

Samenvatting (Summary in Dutch)

Het onderzoek dat in dit proefschrift wordt beschreven behandelt de planning en scheduling van gecombineerde *make-to-order* en *make-to-stock* productie (resp. productie op order en productie op voorraad) in de voedingsmiddelenindustrie. Ook worden beslissingsondersteunende modellen ontwikkeld voor de middel-lange en korte termijn.

Kenmerkend voor de voedingsmiddelenindustrie zijn één (of zeer weinig) verwerkingsstap(en) en een verpakkende stap, een divergente goederenstroom, en de beperkte houdbaarheid van producten. Deze kenmerken verschillen niet alleen van discrete industrieën, maar ook van vele procesindustrieën, zoals olie-verwerkende en andere chemische industrieën. Deze kenmerken vereisen een andere benadering van de productiebeheersing.

Tijdens het laatste decennium is de voedingsmiddelenindustrie beïnvloed door de algemene industriële trend van verhoogde productverscheidenheid, kleinere ordergroottes, snellere en betrouwbaardere leverbehoeftes (d.w.z. kortere productietijd) en lagere winstmarges ten gevolge van invloedrijke klanten zoals grote detailhandelketens. In reactie hierop gaan bedrijven in deze industrie van hun traditionele *make-to-stock* (MTS) productie deels over naar een *make-to-order* (MTO) strategie. Hierdoor is er behoefte aan een systeem voor productieplanning en -beheersing dat geschikt is voor enerzijds de onzekere en groeiende logistieke eisen en anderzijds de gecombineerde MTO-MTS productie met een beperkte beschikbare capaciteit. Dit proefschrift beschrijft diverse aspecten van de genoemde situatie.

De onderzoeksdoelstellingen die in dit proefschrift aan bod komen zijn:

1. Het identificeren van de belangrijkste elementen en mogelijkheden in planning en beheersing van de capaciteitsgeoriënteerde gecombineerde MTO-MTS productie in de voedingsmiddelenindustrie.

2. Het ontwikkelen van specifieke modellen voor planning en scheduling voor de gecombineerde MTO-MTS productie in de voedingsmiddelenindustrie.
3. Het toepassen van deze modellen met als doel het verbeteren van de manier waarop planners in de voedingsmiddelenindustrie hun werk doen.

Het onderzoek is onderverdeeld in drie delen, gerelateerd aan de drie onderzoeksdoelstellingen: (1) het creëren van een raamwerk voor de productiebeheersing in gecombineerde MTO-MTS productie, (2) de ontwikkeling van analytische en simulatie modellen, en (3) de illustratie van het raamwerk voor productiebeheersing in een praktijksituatie.

Het eerste deel van de studie onderzoekt een aantal onderwerpen met betrekking tot de gecombineerde MTO-MTS situatie in de voedingsmiddelenindustrie. Een grondig literatuuroverzicht op het gebied van MTO-MTS is uitgevoerd, waaruit geconcludeerd wordt dat er een aantal bruikbare ideeën aanwezig zijn, maar dat de meerderheid van de bijdragen geen rekening houdt met de specifieke kenmerken van de voedingsmiddelenindustrie. De belangrijkste beslissingsvraagstukken zijn geïdentificeerd en een generiek hiërarchisch raamwerk is ontwikkeld om de plannings- en beheersingsvraagstukken in een gecombineerd MTO-MTS systeem in de voedingsmiddelenindustrie op te lossen. Dit raamwerk bestaat uit drie niveaus:

- De keuze voor *make-to-order* of *make-to-stock*: het besluit om een product op voorraad of op order te produceren is een strategische keuze. Deze keuze is afhankelijk van een afweging tussen product- en proceskenmerken enerzijds en markteisen anderzijds.
- De capaciteitscoördinatie op middellange termijn: het gaat hier om besluiten betreffende de capaciteitstoewijzing, de orderacceptatie, de producthoeveelheden, en het voorraadbeleid. Het kernprobleem is het bufferen (in tijd en hoeveelheid) van onzekerheid van orders door middel van een afweging tussen voorraadviveaus voor MTS producten en levertijden voor MTO producten.
- De scheduling en volgordebepaling op korte termijn: hier gaat het om operationele kwesties die bedrijven regelmatig tegenkomen. Bedrijven moeten schedulingsregels ontwikkelen voor de verscheidenheid aan situaties die zich voordoen bij het beantwoorden van de vraag: welk product wordt als eerstvolgende geproduceerd?

In het tweede deel van de studie worden analytische hulpmiddelen en modellen ontwikkeld voor elk van de niveaus in de genoemde hiërarchie, met als doel

inzicht te krijgen in de productiebeheersing van de gecombineerde MTO-MTS situatie. Deze hulpmiddelen en modellen worden hieronder kort besproken.

Wanneer het over de keuze voor *make-to-order* of *make-to-stock* gaat, m.a.w. of een product wel of niet op voorraad gelegd wordt, bestaan er een aantal bruikbare concepten in de literatuur, zoals ABC analyse, *demand-variability* analyse, het KlantenOrder-OntkoppelPunt (KOOP) en het orderpenetratiepunt. Ondanks het feit dat deze concepten al lange tijd beschikbaar zijn en makkelijk zijn te begrijpen, is hun toepassing in industriële omgevingen vaak nog niet zo makkelijk. Vooral bij beperkte capaciteit lijkt het gebruik van deze concepten problematisch. Het model dat in dit proefschrift wordt beschreven neemt deze capaciteitsbeperkingen mee door een *rough-cut capacity planning* op te stellen. Dit wordt gebruikt in samenhang met de leveringsvoorwaarden, het vraagprofiel en de kostenoverwegingen, die als de belangrijkste factoren in de keuze tussen MTO of MTS zijn geïdentificeerd. In dit verband is een eenvoudig, maar begrijpelijk en praktisch hulpmiddel ontwikkeld, dat geïmplementeerd is in Microsoft Access/Excel. Hiermee is een belangrijke aanzet gegeven om een aantal kwalitatieve concepten met betrekking tot de MTO-MTS keuze te combineren en te kwantificeren.

Bij de capaciteitscoördinatie op middellange termijn ligt de nadruk op twee aspecten: de beperkte houdbaarheid van producten en het opnemen van MTO producten in de *Economic Lot Scheduling Problem* (ELSP) procedures. Onderzoekers die aan ELSP met een beperkte houdbaarheid werken, concentreren zich vooral op de optie om de productiesnelheid te verlagen. In de voedingsmiddelenindustrie is deze optie vaak niet toepasbaar, aangezien het producten met lagere kwaliteit of opbrengst zou kunnen opleveren. Daarnaast is in bestaand onderzoek alleen de *common cycle* benadering gebruikt, d.w.z. alle producten worden precies één keer per cyclus geproduceerd. In dit proefschrift is deze veronderstelling losgelaten en kunnen producten meer dan eens per cyclus worden geproduceerd. Om dit te bereiken, is een *basic period* (basisperiode) benadering ontwikkeld voor het bepalen van de cyclustijden voor het *lot-scheduling* probleem, rekening houdende met de houdbaarheid van producten. Deze procedure zal altijd oplossingen opleveren met lagere kosten dan de *common cycle* benadering en in het slechtste geval levert de procedure de *common cycle* oplossing. Als de houdbaarheid van één van de producten veel afwijkt van die van de andere producten, dan levert de voorgestelde procedure significante kostenvoordelen op (tot 40% lagere kosten in de uitgevoerde experimenten).

Het tweede aspect op middellange termijn is de bespreking van een aantal mogelijke manieren om MTO producten in ELSP procedures op te nemen. Deze

bespreking is kwalitatief en conceptueel van aard. Er is vooral gekeken naar verschillende vraagpatronen, de aanwezigheid van productfamilies en de aard van omsteltijden binnen en tussen deze productfamilies. Tevens worden een aantal suggesties gedaan voor het omgaan met deze situaties in de praktijk. Tenslotte worden een aantal ideeën besproken, die een startpunt kunnen vormen voor het vertalen van deze concepten in analytische modellen.

Inzichten ten aanzien van de scheduling en volgordebepaling op korte termijn zijn afwezig in de gecombineerde MTO-MTS literatuur. Een simulatiestudie is uitgevoerd om dit gat te overbruggen. Vier verschillende, bewezen dynamische scheduling methodes uit de MTS literatuur (alle gebaseerd op *run-out* tijd) zijn aangepast. Deze vier zijn vervolgens vergeleken met betrekking tot hun prestaties en geschiktheid voor een gecombineerde MTO-MTS productiewijze. Deze studie levert geen overtuigend bewijs welke methode de beste is. Echter, het is duidelijk dat methodes die goed presteren in zuivere MTS situaties niet noodzakelijk goed presteren in de gecombineerde MTO-MTS situatie. Hierbij valt de kanttekening te plaatsen dat de keuze voor een bepaalde schedulingsmethode ook niet alleen zou moeten worden bepaald door één criterium nl. de mate waarin zo'n methode in staat is kosten te minimaliseren. Andere prestatiecriteria en overwegingen zoals eenvoudige toepassing van een methode, kunnen een belangrijker factor zijn in het kiezen van een schedulingsregel. Op basis van de studie is het ook duidelijk dat, ongeacht de gebruikte methode, bedrijven zeer zorgvuldig zouden moeten zijn in de orderacceptatie van MTO producten in het geval van een hoge bezettingsgraad. In zulke gevallen (dichtbij een bezettingsgraad van 100%) is er een significante verhoging van de kosten van productie van de MTS producten. Hierdoor kan het ook verstandiger zijn om sommige MTS producten uit het assortiment te halen ten faveure van speciale producten (MTO), die over het algemeen meer winstgevend zijn.

Het derde deel van de studie is de toepassing van hulpmiddelen en modellen in een praktijksituatie. In het bijzonder is de toepasbaarheid van het beschreven hiërarchische planningsraamwerk geïllustreerd in de vorm van een case studie. De behandelde case studie is vrij generiek van aard en de kenmerken zullen dan ook in vele bedrijven terugkomen. Opgemerkt dient te worden dat het raamwerk eenvoudig, generiek en toch zeer nuttig is als hulpmiddel bij het ontwerpen van een planningshiërarchie voor gecombineerde MTO-MTS productiesituaties. Voor de scheduling op korte termijn is een heuristisch gepresenteerd voor het MTO-MTS *lot-scheduling* probleem. Deze heuristiek kan handmatige planningsmethodes, die momenteel in het bedrijf worden gebruikt, vervangen of kan samen met deze methodes worden gebruikt.