

ZORG EN
ZORGDEEL

ZORGDEEL

ZORG EN
ZORGDEEL

Lilian Noos

[Stage verslag, voorjaar 2006]

Zorgen zonder zorg

Lilian Roos

Stageverslag

Voorjaar 2006

vrije Universiteit

Faculteit der Exacte Wetenschappen

Bedrijfskunde en Informatica

De Boelelaan 1081a

1081 HV Amsterdam

Stagebedrijf

Ziekenhuis Amstelland

Laan van de Helende Meesters 8

1186 AM Amstelveen

Voorwoord

Het einde van mijn studie Bedrijfswiskunde & Informatica (BWI) is in zicht. Niet alleen op het moment dat dit afstudeerproject wordt gepresenteerd, maar ook op het moment dat mijn eerste stagedag is begonnen.

De zorgsector is altijd mijn uitgangspunt geweest om in de laatste zes maanden van mijn studie aan te werken. Ziekenhuis Amstelland heeft mij deze ruimte gegeven, zoals de Dikke Van Dale een ziekenhuis omschrijft als een instelling voor onderzoek, behandeling en verpleging van zieken en het gebouw daarvan. In het ziekenhuis staat zorg uiteraard voorop. Ruim 700 medisch en niet-medisch personeel in ziekenhuis Amstelland staan klaar om zorg te kunnen bieden in al haar facetten.

Zorgen zonder zorg. Mijn zorg voor zes maanden is een onderzoek geweest naar het voorraadbeheer van verbruiksartikelen die in omloop zijn tussen de centrale en decentrale magazijnen van ziekenhuis Amstelland. In dit verslag staat het huidige en het gewenste voorraadbeheer gesitueerd en resultaten worden weergegeven als indicaties ter verbetering.

Deze stage, het verslag, de medewerking, de begeleiding en dus uiteindelijk mijn hele afstudeerproject heb ik niet alleen kunnen doen zonder de hulp van anderen. Daarom bedank ik aanvankelijk mijn begeleiders vanuit mijn studie, Marco Bijvank en Ger Koole, en vanuit het ziekenhuis, Rob Maarse.

Lilian Roos
✕
✕, maart 2006

Samenvatting

In dit onderzoek wordt de artikelstroom van magazijnartikelen (ook wel de bulkgoederen/disposables genoemd) tussen het decentrale magazijn (DM) en het centrale magazijn (CM) en tussen het CM en leverancier nader onderzocht. De eerste onderzoeksvraag betreft de voorraadstrategie in het DM . De tweede onderzoeksvraag betreft de voorraadstrategie in het CM . Met het oog op de toekomst is er sprake van een derde onderzoeksvraag: de verhuizing van het magazijn naar een andere locatie op het terrein ofwel de mogelijkheden in de bestelfrequenties.

Het in de praktijk haalbaar model is het zogeheten (R,s,nQ) -model met vaste bestelhoeveelheden voor het DM en het (R,s,nQ) -model met variabele bestelhoeveelheden voor het CM . Bij een gegeven aantal bestelmomenten (R) per week en de colligrootte (Q) in de bestelhoeveelheid (nQ), kan een bestelniveau (s) en aantal colli (n) worden bepaald. Voor de aanpak van de verwerking van dit model is diverse literatuur geraadpleegd. Naar aanleiding daarvan is gekomen tot een simulatiemodel. Simulatie is een oplossing om het (R,s,nQ) -model te kunnen doorrekenen.

Met een simulatie wordt de werkelijkheid in het magazijn op een afdeling van ziekenhuis Amstelland nagebootst. Het beschrijft de situatie op een tijdstip, hoe de situatie zich verandert en hoe het zich ontwikkelt in de loop van de tijd. Het grote voordeel is dat er periodes voorraadbeheer in enkele seconden worden doorgerekend met behulp van de computer. In het gemaakte rekenmodel (simulatie) wordt per bestelniveau de situatie in het voorraadbeheer gesimuleerd met de grijpmomenten en de bestel- en leveringsmomenten, die respectievelijk zorgen voor een daling en stijging in de voorraad.

Door het gebruik van dit rekenmodel kan een betere service worden geboden vanuit het CM aan het DM en vanuit het DM aan de patiënt. Afhankelijk van de capaciteit die beschikbaar is, berekent het model de beste oplossing; een optimaal bestelniveau en bestelhoeveelheid bij een gewenst service-niveau in de DM 's en het CM .

Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	13
2 Ziekenhuis Amstelland	15
2.1 Kengetallen en feiten	15
2.2 Afdeling Inkoop & Contractbeheer en afdeling Logistiek	16
2.3 Huidige bestelmethode van een magazijnartikel	19
3 Terminologie	23
4 Onderzoeksvraagstellingen	25
4.1 Onderzoeksvraagstelling <small>DM</small>	25
4.2 Onderzoeksvraagstelling <small>CM</small>	25
4.3 Onderzoeksvraagstelling bestelfrequenties	26
4.4 Relaties onderzoeksvraagstellingen	26
5 Modelstudies	27
5.1 Theoretische modellen	27
5.2 Huidige modellen in ziekenhuis Amstelland	29
5.2.1 Huidige stroom tussen <small>CM</small> en <small>DM</small>	29
5.2.2 Huidige stroom tussen leverancier en <small>CM</small>	30
5.3 Gewenste modellen in ziekenhuis Amstelland	31
5.3.1 Optimale stroom tussen <small>CM</small> en <small>DM</small>	31
5.3.2 Gewenste stroom tussen leverancier en <small>CM</small>	31
5.4 De stap naar een oplossing	32
6 Onderzoeksvraag <small>DM</small>	35
6.1 Doel	35
6.2 Input	35
6.3 Simulatie	36
6.4 Output	37
6.5 Resultaten	38
6.6 Conclusie	40
6.7 Verificatie en validatie	42

7	Vraagstelling CM	43
7.1	Doel	43
7.2	Input	43
7.3	Simulatie run	44
7.4	Output	44
7.5	Resultaten	44
7.6	Conclusie	46
7.7	Verificatie en validatie	46
8	Vraagstelling bestelfrequenties	49
8.1	Doel	49
8.2	Input	49
8.3	Simulatie run	49
8.4	Output	49
8.5	Resultaten	49
8.6	Conclusie	50
9	Conclusies & aanbevelingen	53
	Begrippenlijst	55
	Literatuurlijst	61
	Bijlage Visuele weergave	63
	Bijlage Decentraal Magazijn	65

In het ziekenhuis is het een komen en, gelukkig, gaan van patiënten. Dagelijks wordt er gerekend op het kort en langdurig verblijf van de mensen, die om velerlei redenen een bezoek brengen aan het ziekenhuis. Niet alleen voor de schermen wordt er zorg geboden, de zorg achter de schermen is eveneens onmisbaar in een ziekenhuis.

De dagen in het ziekenhuis zijn nooit hetzelfde, omdat een ziekenhuis verschillende patiënten ontvangt met verschillende aandoeningen op verschillende momenten. Een voorraad zorg moet daarom altijd aanwezig zijn. Een onderdeel uit deze zorg is het voorraadbeheer van bulkartikelen (disposables) die in omloop zijn tussen het centrale magazijn en de decentrale magazijnen.

Na een introductie van ziekenhuis Amstelland start het onderzoek met de toepassing van de theoretische kennis in de praktijk. Om een zo optimale zorg vanuit het centrale en de decentrale magazijnen op te kunnen stellen, is kennis nodig van de huidige situatie rondom dit voorraadbeheer. Zoals informatie over de omloopsnelheid van het verbruiksartikel, de bevoorradings- en leveringsmomenten in de magazijnen, de minimale afnamegroottes en de maximale opslagcapaciteiten.

In een wiskundig model wordt het beheer van de voorraad van één enkel artikel bij de invoer van verschillende kenmerkende variabelen beschreven. De uitvoer van dit wiskundig model geeft een indicatie weer van een mogelijke bepaling van diverse niveaus in service, bestellen en opslaan van het bulkartikel.

2 Ziekenhuis Amstelland

[15]

Ziekenhuis Amstelland, voorheen ziekenhuis Amstelveen, is een middelgroot ziekenhuis en biedt medische zorg aan de regio Amstelland en de joodse gemeenschap in Nederland. Door de fusering in 1978, het toen geheten Nicolaas Tulp Ziekenhuis, met de Amsterdamse Centrale Israelitische Ziekenverpleging (CIZ) kunnen patiënten met een joodse achtergrond in de joodse vleugel worden verpleegd volgens de joods orthodoxe ritus¹ en tradities.

Voor alle basisverzorging en veelvoorkomende aandoeningen kunnen patiënten in dit ziekenhuis behandeld en verzorgd worden. Voor meer hooggespecialiseerdere of bijzondere zorg, wordt een patiënt tijdig (in)direct doorverwezen naar een topklinisch² of academisch ziekenhuis. Ziekenhuis Amstelland is momenteel hard bezig met vernieuwen en renoveren, waardoor het haar zorg nog meer kan uitbreiden in de behandelingen van korte duur, dagopnames en poliklinische behandelingen.

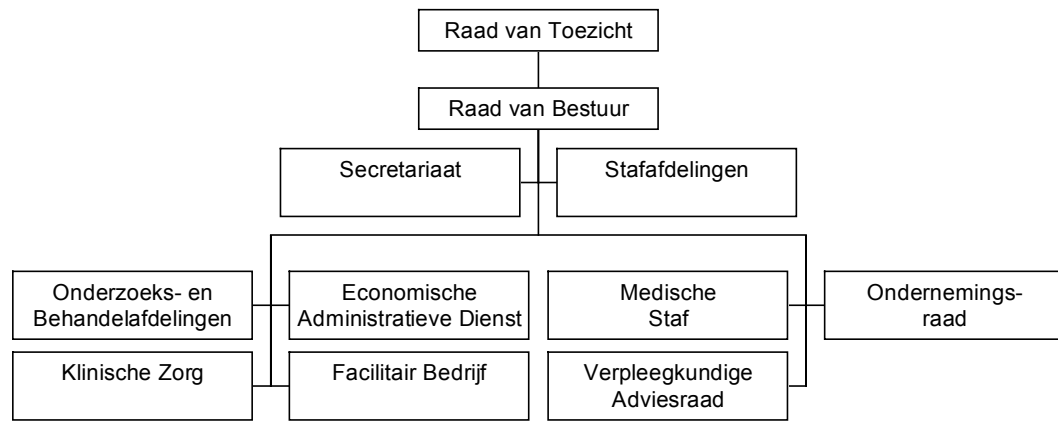
In dit hoofdstuk worden diverse zaken (*www.zha.nl*, 2006) in ziekenhuis Amstelland besproken: met een introductie van kengetallen en feiten naar de afdeling Inkoop & Contractbeheer en Logistiek en hun onderlinge communicatie tot het omloopproces van een artikel van leverancier tot patiënt.

2.1 Kengetallen en feiten

In Figuur 1 is het organigram van ziekenhuis Amstelland weergegeven. Aan het hoofd van ziekenhuis Amstelland staat de Raad van Toezicht. De Medische Staf, de Ondernemingsraad en de Verpleegkundige Adviesraad (VAR) zijn de rechterhanden van de Raad van Bestuur. Direct hieronder zit de Raad van Bestuur met een medisch en economisch directeur. De ‘Stafafdelingen’ betreffen de stafgroep beleidsondersteuning (met PR/ voorlichting, klachtenfunctionaris, patiëntenvoorlichting, ziekenhuishygiëne, kwaliteitszorg en ARBO zaken), joodse zaken en P&O/ salarisadministratie.

De ‘Onderzoeks- en Behandelafdelingen’ bestaan uit het laboratorium, de radiologie en de polikliniek. De ‘Klinische Zorg’ bestaat uit de verplegingsdienst, het maatschappelijk werk, de geestelijke verzorging, de diëtetiek, de operatiekamer (OK) en de centrale steriele afdeling (CSA). Het ‘Facilitair Bedrijf’ beslaat service, techniek, logistiek, inkoop/ contract, milieuzaken en restaurant voorzieningen. Als laatste heeft de ‘Economische Administratieve Dienst’ de financiële administratie, Bureau Management Ondersteuning (BMO), opname, medische registratie en de inschrijfbalie onder zijn hoede.

1 Geheel van rituele, van godsdienstige gebruiken; voorgeschreven wijze waarop een liturgische handeling verricht wordt.
2 Een niet-universitair ziekenhuis dat zowel de functies van opleiding als van wetenschappelijk onderzoek heeft.



Figuur 1. Organigram ziekenhuis Amstelland
(Ziekenhuis Amstelland)

Met 255 bedden en 20 wiegjes heeft ziekenhuis Amstelland in 2004:

- 8.500 klinische opnames
- 53.000 klinische verpleegdagen
- 8.100 dagbehandelingen
- 56.000 eerste bezoeken aan de polikliniek
- 130.000 bezoeken aan de polikliniek

Met deze kengetallen valt Ziekenhuis Amstelland in de categorie middelgroot ziekenhuis.

In 2004 zijn ruim 50 medisch specialisten, ruim 500 medewerkers in de zorg en paramedische beroepen en ruim 190 overige medewerkers werkzaam in ziekenhuis Amstelland. Ziekenhuis Amstelland heeft zeventien specialismen in huis, te weten Anesthesiologie, Cardiologie, Chirurgie, Dermatologie, Gynaecologie/ Verloskunde, Interne Geneeskunde, Kaakchirurgie en Mondziekten, Kindergeneeskunde, Klinische Chemie en Laboratorium, Keel-, Neus- en Oorheelkunde (KNO), Longziekten, Neurologie, Oogheelkunde, Orthopedie, Radiologie, Reumatologie, Revalidatie en Urologie.

2.2 Afdeling Inkoop & Contractbeheer en afdeling Logistiek

De afdeling Inkoop & Contractbeheer (vanaf nu kortweg Inkoop) en de afdeling Logistiek (vanaf nu kortweg Logistiek) zijn beide onderdeel van het Facilitair Bedrijf, zie het organigram in Figuur 1. Inkoop beheert de contracten die door ziekenhuis Amstelland zijn afgesloten met leveranciers. Tevens is Inkoop verantwoordelijk voor de inkoop van alle ruim 2500 voorraadartikelen, die in omloop zijn. Logistiek verzorgt onder andere alle interne artikeltransporten tussen alle afdelingen en de magazijnwerkzaamheden. Deze houden de *verwerking* van artikelen in. Bij Ontvangst Goederen worden alle binnengekomen artikelen ingenomen, ingeboekt en opgeruimd in het centrale magazijn of direct weggebracht naar de betreffende afdeling.

In ziekenhuis Amstelland kunnen twee soorten magazijnen worden onderscheiden:

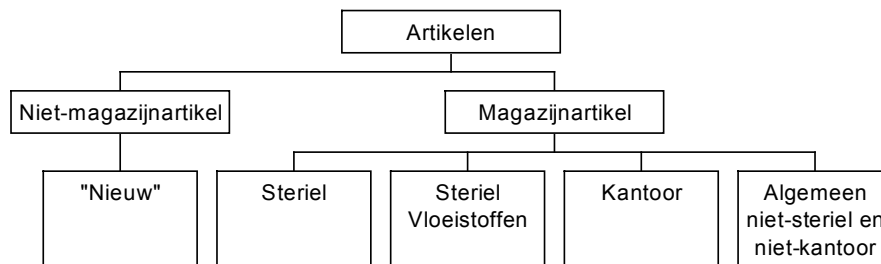
- Het centrale magazijn (CM), waar alle magazijnartikelen, die door de leveranciers worden gele-

verd, worden opgeslagen en

- Het decentrale magazijn (DM), waar de voorraad van een afdeling ligt. Eén afdeling kan meerdere decentrale magazijnen hebben.

Het CM en het DM hebben direct met elkaar te maken, omdat het CM het DM bevoorraadt. Alle (grote) voorraden liggen in het CM. De logistiek medewerkers bevoorraadt het DM van de afdelingen uit het CM. Artikelen die niet in voorraad worden gehouden in het CM, gaan direct naar het DM.

Er zijn diverse soorten artikelen in omloop in ziekenhuis Amstelland. Het voorraadbeheer betreft de stroom magazijnartikelen tussen het CM en de DM. Magazijnartikelen zijn de verbruiksartikelen die door de DM's besteld worden bij en geleverd worden door het CM. Medicijnen en instrumentarium horen niet tot de in dit verslag besproken artikelenstroom. Evenals artikelen die niet op voorraad liggen in het CM, de zogeheten niet-magazijnartikelen. In Figuur 2 is de onderverdeling van de artikelen te zien. Het artikel wordt onderscheiden in een magazijnartikel of een niet-magazijnartikel.

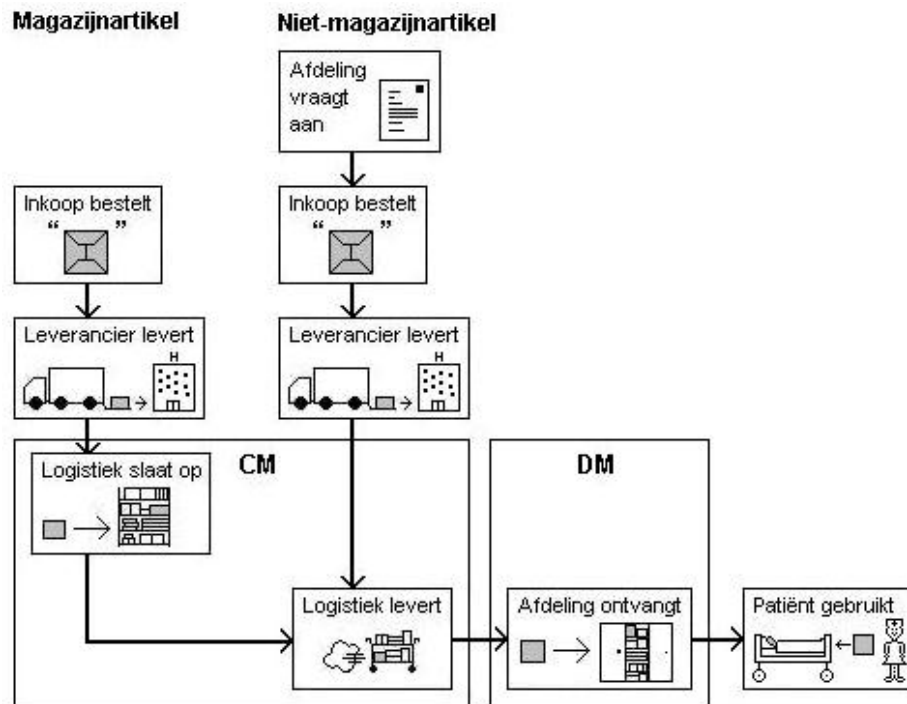


Figuur 2. Artikelen in ziekenhuis Amstelland

(Roos, L.C.)

Het verschil van deze artikelen wordt afgebeeld in Figuur 3. Een magazijnartikel wordt besteld door Inkoop, geleverd door de leverancier en ontvangen door Logistiek. Zij slaan deze artikelen op in het CM en leveren ze aan de DM's op de afdelingen. Niet-magazijnartikelen worden ook door Inkoop besteld, maar in opdracht van een afdeling. De leverancier levert en Logistiek ontvangt. Omdat het een niet-magazijnartikel betreft, slaat Logistiek het artikel níet op in het CM, en levert het artikel direct aan de desbetreffende afdeling (DM). Deze artikelen worden niet opgeslagen in het CM, omdat deze artikelen een te lage omloopsnelheid hebben. Het betreft met name patiëntgebonden of afdelingsgebonden artikelen. Een niet-magazijnartikel kan alleen via Inkoop besteld worden.

Op de afdeling worden magazijnartikelen die door Logistiek geleverd worden, direct opgeslagen in het DM. Niet-magazijnartikelen worden, wanneer deze door de hele afdeling worden gebruikt, opgeslagen in het DM. Magazijnartikelen die een hoge frequentie van gebruik hebben door een patiënt, worden extra besteld en opgeslagen op de kamer van de desbetreffende patiënt.



Figuur 3. Globale rit van een artikel

(Roos, L.C.)

De magazijnartikelen zijn in het CM en het DM verdeeld in vier kleurgroepen, te weten:

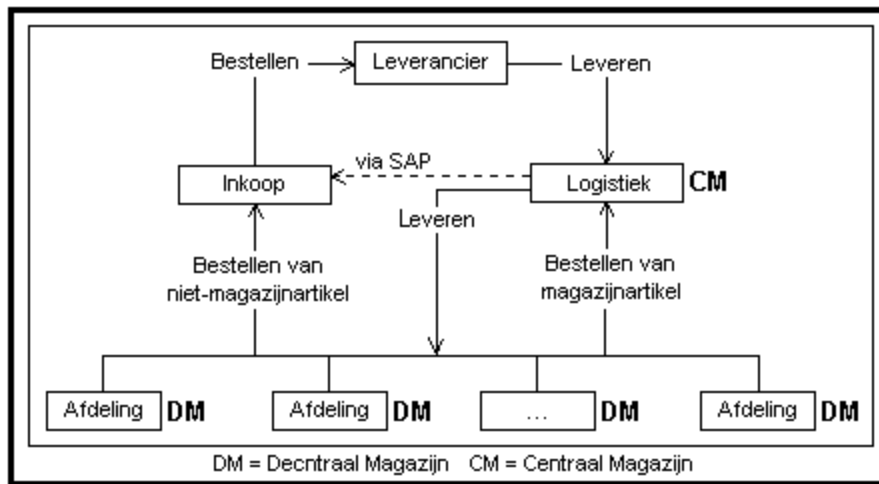
- Groen: steriel,
- Geel: steriel vloeistoffen,
- Blauw: kantoor en
- Rood: algemeen, niet-steriel en niet-kantoor.

Magazijnartikelen liggen op voorraad in het CM. Het DM op de afdelingen wordt wekelijks bevoorrad met magazijnartikelen uit het CM via een reguliere levering, de zogeheten (hand)scanlevering, uitgevoerd door de logistieke medewerker. Naast deze reguliere leveringen kunnen magazijnartikelen besteld worden via de zogenaamde magazijnbon. De bestellingen worden speciale leveringen genoemd, omdat deze buiten de wekelijkse bevoorrading plaatsvinden en ‘speciaal’ nog verwerkt worden.

Alle magazijnartikelen zijn voorzien van een eigen unieke barcode. Deze barcode correspondeert met de code die is opgenomen in het digitale voorraadbeheer. De barcodes worden gebruikt bij de reguliere en niet-reguliere leveringen.

In Figuur 4 is te zien hoe de onderlinge relaties tussen leverancier, Inkoop, Logistiek en afdelingen zijn. Alleen Inkoop heeft contact met de leverancier. Dit is op contractbasis, dat wil zeggen alle activiteiten rondom bestellingen van alle ruim 2500 magazijnartikelen en talloze niet-magazijnartikelen. De leverancier levert alle bestellingen af bij Logistiek, Ontvangst Goederen, die ze opslaat in het CM of direct levert aan de afdeling (DM).

De overige afdelingen hebben geen contact met de leverancier. Zij hebben slechts contact met Inkoop voor de aanvraag van niet-magazijnartikelen en met Logistiek voor de bestelling en bevoorrading van magazijnartikelen op hun DM en de levering van niet-magazijnartikelen op de afdeling.



Figuur 4. Onderlinge communicatie in voorraadbeheer

(Roos, L.C.)

Voor het digitaal beheren van de voorraad in het CM van alle artikelen, gebruikt ziekenhuis Amstelland de volgende twee systemen:

- SAP staat voor Systemen, Applicaties en Producten in de Informatica en beheerst de artikelenstroom in ziekenhuis Amstelland.
- SMDS is de afkorting van Scan Modul Data System. Dit is het uitgiftesysteem van magazijnartikelen. Hierin wordt bijgehouden welk artikel naar welke kostenplaats (afdeling) gaat. Bij een uitgifte verandert SMDS de digitale voorraad in het CM.

SAP en SMDS worden bij elke voorraadverandering gesynchroniseerd. Zodat SAP op zijn beurt weer kan aangeven wanneer er opnieuw een bestelling bij de leverancier geplaatst moet worden.

Er is geen digitaal beheer op de afdeling. De afdeling ontvangt slechts een bevoorradingslijst van Logistiek, waarop staat welke bestellingen zijn geleverd. Verder is er niets bekend over het verbruik van de goederen op de afdeling.

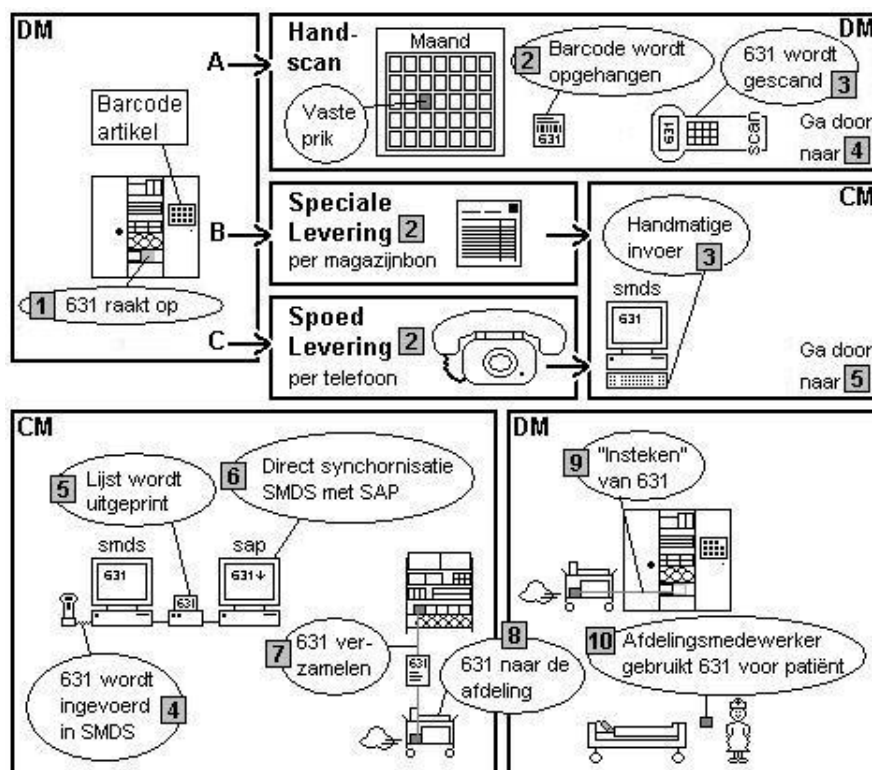
De afdelingsassistent bepaalt en bestelt de magazijnartikelen voor de DM's op de afdeling. Ooit zijn de hoogtes van het maximale niveau en de bestelhoeveelheden ingesteld. De afdelingsassistent wijzigt deze hoogtes indien nodig.

2.3 Huidige bestelmethode van een magazijnartikel

Bestellen van een magazijnartikel kán op drie manieren. De reguliere levering is de handscanlevering. Wanneer een magazijnartikel nodig is, maar er niet gewacht kan worden op de volgende reguliere levering, dan kan het artikel besteld worden via een speciale levering of een spoedlevering. Hoe dit in de praktijk werkt, is weergegeven in Figuur 5 en zal hieronder in meer detail besproken

Een handscan (volg A), of reguliere levering, vindt plaats op vaste wekelijkse bevoorradingstijden van de DM's op een afdeling middels de barcode van een magazijnartikel. Deze barcodes van de artikelen die besteld moeten worden, hangen aan de binnenkant van de deur van de kast in het DM waarin de magazijnartikelen liggen. Stel, het magazijnartikel met barcode 631 komt onder de minimale hoeveelheid dat op voorraad moet liggen (1), dan wordt de barcode van dit artikel opgehangen (2). De logistiek medewerker scant (3) op het DM met de handscan de barcode van het magazijnartikel. Terug in het CM wordt magazijnartikel 631 die door de handscan is gescand, ingevoerd in SMDS (4). Een lijst wordt uitgeprint waarop staat hoeveel van een artikel verzameld moet worden, door welke kostenplaats (de afdeling) het besteld is en welke prijs zij ervoor moeten betalen (5). Direct wordt deze bestelling, die voor een wijziging in het CM zorgt, gesynchroniseerd in SAP (6). Magazijnartikel 631 wordt verzameld in het CM (7) en weggebracht door een logistiek medewerker (8). In het DM van de afdeling wordt het magazijnartikel 'ingestoken', dat wil zeggen opgeruimd op de juiste plek, door de logistiek medewerker (9). De afdelingsmedewerkers kan nu magazijnartikel 631 gebruiken voor de patiënt (10).

Een speciale levering (volg B) en een spoedlevering (volg C) worden respectievelijk schriftelijk en telefonisch (2) doorgegeven. Vervolgens worden deze bestellingen met de hand in SMDS ingevoerd (3). Daarna verloopt de bestelling zoals bij de reguliere levering beschreven staat.



Figuur 5. Bestelmethode van magazijnartikelen (Roos, L.C.)

In Figuur 5 staat het omloopproces van een artikel van het CM naar de afdeling afgebeeld. Nu is er nog een vierde manier van bevoorraden, deze is slechts bedoeld voor de operatiekamers (OK). Personeel van de OK brengt hun kar naar het CM en ter plekke wordt waar mogelijk alles bijgevuld. In het digitale systeem krijgt deze bevoorradingsmanier dezelfde code als de speciale levering (B in Figuur 5).

Ook het CM moet bevoorradt worden. Deze bevoorrading heet het externe proces, omdat dit proces met de leverancier uitgevoerd wordt. Ter vergelijking met het zojuist beschreven interne inkoopproces tussen CM en DM geeft Figuur 6 de verschillende stappen aan (zie Bijlage Visuele weergave).

Inkoop krijgt een melding van SAP wanneer een magazijnartikel onder de minimale hoeveelheid, dat op voorraad moet liggen in het CM, komt. Deze melding houdt in dat Inkoop bij de leverancier nieuwe magazijnartikelen moet bestellen. De bestelde magazijnartikelen worden afgeleverd bij Ontvangst Goederen van Logistiek en ingeboekt in SAP. Pas na de inboeking in SAP wordt de digitale voorraad aangevuld in het CM en kan het magazijnartikel opgeslagen worden in het CM.



Figuur 6. Digitaal beheer door SAP en SMDS van een magazijnartikel in het CM

(Roos, L.C.)

Na de introductie over diverse zaken in ziekenhuis Amstelland wordt verder gegaan met de terminologie die in de rest van dit verslag wordt gebruikt.

3 Terminologie

[23]

In Hoofdstuk 2 is de door het ziekenhuis gebruikte terminologie, van OK tot niet-magazijnartikel, reeds beschreven. In dit hoofdstuk wordt de terminologie betreffende voorraadbeheer uitgelegd (Boer, 1999; Visser/ Goor, 1999; Goor/Ploos van Amstel, 1999).

Ziekenhuis Amstelland biedt zorg aan patiënten. In het ziekenhuis wordt de zorg geboden door (specialistische) artsen en verpleging op de desbetreffende afdeling waaraan de zorg is gerelateerd. De artsen en de verpleging kunnen die zorg bieden, omdat de hulpmiddelen voor deze zorg worden verzorgd door de afdeling Inkoop en de afdeling Logistiek. Zij zorgen voor de aanwezigheid van medische en niet-medische artikelen (uitgezonderd de instrumentarium) op de verpleegafdelingen. Voor de aanwezigheid van deze artikelen wordt een voorraad aangelegd op de afdeling, zodat aan de vraag, ofwel de behoefte aan een artikel, op de afdelingen (voor de patiënten) kan worden voldaan. Het aantal eenheden van een artikel dat op voorraad ligt in een DM of CM, heet het voorraadniveau. De voorraad van artikelen ligt opgeslagen in een magazijn op de afdeling, het zogeheten decentrale magazijn (DM). Elke afdeling heeft één of meerdere van deze DM's. De bevoorrading van al deze DM's komt uit de hoofdvoorraad van het ziekenhuis, het centrale magazijn (CM).

De tijd dat een artikel op voorraad wordt gehouden in het CM of DM heet de voorraadtijd. De tijd tussen de plaatsing van een bestelling (door een afdeling) en de verwerking van een bestelling (door Inkoop of Logistiek) is de besteltijd. De leveringstijd die een bestelling nodig heeft, is de tijd die verstrijkt tussen de plaatsing van de bestelling bij het CM of de leverancier en de daadwerkelijke levering van de artikelen. Om toch aan de vraag te voldoen tijdens deze periodes wordt een veiligheidsvoorraad aangehouden. Een veiligheidsvoorraad moet ook fluctuaties in de vraag kunnen opvangen. De artikelen in deze veiligheidsvoorraad zullen niet eeuwig blijven liggen, omdat het FIFO principe wordt gehanteerd. FIFO staat voor First-In-First-Out, het langst liggende artikel wordt als eerst gebruikt.

Aan het bestellen, het leveren en het op voorraad houden van artikelen zit naast tijd ook geld verbonden. De bestel- en leveringskosten zijn alle kosten die gemaakt worden voor respectievelijk de bestelling en de levering van een artikel. De voorraadkosten zijn de investeringen in een artikel dat nu op voorraad wordt gehouden. Vaak wordt dit gezien als een percentage van de waarde van een artikel.

Naast het kostenaspect speelt het voldoen aan een bepaalde servicegraad ook een grote rol in voorraadbeheer. Servicegraad is een graadmeter voor de mate waarin de vraag naar een artikel kan worden uitgevoerd. Een veel gebruikte servicedefinitie is de fractie van de vraag die (direct) voldaan kan worden. Deze fractie wordt de fill rate genoemd. Om zorg aan de patiënt te kunnen bieden, hanteert het ziekenhuis de kans op misgrijpen als servicedefinitie. Dit is de kans dat een artikel niet op voorraad ligt, terwijl het artikel wel per direct nodig is.

[24] De hoeveelheid eenheden die op voorraad moet liggen, hangt af van de gekozen bestelstrategie. Een bestelstrategie bestaat uit een bestelmoment en een bestelhoeveelheid. Het bestelmoment is het moment waarop een artikel besteld kan worden. De hoeveelheid eenheden dat dan besteld wordt heet de bestelhoeveelheid. Met betrekking tot dit onderzoek worden twee typen bestelmomenten en twee typen bestelhoeveelheden bekeken:

- Er kan besteld worden na een vaste periodelengte R
- Er wordt besteld als het voorraadniveau op of onder het bestelniveau s is
- Hoeveelheid van bestellen is een vaste Q of een veelvoud n van de vaste Q
- Hoeveelheid van bestellen is variabel tot de bovengrens S

De bestelstrategie wordt uitgedrukt in een (bestelmoment, bestelhoeveelheid)-model.

De (min,max)-strategie is een veel gebruikte voorraadstrategie. Het minimumniveau (min) is het minimum aantal artikelen wat aanwezig moet zijn om zorg te kunnen bieden. Het maximumniveau (max) is het maximale aantal artikelen waarvoor opslagruimte gereserveerd is.

In ziekenhuis Amstelland wordt tussen leverancier en CM gebruik gemaakt van een (min,max)-bestelstrategie. Zodra het voorraadniveau het bestelniveau s heeft bereikt, wordt een bestelling gedaan, waarbij de voorraad wordt aangevuld tot het maximumniveau S . De waarden voor s en S worden bepaald aan de hand van het vraagpatroon.

Het DM wil altijd een voorraad hebben van al hun magazijnartikelen. Zij gebruiken voor veel artikelen het CM als magazijn waar de bijbehorende veiligheidsvoorraad wordt opgeslagen. Wanneer de voorraad in het DM daalt, wordt bij een volgende reguliere levering de voorraad van het betreffende artikel tot het maximumniveau S of capaciteit C besteld.

Ziekenhuis Amstelland verdeelt de opslagruimte in de DM 's in enkel- en dubbelvakken. Een dubbelvak houdt in dat er twee enkelvakken gereserveerd worden voor één artikel. De toekenning van artikelen aan een enkel- of dubbelvak is gedaan op basis van het gebruik van artikelen. Artikelen die veel gebruikt worden, maken gebruik van een dubbelvak en heten ook wel fastmovers. Bij een dubbel wordt één vak gebruikt voor de roulerende voorraad (het grijpvak) en één vak voor de veiligheidsvoorraad. Dit houdt in dat als één vak leeg is, er een bestelling gedaan mag worden voor dit artikel. Dus het bestelniveau is gelijk aan de capaciteit van één vak. Voor artikelen die minder regelmatig gebruikt worden, de slowmovers, of klein van stuk zijn is een enkelvak toegekend. Door ruimtegebrek in de DM 's op de afdeling kunnen er geen eigen veiligheidsvoorraden worden aangehouden, deze veiligheidsvoorraad wordt in het CM opgeslagen.

De afdelingen Inkoop en Logistiek van ziekenhuis Amstelland hebben geen problemen of knelpunten. De vraag is echter of hun huidige manier van werken optimaal is. In dit onderzoek wordt de artikelstroom van magazijnartikelen (ook wel bulk of disposables genoemd) tussen DM en CM en tussen CM en leverancier nader onderzocht. De eerste onderzoeksvraag betreft de voorraadstrategie in het DM . De tweede onderzoeksvraag betreft de voorraadstrategie in het CM . Met het oog op de toekomst is er sprake van een derde onderzoeksvraag: de verhuizing van het magazijn naar een andere locatie op het terrein ofwel de mogelijkheden in de bestelfrequenties. Ieder van deze vraagstellingen zal in dit hoofdstuk beschreven worden.

Naast voorraadbeheer heeft de logistiek medewerker meer werkzaamheden, dus moet er gekeken worden naar een optimale bevoorrading van de DM 's. Hierbij zal zowel de voorraadstrategie als de benodigde parameterwaarden onder de loep worden genomen. Het uitgangspunt van dit onderzoek is het voorkomen van niet-reguliere bestellingen. Daarom zal hier in het onderzoek niet over gesproken worden.

Het magazijnartikel staat centraal in het onderzoek, daar het de magazijnartikelen zijn die worden opgeslagen in het CM en het DM . De definitie magazijnartikel en artikel zijn vanaf nu synoniem, tenzij anders staat aangegeven.

4.1 Onderzoeksvraagstelling DM

In het DM kan een onderscheid gemaakt worden in artikelen die over een dubbelvak beschikken en artikelen die een enkel vak hebben. Artikelen met een dubbelvak zijn de zogeheten fastmovers en beschikken over een grotere voorraad. Fastmovers worden veel gebruikt en de tijd dat dit artikel in voorraad ligt (voorraadtijd) is kort. In de enkelvakken kunnen zowel fastmovers als slowmovers liggen. Dubbelvak artikelen beschikken over twee vakken. Het ene vak wordt gebruikt om uit te grijpen, wanneer dit vak leeg is, kan het andere vak worden aangesproken. Dit 'overstapmoment' is een teken dat het artikel bevoorrad moet worden. Het bestelniveau voor dubbelvak artikelen is dus reeds bepaald. Het enkelvak artikel kent deze 'strategie' niet. Om nu voor elk artikel te bepalen luidt de eerste onderzoeksvraag:

Wat is per magazijnartikel het meest optimale bestelniveau en de bestelhoeveelheid bij het gewenste serviceniveau in het decentrale magazijn?

4.2 Onderzoeksvraagstelling CM

De voorraadstrategie wordt gebaseerd op het vooraf bepaalde aantal reguliere leveringen en het vooraf onbepaalde aantal niet-reguliere leveringen. Zodra het voorraadniveau van een artikel uit het CM het bestelniveau in het CM is bereikt, wordt er tot de maximale gereserveerde capaciteit besteld door Inkoop bij de leverancier. Artikelen moeten altijd op voorraad zijn, zodat altijd aan de vraag

[26] van het DM voldaan kan worden. De voorraad die nu wordt aangehouden in het CM is gebaseerd op de vraag door de afdelingen. Wanneer bekend is wat de meest optimale bestelniveaus en bestelhoeveelheden in alle DM 's zijn, kan het CM hier rekening mee houden in haar eigen voorraadstrategie en opslagruimte. Voor het CM luidt de tweede onderzoeksvraag:

Wat is per magazijnartikel het meest optimale bestelniveau en de bestelhoeveelheid bij het gewenste serviceniveau in het centrale magazijn?

4.3 Onderzoeksvraagstelling bestelfrequenties

Heel ziekenhuis Amstelland ondergaat een grootschalige verbouwing en renovatie. Verschillende afdelingen, en dus ook hun DM , gaan naar een nieuwe locatie in het ziekenhuis. Ook het CM zal in de nabije toekomst een nieuwe locatie krijgen. Tot op heden heeft het magazijn een vrij centrale plek in het ziekenhuis. Straks zal deze aan de rand van het terrein van ziekenhuis Amstelland komen. Dit zal als gevolg hebben dat de onderlinge afstanden tussen het DM op de afdeling en het CM groter worden en de bevoorrading meer tijd in beslag zal nemen.

Wanneer deze onderlinge afstanden tussen DM en CM groter worden, zullen de tijden die men onderweg is, van en naar het DM , bij een reguliere levering ook langer worden. Voor het CM en DM zal een nieuwe onderzoeksvraag luiden:

Wat is per magazijnartikel het meest optimale bestelniveau en de bestelhoeveelheid bij het gewenste serviceniveau in het decentrale magazijn bij verschillende bestelfrequenties?

4.4 Relaties onderzoeksvraagstellingen

Het onderzoek start met het verkrijgen van data over de huidige voorraadniveaus, beschikbare voorraadruimtes, vraag, bestelmomenten en leveringsmomenten van artikelen in het DM en CM . Met deze gegevens zal het huidige voorraadmodel worden opgesteld. Wanneer de theorie en de praktijk over het huidige voorraadmodel bekend zijn, worden deze gebruikt voor een voorstel voor een gewenst voorraadmodel in het voorraadbeheer van ziekenhuis Amstelland.

Met het gewenste voorraadmodel kan het meest optimale bestelniveau, bestelhoeveelheid, opslagcapaciteit en bestelmoment berekend worden bij een gewenst serviceniveau voor zowel het DM als het CM .

In het volgende hoofdstuk staan allerlei (voorraad)modellen. Zowel modellen die van toepassing zijn op de huidige situatie als de gewenste situatie bij ziekenhuis Amstelland.

In dit hoofdstuk wordt in 5.1 ingegaan op de theoretische modellen en het bijbehorende voorraadbeheer. In 5.2 passeren de huidige modellen in ziekenhuis Amstelland de revue. De gewenste (lees: theoretisch ideale) modellen in ziekenhuis Amstelland zijn geschetst in 5.3. Tot slot worden de realistisch modellen besproken. Alle artikelen en leveringen in de komende hoofdstukken betreffen magazijnartikelen respectievelijk reguliere leveringen, tenzij anders is aangegeven.

5.1 Theoretische modellen

In de literatuur worden de bestelstrategieën in modelvorm talloze malen aangehaald. Hierin zijn tijd en kosten altijd de terugkerende hoofdfactoren. Het doel is vaak het minimaliseren van de kosten binnen een gegeven serviceniveau. In ziekenhuis Amstelland zijn tijd en kosten belangrijk aspecten in de leveringsfrequentie en in het (onnodig) houden van voorraad.

In de bestelstrategieën spelen het bestelmoment en de bestelhoeveelheid een belangrijke rol. In Figuur 7 staat de indeling van de verschillende bestelmodellen, die gehandhaafd kunnen worden.

Bestelmodel	Bestelmoment	Bestelhoeveelheid
(R,Q)	Vast	Vaste
(R,S)	Vast	Variabele
(S,Q)	Variabel	Vaste
(s,S)	Variabel	Variabele

Figuur 7. Verschillende bestelmodellen

Ter herinnering uit Hoofdstuk 3, houden de volgende onderdelen in Figuur 7 in:

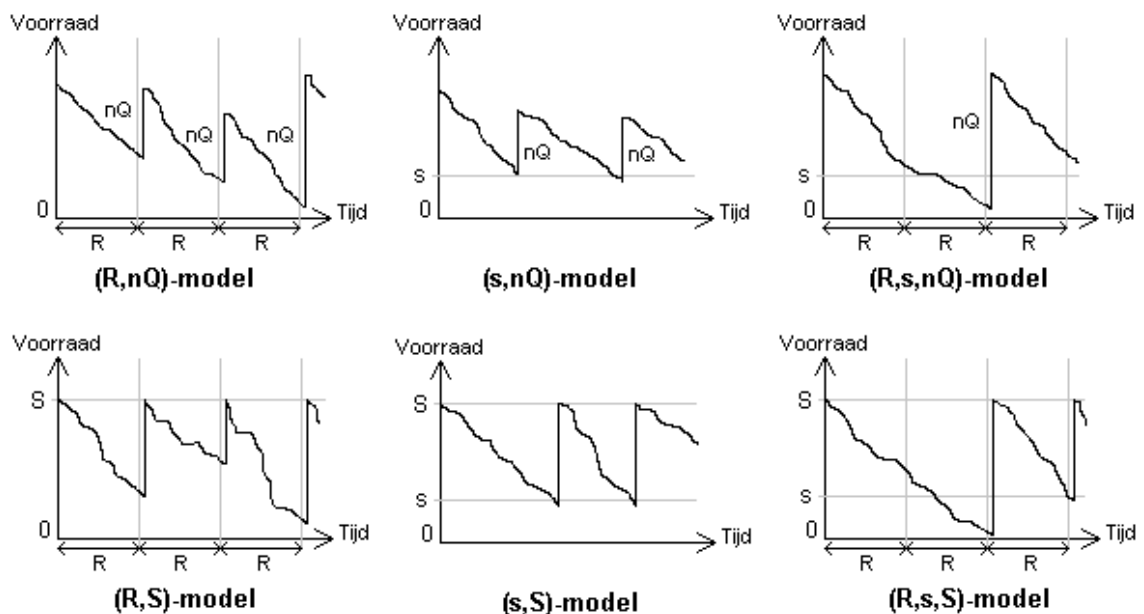
- R er kan besteld worden na een vaste periodelengte R
- s er kan besteld worden als het voorraadniveau op of onder het bestelniveau s is
- Q de bestelhoeveelheid is vast of een veelvoud n van Q
- S de bestelhoeveelheid is variabel tot de bovengrens S

De twee bestelmomenten en twee bestelhoeveelheden zijn te combineren in zes veel gebruikte bestelmodellen, zoals aangegeven in Figuur 8. Ieder van deze modellen zal besproken worden.

Eenvoudige modellen	Combinatiemodellen
(R,nQ), (s,nQ)	(R,nQ) + (s,nQ) = (R,s,nQ)
(R,S), (s,S)	(R,S) + (s,S) = (R,s,S)

Figuur 8. Eenvoudige en gecombineerde bestelmodellen

[28]	(R,nQ) -model	Na een vaste periode van R tijdseenheden wordt de voorraad aangevuld met Q eenheden of een veelvoud n van Q eenheden.
	(s,nQ) -model	Zodra het voorraadniveau tot of onder het bestelniveau s is wordt de voorraad aangevuld met de bestelhoeveelheid van Q eenheden of een veelvoud n van Q eenheden.
	(R,s,nQ) -model	De combinatie (R,nQ) -model en (s,nQ) -model levert het (R,s,nQ) -model op. Na een vaste periode van R tijdseenheden wordt gekeken of de voorraad van een artikel tot of onder bestelniveau s is gedaald. Als dit het geval is dan wordt een bestelling ter grootte Q eenheden, of een veelvoud n van Q eenheden, gedaan.
	(R,S) -model	Na een vaste periode van R tijdseenheden wordt de voorraad aangevuld tot het maximumniveau S .
	(s,S) -model	Wanneer de voorraad op of onder bestelniveau s komt, wordt de voorraad aangevuld tot het maximumniveau S . De bestelhoeveelheid is het verschil tussen S en het voorraadniveau op het bestelmoment.
	(R,s,S) -model	Dit model is een combinatie van het (R,S) -model en het (s,S) -model. Met een tusseninterval van R periodes wordt er gecontroleerd wanneer de voorraad van een artikel op of onder het bestelniveau s ligt en aangevuld kan worden tot het maximumniveau S .



Figuur 9. De soorten bestelmodellen (Roos, L.C.)

In Figuur 9 staan schetsen van de verschillende bestelmodellen om een visuele voorstelling te kunnen maken.

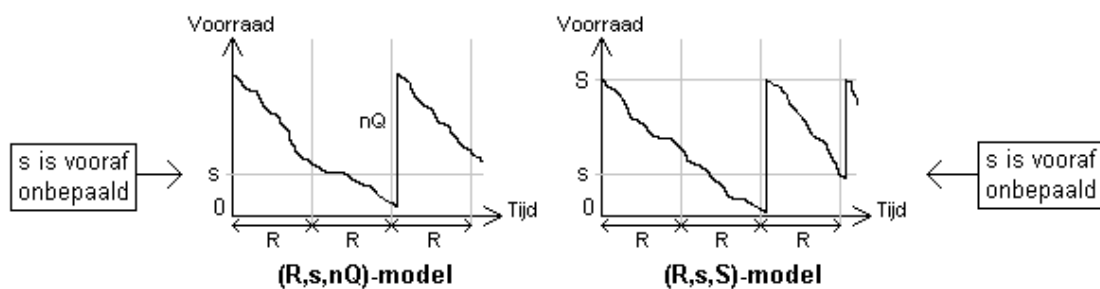
5.2 Huidige modellen in ziekenhuis Amstelland

De huidige modellen kunnen opgesplitst worden in twee bevoorradingsstromen, te weten de stroom tussen CM en DM in 5.2.1 en de stroom tussen leverancier en CM in 5.2.2.

5.2.1 Huidige stroom tussen CM en DM

De bestelstrategie in de huidige bevoorradingsstroom tussen het CM en het DM kan zowel met een (R,s,S) -model als met een (R,s,nQ) -model met vaste bestelgrootte worden vergeleken, zoals geschetst in Figuur 10. Alhoewel het bestelniveau s niet vooraf bepaald is, maar afhankelijk is van het verplegend personeel dat de artikelen uit het DM haalt. Ditzelfde geldt voor de bestelhoeveelheid.

De afdelingsassistent en/of de afdelingscoördinator bestellen volgens de (R,s,S) of (R,s,Q) bestelstrategie. De (R,s,S) strategie wordt gebruikt om de voorraad van een artikel te vullen tot het maximale voorraadniveau S . Wanneer beiden afwezig zijn, wordt door het overig personeel in vaste bestelhoeveelheid Q besteld, dus het dus het (R,s,Q) -model. Het bestelniveau s in het DM is door de afdeling vooraf niet bepaald. Er wordt een bestelling geplaatst als er slechts nog een (klein) deel van de voorraad aanwezig is. De afdelingsassistent en/of afdelingscoördinatoren *bepalen* de bestelhoeveelheid uit ervaring, overig personeel *bestelt* onder het motto ‘beter te veel dan te weinig’.



Figuur 10. Het (R,s,S) -model en (R,s,nQ) -model geschetst.

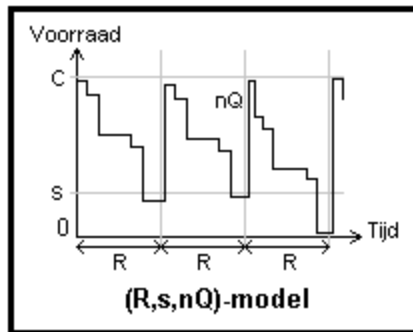
(Roos, L.C.)

Voor artikelen die gebruik maken van een dubbelvak is het bestelniveau wel van tevoren vastgesteld, namelijk de capaciteit van één vak.

Het kan voorkomen dat een artikel in het DM helemaal op is. Dit kan twee oorzaken hebben. Op de afdeling is men vergeten het artikel te bestellen. Of het artikel is niet geleverd door een logistiek medewerker van het CM , omdat dit artikel niet voorradig is in het CM . Wanneer in het CM dit artikel niet op voorraad ligt, kan het artikel ook niet worden uitgegeven aan het DM . Het DM zal iedere dag om het betreffende artikel moeten vragen, totdat het artikel weer voorradig is. Het CM levert namelijk het gemiste artikel niet automatisch na aan het DM . Het CM , of het digitale beheer, houdt geen rekening met backorders.

5.2.2 Huidige stroom tussen leverancier en CM

Zoals in Hoofdstuk 3 is uitgelegd, bestaat er in ziekenhuis Amstelland tussen leverancier en CM een (R,s,nQ) -model, geschetst in Figuur 11.



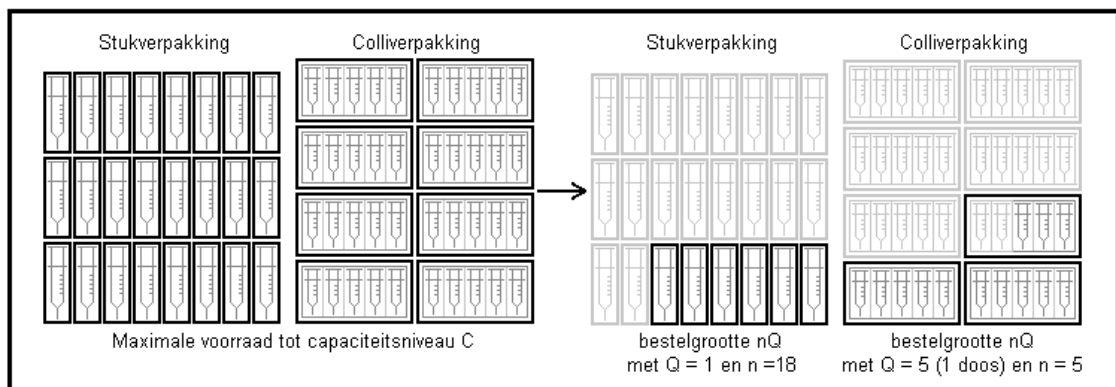
Figuur 11. Het (R,s,nQ) -model geschetst.

(Roos, L.C.)

Het (R,s,nQ) -model betreft het contact tussen leverancier en Inkoop. Als de voorraad van een artikel in het CM op of onder het bestelniveau s is gekomen, geeft SAP aan dat Inkoop een bestelling moet plaatsen. Bestellingen worden opgespaard tot de eerstvolgende besteldag bij de leverancier. De bestelhoeveelheid is de maximale hoeveelheid dat nog in het CM past op het moment van de bestelling:

$$n = \left\lfloor \frac{C - \text{voorraadniveau}}{Q} \right\rfloor$$

In Figuur 12 is een voorbeeld van de bestelhoeveelheid nQ gegeven.



Figuur 12. Bestelhoeveelheid nQ met colligroote Q en aantal colli's n

(Roos, L.C.)

Als de artikelen per stuk verpakt zijn ($Q=1$), dan kunnen in het voorbeeld 18 ($=n$) stuks geleverd worden. Een ander artikel dat verpakt is in colli's ter grootte van vijf stuks ($Q=5$) kan er echter maar vijf ($=n$) maal besteld worden als er plek is voor 27 stuks.

5.3 Gewenste modellen in ziekenhuis Amstelland

De gewenste modellen worden in dezelfde bevoorradingsstromen opgesplitst als in 5.2, te weten de stroom tussen CM en DM in 5.3.1 en de stroom tussen leverancier en CM in 5.3.2.

5.3.1 Optimale stroom tussen CM en DM

Het meest optimale model is een (s,S) -model. Aangezien het verplegend personeel geen bestellingen doet, zal een logistiek medewerker met een frequentie van R tijdseenheden de bestellingen opnemen. Daarom is een (R,s,S) -model met een vooraf gestelde periode R , een bestelniveau s en een maximumniveau S een realistischer model.

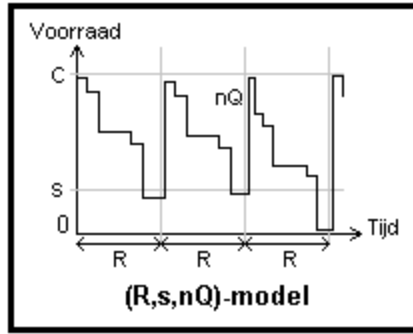
De bestelhoeveelheid is hierin variabel en staat gelijk aan het verschil tussen het maximumniveau (of opslagcapaciteit) en de huidige voorraad op het bestelmoment.

Een ander vrijwel optimaal model is een (R,S) -model. In dit model wordt elk artikel tot de maximumcapaciteit bevoorrad bij elk bestelmoment. Dit zal echter leiden tot een grote verscheidenheid aan artikelen bij iedere bestelling, wat niet gewenst is door het ziekenhuis. Een (R,s,S) -model is daarentegen ook niet wenselijk bevonden door het ziekenhuis. De logistiek medewerker wilt slechts met een barcode werken, zonder van ieder artikel te tellen hoeveel eenheden er nog op voorraad aanwezig zijn. Daarom zal er worden overgestapt op een (R,s,nQ) -model.

Het realistische model zal het (R,s,nQ) -model met een vaste bestelhoeveelheid zijn. Hierin kan aan de wensen van ziekenhuis Amstelland voldaan worden en een zeker optimaal resultaat behaald worden. Wanneer de voorraad van een artikel op of onder het bestelniveau is gedaald, wordt na elke voorafgestelde periode een bestelling ter grootte nQ gedaan. De grootte van nQ is afhankelijk van de opslagcapaciteit in een DM . De periode R en de colligrootte Q zijn vooraf vastgesteld, het bestelniveau s en het aantal colli n zal zo optimaal gekozen moeten worden.

5.3.2 Gewenste stroom tussen leverancier en CM

Het optimale model voor de goederenstroom tussen leverancier en CM is ook een (R,s,nQ) -model met een variabele bestelhoeveelheid, zoals geschetst in Figuur 13. Dit model is gelijk aan het huidige model. In de gewenste stroom tussen leverancier en CM wordt een bestelniveau aangehouden, zodat te vaak bestellen wordt voorkomen. De keus voor het aanhouden van een bestelniveau, is het feit dat het CM aan de vraag van de DM 's moet kunnen voldoen.



Figuur 13. Het (R,s,nQ)-model geschetst met een variabele bestelhoeveelheid.
(Roos, L.C.)

De variabele bestelhoeveelheid nQ hangt af van de bestelmogelijkheden van een artikel. Er zijn artikelen die per doos besteld moeten worden. Echter er zijn ook artikelen die per stuk geleverd kunnen worden, de Q is dan gelijk aan één. De n geeft aan hoeveel eenheden besteld moeten worden. De variabele bestelhoeveelheid is het verschil tussen de opslagcapaciteit en het huidige voorraadniveau en kan verschillen per bestelmoment.

5.4 De stap naar een oplossing

In de afgelopen hoofdstukken is er gesproken over de huidige, optimale en realistische modellen voor ziekenhuis Amstelland. Kort samengevat ziet de situatie er zoals in Figuur 14 uit.

Model	Stroom leverancier en CM	Stroom CM en DM	
Huidig (zie 5.1)	(R,s,nQ) met $n = \left\lfloor \frac{C - \text{voorraadniveau}}{Q} \right\rfloor$	(R,s,S) s is vooraf onbepaald	(R,s,Q) s is vooraf onbepaald
Optimaal (zie 5.2)	(s,S) of (R,s,S)	(s,S) of (R,s,S)	
Realistisch (zie 5.3)	(R,s,nQ)	(R,s,nQ) met $n = \left\lfloor \frac{C - \text{voorraadniveau}}{Q} \right\rfloor$	

Figuur 14. Huidige, gewenste en realistische situatie in modellen

Met het opstellen van deze modellen wordt literatuur (Janssen/ Heuts/ Kok, 1999; Kok; Tijms, 2002) geraadpleegd voor de volgende stap: het zoeken van een oplossing voor de optimale parameterwaarden. De literatuur biedt als oplossing een simulatiemodel. “Een simulatiemodel is een afbeelding van de werkelijkheid die gebruikt kan worden om diezelfde werkelijkheid na te bootsen met behulp van de computer. Zoals een architect op basis van een bouwtekening inzicht probeert te verwerven in het gemodelleerde huis, gebruikt een systeemanalist een simulatiemodel om inzicht te verwerven in het gemodelleerde bedrijfsproces.” (Van der Aalst, 1995)

Voor de gestelde onderzoeksvraagstellingen zijn simulatiemodellen gebruikt. In Hoofdstuk 6,

7 en 8 wordt de aanpak, de oplossingstechniek en de resultaten in meer detail gesproken. Met een simulatiemodel in de programmeertaal C++ (Ammeraal, 2003; Lippman, 1993; Stroustrup, 1986; Tijms, 2002) wordt de werkelijkheid in het CM en de DM's van ziekenhuis Amstelland nagebootst.

[33]

6 Onderzoeksvraag DM

[35]

De onderzoeksvraag voor het DM luidt:

Wat is per magazijnartikel het meest optimale bestelniveau en de bestelhoeveelheid bij het gewenste serviceniveau in het DM?

Het in de praktijk haalbaar model voor het DM is het (R,s,nQ) -model met vaste bestelhoeveelheid nQ . De bestelmomenten R zijn bekend, even als de colligrootte Q . Het bestelniveau s en het aantal te bestellen colli n moet bepaald worden. Voor de aanpak van de verwerking van dit model is diverse literatuur geraadpleegd. Naar aanleiding daarvan is gekomen tot een simulatiemodel. Simulatie is een oplossing om het (R,s,nQ) -model, zie Hoofdstuk 5, te kunnen doorrekenen.

6.1 Doel

Met een simulatiemodel wordt de werkelijkheid in het magazijn op een afdeling van ziekenhuis Amstelland nagebootst. Het beschrijft de situatie op een tijdstip, hoe de situatie zich verandert en hoe het zich ontwikkelt in de loop van de tijd (Tijms, 2002). In een simulatie wordt per bestelniveau de situatie in het voorraadbeheer gesimuleerd met de grijpmomenten en de bestel- en bevoorradingsmomenten, die respectievelijk zorgen voor een daling en stijging in de voorraad. Per simulatie wordt het serviceniveau en de bevoorradingskans bijgehouden (voor een bepaald bestelniveau). Deze twee begrippen zullen in 6.4 nader worden toegelicht.

6.2 Input

Voor de simulatie zijn het bestelmoment R , de vraag naar een artikel, de levertijd, de colligrootte en de capaciteit als input nodig.

Er zijn vaste tijden in de week waarop de handscan uitgevoerd (bestelmoment) wordt in een DM om de bestellingen op te nemen. Tweemaal per week bevoorraden bijvoorbeeld wordt in de simulatie aangegeven met $R=\{72,96\}$, waarbij de week is opgesplitst is in periodes van 72 uur (3 dagen) en 96 uur (4 dagen).

Voor de vraag naar een artikel wordt een aanname gemaakt, omdat er geen exacte data bestaat van tijdstippen dat een artikel uit de kast wordt gegrepen. Daarom moeten er aannames gemaakt worden over het aantal grijpmomenten over de loop van de tijd en er wordt aangenomen dat een artikel op zo'n moment stuk voor stuk uit een vak uit het DM wordt gepakt. Het ene grijpmoment hangt niet af van wanneer het andere grijpmoment gaat plaatsvinden. Met deze kenmerken is de meest aannemelijk verdeling om de vraag naar een artikel in het DM te beschrijven met een Poissonverdeling met de bijbehorende parameter λ als aankomstintensiteit. Oftewel λ is de verwachtingswaarde van het aantal grijpmomenten in een tijdsinterval van eenheidslengte die discreet verdeeld zijn. Hieruit volgt dat de tijd tussen twee opeenvolgende grijpmomenten exponentieel verdeeld is. De verwachte gemiddelde vraag naar een artikel per uur (λ) wordt berekend uit de totale bestelhoeveelheid over een voorafgestelde periode gedeeld door het aantal uren in deze periode. Voor de

[36] meest representatieve waarnemingen wordt een periode uit de bestelhistorie van SAP genomen, die het beste een gemiddelde ziekenhuisdag weergeeft. Wanneer niet kan worden uitgegaan van bovenstaande kenmerken van een Poissonverdeling, kunnen deze aannames niet worden aangenomen en zijn de verkregen resultaten ongeldig.

Het moment van bestellen op een regulier tijdstip van een DM tot de levering van de bestelling heet de levertijd L. Afdeling Logistiek garandeert de levering binnen drie uur na deze bestelling.

De colligroote Q in de bestelhoeveelheid nQ wordt ingesteld op Q=1 indien per stuk besteld wordt. Indien bijvoorbeeld tien flessen in één doos zitten, wordt Q=10.

Tot slot is de capaciteit C de huidige capaciteit in aantal stuks 'in de kast' van het DM.

6.3 Simulatie

Een simulatie begint met een volle kast met artikelen in het DM. Vervolgens wordt het werkelijke verloop van de voorraad in de tijd gesimuleerd gedurende een bepaalde simulatieduur. De simulatie wordt voorafgegaan van een zogeheten opwarmperiode. Deze wordt gebruikt als begin-toestand, omdat de resultaten in deze toestand niet representatief zijn voor de toestand van het systeem in een evenwichtssituatie. Tijdens een simulatie vinden er drie verschillende gebeurtenissen plaats: een grijpmoment, een bestelmoment en een leveringsmoment.

Een artikel ligt in een vak in de kast in het DM en kan 'gegrepen' worden als er vraag naar is. Dit wordt het grijpmoment genoemd en betekent een daling in de voorraad van het desbetreffende artikel. Het volgende grijpmoment vindt plaats op de huidige tijd plus een tussenaankomsttijd, waarbij de tussenaankomsttijd exponentieel verdeeld is. Na een grijpmoment daalt de voorraad met één stuk, als er nog voorraad aanwezig is, anders wordt er mis gegrepen.

Op het moment dat de voorraad op een bestelmoment R op of onder het bestelniveau is, vindt een bestelling plaats. De bestelhoeveelheid kan vooraf bepaald zijn en is dan onafhankelijk van het voorraadniveau op het moment van de bestelling:

$$n = \left\lfloor \frac{C - s}{Q} \right\rfloor$$

Daarentegen kan de bestelhoeveelheid ook variëren in plaats van vast te zijn. De bestelhoeveelheid hangt dan af van het voorraadniveau:

$$n = \left\lfloor \frac{C - \text{voorradniveau}}{Q} \right\rfloor$$

Het leveringsmoment vindt L uur na het bestelmoment plaats. De voorraad wordt opgehoogd met de bestelde hoeveelheid.

Voor de nauwkeurigheid van de resultaten is gebruik gemaakt van betrouwbaarheidsintervallen (Tijms, 2002). Voor het berekenen van het 95% betrouwbaarheidsinterval is de simulatie

$$\bar{D}_1, \dots, \bar{D}_{25}$$

en met de puntschatting (de middelste waarde van het berekende betrouwbaarheidsinterval) voor het gezochte verwachte serviceniveau

$$\frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} \bar{D}_i = \bar{D}(r) \text{ met } r = 25$$

Wanneer de lengte van de subruns groot genoeg is, dan kan er worden aangenomen dat de waarnemingen bij goede benadering onafhankelijk van elkaar zijn. De waarnemingen worden bij benadering als normaal verdeeld verondersteld. Opgeteld vormen deze normale verdelingen, à 25 stuks, een zogeheten Student t-verdeling met $r-1$ (met $r=25$) vrijheidsgraden. Daardoor kan het benaderend 95% betrouwbaarheidsinterval als volgt worden geformuleerd:

$$\left[\bar{D}(r) - \frac{t_{r-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\bar{S}^2(r)}}{\sqrt{r}}, \bar{D}(r) + \frac{t_{r-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\bar{S}^2(r)}}{\sqrt{r}} \right]$$

Waarbij

$$\bar{S}^2(r) = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r [\bar{D}_k - \bar{D}(r)]^2$$

In de tabel van de Student t-verdeling levert $\alpha=0,05$ een waarde $t=2,064$ op.

6.4 Output

Bij elk bestelniveau wordt in de output het gewenste serviceniveau en de bevoorradingskans gegeven. Het gewenste serviceniveau betreft de al eerder besproken fill rate. De fill rate is de fractie vraag die direct geleverd kan worden. In ziekenhuis Amstelland wordt gestreefd naar een serviceniveau van 95%. Wanneer er bijvoorbeeld twee honderd keer een grijpmoment is naar een artikel, mag er maximaal tien keer mis gegrepen worden. Er kan dus minimaal 190 keer aan de vraag voldaan worden. Het serviceniveau wordt berekend door het aantal maal dat er niet mis gegrepen wordt, gedeeld door het totaal aantal grijpmomenten. Het gemiddelde serviceniveau geeft de gemiddelde fractie weer van het totale aantal grijpmomenten waarop niet mis gegrepen wordt gedurende de totale simulatietijd.

In Figuur 15 wordt de constantheid van het serviceniveau over de tijd weergegeven. Hierin is de bevoorradingskans de kans dat er daadwerkelijk een bestelling wordt gedaan op het bestelmoment R . Voor het berekenen van de gemiddelde bevoorradingskans wordt het aantal bevoorradingen bijgehouden gedurende de totale simulatietijd.

Gemiddeld serviceniveau 95% en bevoorradingskans 10%

	Bestel- momenten	Service- niveau
Geen bevoorrading op	90%	100%
Wel bevoorrading op	10%	x%
Gemiddeld in	100%	95%

$$100\% * 0,90 + x * 0,10 = 95\% \text{ geeft } x = 50\%$$

Gemiddeld serviceniveau 95% en bevoorradingskans 90%

	Bestel- momenten	Service- niveau
Geen bevoorrading op	10%	100%
Wel bevoorrading op	90%	x%
Gemiddeld in	100%	95%

$$100\% * 0,10 + x * 0,90 = 95\% \text{ geeft } x = 94\%$$

Figuur 15. Gemiddeld serviceniveau en bevoorradingskans

Als de bevoorradingskans laag is, dan wordt de variantie van het serviceniveau groot. Als de bevoorradingskans hoog is, dan wordt de variantie van het serviceniveau veel kleiner. De eerste tabel van Figuur 15 schetst een situatie waarin er geen bevoorrading plaatsvindt in 90% van de bestelmomenten. Hierin wordt een serviceniveau van 100% gehaald. In 10% van de bestelmomenten zal er wel bevoorraden moeten worden, maar is er slechts een serviceniveau van 50% om een gemiddeld serviceniveau van 95% te halen. De tweede tabel geeft aan dat een hoge kans op bevoorraden op een bestelmoment voor een gewenst serviceniveau van 95% kan zorgen. Met een hoog serviceniveau als er wel bevoorraden moet worden.

6.5 Resultaten

In de simulatie wordt per bestelniveau (s) de totale tijd dat er geen voorraad aanwezig is in het DM bijgehouden, zodat hieruit het serviceniveau (β) kan worden berekend. Voor het bepalen van de kans dat er bevoorraden moet worden (bevoorradingskans α) op een bestelmoment wordt gerekend met het totaal aantal bevoorradingen van het DM . Het totaal aantal colli (n in nQ) dat besteld wordt, is afhankelijk van het bestelniveau, namelijk het verschil tussen de capaciteit in de kast in een DM en het bestelniveau:

$$n = \left\lfloor \frac{C - s}{Q} \right\rfloor$$

Voor een voorbeeldartikel in het DM is het volgende bekend:

- Twee keer per week is er een bestelmoment R

- Er is voor 30 stuks capaciteit C in de kast
- De colligrootte Q in nQ is per stuk (dus $Q=1$)
- De verwachte vraag $E(\lambda)$ is 0,2152 stuks per uur

Met bovenstaande data zou een hoogst mogelijke gemiddeld serviceniveau van 92% gehaald kunnen worden bij een bestelniveau van 11 stuks en een vaste bestelhoeveelheid van 19 stuks. De kans dat er bevoorrad moet worden op een bestelmoment is gemiddeld 89%. Het verband tussen het bestelniveau en het serviceniveau is te zien in Figuur 17.

Over deze resultaten, zie Figuur 16, zijn er twee opmerkingen te plaatsen. Het serviceniveau is te laag (<95%) én het bepaalde bestelniveau wordt hoger dan 11 stuks verwacht.

Om met de laatste opmerking te beginnen. Twee keer per week is er een bestelmoment, dit betekent twee tussenperiodes van 3 en 4 dagen die elkaar afwisselen. Bij een verwachte vraag van 0,2152 stuks per uur zou er voor de langste periode van 4 dagen (=96 uur) een gemiddelde voorraad van $96 \times 0,2152 = 20,6$ (afgerond 21 stuks) aanwezig moeten zijn. Met een vaste bestelhoeveelheid zou op het eerste gezicht het bestelniveau minimaal op 20 stuks moeten liggen. Anders komt het voor dat er bijvoorbeeld 15 stuks op voorraad liggen en er dus niet besteld wordt. Maar er wordt wel meer vraag verwacht. Het minimale bestelniveau moet 20 zijn. Een bestelniveau van 20 stuks is echter niet voldoende om aan het serviceniveau te voldoen.

Wanneer een bestelmoment plaatsvindt en het huidige voorraadniveau nog op 21 zit, hoeft er niet besteld te worden. Er is dan nog genoeg voorraad tot het volgende bestelmoment. Echter wanneer het voorraadniveau wel op of onder het bestelniveau van 20 is gekomen, moet er wel besteld worden. De vaste bestelhoeveelheid op een bestelmoment is dan de capaciteit minus het bestelniveau, ofwel $30 - 20 = 10$ stuks.

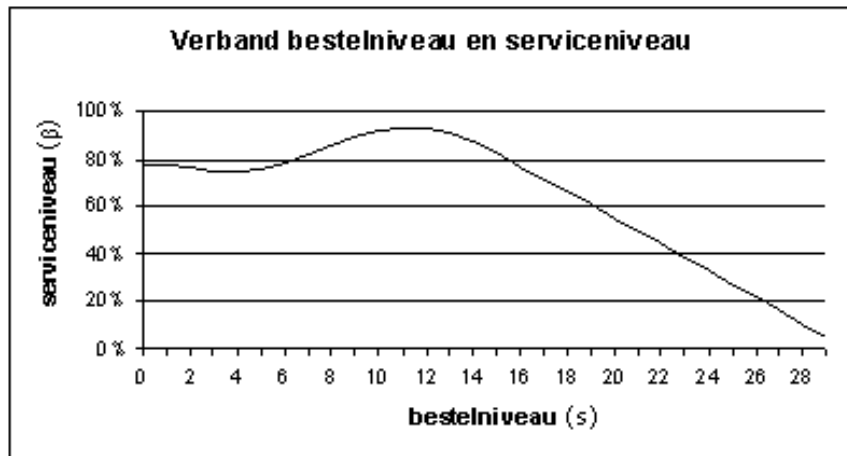
Om een bestelniveau van 20 stuks te gebruiken, is een capaciteit van 40 stuks nodig. Er wordt dan voldaan aan een serviceniveau van 95%. Er moet dan wel de mogelijk zijn om de capaciteit te kunnen uitbreiden.

OUTPUT

s	n in nQ	β	Kans
11	19	92%	89%
12	18	92%	94%
13	17	91%	97%
14	16	87%	99%
21	9	49%	100%

Figuur 16. Voorbeeldartikel met een gelijke input ($R=2$, $C=30$, Q in $nQ=1$, $E(\lambda)=0,2152$) en met een wisselend bestelniveau (s) en serviceniveau (β)

In Figuur 17 is het verband tussen het bestel- en serviceniveau weergegeven van bovenstaande resultaten.



Figuur 17. Verband tussen het bestelniveau (s) en het serviceniveau (β)

(C++ en Excel)

Een hoger bestelniveau bij de huidige capaciteit hoeft niet een hoger serviceniveau op te leveren. Het serviceniveau daalt, omdat de bestelhoeveelheid kleiner wordt en het bestelniveau eerder is bereikt.

6.6 Conclusie

De opmerkingen in Paragraaf 6.5 geven terecht aan dat bij de huidige input het serviceniveau te laag is en dat het bestelniveau hoger wordt verwacht. Voor het bereiken van een gewenst serviceniveau van 95% zal de capaciteit C moeten worden uitgebreid of er moet gevarieerd kunnen worden in de bestelhoeveelheid nQ . In het opgezette realistische model is n een vaste waarde op elk bestelmoment, in dit laatste geval zou n variabel gemaakt moeten worden. Als n variabel is, dan is op het bestelmoment de variabele bestelhoeveelheid gelijk aan de capaciteit minus het huidige voorraadniveau:

$$n = \left\lfloor \frac{C - \text{voorraadniveau}}{Q} \right\rfloor$$

Een variabele n is niet gewenst in het ziekenhuis, onder andere omdat er besteld wordt met een barcodesysteem (zie Paragraaf 2.3). Desondanks zou een variabel bestelniveau eenvoudig te simuleren kunnen zijn.

Wanneer een gemiddeld serviceniveau van 95% gewenst is, zal de capaciteit verhoogd moeten worden met 4 stuks naar 34 stuks. De simulatie geeft als beste oplossing een bestelniveau van 13 stuks, zie Figuur 18. Dit is voldoende om te zorgen dat er bijna altijd, in 82% van de bestelmomenten, wordt besteld. Wanneer het minimale bestelniveau gelijk is aan het verwachte verbruik tussen twee bestelmomenten, dus 21 stuks, dan wordt het gemiddeld serviceniveau van 95% pas gehaald bij een capaciteit van 39 stuks.

INPUT				OUTPUT			
R	C	Q in nQ	$E(\lambda)$	s	β	n in nQ	Kans
2	34	1	0,2152	13	95%	21	82%
2	39	1	0,2152	20	97%	19	94%
2	39	1	0,2152	21	96%	18	97%
2	40	1	0,2152	20	99%	20	90%
2	40	1	0,2152	21	98%	19	94%

Figuur 18. Voorbeeldartikel met wisselende capaciteit en bestel- en serviceniveau

Voor de nauwkeurigheid van de conclusie om de capaciteit te verhogen naar 34 stuks, zodat wel een gewenst serviceniveau kan worden gehaald, kunnen betrouwbaarheidsintervallen worden berekend. In Figuur 19 staan deze vermeld, uitgaande van de invoer van het voorgaande voorbeeldartikel. Deze zijn vrij nauwkeurig, het verschil is namelijk minder dan één procent.

95% betrouwbaarheidsinterval (bti)	95% bti links	95% bti rechts	Standaarddeviatie
Serviceniveau	0,95064	(0,94865; 0,95263)	0,00096
Bevoorradingkans	0,82194	(0,82190; 0,82198)	0,00174

Figuur 19. Betrouwbaarheidsintervallen

Alhoewel ziekenhuis Amstelland geen variabele bestelhoeveelheid wenst, is het toch de moeite waard om te laten zien wat de mogelijkheden zijn. Figuur 20 geeft enkele voorbeeldresultaten.

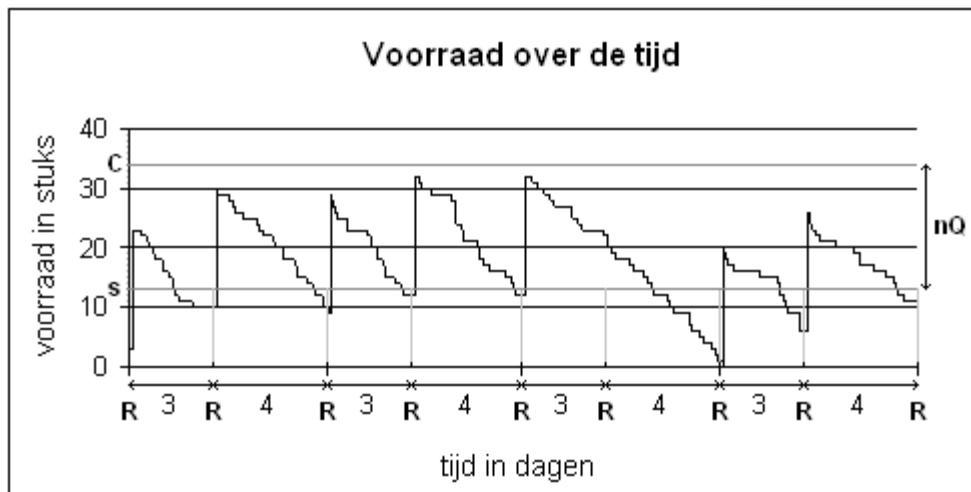
OUTPUT			
s	β	$E(n)$ in nQ	Kans
15	95%	22	77%
19	99%	18	95%

Figuur 20. Voorbeeldartikel met gelijk input ($R=2$, $C=30$, Q in $nQ=1$ en $E(\lambda)=0,2152$) en variabele bestelhoeveelheid

De capaciteit in de kast hoeft niet te worden verruimd om toch een serviceniveau van minstens 95% te halen. Een bestelniveau van 15 stuks is voldoende. Bij een bestelniveau van 19 stuk, kan een serviceniveau van 99% gehaald worden. Dan stijgt niet alleen het serviceniveau, maar ook de kans op bestellen op een bestelmoment stijgt.

6.7 Verificatie en validatie

Aangezien er niet direct alternatieve implementaties beschikbaar zijn om te controleren of de output van de simulatie klopt, is er extra goed gekeken of de simulatie een correcte werking heeft. Hiertoe is gekeken naar de voorraad over de tijd, met de bijbehorende gebeurtenissen. De voorraad over de tijd in het simulatiemodel is bijvoorbeeld te zien in Figuur 21 voor een artikel dat twee keer per week een bestelmoment R , een capaciteit C van 34 stuks in de kast en het bestelniveau s op 13 stuks heeft, waarvoor een gewenst serviceniveau van 95% van kan worden gehaald.



Figuur 21. Voorraad over de tijd van een artikel in het DM

(C++ en Excel)

Zoals eenvoudig te zien is in deze grafiek, verloopt het voorraadpatroon zoals verwacht.

Validatie van het model is helaas lastig, daar er nu geen zichtbaar serviceniveau wordt gehanteerd of bijgehouden. Tevens is er geen bestelhistorie beschikbaar waarin wordt aangegeven bij welk voorraadniveau nieuwe eenheden worden besteld. Als alternatief is daarom het model doorgesproken met experts. Zij denken dat het simulatiemodel aansluitingen kent bij de gebeurtenissen in de werkelijkheid.

7 Vraagstelling CM

[43]

De vraagstelling voor het CM luidt:

Wat is per magazijnartikel het meest optimale bestelniveau en de bestelhoeveelheid bij het gewenste serviceniveau in het CM?

Het gewenste en in de praktijk haalbaar model is haast gelijk aan dat van het DM, namelijk het (R,s,nQ) -model. Enkel wordt er geen gebruik gemaakt van een vaste bestelhoeveelheid in de simulatie, maar van een variabele, omdat er geen gebruik wordt gemaakt van barcodes. Het aantal colli in de variabele bestelhoeveelheid wordt berekend met het verschil tussen de capaciteit en de voorraad gedeeld door de colligrootte. Hierin is dus het aantal te bestellen colli afhankelijk van de huidige voorraad op het moment van bestellen.

7.1 Doel

Wederom wordt een simulatie als oplossing gebruikt voor de beantwoording van bovenstaande vraagstelling. De omloop van een artikel tussen leverancier en CM wordt nagebootst. Per simulatie vinden grijp-, bestel- en leveringsmomenten plaats, maar dan net even anders dan de momenten in een DM.

Net zoals bij het DM kan voor elk bestelniveau een simulatie worden uitgevoerd. Elk bestelniveau kan worden weergegeven met het gemiddelde serviceniveau en de bevoorradingskans.

7.2 Input

De simulatie voor het CM werkt haast hetzelfde als voor het DM. Het verschil zit hem echter in de invoer. Ten eerste wordt de output van het DM de input voor het CM. Ten tweede verschilt de levertijd tussen het bestelmoment bij de leveranciers en het leveringsmoment aan het CM. Als laatste is de besteleenheid in de meeste gevallen niet per colli ter grootte één, maar groter dan één, bijvoorbeeld per doos.

De input van de vraagdata. De aankomst van de vraag naar een artikel wordt niet meer aangenomen als Poisson verdeeld. De vraag is niet meer onafhankelijk en één voor één, maar wordt op redelijk vaste tijden afgenomen in grote hoeveelheden tegelijk. Met de vaststelling van de bestelniveaus en de bestelhoeveelheden van een zeker artikel voor de gewenste serviceniveaus in de DM's kan de vraagstelling in het CM worden gesteld.

Het leveringsmoment na het bestelmoment. De DM's worden door het CM bevoorrad binnen een paar uur. Leveranciers bevoorraden het CM. Het gros van de magazijnartikelen worden via SAP twee keer per week besteld, te weten dinsdag en vrijdag en na respectievelijk twee en drie dagen geleverd.

De colligrootte Q in de bestelhoeveelheid nQ wordt nu bijna altijd ingesteld op $Q > 1$.

7.3 Simulatierun

Ook in de simulatierun voor het CM vinden drie verschillende gebeurtenissen plaats: grijp-, bestel- en leveringsmomenten.

De grijpmomenten zijn nu niet naar één item van een artikel, maar naar meer dan één item van een artikel, oftewel de uitgiftegroottes. Dat is de grootte (het aantal stuks) waarmee een artikel kan worden afgenomen bij het CM . De uitgiftegroottes zijn bepaald door de verpakking van de artikelen of door het CM . De bestelniveaus en vaste bestelhoeveelheden van de artikelen in een DM die zijn bepaald via Hoofdstuk 5, worden opgeslagen in een bestand. Deze data uit dit bestand worden gebruikt om de hoeveelheid vraag naar een artikel per tijdsvak in een CM te bepalen. Eén bestand bootst de grijpmomenten na van een artikel door een DM . Als voor alle DM 's, die één bepaald artikel gebruiken, de data in bestanden worden opgeslagen, kan één bestand gecreëerd worden. Dit bestand bootst dan de grijpmomenten na van dat bepaalde artikel dat door de DM 's wordt gebruikt.

De bestelmomenten R bij verschillende leveranciers zijn voor bijna alle magazijnartikelen twee keer per week, zoals dat ook in een DM kan voorkomen. Op het moment dat de voorraad op een bestelmoment op of onder het bestelniveau is, vindt een bestelling plaats. De bestelhoeveelheid nQ in het (R,s,nQ) -model is variabel. De bestelhoeveelheid hangt af van het huidige voorraadniveau

$$n = \left\lfloor \frac{C - \text{voorraadniveau}}{Q} \right\rfloor$$

De leveringsmomenten L door de leveranciers kunnen verschillen, maar zij proberen die wel zo veel mogelijk op een vast aantal dagen na de bestelmomenten te houden. Op een leveringsmoment wordt de voorraad opgehoogd met de bestelde hoeveelheid.

7.4 Output

Bij elk bestelniveau wordt, net zoals in Paragraaf 6.4 beschreven staat, in de output het gewenste serviceniveau en de bevoorradingskans gegeven.

7.5 Resultaten

Ook in het CM wordt per bestelniveau (s) de totale tijd dat er geen voorraad aanwezig is in het DM bijgehouden, zodat hieruit het serviceniveau (β) kan worden berekend. Voor het bepalen van de kans dat er bevoorrad moet worden (bevoorradingskans α) op een bestelmoment wordt gerekend met de totaal aantal bevoorradingen van het DM . Alleen het totaal aantal colli (n in nQ) dat besteld wordt, is afhankelijk van het huidige voorraadniveau.

Voor een voorbeeldartikel in het CM is het volgende bekend:

- Twee keer per week is er een bestelmoment R
- Twee keer per week is er een leveringsmoment L
- Er is voor 750 stuks capaciteit C in de kast
- De colligrootte Q in nQ
- De verwachte vraag $E(\lambda)$ per tijdsvak is de output van de DM 's bij elkaar

Met de resultaten (zie Bijlage Decentraal Magazijn) van de bestelniveaus en capaciteiten bij de gewenste serviceniveaus van acht DM 's van een bepaald artikel kan worden doorgerekend en de resultaten in Figuur 22 worden geïnterpreteerd.

OUTPUT		
s	β	Kans
253	98%	30%
331	99%	41%
433	99,99%	49%

Figuur 22. Voorbeeldartikel dat door acht DM 's wordt gebruikt en gelijke input ($R=2$, $C=750$, Q in $nQ=10$, $E(\lambda)=\text{Output}$ 8 DM 's)

Met een capaciteit van 750 stuks en de resultaten van de output van de DM 's die als input voor de verwachte vraag wordt gebruikt, zou een mogelijk gemiddeld serviceniveau van 98% gehaald kunnen worden bij een bestelniveau van 253. De kans dat er dan bevoorrading plaatsvindt is 30%. Mogelijk is een gemiddeld serviceniveau van 99% te halen wanneer het bestelniveau wordt opgehoogd naar 331 stuks met een bevoorradingkans van 40%. En een nog beter serviceniveau van net geen 100% zou een bestelniveau van 433 stuks horen met een kans van 49% om te bevoorraden op zo'n moment. Een serviceniveau van 100% is tevens onmogelijk. Dan zou er een oneindige voorraad aanwezig moeten zijn, om nooit kans te hebben om mis te grijpen.

In Figuur 23 is het verband tussen het bestel- en serviceniveau weergegeven van bovenstaande resultaten.



Figuur 23. Verband tussen het bestelniveau en het serviceniveau (C++ en Excel)

Wanneer er reeds wordt uitgegaan van een huidige capaciteit van 750 en een verwachte vraag van de output van acht DM 's, kan de vraag worden gesteld of bij een hoger bestelniveau ook het serviceniveau hoger wordt.

7.6 Conclusie

Het serviceniveau kan bij de huidige invoerwaarden worden gehaald. Interessant is het om te zien of het ook met een lagere capaciteit nog steeds hetzelfde serviceniveau kan bereiken.

De simulatie geeft ook bij een lagere capaciteit een beste oplossing weer, zie Figuur 24. Bij een capaciteitsverlaging naar 460 stuks kan een serviceniveau van 98% worden gehaald, slechts bij een verhoging van 10 stuks kan zelfs nog een serviceniveau van 99% worden gehaald.

INPUT				OUTPUT		
R	C	Q in nQ	E(λ)	s	β	Kans
2	460	10	Input 8 DM's	337	98%	93%
2	470	10	Input 8 DM's	350	99%	97%
2	543	10	Input 8 DM's	454	99,99%	98%

Figuur 24. Voorbeeldartikel dat door acht DM's wordt gebruikt met ene lagere capaciteit

Voor de nauwkeurigheid van de resultaten is gebruik gemaakt van betrouwbaarheidsintervallen. Bij een capaciteit van 750, een verwachte vraag van acht DM's en een bestelniveau van 253 hoort een serviceniveau van 98%, een kans op bevoorraden op een bevoorradingsmoment van 30%. De bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen staan in Figuur 25.

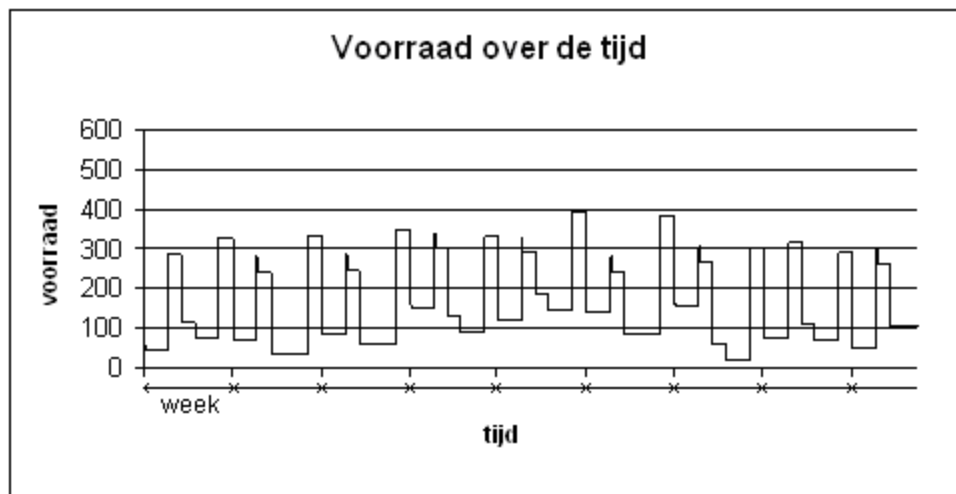
95% betrouwbaarheidsinterval (bti)	95% bti links	95% bti rechts	Standaarddeviatie
Serviceniveau	98%	(0,956139; 1.000000)	0,0115678
Bevoorradingskans	30%	(0,029726; 0,030586)	0,0174994

Figuur 25. Betrouwbaarheidsintervallen

Deze resultaten zijn alleen te verkrijgen wanneer de uitkomsten van de DM's bekend zijn. Pas dan kunnen deze resultaten als input worden gebruikt bij de simulatie voor het CM.

7.7 Verificatie en validatie

Ook voor het CM geldt dat er niet direct alternatieve implementaties beschikbaar zijn om te controleren of de output van de simulatie klopt. Er is wederom extra goed gekeken of de simulatie een correcte werking heeft. Hiertoe is gekeken naar de voorraad over de tijd, met de bijbehorende gebeurtenissen. De voorraad over de tijd in het simulatiemodel is bijvoorbeeld te zien in Figuur 26, waarbij de capaciteit 543 stuks is en het bestelniveau op 454 stuks ligt en een serviceniveau van 99,9% kan bieden. In de figuur is dit niet geheel duidelijk te zien, maar dat komt omdat er vraag is tijdens de levertijd. Er blijft vraag in de periode tussen het bestel- en het levermoment. Wel is in Figuur 26 te zien dat op elk bestelmoment er besteld wordt. Tegen de tijd dat het bestelde aantal colli binnen is, is in de tussentijd weer een daling in de voorraad geweest.



Figuur 26. Voorraad over de tijd van een artikel in het CM

(C++ en Excel)

De juiste data voor validatie wordt helaas niet opgeslagen in het ziekenhuis. Als alternatief is daarom het model doorgesproken met experts waarmee de ervaringen goed overeenkomen.

8 Vraagstelling bestelfrequenties

De onderzoeksvraag voor verschillende bestelfrequenties luidt:

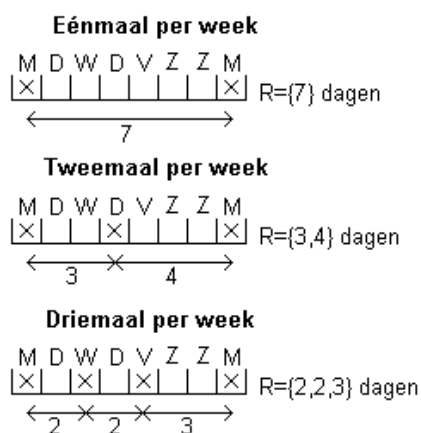
Wat is per magazijnartikel het meest optimale bestelniveau en de bestelhoeveelheid bij het gewenste serviceniveau in het decentrale magazijn bij verschillende bestelfrequenties?

8.1 Doel

Inmiddels is bekend dat een simulatiemodel de werkelijkheid in een magazijn nabootst. Deze vraagstelling geeft slechts een wijziging in het aantal bestelmomenten van een DM.

8.2 Input

Voor de input van deze onderzoeksvraag wijzigt alleen de bestelfrequentie van een DM. Alle DM's worden volgens een vast schema iedere week één of meerdere keren bezocht door een logistiek medewerker, zoals te zien in Figuur 27. Dit zijn de momenten dat er voor een DM een bestelling geplaatst kan worden voor de bevoorrading van magazijnartikelen.



Figuur 27. Aantal reguliere bestelmomenten R (deze verschillen per DM)

8.3 Simulatierun

De simulatierun is gelijk zoals beschreven in Paragraaf 6.3. Enkel het aantal bestelmomenten R verschillen.

8.4 Output

De outputomschrijving is tevens gelijk zoals in Paragraaf 6.3 is beschreven.

8.5 Resultaten

In de simulatie wordt per bestelniveau (ξ) de totale tijd dat er geen voorraad aanwezig is in het DM bijgehouden, zodat hieruit het serviceniveau (β) kan worden berekend. Voor het bepalen van de

[50] kans dat er bevoorraad moet worden (bevoorradingkans α) op een bestelmoment wordt gerekend met de totaal aantal bevoorradingen van het DM. Het totaal aantal colli (n in nQ) dat besteld wordt, is afhankelijk van het bestelniveau, namelijk het verschil tussen de capaciteit in de kast in een DM en het bestelniveau.

Voor een voorbeeldartikel in het DM is het volgende bekend over de huidige situatie:

- Twee keer per week is er een bestelmoment R
- Er is voor 50 stuks capaciteit C in de kast
- De colligrootte Q in nQ is per stuk
- De verwachte vraag $E(\lambda)$ is 0,3507 stuks per uur

Met bovenstaande data zou het hoogst mogelijke gemiddeld serviceniveau van 95% gehaald kunnen worden bij een bestelniveau van 20 en een vaste bestelhoeveelheid van 30. De kans dat er bevoorraad moet worden op een bestelmoment is gemiddeld 94%, zie Figuur 28.

INPUT				OUTPUT			
R	C	Q in nQ	λ	s	β	n in nQ	Kans
2	50	1	0,3507	20	95%	30	94%

Figuur 28. Voorbeeldartikel met parameterwaarden bij gewenst serviceniveau van 95%

Net zoals in Paragraaf 6.5 is er over deze resultaten, zie Figuur 16, een opmerking te plaatsen. Het bepaalde bestelniveau wordt hoger dan 20 verwacht.

Echter simuleren geeft als beste oplossing een bestelniveau van 20 stuks. Bovendien wordt er in dit hoofdstuk gericht op een verschillend aantal bestelfrequenties. In de volgende paragraaf worden de effecten in de capaciteit en het serviceniveau hiervan weergegeven.

8.6 Conclusie

In ieder geval kan het gewenste serviceniveau bij de huidige invoerwaarden worden gehaald. Wat is echter het effect wanneer er lagere of juist hogere bestelfrequenties worden ingevoerd?

Een verlaging in de bestelfrequentie van tweemaal per week naar eenmaal per week leidt ertoe dat het huidige en tevens gewenste serviceniveau met de huidige capaciteit niet meer kan worden gehaald, zie Figuur 29. Het hoogst haalbare gemiddelde serviceniveau is 77% bij een gemiddeld bestelniveau van 3 stuks. Dit serviceniveau is veel te laag, echter een gewenst serviceniveau van 95% is met deze capaciteit ook niet te halen. Een oplossing om de capaciteit te verhogen ten behoeve van het wijzigen van de bestelmoment frequentie van tweemaal naar éénmaal per week is slechts een idee, wanneer de mogelijkheid bestaat meer capaciteit erbij te creëren.

INPUT				OUTPUT			
R	C	Q in nQ	λ	s	β	n in nQ	Kans
1	50	1	0,3507	C te laag	95%	C te laag	C te laag
1	50	1	0,3507	3	77%	47	97%

Figuur 29. Lagere bestelfrequenties in een DM

Een verhoging in de bestelfrequentie van tweemaal naar driemaal per week geeft een verlaging in het bestelniveau bij het gewenste serviceniveau, zie Figuur 30.

INPUT				OUTPUT			
R	C	Q in nQ	λ	s	β	n in nQ	Kans
3	50	1	0,3507	15	95%	35	63%
3	50	1	0,3507	24	99%	26	75%

Figuur 30. Hogere bestelfrequenties in een DM

De kans dat er bevoorrad moet worden op een bestelmoment is ook lager. Dit pakt echter niet altijd beter uit, zoals is weergegeven in Figuur 15 in Paragraaf 6.4.

In dit onderzoek wordt de artikelstroom van magazijnartikelen tussen het DM en het CM en tussen het CM en leverancier nader onderzocht. De voorraadstrategieën in de magazijnen worden hierin onder de loep genomen, zodat er gestreefd kan worden naar een gewenst serviceniveau. Het gewenste serviceniveau betreft de fill rate. De fill rate is de fractie vraag die direct geleverd kan worden. Voor het behalen van dit serviceniveau, is het zogeheten (R,s,nQ) -model met vaste bestelhoeveelheid voor het DM en het (R,s,nQ) -model met variabele bestelhoeveelheid voor het CM aangenomen. Voor een gewenst serviceniveau (β) kan met het (R,s,nQ) -model bij een gegeven aantal bestelmomenten (R) per week en de colligrootte (Q) in de bestelhoeveelheid (nQ) de volgende resultaten worden bepaald: een bestelniveau (s), een bevoorradingkans (α) en aantal colli (n) in de bestelhoeveelheid nQ . Voor de aanpak van de verwerking van dit model is diverse literatuur geraadpleegd. Naar aanleiding daarvan is gekomen tot een simulatiemodel. Met een simulatie wordt de werkelijkheid, zoals de grijp-, bestel- en leveringsmomenten in de magazijnen van ziekenhuis Amstelland nagebootst.

In het DM wordt met deze nabootsing geconcludeerd dat er gestreefd kan worden naar bestelniveaus waarbij de huidige capaciteit gehouden en het gewenste serviceniveau gehaald wordt. Het ziekenhuis heeft als doel een gewenst serviceniveau van minimaal 95% te behalen. Wanneer er toch niet aan dit streven kan worden voldaan, zal een afweging moeten worden gemaakt. Deze afweging kan liggen in de wijziging van de capaciteit of in de bestelfrequentie. Capaciteit erbij creëren is misschien niet altijd haalbaar. Wellicht is het wel mogelijk dat een artikel capaciteit “weggeeft” aan een ander artikel, waardoor beide artikelen een gewenst serviceniveau behalen. Een hogere bestelfrequentie zorgt ervoor dat een lagere capaciteit mogelijk is, omdat er meer bestelmomenten in de week zijn.

Resultaten in en conclusies over het CM zijn alleen te verkrijgen wanneer de uitkomsten van de DM 's bekend zijn. Pas wanneer er bestelniveaus en bestelhoeveelheden van artikelen in het DM bepaald zijn, kan rekening worden gehouden met de vraag naar deze artikelen in het CM . De vraag is namelijk in colligrootte groter dan één (per stuk) in tegenstelling tot de grijpmomenten in het DM . Bovendien vinden deze grijpmomenten plaats op de bestelmomenten van een DM . Als de output van het DM bekend is, kan deze als input worden gebruikt bij de simulatie voor het CM . In het CM zullen er mogelijkheden zijn dat de capaciteit verlaagd kan worden.

Wat de juistheid of echtheid, oftewel de verificatie, van het model en haar resultaten betreft, zijn er niet direct alternatieve implementaties beschikbaar. Daarom is er extra goed gekeken of de simulatie een correcte werking heeft. De validatie, dus de beoordeling van de geldigheid, van het model voor het DM en CM is lastig, daar er nu geen zichtbaar serviceniveau wordt gehanteerd of bijgehouden. Tevens is er geen bestelhistorie beschikbaar waarin wordt aangegeven bij welk voorraadmiveau nieuwe eenheden worden besteld. Als alternatief is daarom het model doorgesproken met experts. Zij denken dat het simulatiemodel aansluitingen kent bij de gebeurtenissen in de werkelijkheid. Voor

[54] de uiteindelijke validatie van de verkregen resultaten via dit rekenmodel zal een pilot project gestart moeten worden in een DM. Zodat de indicaties die nu zijn verkregen ook daadwerkelijk in de praktijk kunnen worden toegepast. Pas dan kunnen enige constatering worden gedaan.

In dit verslag zijn geen kosten getoetst. Wanneer er veranderingen in de bestelfrequentie gewenst zijn, kan een onderzoek worden gestart of dit zorgt voor kostenbesparingen of juist voor extra kosten. Tevens is het interessant om uit te zoeken of de levertijd van leveranciers aan het CM korter kunnen worden voor het afstemmen van de bevoorrading van het CM met de leveranciers.

Zorgen zonder zorg. Het achter de schermen zorgen voor optimale zorg aan de patient. Met het (theoretische) gebruik van dit rekenmodel kan voor een gemiddelde ziekenhuisdag een betere service vanuit het CM aan het DM en vanuit het DM aan de patiënt worden geboden.

B

Backorder	Nabestelling
Barcode	Elk magazijnartikel beschikt over een eigen uniek barcode. De barcode op het artikel komt overeen met de code die in het digitale voorraadbeheer wordt verbruikt.
Beschikbare voorraad	Goederen waar, op dat moment, nog geen bestelling tegenover staat. Het is een tijdgebonden gegeven. M.a.w. de hoeveelheid die men aan klanten kan uitleveren op moment t .
Bestelfrequentie	Het totale aantal reguliere en niet-reguliere leveringen per tijdseenheid
Bestelhoeveelheid	De hoeveelheid eenheden van een bepaald artikel die in de bestelling staat vermeld. De hoeveelheid van een artikel kunnen vaste of variabele eenheden zijn.
Bestelling	Een order van de afdeling wanneer zij haar voorraad in een DM wilt aanvullen met een bepaald artikel.
Bestelmethode	Er zijn verschillende methodes voor het bestellen van magazijnartikelen uit het CM, via de reguliere levering (handscanlevering) en de niet-reguliere levering (speciale en spoedlevering). Voor het bestellen van niet-magazijnartikelen gelden andere methodes.
Bestelmoment	Het moment waarop een bestelling kan plaatsvinden. Ziekenhuis Amstelland onderscheid twee soorten bestelmomenten: reguliere en niet-reguliere.
Bestelniveau	Een bepaald voorraadniveau dat een artikel in het DM of CM heeft bereikt, waarop is afgesproken dat een bestelling van dat artikel moet plaatsvinden.
Besteltijd	De tijd tussen de plaatsing van een bestelling (door een afdeling) en de verwerking van een bestelling (door Inkoop of Logistiek).
Bevoorradinglijst	Lijst met daarop alle verzamelde artikelen.

C

Centraal magazijn (CM)	Het magazijn waarin de hoofdvoorraad van het ziekenhuis ligt en waaruit de bevoorrading van de DM's komt.
------------------------	---

[56]	CM	Zie Centraal Magazijn.
	Colli	(mv van <i>collo</i> , gebruikt als <i>ev</i>) Fysieke eenheid van goederen. Grootte van verpakking, bijvoorbeeld per doos.

D

Decentraal magazijn (DM)	Het magazijn waarin de voorraad van artikelen op de afdeling liggen. Elke afdeling heeft één of meerdere van deze DM's.
DM	Zie Decentraal magazijn.
Dubbelvak	Reservering van twee vakken in de kast in het DM voor één hoog frequent verbruikt artikel.

E

Enkelvak	Reservering van één vak in de kast in het DM voor één laag of normaal frequent verbruikt artikel of één hoog frequent artikel met een kleine omvang.
----------	--

F

Fastmover	In dit onderzoek betreffende een artikel met een hoge omloopsnelheid in de artikelenstroom van leverancier tot patiënt.
FIFO	First-In-First-Out; het langst liggende artikel wordt als eerst gebruikt.
Fill rate	Gebruikt serviceniveau. Fractie van de vraag die (direct) voldaan kan worden.

G

Gebruiken	Tot zich nemen; zich hetzij geregeld, hetzij bij een bepaalde gelegenheid bedienen van, gebruik maken van.
Grijpmoment	Het moment dat er naar een artikel in het DM wordt gegrepen.

H

Handscanleveringen	Is een levering van magazijnartikelen uit het CM aan de DM op de afdelingen die via de wekelijkse bevoorrading kunnen worden besteld via de barcodes.
--------------------	---

I

Inboeken	De registratie van een binnengekomen magazijnartikel door de leverancier bij Ontvangst Goederen van Logistiek in SAP.
Insteken	Aanvullen van decentrale voorraad met behulp van bevoorradingslijst.
Intramuraal	Binnen de muren van een ziekenhuis of andere inrichting plaatshebbend.

K

Kostenplaats	Een afdeling en boekhoudkundig de plaats waar de kosten ten behoeve van een zeker product worden gemaakt.
--------------	---

L

Leveringskosten	Alle kosten die gemaakt worden door de leverancier voor het leveren van een artikel.
Leveringstijd	De termijn waarbinnen een levering moet plaatsvinden.

M

Magazijnbon	Een bon waarmee de afdeling direct via het CM een magazijnartikel kan bestellen.
Manco	Artikel ontbreekt bij aflevering; tekort, gebrek.
Maximaal	Het maximum bereikend
Maximum	De hoogste waarde; bovengrens
Maximumniveau	De maximale hoeveelheid eenheden van een artikel die in voorraad in het DM of CM kunnen liggen. De resterende voorraad wordt met de bestelhoeveelheid aangevuld tot het maximumniveau.
Minimaal	Zo klein als mogelijk; minstens
Minimale bestelhoeveelheid	De minimale hoeveelheid eenheden van een bepaald artikel dat besteld moet worden (in verband met kwantumkorting of minimale afname).
Minimum	De laagst bereikte waarde; ondergrens
Minimumniveau	De minimale hoeveelheid eenheden van een artikel die in voorraad moeten liggen. Wanneer het minimumniveau of een vooraf be-

Misgrijpen

paald niveau (bestelniveau) bereikt wordt, moet het bestelmoment plaatsvinden.

Het niet aantreffen van een artikel wanneer deze wel (per direct) nodig is. Om zorg, in de vorm van artikelen, aan de patiënt te kunnen bieden, moet er in het DM de service zijn, dat de kans op misgrijpen wordt geminimaliseerd. Minimaliseren van misgrijpen is de minimale kans dat een artikel niet op voorraad ligt, terwijl het artikel wel per direct nodig is.

N

Niet-regulier bestelmoment Speciale leveringen, spoedleveringen of backorders.

O

Opslagruimte De ruimte in het DM of in het CM die nodig is om een voorraad van een magazijnartikel op te kunnen slaan.

Orderverzamellijst Lijst die ontstaat na het inlezen van de bestelgegevens.

P

Pakbon Bij een zending gevoegde bon die de inhoud omschrijft.

Parameter Variabele of veranderlijke grootte, waarvan de constanten van een vergelijking als functies worden beschouwd; toetsingsgrootte met betrekking tot het verloop van processen.

Periode Tijd tussen twee vaste bestelmomenten in. Reguliere leveringen vinden na een vaste periode plaats.

R

Reguliere bestelmoment Vaste moment van bevoorraden van artikelen op de DM's en CM's door respectievelijk Logistiek en de leverancier.

S

SAP Systemen Applicaties en Producten in de Informatica. Software voor de afdeling Inkoop & Logistiek voor het beheersen van de artikelenstroom in ziekenhuis Amstelland. SAP geeft inzicht in alle belangrijke bedrijfsprocessen: financiële administratie, inkoop, voorraadbeheer, verkoop, relatiebeheer, service management en

	rapportage. Zo worden mutaties in voorraden van magazijnen worden automatisch hierin geregistreerd en besteladviezen worden vertaald.
Servicegraad	Een graadmeter voor de mate waarin de vraag naar een artikel kan worden uitgevoerd.
Serviceniveau	De <i>fill rate</i> in dit onderzoek betreffend.
Slowmover	In dit onderzoek betreffende een artikel met een lage omloopsnelheid in de artikelenstroom van leverancier tot patiënt.
SMDS	Scan Modul Data System. Dit is het uitgiftesysteem van magazijnartikelen. Hierin wordt bijgehouden welk artikel naar welke kostenplaats (afdeling) gaat. Bij een uitgifte verandert SMDS de digitale voorraad in het CM.
Speciale levering	Wanneer een afdelingen niet via de wekelijkse bestelling een magazijnartikel bestelt maar via de zogenaamde magazijnbon.

U

Uitgifte	Het uitgeven of het in omloop brengen van een magazijnartikel.
----------	--

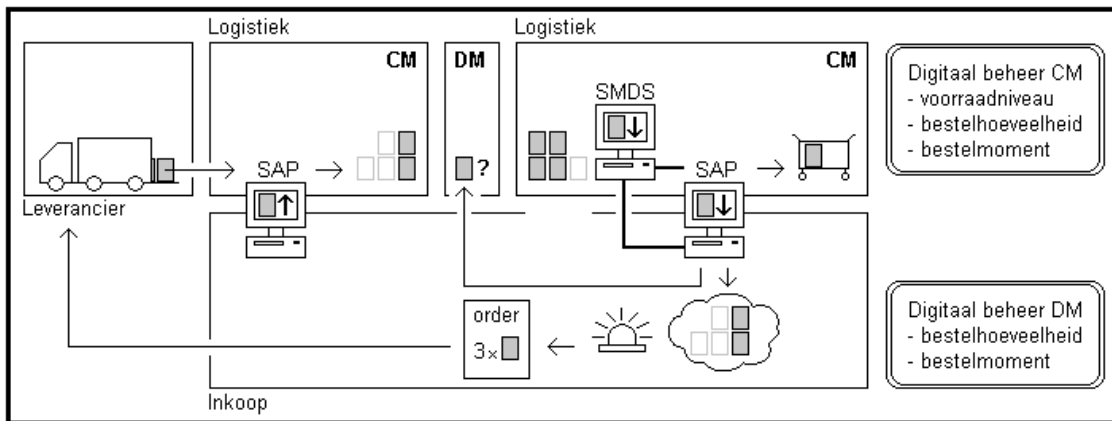
V

Validatie	De geldigheid beoordelen van iets.
Variabele	Veranderlijke grootte.
Veiligheidsvoorraad	Een voorraad in een hoeveelheid eenheden van een artikel die altijd aanwezig moeten zijn. Die veiligheidsvoorraad wordt aangehouden voor het geval dat de voorraad onder het minimum- of bestelniveau is gekomen en er geen directe levering kan plaatsvinden, maar het artikel wel per direct nodig is. Liever wordt deze voorraad niet aangebroken.
Verbruiken	Door gebruiken opmaken; verteren, opstoken, opeten; hoeveelheid die opgemaakt wordt
Verbruikshistorie	Deze historie laat een overzicht zien van alle wijzigingen in de leveringen door de leverancier, de ontvangsten door Logistiek in het CM en de bestellingen door de afdelingen van een magazijnartikel in het voorraadbeheer van het CM. De historie van een niet-magazijnartikel is tevens in SAP af te leiden.
Verificatie	Onderzoek naar de juistheid of echtheid van iets
Voorraad	Een voorraad is de in kwantitatieve of financiële termen uitgedrukte

[60]	hoeveelheid goederen in het CM en DM. In het ziekenhuis betreffende de aanwezigheid van medische en niet-medische artikelen (uitgezonderd steriele werktuigen) waarvoor een voorraad aangelegd wordt op de afdeling, zodat aan de vraag, ofwel de behoefte aan een artikel, op de afdelingen (de patiënten) kan worden gedaan.
Voorraadgrootte	De grootte van de voorraad uitgedrukt in de hoeveelheid eenheden die er van alle artikelen zijn.
Voorraadkosten	De investeringen in een artikel dat nu op voorraad wordt gehouden. Vaak wordt dit gezien als een percentage van de waarde van een artikel.
Voorraadniveau	Het niveau van de voorraad van een artikel in een DM of CM.
Voorraadtijd	De tijd dat een artikel op voorraad wordt gehouden in CM of DM.

- Aalst, W.M.P., van der. 1995. *Handboek simulatie*. Technische Universiteit Eindhoven.
- Ammeraal, L. 2003. *Basiscursus C++*. Academic Service, Schoonhoven.
- Janssen, F., Heuts, R., Kok, T. de. 1999. *The impact of data collection on fill rate performance in the (R,s,Q) inventory model*. *Journal of the Operational Research Society* 50, p.75-84.
- Kok, Prof.Dr. A.G., de. *Analysis of one product/ one location inventory control models*. Technische Universiteit Eindhoven.
- Lippman, S.B. (AT&T Bell Laboratorium). 1993. *C++ Primer 2nd Edition*. Addison-Wesley Publishing Company, United States of America.
- Stroustrup, B. (AT&T Bell Laboratorium). 1986. *C++ Programming Language*. Addison-Wesley Publishing Company, United States of America.
- Tijms, Prof. Dr. H.C. 2002. *Operationele analyse*. Epsilon Uitgaven, Utrecht.
- Visser, H.M., Goor, A.R. van. 1999. *Werken met Logistiek*. Stenfert Kroese, Wolters-Noordhoff bv, Groningen.

In deze bijlage staat een visuele weergave die correspondeert bij Paragraaf 2.3.



Figuur 31. Bevoorrading van het CM in ziekenhuis Amstelland

In Figuur 31 wordt het digitaal beheer in ziekenhuis Amstelland beschreven. Het proces begint links bovenaan. De leverancier levert een hoeveelheid goederen af bij het CM op de afdeling Logistiek. Deze goederen worden ingeboekt in SAP. Zowel de afdeling Logistiek als de afdeling Inkoop hebben zicht op deze inboeking. Nadat de goederen zijn ingeboekt, wordt het opgeborgen in het CM. Wanneer het DM vraag heeft naar een hoeveelheid artikelen, wordt in het lokale systeem SMDS in het CM deze hoeveelheid artikelen uit het CM geboekt en wordt de voorraad vermindert met de vraag. Deze verlaging in de voorraad wordt automatisch gesynchroniseerd met SAP. Nu kan deze hoeveelheid artikelen worden weggebracht naar het DM. De synchronisatie met SAP is er, zodat Logistiek op tijd een nieuwe voorraad kan bestellen, indien het voorraadniveau van het artikel op of onder het bestelniveau is. Er is een digitaal beheer van het CM over het voorraadniveau, de bestelhoeveelheid en het bestelmoment van magazijnartikelen. In het DM is er een digitaal beheer over de bestelhoeveelheid en het bestelmoment van magazijnartikelen.

In deze bijlage staan onder andere resultaten die gebruikt zijn voor de input van het CM in Paragraaf 6.2.2.

In Figuur 32 zijn uit de simulatie voor het DM de volgende voorbeeldresultaten verkregen met de huidige capaciteiten.

INPUT					OUTPUT			
Afdeling	R	C	Q in nQ	$E(\lambda)$	β	s	n in nQ	Kans
Kinder	1	5	1	0,02518	74,73%	1	4	78,22%
Presentatie	1	10	1	0,03205	91,89%	4	6	82,38%
IC/CCU	2	30	1	0,21520	92,82%	12	18	88,73%
			10		91,53%	10	2	83,04%
Verlos	2	50	1	0,35073	95,23%	20	30	93,81%
			10		95,23%	20	3	93,81%
Intern Beneden	3	60	1	0,57349	96,29%	27	33	94,00%
			10		92,76%	30	3	99,62%
Chirurgie Beneden	2	180	1	1,14538	98,02%	85	95	99,53%
			10		98,44%	80	10	94,91%
Dagverpleging	1	10	1	0,00160	99,99%	2	8	3,31%
IBO/KVA	2	90+80	1	0,53571	99,99%	69	101	44,68%
			10		99,99%	69	10	45,13%

- R = aantal bevoorradingsmomenten per week
- C = capaciteit in de kast in het DM
- Q = colligrootte in de bestelhoeveelheid nQ
- $E(\lambda)$ = verwachte vraag naar het artikel per uur
- s = bestelniveau
- β = gemiddeld serviceniveau (fill rate)
- n = gemiddeld aantal colli in de bestelhoeveelheid nQ
- Kans = gemiddelde kans dat er besteld moet worden op een bestelmoment

Betreft artikel 11744, data 010105-010705

Figuur 32. Simulatieresultaten DM met de huidige capaciteit

[66] In Figuur 33 zijn uit de simulatie voor het DM de volgende voorbeeldresultaten verkregen met aangepaste capaciteiten om aan het gewenste serviceniveau te voldoen.

INPUT					OUTPUT			
Afdeling	R	C	Q in nQ	$E(\lambda)$	Gewenst β	s	n in nQ	Kans
Kinder	1	10	1	0,02518	95%	4	6	67,68%
		12			5	7	59,25%	
Presentatie	1	12	1	0,03205	95%	5	7	74,17%
		14			6	8	66,19%	
IC/CCU	2	34	10	0,21520	95%	14	2	86,99%
		38			18	2	88,99%	
Verlos	2	50	10	0,35073	95%	22	3	95,23%
		61			28	3	96,66%	
Intern Beneden	3	67	10	0,57349	95%	27	4	76,77%
		73			33	4	79,13%	
Chirurgie Beneden	2	153	10	1,14538	95%	53	10	91,71%
		175			75	10	94,47%	
Dagverpleging	1	2	1	0,00160	98%	1	1	26,23%
IBO/KVA	2	81	10	0,53571	95%	31	5	85,89%
		90			40	5	88,60%	

R = aantal bevoorradingsmomenten per week

C = capaciteit in de kast in het DM

Q = colligrootte in de bestelhoeveelheid nQ

$E(\lambda)$ = verwachte vraag naar het artikel per uur

s = bestelniveau

β = gemiddeld serviceniveau (fill rate)

n = gemiddeld aantal colli in de bestelhoeveelheid nQ

Kans = gemiddelde kans dat er besteld moet worden op een bestelmoment

Betreft artikel 11744, data 010105-010705

Figuur 33. Simulatieresultaten DM met een aangepaste capaciteit