS styringskonceptet. Derudover vælges der kun at fokusere på de interne processer. Dette resultere i at alle processer der har med kunde eller leverandør siden ikke vil blive medtaget i beslutningsstøttemodellen.

Det videre arbejde antager at en MTS virksomhed ser ud, som illustreret i figur 4. Det er på denne baggrund at nogle performance measures og styringsprincipper kan udvælges som værende relevante og samles i en beslutningsstøtte model, på baggrund af Neely (2002).



Figur 4 – Systemet der arbejdes med.

Fokus er derfor at finde forbindelserne mellem performance measures og styringsprincipper, baseret på MTS strukturen i figur 4.

Kapitel

4

Problemformulering

Med udgangspunkt i MTS definitionen i kapitel 3 Afgrænsning og fokus, og ønsket om at bidrage med en beslutningsstøttemodel, som kan optimere tværorganisatoriske beslutninger sådan arbejdsgangen på det taktiske niveau i virksomheden optimeres er følgende problemformulering udarbejdet:

"Hvordan kommer en beslutningsstøttemodel til udtryk, som søger at ensrette tværorganisatoriske beslutninger i en MTS kontekst, således at beslutningstagere understøttes og divergerende beslutninger undgås?"

Problemformuleringen nedbrydes til tre underliggende spørgsmål. Underspørgsmålene har til formål at målrette arbejdet mod at kunne besvare problemformuleringen. De tre underspørgsmål har til formål at skabe et grundlagt hvorfra det vil være muligt at udarbejde besvarelsen af problemformuleringen.

De tre underspørgsmål arbejder hvert med et aspekt, som er fundet basale for at kunne besvare problemformuleringen. Aspekterne er: Performance measures, funktioner, processer og styringsprincipper.

Underspørgsmål 1, har til formål at frembringe den viden som er nødvendig for at besvare performance measures aspektet af beslutningsstøttemodellen og har følgende ordlyd:

"Hvordan kan der via en citations undersøgelse, udpege performance measures som overvåger det produktionsmæssige, såvel som de administrative processer i relation til den definerede MTS model?"

Underspørgsmål 2, skal samle de informations og varestrømme som genereres i en MTS virksomhed jf. figur 4 (s. 9). Formålet med samlingerne er at kunne modellere sig frem til de parametre, som er indeholdt i de indbyrdes relationer mellem processer og funktioner, underspørgsmål 2 lyder:

"Hvordan kan der via information og varestrøm, modelleres processer for en MTS virksomhed, og kombinere disse til en samlet procesmodel baseret på processernes indbyrdes relationer?"

Underspørgsmål 3, arbejder med beslutningstagerens indgang til styringsprincipperne hvilket gøres ud fra følgende sætning:

"Hvilke styringsprincipper håndterer de forekommende styringsmæssige opgaver, som kan identificeres ud fra den definerede MTS kontekst?"

Kapitlerne, Performance measures, Proces modellering og styringsprincipper for MTS (kap. 6 s. 17, kap. 7 s. 27, kap. 8 s. 39), arbejder med underspørgsmål 1-3 mens Beslutningsstøttemodel og manglende performance measures (kap. 8 s. 45, kap. 9 s. 53) har til formål samle og besvare problemformuleringen.

Kapitel

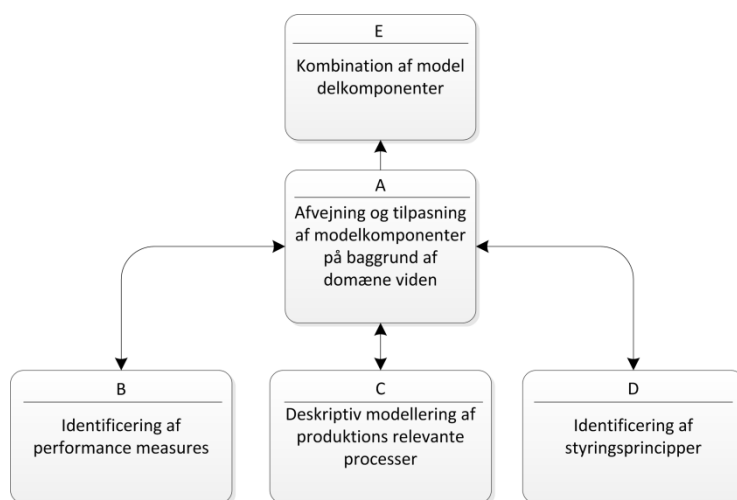
5

Metode

Dette kapitel beskriver, på baggrund af de tre arbejdsspørgsmål fra problemformuleringen, metoden der er benyttet til at frembringe de individuelle dele af den samlede beslutningsstøtte model. De individuelle dele består af at identificere relevante performance measures i forhold til styringskonceptet, en modellering af processerne i en MTS virksomhed og identifikation og vurdering af styringsprincipper og give inspiration til de tilhørende styringsparametre.

På baggrund af problemformuleringen er der identificeret tre områder der bidrager til den samlede problemstilling.

- Identifikation af relevante performance measures via Neely (2007).
- Identifikation af relevante styringsprincipper i forhold til MTS styringskonceptet og problemstillingen.
- Deskriptiv modellering af produktionsprocesserne.



Figur 5 – Metodemæssige arbejdsstruktur til design af beslutningsstøttemodel.

5.1 Afvejning og tilpasning af modelkomponenter (A)

Hver af de tre komponenter B,C,D bliver brugt til at identificere og sortere performance measures, styringsparametre og processer, samt udbygge en samlet procesmodel med informations strømme. Identifikation og sortering er baseret på eksisterende domæneviden kombineret med udgivelser omkring performance measures og produktionsstyring samt information fra alle tre områder. Litteraturen er udvalgt på baggrund af en eksplorativ fremgangsmåde og "Desk Research".

Fremgangsmetoden er illustreret i figur 5 (s. 13), hvor der bemærkes at forbindelserne mellem de enkelte områder "Identifikation og sortering af relevante performance measures (B)", "Deskriptiv modellering af produktion relevante processer (C)", "Identifikation af styringsprincipper (D)" og den overordnede samling og styrings proces "Afvejning og tilpasning af modelkomponenter (A)", går begge veje. Metodemæssigt har arbejdet med hver af processerne B til D bidraget med yderligere viden til den samlede domæne viden (A), hvilket er med til at styre de enkelte processer som helhed, og kombinere resultaterne fra proces B til D i en samlet beslutningsstøttemodel i E.

I processen "Afvejning og tilpasning af modelkomponenter (A)" foregår der således en afstemning af hvilken resultater fra de underliggende processer der skal med i den overordnede model. Samt en tilpasning af hvordan de underliggende processer arbejder. På baggrund af afstemningen og tilpasning af delkomponenterne til modellen, bliver der udfærdiget en samlet model der danner basis for at foretage beslutninger. Modellen beskriver viden omkring sammenhæng og påvirkninger indbyrdes blandt performance measurements via styringsprincipperne.

5.2 Identifikation og sortering af relevante performance measures (B)

På baggrund af det citationsstudie, der er baseret på Taticchi et al. (2008), undersøges de primære emner for at bestemme hvilke forfattere, der ligger nærmest op af emnet i denne rapport.

Der identificeres herefter en række performance measurements baseret på litteraturen fra de valgte forfattere. På baggrund af litteraturen sorteres og kvantificeres de identificerede performance measurements i henhold til emnet og styringskonceptet der benyttes. På baggrund af "Deskriptiv modellering af produktion relevante processer (C)" og "Identifikation af styringsprincipper (D)", bliver der løbende identificeret og tilpasset en række performance measurements der er gældende for systemet.

5.3 Deskriptiv modellering af produktion relevante processer (C)

I denne proces bliver en overordnet struktur af de processer der er fremherskende i en lagerproducerende virksomheden modelleret, strukturen er baseret på domæne viden kombineret med litteratur omkring processer der findes i en lagerproducerende virksomhed.

De enkelte processer bliver beskrevet ud fra en betragtning om processens in- og output, i form af enten fysisk varestrøm eller informationsstrøm, hvor der er tilknyttet en række parametre der beskriver in- og output baseret på den funktion som processen udfører.

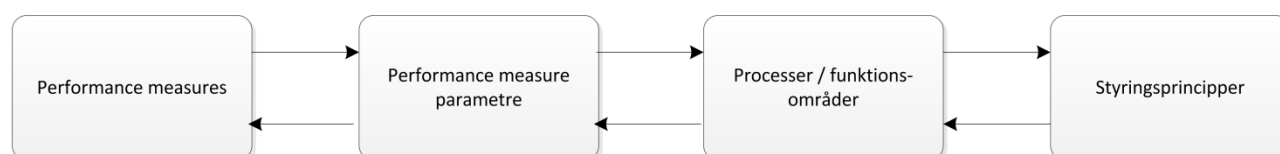
De beskrevne parametre samles i en liste der inkluderer en kort beskrivelse. Ligesom i "Identifikation og sortering af relevante performance measures (B)" bliver modelleringen løbende tilpasset på baggrund af information fra de andre processer.

5.4 Identifikation af styringsprincipper (D)

I denne proces tages der udgangspunkt i udvalgt litteratur omkring performance measurements og produktionsprocesser, for at identificere nogen af de relevante styringsprincipper der er at finde i en lagerproducerende virksomhed. På baggrund af resultater fra "Identifikation og sortering af relevante performance measures (B)" og "Deskriptiv modellering af produktion relevante processer (C)" revideres styringsprincipperne løbende.

5.5 Kombination af model delkomponenter (E) – Overordnet Model

I denne proces bliver den samlede viden fra proces A, kombineret med de enkelte dele fra proces B til D, performance measures, proces modelleringen (indeholdende informationsstrømme og procesparametre) og styringsprincipper samlet i en overordnet model. På baggrund af den detaljerede modellering foretaget i de enkelte processer, er det muligt at kombinere delkomponenterne, ved at samle et overordnet koncept til de modellerede parametre som konceptet består af, jf. performance measures til de enkelte performance measure parametre, parametre til processer og processer til de enkelte styringsprincipper som benyttes, som illustreret i figur 6. Under hver delkomponent bliver værdierne parret med de tilhørende værdier fra de nærmeste andre delkomponenter.



Figur 6 – Illustration over kombinationen af delkomponenter til komplet model.

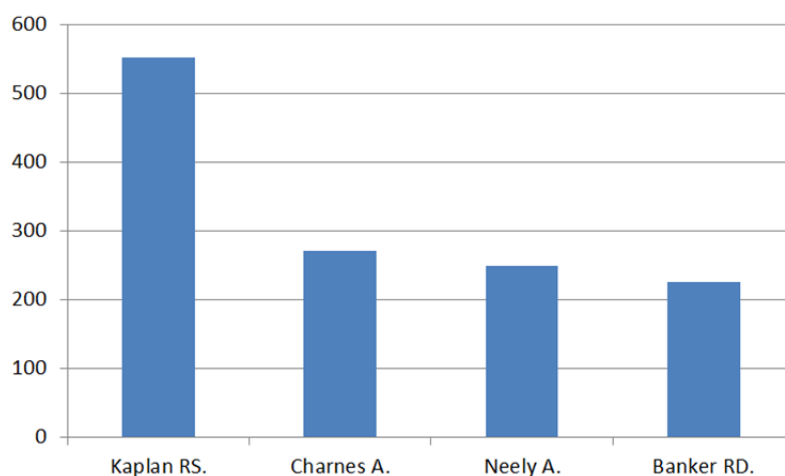
Kapitel

6

Performance Measures

På baggrund af kapitel 3 Afgrænsning og fokus, hvor der blev lagt fokus på MTS styringskonceptet, vil dette kapitel fokusere på identifikationen, sortering og kvantificering af en række performance measures der er udvalgt baseret på en citationsstudie.

Baseret på et citationsstudie, er der identificerede fire forfattere der er oftest citeret, inden for området performance measurement, viser figur 7 en oversigt over antal citationer, for de fire forfattere.



Figur 7 – Citations resultater frit efter Taticchi, et al. (2008).

På baggrund af citationsfordelingen er der efterfølgende blevet udført en gennemgang af de primære emner som hver af de fire forfattere har udforsket (tabel 1 s. 18), og som citationerne er baseret på. På baggrund af tabel 1, har Neely, A. det fokus der ligger tættest det emne der bliver udforsket i denne rapport, derfor vil der fremover blive benyttet Neely A's "Performance Objective framework" (Neely, Measuring performance: The operations management perspective 2007, 69) til sortering og kvantificering af de identificerede performance measurements.

Forfatter	Emne	Perspektiv
Banker R.D.	Revision	Økonomisk
Charnes A.	Matematisk modellering	Økonomisk
Neely A.	Operationel modellering	Performance Measurement
Kaplan R.S.	Balanced Scorecard[BSC]	Økonomisk

Tabel 1 – Forfatter, primære emne og perspektiv baseret på citationsstudiet.

På baggrund af Andy Neely's performance objective framework (tabel 2) kombineret med en strategisk tilgang til performance measurements, kan virksomheden afstemme deres produkter og produktionsapparat i forhold til de markeder de befinder sig i. Dette gøres via udarbejdelsen af virksomhedens strategi. Strategien er et resultat af en analyse, der viser spændet mellem virksomhedens kapabilitet og de krav der stilles fra markedet som virksomheden opererer i. På denne baggrund, hvor MTS er valgt som styringskoncept, er det muligt at analysere hvilket markedskrav der findes til virksomheden. MTS virksomheder producere standard produkter hvor der ofte er mange andre virksomheder der kan opfylde de samme minimumskrav (order qualifiers) kunderne har til produktet. Hvor et minimumkrav er f.eks. at levere til rette tid og kvalitet. Ordre vinderen, er oftest salgsprisen, da det er prisen der i sidste ende afgør om kunden vælger den ene virksomheden frem for den anden. Det er derfor essentielt for virksomheden at dokumentere strukturen af salgsprisen for at maksimere profit.

Grundet det fokus der ligger på omkostninger, er der primært fokuseret på performance measures der hører under "Cost" i Neely's framework, kombineret med "Conformance", som dækker hvordan produktet opfylder specifikationen. Samt "Ability to keep promises" evnen til at levere i rette tid og mængde, fra henholdsvis "Quality" og "Dependability" er også medtaget. De udvalgte performance measures vurderes til at være del af minimumskravet for at kvalificere sig til en ordre, hvor cost objectives ofte er det der afgør hvem der vinder ordren.

Quality	Dependability	Speed	Flexibility	Cost
Conformance	Ability to keep promises	Production speed	Material quality	Service cost
Performance	Delivery performance	Delivery speed	Output quality	Value added
Reliability	Schedule adherence	Delivery frequency	Deliveryability	Profit
Features	Price performance	Quote generation	Modified product	Running cost
Technical durability		Product development	Volume	Manufacturing cost
Serviceability			Mix	Selling price
Aesthetics			Ressource mix	
Perceived quality			New products	
Value for money				

Tabel 2 - Oversigt over Performance Measures i forhold til Performance Objectives (Neely, Measuring performance: The operations management perspective 2007)

Blå performance measures er i fokus.

6.1 Cost

På baggrund af tabel 2, behandles alle performance measures der hører under performance measured cost, hvilket strækker sig fra omkostninger til service af maskiner eller produkter til rene fabrikationsomkostninger.

6.1.1 Value added

Værditilvækst er summen af værdien af delkomponenter og materialer[DM] som indgår i produktet eller produksamlingen p , værdien af de mandetimer[MT1] som er brugt på produktion samt værdien af de maskintimer[MT2] som er brugt på produktion af p , udtrykket er repræsenteret i ligning 1.

$$Værditilvækst_p = \sum DM_p + \sum MT1_p + \sum MT2_p \quad \text{Ligning 1}$$

6.1.2 Service cost

Service omkostninger betragtes som en udgift sammensat af de Maskintimer[MT2] og de Mandetimer[MT1], der er afviklet i forbindelse med nedetid grundet vedligeholdelse, herefter benævnt som service s , hvor s er et udtryk for en given service på en maskine. Omkostningen er repræsenteret i ligning 2.

$$Service\ Omkostning_s = \sum MT1_s + \sum MT2_s \quad \text{Ligning 2}$$

6.1.3 Running Cost

$Runningcosts_{pe}$ er et udtryk for de faste udgifter som er forbundet med virksomhedens drift i perioden pe . $Runningcosts_{pe}$ er summen af de udgifter som ikke er produkt drevet, og er sammensat af parametrene som fremgår af tabel 3, og beregnes som udtrykt i ligning 3 s. 20. Der findes mange andre parametre som kan medtages, men på baggrund af afgrænsningen (Kapitel 3, s. 9) er parametrene som fremgår af tabel 3 de parametre, som vurderes relevante i denne sammenhæng.

Running cost Parameter	Forklaring
LønSalg_{pe}	Lønudgifter i forbindelse med salg i perioden pe
LønForecast_{pe}	Lønudgifter i forbindelse med Forecast i perioden pe
LønPlan_{pe}	Lønudgifter i forbindelse med Planlægning i perioden pe
LønSch_{pe}	Lønudgifter i forbindelse med Scheduling i perioden pe
LønLagerF_{pe}	Lønudgifter i forbindelse med drift af færdigvarelager i perioden pe
LønLagerK_{pe}	Lønudgifter i forbindelse med drift af råvare og komponenter lager i perioden pe
LagerF_{p,pe}	Udgifter i forbindelse med lagerførelse af produktet eller produktsamling p i perioden pe
LagerK_{K/RV,pe}	Udgifter i forbindelse med lagerførelse af komponent eller råvare K/RV i perioden pe

Tabel 3 – Oversigt over faste udgifter i en MTS virksomhed.

På baggrund tabel 3, er $Runningcosts_{p,pe}$ udtrykt som i ligning 3 og er gennemgået i de efterfølgende afsnit.

$$\begin{aligned}
 Runningcosts_{p,pe} = & RCSalg_{p,pe} + RCFore_{p,pe} + RCPlan_{p,pe} + \\
 & RCSchP_{p,pe} + RCPlukOLF_{p,pe} + RCPlukOLK_{p,pe} + LagerF_p + LagerK_{K/RV,pe}
 \end{aligned}$$

Ligning 3

For at undgå en gennemsnitsbetragtning, som eksempelvis Kaplan & Norton (1992) gør brug af i deres BSC system, vælges der en tilgang hvor fordelingen af udgiften, $LønSalg_{pe}$, fordeles i forhold håndterede salgsordrelinjer. Salgsordrelinjer værende en linje på en salgsordre som indeholder produktet p samt hvor stort et antal det skal leveres. Udgangspunktet i ordrelinje begrundes med, at arbejdet med at oprette en ordrelinje er det samme uanset om den indeholder 10 stk. af produktet p eller 1 stk. jf. beskrivelsen kommer ligning 4 til udtryk. Antallet af ordrelinjer i perioden pe indeholdende p betegnes som $Ordrelinje_{p,pe}$ mens det samlede antal af ordrelinje i perioden pe betegnes som $Ordrelinje_{pe}$. $Runningcosts_{p,pe}$ relateret til salgshåndtering af p i perioden pe og udtrykkes som $RCSalg_{p,pe}$.

$$RCSalg_{p,pe} = \frac{LønSalg_{pe} * Ordrelinje_{p,pe}}{Ordrelinje_{pe}}$$

Ligning 4

Fordelingen af $LønForecast_{pe}$ behandles på en lignende måde, men med udgangspunkt i det antal informationssignaler der går ind til forecast processen. Det samlede antal opdateringssignaler sendt til forecast funktionen indenfor perioden pe , benævnes som $FSig_{pe}$. Mens $FSig_{p,pe}$ gælder antal signaler relateret til p inden for perioden pe . *Runningcost* relateret til forecast, kommer således til udtryk via $RCFore_{p,pe}$ gældende for perioden pe og p (se ligning 5).

$$RCFore_{p,pe} = \frac{LønForecast_{pe} * FSig_{p,pe}}{FSig_{pe}}$$

Ligning 5

Udgifter i forbindelse med produktionsplanlægning beregnes også ud fra belastningen, produktet eller produktsamlingen p påfører produktionsplanlægningsprocessen. Dette gøres med basis i de produkter som fordrer opdatering af produktionsplanen. Det vil sige det samlede antal produkt poster, som der er ændringer til på produktionsplanen inden for perioden pe , benævnes som $PlanÆ_{pe}$, mens de produkter eller produktsammensætning p som kræver ændring benævnes $PlanÆ_{p,pe}$. $PlanÆ_{p,pe}$ kan antage værdierne 1 eller 0, 0 når der ikke har været ændringer i forholdet til p og 1 når der har. *Runningcost* relateret til ændringer i produktionsplanen skrives som $RCPlan_{p,pe}$ og frembringes som fremgår af ligning 6. Det er kun ændringer der bliver noteret, da den første plan skal udarbejdes under alle omstændigheder, under antagelse af at den første plan burde være tilfredsstillende, så er det ændringer der medføre øget omkostninger og derfor de ændringer der bør være fokus på.

$$RCPlan_{p,pe} = \frac{LønPlan_{pe} * PlanÆ_{p,pe}}{PlanÆ_{pe}}$$

Ligning 6

Lønomkostninger for scheduleringsprocessen fordeles ud fra hvilke produktionsordre, som er indeholdt i scheduleringspuljen. Scheduleringspuljen er en samling af ordre som endnu ikke er frigivet til fabrikation, men er under schedulering. Antallet af ordre i puljen i perioden pe benævnes som $SchP_{pe}$ mens antallet af ordre i puljen tilhørende produktsamlingen p i perioden

pe benævnes som $SchP_{p,pe}$. $Runningcost_{p,pe}$ relateret til scheduling benævnes $RCSchP_{p,pe}$ og udtrykkes i ligning 7.

$$RCSchP_{p,pe} = \frac{LønSch_{pe} * SchP_{p,pe}}{SchP_{pe}}$$

Ligning 7

På samme vis som fordeling af lønomkostninger under salg, fordeles lønudgifter også når det kommer til færdigvarelageret og råvare og komponentlageret. Hvilket vil sige at der tages udgangspunkt i antallet af linjer på plukordren frem for antallet af produkter eller komponenter. Dette ud fra samme argumentation, om at det er processen i at plukke fra lageret som bærer omkostningen og ikke det stk. antal som plukkes. Dette kan ses ligning 8 og ligning 9.

Hvor det gælder for ligning 8 at $RCPlukOLF_{p,pe}$ er færdigvarelagerlønudgiften for p gældende i perioden pe . $PlukOLF_{pe}$ er det samlede antal pluklinjer i perioden pe og $PlukOLK_{p,pe}$ er pluklinjer i perioden pe relateret til p .

For ligning 9 gælder det at $RCPlukOLK_{p,pe}$, er lønudgiften i forbindelse med pluk af råvare og komponenter er relateret til p indenfor perioden pe . Mens $PlukOLK_{pe}$, er det samlede antal af pluklinjer i perioden pe og $PlukOLK_{p,pe}$, er det antal pluklinjer som er relateret til p indenfor perioden pe .

$$RCPlukOLF_{p,pe} = \frac{LønLagerF_{pe} * PlukOLF_{p,pe}}{PlukOLF_{pe}}$$

Ligning 8

$$RCPlukOLK_{p,pe} = \frac{LønLagerK_{pe} * PlukOLK_{p,pe}}{PlukOLK_{pe}}$$

Ligning 9

Omkostningerne ved lagerføring af produktet p eller de tilhørende komponenter og råvare K/RV , beregnes ud fra beholdningen på den sidste dag i perioden pe mens at lagerrenten benævnes som LR .

$$LagerF_{p,pe} = Antal_{p,pe} * LR \quad \text{Ligning 10}$$

$$LagerK_{K/RV,pe} = Antal_{K/RV,pe} * LR \quad \text{Ligning 11}$$

6.1.4 Manufacturing cost

Produktionsomkostninger på produktet p beregnes som fremført i ligning 12.

$$Produktionsomkostninger_p = Runningcosts_{p,pe} + Værditilvækst_p \quad \text{Ligning 12}$$

6.1.5 Selling Price

Salgsprisen for produktet p er defineret som den pris det er mulig at opnå i markedet.

6.1.6 Profit

Profit benævner den indtjening der er på baggrund af salgsprisen på et givent produkt fratrasket de produktionsomkostninger der går til ved fremstillingen. $Profit_p$ er repræsenteret i ligning 13.

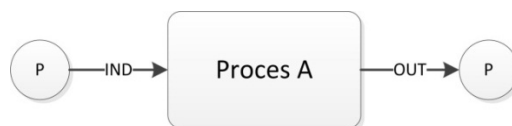
$$Profit_p = Salgsprisen_p - Produktionsomkostninger_p \quad \text{Ligning 13}$$

6.2 Quality

De performance measures der hører til kvalitet, strækker sig over overensstemmelse mellem in- og output i en produktionsproces, til pålidelighed eller tekniske formåen. I dette tilfældet behandles kun conformance, jf. tabel 2 (s. 19).

6.2.1 Conformance

Udtrykket dækker over virksomhedens evne til at afstemme kvalitet og kvantitet af komponenter der fungere som input til en produktionsproces med det output som processen har. Mængden af in- og output er baseret på en fordelingsnøgle fra BoM listen. Formålet med det er at måle om der bliver forbrugt flere komponenter end nødvendigt for produktion af et givent produkt. Figur 8 viser en beskrivelse af processen og ligning 14 (s. 24) repræsenterer det målbare i en matematisk formel.



Figur 8 – Viser komponenten p som tilgår Proces A og forlader processen efter forædling.

Ligning 14 beskriver udviklingen af kvalitet over tid, for en proces. *Kvalitet over proces_{A%}*, hvor A er en given proces, der monitoreres over flere perioder og er værdien gående mod 0 er det indikerende for at en proces har en faldende kvalitets præstation.

$$\frac{\frac{OUT_p proc_a}{fordelingsnøgle_p} * 100}{IND_p proc_a} = Kvalitet\ over\ proces_{A\%}$$

Ligning 14

6.3 Dependability

Jf. tabel 2 (s. 19) behandles der kun ét performance measures fra dependability.

6.3.1 Ability to Keep Promises

Ability to keep promises er defineret som evnen til at levere til tiden, i fuldt antal[LTFA]. LTFA skal ses som en måling i forhold til det antal som fremgår af salgsordren stemmer overens med det faktisk leverede antal produkter, og om leveringen er foretaget på den aftalte dato. Udtrykket er repræsenteret i to formler, hvor den ene behandler antal[FA] (ligning 15), mens den anden behandler overholdelse af leveringsdato[LT] (ligning 16). Det skal bemærkes at performance measuret først er opfyldt når en ordre er leveret i rette tid og mængde, hvorfor at levere i rette tid, med forkert mængde ikke vil blive medtaget som succesful opfyldelse af ability to keep promises. I dette tilfælde tages der udgangspunkt i et enkelt produkt, men udtrykket kan også benyttes til udregning baseret på samlet ordre, så er p i stedet en komplet salgsordre og ikke et bestemt produkt.

$$Afvigelse_{FA} = FA_p Lev_k - FA_p Salg_k$$

Ligning 15

$FA_p Lev_k$ er det antal af produkter eller produktsammensætning p som er leveret til kunden k , $FA_p Salg_k$ er det antal af p som oprindeligt er lovet til kunden k af salg. $Afvigelse_{FA}$ kan antage værdien 0 hvilket indikere overensstemmelse mellem antal solgt og antal leveret. I de tilfælde hvor $Afvigelse_{FA}$ antager en negativ værdi er der tale om underlevering mens en positiv værdi er udtryk for en overlevering. Værdien af udtrykket, er størrelsen på afvigelsen i antal produkter p ,

om der er tale om en overlevering eller underlevering i forhold til et aftalt interval, er ikke relevant, da der i begge tilfælde er tale om manglende evne til at opfylde det efterspurgt.

$$Afvigelse_{LT} = LT_p Lev_k Dato - LT_p Salg_k Dato$$

Ligning 16

$LT_p Lev_k Dato$ er den dato produktet eller produktsammensætningen p er leveret til kunden k , $LT_p Salg_k Dato$ er den dato produktet p er lovet leveret til kunden k . $Afvigelse_{LT}$ kan antage værdien 0 hvilket indikerer overensstemmelse mellem dato lovet og dato leveret. I det tilfælde hvor $Afvigelse_{LT}$ antager en negativ værdi er der tale om tidlig levering, og omvendt indikere en positiv værdi at der er leveret for sent. Værdien af udtrykket indikere antallet af produkter der er leveret for tidligt eller sent.

6.4 Opsamling

På baggrund af de gennemgået performance measures og deres udtryk, er følgende parametre identificeret som værende de parametre der skal monitoreres for at kunne måle de udvalgte performance measures. Parametrene kan efterfølgende benyttes til at finde den omkostningsstruktur der ligger til basis for salgsprisen. En opsamling af alle parametrene er udarbejdet i tabel 4.

Parameter	Forklaring
DM	Delkomponenter og materialer
MT1	Mandetimer
MT2	Maskintimer
Running Cost	Faste omkostninger
Selling cost	Salgspris
OUT	Output af komponenter fra processen
IND	Input af komponenter til processen
$LT_p Lev$	Faktisk leveringsdato
$LT_p Salg$	Lovet leveringsdato
$FA_p Lev_k Dato$	Faktisk antal leveret
$FA_p Salg_k Dato$	Lovet leveret antal

Tabel 4 – Oversigt over parametre og forklaring.

Proces modellering

I dette kapitel vil der være en beskrivelse af den processtruktur der findes i en lagerproducerende virksomhed. Processtrukturen er baseret på domæne viden samt udvalgt litteratur, der er grundlag for en identifikation og modellering af de enkelte processer. Sidst i kapitlet (s. 38) er alle formler samlet i en tabel, med korte beskrivelser.

Processtrukturen i en MTS virksomhed er præsenteret i figur 4 s. 9. Strukturen i figuren er sammen med litteratur og domæneviden, grundlag for den modellering som udføres i dette kapitel. Processtrukturen er modelleret for at kunne illustrere hvordan informationen og de fysiske varer, bevæger sig mellem de enkelte processer. Den færdige model kan ses i figur 11 (s. 30), modellens udfærdigelse og de modelleringer der er udført ses i det efterfølgende afsnit. Modelleringstilgangen er delt i to, hvor del et fastlægger og modellerer den fysiske varestrøm mens del to fastlægger og modellerer informationsstrømmen.

7.1 Varestrøm

Den fysiske varestrøm er modelleret i figur 9 hvilket er afgrænset fra to ydre punkter som levering af komponenter til komponentlageret samt levering til kunden. De to ydre punkter er ikke medtaget på figur 9, jf. kap. 3 - Afgrænsning og fokus, men er beskrevet for at illustrere hvad der grænser op til modellen.



Figur 9 – Modellering af den fysiske varestrøm igennem en MTS virksomhed.

Figur 9 er fremkommet ved en gennemgang af arbejdsgangen i MTS produktions virksomheder. Det setup der tages udgangspunkt i er: Komponenter og råvare ankommer til et

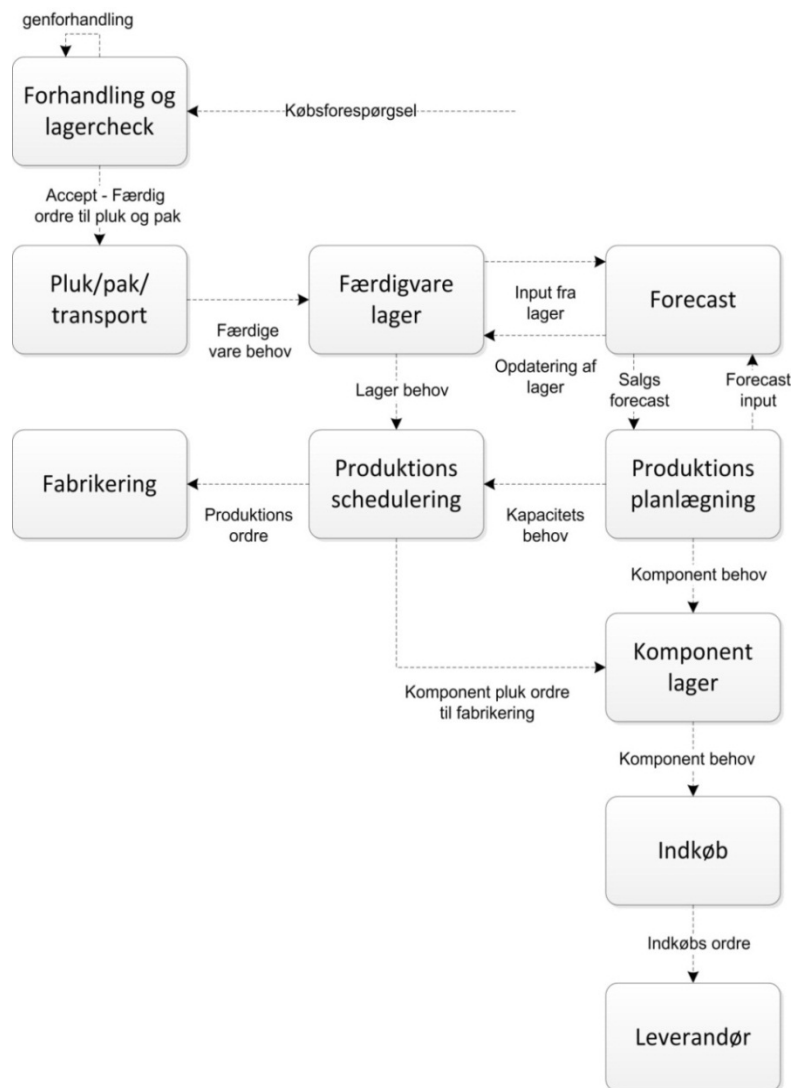
"Komponentlager" hvor det opbevares indtil "Fabrikering" skal bruge det. Fabrikering udfører transformationsprocessen som forædler råvaren og komponenterne til et færdigt produkt. Det færdige produkt overføres, efter endt fabrikering, til "Færdigvarelageret" hvor produktet opbevares indtil "Pluk/Pak/transport" rekvirerer produktet for at imødekomme en given salgsordre.

7.2 Informationsstrøm

De informationer som den enkelte proces genererer og kræver for at kunne fungere er modelleret i figur 10 (s. 29).

Figur 10 indeholder informationsmodellen som er modelleret med udgangspunkt i den informationsstrøm der aktiveres i det øjeblik en kunde placere en salgsordre hos virksomheden. På baggrund af "Købsforespørgsel" initieres processen "Forhandling og lagercheck", her undersøges om kundens ordre kan imødekommes inden for en tidshorisont og til en pris som er acceptabel for kunden. Er det muligt, oprettes der en ordre som sendes til "Pluk/pak/transport" som bestiller produktet fra "Færdigvare lager". Færdigvarelageret sender og modtager information til "Forecast". Dette er for løbende at regulere lager niveauet og aftræk i forhold til det forventede aftræk. Udover informationsdelingen mellem færdigvarelager og forecast er der også en informationsstrøm fra færdigvarelager mod "Produktionsschedulering", som indeholder information om et produkts opfyldnings behov for færdigvarelageret. Produktionsschedulering har til formål at planlægge rækkefølgen for frigivelse af produktionsordre til "Fabrikering", samt initiere pluk af råvare og komponenter som er nødvendig for fabrikationen, dette gøres ved at afsende information til "Komponent lager".

Produktionsschedulering modtager også information fra "Produktionsplanlægning", denne information muliggør at produktionsschedulering løbende kan justere fabrikationskapaciteten. Produktionsplanlægningen har også forbindelse til komponentlageret, med det formål at justere lager niveauet sådan at det kan imødekomme efterspørgslen. Komponent lager har også forbindelse til "Indkøb" sådan at når lager niveauet kræver det så bestilles der nye forsyninger af råvare og komponenter hos "Leverandøren".



Figur 10 – Figur over informationsstrømmen i en MTS virksomhed.

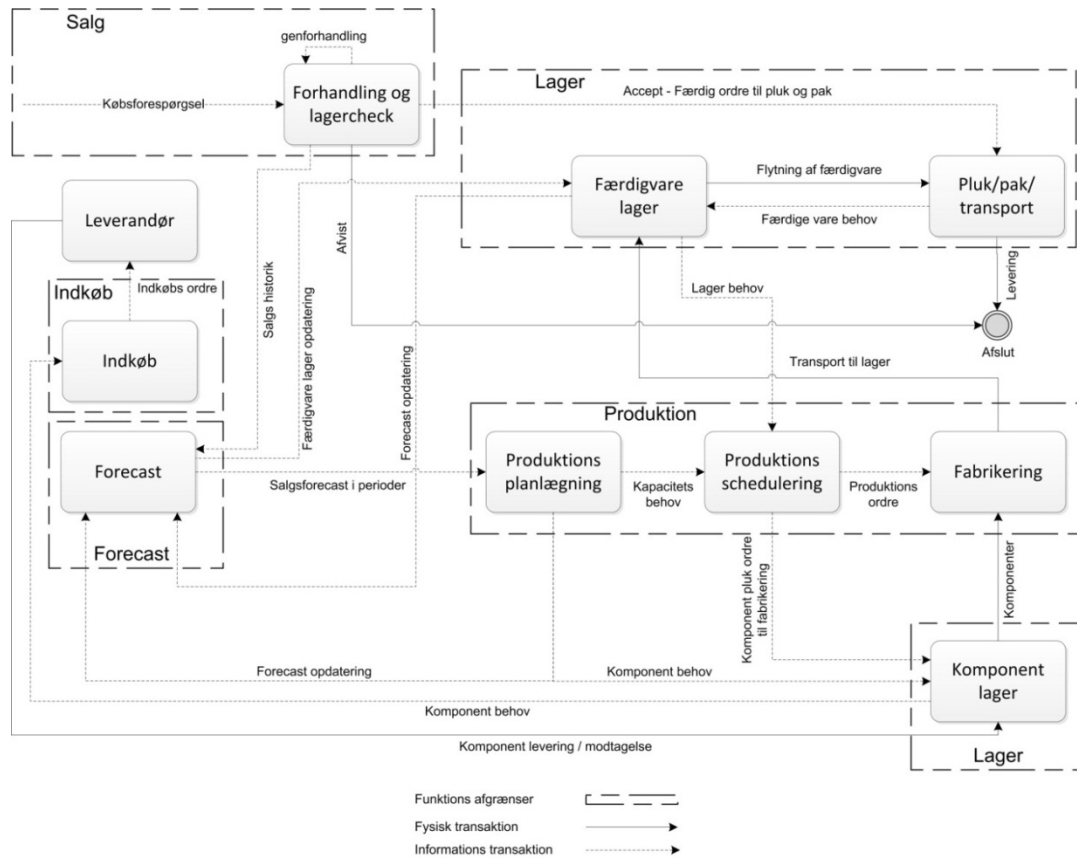
7.3 Procesmodel

Information og varestrømmen fremgår af henholdsvis figur 9 (s. 27) og figur 10, en samling heraf fremgår af figur 11 (s.30). Figur 11 har via de stiplede firkanterne fået tilføjet en funktions inddeling.

7.4 Funktionsinddelte processer

På baggrund af procesmodellen i figur 11 hvor processer og funktioner er blevet identificeret, vil de enkelte processer herefter blive modelleret med in- og output, i både fysisk vare- og informationsstrøm. Baseret på sådan modellering, som ses i figur 12 (s. 31) til figur 19 (s. 37), kan der således identificeres en række parametre, der enten kan benyttes, som et målparametre eller styringsparametre. Modelleringen er baseret på de funktioner processen opfylder og hvilken

parametre der skal benyttes for at udføre den funktion. Sidst i afsnittet (tabel 5, s. 38) er alle in- og output der er identificerede samlet i en tabel.

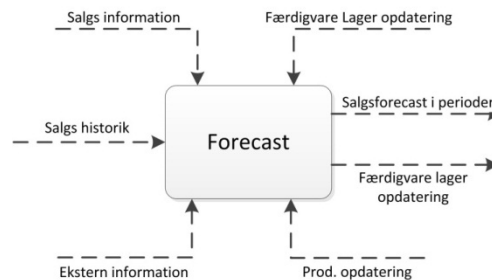


Figur 11 – Procesoversigt med fysisk vare- og informationsstrøm.

7.5 Forecast

Figur 12 viser den principelle model over hvordan Forecast funktionen fungerer i den overordnede procesmodel (figur 11). Forecast funktionen er særlig vigtig i lagerproducerede virksomheder (MTS), da virksomheden skal forsøge at opfylde markedsefterspørgslen ved at producere foran efterspørgslen. Input til forecast er todelt, internt og eksternt. Det interne input, består af en salgshistorik $[HISTORIK_{pe_{n,m}}p]$ hvor p er en produktsammensætning, og $pe_{n,m}$ er en tidshorisont. Lager forecast opdatering $[FOOU_{F_l}p_{antal}]$, beskriver antallet af produkter i produktsammensætningen p på lager lokation F_l . Opdatering fra produktionsplanlægningen $OPFO_{p,pe}$, som opdaterer forecast funktionen med information, omkring hvordan planen er for p i en given periode pe . Salgsinformation har med promotioner at gøre, om der kommer nye produkter samt om der er pris opdateringer i produktporteføljen, benævnt som $Marketing_p$. Det eksterne input, består af information der hentes fra markedet, som har en påvirkning på hvordan

der forecastes i forhold til udviklingen af efterspørgslen, f.eks. ændringer i markedssegmenter, konkurrenter, ændringer i kundesegmentet osv. Denne information er benævnt som *Markeds*.



Figur 12 – Procesmodel over Forecast.

Informations output fra forecast funktionen til produktionsplanlægningen er niveauet af færdigvare der forventes at afsættes over en given periode, information er benævnt som $FO_{p,pe}$ og er for produktsamlingen p i periode pe . Der er også en informationsstrøm til lageret, i form af $FOIN_{F_l} p_{antal}$, der er nærmere forklaret under færdigvarelager (se afsnit 7.9.1 s. 33).

På trods af at forecast er en vigtig del af systemet, er der ingen yderligere behandling af selve forecastprocessen, da den ikke falder ind under fokus, primært da der ikke er forbundet nogen direkte styringsprincipper med forecast. De afledte værdier fra forecast funktionen, er begrænset til information omkring hvordan salg, kapacitet, lager osv. udvikler sig. De afledte værdier er alle værdier der kan benyttes som information til at vurdere hvordan styringsparametre på andre funktioner skal påvirkes.

7.6 Indkøb

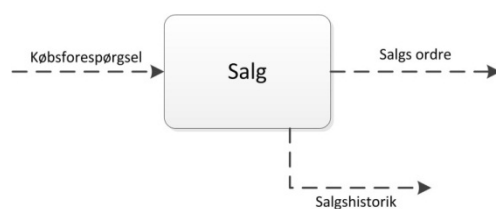
Indkøbsprocessen står for indkøb af komponenter der er nødvendige for at kunne opfylde det niveau af produktion der er nødvendigt for at opfylde det forecastede aftræk af lageret. Selvom processen i sig selv, ikke er en simpel proces, er der her lagt op til at indkøbsprocessen er simpelt defineret som input og output, hvor selve behandlingen af information og indkøb sker intern i processen. På niveau med forecast, er der her ikke nogen direkte styringsparametre, da indkøbsfunktionen er afledt af hvorledes lageret udvikler sig, og er dermed en proces der har begrænsede relevante styringsmuligheder i forhold til fokus.

Inputtet til indkøbsprocessen er baseret på information fra komponentlageret. Fra komponentlageret er der bestemt et Reorderpoint[ROP] hvorved mængde, leverings tidpunkt og type af komponenter er bestemt. Opgaven i indkøb er at finde de rette leverandører der kan leve

op til de betingelser der er bestemt for hhv. at kunne opfylde krav fra lager og betingelser opsat fra ledelse eller markedet.

7.7 Salg

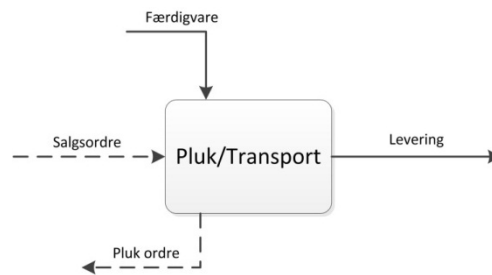
Figur 13 viser hvordan en model af Salgsfunktionen kan modelleres. Ligesom forecast, er der her kun en ren informationsstrøm, der i det her tilfælde forbinder virksomheden med markedet. Det er ét input til funktionen som består af en henvendelse fra markedet, i form af en købsforespørgsel fra en kunde [$kunde\ p_{antal}pe$], hvor p er en produktsammensætning, og pe er en given periode. På baggrund af behandlingen af henvendelsen hvor der aftales mængde og leveringsinformation, bliver der udfærdiget det første output, som sendes til pluk/transport funktionen. Den består af en færdig salgs ordre [$SALG_{Dato}P_{antal}$], der beskriver hvilken dato der er lovet, hvornår salget er foretaget og hvilken produktsammensætning og antal der er aftalt. Det andet output består af en opdatering til forecast funktionen i form af salgshistorik, som er beskrevet ovenfor i afsnit 7.5 (s. 30).



Figur 13 – Procesmodel over Salg.

7.8 Pluk/transport

Figur 14 (s. 33) viser hvordan pluk/transport funktionen behandler det information der kommer ind fra Salgsfunktionen. Processen har to input og to output, og er yderligere delt mellem fysisk varestrøm og informationsstrøm. Inputtet fra salg, er en færdig salgsordre, $SALG_{Dato}P_{antal}$, hvor information omkring mængde og produktsamling bliver udarbejdet til en pluk ordre, $PLO_{Fl}p_{antal}$, der sendes til færdigvarelageret. På baggrund af plukordren, kommer der en fysisk varestrøm [$vare\ p_{antal}$] tilbage, som bliver leveret i henhold til salgsordren, som varestrømmen er udarbejdet på baggrund af.



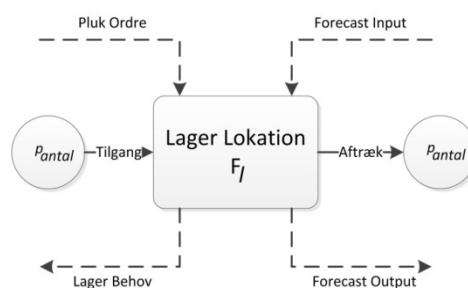
Figur 14 – Procesmodel over Pluk/transport.

7.9 Lager

Funktionsdelen lager er to delt, færdigvarelager og rå- /mellemvarelager. Gældende for begge lagre er at in- og output deles op i fysisk varestrøm og informationsstrøm.

7.9.1 Færdigvarelager

Figur 15 viser en model af færdigvarelageret med lokation F_l , hvor l er en lokations indikator, med et indgående(input) og udgående(output) af fysisk vareflow. Den fysiske varestrøm af produkter betegnes som p og har karakter af tilgang, $F_l p_{antal}$ Tilgang eller aftræk, $F_l p_{antal}$ Aftræk. Den fysiske varebeholdning kommer til udtryk af en regulering af det antal som lokationen F_l indeholder på baggrund af forskellen mellem tilgang og aftræk fra lageret som benævnes som $F_l p_{antal}$.

Figur 15 – Procesmodel over lager lokation F_l .

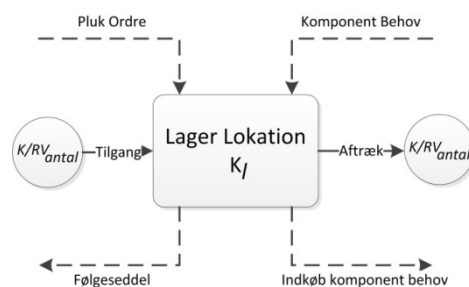
Indgående information udgør Pluk Ordre [$PLO_{F_l} p_{antal}$] og Forecast Input [$FOIN_{F_l} p_{antal}$]. Pluk Ordre initierer et lager pluk, på lager lokation F_l af produktet eller produktsamlingen p i et givent antal, og kommer fra pluk/transport. Forecast Input har til formål at regulere EOQ for lokation F_l i antal stk. Udgående information udgøres af Lager Behov og Forecast Output.

Lager Behov $[LB_{F_l} p_{antal}]$ udløses i det øjeblik et lagerpluk har den konsekvens at beholdningen af p på en given lokation F_l kommer under ROP.

7.9.2 Rå- / mellemvare lager

På samme måde som færdigvarelageret er der en fysisk varestrøm i forbindelse med rå-/mellemvarelageret på lokation K_l . For dette lager er parametrene $K_l K/RV_{antal} Tilgang$ og $K_l K/RV_{antal} Aftræk$ der håndterer tilgang og aftræk på lageret lokation K_l , hvor K/RV er enten en komponent/råvare, eller er samling af komponenter/råvare. Lager niveauet for en komponent eller råvarer K/RV på lokation K_l angives via $K_l K/RV_{antal}$ og er et udtryk for tilgang minus aftræk for et givent lager K_l . Det aktuelle lagerniveau for alle komponenter på lager K_l er udtrykt i ligning 17.

$$K_l K/RV_{antal} = \sum K_l K/RV_{antal} Tilgang - \sum K_l K/RV_{antal} Aftræk \quad \text{Ligning 17}$$



Figur 16 – Procesmodel over komponent lager K_l .

Informationsstrømmen omkring lager lokation K_l er ligeledes delt i indgående og udgående. De indgående informationer er Pluk Ordre og Komponent Behov. Pluk ordre indeholder det antal af komponent eller råvare K/RV , som er nødvendig for at fabrikere et givent antal af p og medføre derfor et komponentaftræk $(K/RV_{antal} Aftræk)$. Komponent Behov er information fra produktionsplanlægningen til lokation K_l , som benyttes til fastsættelse af ROP og EOQ og benævnes som $KOBE_{K_l} K/RV_{antal}$. Udgående informationsstrøm er Følgeseddel og Komponent indkøbsbehov. Følgeseddel indeholder information om antallet af komponenter/råvare der er plukket fra lager lokation K_l og er på vej til fabrikering og benævnes som $føl_{K_l} K/RV_{antal}$. Komponent indkøbsbehov er det behov som opstår, når $K_l K/RV_{antal}$ antager en værdi som er

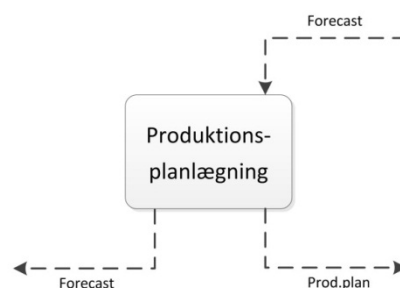
lavere end ROP og benævnes som $IKB K/RV_{antal}$. Mængden som indkøbsordren er baseret på er afhængig af EOQ beregningen.

7.10 Produktion

Funktionsdelen er opdelt i tre processer, hhv. i en produktionsplanlægnings-, schedulerings- og fabrikationsproces.

7.10.1 Produktionsplanlægning

Figur 17 viser en illustration over de informationer der til og afgår fra produktionsplanlægningen. Produktionsplanlægningsprocessen modtager information fra forecast (se afsnit 7.5 s. 30). Forecasten bliver omsat til en produktionsplan, der kan opfylde det forventede aftræk fra færdigvarelageret og som videresendes til scheduleringen. Produktionsplanen, er benævnt som $Prod.plan p_{antal,pe}$ og består af det antal produkter der ønskes produceret over en given periode pe .



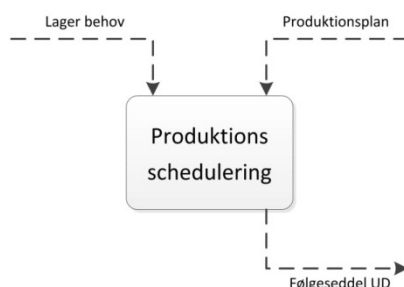
Figur 17 – Procesmodel over produktionsplanlægningen.

Udover at resultere i en produktionsplan opdaterer produktionsplanen også forecasten. Denne informationsstrøm opdaterer salgsforecasten med informationer omkring hvor mange produkter, og hvilke produkter der forventes at produceres over en given periode. Produktionsplanlægningen er baseret på et færdigvareniveau.

Produktionsplanlægningen har yderligere en modellering over de arbejdsopgaver der ligger i processen. På baggrund af den forecastede efterspørgsel bliver der udarbejdet en produktionsplan der angiver hvad der skal produceres, hvilken måned for at kunne møde efterspørgslen. Denne plan bliver aktivt og løbende revideret på baggrund af opdateringer fra forecast.

7.10.2 Produktionsscheduling

Produktionsschedulingen har ligesom produktionsplanlægningen ikke en fysisk varestrøm, men kun informationsstrøm. Produktionsschedulingen står for at planlægge sekvenseringen af produktionen for den korte horisont. Processen er illustreret i figur 18 (s. 36).



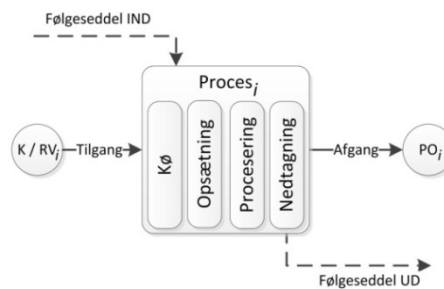
Figur 18 – Procesmodel over produktionsscheduleringsprocessen.

Processen modtager input fra to forskellige funktioner. Det ene input, $Prod.plan p_{antal,pe}$ kommer fra produktionsplanlægningen. Det andet input, $LB_{F_i} p_{antal}$ er outputtet som kommer fra færdigvarelageret, når ROP grænsen krydses. Når produktionsscheduleringen har scheduleret de ønskede jobs videresendes disse informationer til fabrikeringsprocesserne i form af en følgeseddel. Denne følgeseddel kaldes for $føl_{sc}K/RV_{antal}proc_jsekvens$ og indeholder informationer vedrørende hvilke og hvor mange komponenter der skal frigives til fabrikeringen og en given proces $proc_jsekvens$ fra komponentlageret K_l .

Udover den ovenstående overordnede modellering med fokus på informationsstrømmen, er der en række detaljer omkring scheduleringen der bør inkluderes. Produktionsplanens overordnede retningslinjer omsættes her til en række konkrete mål for en valgt tidsperiode. Scheduleringen er som udgangspunkt mere følsom over for ændringer i aftrækket på lageret, da ændringer har en direkte effekt i den fysiske mængde af komponenter der skal bruges, og vare der skal opbevares i sidste ende. Scheduleringen bliver udsat for kontinuerte opdateringer fra produktionsplanen.

7.10.3 Fabrikation

Fabrikationen indeholder en fysisk varestrøm, en informations strøm samt en transformations proces. Transformationen er symboliseret ved de fire kasser, som er indeholdt i proces $proc_j$. Den fysiske varestrøm deles op i tilgang og afgang. Tilgangen til fabrikeringen benævnes som $proc_jK/RV_{antal}Tilgang$ og der kan sætte lighedstegn mellem den og $K_lK/RV_{antal}Aftræk$, fra komponentlager K_l . Afgang benævnes som $proc_jp_{antal}Aftræk$ og er produktet p som afgår fra processen $proc_i$ i et givent antal der kan sætte lighedstegn mellem $proc_jp_{antal}Aftræk$ og $F_l p_{antal}Tilgang$.



Figur 19 - Procesmodel over fabrikeringsprocessen $proc_j$.

Transformationen indeholdt i processen $proc_j$ består af Kø, Opsætning, Processering og Nedtagning. Kø kan beskrives som $KØ_{proc_j} K/RV_{antal}$ og indeholder komponenterne K/RV , som er klar til processering og gøres op i stk. Opsætning benævnes som $OP_{proc_j} p$ hvilket er den tid som bruges til opsætning af processen $proc_j$ i forhold til produkt p . For $OP_{proc_j} p$ er enheden tid, og er fastsat til ikke at være afhængigt af stk. antal af produktet p der skal produceres. Processering er den tid det tager at frembringe et stk. af produktet p ud fra komponenterne K/RV på processen $proc_j$ og er benævnt som $proc_j, p$. Nedtagning er den tid det tager at konfigurere maskinen til en ny opsætning fra processen $proc_i$. Nedtagning benævnes som $NED_{proc_j} p$ og er gældende for processer $proc_j$ som netop har processeret produktet p . Informationsstrømmen til processen $proc_j$ er begrænset til $FølgeseddelIND$ som indeholder information omkring stk. antal K/RV som er ankommet til processen $proc_j$, samt hvilket produkt eller produkter og antal der skal produceres. Den benævnes som $føl_{SC} K/RV_{antal} proc_j p_{antal}$. $FølgeseddelUD$ indeholder stk. antallet af produkterne p som er fabrikeret af processen $proc_j$ og den det benævnes som $føl_{proc_j} p_{antal} F_l$, og er rettet mod færdigvarelageret F_l .

7.11 Opsamling

På baggrund af de modellerede processer er der udledt en række procesparametre som beskrevet i de enkelte afsnit, de er for overskuelighedens skyld samlet i tabel 5. Baggrunden for udarbejdelsen af at procesparametrene gør det muligt at forbinde de enkelte processer med en række styringsprincipper (se kap. 8 s. 39).

Beskrivelse	Procesparameter
Salgshistorik over perioden pe_n til pe_m for produktsamlingen p .	$HISTORIK_{p_{n,m}} p$
Information omkring marketing for produktsamlingen p , f.eks. nye produkter, nedsættelse af pris, eller kampagner.	$Marketing_p$
Information omkring hvilken dato der er lovet og mængden af produkter og hvilken produkter der er lovet under salg.	$SALG_{Dato} P_{antal}$
Kundeforespørgsel, vedr. produkter og mængde der efterspørges i en periode.	$kunde p_{antal} pe$

Markedsinformation for markedet s , der indeholder ændringer i efterspørgsel, segmenter osv.	$Marked_s$
Tilgang af produktet eller produktsamlingen p til lager lokation F_l .	$F_l p_{antal} Tilgang$
Aftræk af produktet eller produktsamlingen p fra lager lokation F_l .	$F_l p_{antal} Aftræk$
Aktuelt lager niveau for lager lokation f_l for produktet p_i eller produktsamlingen p .	$F_l p_{antal}$
Signal fra Salg til Pluk/levering om antal af produkter p der skal plukkes fra lager lokation f_l .	$PLO_{F_l} p_{antal}$
Signal til regulering af ROP niveauet på lager lokation F_l for produktet eller produktsamlingen p med et givent antal.	$FOIN_{F_l} p_{antal}$
Lagerbehov fra lager lokation F_l af produktet eller produktsamlingen p med et givent antal.	$LB_{F_l} p_{antal}$
Opdatering til forecast, på baggrund af lagerniveau.	$FOOU_{F_l} p_{antal}$
Tilgang af antal komponent K/RV til lager lokation K_l .	$K_l K/RV_{antal} Tilgang$
Aftræk af antal komponent K/RV fra lager lokation K_l .	$K_l K/RV_{antal} Aftræk$
Aktuelt lager niveau for lager lokation K_l indeholdende komponent/råvare K/RV .	$LagerNiveau K_l$
Signal til regulering af ROP og EOQ niveauet på lager lokation K_l for komponent eller råvare K/RV .	$KOBE_{K_l} K/RV_{antal}$
Antal på følgeseddel fra lager lokation K_l indeholdende komponent K/RV .	$f_{\emptyset l_{K_l}} K/RV_{antal}$
Komponent behovet når $K_l Antal_{K/RV}$ kommer under ROP niveauet, og udløser et signal til indkøb.	$IKB K/RV_{antal}$
Forecast for produktet eller produkterne p i periode pe , som signal til produktionsplanlægningen.	$FO_{p,pe}$
Produktionsplan bestående af et antal produkter eller kombination af produkter med et givent antal, for periode pe .	$Prod. plan p_{antal,pe}$
Opdatering fra produktionsplanlægningen til forecast, i form af planlagt produktion over periode pe for produktet eller produkterne p .	$OPFO_{p,pe}$
Lagerbehovs signal der kommer fra færdigvarelageret F_l når et produkt eller antal produkter p kommer under ROP grænsen.	$LB_{F_l} p_{antal}$
Følgeseddel fra schedulering der indeholder komponenter/råvare og antal der skal frigives til fabrikering på processen $proc_j$ fra K_l , og hvilken sekvens der skal udføres.	$f_{\emptyset l_{sc}} K/RV_{antal} proc_j sekvens$
Tilgang til fabrikeringsproces $proc_j$ af komponenter/råvare K/RV i et givent antal.	$proc_j K/RV_{antal} Tilgang$
Aftræk fra processen $proc_j$ af produktet p i et givent antal.	$proc_j p_{antal} Aftræk$
Kø der indeholder den/de komponente(r) der hører til processen $proc_j$ i et givent antal.	$K\emptyset_{proc_j} K/RV_{antal}$
Opsætning af processen $proc_j$ for produktet p .	$OP_{proc_j} p$
Den tid der går til for at producere et produkt p på processen $proc_j$.	$proc_j, p$
Nedtagningstiden for en proces $proc_k$ for produktet p .	$NED_{proc_j} p$
Følgeseddel fra scheduleringen til processen $proc_j$ som beskriver antallet af komponenter/råvare der er rettet mod proces $proc_j$ til produktion af produktet p .	$f_{\emptyset l_{sc}, K/RV_{antal} proc_j p_{antal}}$
Følgeseddel fra processen $proc_j$ der angiver antallet af produkter p og lager lokation F_l .	$f_{\emptyset l_{proc_j} p_{antal} F_l}$

Tabel 5 – Liste over procesparametre og beskrivelse.

Styringsprincipper for MTS

Der vil i dette kapitel blive præsenteret de relevante styringsprincipper for en MTS virksomhed som nævnt i kapitel 3. Styringsprincipperne er baseret på de tidligere nævnte performance measures, samt proces modellen.

Der vil i identifikationen af styringsprincipperne tages udgangspunkt i procesmodellen præsenteret i kap. 7 og af denne grund vil styringsprincipperne være kategoriseret under samme funktionsområde, som i procesmodellen. Den litteratur som styringsprincipperne er baseret på findes i tabel 6.

Kapitler	Titel	Forfattere	Udgivelsesår	Forlag
4,13,15.3-15.5	Inventory Management and Production Planning and Scheduling	Silver, Pyke & Petersen	1998	Wiley
1,3,6,7,8	Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management	Vollmann,Berry, Whybark & Jacobs	2005	McGraw-Hill
2,5	Operations Management	Stevenson	2005	McGraw-Hill

Tabel 6 – Oversigt over den litteratur brugt til identificering af styringsprincipper.

De identificerede styringsprincipper for hvert funktionsområde vil herefter blive beskrevet enkeltvis, hvor den styringsmæssige betydning kort vil beskrives.

8.1 Identifikation og beskrivelse af styringsprincipperne

Der er i udarbejdelsen af styringsprincipperne fundet to funktions områder hvorved der ikke er nogen relevante styringsprincipper ved det nuværende fokus. Der fokuseres i denne modellering på de interne styringsprincipper, hvorved funktionsområderne salg og pluk/levering, som primært er eksternt fokuseret, ikke har nogen relevante styringsprincipper. De funktionsområder der indeholder relevante styringsprincipper er som følger: Færdigvarelager, Fabrikation, Rå-/Mellemvare lager, Planlægning og Scheduling.

Styringsprincipperne fremvises i tabelform for hvert funktionsområde, hvor der efterfølgende kommer en kort forklaring af styringsprincipperne.

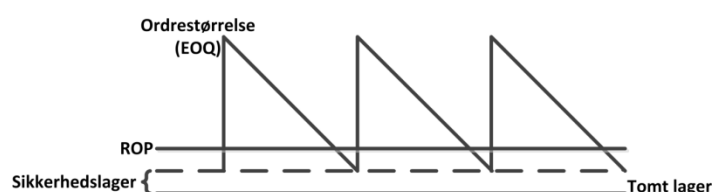
8.1.1 Færdigvare Lager

Styringsprincipperne for færdigvarelageret ses i tabel 7. Det skal bemærkes at styringsprincipperne for funktionen rent procesmæssigt er placeret i andre processer, men at der er valgt at placere de nævnte styringsprincipper i færdigvarelageret fordi det er i denne funktion effekten af ændringer i styringsprincipperne kan ses, hvilket er generelt for styringsprincippernes placering i denne rapport.

Funktion	Styringsprincipper	Beskrivelse
Færdigvare Lager	Service Level	Opfyldelse af kundeordre angivet i procent
	EOQ	Bestemmelse af ordrestørrelse i stk.
	ROP	Bestemmelse af tidspunkt for bestilling af færdigvare fra fabrikation ved et givent lagerniveau.
	Sekvenserings metode	Valg af sekvensering af plukkeordre.

Tabel 7 – Tabel over styringsprincipperne for færdigvarelageret.

Styringsprincipperne for færdigvarelageret er primært centreret omkring bestemmelse af lager niveau og hvordan dette opfyldes. Lageret er styret ud fra et kompromis mellem at være i stand til at servicere virksomhedens kunder, mod den omkostning der er i forbindelse med at have færdigvare på lager. Denne problematik er illustreret ved en lagerstyringsmodel som i figur 20, hvor der i metoderne EOQ, ROP og sikkerhedslager tages højde for denne udfordring.



Figur 20 – Styringsprincipperne for en lagerstyringsmodel.

Udfordringen ligger dermed i at finde den korrekte mængde og tidspunkt for opfyldning af lager, som bestemmes ud fra EOQ og ROP. Derudover skal størrelsen på sikkerhedslageret bestemmes, som er en buffer hvis antagelserne om aftrækket afviger fra det planlagte, som bliver bestemt ud fra et ønske om et givent service level.

Derudover skal der også tages stilling til i hvilken rækkefølge produkterne bliver plukket fra lager. Dette kan have en betydning i forhold til produkter med en holdbarhedsdato, hvor produkter med korteste tid til udløbsdato vil afsendes først, hvilket bliver bestemt ud fra styringsprincippet sekvenserings metode, som der dog ikke er fokus på her.

8.1.2 Rå- / Mellemvarelager

Styringsprincipperne for rå- / mellemvarelageret ses i tabel 8.

Funktion	Styringsprincipper	Beskrivelse
Rå- / mellemvare lager	EOQ	Bestemmelse af ordrestørrelse i stk.
	ROP	Bestemmelse af tidspunkt for bestilling af råvare/komponenter ved et givent lagerniveau.
	Service level	Opfyldelse af kundeordre angivet i procent.
	Sekvensering metode	Valg af sekvensering af plukkeordre.

Tabel 8 – Styringsprincipper for Rå- / Mellemvarelager.

Styringsprincipperne for denne funktion er de samme som i funktionen færdigvarelager, hvorved styringen af disse er meget lig hinanden. Det er de samme beslutninger om hvor mange komponenter og hvornår komponenterne skal være på lager. I dette tilfælde gælder det for råvare og komponenter som skal tilgå fabrikationen. Derfor skal fabrikationen, ud fra denne funktions synspunkt, ses som kunden. Salgsforecasten og leadtime på komponenter skal begge tages i betragtning når der skal udregnes lagerniveau, ROP og EOQ. Selve produktionsplanen benyttes som input til scheduleringen som er basis for pluk ordre til komponentlageret, af den årsag er det et krav at tidshorisonten på planlægningen er længere end den leadtime der er på komponenterne.

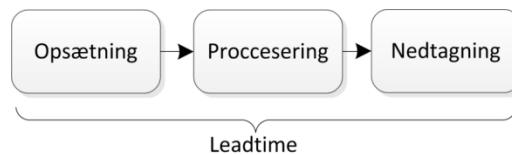
8.1.3 Fabrikation

Styringsprincipperne for funktionen fabrikation er i tabel 9.

Funktion	Styringsprincipper	Beskrivelse
Fabrikation	Opsætnings/nedtagningstid	Påvirkning af opsætning/nedsætningstid ved tilførsel af mandskab.
	Leadtime	Bestemmelse af tiden det skal tage fra starten af fabrikering af et produkt til det er færdigt. Ændres ved tilføjelse af maskiner og/eller medarbejdere.
	Maskintid	Bestemmelse af tiden det tager for et produkt at blive processeret i en maskine. Ændres ved tilføjelse af medarbejdere.

Tabel 9 – Styringsprincipper for funktionen fabrikation.

Styringsprincipperne for fabrikation er baseret på at være i stand til at udnytte eller øge den tilgængelige produktionskapacitet. I naturen af fabrikation skal funktionen følge de planer der kommer fra scheduleringen hvorved, styringsprincipperne for denne funktion består i evnen til at opfylde scheduleringsplanen, på baggrund af justering i kapacitet, mandskab eller en overordnet optimering af opsætning, nedtagning eller selve produktionsprocessen på en maskine, som ikke direkte er et styringsparametre. En overordnet model af en fabrikerings proces er vist i figur 21 (s. 42).



Figur 21 – Fabrikeringsprocessen

De viste processer er set som styringsprincipper i henhold til den tankegang at det vil være muligt at foretage sig en handling for at mindske procestiden for den enkelte proces. Det vil sige at det antages at det vil være muligt ved tilførsel af ekstra mandskab eller ekstra maskiner at reducere den samlede leadtime for produkterne. Et eksempel er ved processer hvor der skal foretages flere handlinger der kan foretages uafhængig af hinanden, vil der ved indførsel af ekstra mandskab kunne reducere processens leadtime. Ved processer hvor dette ikke er tilfældet, vil det ikke være muligt at ændre den samlede leadtime og derfor vil de præsenterede styringsprincipper frafalde.

8.1.4 Planlægning

Styringsprincipperne for funktionen planlægning findes i tabel 10.

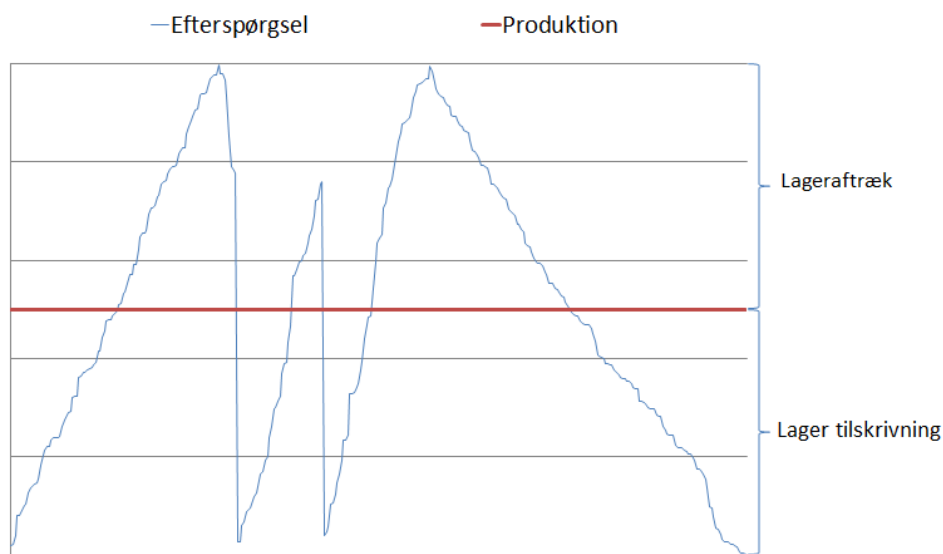
Funktion	Styringsprincipper	Beskrivelse
Planlægning	Størrelse på kapacitet	Bestemmer hvor mange maskiner eller medarbejder der skal være til rådighed.
	Kapacitets udnyttelse	Hvor stor del af produktionskapaciteten der skal udnyttes, af hensyn til uforudsete hændelser.
	Time fence	Fastsættelse for grad af tilladte ændringer i en plan i forhold til tiden fra igangsættelse af produktionsplanen.
	Planlægningshorisont	Bestemmelse af perioder der planlægges over.

Tabel 10 – Styringsprincipper for planlægning.

Styringsprincipperne for planlægning håndterer de problemstillinger der er i forbindelse med planlægning efter den mellemlange tidshorisont, hvor det gælder om at ramme salgsforecasten så præcist som muligt, men dog samtidig tage hensyn til den naturlige unøjagtighed en forecast indeholder.

Planlæggerne har nogle parametre at styre efter. Dette kan f.eks. være kapaciteten eller kapacitetsudnyttelsen. Kapaciteten kan ændres ved at tilføje mandskab eller maskiner, eller ved at udføre en procesoptimering, hvor procesoptimering ikke behandles yderligere heri. Med ændring af kapaciteten menes der, at på baggrund af den længere tidshorisont i produktionsplanlægningen er det muligt, hvis forecasten indikerer at der er stigende efterspørgsel, at opjustere kapacitetsbehovet og produktionsniveauet af produkter, i et tidsrum før det stigende aftræk fra lageret indtræder. En sådan opjustering er at foretrække frem for en pludselig opjustering af produktionen baseret på en tilføjelse af ekstra mandskab, sådan en justering er kortsigtet og er

ofte forbundet med høje omkostninger. De fleste lagerproducerende virksomheder forsøger at køre efter et jævnt produktionsaftræk, hvilket blandt andet muliggøres i planlægningen ved valg af størrelse af produktionskapacitet og kapacitetsudnyttelse. Valget af produktionskapaciteten sættes således at der i perioder med lav efterspørgsel bliver produceret til lager og hvor der i perioder med høj efterspørgsel bliver aftaget fra lager som illustreret i figur 22.



Figur 22 – Visualisering af jævn produktion til lager, med aftræk og tilskrivning.

Når produktionskapacitet skal sættes skal der også tages stilling til graden af produktionsudnyttelse, der skal håndtere usikkerheden forbundet med produktionen. Usikkerheden afstedkommer fra forecast fejl, vedligeholdelse eller uforudsete hændelser.

Udover det at imødekomme salgsforecasten, skal den tidshorisont der benyttes i planlægningen bestemmes. Dette gøres typisk på baggrund af de markeds karakteristika virksomheden befinder sig i og vil være af samme horisont som salgsforecasten. Derudover skal der også fastsættes 'time fences' for hvornår det er muligt at ændre en plan. Dette har dog ikke en stor betydning for en MTS virksomhed, med mindre der sker en pludselig ændring i markedsforholdene, fordi der ikke er nogen kundeinteraktion før end færdigvarelageret. Der bliver dermed planlagt ud i fremtiden, hvilket skulle medføre at der er en lav risiko for pludselige ændringer i planlægningen.

8.1.5 Scheduling

Styringsprincipperne for schedulingen findes i tabel 11.

Funktion	Styringsprincipper	Beskrivelse
Scheduling	Batch størrelse	Bestemmelse af størrelse på hver enkel batch.
	Sekvensering	Rækkefølge for produktionen af produkter.
	Time Fence	Fastsættelse for grad af tilladte ændringer i en plan i forhold til tiden fra igangsættelse af produktionsplanen.

Tabel 11 – Styringsprincipperne for scheduling.

Arbejdsopgaverne for scheduling er at planlægge over den korte tidsperiode, hvor den udførte produktionsplan bliver videresendt til fabrikation, i form af en plan over sekvenseringen af produktionsordrene samt produkt routing. De styringsmæssige udfordringer i schedulingen ligger i at minimere den samlede leadtime gennem sekvensering og bestemme batchstørrelse, men samtidig sørge for at færdigvarelageret har de antal produkter på lager som salgsforecasting foreskriver. Produceres der flere produkter end der er efterspurgt, bindes der penge i lagerbeholdning og dermed stiger lageromkostningerne, hvor hvis der bliver produceret for lidt produkter får virksomheden en mindre indtægt end den kunne have haft på grund af tabt salg. For at minimere leadtime vil det være fordelagtigt at køre store batches da man på denne måde reducere antallet af skift mellem opsætning og nedtagning, men som konsekvens får produceret flere produkter før tid end nødvendigt der dermed skaber en større lagerbinding. Derfor skal der for at lave en succesfuld sekvensering, være en afvejning mellem at minimere lagerbindingen og samtidig opfylde produktionsplanen.

Ligesom i planlægningen skal der også her tages højde for hvornår det kan lade sig gøre at ændre i schedulingen. Styringen af time fence skal dermed hjælpe til at have en stabil fabrikeringsproces, samtidig med at den skal kunne håndtere mindre ændringer når det er nødvendigt.

De præsenterede styringsprincipper vil i det følgende afsnit blive sammensat i en model, med performance measure fra kapitel 6 (s. 17) og procesmodelleringen fra kapitel 7 (s. 27).

Beslutningsstøttemodel

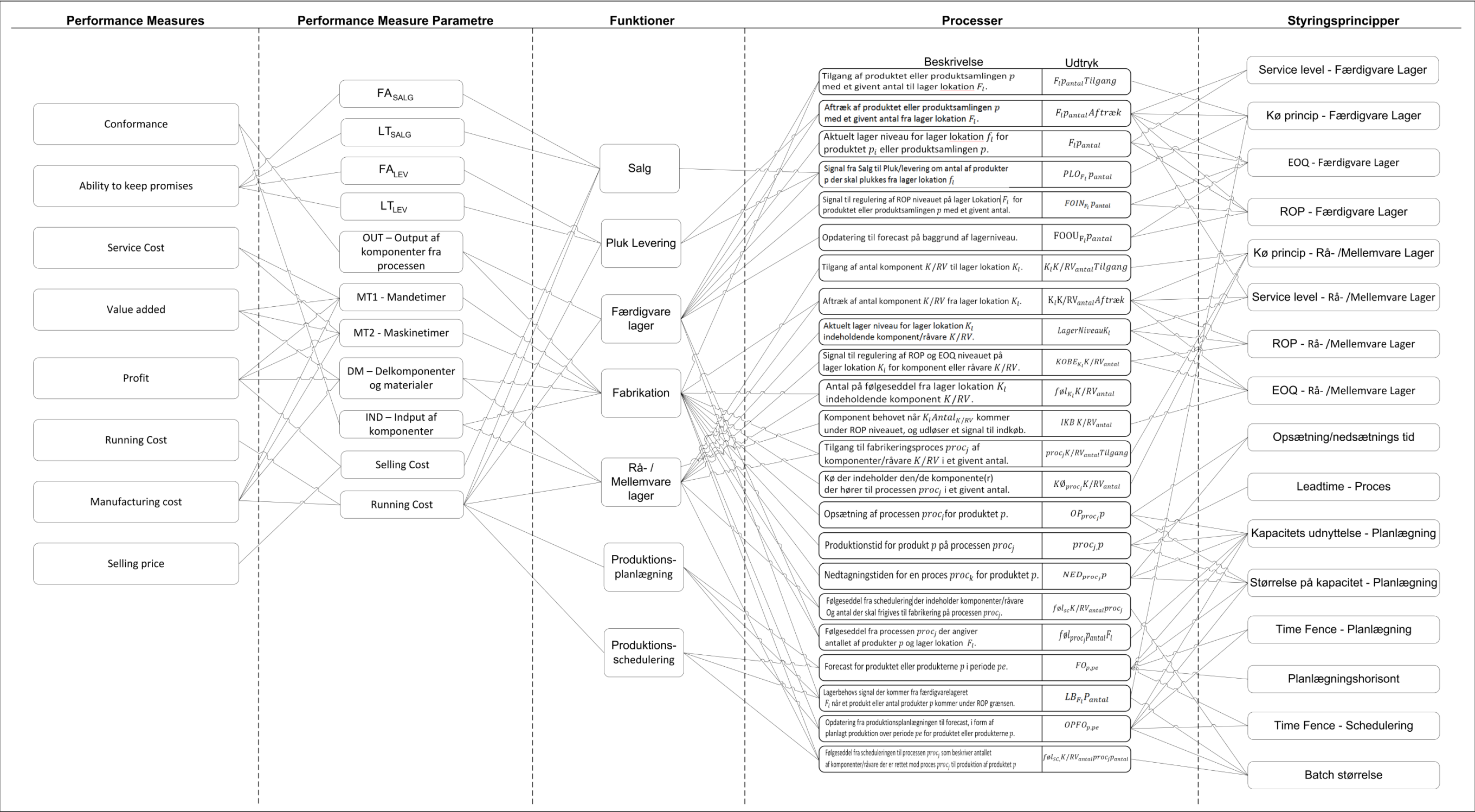
Dette kapitel introducerer beslutningsstøttemodellen baseret på de forrige tre områder: performance measures, procesmodellen og styringsprincipperne. Beslutningsstøttemodellen beskrives og der præsenteres en oversigt over den samlede model. Der beskrives hvilke muligheder modellen åbner for, for derefter at gennemgå hvordan modellen skal bruges.

9.1 Beskrivelse af beslutningsstøttemodellen

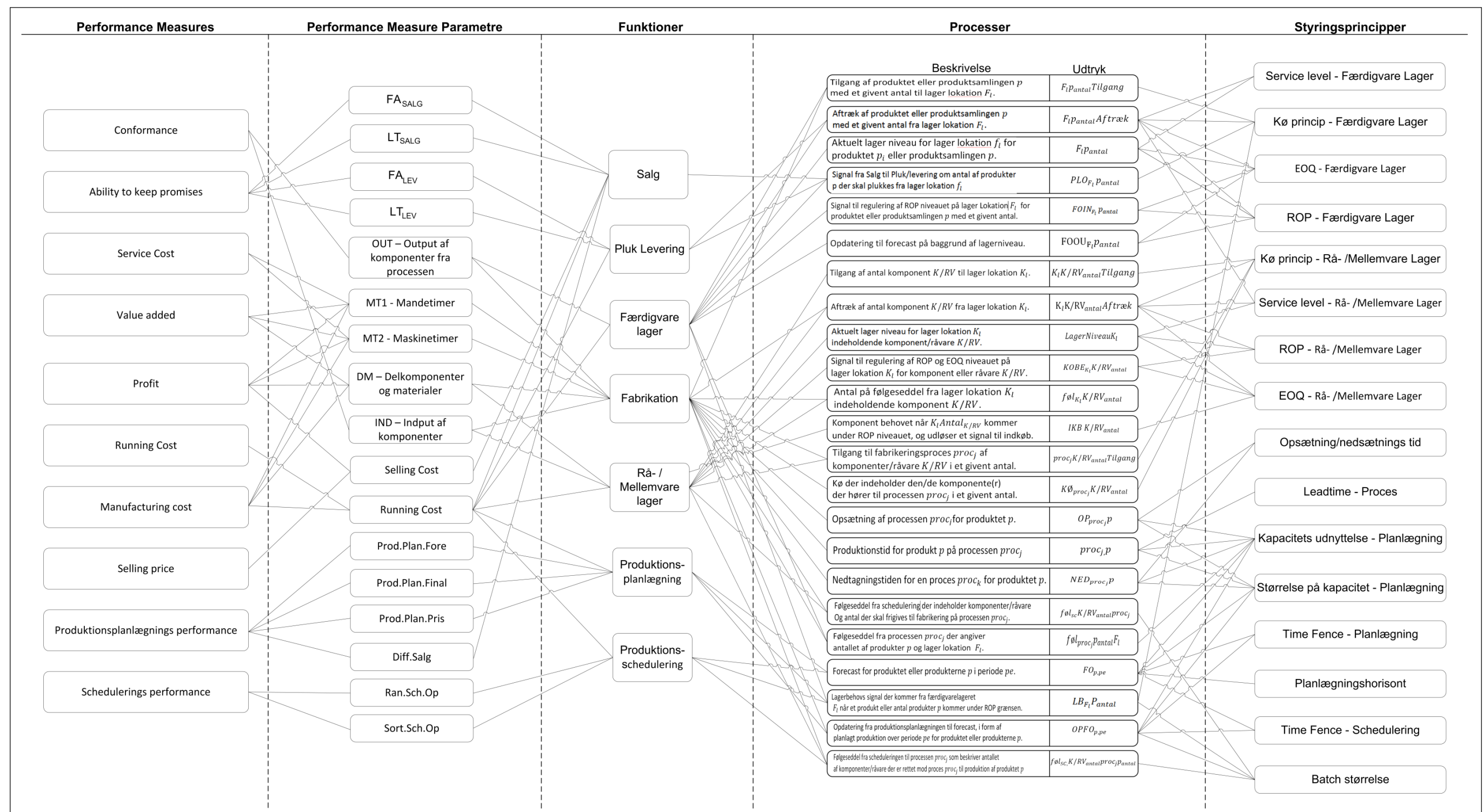
Beslutningsstøttemodellen er en modellering baseret på performance measures, processer og styringsprincipper for en lagerproducerende virksomhed. Disse tre er samlet til en beslutningsstøttemodel som findes i figur 23 (s. 47). Beslutningsstøttemodellen er samlet således at der fra venstre mod højre tages udgangspunkt i de valgte performance measures fra Neely (2002), der ender ud i de udvalgte styringsprincipper. Sammenkoblingen består af fem kolonner, hvor første kolonne er performance measures, anden kolonne performance measures variable, tredje kolonne funktioner, fjerde kolonne processer og sidste kolonne er styringsprincipperne. Performance measures er de identificerede performance measures fra Neely (2002), performance measures variable er de samme som i tabel 4 (s. 25). Funktionerne er de samme som identificeret i procesmodelleringen. Ligeledes er processerne i denne sammenhæng transformation og informationsstrømmene præsenteret i procesmodellen, figur 11 (s. 30). Styringsprincipperne er de samme styringsprincipper præsenteret i kapitel 8 (s. 39).

Ved brug af forbindelser mellem de fem kolonner, er det muligt at forbinde det strategiske (kolonne 1), det taktiske (kolonne 3) og det operationelle niveau (kolonne 4 og 5) i en lagerproducerende virksomhed, via sammenhængende mellem kolonnerne. Disse sammenhænge vil herefter blive beskrevet, hvor fremgangsmåden er baseret på en forklaring af sammenhængen mellem to kolonner ad gangen, startende fra performance measures og performance measure parametre.

|



Figur 23 – Beslutningsstøttemodel der viser forbindelser fra performance measures til styringsprincipper.



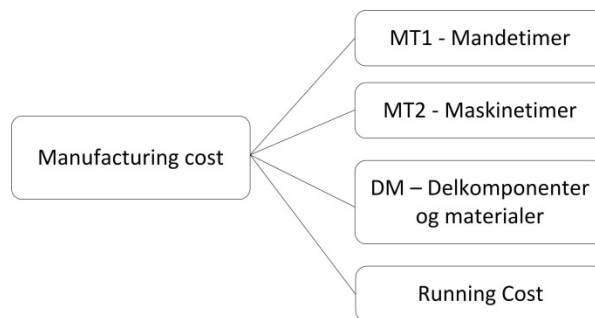
Figur 24 – Beslutningsstøttemodel med ny-udviklede performance measures til planlægning og schedulering.

9.2 Samling af performance measure og performance measure parametre

Forbindelser mellem de to niveauer er baseret på de udledte performance measure parametre (kap. 6 s. 17). Forbindelserne er udarbejdet således at parametrene skal betragtes som komponenter af performance measures. Det vil sige at for at være i stand til at udregne et performance measure skal man have input fra de performance measure parameter, som den er koblet op imod. Som et eksempel tages der udgangspunkt i manufacturing cost der er gengivet for læsbarhedens skyld, som ligning 18.

$$\text{Produktionsomkostninger}_p = \text{Runningcosts}_{pe} + \text{Værditilvækst}_p \quad \text{Ligning 18}$$

De informationer der skal til at udregne produktionsomkostninger er vist i figur 25, hvor manufacturing cost er et performance measure og de resterende er parametre.



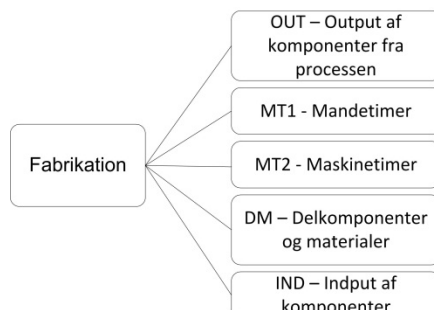
Figur 25 – Sammenhæng mellem manufacturing cost og dets performance measure parametre.

Denne figur er lavet som et udtræk fra den samlede model, hvor der kun er præsenteret de forbindelser der forbinder manufacturing cost med dets performance measure parametrene. Punktet $runningcost_{p,pe}$ i ligning 18 bliver fuldt opfyldt ved hjælp af performance measure parametret $runningcost_{p,pe}$. Værditilvæksten er en samling af de maskintimer, mandetimer samt komponenter og materialer der bliver tilført til produktet.

9.2.1 Forbindelse mellem performance measure parametre og funktioner

Modsat forbindelsen mellem performance measures og performance measure parametrene er forbindelsen mellem parametrene og funktioner ikke baseret på formler, men på baggrund af en fagligviden og teori (tabel 6 s. 39) baseret på det nævnt litteratur brugt i kapitel 6 (s. 17) og kapitel 7 (s. 27).

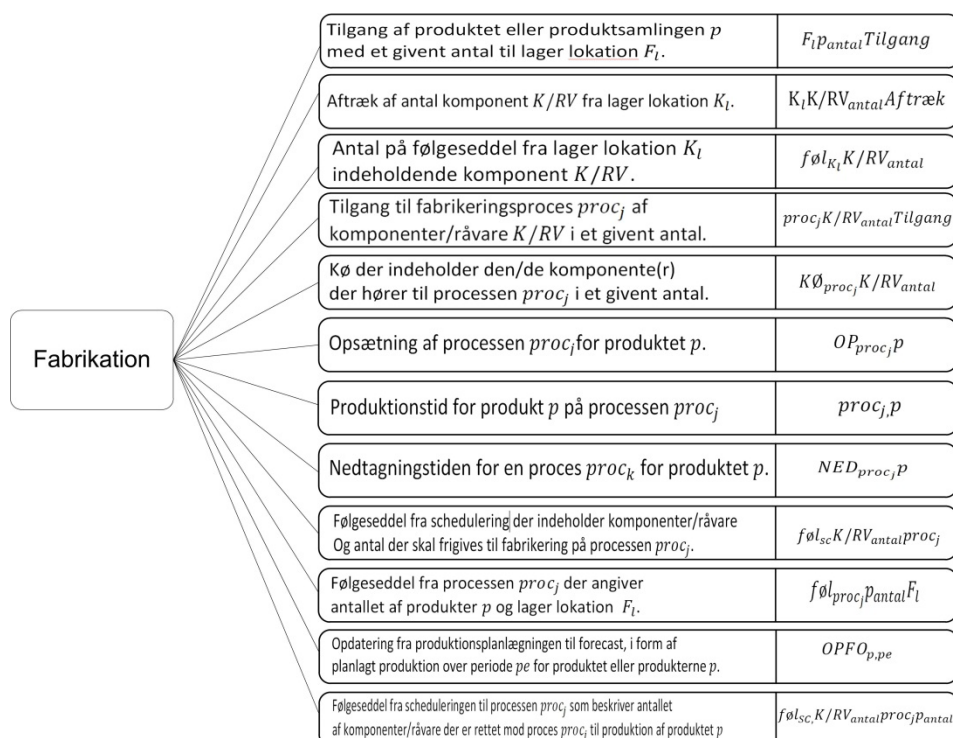
I dette tilfælde beskriver forbindelserne om hvilke delelementer hver funktion besidder. Tages der udgangspunkt i funktionen *fabrikering* ses det at funktionen består af fem forskellige parametre som illustreret i figur 26.



Figur 26 – Forbindelser mellem funktionen fabrikation og de tilhørende performance measure parametre.

9.2.2 Forbindelser mellem funktioner og processer

Forbindelserne mellem funktionerne og processerne er de samme som identificeret i kapitel 7. Derved kan koblingen mellem disse to kolonner vise hvilke processer der er under hvert funktionsområde. Her tages der igen udgangspunkt i funktionen *fabrikering*, figur 27 viser hvilke processer denne indebære.



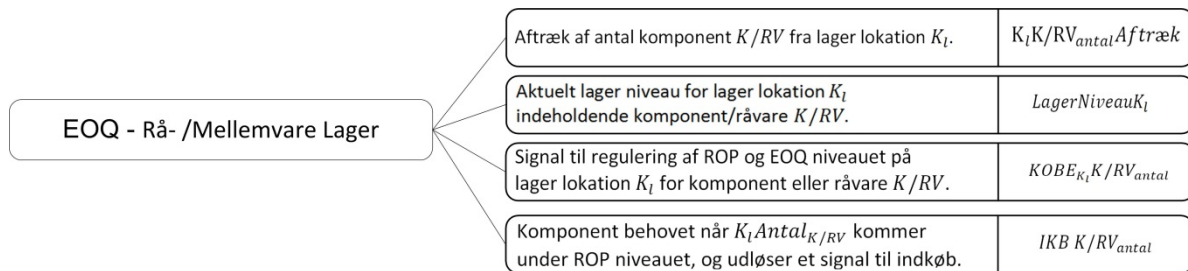
Figur 27 – Viser processerne for funktionen fabrikering.

Forbindelserne mellem funktionerne og processerne har i sig selv ikke nogen betydning hverken i en styring- eller målmæssig henseende, da disse processer er afledte konsekvenser af beslutninger

taget andre steder i organisationen. Koblingen er derfor kun et udtryk for hvilke processer der hører til hver funktion.

9.2.3 Forbindelse mellem processer og styringsprincipper

Forbindelserne mellem styringsprincipperne og processer er forbundet således, at der er taget udgangspunkt i styringsprincipperne og som derefter forbinder styringsprincipperne til de processer, som et styringsprincip vil påvirke. Forbindelserne kan bruges til at lokalisere de steder hvor der er muligt at implementere den ønskede styring, fra et styringsprincip. Som et eksempel, i styringen af EOQ påvirkes processerne i figur 28.



Figur 28 – Viser forbindelsen mellem styringsprincippet EOQ og de påvirkende processer.

Herfra kan det ses hvor rå- / mellemvarelageret modtager informationer fra til at udregne ordrestørrelsen. Tages der udgangspunkt i styringsprincipperne, vil der direkte kunne ses hvilke processer, styringsprincipperne påvirker og dermed se hvor ændringer af et styringsprincip vil have effekt.

9.3 Opsamling

På baggrund af afsnit 9.2.1 er det nævnt at der ikke er nogen forbindelser mellem nogen performance measures og funktionerne *produktionsplanlægning* og *produktionsschedulering*. Baggrunden for de manglede forbindelser er baseret på at der ikke er fundet noget litteratur der behandler hverken emnet, eller har performance measures til planlægning og schedulering, som kan være behjælpelige i at måle hvorledes de to afdelinger/funktioner udvikler sig. Udover, som vist i modellen *runningcost*, som i sig selv ikke er et direkte målbart parametre til hvordan afdelingen performer, kun hvordan omkostningerne udvikler sig. I stedet bliver udviklingen for de afdelinger målt på resultatet af produktionen eller lageret, ved f.eks. lagerbindinger, stockouts, evnen til at opfylde en ordre eller levere til tiden.

Der vil derfor blive formuleret nye performance measures der er rettet mod *produktionsplanlægningen* og *produktionsscheduleringen*, som muliggør at udviklingen og performance for de to afdelinger kan måles.

Kapitel

10

Manglende performance measures

Dette kapitel introducerer udviklingen af nye performance measures til monitorering af performance for funktionerne Produktionsplanlægning og Produktionsschedulering. Modellen illustrerer at der ikke er eksisterende muligheder for at måle performance i de to nævnte funktioner.

Da der ikke i forvejen findes performance measures til afdelingerne, er der her lagt mere fokus på detaljerne af hvordan et performance measure er sammensat end hvad der er tilfældet af beskrivelsen og modelleringen af de hidtil beskrevne performance measurements der er inkluderet i beslutningsstøttemodellen. Dette ligger op til at performance measurement parametrene, som benyttes til de nye performance measurements er mere detaljeret og udspecificeret.

10.1 Produktionsplanlægning

Som tidligere beskrevet indeholder produktionsplanen information, om hvor stort et antal, der forventes, der skal produceres af de forskellige produkter for at imødekommet det forecastede salgsbehov. Hvor ofte man revidere produktionsplanen, i forhold til realiseret salg er politisk besluttet. Det interessante, at måle, i forhold til produktionsplanen vil være nøjagtigheden på den. Produktionsplanen ligger til grund for kapacitets, komponenter og materiale beregninger, derfor vil eventuelle unøjagtigheder, slå igennem på den samlede økonomiske performance som produktions systemet vil kunne opnå. Påvirkningen på den økonomiske performance kommer via for meget indkøbt materialer, overtidsomkostninger, uudnyttet produktionskapacitet eller mangel på materialer med tabt fortjeneste til følge.

De udviklede performance measures i forhold til produktionsplanlægningen, er udtrykt i ligning 21 (s. 54) til ligning 23 (s. 55), indikerer hvor stabil en produktionsplan er i forhold til stk. antal og er en rent rentabel betragtning, samt en økonomisk difference mellem produktionsplaner.

Ligning 19 udtrykker den difference, der ligger mellem det forecastede salg og det faktiske salg i den nuværende periode. Dvs. det er det faktiske salg, fratrasket det forecastede salg. Det skal bemærkes at i de nyudviklede performance measures, er der gjort forskel mellem start og slut af en periode pe og der er tilføjet en periode ændring af pe i form af $' + x'$, hvor x er antallet af perioder fra start periode.

$$Diff.salg_{pe}Prod_p = SalgFinal_{pe,Ultimo}Prod_p - SalgsFore_{pe,Primo} \cdot prod_p \quad \text{Ligning 19}$$

Ligning 20 angiver den forecastede produktionsplan for en periode $pe + x$ baseret på den forecastede produktionsplan kombineret med differencen fra periode $pe + x - 1$, hvor $x > 0$ (udtrykt i ligning 19).

$$Prod.Plan.Fore_{pe+x}Prod_p = Prod.Plan.Fore_{pe+x}Prod_p + Diff.salg_{pe}Prod_p \quad \text{Ligning 20}$$

10.1.1 Produktionsstabilitet i stk. antal

Produktionsstabiliteten er et udtryk der beskriver hvordan den planlagte produktionsplan baseret på forecast, afviger fra den faktiske produktionsplan, både den planlagte og den faktiske produktionsplan er baseret på stk. antal. Udtrykket resulterer i et forholdstal der benyttes til angivelse af hvor stor en ustabilitet der ligger mellem de to planer.

$$Prod.Plan.Stab_{pe+x} = \frac{Prod.Plan.Fore_{pe+x}Prod_p}{Prod.Plan.Final_{pe+x}Prod_p} \quad \text{Ligning 21}$$

Resultatet fra ligning 21 er et tal der starter ved 1 og kan ellers bevæge sig ned til 0 eller uendeligt højt, alt afhængig af hvordan forskellen mellem produktionsplanerne udvikler sig, og hvor præcist der måles. Tallet 1 er baseret som værende 100 % overensstemmelse mellem planerne.

Ved højere præcision i målingen kan der komme flere cifre på stabilitetsindexet for performance measuret. Ud fra et rent planlægningsmæssigt perspektiv er det ikke væsentligt om der er en positiv eller negativ forskel i stabiliteten i forhold til 100 %, men mere forholdstallet mellem afvigelserne, der angiver over tid hvordan planlægningen udvikler sig, enten positivt eller negativt.

Forholdstallet med en afvigelse der er lavere end 1, i forhold til en afvigelse der er højere end 1 er det samme som 1 multipliceret med forholdstallet.

10.1.2 Produktionsstabilitet i et økonomisk perspektiv

Det økonomiske perspektiv er baseret på et forholdstal der beskriver den økonomiske forskel der ligger mellem den samlede pris for den forecastede produktionsplan og den endelige produktionsplan. Pris kan være defineret af virksomheden selv, f.eks. salg eller produktionspris.

$$Prod. Plan. Stab. Øko_{pe+x} = \frac{\sum Prod. Plan. Fore_{pe+x} Pris. Prod_p}{\sum Prod. Plan. Final_{pe+x} Pris. Prod_p} \quad \text{Ligning 22}$$

Ligesom ved produktionsstabiliteten i stk. antal, er denne også udtryk i et tal mellem 0 og uendeligt højt.

10.1.3 Økonomisk difference i produktionsplaner

Udtrykket i ligning 23 beskriver den rent økonomiske udvikling der er i forhold til det der er planlagt og det endelige produktionsplan. Som udgangspunkt er dette tal, og de andre, kun sigende når der foreligger en historisk udvikling i tallene, som kan benyttes til at fortolke virksomhedens evne til at udføre produktionsplanlægning og forecasting. Ligning 23 viser den totale pris for den endelige produktionsplan fratrasket den forecastede omkostning for produktionsplanen.

$$Prod. Plan. Diff. Øko_{pe+x} = \sum Prod. Plan. Final_{pe+x} Pris. Prod_p - \sum Prod. Plan. Fore_{pe+x} Pris. Prod_p \quad \text{Ligning 23}$$

Baseret på de ovenstående udtryk fra ligning 21 (s. 54) til ligning 23 er der udviklet tre performance measures der kan udtrykke udvikling i forhold til det planlagte i forbindelse med produktionsplanlægning. Når udtrykkene bliver benyttet i en historisk sammenhæng, hvor der er en række perioder der kan sammenlignes kan udtrykkene benyttes til at pege på om

virksomheden bliver bedre eller dårligere til at planlægge, samt hvilken konsekvenser udviklingen har rent økonomisk.

10.2 Scheduling

Før en måling på en scheduleringsproces har en berettigelse gælder det at følgende kriterier skal være opfyldt. Der skal produceres flere forskellige produkter på den samme produktionslinje samt have forskellige profit- og produktionsprofiler. Argumentet for kriterierne skal ses i lyset af at en kontinuert produktion af et produkt på en produktions linje ikke vil blive påvirket af scheduling. Formålet med scheduling er netop at optimere virksomhedens kapabilitets udnyttelse. I tilfælde hvor der er tale om ét produkt på én produktions linje er det ikke schedulingen, som påvirker kapacitetsudnyttelsen da det reelt blot vil flytte rundt på ordrer rækkefølgen, uden nogen det vil have nogen indflydelse på performance eller profit. Performance measuren for scheduling defineres som cost optimering ved minimering af opsætningstiden og procestiden mellem produktions ordre. Dette kræver en form for gruppering af produkterne i forhold til opsætning og proces karakteristika. Til grund for grupperingen ligger en kortlægning som viser hvilke rækkefølge, produktions ordrene der indeholder konkrete produkter skal sorteres i for at minimere den samlede opsætningstid i perioden $pe + x$. Der vil i denne rapport ikke blive behandlet hvordan produkt routing, har en effekt på sekvenseringen, blot lade det være nævnt at produkt routing er inkluderet i sekvenseringen.

Den grupperede scheduleringsplan benævnes som $Sort.Sch.Op_{pe+x}$ og er et udtryk for summen af den tid som bruges på opsætning af fabrikationsprocessen når ordrene, indeholdt i perioden pe , er sorteret efter minimering af opsætning tid. $Ran.Sch.Op_{pe+x}$ er i modsætning den summeret tid, for perioden pe , en ikke sorteret scheduleringsplan vil generere af opsætningstid hvis den udføres. $Sch.Pref_{pe+x}$ er et forholdstal som viser i hvilken grad $Sort.Sch.Op_{pe+x}$ er bedre end $Ran.Sch.Op_{pe+x}$ hvordan $Sch.Pref_{pe}$ beregnes fremgår af ligning 24.

$$Sch.Pref_{pe+x} = \frac{Ran.Sch.Op_{pe+x}}{Sort.Sch.Op_{pe+x}}$$

Ligning 24

Et andet alternativ til graden af forbedring er differencen mellem tiden brugt på $Ran.Sche.Op_{pe+x}$ og tiden brugt på $Sort.Sch.Op_{pe+x}$, som ved scheduling benævnes som $Sch.Pref.Tid_{pe+x}$ og er udtrykt i ligning 25 (s. 57).

$$Sch. Pref. Tid_{pe+x} = Ran. Sch. Op_{pe+x} - Sort. Sch. Op_{pe+x}$$

Ligning 25

For at den tid der bruges på at reschedulering skal kunne være økonomisk rentabelt, skal den økonomiske gevinst der ligger i den tid der er sparet i produktionen på opsætning, være større end den økonomiske omkostning ved tilfældig schedulering. Dvs. omkostningen ved $Ran. Sch. Op_{pe+x}$ skal være mindre end ved $Sort. Sch. Op_{pe+x}$ ud fra en økonomisk betragtning.

På lige fod med produktionsplanlægningen, er brugen af de ovennævnte performance measures baseret på periodiske sammenligninger. Der er dermed krav om at samlet set skal de opsamles over en tidsperiode for at kunne være behjælpelige i forhold til at træffe beslutninger omkring hvornår reschedulering f.eks. kan betale sig, eller hvornår en plan er ustabil eller ej.

10.3 Opsamling

Samlet set er der her udviklet performance measurements til to afdelinger, hvilket resultere i to overordnede performance measurements og deres parametre. De overordnede performance measurements er benævnt som *Produktionsplanlægningsperformance* og *Scheduleringsperformance*, og består af en række målbare parametre som hver for sig kan opfattes som individuelle performance measurements, men her bruges de som parametre og er delelementer af et overordnet performance measurement til hver af afdelingerne. De udviklede performance measurements er samlet i tabel 12.

Performance Measurement	Afdeling
$Prod. Plan. Stab_{pe+x} = \frac{Prod. Plan. Fore_{pe+x} Prod_p}{Prod. Plan. Final_{pe+x} Prod_p}$	Planlægning
$Prod. Plan. Stab. Øko_{pe+x} = \frac{\sum Prod. Plan. Fore_{pe+x} Pris. Prod_p}{\sum Prod. Plan. Final_{pe+x} Pris. Prod_p}$	Planlægning
$Sch. Pref_{pe+x} = \frac{Ran. Sch. Op_{pe+x}}{Sort. Sch. Op_{pe+x}}$	Schedulering
$Sch. Pref. Tid_{pe+x} = Ran. Sch. Op_{pe+x} - Sort. Sch. Op_{pe+x}$	Schedulering

Tabel 12 – Udviklede performance measurements.

Modelforudsætninger

Dette kapitel introducerer hvordan beslutningsstøttemodellen bruges til at lokalisere mulige årsager til problemer, samt identificerer korrigerende handlinger. Der introduceres forudsætninger, krav, hvad modellen kan bruges til samt hvordan organisationen påvirkes. På baggrund af forrige kapitel om opbygningen af modellen, tages der her udgangspunkt i hvordan modellen skal fortolkes i forhold til det resultat som der ønskes opnået via påvirkning af et givent område i modellen.

11.1 Forudsætninger til brug af modellen

For brug af modellen er der en række krav til organisationen og brugerne. Det er vigtigt at se modellen ikke som et værktøj til den enkelte afdeling, men som et overordnet værktøj der kan være med til at forklare hvordan organisationen hænger sammen på tværs af afdelinger. Beslutningsstøttemodellen er derfor ikke lavet til at enkelte afdelinger kan suboptimere deres afdeling, men er tiltænkt brugt som et redskab til at skabe en reel ydelsesfremgang for hele virksomheden, og dermed undgå problemer som 'intern kannibalisme'. Forudsætningerne for brug af modellen er inddelt i hhv. organisationsforudsætninger og brugerforudsætninger.

11.2 Organisationsforudsætninger

For at den opstillede model kan være beskrivende for virksomheden og dermed være behjælpelig til at træffe beslutninger, samt ligge til grund for hvor der skal indføres korrigerende handlinger, er det nødvendigt organisationen ligner den organisation der er opstillet i figur 4 (s. 9) og operere under samme forudsætninger, som der er opstillet for den samlede model i figur 24 (s. 48).

Udover at organisation og modellen skal opererer under de samme forudsætninger er det nødvendigt at organisationen måler på de samme performance measures som der måles på i modellen. Andre mål kan bruges, men så vil de modellerede sammenhænge ikke være gældende. Der ligger en nødvendighed i at kunne opveje at en stigning i performance i et område kan medføre et fald i performance i et andet, sådan en opvejning er organisations ansvar at vægte.

Dvs. der skal være en funktion eller afdeling der kan operere på tværs af organisationen og foretage vægtede beslutninger på baggrund af hvilken funktioner/afdelinger der vurderes til at være vigtigere at have en høj performance i, end andre.

11.3 Brugerforudsætninger

For at kunne fortolke og bruge modellen i et beslutningsstøtte henseende, er det nødvendigt at brugeren har en række forudsætninger for at kunne følge, fortolke og drage konklusioner baseret på de sammenhænge som bliver præsenteret. Helt grundlæggende er det krævet at brugeren har en viden om den sammenhæng der påvirkes. Sådant viden er benævnt som domæne viden. Domæneviden inkluderer et holistisk syn på organisationen i en detaljegrad der giver anledning til at vide hvordan en afdeling bliver påvirket af en ændring, og hvordan organisationen betragter de overordnede performance measures der ligger til grund for hvordan virksomheden styres. Samt have viden om den sammenhæng der påvirkes, og de sammenhænge der påvirkes via en ændring. Det er nødvendigt at have viden om og at kunne ræsonnere om det indbyrdes forhold der ligger mellem performance measures og afdelinger, hvor en optimering eller ændring i en afdeling kan have en uønsket effekt i en anden afdeling. Brugeren skal derfor kunne forholde sig til betragtningen om at en ændring der er indført for at resulterer i en stigning i performance ét sted, kan medføre et faldt et andet sted. Det er organisationen der skal vurdere om sådan en ændring skal indføres på baggrund af input fra modelbrugeren.

11.4 Opsamling

Modellen er baseret på enten en 'top-down' eller 'bottom-up' fremgangsmetode, hvor den førstnævnte er baseret på at der søges at finde ud af hvordan et eller flere performance measures kan påvirkes, og det sidste er baseret på et styringsmæssigt fokus.

Modellen kan bl.a. illustrere:

- Hvor der skal udføres korrigerende handlinger for at påvirke et performance measure.
- Hvilke delelementer et performance measure består af.
- Hvordan der kan anlægges et styringsmæssigt perspektiv og vurdere konsekvenserne heraf.
- Hvilken funktion/afdeling et performance measure måler på.
- Hvor data til et performance measurement bliver genereret.
- Hvordan de enkelte processer kan påvirkes via deres styringsprincip.
- Hvordan processer bliver påvirket fra flere funktioner/afdelinger.

Udover de rent tekniske elementer som modellen bidrager med, har organisationen et ansvar i at vurdere hvordan performance measure hierarkiet ser ud. Der ligger en naturlig opvejning af at

nogen performance measures mister performance imens andre stiger i performance. Det er organisationens ansvar at vurdere om konsekvensen af en korrigerende handling, har en effekt de rigtige steder, samt om de positive konsekvenser opvejer de negative.

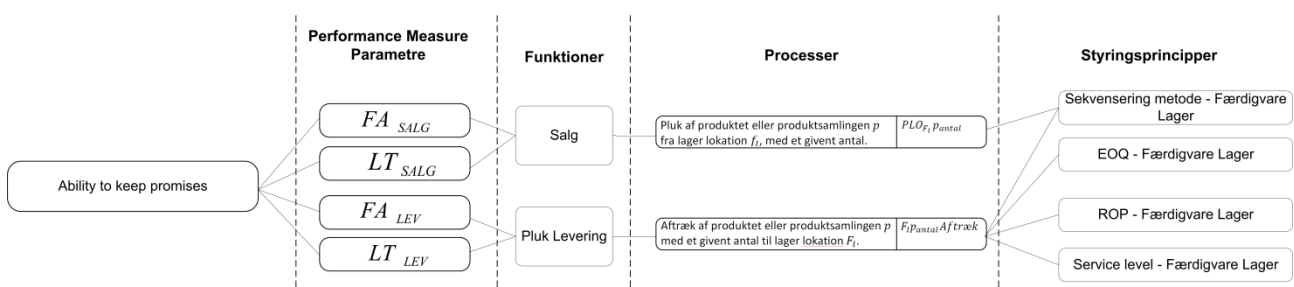
For at vise hvordan beslutningsstøttemodellen kan anvendes bliver der i næste kapitel, gennemgået et eksempel der viser hvordan en sammenhæng i et performance measure påvirker systemet via processer og styringsprincipperne.

Kapitel

12 Modelbrug – En use case

Der vil i dette kapitel blive gennemgået en use case som eksempel på hvordan beslutningsstøttemodellen kan benyttes som beslutningsstøtteværktøj. Casen illustrerer hvordan der fra et performance measure synspunkt er mulighed for at lokalisere hvad der påvirker et givent performance measure, hvor denne viden kan benyttes til at styre virksomheden i en retning der forbedrer det valgte performance measure. Der er i forbindelsen med use casen benyttet data fra en mellemstor dansk produktionsvirksomhed. Der vil slutteligt vises en metode til at kvantificere hvor stor en påvirkning processerne har på det valgte performance measure.

Use casen tager udgangspunkt i problemstillingen hvor der er observeret en uønsket ændring i performance measuret 'Ability to keep promises'. For at finde en løsning til denne problemstilling benyttes beslutningsstøttemodellen. Et udsnit af modellen er vist i figur 29, hvor der kun er inkluderet de forbindelser der direkte er tilknyttet 'Ability to Keep promises'.



Figur 29 – Viser kolonnerne for performance measuret ability to keep promises.

Ud fra denne figur kan der konkluderes at ability to keep promises er påvirket ud fra om det er leveret den korrekte mængde produkter, samt om disse produkter er blevet leveret til tiden. Disse to problemstillinger er fremsat efter performance measure parametrene. Som tidligere oplyst bliver det korrekte antal produkter målt som i ligning 15 (s. 24) og levering til rette tid bliver målt som i ligning 16 (s. 25), men er gengivet for læsbarhedens skyld i ligning 26 og ligning 27.

$$Afvigelse_{FA} = FA_p Lev_k - FA_p Salg_k$$

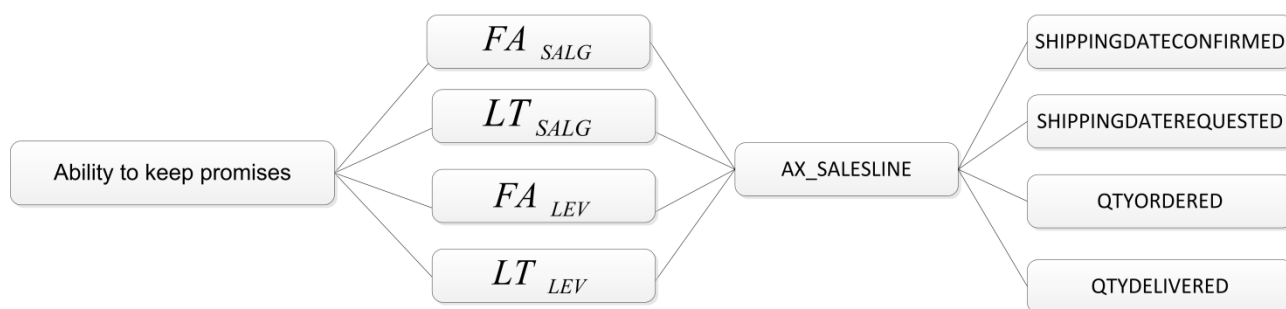
Ligning 26

$$Afvigelse_{LT} = LT_p Lev_k Dato - LT_p Salg_k Dato$$

Ligning 27

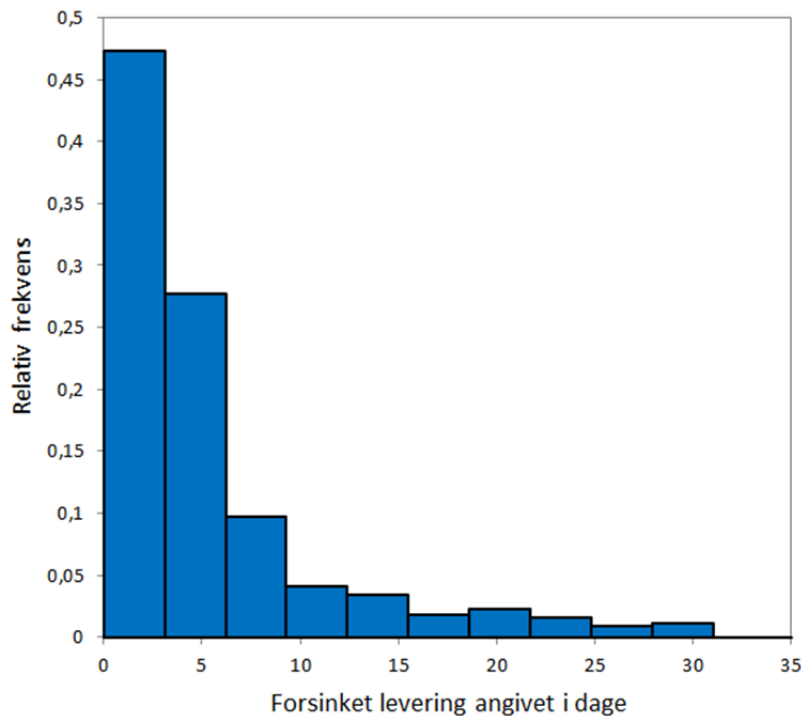
Derfor skal der fra virksomhedens side identificeres hvor disse informationer kan hentes. I dette tilfælde benytter case virksomheden sig af ERP systemet Microsoft Dynamics AX, hvorved den tilhørende database struktur vil danne baggrund for resten af use casen. Datasættet er ikke komplet, og ikke opsamlet til dette formål, der er derfor manglende data. Det manglende data udfyldes med data som efter overbevisning er fyldestgørende. Der hvor datasættet er blevet suppleret, er der gjort opmærksom på det.

Med udgangspunkt i ovennævnte database vil man kunne finde de nødvendige data som figur 30 viser.



Figur 30 – Oversigt over database input fra Dynamics AX for Ability to keep promises.

På baggrund af figur 30 er kilden til det nødvendige data placeret i tabellen AX_SALESLINE. Tabellen indeholder det nødvendige data for at være i stand til at vurdere om leveringen er sket til rette tid og om der er blevet leveret i rette antal. Dette er muligt at beregne fordi databasen i dette tilfælde indeholder de nødvendige oplysninger. Dette er dog ikke altid gældende, da det er opsætningsbestemt i forhold til virksomhedssystemer. Der er i figur 31 (s. 67) lavet et dataudtræk over et år hvor der er lavet et histogram over differencen mellem lovet og overholdt leveringsværdi.



Figur 31 – Histogram over forsinket levering angivet i dage, fordelt på 5713 datapunkter.

Histogrammet har totalt set 5713 ordrer linjer hvor 825 er opfyldt til tiden. Det svarer til at 14,4 % af ordrene er blevet afsendt til tiden. Som modsætning er alle ordre linjer blevet opfyldt med den korrekte mængde. Dette tyder på at virksomheden har valgt en tilgang hvor det at opfylde den korrekte mængde er anset som en *hard constraint* og det at levere til tiden er en *soft constraint*. Dvs. virksomheden forsøger altid at både levere til tiden og i rette mængde, men i de situationer hvor dette ikke kan lade sig gøre ventes der med at afsende produkter til hele ordren er blevet opfyldt. Man kan derfor konkludere at evnen til at levere til tiden i rette mængde er 14,4 %, da man har leveret til tiden i 14,4 % af tilfældene og 100 % af gangende har man afsendt korrekt antal. Det er på baggrund af dette derfor evnen til at levere til tiden der skal fokuseres på, så det bliver muligt at forbedre leveringsaspektet af 'Ability to keep promises'.

Dette kan i nogle situationer være nok viden til at håndtere problemstillingen, hvorved at målet med brug af beslutningsstøttemodellen er nået. Ønskes en dybere forståelse af årsagen til manglende evne til at levere til tiden kan resten af modellen benyttes. Derfor vil det videre forløb undersøge hvad der påvirker funktionerne salg og levering, da det er de to funktioner der er forbundet med performance parametrene omhandlende salg og levering. Ved at følge forbindelserne, ses de grundelementer som hver af performance measures, funktionerne osv. er opbygget af, internt set.

Da der i denne model kun er fokuseret på de interne processer, og de to funktioner primært er eksternt fokuseret, forbinder hver funktion kun til én proces, pluk og levering. Styringsprincipperne til de to processer er hhv. EOQ, ROP, Service level og sekvenserings metode. Dvs. ud fra denne model er disse fire parametre styrende for evnen til at levere i rette mængde og til rette tid. Det skal bemærkes, at det ikke vil være muligt at direkte måle politiske beslutninger, som kan have en påvirkning på performance measuret. Det vil dog være muligt, som i tilfældet med histogrammet, at udlede fra data hvilke valg af styring der er foretaget og dermed identificere årsagen til de effekter der ses. Det er samtidig også forventeligt at brugeren har en god forståelse for den givne virksomhed, beslutningsstøttemodellen bliver brugt i og dermed selv er bevidst om hvilke styringsprincipper der benyttes og dermed vil være mere end kvalificeret til at vurdere hvordan en ændring i et styringskoncept, vil give udsving i data'en.

På baggrund af manglende data er det derfor ikke muligt at give en komplet forklaring af opførslen af 'Ability to keep promises' baseret på de fire styringsprincipper. Dette skal ses ud fra at styringsprincipperne som er forbundet til processerne er forbundet til flere performance measures, hvorfor at styringsprincipperne forklare og påvirker flere performance measures. Dette giver en detaljegrad i modellen der gør at en erfaren bruger vil kunne se sammenhængen og de muligheder der foreligger og konsekvenser ved ændringer, men at modellen kan være for overordnet i nogle tilfælde. Der mangler data for at se hvordan graden af en ændring via et styringsprincip påvirker et performance measure. Årsagen til dette er at standard systemer ikke nødvendigvis registrerer det fornødne data, der gør det muligt at spore ændringen gennem systemet.

Der vælges i det videre forløb at antage at sekvenserings metode ikke har nogen indflydelse på evnen til at levere i rette tid eller mængde. Dette valg er baseret på at valg af sekvenserings metode primært håndtere i hvilken rækkefølge produkter forlader færdigvare lageret. Hvis en ordre ikke er blevet opfyldt i enten rette tid eller mængde, er den primære årsag, at produktet ikke har været på lager klar til afsendelse, hvorfor en angivelse af rækkefølge ikke vil have nogen indflydelse på opfyldelse af ordren.

Det videre forløb tager derfor udgangspunkt i styringsprincipperne ROP, EOQ, og service level. Da der ikke er viden om hvilke udgaver af ROP, EOQ og service level der benyttes i virksomheden, benyttes styringsprincipperne i dette eksempel i deres simple form, set i ligning 29 til Ligning 30 (s. 67).

$$\text{ROP} = d * l + \text{sikkerhedslager},$$

hvor d = efterspørgsel per enhed i dage, l = lead time for levering

Ligning 28

$$PD + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H,$$

EOQ hvor $P = \text{Produkt pris}$, $D = \text{efterspørgsel per enhed angive i år}$,
 $Q = \text{ordrestørrelse}$, $S = \text{bestilingsomkostninger}$,
 $H = \text{lageromkostning}$

Ligning 29

Service $100\% - x$,
 Level hvor x angiver risiko'en for at opleve tomt lager

Ligning 30

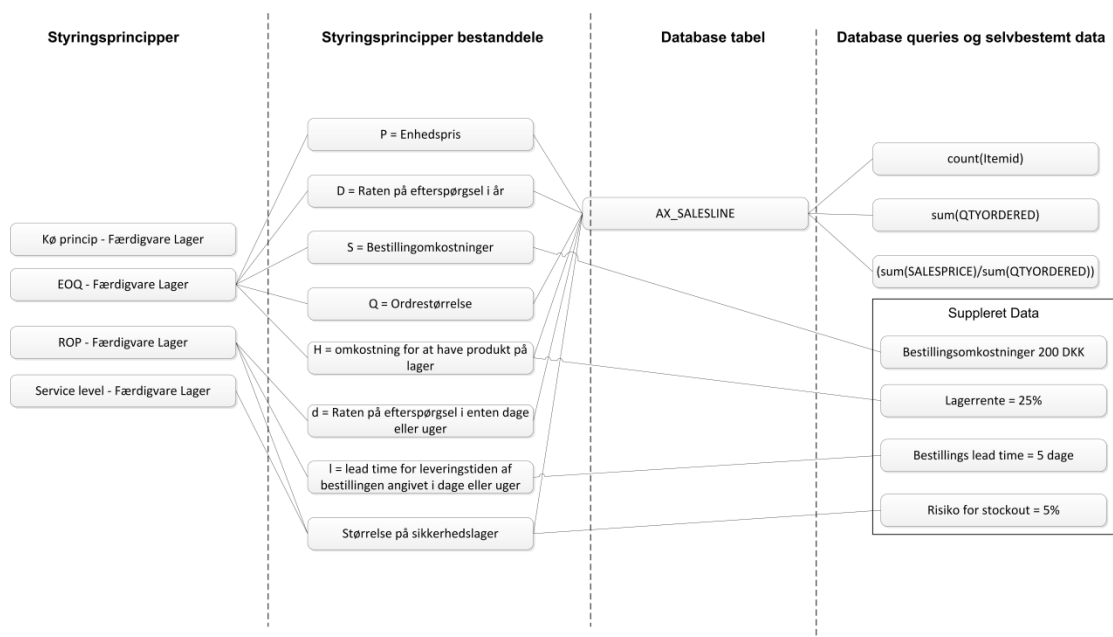
De ovenstående ligninger danner grund for det data der videre skal bruges til identificering af årsagen til virksomhedens manglende evne til at levere til tiden. Derudover vælges der her at præsentere en ligning, der udregninger størrelsen på sikkerhedslageret, som er effektueringen af service level. Denne ses i ligning 31.

$$Z * \sigma_{d * l},$$

Sikkerhedslager hvor $z = \text{antal standard afvigelser}$,
 $d = \text{efterspørgsel per enhed i dage}$, $l = \text{lead time for levering}$

Ligning 31

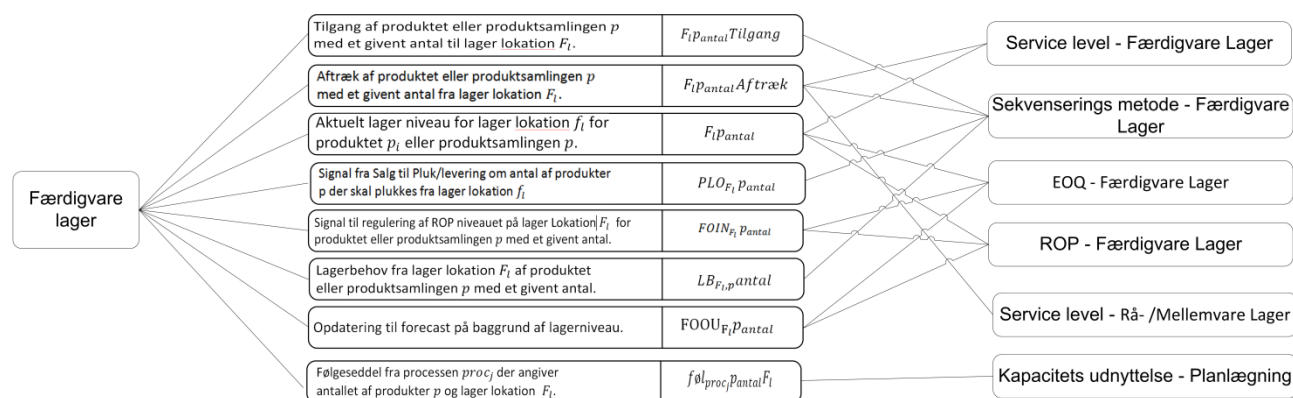
I figur 32 er det illustreret hvor disse data er fundet ved hjælp af beslutningsstøttemodellen og virksomhedens database. Som nævnt tidligere er data sættet ufuldstændigt, det manglende data er derfor blevet sat efter bedste evne til at illustrere formålet. Steder med manglende data er angivet i figuren.



Figur 32 – Afbildning af databehovet for de udvalgte styringsprincipperne for ability to keep promises.

Ved at benytte sig af figur 32, og beregne de enkelte styringsprincipper er det muligt at vurdere hvilke styringsparametre der påvirker evnen til at levere til tiden i en negativ retning. I dette tilfælde vil det på baggrund af domæneviden være muligt at vide hvilken en af styringsparametrene der skal sættes fokus på. Når problemet er at der ikke bliver leveret til tiden, er dette for en lager producerende virksomhed baseret på at der ikke er nok varer på lager når der er behov for dem. Under forudsætning at der ikke er problemer med leveringen, som tidligere nævnt er uden for projektets fokus. Derfor skal der tages udgangspunkt i det eller de styringsprincipper der kan påvirke og styre lagerniveauet så der er tilstrækkelige med færdigvarer på det rette tidspunkt. Dette bliver normalt udført via lagerstyringsprincipper, for derigennem at forudsige hvor stor efterspørgslen er i fremtiden og derefter have nok varer på færdigvare lageret til at opfylde behovet. Derudover tager man højde for usikkerheden ved denne forudsigelse af salg ved brug af sikkerhedslageret.

Det der kan konstateres, er at den umiddelbare årsag til den manglende evne til at levere til tiden ligger i håndteringen af færdigvare lageret. Næste skridt vil være at tage udgangspunkt i færdigvare lageret for at finde årsagen. Der er taget et uddrag fra beslutningsstøttemodellen med udgangspunkt i funktionen færdigvare lager i figur 33.



Figur 33 – Forbindelser fra færdigvarelager ned til styringsprincipperne.

Ud fra denne figur ses det, at der findes seks styringsprincipper tilknyttet færdigvarelageret. Udoover de fire styringsprincipper fra før, er der tilføjet service level på rå- / mellemvarelageret samt kapacitets udnyttelse. Igen vælges der at se bort fra sekvenserings metoden da rækkefølgen af afgående produkter ikke påvirker leveringsevnen, så længe produktet er på lager, hvorfor manglende evne til at levere til tiden må forklares ud fra de resterende fem styringsprincipper. Ved brug af modellens struktur, er det ikke direkte muligt, ud fra de resterende fem styringsprincipper at se hvor problemet ligger henne i casen. På trods af den sammenhæng der ligger i modellen, fortæller sammenhængene ikke noget om hvad der er årsag, kun hvilke

sammenhæng der kan findes. Dette fører til at der kræves en form for dataanalyse til at påvise årsager.

Det er ikke muligt at basere konsekvens analyser eller analyser der påviser forbindelse på det eksisterende datasæt, da det ikke er komplet. Ved et komplet datasæt kan der eksempelvis benyttes multivariate metoder. Her vil konsekvensen af at have et komplet datasæt være at det vil være muligt at foretage konsekvensberegninger i forhold til styringsprincipper og hvordan ændringer til styringsprincipperne vil kunne måles i datasættet.

Grundlaget for modellen er at lokalisere hvordan man kan påvirke et resultat og hvad der muligvis *kan* være årsag til at et performance measure ikke opfører sig som ønsket. Det er ikke formålet i beslutningsstøttemodellen at kunne vurdere hvor meget en ændring har af påvirkning på et performance measure, proces eller funktion. På baggrund af dette, er det dog muligt at efter at brugeren har lokaliseret et område hvor det er ment at årsagen kan være, kan der udføres en række kvantitative analyse for at underbygge formodningen og komme med svar på hvor meget en ændring ville kunne påvirke resultatet. Dette baseret på f.eks. Principal Component Analysis [PCA] eller Factor Analysis [FA], der på baggrund af datasættet kan komme med et bud på hvor sammenhængene datasættet er og hvilke data der påvirker andet data og det indbyrdes forhold mellem data. Alternativt kunne der benyttes simuleringssystemer til at simulere det at der er foretaget en ændring. Der vil for eksemplets skyld foretages en PCA analyse, for at vise hvorledes en af disse metoder kan bruges til identificering af graden af påvirkning.

12.1 Principal Component Analysis

I denne analyse tages der udgangspunkt i ovenstående resultat, hvor en mulig årsag til den manglende evne til at levere til tiden, er placeret i færdigvarelagret. Der skal derfor undersøges hvor stor påvirkning de fem styringsprincipper har på evnen til at levere til tiden. Dette er dog ikke helt muligt, da det tilgængelige datasæt ikke indeholder data for service level for rå- /mellemvare lager, samt kapacitets udnyttelse for planlægningen. Derfor vil der kun undersøges hvor stor påvirkning EOQ, ROP og service level har på færdigvare lageret evne til at levere til tiden. En PCA analyse bliver brugt til at forklare den varians der findes i et datasæt, og kan dermed være med til at identificere hvordan forskellige variable påvirker hinanden. For yderligere forklaring af PCA henvises til Joseph F. Hair, Jr., et al (2010) og Esbensen, et al (2001).

For at gøre PCA analysen mulig har der været behov for en databehandlings proces, heriblandt strukturering af data. Der er taget udgangspunkt i at indsamle samtlige nødvendige data for at være i stand til at udregne styringsprincipperne. Samtidig er der, som tidligere nævnt, taget den

frihed selv at generere de data der mangler for at kunne udregne styringsprincipperne, som vist i figur 32 (s. 67). Datasættet til PCA analysen består af en summering over et år, af ordrelinjer i forhold til produktID, på samme måde er alt andet information summeret i forhold til at passe til et unikt produktID. Dette har den effekt at forsinkelser i leveringen er blevet udregnet som et gennemsnits tal for hvert produkt. Dette kan påvirke det endelige resultat, men da dette ses som et eksempel på hvordan man kan bruge multivariat data analyse i forbindelse med beslutningsstøttemodellen, vil der ikke blive gjort yderligere ved denne problemstilling. Selve PCA analysen er blevet foretaget over 767 unikke produkter.

Det første resultat fra PCA analysen er en korrelationsmatrice der viser hvor korrelerede de forskellige styringsprincipper er med hinanden, samt performance measure parameteren '*Diff dage*', som kan ses i tabel 13. *Diff dage* er gennemsnittet for forsinket levering per produkt.

Variable	EOQ	ROP	Sikkerhedslager	Diff Dage
EOQ	1	0,654	0,733	0,042
ROP	0,654	1	0,918	0,091
Sikkerhedslager	0,733	0,918	1	0,115
Diff Dage	0,042	0,091	0,115	1

Tabel 13 – Korrelations matrice over styringsprincipperne

Ud fra denne tabel kan der læses at de tre styringsprincipper er positivt korreleret, men hvor der samtidig næsten ikke er en korrelation mellem *Diff date* og styringsprincipperne. Dette kan umiddelbart tyde på at der ikke er nogen forbindelse mellem evnen til at levere til tiden og styringen af færdigvare lageret. Dette skal dog undersøges nærmere, hvorved det næste resultat fra PCA analysen er en tabel over de fire fremkomne principal components (tabel 14).

	PC1	PC2	PC3	PC4
Eigenvalue	2,556	0,990	0,381	0,074
Variability %	63,888	24,739	9,523	1,850
Cumulative %	63,888	88,627	98,150	100,000

Tabel 14 – Tabel over de fire principal components

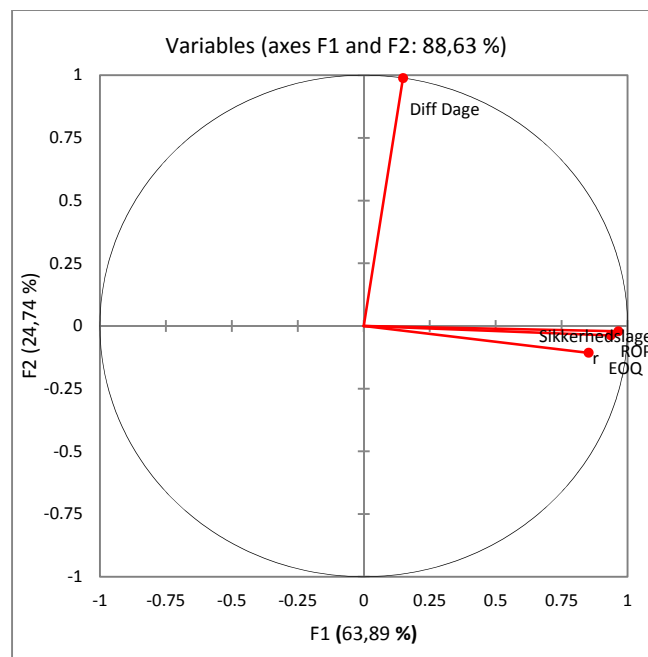
Her ses det hvor stor del hver principal component (PC) kan forklare en andel af variabilitet i datasættet. Her ses det at den første PC1 kan forklare 64 % af variabiliteten og PC2 forklarer 25 % af variabiliteten. Tilsammen kan disse to principal components forklare 89 % af variabiliteten i data sættet. Det er derfor valgt at disse to principal components forklare nok af variabiliteten i sig selv, så der fremover kun vil blive taget udgangspunkt i disse to. Der kan i tabel 15 se en oversigt over

eigenværdierne for PC1 og PC2, der fortæller hvor stor en del af variationen den enkelte variable bidrager med.

	PC1	PC2
EOQ	0,533	-0,108
ROP	0,586	-0,038
Sikkerhedslager	0,604	-0,021
Diff Dage	0,093	0,993

Tabel 15 – Oversigt over eigenværdierne for PC1 og PC2.

Ud fra tabellen kan der konstateres at de tre styringsprincipper alle ca. udgør en tredjedel af variationen og hvor *Diff dage* er tæt på ikke at have en påvirkning på denne variation. Det der kan konkluderes er at PC1 fortæller i hvor høj grad noget er korreleret med styringen af færdigvare lageret. PC2 derimod består næsten kun af *Diff dage*, hvorfor at PC2 viser i hvor høj grad noget er korreleret med virksomhedens evne til at levere til tiden. Disse to principal components er illustreret i et biplot i figur 34, hvor PC1 og PC2, er benævnt som henholdsvis F1 og F2.



Figur 34 – Biplot af principal component 1 og 2.

Ud fra plottet kan der udledes at de tre styringsprincipper for færdigvare lageret ikke har nogen nævneværdig påvirkning på evnen til at leveret til tiden. Plottet skal læses således at y-aksen viser i hvor høj grad variablerne er enten negativ eller positiv korreleret med virksomhedens nuværende leveringsevne. Som det fremgår, er der en mindre negativ korrelation på mellem 0,0021 og 0,108 for de tre styringsprincipper, som er vurderet til at være uvæsentligt. Der kan

derfor på baggrund af denne analyse konstateres at de primære årsager til den nuværende leveringsevne er baseret på andre parametre end de tre styringsprincipper.

Hvis det tilgængelige datasæt havde været komplet til formålet ville det være plausibelt enten at afvise sammenhængen mellem styringsprincipperne for færdigvare lageret og evnen til at levere til tiden, eller bekræfte en sammenhæng for én eller flere af styringsprincipperne.

Kapitel 13

Diskussion

Dette kapitel præsenterer hovedbidraget, bestående af to performance measures og en beslutningsstøttemodel. Arbejdsmetoden, emne tilgang og hvilken valg der er taget for at komme frem til løsningen og de tilhørende bidrag, bliver diskuteret for at belyse konsekvenserne ved tilgangen til projektet og det endelige resultat.

Tilgangen til arbejdsområdet startede med en søgning efter de mest citerede forfattere inden for performance measurement feltet. Dette afdækkede en række forfattere og et antal citationsstudier inden for arbejdsområdet der kvantificerede hvilke forfattere der beskæftiger sig med hvilke arbejdsområder. På baggrund af de fundne citationsstudier, hvoraf det udvalgte er fremhævet i projektrapporten (det senest udgivet, Tatichi (2008)), er der valgt ét framework til at basere performance measurements modellering og arbejdstilgangen til udviklingen af nye performance measurements på. Konsekvensen ved den ensidede tilgang til performance measurements fra det ene framework (tabel 2, s. 19) resulterer i at de performance measurements der bliver fundet ikke bliver sat i relation til andre performance measurement frameworks. Til gengæld er det valgte framework af en forfatter(Neely A.) der er den 3. mest citeret i performance measurement litteraturen (jf. figur 7, s. 17), og som har tilnærmelsesvis det samme fokus som der foreligger i projektet. Ulempen ved fremgangsmetoden er at der er begrænsede reference punkter til at basere de nyudviklede performance measures på og derfor er der en risiko for at de er baseret på en ensidet forståelse af forbindelsen mellem performance measurements og styringsprincipper, samt hvilke performance measurements der rent faktisk er relevante. Den eksisterende viden kombineret med udgivelser omkring strukturen af MTS virksomheder ligger til grund for den samlede procesmodel (figur 11 s. 30). På baggrund af denne samlede viden er der modelleret en række processer og styringsprincipper, som ligger til grund for den samlede model (figur 24, s. 48) der står som ét af de primære bidrag i rapporten. Begge modeller henholdsvis proces (figur 11 s. 30) og beslutningsstøttemodellen (figur 24 s. 48) er baseret på opfattelsen af hvordan en virksomhed der benytter MTS styringskonceptet er opbygget.

Modellen er ment som værende en generisk model, derfor skal der beregnes, at for at modellen skal kunne benyttes, skal den rettes til i forhold til den enkelte virksomhed eller case. Dette har en effekt på hvilke antagelser og situationer som modellen kan beskrive. Eftersom at modellen er baseret på et MTS styringskoncept, vil modellen være fortrinsvis være applikabel på virksomheder der benytter sig af denne styringsform. Af samme grund vil der være større udfordringer ved benyttelse af beslutningsstøttemodellen i virksomheder med en anden styringsform.

Den samlede model, er en beslutningsstøttemodel (figur 24, s. 48) der fokuserer på et MTS styringskoncept og sigter efter at forsyne et helhedsbillede af hvordan en virksomhed måles og styres, fra performance measure til styringsprincipper. For at isolere det miljø, er der valgt et styringskoncept hvor kunde dekoblingspunktet er så langt væk fra produktionen som muligt. Denne afgrænsning har den tiltænkte konsekvens at der er et internt rettet syn. Hvorved forecast og indkøb ikke er medtaget i beslutningsstøttemodellen, er forecast medtaget i procesmodellen da forecast også påvirker internt (se afsnit 7.5, s. 30). Med udgangspunkt i at modellere et internt system, er eksterne påvirkninger ikke medtaget. Dette gør dermed også at der ikke er mulighed for at se forbindelser fra eksterne påvirkninger. Det kan argumenteres at denne synsvinkel er for simpel i forhold til virkeligheden jf. at der ikke fokuseres på hvordan virksomheden opfylder markedskravene. Modellen er beregnet til at kunne applikeres af brugere med en relevant fagviden, hvad der vurderes som relevant kan variere, men er ment som værende viden der opnås via erfaring i en virksomhed der har forudsætninger der tillader modellen at blive benyttet, og med en relevant uddannelse. Paradoksalt, har arbejdet med at udbygge en komplet model haft et forvirrende resultat, i og med at det ikke er muligt i modellen at se direkte, hvilken proces et performance measurement parametre er forbundet til. Metoden der er benyttet til at visualisere har den konsekvens at det ikke direkte er muligt at se den rene eller direkte forbindelse mellem emner der sidder på hver sin side af f.eks. funktioner som Salg, eller Færdigvare lageret. På trods af at modellen visualiserer hvordan en række af emner er forbundet er der ikke taget højde for at detaljegraden forsvinder i forbindelse med de enkelte forbindelser. Dette er en konsekvens af at situationen er meget kompleks og for at kunne designe en illustrativ model er det nødvendigt at begrænse antallet af forbindelser der visualiseres.

Eksisterende performance measures primært brugt i MTS virksomheder, er ofte baseret på en økonomisk betragtning i forhold til MTS virksomheder. Dette er dels baseret på at det er økonomer der har stået bag mange af de performance measures der benyttes, dels baseret på at MTS virksomheder måles gerne i forhold til hvordan udgifter er sammensat i forbindelse med opfyldelse af forecasts osv. Denne betragtning er yderligere forstærket, af mange af de

performance measures der henvender sig til MTS, er baseret i 'Cost' kategorien i Neely's framework (tabel 2, s. 19).

I forbindelse med udviklingen af modellen er det bemærket at *RunningCost* er beskrivende for mange områder, men så vidt vides bliver *RunningCost* ikke applikeret i områder hvor der med fordel kunne måles performance i forbindelse med den omkostning et område står for, altså en allokering af omkostninger i forhold til hvad der bliver udført i en given afdeling. Derfor er *RunningCost* ekspanderet til at fungere som et overordnet performance measure der består af performance for samtlige afdelinger, i forhold til deres omkostning. Denne fremgangsmetode er uortodoks og er ikke direkte supporteret generelt i ERP systemer, som gerne har en dækningsbidrags tilgang til *RunningCost*, hvor der ikke tages hensyn til den omkostning en afdeling står for i forhold til antallet af produkter der produceres. Denne måde at allokere *RunningCost* på er mere retvisende for *unitcosts*, da omkostninger kun er allokere produktet der belaster systemet. Alternativer kunne være måling af antallet af salgsordre eller antallet af ordre en afdeling behandler, men dette er ikke dækkende for alle afdelinger. Det er anerkendt at denne tilgang derfor vil kræve tilpasning af et eksisterende system eller nye systemer og vil medføre en øget mængde af data som skal behandles. Det er paradoksalt at netop metoden der er udnyttet og baggrunden for bedre at kunne måle performance på det taktiske niveau, giver anledning til at der er mere data der skal opsamles og behandles af det taktiske niveau. Bidraget fra den synsvinkel er dermed med til at belaste det taktiske niveau mere, men betragtes som en fordel da bidraget af både *RunningCost* og beslutningsstøttemodellen kan være med til at lokalisere områder hvor der kan effektiviseres i forhold til samlet omkostning.

Kapitlet Styringsprincipper for MTS (s. 39) beskriver de styringsprincipper der er identificeret i forhold til MTS styringskonceptet og er baseret på hvordan en lagerproducerende virksomhed umiddelbart er styret, samt hvor lageret er den servicerende funktion i forhold til kunden. I forbindelse med styringsprincipperne, er der truffet en række valg, der virker til at afvige hvad der kunne betragtes som værende gældende standard. F.eks. er mange styringsprincipper placeret, hvor deres effekt kan måles, frem for hvor beslutningen om styringsprincippet er truffet.

Der er truffet en række valg i forbindelse med modelleringsprocessen, blandt dem er hvilken metoder der benyttes til at udtrykke en række parametre f.eks. EOQ til færdigvarelageret hvor der kunne have været valgt EPQ. For ikke at skulle gå i detaljer med hvordan sådanne metoder fungerer i dybden er der udvalgt de basale udtryk for at kunne benytte dem i eksemplet fra kapitel 12 (s. 63).

De udviklede performance measures, er rettet mod det at måle planlægning og scheduling i forhold til den mængde af omkostninger der ligger til grund for stabiliteten af produktionsplanen, samt den økonomiske og kapacitetsmæssige gevinst der ligger i at reschedulere fra noget rent tilfældigt til en scheduling der tager højde for en række produktionskarakteristika. Denne tilgang resulterer i to omkostningsorienterede og stabilitets angivende performance measures, tilgangen er rettet mod en omkostning der måles i forhold til præstation frem for en overordnet tilgang der måler i forhold til samlede omkostninger. Denne tilgang har den egenskab at over tid er det muligt at måle hvordan omkostninger i en afdeling hænger sammen med den stabilitet og udvikling der ligger i produktionsplanerne, og den øgede kapacitet eller økonomiske gevinst der ligger i at reschedulere. Modsat ligger der en indsnævring i forhold til hvad der rent faktisk kan udtrykkes i de performance measures. Der kan ikke udtrykkes hvorledes planlægning eller scheduling udnytter de ressourcer der er i afdelingen, kun hvordan afdelingen klarer sig i forhold til de samlede omkostninger. De udviklede performance measures, er rettet mod at kunne måle en relativ performance for de to afdelinger i forhold til deres individuelle performance over tid. Kombineret med et økonomisk perspektiv, der sætter performance benchmarket i relation til den omkostning som afdelingen står for. På den led at de ikke så forskellige fra andre performance measures, de er dog her mere detaljeret, for at kunne retfærdiggøre at de virker og ikke er dokumenteret andre steder, hvor der generelt bruges en gennemsnitsbetragtning i forhold til omkostninger og performance.

Fremgangsmåden til design af den færdige beslutningsstøtte model er baseret på domæne viden, og et af kravene er at brugere har et vist erfaringsniveau og domæne viden, hvad er baggrunden så for at udvikle og foreslå at modellen skal benyttes til at lokalisere problem stillinger. Formålet med beslutningsstøttemodellen er ikke at den skal benyttes i de enkelte afdelinger, hvor der sidder erfarne bruger med viden omkring deres områder, men at den skal benyttes på et tværfunktionelt plan hvor modellen dækker en række latente forbindelser og områder der gør at der kan strømlines beslutninger på tværs af mange afdelinger for at opnå et målet der er påvirket af mange afdelinger og beslutninger.

Et problem ikke kun med den udviklede beslutningsstøttemodel, men også generelt er at der ikke er mulighed for at måle på politiske beslutninger, men kun effekten af de politiske beslutninger. F.eks. foreligger der en politisk beslutning om et service level på 95 %, men det er kun muligt at måle på virksomhedens nuværende service level og ikke det ønskede. Det vil dog altid være mulig at forhøre sig hos beslutningstageren om hvad målet for den politiske beslutning er. Den politiske beslutning giver dermed ikke anledning til at vide hvor der skal påvirkedes for at service level rammer det ønskede. Det skal der enten domæneviden og erfaring til at vide, eller ved brug af

forskellige modeller, herunder f.eks. den udviklede beslutningsstøttemodel, der angiver hvad der bl.a. påvirker service level. Modellen løser ikke 100 % det der kritiseres, nemlig at det ikke er muligt at måle på det taktiske niveau. Men de udviklede performance measures, til planlægning og scheduling gør til dels op med dette, på samme måde som den ekspanderet udgave af *RunningCost* gør. Resten af beslutningsstøttemodellen er stadig baseret på at løse problemstillinger som ikke nødvendigvis udgøres af det taktiske niveau, men mere af beslutninger der træffes og som har effekt i f.eks. mængden af lager niveau eller sikkerhedslageret.

Eksemplet der benyttes til at illustrere modellens virke, er baseret på at illustrere hvordan modellen kan benyttes til at finde et konkret sted i virksomheden til at udføre en dybere analyse, baseret på det data der er rettet mod det område hvor der er formodet der findes et problem. Der er taget udgangspunkt i et datasæt der ikke er komplet, der er derfor begrænsede muligheder for at udføre analyser som værende direkte forbundet til modellen. Der er derfor valgt at baseret eksemplet på en funktion og et performance measure der er eksternt rettet, men som datasættet understøtter, i et vist omfang. Datasættet indeholder en række informationer omkring levering, ordrelinjer, produktid og antal bestilt, der er derfor fokuseret på leveringsevne eller 'Ability to keep promises', og færdigvare lageret med tilhørende styringsprincipper. Datasættet er ikke fra en ren MTS virksomhed, der er derfor en bias i datasættet, i forhold til mængden af produktvarianter, der essentielt er det samme produkt. Dette bevirker at der efterfølgende er udført data-manipulering for at tilrette informationen mod at vise en problemstillingen der kan være i et MTS virksomhed. Dette introducere i sig selv bias af en anden slags, da enhver manipulering introducere ændringer til datasættet der er baseret på den opfattelse der er om hvordan et datasæt fra en MTS virksomhed ser ud og hvilke data det indeholder. Med udgangspunkt i det manipuleret datasæt, benyttes PCA metoden på et ikke virkelighedstro grundlag. Der er derfor ikke belæg for at resultaterne af analysen er rigtige, dog er metoden korrekt udført. Derfor er konklusionerne fra PCA analysen stadig valide, baseret på det input der er til metoden, men ikke pålidelige.

Datasættet er yderligere blevet manipuleret for at indeholde variation der passer med konceptet om at en ordre ikke generelt kun består af et produkt, og der er udvalgt produktet hvor ordren består af mere end kun en enkelt linje. På samme måde, er der manipuleret med tidshorisonter da, flere af styringsprincipperne tager udgangspunkt i en bestemt tidsperiode som ikke stemmer overens med hinanden. Eksemplet er primært er rettet mod at vise hvordan det er muligt at komme frem til et resultat, og ikke hvad resultatet er. De tre udvalgte styringsprincipper virker ikke til at være styrende, men det resultat er ikke direkte applikabelt og muligt at generalisere på tværs af andre problemstillinger eller virksomheder. Dette er primært bundet i at datasættet er

manipuleret og der kan dermed hverken bekræftes eller afkræftes om styringsprincipperne er gældende eller ej. Datasættet angiver at 100 % af alle de ordre der er taget med i analysen, er leveret i korrekt antal, og analysen (se afsnit 12.1, s. 69) giver ikke særlig meget mening i forhold til leveringssikkerhed på antal, når der antallet af produkter på en ordre primært består af et produkt per ordre. Dvs. enten kan der leveres eller ikke leveres, i fuldt antal.

Eksemplet tager udgangspunkt i en PCA metode, men enhver form for multivariate metode kunne have været benyttet. F.eks. Factor analyse, Structered Equation Modelling eller andre fremtrædende metoder. Der kunne også være valgt en simuleringsfremgang, hvor der ændres på styringsprincipper indtil simuleringen optræder som ønsket. Simulering har den konsekvens at det er ikke muligt at lokalisere hvorfor en ændring har en effekt og der er ikke muligheder for at finde latente forbindelser eller hvor meget en påvirkning har af effekt, som multivariate analyser har mulighed for. Der kan også vælges en kombineret metode hvor output fra simulering og multivariate analyser benyttes som input/feedback til den anden metode. Brugen af multivariate analyser har den begrænsning at resultater er baseret på en fortolkning, derfor kan resultaterne ikke entydigt forklare situationen eller forbindelser. Simulering kan vise hvordan noget er og bliver baseret på ændring såfremt systemet er modelleret korrekt.

Kapitel 14 Konklusion

Konklusionen vil på basis af diskussionen og den øvrige rapport godtgøre hvordan problemformuleringen og de tilhørende tre underspørgsmål er besvaret. Der startes med underspørgsmålene da de netop har tjent det formål at skabe fundamentet for besvarelse af problemformuleringen.

Underspørgsmål 1, havde til formål at skabe et fundament hvorpå det var muligt at udvælge performance measures som var aktuelle i forhold til den opstillede MTS definition. Spørgsmålet lyder som følger:

"Hvordan kan der via en citations undersøgelse, udpege performance measures som overvåger det produktionsmæssige, såvel som de administrative processer i relation til den definerede MTS model?"

Via et citations studie blev det fundet at Neely (2003) og hans framework var egnet i forhold til besvarelse af underspørgsmål 1. Dette medførte en udvælgelse af performance measures som siden blev kvantificeret. Yderligere blev der udarbejdet et nyt bud på håndtering af *RunningCost* som sikrede en mere direkte tilskrivning af udgifter i forhold til *unitcost*. Bidraget fra den matematiske modellering er samlet i tabel 4 (s. 25) indeholdende de målparametre, som er nødvendig for sætte de udvalgte performance measures i forbindelse med det definerede MTS styringskoncept.

Underspørgsmål 2, havde til formål at kortlægge informations- og varestrømmen for derigennem at kunne udlede indbyrdes relationer mellem funktion og proces, dette blev gjort med udgangspunkt i følgende spørgsmål.

"Hvordan kan der via information og varestrøm, modelleres processer for en MTS virksomhed, og kombinere disse til en samlet procesmodel baseret på processernes indbyrdes relationer?"

Via en analyse af informations- og varestrømmen var det muligt at modellere og opstille figur 11 på side 30 der skabte grundlaget for at disaggregere funktioner og processer i en sådan grad, at de

indbyrdes relationer kunne kortlægges på parameterform. Resultatet heraf fremgår af tabel 5 (s. 38).

Underspørgsmål 3, skulle med udgangspunkt i de tidligere frembragte funktioner og processer i kapitel 7 (s. 27) frembringe de styringsprincipper, som det er muligt at gøre brug af i det definerede MTS styringskoncept. Dette blev gjort baseret på følgende spørgsmål:

"Hvilke styringsprincipper håndterer de forekommende styringsmæssige opgaver, som kan identificeres ud fra den definerede MTS kontekst?"

Via de identificerede processer og funktioner blev de mulige styringsprincipper opstillet i forhold dertil. Styringsprincipperne opstilles i en oversigt på proces og funktions niveau, sådan tilhørende styringsprincipper er sorteret i forhold til de tilhørende funktioner og processer, således det er muligt at relatere dem til hinanden. Et eksempel her på fremgår af tabel 7. Samlingen af udfaldet fra underspørgsmål 1-3 fremgår i figur 23 (s. 47). Ved en nærmere gennemgang fremgår det at der var mangler i modellen, hvilket danner grundlagt for kapitel 10 (s. 53) hvor der udvikles to performance measures for at imødekomme et ønske om måling af planlægning og scheduling, som tilhører det opstillede MTS miljø.

Ved at sammenkoble de frembragte resultater, fra de tre underspørgsmål og manglende performance measures, var det muligt at besvare problemformuleringen som lød:

"Hvordan kommer en beslutningsstøttemodel til udtryk, som søger at ensrette tværorganisatoriske beslutninger i en MTS kontekst, således at beslutningstager understøttes og divergerende beslutninger undgås?"

Ved at samle performance measures og styringsprincipper med udgangspunkt i fælles processer og funktioner er der designet en beslutningsstøttemodel, som har til formål at klarlægge hvordan sammenhængende er på tværs af en organisation, sådan der kan træffes ensrettede beslutninger, samt belyse hvor beslutninger påvirker. Den endelige beslutningsstøttemodel kan ses i figur 24 (s. 48).

På baggrund af det udførte arbejdet er der fremkommet mulighed for øget gennemsikuelighed hos beslutningstageren via modellen, hvilket regnes som et bidrag i forbindelsen med performance measures i MTS virksomheder. Yderligere er der i forbindelsen med modellen udarbejdet to nye performance measures der retter sig mod et område hvor der ikke er nogen performance measures, kombineret med en mere detaljeret udgave af *runningcost* der udgør omkostninger baseret på det solgte produkter eller producerede produkter, frem for at tage en gennemsnitsberegning på tværs af alle produkter.

Perspektivering

Der vil i dette kapitel blive perspektiveret i forhold til beslutningsstøttemodellens fremtidige mulige udvikling. Udviklingen af modellen vil være i retning af andre styringskoncepter, beslutningsstøttesystem samt yderligere dataanalyse.

Beslutningsstøttemodellen er på nuværende tidspunkt på et stadie hvor den kræver yderligere arbejde inden den kan implementeres hos en konkret virksomhed. I og med beslutningsstøttemodellen er blevet udviklet som en generisk model, medvirker dette en hvis grad af tilpasning. Tilfældet hvor beslutningsstøttemodellen vil kræve mindst muligt tilpasning er naturligvis hvis der er tale om en MTS virksomhed som defineret i kapitel 3 Afgrænsning og fokus. Selv i tilfælde af en sådan virksomhed, vil der stadig skulle foretages justeringer på beslutningsstøttemodellen. Ændringer som altid vil være nødvendige at påføre beslutningsstøttemodellen er af typen: flere fabrikerings processer, kontrol og kvalitets processer eller simple ændringer, som sigende navne i forhold til virksomheden. Disse ændringer vil også gælde for virksomheder der ikke præcis ligner den definerede MTS virksomhed modellen er baseret på. Derudover skal beslutningsstøttemodellen tilpasses til situationer hvor virksomheden afviger fra denne definition. Dog vil der, i og med at modellen er udviklet med henblik på at være generisk og derfor er kraftig inspireret af Master Production Scheduling, ikke være mange tilfælde hvor virksomheder variere meget i forhold til beslutningsstøttemodellen, med mindre der tages udgangspunkt i et andet styringskoncept.

For at beslutningsstøttemodellen skal kunne bruges til andre styringskoncepter end MTS er det af afgørende betydning at den grundlæggende procesmodel ændres, desuden skal der udvælges aktuelle performance measures og det også vil blive aktuelt med udvælgelse af nye styringsprincipper hvilket naturligvis skal gøre i forhold til eksempelvis Make-to-Order eller Assemble-to-Order produktionsprincip. Beslutningsstøttemodellen er med andre ord ikke direkte anvendelig i forhold til virksomheder der benytter sig af andre styringsformer end MTS. For at være i stand til at tilpasse beslutningsstøttemodellen skal udviklingsprocessen gennemgås på ny,

hvor selvom at visse dele af beslutningsstøttemodellen ville kunne genbruges, må udviklingsprocessen ses som værende omfattende. Processen for tilpasning eller udvikling af beslutningsstøttemodellen vil dog være supporteret af fremgangsmåden brugt i denne rapport. Hvorvidt om tilgangsmåden også kan bruges i forhold til tilpasning af beslutningsstøttemodellen over mod en service virksomhed skal være uafklaret.

Beslutningsstøttemodellen vil være oplagt at benytte som basis for udviklingen af et performance measurement system. Hvor beslutningsstøttemodellen ville kunne benyttes som basis for de forbindelser som systemet skal kunne monitorere. Modellen kan samtidig bruges til at fungere som guide i forhold til hvilke datakilder der er nødvendige for at kunne opsamle det fornødne data for at sikre at systemet har tilstrækkelig data. Et sådan system vil kunne analysere og identificere hvor roden til årsager findes, eller være med til at udvikle nye målinger der kan hjælpe til at styre virksomheden i en ønsket retning. Systemet vil derfor virke som et værktøj der kan hjælpe tværfunktionelle problemstillinger. Dvs. at ikke alene vil systemet være i stand til at visualisere de sammenhænge mellem performance measures, funktioner, processer og styringsprincipper, som beslutningsstøttemodellen i forvejen har mulighed for, men også understøtte andre former for analyser i form af simulering eller data analyse.

Baseret på data analyser eller simuleringsmetoder, vil det være muligt at udtale sig om hvor meget hver enkelt proces eller styringsprincip påvirker processer, funktioner og i sidste ende performance measures. Dette ville føre til problemløsning, frem for symptom behandling. Derudover vil der ved viden om påvirkninger indenfor en virksomhed og en viden om graden af påvirkninger være i stand til, at simulere forskellige problemstillinger for derved at undersøge forskellige indstillinger af styringsprincipper der bedst opfylder de mål der er opsat af virksomheden.

Som påpeget i introduktionen findes der mange performance measures, mange af dem er udviklet med henblik på at blive benyttet igennem et specifikt perspektiv. Dette kan gøre det svært for en virksomhed at vælge et relevant performance measure til at måle virksomhedens evner på. Derudover er mange af disse performance measures meget lig hinanden og i store træk baseret på det samme data. Det vil derfor være en udfordring at samle og sammenligne alle tilgængelige performance measure og lave en oversigt over hvilke performance measures der skal bruges i hvilke tilfælde. Det er opfattelsen at mange af de tilgængelige performance measures er identiske eller tæt på identiske, hvorfor der ville kunne bruges multivariate metoder til at reducere antallet af performance measures. Meningen er at dette skal resultere i en væsentlig reduceret oversigt over tilgængelige performance measures der er indekseret efter i hvilket scenarie eller funktion

der ønskes at måle. Dette kan være som et input til et beslutningsstøttesystem, der vil muliggøre en nemmere og hurtigere proces i udvælgelse af korrekte performance measures i forhold til en given problemstilling.

Udviklingen af beslutningsstøttemodellen og en evt. udvikling til et beslutningsstøttesystem, skal derfor igennem en iterativ proces for hver enkel virksomhed der vælger at gøre brug af denne model. Således at beslutningsstøttemodellen tager højde for den konkrete situation virksomheden befinder sig i, og får udvalgt de mest sigende performance measures og får en forståelse af hvordan styringsprincipperne skal indstilles for at virksomheden bevæger sig i en ønsket retning.

Bibliografi

- Arnott, David, og Graham Pervan. »Eight key issues for the decision support systems discipline.« *Decision Support Systems*, nr. 44 (2008): 657-672.
- Bicheno, John. *Den nye LEAN Værktøjskasse*. København: BookCover_Stapled, 2004.
- Edward A. Silver, David F. Pyke, Rein Peterson. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- Esbensen, Kim H., Dominique Guyot, og Frank Westad. *Multivariate Data Analysis -in practice*. Redigeret af Lars P. Houmøller. Corvallis: CAMO inc, 2001.
- Hansen, Mads Lundby. *Cepos: Danmark har de 2. højeste lønninger ud af 33 lande - men en 13. plads på produktivitet*. 29. November 2010. <http://www.cepos.dk/publikationer/analyser-notater/analysesingle/artikel/danmark-har-de-2-hoejeste-loenninger-ud-af-33-lande-men-en-13-plads-paa-produktivitet/> (senest hentet eller vist den 14. April 2012).
- Johansen, John, Jens Ove Riss, og Jan Stentoft Arlbjørn. *Analyse og Design af Produktionssystemer*. Aalborg: Center for Industriel Produktion, Aalborg Universitet, 2006.
- Johnson, Gerry, Kevan Scholes, og Richard Whittington. *Exploring Corporate Strategy*. London: Prentice Hall, 2010.
- Joseph F. Hair, Jr., William C. Black, Barry J. Babin & Rolph E. Anderson. *Multivariate Data Analysis A Global Perspective*. New Jersey: Perason, 2010.
- Kaplan, R. S., og David P. Norton. »The Balanced Scorecard - Measures that Drive.« *Harvard Business Review*, nr. 70 (1992): 71-79.
- Kaplan, Robert S., og David P. Norton. »Using the Blanced Scorecard as a Strategic Management System.« *Haravard Business Reiew*, 1996: 75-85.
- Kjær, Henrik, Hans Jørgen Skriver, og Erik Staunstrup. *Organisation*. København: Trojka, 2007.
- Mintzberg, H. *THE MANAGER'S JOB FOLKLORE AND FACT*. NA: The Managing Care Reader, 2003.
- Neely, Andy. *Business Performance Measurement - Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

- Neely, Andy. »Measuring performance: The operations management perspective.« I *Business Performance Measurement*, redigeret af Andy Neely, 64-82. Cambridge: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2007.
- Porter, Michael E. *Competitive Advantage*. London: Free Press, 1985.
- Slack, Nigel, og Mike Lewis. *Operations Strategy 2nd Edition*. Hallow: Pearson Education Limited, 2008.
- Stevenson, William J. *Operations Management*. Singapore: McGraw Hill, 2007.
- Taticchi, Paolo, Flavio Tonelli, og Luca Cagnazzo. »Performance measurement and management: a literature review and a research agenda.« *MEASURING BUSINESS EXCELLENCE* 14, nr. 1 (2008): 4-18.
- Vollmann, Thomas E., L. William Berry, D. Clay Whybark, og F. Robert Jacobs. *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill, 2005.
- Wilson, Cáthál. *Dominant Operational Performance Measures for SME Owner Managers*. Limerick: University of Limerick, 2010.