

University of Groningen

Operational performance of two-stage food production systems

Akkerman, R.

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2007

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Akkerman, R. (2007). *Operational performance of two-stage food production systems: process interactions and capacitated storage*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting (Summary in Dutch)

In de voedingsmiddelenindustrie hebben zich een aantal belangrijke ontwikkelingen voorgedaan. Op de eerste plaats is de concurrentie toegenomen door de sterk groeiende marktinflow van de detailhandelsketens. Op de tweede plaats is de wetgeving op het gebied van kwaliteit strenger geworden door een toename van de zorg omtrent voedselveiligheid. Tenslotte wordt duurzame productie steeds belangrijker, ook omdat organisaties verantwoordelijk worden gehouden voor milieutechnische prestaties van hun productiesystemen.

Om hun concurrentiepositie te versterken, richten bedrijven in de voedingsmiddelenindustrie zich steeds meer op efficiëntie van hun processen. Hierin vervullen *Operations Management* (OM) en *Production Planning and Control* (PPC) een sleutelrol. Ondanks de toename in onderzoek naar OM en PPC in de voedingsmiddelenindustrie, blijft dit nog steeds achter in vergelijking met andere industrieën. Het globale doel van dit proefschrift is dan ook het uitbreiden van de aanwezige kennis op het gebied van OM en PPC in de voedingsmiddelenindustrie.

Het onderzoek wat gepresenteerd wordt in dit proefschrift bouwt voort op het idee dat specifieke industrie-afhankelijke kenmerken belangrijke factoren zijn bij beslissingen omtrent OM en PPC. Een voorbeeld is dat beperkte houdbaarheid van voedingsmiddelen invloed heeft op de bruikbaarheid van planningsmethoden. Het is niet meteen duidelijk of methodes die in andere gevallen goed werken, ook goed werken bij beperkte houdbaarheid van producten. Een ander voorbeeld is dat de toegenomen marktinflow van de detailhandel kan leiden tot extreem korte gewenste levertijden, wat er weer toe kan leiden dat fabrikanten (deels) op voorraad zullen moeten produceren. Dit leidt tot vernieuwing van hele planningsmethodieken en opslagprocedures. Deze voorbeelden illustreren de complexe interacties tussen enerzijds specifieke industrie-afhankelijke kenmerken en anderzijds beslissingen op het gebied van OM en PPC.

Om deze interacties te bestuderen, is er voor gekozen om een productiesysteem met twee productiestappen en beperkte tussenopslag te bestuderen. Deze keuze komt voort uit het feit dat de productie van voedingsmiddelen

over het algemeen uit twee stappen bestaat: het verwerken van de grondstoffen tot product en het verpakken van het product. Tussen deze twee stappen wordt het product normaal gesproken opgeslagen in tanks of silos. Door het bestuderen van deze grondvorm, zijn we in staat een relatief simpel productiesysteem te analyseren, dat toch relevante interacties bevat tussen industrieafhankelijke kenmerken en OM/PPC beslissingen.

Dit proefschrift begint in hoofdstuk 2 met een gedetailleerd overzicht van de product- en productiekenmerken in de voedingsmiddelenindustrie, gebaseerd op eerder onderzoek en diverse praktijksituaties. Deze collectie specifieke kenmerken van de voedingsmiddelenindustrie is het startpunt van elk onderzoek met betrekking tot OM en PPC vraagstukken. In het verleden heeft onderzoek naar PPC in het algemeen geresulteerd in een uitgebreid arsenaal aan methodes en procedures. Echter, het aantal praktische toepassingen hiervan lijkt achter te blijven, in het bijzonder waar het de detailplanning van productiesystemen betreft. Op basis van ideeën over decompositie van planningsproblemen en productieprocessen wordt in hoofdstuk 2 een methode ontwikkeld waarmee planningsproblemen in de voedingsmiddelenindustrie kunnen worden geanalyseerd. De methode combineert een analyse van structuurkenmerken van het productieproces met een analyse van taakkenmerken van de productieplanner. De combinatie van deze elementen helpt in het beschrijven, structureren, en uiteindelijk het oplossen van planningsproblemen in de voedingsmiddelenindustrie. Het creëert ook een basis voor het toepassen van methodes en procedures uit de literatuur en het verbeteren van de huidige planning.

Eén van de meest kenmerkende eigenschappen van de voedingsmiddelenindustrie is de aanwezigheid van capaciteits- en tijdsbeperkingen bij de tussenopslag. Beperkte houdbaarheid van producten resulteert in de tijdsbeperkingen, naast de meer voor de hand liggende capaciteitsbeperkingen als gevolg van een beperkte hoeveelheid opslagtanks, met per tank een beperkte inhoud. In hoofdstuk 3 laten we zien hoe verschillende capaciteits- en tijdsbeperkingen de prestaties van een typisch productieproces beïnvloeden. Met behulp van simulatiestudies wordt het effect van verschillende bekende planningsregels gedemonstreerd. De effectiviteit van deze regels is afhankelijk van de prestatie maatstaf, en wordt beïnvloed door de mate van variatie in de verpakkingstijden. Doordat er bij de tussenopslag blokkering en leegloop optreden, blijkt de langste-bewerkingstijd-eerst (LPT) regel het beste te presteren indien men het totale productievolume per dag wenst te maximaliseren; dit in tegenstelling tot de algemene opvattingen binnen OM. Verder blijkt dat het toevoegen van een enkele tank bij de tussenopslag leverprestaties aanzienlijk verbetert, maar dat dit slechtere prestaties oplevert in termen

van productverliezen in het productieproces. Tenslotte concluderen we dat de optimale omstelfrequentie in de eerste stap van het productieproces (wat tevens gerelateerd is aan batchgroottes) opgelegd wordt door de houdbaarheidsbeperkingen. Een belangrijk praktisch inzicht wat uit deze resultaten volgt is dat blokkering én leegloop bij de tussenopslag tot slechtere prestaties leiden (in termen van levertijden), maar alleen blokkering leidt tot productverliezen.

Als gevolg van het groeiende aantal verschillende producten in de voedingsmiddelenindustrie, zien we in de praktijk vaak dat er meer producten in de tussenopslag opgeslagen worden dan dat er opslagtanks zijn. Om in deze situatie toch te voldoen aan de korte levertijden die vanuit de markt gevraagd worden, moeten er soms een aantal opslagtanks voor langere tijd worden toegewezen aan een bepaald product, zodat deze dan uit voorraad verpakt kunnen worden en daarmee de gevraagde levertijd gehaald kan worden. Deze vaste toewijzing van opslagtanks komt in de praktijk veel voor. Niet alleen om levertijden te verkorten, maar ook vanwege beperkte verbindingen tussen productiematerieel en opslagtanks, of vanwege gewoontes in productieplanning en -beheersing. In hoofdstuk 4 wordt het onderscheid tussen vast en flexibel toegewezen tussenopslag bestudeerd, in combinatie met prioritering van producten in het verpakkingsstap van het productieproces. Beide onderwerpen hebben te maken met het realiseren van de veelvoorkomende gewenste korte levertijden in de voedingsmiddelenindustrie, en worden in hoofdstuk 4 bekeken voor verschillende situaties met betrekking tot het productassortiment. Simulatiestudies laten verbeterde levertijden zien voor de geprioriteerde producten, maar ook verslechterde prestaties voor de resterende producten (die ook tussenopslag moeten delen). De resultaten laten ook zien dat deze effecten kleiner worden naarmate er meer tussenopslag is, en groter worden naarmate er meer producten zijn. Tenslotte wordt door analyse van verschillende scenarios voor het productaanbod aangetoond dat de vaste toewijzing van tussenopslag zorgt voor onregelmatigheden in de productieplanning, waardoor meer blokkering en leegloop ontstaat. De resultaten suggereren ook dat het aandeel van het geprioriteerde product in het productaanbod (en de daarmee samenhangende vaste toewijzing van tussenopslag) een belangrijke factor is voor de hoeveelheid blokkering en leegloop. In het geval van een laag, maar ook in het geval van een hoog aandeel, treedt er relatief veel blokkering en leegloop op. Dit leidt uiteindelijk tot een lagere efficiëntie van de batchprocessen en de verpakkingslijnen, wat een onwenselijke situatie is, vooral in een sector waar de bezettingsgraad over het algemeen hoog is.

Als gevolg van de toenemende concurrentie in de voedingsmiddelenin-

dustrie, zien we vaak promotionele activiteiten of introducties van nieuwe producten. Meestal leidt dit ook tot veranderingen in de vraag naar andere producten of verpakkingen, wat betekent dat de vraag naar individuele producten gecorreleerd is. De effecten hiervan worden in 5 bestudeerd. Het hoofdstuk richt zich naast correlaties in de vraag naar producten op de mate van variabiliteit in de vraag. De correlaties kunnen op twee vlakken bestaan: op productniveau en op verpakkingsniveau, en kunnen beide positief of negatief zijn. Bij positieve correlatie varieert de vraag naar andere producten of verpakkingen in dezelfde richting, en bij negatieve correlatie in de tegenovergestelde richting. De resultaten van een simulatiestudie laten zien dat een toename in correlatie op het productniveau een verlenging van levertijden tot gevolg heeft. Voor correlatie op verpakkingsniveau wordt deze relatie ook gevonden, al is deze iets minder sterk. Daarnaast lijken er geen interacties te bestaan tussen de twee niveaus waarop correlatie kan bestaan. Soortgelijke resultaten worden gevonden in het geval van prestaties in de vorm van de hoeveelheid productverliezen. Een toename van de mate van variabiliteit in de vraag versterkt de gevonden effecten. In het algemeen laten de analyses zien dat correlaties in de vraag een belangrijke factor zijn in beslissingen omtrent het productassortiment (zoals bijvoorbeeld de introductie van nieuwe producten, of de acceptatie van bestellingen). Bij deze beslissingen moet ook rekening gehouden worden met correlaties op product- en verpakkingsniveau, omdat beide een sterke invloed hebben op levertijden en productverliezen.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 de nadruk gelegd op de vermindering van productverliezen in een productieproces. In de voedingsmiddelenindustrie zijn deze verliezen een inherent onderdeel van de productie; het is gebruikelijk dat er grondstof verloren gaat bij het omstellen, reinigen of anderszins onderbreken van het productieproces. In het licht van de hevige concurrentie in deze sector, en de hierdoor kleiner wordende marges, is de reductie van productverliezen een belangrijke stap in het verbeteren van de winstgevendheid. Daarnaast is het een zeer relevante factor in de duurzaamheid van productiesituaties in de voedingsmiddelenindustrie. In hoofdstuk 6 dragen we bij aan deze onderwerpen met de ontwikkeling van een onderzoeksraamwerk en een beslissingsondersteunend model voor het analyseren van de relatie tussen planningsbeslissingen en de hoeveelheid productverliezen. Het onderzoeksraamwerk richt zich op het verzamelen en analyseren van gegevens met betrekking tot (i) proceskenmerken, (ii) kenmerken van de vraag naar producten, en (iii) productieonderbrekingen. De resultaten van deze analyses kunnen dan vervolgens gebruikt worden in de ontwikkeling van het beslissingsondersteunende model, waarmee verschillende scenari-

os met betrekking tot planningsbeslissingen en productieparameters worden gesimuleerd. In hoofdstuk 6 zijn het raamwerk en het model tevens toegepast in een praktijksituatie in de zuivelindustrie. Met behulp van een Excel-applicatie op basis van het model was het mogelijk de productverliezen die gerelateerd waren aan planningsbeslissingen met bijna 20% te verminderen. Naast deze reductie van productverliezen zijn ook veel inzichten verkregen in de interacties tussen de twee productiestappen en de tussenopslagmogelijkheden. Hier kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het moeten stilzetten van batchproces of verpakkinglijn als gevolg van volle of lege tussenopslag. Het onderzoeksraamwerk en het beslissingsondersteunende model kunnen ook toegepast worden in andere, vergelijkbare, situaties.

De resultaten die gepresenteerd worden in dit proefschrift richten zich vooral op operationele prestaties (in termen van levertijd en productverliezen) van productiesystemen in de voedingsmiddelenindustrie. Dit betekent niet dat de verworven inzichten zich beperken tot deze operationele prestaties. De resultaten kunnen bijvoorbeeld ook gebruikt worden in het (her)ontwerp van productiesystemen; waar veel belangrijke beslissingen genomen worden omtrent de aan te leggen verbindingen tussen materieel en het aantal en de grootte van tanks voor tussenopslag. Daarnaast is de problematiek die in dit proefschrift aan bod komt wel geïnspireerd door en gebaseerd op de voedingsmiddelenindustrie, maar dat wil niet zeggen dat andere industrieën niet soortgelijke problematiek kennen. In hoeverre de resultaten van dit proefschrift bruikbaar zijn in andere omgevingen is afhankelijk van de kenmerken van de desbetreffende productieprocessen.