

UNIVERSITEIT TWENTE

BACHELOROPDRACHT TECHNISCHE WISKUNDE

Een Markov Model voor het Plannen van Maaltijden in Zorginstellingen

J.C. van der Rijst
s1494813

26 juni 2016

Samenvatting

Een zorginstelling verzorgt maaltijden voor haar patiënten. In de praktijk blijkt dat zorginstellingen vaak maaltijden overhouden, dit resulteert in voedselverspilling. Vandaar dat we in dit verslag onderzoeken of wiskunde een rol kan spelen bij het verminderen van deze voedselverspilling. Patiënten kunnen een verminderde eetlust hebben, dit wordt voor zover wij weten niet meegenomen bij het maken van een bestelling voor maaltijden. In dit verslag is onderzocht of het meenemen van de eetlust van patiënten bij het maken van een bestelling effect heeft op de voedselverspilling en hoe groot dit effect is. Hiertoe stellen we een Markov model op dat de kansverdeling van het aantal patiënten dat een verminderde eetlust heeft en het aantal patiënten dat aanwezig is, bepaalt. We stellen een 1%-strategie op die de kleinste bestelhoeveelheid bepaalt waarvoor de kans op een tekort kleiner is dan 1%. Deze strategie resulteert in een vermindering van de voedselverspilling. De grootte van dit effect is onder andere afhankelijk van de intensiteit waarmee patiënten een verminderde eetlust krijgen en de tijdsduur van de verminderde eetlust.

Ook is de invloed van de tijd tussen de bestelling en levering op het aantal maaltijden dat overblijft onderzocht. Wanneer er meer tijd zit tussen de bestelling en de levering, wordt een grotere bestelling gemaakt omdat er meer zekerheid ingebouwd moeten. Hoe dichter de bestelling gemaakt wordt bij het eetmoment, hoe accurater de kennis is op het moment van het maken van de bestelling. Dit heeft als gevolg dat de bestelling nauwkeuriger is.

Op basis van eigen aannames concluderen we dat er in het meest gunstige geval een besparing van ca 7% mogelijk is. Met een betere inschatting van de eetlust van de patiënten en een hoger risico op een tekort aan maaltijden kan deze besparing vergroot worden.

In dit onderzoek hebben we aangetoond dat wiskundige methoden gebruikt kunnen worden om inzicht te krijgen in de maaltijdplanning van zorginstellingen en om verschillende bestelstrategieën te testen. Het model dat is ontwikkeld is toepasbaar op verschillende zorginstellingen, de parameters kunnen makkelijk aangepast worden. Voorkomen wordt dat bestelstrategieën eerst in praktijk moeten worden getest. Met behulp van het in dit onderzoek beschreven model kan voordat een bestelstrategie getest wordt in de praktijk, eerst een indruk gekregen worden van de werking, het effect en de winst van de strategie.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Probleemomschrijving	3
1.2	Contact zorginstellingen	4
1.2.1	Het verpleeghuis	4
1.2.2	Het ziekenhuis	4
1.3	Onderzoeksvraag	5
2	Literatuur	6
2.1	Newsboy probleem	6
2.2	Vliegtuigmaaltijden	7
2.3	Toepassing op plannen van maaltijden in zorginstellingen	7
3	Model en Analyse	9
3.1	Variant 1: Verminderde eetlust	9
3.2	Variant 2: Aankomsten/vertrekken en verminderde eetlust	13
4	Resultaten	16
4.1	Initiële waarden	16
4.2	Verwachting verminderde eetlust	17
4.3	Verwachting aankomsten/vertrekken	18
4.4	Kans op overschot en tekort model variant 1 afhankelijk van Δt .	20
4.5	1%-Strategie	21
5	Discussie	24
6	Conclusie en Aanbevelingen	25
7	Dankwoord	27
8	Referenties	28
A	Verslag bezoek verpleeghuis	29
B	Krantenartikel Tubantia	34
C	Verslag bezoek ziekenhuis	35

1 Inleiding

Jaarlijks verspilt elke Nederlander gemiddeld 50 kilo aan voedsel. Dit is ongeveer 14% van het totaal aantal boodschappen. Voedselverspilling kost niet alleen geld, het levert ook extra uitstootgas CO_2 op bij de afvalverwerking en transport [1].

Niet alleen consumenten spelen een rol bij voedselverspilling, ook bedrijven en instellingen die voedsel verwerken en maaltijden verzorgen. Een lezing, bijeenkomst of vergadering die in de lunchpauze plaatsvindt gaat geregeld gepaard met een verzorgde lunch. De organisatoren van deze lunch weten vaak niet hoeveel mensen er komen en moeten daarom een inschatting maken voor de bestelling van de lunch. Regelmatig blijft er lunch over dat vervolgens wordt weggegooid, dit is voedselverspilling. Ook in zorginstellingen, zoals ziekenhuizen en verpleeghuizen, vindt voedselverspilling plaats. Er moet een inschatting gemaakt worden van het aantal patiënten of cliënten dat een maaltijd nodig heeft. De zorginstelling weet niet zeker hoeveel mensen er zich morgen of over een paar dagen in de zorginstelling bevinden. Daarnaast kan een patiënt of cliënt zich ook minder fit voelen waardoor hij of zij een verminderde eetlust heeft. Dit heeft ook invloed op de hoeveelheid eten die overblijft.

Deze bedrijven en instellingen hebben er belang bij voedselverspilling tegen te gaan omdat het leidt tot onnodige kosten en het een grote druk uitoefent op het milieu. Ook de Nederlandse overheid wil de verspilling van voedsel verminderen. Het Ministerie van Economische Zaken richtte een aantal jaar geleden het *No Waste Network* op. Dit netwerk is gericht op ondernemers en instellingen uit de voedselketen en heeft als doel het verhogen van de waarde van voedselresten en het terugdringen van voedselverspilling [2].

Het doel van deze opdracht is om te onderzoeken of en hoe wiskunde kan helpen om een bijdrage te leveren aan de vermindering van voedselverspilling.

1.1 Probleemomschrijving

Dagelijks krijgen duizenden mensen in Nederland een maaltijd in een zorginstelling. Het is erg belangrijk dat deze mensen op tijd een goede maaltijd krijgen, omdat ze vaak kwetsbaar zijn of bezig zijn met een herstelproces. Een goede maaltijdplanning is daarom cruciaal.

Aan de andere kant is het ook heel belangrijk dat er niet te veel maaltijden bereid worden. Maaltijden die zijn opgewarmd en niet meteen worden opgegeten mogen niet op een later moment geconsumeerd worden wegens voedselveiligheid. Deze maaltijden moeten worden weggegooid. De zorginstelling wil dit zo veel mogelijk voorkomen om kosten te besparen en een minder grote druk uit te oefenen op het milieu.

Het is dus van belang om het aantal maaltijden dat nodig is zo goed mogelijk in te schatten om te voorkomen dat er mensen zijn die geen maaltijd hebben of dat er veel maaltijden moeten worden weggegooid.

1.2 Contact zorginstellingen

Tijdens mijn onderzoek naar de maaltijdplanning in zorginstellingen, ben ik op bezoek geweest bij verpleeghuis Het Borsthuis in Hengelo en ziekenhuis het Medisch Spectrum Twente (MST) in Enschede.

Het verpleeghuis en het ziekenhuis hebben veel gemeen. Beide instellingen hebben als doel het verzorgen van mensen. In het ziekenhuis speelt het herstelproces een grote rol en verblijven patiënten gemiddeld enkele dagen. Bij het bestellen van de maaltijden is het moeilijk in te schatten hoeveel patiënten er morgen in het ziekenhuis zijn vanwege de korte verblijfsduur van patiënten, dit is hier de voornaamste factor die voedselverspilling veroorzaakt..

In een verpleeghuis speelt het verzorgen een grote rol en verblijven cliënten meestal een langere tijd. Ondanks het constante aantal cliënten komt voedselverspilling hier toch voor. De verspilling van voedsel wordt hier vaak veroorzaakt doordat er voor elke cliënt een maaltijd wordt besteld, ook als een cliënt zich minder fit voelt en minder eetlust heeft.

1.2.1 Het verpleeghuis

Het verpleeghuis Het Borsthuis in Hengelo heeft samen met het verpleeghuis Het Hof dat gelegen is naast het Borsthuis, plek voor 330 cliënten. Deze plekken zijn vrijwel altijd gevuld en er is sprake van een wachtlijst. Wanneer iemand het verpleeghuis verlaat, meestal als gevolg van overlijden of door beëindiging van revalidatie, komt er binnen enkele dagen iemand van de wachtlijst op de vrijgekomen plek. Per week verlaten er gemiddeld negen cliënten het verpleeghuis en komen er dus ook negen nieuwe cliënten in het verpleeghuis.

De cliënten zijn ingedeeld op basis van hun zorgbehoefte over verschillende afdelingen in het verpleeghuis. Elke afdeling heeft een aantal verplegers die de maaltijden voor de cliënten verzorgen. De broodmaaltijden die in de ochtend en in de middag genuttigd worden, worden ter plekke bereid door de verplegers en bestellingen voor de verschillende componenten van deze maaltijd gaan via de hotelzorg van het verpleeghuis.

De avondmaaltijd wordt verzorgd door een extern cateringbedrijf. De bestelling voor de maaltijden van één week wordt één keer per week gemaakt. Het is ook mogelijk om de maaltijden drie dagen van te voren te bestellen, maar om tijd te besparen wordt dit niet gedaan.

Een volledig verslag van mijn bezoek aan het verpleeghuis is te vinden in bijlage A.

1.2.2 Het ziekenhuis

In 2014 had het MST in totaal 31.000 opnames, 166.000 verpleegdagen en 29.000 dagverplegingen. Dit betekent dat er gemiddeld 455 patiënten met een verblijfsduur groter dan één dag, per dag in het ziekenhuis lagen. Deze patiënten krijgen een maaltijd aangeboden door het ziekenhuis.

Sinds begin 2016 werkt het MST met een nieuw voedingsconcept. In het oude voedingsconcept werden de maaltijden één dag van te voren besteld. Patiënten

waren regelmatig niet tevreden over het aanbod van maaltijden en er bleven ook vaak maaltijden over omdat patiënten al vertrokken waren of geen eetlust hadden.

In het nieuwe voedingsconcept kan een patiënt tot één uur van te voren eten bestellen via een app. De patiënt kan dan goed inschatten of hij of zij wel of geen honger heeft. Hierdoor blijven er veel minder maaltijden over die niet worden opgegeten.

Het MST merkt dat sinds de invoering van het nieuwe voedingsconcept de patiënten tevredener zijn over de service. Ook merkt het MST dat er minder voedsel wordt weggegooid. Het nieuwe voedingsconcept vraagt meer arbeidskracht maar compenseert deze kosten door de verminderde voedselverspilling. Hierdoor zijn de kosten van het nieuwe en het oude voedingsconcept ongeveer even groot volgens het MST.

Het krantenartikel dat mij inspireerde om contact te leggen met het ziekenhuis is te vinden in bijlage B en een volledig verslag van mijn bezoek aan het ziekenhuis is te vinden in bijlage C.

1.3 Onderzoeksvraag

Voedselverspilling is een probleem dat op veel verschillende niveaus speelt. Dit onderzoek richt zich op de voedselverspilling in zorginstellingen.

Er zijn verschillende momenten tijdens het bestelproces van maaltijden waarop een zorginstelling een keuze kan maken. Welk bedrijf maakt de maaltijden? Welke maaltijden worden besteld? Hoe groot is een maaltijd? Wanneer worden de maaltijden besteld? Hoeveel maaltijden worden er besteld?

Omdat een zorginstelling vaak een vast contract heeft met een cateringbedrijf en de maaltijden vaak een vaste grootte hebben, is het moeilijk deze onderdelen van het bestelproces aan te passen voor het verminderen van voedselverspilling. Een zorginstelling heeft wel invloed op de keuze van het moment waarop de bestelling gemaakt wordt. Is het voordeliger om zo dicht mogelijk bij het eetmoment de bestelling te maken? Op het eerste oog zou men dit wel zeggen, omdat er dan meer informatie beschikbaar is. Is dit ook wiskundig aan te tonen? Ook kan de zorginstelling zelf bepalen hoeveel maaltijden er worden besteld. Wat is een slimme bestelstrategie? Kortom, de onderzoeksvragen zijn:

- Hoe groot is de invloed van de tijd tussen bestelling en levering op het aantal maaltijden dat overblijft of tekortkomt?
- Wat is een optimale bestelstrategie gegeven deze informatie?

In dit verslag wordt eerst literatuur besproken die gerelateerd is aan het bepalen van optimale voorraden. Vervolgens wordt een model geïntroduceerd dat gebaseerd is op het geboorte- en sterfteproces. Dit model geeft informatie over de kansverdeling van het aantal patiënten dat een maaltijd nodig heeft. Daarna worden de resultaten van dit model gepresenteerd. Tot slot zullen aan de hand van deze resultaten de onderzoeksvragen worden beantwoord. Ook wordt een aanbeveling gegeven voor de zorginstellingen.

2 Literatuur

Het inschatten van het aantal maaltijden dat besteld moet worden kan gezien worden als een voorraadprobleem. Wat is de optimale voorraad om te kunnen garanderen dat elke klant bediend wordt en dat er geen voorraad verloren gaat? Er bestaan verschillende modellen om optimale voorraden te bepalen. Een voorbeeld hiervan is het *Newsboy* probleem. Dit model wordt toegelicht in Sectie 2.1.

Voorraadtheorie is een tak binnen de wiskunde die nauw verbonden is met Operations Research. Steven Nahmias geeft in *Perishable Inventory Theory: A Review* [3] een overzicht van voorraadmodellen voor bederfelijke producten. Er wordt onderscheid gemaakt tussen bederfelijke producten met een deterministische vraag en een stochastische vraag en bederfelijke producten met een vaste levensduur en met een willekeurige levensduur. Ook kan er onderscheid worden gemaakt tussen voorraden met één soort product en voorraden met verschillende soorten producten en tussen de uitgiftestrategieën, zoals *First In First Out* (FIFO) en *Last In First Out* (LIFO) [3].

Voorraadtheorie wordt vaak toegepast op bloedbanken. De vraag naar bloed is stochastisch, er zijn veel verschillende types bloed en bloed is beperkt houdbaar. Dit maakt het tot een complex voorraadprobleem voor bloedbanken. Voorraadtheorie kan helpen bij het zoeken naar optimale voorraadstrategieën. Een overzicht van de toepassing van voorraadtheorie op bloedbanken is te vinden in *Blood Inventory Management: An Overview of Theory and Practice* [4] van Gregory P. Prastacos. Ook in Nederland is er onderzoek gedaan naar de planning in bloedbanken. In *OR Voor Betere Bloeddoorstroming* [5] geschreven door Luuk Besselink et al. wordt onderzocht welke planning van de werknemershifts in bloedbanken optimaal is en met welke capaciteiten er het best gewerkt kan worden.

In de wetenschapsliteratuur zijn weinig artikelen te vinden waarin voorraadtheorie wordt toegepast op de voedingsindustrie. Nahmias geeft in zijn overzichtsartikel aan dat hij dit opmerkelijk vindt omdat de voedingsindustrie juist een zeer geschikte toepassing van voorraadtheorie zou kunnen zijn. Een verklaring die Nahmias geeft voor de minimale aandacht voor deze sector is dat wetenschappelijk onderzoek vaak door publieke fondsen wordt gefinancierd en bloedbanken, anders dan de voedingsindustrie, geen winstoogmerk hebben [3]. Een artikel waarin voorraadtheorie wel aanbod komt bij het optimaliseren van een voorraad in de voedingsindustrie wordt besproken in Sectie 2.2.

2.1 Newsboy probleem

Het *Newsboy* probleem wordt toegepast op producten met een stochastische vraag en een levensduur van één periode. Dit betekent dat het van te voren niet duidelijk is hoeveel producten er worden afgenomen en dat het product na één periode, bijvoorbeeld één dag, niet meer verkocht kan worden. Het *Newsboy* probleem is geïnspireerd op krantenverkopers [6]. Zij moeten elke dag inschatten hoeveel kranten zij inkopen. Kranten van gisteren zijn vandaag

niets meer waard. De krantenverkoper wil dus niet te veel kranten bestellen. Maar als de krantenverkoper te weinig kranten verkoopt, had hij meer kunnen verdienen en verliest hij mogelijk klanten. Wat is de optimale bestelhoeveelheid?

Eerst wordt een kostenfunctie gemaakt afhankelijk van de bestelhoeveelheid. Omdat het product een stochastische vraag heeft met een willekeurige verdeling, ligt de bestelhoeveelheid niet vast. Deze hoeveelheid moet geschat worden met behulp van de variantie en het gemiddelde. Nadat een kostenfunctie is opgesteld, wordt de verwachte waarde van de kosten bij verschillende bestelhoeveelheden bepaald met behulp van de gegeven kansverdeling van de vraag naar het product. De bestelhoeveelheid die de kleinste verwachte kosten oplevert, is de optimale bestelhoeveelheid.

2.2 Vliegtuigmaaltijden

Jason H. Goto et al. publiceerde in 2004 het artikel *Coffee, Tea, or ...?: A Markov Decision Process Model for Airline Meal Provisioning* [7]. In dit artikel wordt een optimale bestelstrategie gezocht voor de maaltijdbevoorrading in vliegtuigen. Van tevoren is niet bekend hoeveel passagiers er mee zullen gaan met de vlucht. Een tekort aan maaltijden is onwenselijk omdat dit leidt tot ontevreden passagiers en een overschot aan maaltijden is onwenselijk omdat dit leidt tot onnodige kosten.

In dit onderzoek wordt de stochastische vraag naar maaltijden gemodelleerd als een Markov beslissingsprobleem. Op een aantal momenten voordat de vlucht plaatsvindt kan het aantal maaltijden voor de vlucht worden aangepast. Het model dat gepresenteerd wordt in dit artikel bepaalt op welk moment men welke aanpassing moeten maken voor een optimale maaltijdbevoorrading afhankelijk van de kosten en de stochastische vraag die wordt weergegeven als een Markov keten.

2.3 Toepassing op plannen van maaltijden in zorginstellingen

In dit onderzoek lijkt het *Newsboy* probleem in eerste instantie goed toepasbaar op het beschreven maaltijdenprobleem in zorginstellingen. Als maaltijden zijn opgewarmd mogen ze de volgende dag niet meer gegeten worden. Een levensduur van één periode lijkt dus een goede aanname. Ook is het niet wenselijk als er te weinig maaltijden worden besteld.

Echter blijkt naar aanleiding van de bezoeken aan de twee zorginstellingen dat de vraag naar maaltijden in verschillende periodes niet altijd onafhankelijk van elkaar is. Als er vandaag veel patiënten in de zorginstelling zijn is het zeer waarschijnlijk dat er morgen ook veel patiënten in de zorginstelling zijn.

Daarnaast bleek uit de gesprekken met het verpleeghuis en het ziekenhuis dat de invloed van de tijd tussen bestelling en levering en de hoeveelheid maaltijden die over zijn meer relevant is in zorginstellingen omdat de zorginstelling hier wel invloed op heeft tijdens het bestelproces. Deze tijd wordt niet meegenomen in het *Newsboy* probleem. Daarom is dit model niet gebruikt bij de ontwikkeling van het model dat in dit onderzoek gepresenteerd wordt.

Het probleem dat wordt beschreven in het artikel over vliegtuigmaaltijden komt overeen met het maaltijdenprobleem in zorginstellingen. De tijd tussen bestelling en levering wordt meegenomen en de vraag naar maaltijden in zorginstellingen kan ook gemodelleerd worden als een Markov proces. Een essentieel verschil is echter dat er in het geval van de vliegtuigmaaltijden, de bestelling op verschillende momenten kan worden aangepast. Tijdens mijn bezoek aan het verpleeghuis en het ziekenhuis kwam naar voren dat het erg lastig is om de bestelling aan te passen als ze die hebben geplaatst, daarom doen beide instellingen dit vrijwel nooit. Om deze reden wordt dit model niet gebruikt voor het modelleren van de maaltijdenplanning in zorginstellingen. Wel wordt meegenomen uit het vliegtuigmaaltijdenmodel dat de vraag naar maaltijden gemodelleerd kan worden met behulp van een Markov keten.

3 Model en Analyse

Het model is geïnspireerd op het bezoek aan het ziekenhuis en het verpleeghuis. Het model representeert een afdeling uit een zorginstelling waarin patiënten een willekeurige tijd verblijven en ze maaltijden krijgen aangeboden door de zorginstelling. De term patiënt wordt in dit verslag gebruikt voor personen die plaatsnemen in een zorginstelling, hier kunnen ook cliënten mee bedoeld worden. Op de gemodelleerde afdeling is plek voor n patiënten, waarbij n constant is. In het ziekenhuis hebben de aankomsten en vertrekken van patiënten veel invloed op het aantal maaltijden dat besteld moet worden. In een verpleeghuis vinden relatief veel minder aankomsten en vertrekken plaats dan in een ziekenhuis. De gezondheidstoestand van cliënten oefent in een verpleeghuis meer invloed uit op de bestelling van maaltijden dan de aankomsten en vertrekken van cliënten. Als een cliënt ziek is of zich minder fit voelt, heeft hij of zij minder eetlust. Dit zorgt ervoor dat er meer eten bij de maaltijd overblijft dan wanneer hij of zij in een gezonde toestand verkeert. Door de kansverdeling te bepalen van het aantal cliënten met een verminderde eetlust, kan er een bestelling voor de maaltijden gemaakt worden die beter is afgestemd op de gezondheidstoestand van de cliënten.

Het doel van het model is om een kansverdeling van het aantal patiënten op de afdeling te geven en van het aantal patiënten met een verminderde eetlust. Op basis van deze informatie kan bekeken worden wat een goede bestelstrategie is. Eventuele kosten die verbonden zijn met het maken van de bestelling (arbeidskosten) kunnen hierin worden meegenomen.

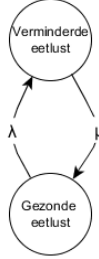
Er zijn twee varianten van het model. In Sectie 3.1 wordt de eerste variant van het model beschreven. Dit model representeert het proces waarin patiënten die op de afdeling verblijven een verminderde eetlust kunnen krijgen. In dit model is het aantal patiënten op de afdeling constant, er kunnen dus geen patiënten arriveren of vertrekken. Voedselverspilling wordt vaak veroorzaakt doordat een patiënt een maaltijd bestelt op tijd t en dan een verminderde eetlust blijkt te hebben wanneer de maaltijd komt. De eerste variant van het model wordt gebruikt om te onderzoeken of het meenemen van de eetlust van patiënten een bijdrage kan leveren aan het verminderen van voedselverspilling.

De tweede variant van het model is een uitbreiding van de eerste variant. Naast het krijgen van een verminderde of gezonde eetlust kunnen patiënten de afdeling nu ook verlaten en nieuwe patiënten kunnen arriveren. In deze variant van het model fluctueert het aantal patiënten op de afdeling. Dit model wordt beschreven in Sectie 3.2.

3.1 Variant 1: Verminderde eetlust

Het proces waarin patiënten een verminderde eetlust kunnen krijgen is gemodelleerd als een continue-tijd Markov keten. Laat de tijd tussen het hebben van een gezonde eetlust en een verminderde eetlust exponentieel verdeeld zijn met intensiteit λ en laat de tijd tussen het hebben van een verminderde eetlust en een gezonde eetlust exponentieel verdeeld zijn met intensiteit μ . Figuur 1 geeft dit proces weer.

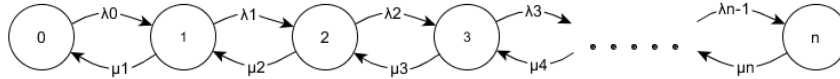
Laat de toestand X_t gedefinieerd zijn als het aantal patiënten dat op tijdstip t (t continu) een verminderde eetlust heeft. Er zijn in totaal $n + 1$ toestanden waar n gelijk is aan het aantal patiënten op de betreffende afdeling.



Figuur 1: Markov keten voor verminderde-eetlustproces van één patiënt.

De continue tijd Markov keten die de verminderde eetlust van patiënten in een verpleeghuis modelleert is te vergelijken met het geboorte- en sterfteproces, omdat het systeem alleen naar een buurtoestand kan springen. Op elk tijdstip stijgt het aantal patiënten met een verminderde eetlust met één, daalt dit aantal met één of blijft het aantal gelijk.

In een geboorte- en sterfteproces springt het systeem van toestand i naar toestand $i+1$ met intensiteit λ_i en van toestand i naar toestand $i-1$ met intensiteit μ_i [8], het systeem springt dus alleen naar naastgelegen toestanden. Een Markov keten die een geboorte- en sterfteproces representeert is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Markov keten voor een algemeen geboorte- en sterfteproces.

In het proces waarbij patiënten een verminderde eetlust kunnen krijgen neemt de intensiteit waarmee patiënten een verminderde eetlust krijgen af naarmate er meer patiënten zijn met een verminderde eetlust, er zijn immers minder patiënten die een verminderde eetlust kunnen krijgen. Deze intensiteit neemt toe naarmate er minder patiënten zijn met een verminderde eetlust. Daarnaast neemt de intensiteit waarmee patiënten met een verminderde eetlust een gezonde eetlust krijgen toe wanneer er meer patiënten zijn met een verminderde eetlust omdat er veel patiënten zijn die een gezonde eetlust kunnen krijgen. Deze intensiteit neemt af wanneer er minder patiënten zijn met een verminderde eetlust. Deze relaties komen terug in de volgende uitdrukkingen voor λ_i en μ_i :

$$\begin{aligned}\lambda_i &= (n - i)\lambda \\ \mu_i &= i\mu\end{aligned}$$

Een Markov keten die het verminderde-eetlustproces representeert, wordt weergegeven in Figuur 3. Het verminderde-eetlustproces kan dus beschouwd worden als een specifiek geval van het geboorte- en sterfteproces.



Figuur 3: Markov keten voor het verminderde-eetlustproces.

De transitiekans $P_{ij}(t)$ geeft de kans weer dat het proces zich over tijd t in toestand j bevindt gegeven dat het proces zich nu in toestand i bevindt. De transitiekansen $P_{ij}(t)$ kunnen worden weergegeven met behulp van Kolmogorov's achterwaartse vergelijkingen, zie vergelijking (1). In deze vergelijking geeft q_{ik} de intensiteit aan, het aantal sprongen per tijdseenheid, waarmee het proces dat wordt gemodelleerd naar toestand k springt als het zich in toestand i bevindt. De intensiteit waarmee een proces toestand i verlaat als het zich in toestand i bevindt, wordt weergegeven door v_i [8].

$$P'_{ij}(t) = \sum_{k \neq j} q_{ik} P_{kj}(t) - v_i P_{ij}(t) \quad (1)$$

Kolmogorov's achterwaartse vergelijkingen voor een eindig geboorte- en sterfteproces worden als volgt weergegeven, waarbij i en j toestanden representeren [8]:

$$\begin{aligned} P'_{0j}(t) &= \lambda_0 P_{1j}(t) - \lambda_0 P_{0j}(t) \\ P'_{ij}(t) &= (\lambda_i + \mu_i) \left[\frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} P_{i+1,j}(t) + \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} P_{i-1,j}(t) \right] - (\lambda_i + \mu_i) P_{ij}(t) \\ P'_{nj}(t) &= \mu_n P_{n-1,j}(t) - \mu_n P_{nj}(t) \end{aligned}$$

Voor het bepalen van de transitiekansen van het verminderde-eetlustproces wordt eerst een eenvoudigere uitdrukking voor Kolmogorov's achterwaartse vergelijkingen van dit proces gezocht [8]. Laat

$$r_{ij} = \begin{cases} q_{ij} & \text{if } i \neq j \\ -v_i & \text{if } i = j \end{cases}$$

Kolmogorov's achterwaartse vergelijkingen kunnen nu als volgt worden weergegeven:

$$P'_{ij}(t) = \sum_k r_{kj} P_{ik}(t)$$

Laat $\mathbf{R}$, $\mathbf{P}(t)$ en $\mathbf{P}'(t)$ matrices zijn met respectievelijk de elementen r_{ij} , $P_{ij}(t)$ en $P'_{ij}(t)$. In het geval van het verminderde-eetlustproces ziet de matrix $\mathbf{R}$, de

overgangssintensiteiten matrix, er als volgt uit:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} -n\lambda & n\lambda & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \mu & -(\mu + (n-1)\lambda) & (n-1)\lambda & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 2\mu & -(2\mu + (n-2)\lambda) & (n-2)\lambda & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & n\mu & -n\mu \end{pmatrix}$$

De Kolmogorov achterwaartse vergelijkingen kunnen met behulp van deze matrices worden weergegeven zoals in vergelijking (2).

$$\mathbf{P}'(t) = \mathbf{R}\mathbf{P}(t) \quad (2)$$

Dit geeft de volgende oplossing:

$$\mathbf{P}(t) = e^{\mathbf{R}t}$$

Deze oplossing kan numeriek benaderd worden met behulp van de volgende identiteit:

$$e^{\mathbf{R}t} = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\mathbf{I} + \frac{\mathbf{R}t}{k} \right)^k$$

Omdat alleen de diagonaalelementen van $\mathbf{R}$ negatief zijn en de diagonaalelementen van $\mathbf{I}$ gelijk zijn aan één, kan gegarandeerd worden dat bij het kiezen van k groot genoeg alle elementen van $\mathbf{P}(t)$ niet-negatief zijn [8].

Deze methode voor het vinden van een uitdrukking voor de matrix $\mathbf{P}(t)$ is geïmplementeerd in *Matlab* en leverde bij verschillende 3 bij 3 matrices en 10.000 iteraties gemiddeld een relatieve fout op van 0,02% ten opzichte van de analytische waarde.

De functie *expm* is een ingebouwde functie in *Matlab* die de exponentiële functie van een matrix numeriek benadert. Deze functie is ook gebruikt bij het numeriek bepalen van de transitiekans matrix. Deze methode is sneller dan de hiervoor genoemde methode en levert bij dezelfde 3 bij 3 matrices gemiddeld een relatieve fout op van $1,18 \cdot 10^{-14}$ %, daarom is er voor gekozen om in het model te werken met de *expm* functie van *Matlab*.

De *expm* functie werkt met schaling en kwadraten. Door de matrix te schalen met een macht van 2 wordt de norm verkleind tot graad 1. Vervolgens wordt de exponentiële functie van de matrix benaderd met behulp van de Padé-benadering. Deze benadering maakt gebruik van de eerste termen van de Taylorreeks. Tot slot wordt de matrix gekwadraterd om de effecten van de schaling op te heffen. Een volledige beschrijving van deze methode is te vinden in *The Scaling and Squaring Method for the Matrix Exponential Revisited* [9] van Nicholas J. Higham.

De matrix $\mathbf{P}(t)$ geeft informatie over de kansverdeling van het aantal patiënten met een verminderde eetlust. Deze matrix bevat veel informatie en kan op verschillende manieren gebruikt worden. Het verwachte aantal patiënten met een verminderde eetlust kan bijvoorbeeld bepaald worden. Ook kan berekend worden wat de kans is dat er een tekort of een overschot aan maaltijden is bij een bepaalde bestelhoeveelheid. Dit wordt behandeld in Sectie 4.

De matrix $\mathbf{R}$ die is weergegeven in Tabel 1 geeft het korte termijngedrag weer van het systeem dat is beschreven door een continue-tijd Markov keten. Het lange termijngedrag van het systeem kan gevonden worden door de balansvergelijkingen van vergelijking (3) op te lossen. Vergelijking (4) is noodzakelijk om de kansen te normaliseren. In deze vergelijkingen staat π_j voor het percentage van de tijd dat het systeem zich in toestand j bevindt op lange termijn. De analytische waarden van de stationaire kansen π_j kunnen gevonden worden door het stelsel van vergelijkingen (vergelijking (3)) op te lossen. Deze kansen kunnen ook numeriek benaderd worden door de tijd in de Kolmogorov achterwaartse vergelijkingen naar oneindig te laten lopen.

$$v_j \pi_j = \sum_{k \neq j} q_{kj} \pi_k \quad (3)$$

$$\sum_j \pi_j = 1 \quad (4)$$

3.2 Variant 2: Aankomsten/vertrekken en verminderde eetlust

In de tweede variant van het model worden aankomsten en vertrekken van patiënten ook meegenomen. Patiënten arriveren, worden behandeld en verlaten de afdeling. In dit model kan een patiënt die arriveert direct plaatsnemen op de afdeling als de capaciteit van de afdeling niet volledig benut is en wordt geweigerd als de capaciteit van de afdeling wel volledig benut is. In Figuur 4 wordt het hierboven beschreven aankomsten- en vertrekproces weergegeven in een Markov keten waarbij λ gelijk is aan de aankomstintensiteit, μ gelijk is aan de intensiteit waarmee een patiënt beter wordt en n gelijk is aan de capaciteit van de afdeling.



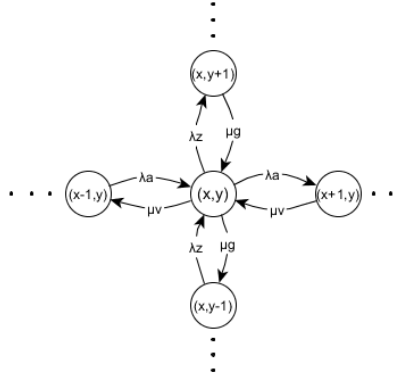
Figuur 4: Markov keten voor de aankomsten en vertrekken.

In het systeem dat wordt beschreven door de tweede variant van het model moeten twee tellers worden bijgehouden. De eerste teller houdt het aantal patiënten op de afdeling bij, de tweede teller houdt van de patiënten die zich op de afdeling bevinden het aantal bij dat een verminderde eetlust heeft. Elke toestand bestaat dus uit twee componenten. Een toestand i is gedefinieerd als (x, y) , waarbij x het aantal patiënten op de afdeling is en y het aantal patiënten met een verminderde eetlust is. Er geldt $y \leq x$ omdat er niet meer patiënten met een verminderde eetlust kunnen zijn dan het totaal aantal patiënten op de afdeling. Er geldt ook $x \leq n$ omdat er plek is voor n patiënten op de afdeling. De eerste variant van het model is een speciaal geval van de tweede variant

van het model waarbij de vertrek- en aankomstintensiteiten gelijk zijn aan nul omdat het aantal patiënten op de afdeling in dat model constant is.

Aangenomen wordt dat een patiënt altijd met een gezonde eetlust arriveert op de afdeling en de afdeling altijd met een gezonde eetlust verlaat. Deze aannames zijn gemaakt om het model analyseerbaar te houden met eenvoudige methodes. Deze eerste aanname is realistisch wanneer het een afdeling in een verpleeghuis betreft, omdat personen vaak niet om gezondheidsredenen op een afdeling in een verpleeghuis worden geplaatst, maar omdat ze niet meer zelfstandig kunnen wonen. De tweede aanname is realistisch voor een ziekenhuis omdat patiënten het ziekenhuis verlaten als ze genoeg zijn aangesterkt. Aangenomen wordt dat een gezonde eetlust hier onderdeel van is.

De tweede variant van het model kan niet worden beschreven als een geboorte- en sterfteproces zoals de eerste variant, omdat elke toestand uit twee componenten bestaat en in sommige gevallen vier buurtoestanden heeft. Op elk moment kan er een patiënt arriveren, een patiënt kan een verminderde of gezonde eetlust krijgen of een patiënt kan vertrekken. Een voorbeeld van een toestand (x, y) die naar vier andere toestanden kan springen is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Systeem kan naar vier andere toestanden springen, er geldt $0 < y < x < n$.

Een voorbeeld van de matrix $\mathbf{R}$ die de overgangsintensiteiten weergeeft voor de tweede variant van het model voor een afdeling met een capaciteit van 3 patiënten is te vinden in Tabel 1. De betekenis van de symbolen is te vinden in Tabel 2. De intensiteit waarmee het systeem toestand (x, y) verlaat, $v_{x,y}$, is gelijk aan de som van de intensiteiten van rij (x, y) in de tabel van matrix $\mathbf{R}$.

Tabel 1: Overgangsintensiteiten toestanden.

	(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(2,2)	(3,2)	(3,3)
(0,0)	$-v_{0,0}$	λ_a	0	0	0	0	0	0	0	0
(1,0)	μ_v	$-v_{1,0}$	λ_a	0	λ_z	0	0	0	0	0
(2,0)	0	$2\mu_v$	$-v_{2,0}$	λ_a	0	$2\lambda_z$	0	0	0	0
(3,0)	0	0	$3\mu_v$	$-v_{3,0}$	0	0	$3\lambda_z$	0	0	0
(1,1)	0	μ_g	0	0	$-v_{1,1}$	λ_a	0	0	0	0
(2,1)	0	0	μ_g	0	μ_v	$-v_{2,1}$	λ_a	λ_z	0	0
(3,1)	0	0	0	μ_g	0	$2\mu_v$	$-v_{3,1}$	0	$2\lambda_z$	0
(2,2)	0	0	0	0	0	$2\mu_g$	0	$-v_{2,2}$	λ_a	0
(3,2)	0	0	0	0	0	0	$2\mu_g$	μ_v	$-v_{3,2}$	0
(3,3)	0	0	0	0	0	0	0	0	$3\mu_g$	$-v_{3,3}$

Tabel 2: Intensiteiten model variant 2

λ_a	intensiteit waarmee patiënten aankomen bij de zorginstelling
λ_z	intensiteit waarmee een patiënt die een gezonde eetlust heeft, een verminderde eetlust krijgt
μ_v	intensiteit waarmee patiënten de zorginstelling verlaten
μ_g	intensiteit waarmee een patiënt die een verminderde eetlust heeft, een gezonde eetlust krijgt
$v_{(x,y)}$	intensiteit waarmee toestand (x, y) wordt verlaten

Met behulp van de matrix $\mathbf{R}$ kan de matrix $\mathbf{P}(t)$ gevonden worden die de transiente kansen weergeeft en dezelfde methode als in Sectie 3.1 wordt toegepast. Ook nu kan de kansverdeling van het aantal patiënten op de afdeling en de kansverdeling van het aantal patiënten met een verminderde eetlust bepaald worden.

4 Resultaten

4.1 Initiële waarden

Om resultaten te genereren voor het model zijn de volgende initiële waarden nodig:

- de capaciteit van de afdeling (n);
- de intensiteiten waarmee patiënten een verminderde eetlust en gezonde eetlust krijgen (λ_z, μ_g);
- de intensiteiten waarmee patiënten aankomen en vertrekken (λ_a, μ_v);
- het aantal patiënten dat bij het maken van de bestelling een verminderde eetlust heeft;
- het aantal patiënten dat bij het maken van de bestelling op de afdeling verblijft;
- de eetlust van een patiënt met een verminderde eetlust ten opzichte van een patiënt met een gezonde eetlust.

Er is voor gekozen om de resultaten te baseren op een verpleeghuis, omdat naar aanleiding van het bezoek aan het verpleeghuis en het ziekenhuis bleek dat er meer verbetering te behalen valt op gebied van voedselverspilling in een verpleeghuis dan in een ziekenhuis. De initiële waarden zijn daarom gebaseerd op het verpleeghuis dat is bezocht.

De capaciteit van een afdeling is in werkelijkheid 16 patiënten, bij het genereren van de resultaten is echter gerekend met 100 patiënten om een beter beeld te krijgen van de relatieve waarden. Er meldt zich gemiddeld één keer per twee weken een nieuwe patiënt op de afdeling en een patiënt blijft gemiddeld een jaar op de afdeling. Omgerekend arriveren er dus drie patiënten per week per groep van 100 patiënten. Deze getallen zijn gebaseerd op informatie die is verkregen van het verpleeghuis.

Er is geen informatie over het aantal patiënten dat een verminderde eetlust heeft en hoe lang deze verminderde eetlust aanhoudt, omdat het verpleeghuis dit niet documenteert. Aangenomen is dat een patiënt ongeveer vier keer per jaar ziek wordt en als gevolg een verminderde eetlust heeft. Ook wordt aangenomen dat wanneer een patiënt ziek is het gemiddeld zeven dagen duurt voordat hij of zij weer beter is en een gezonde eetlust heeft. Deze aannames zijn gemaakt op basis van eigen inschattingen. Daarnaast wordt aangenomen dat een patiënt met een verminderde eetlust geen maaltijd eet, omdat hierdoor het duidelijkst naar voren komt hoe de tijdsduur tussen bestelling en de levering van de maaltijden het overschot of tekort aan maaltijden beïnvloedt.

Deze initiële waarden zijn gekozen voor het genereren van de hierop volgende resultaten. Het is echter ook mogelijk om het model uit te voeren voor andere initiële waarden. Het model kan dus toegepast worden op verschillende soorten zorginstellingen.

4.2 Verwachting verminderde eetlust

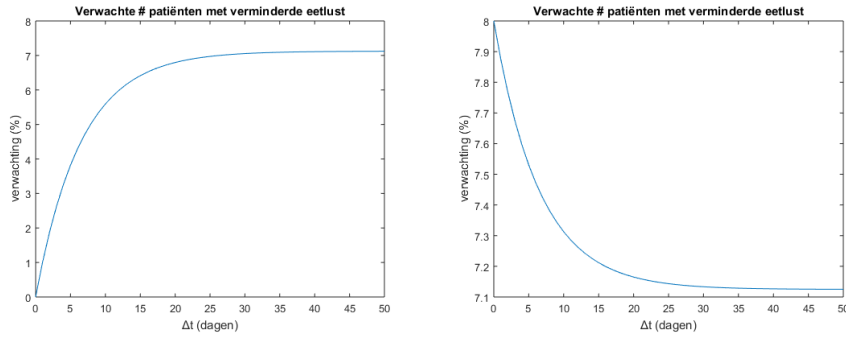
In Figuur 6a, 6b, 7a en 7b is de relatie weergegeven tussen de tijd en het verwachte aantal patiënten met een verminderde eetlust. Zoals te zien is convergeert de verwachting in alle figuren naar een vaste waarde. Deze vaste waarde hangt af van de stationaire kansverdeling. De stationaire kansverdeling voor het aantal patiënten met een verminderde eetlust onder de initiële waarden is weergegeven in Figuur 8. Ook convergeert de verwachting in al deze figuren ongeveer even snel. Na gemiddeld 25 dagen is het verwachte aantal patiënten met een verminderde eetlust vrijwel constant.

In Figuur 6a en 6b is uitgegaan van de initiële waarden die zijn beschreven in sectie 4.1. In Figuur 7a en 7b is de verminderde-eetlustintensiteit twee keer zo groot als die in Figuur 6a en 6b. Als gevolg hiervan convergeert de verwachting naar een hogere waarde, deze waarde is 1,9keer zo groot als de verwachting bij een twee keer zo kleine verminderde-eetlust intensiteit.

In Figuur 6a en 7a is het aantal patiënten dat op dit moment een verminderde eetlust heeft gelijk aan nul. Te zien is dat het verwachte aantal patiënten met een verminderde eetlust stijgt alvorens het convergeert. In Figuur 6b en 7b is het huidige aantal patiënten met een verminderde eetlust gelijk aan 8. In dit geval daalt de verwachting voordat die convergeert. Dit is afhankelijk van de waarde waarnaar de verwachting convergeert.

Tabel 3: Initiële waarden Figuur 6a en 6b

λ	4/365
μ	1/7
n	100

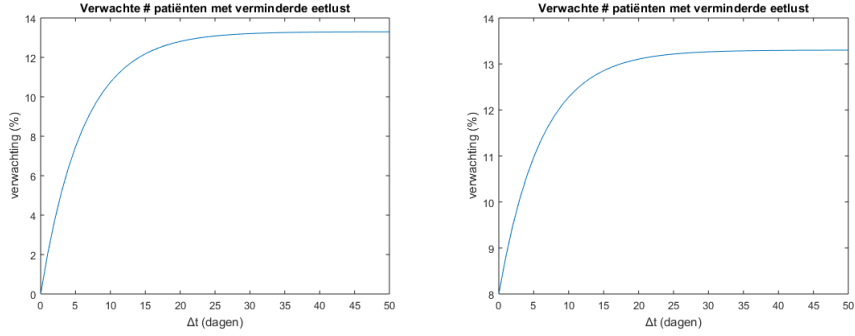


(a) Begintoestand # patiënten met ver- (b) Begintoestand # patiënten met ver-
minderde eetlust = 0. minderde eetlust = 8.

Figuur 6: Verwachte # patiënten met een verminderde eetlust voor $\lambda = 4/365$.

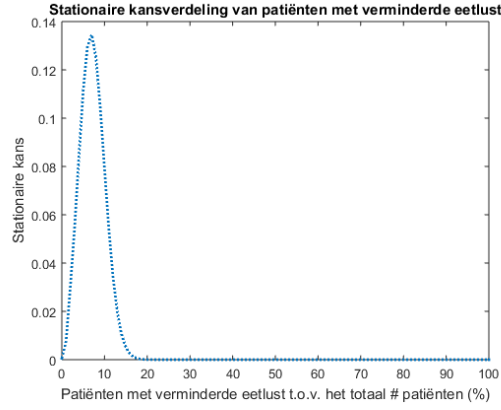
Tabel 4: Initiële waarden Figuur 7a en 7b

λ	8/365
μ	1/7
n	100



(a) Begintoestand # patiënten met ver- (b) Begintoestand # patiënten met ver-
minderde eetlust = 0. minderde eetlust = 8.

Figuur 7: Verwachte # patiënten met een verminderde eetlust voor $\lambda = 8/365$.



Figuur 8: Stationaire kansverdeling voor het aantal patiënten met een verminderde eetlust.

4.3 Verwachting aankomsten/vertrekken

In de tweede variant van het model spelen de aankomsten en vertrekken van patiënten ook een rol bij het maken van de bestelling. In deze sectie wordt gekeken naar het verwachte aantal patiënten op de afdeling onafhankelijk van het aantal patiënten met een verminderde eetlust. De intensiteit waarmee patiënten een verminderde of gezonde eetlust krijgen is in dit geval dus gelijk aan nul. Het aankomst- en vertrekproces is nu te beschouwen als een $M|M|c$ model.

In Figuur 9a, 9b, 10a en 10b is de relatie weergegeven tussen de tijd en het aantal patiënten op de afdeling. De begintoestand in alle figuren is gelijk aan 98 patiënten. Deze begintoestand is gekozen, omdat de afdelingen in een verpleeghuis bijna altijd volledig bezet zijn. Ook in dit geval convergeren de verwachte waarden naar een vaste waarde, echter gebeurt dit veel langzamer dan bij de verwachte waarde van het aantal patiënten met een verminderde eetlust. De convergentiesnelheid is afhankelijk van de waarden van de intensiteiten.

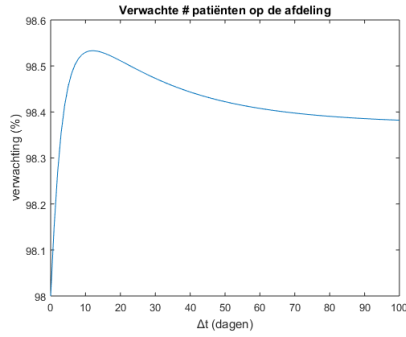
In Figuur 9a en 9b is de aankomstintensiteit gelijk aan de aankomstintensiteit

die beschreven is in Sectie 4.1. In Figuur 10a en 10b is deze intensiteit drie keer zo klein. Dit resulteert in een convergentiewaarde die ongeveer 2,4 keer zo klein is als de convergentiewaarde in Figuur 9a en 9b.

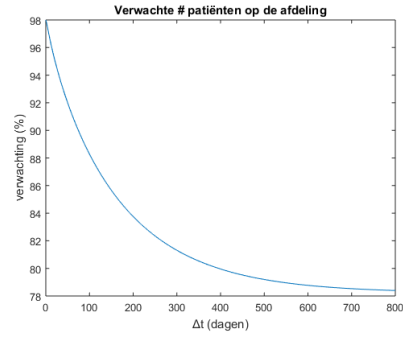
In Figuur 9a en 10a blijft de patiënt gemiddeld één jaar op de afdeling en in Figuur 9b en 10b een half jaar. Een kortere verblijfsduur resulteert in een lagere verwachting van het aantal patiënten op de afdeling, in dit geval is de verwachting ongeveer 1,7 keer zo klein als de verwachting in Figuur 9a en 10a.

Tabel 5: Initiële waarden Figuur 9a en 9b

λ	$3/7$
n	100
begintoestand	98



(a) Intensiteit verblijfsduur: 1/365.

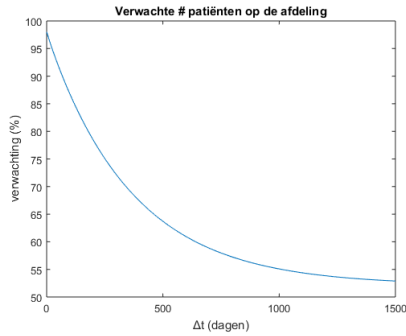


(b) Intensiteit verblijfsduur: 1/183.

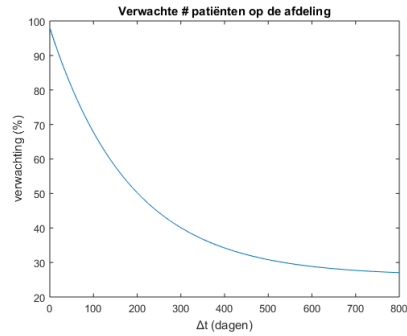
Figuur 9: Verwachte # patiënten op de afdeling voor $\lambda = 3/7$.

Tabel 6: Initiële waarden Figuur 10a en 10b

λ	$1/7$
n	100
begintoestand	98



(a) Intensiteit verblijfsduur: 1/365.



(b) Intensiteit verblijfsduur: 1/183.

Figuur 10: Verwachte # patiënten op de afdeling voor $\lambda = 1/7$.

4.4 Kans op overschot en tekort model variant 1 afhankelijk van Δt

Een zorginstelling wil bij het maken van een bestelling van maaltijden graag weten wat de kans is dat er te weinig maaltijden besteld worden of te veel. Met behulp van het beschreven model in Sectie 3.1 en 3.2 kunnen deze kansen bepaald worden.

Laat z het aantal maaltijden zijn dat besteld is en n het aantal patiënten op de afdeling. Laat $X(t)$ het aantal patiënten zijn met een verminderde eetlust op tijdstip t . Dan heeft de zorginstelling $n - X(t)$ maaltijden nodig op tijdstip t . Vergelijking (5) geeft de kans op een overschot op maaltijden bij een bestelling. De zorginstelling heeft in dit geval minder maaltijden nodig dan er besteld zijn want er geldt $n - X(t) < z$. Wanneer er een maximaal aantal maaltijden wordt besteld, $z = n$, is de kans op overschot gelijk aan de kans dat $X(t) > 0$. De kans op een overschot is dan gelijk aan nul als er geen patiënten zijn met een verminderde eetlust op tijdstip t , er moet dan gelden $X(t)=0$.

Vergelijking (6) geeft de kans aan dat de bestelling optimaal is, er is geen overschot en geen tekort. Vergelijking (7) geeft de kans op een tekort op het aantal maaltijden. In dit geval heeft de zorginstelling meer maaltijden nodig dan er besteld zijn, er geldt $n - X(t) > z$. Als er geen maaltijden besteld worden, $z = 0$, is de kans op een tekort gelijk aan $X(t) < n$. Als alle patiënten een verminderde eetlust hebben op tijdstip t , $X(t) = n$, is de kans op een tekort gelijk aan nul.

$$P(X(t) > n - z | X(0) = i) \quad (5)$$

$$P(X(t) = n - z | X(0) = i) \quad (6)$$

$$P(X(t) < n - z | X(0) = i) \quad (7)$$

De kansen op een overschot of een tekort aan maaltijden zijn bepaald met behulp van vergelijkingen (5), (6) en (7) voor een afdeling in een zorginstelling met de eigenschappen die beschreven zijn in Sectie 4.1. Ook de bijbehorende verwachting voor het aantal maaltijden dat te veel besteld is of tekort komt is gegeven. Deze verwachting is berekend volgens vergelijking (8) en (9), waarbij $P_{ij}(t)$ de transitiekans is.

De resultaten voor een begintoestand van nul patiënten ($X(0) = 0$) met een verminderde eetlust en een besteltijd van drie dagen ($\Delta t = 3$), zijn te vinden in Tabel 7. Een zorginstelling kan deze tabel gebruiken om de gevolgen van bepaalde bestelhoeveelheden te zien. Er valt bijvoorbeeld af te lezen dat bij een bestelhoeveelheid van 90 maaltijden er 0.01% kans is dat er te veel maaltijden besteld worden bij $\Delta t = 3$ en $X(0) = 0$.

$$E[\# \text{ maaltijden te veel} | X(0) = i] = \sum_{j > n-z} \frac{P_{ij}(t)}{\sum_{j > n-z} P_{ij}(t)} (z - (n - j)) \quad (8)$$

$$E[\# \text{ maaltijden tekort} | X(0) = i] = \sum_{j < n-z} \frac{P_{ij}(t)}{\sum_{j < n-z} P_{ij}(t)} ((n - j) - z) \quad (9)$$

Tabel 7: Kans op tekort of overschot met $X(0)=0$ en $\Delta t = 3$.

Bestelhoeveelheid (#)	Kans overschot (%)	Kans precies gelijk (%)	Kans tekort (%)	Verwachte aantal maaltijden te veel (#)	Verwachte aantal maaltijden tekort (#)
0	0	0	100	0	97.2860
10	0	0	100	1.0027	87.2860
20	0	0	100	1.0065	77.2860
30	0	0	100	1.0114	67.2860
40	0	0	100	1.0178	57.2860
50	0	0	100	1.0269	47.2860
60	0	0	100	1.0407	37.2860
70	0	0	100	1.0636	27.2860
80	0	0	100	1.1099	17.2860
90	0.01	0.03	99.96	1.2477	7.2890
100	93.62	6.38	0	2.8991	0

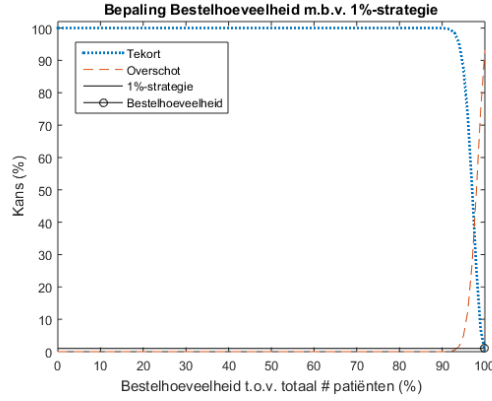
4.5 1%-Strategie

Met behulp van de kansen op een tekort of een overschot bij een specifiek bestelhoeveelheid kan een strategie ontwikkeld worden voor het bepalen van de grootte van een bestelling. Een zorginstelling wil met grote zekerheid weten dat iedere patiënt een maaltijd krijgt wanneer hij of zij die nodig heeft. Stel de zorginstelling accepteert dat er 1% kans is bij het maken van een bestelling, dat er een tekort aan maaltijden is. Met behulp van kolom 4 van Tabel 7 kan gekeken worden voor welke bestelhoeveelheid de kans op een tekort kleiner of gelijk is aan 1%. Door de laagste bestelhoeveelheid te kiezen die onder de 1% kans op een tekort valt, wordt een overschot aan maaltijden beperkt.

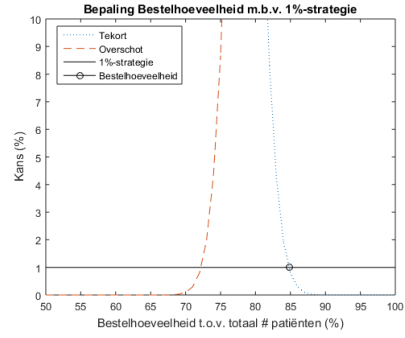
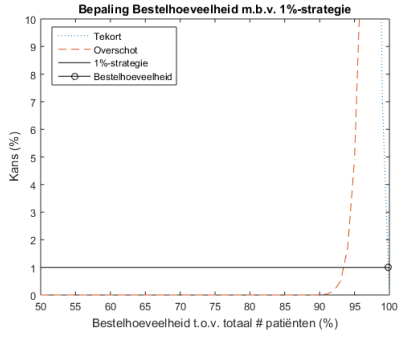
De kansen op een overschot of een tekort aan maaltijden bij een bepaalde bestelhoeveelheid kunnen ook gebruikt worden om de invloed van de tijd tussen bestelling en levering en de invloed van de begintoestand te onderzoeken. Stel $X(t) = i$, als een bestelling nu wordt gemaakt zijn $n - i$ maaltijden voldoende. Als er echter $n - i$ maaltijden voor morgen worden besteld, kan het zijn dat er patiënten zijn die vandaag een verminderde eetlust hebben en morgen weer een gezonde eetlust krijgen, $n - i$ maaltijden zijn dan niet voldoende.

Bij het genereren van de figuren die nu besproken gaan worden, is gebruikt gemaakt van de initiële waarden uit Sectie 4.1 wanneer niet anders is aangegeven. In Figuur 11 is het verloop van de kans op een tekort en een overschot weergegeven voor verschillende bestelhoeveelheden weergegeven met $\Delta t = 3$ en $X(0) = 0$. Duidelijk te zien is tot een bestelhoeveelheid van 90 maaltijden de kans 100% is op een tekort en 0% op een overschot. Dit is te verklaren door de lage intensiteiten waarmee patiënten een verminderde of gezonde eetlust krijgen. Volgens de 1%-strategie wordt in het geval van $\Delta t = 3$ en $X(0) = 0$ een bestelhoeveelheid van 100 maaltijden gekozen.

In Figuur 12a, 12b, 13a en 13b is de relatie tussen de kans op tekort of overschot en de bestelhoeveelheid ook weergegeven maar zijn de assen aangepast zodat duidelijk te zien is wat de bestelhoeveelheid wordt naar aanleiding van de 1%-strategie.

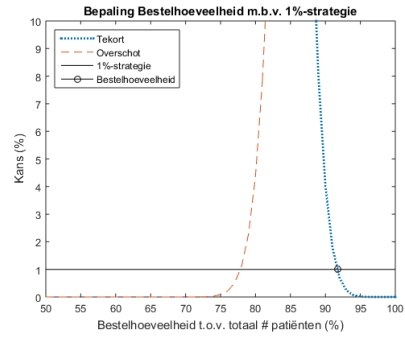
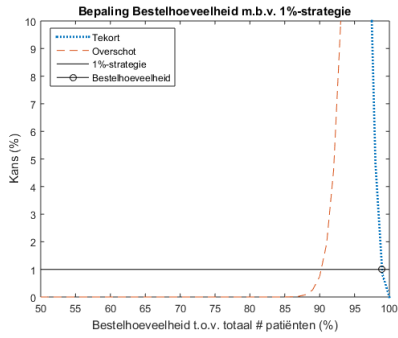


Figuur 11: Kans op overschot of tekort aan maaltijden voor $\Delta t = 3$ en $X(0) = 0$.



(a) Kans op overschot of tekort aan maaltijden voor $\Delta t = 3$ en $X(0) = 0$. (b) Kans op overschot of tekort aan maaltijden voor $\Delta t = 3$ en $X(0) = 30$.

Figuur 12: Bepalen bestelhoeveelheid met behulp van 1%-strategie.



(a) Kans op overschot of tekort aan maaltijden voor $\Delta t = 7$ en $X(0) = 0$. (b) Kans op overschot of tekort aan maaltijden voor $\Delta t = 7$ en $X(0) = 30$.

Figuur 13: Bepalen bestelhoeveelheid met behulp van 1%-strategie.

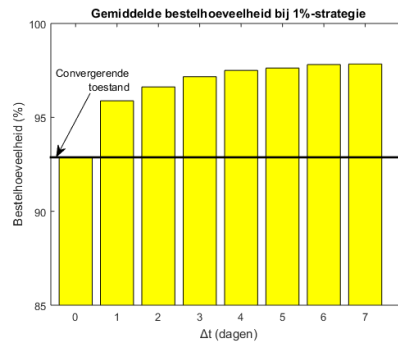
In Tabel 8 staat een overzicht van verschillende $X(0)$ en Δt en hun bijbehorende bestelhoeveelheid als gehandeld wordt volgens de 1% strategie. De gemiddelde

bestelhoeveelheid is bepaald door de verschillende begintoestanden te wegen met behulp van de stationaire verdeling. Het aantal patiënten met een verminderde eetlust convergeert in dit systeem naar 7,12. Te zien is dat de gemiddelde bestelhoeveelheid toeneemt naarmate de tijd tussen de bestelling en levering groter wordt. Dit verschil is echter niet heel groot, dit wordt veroorzaakt door de lage intensiteit waarmee een patiënt een verminderde eetlust krijgt. De toename in de grootte van de bestelling ontstaat doordat er meer zekerheid ingebouwd moet worden als er meer tijd tussen de bestelling en levering zit. Hoe dichter de bestelling gemaakt wordt bij het eetmoment, hoe accurater de kennis is op het moment van het maken van de bestelling. Dit heeft als gevolg dat de bestelling nauwkeuriger is.

In Figuur 14 zijn de resultaten van Tabel 8 visueel weergegeven. De lijn in deze figuur geeft het gemiddelde aantal benodigde maaltijden op lange termijn aan. In dit geval is dat 93%. Deze situatie is optimaal maar kan alleen bereikt worden wanneer $\Delta t = 0$, omdat anders de kans op een tekort aan maaltijden groter is dan 1%. Dit betekent dat wanneer $\Delta t > 0$ er vaker een overschot aan maaltijden is dan wanneer $\Delta t = 0$. Dit overschot aan maaltijden is echter kleiner dan wanneer er altijd maximaal (100%) besteld zou worden.

Tabel 8: Bestelhoeveelheid als gevolg van 1%-strategie bij verschillende Δt en $X(0)$.

$X(0)$	$\Delta t=0$	$\Delta t=1$	$\Delta t=2$	$\Delta t=3$	$\Delta t=4$	$\Delta t=5$	$\Delta t=6$	$\Delta t=7$
0	100	100	100	100	100	100	100	99
10	90	94	95	96	96	97	97	97
20	80	86	89	91	92	93	94	95
30	70	78	82	85	88	89	91	92
40	60	70	76	80	83	86	88	89
50	50	62	69	74	78	82	84	87
60	40	54	62	69	74	78	81	84
70	30	46	55	63	69	74	78	81
80	20	38	49	57	64	70	74	78
90	10	30	42	51	59	66	71	75
100	0	22	35	46	54	61	67	72
Gemiddeld	92.88	95.88	96.62	97.17	97.50	97.63	97.82	97.84



Figuur 14: Invloed van de tijd tussen bestelling en levering op bestelhoeveelheid bij 1%-strategie.

5 Discussie

Wanneer een bestelling gemaakt wordt op basis van de 1%-strategie, bestelt een zorginstelling voor 100 patiënten gemiddeld 97.17 maaltijden als er drie ($\Delta t = 3$) dagen tussen de bestelling en levering zit en gemiddeld 97.84 maaltijden als er zeven dagen tussen de bestelling en levering zit ($\Delta t = 7$). In beide gevallen wordt er minder besteld dan wanneer er maximaal besteld wordt, namelijk gemiddeld 3% minder maaltijden ten opzichte van de huidige aanpak. Deze besparing hangt af van de beginparameters en wordt veroorzaakt door de eetlust van patiënten mee te nemen bij het maken van de bestelling.

Stel het verpleeghuis dat is bezocht gaat handelen volgens de 1%-strategie. Op dit moment bestellen ze zeven dagen van te voren hun maaltijden, laat $\Delta t = 7$. Per 100 maaltijden worden er dan per dag gemiddeld 2 maaltijden minder besteld. Deze besparing is afhankelijk van de aannames die zijn gedaan in het model.

Het verpleeghuis kan er ook voor kiezen om in plaats van 7 dagen van te voren een bestelling te plaatsen, dit drie dagen van te voren te doen, laat $\Delta t = 3$. Per 100 patiënten worden er dan per dag gemiddeld 3 maaltijden minder besteld. Op dit moment bestellen de verpleegkundigen één keer per week voor de hele week. Wanneer de verpleegkundigen elke dag een bestelling moeten maken voor de maaltijden die nodig zijn over drie dagen, kunnen de arbeidskosten stijgen. Het verpleeghuis moet zelf nagaan of de toegenomen arbeidskosten deze extra besparing van 1 maaltijd rechtvaardigt.

Het ziekenhuis dat is bezocht werkt op dit moment met een strategie waarbij de tijd tussen de bestelling en het eetmoment zo klein mogelijk is, namelijk $\Delta t = 0$. Dit resulteert in hele nauwkeurige bestellingen waarbij er nauwelijks eten wordt weggegooid, dit is in feite de optimale strategie. De 1%-strategie levert dus geen verbetering op voor het ziekenhuis. Het verpleeghuis kan de meeste winst halen wanneer het gaat handelen volgens de strategie in het MST.

De resultaten zijn bereikt doordat we zelf inschattingen hebben gegeven voor de intensiteiten. Wanneer deze aannames preciezer worden, worden de resultaten ook nauwkeuriger.

De 1%-strategie die in dit verslag ontwikkeld is, is gemaakt op basis van de eerste variant van het model. Het aantal patiënten is dus vast. Door de 1%-strategie ook te ontwikkelen voor de tweede variant van het model wordt het model flexibeler. Er kunnen dan ook patiënten arriveren en vertrekken. Dit kan leiden tot betere resultaten. De vertrek- en aankomstintensiteiten zijn echter zo laag in een verpleeghuis, dat dit effect waarschijnlijk miniem kan zijn.

6 Conclusie en Aanbevelingen

In dit onderzoek is het effect van het meenemen van de eetlust van patiënten bij het maken van de bestelling voor maaltijden onderzocht. Ook is er gekeken naar de invloed van de tijd tussen bestelling en levering op het aantal maaltijden dat overblijft of tekort komt bij het eetmoment. De volgende conclusies zijn getrokken:

- De 1%-strategie levert winst op ten opzichte van de huidige bestelstrategie, maar deze is klein. Deze winst kan verhoogd worden wanneer wordt toegestaan dat er een grotere kans is op een tekort aan maaltijden. Ook kunnen betere inschattingen uit de praktijk over de eetlust van patiënten grotere besparing opleveren.
- Hoe dichter een bestelling gemaakt wordt voor het eetmoment, hoe nauwkeuriger de bestelling is. Dit heeft het grootste effect wanneer een zorginstelling zo dicht mogelijk bij het eetmoment zit, dit is de strategie die ook wordt toegepast in het MST.
- De maximale winst die te behalen valt is afhankelijk van de stationaire kansverdeling van het aantal patiënten met een verminderde eetlust. Hoe groter de stationaire toestand, hoe minder maaltijden er besteld kunnen worden. Bij de in dit model gemaakte aannames levert dit een maximale winst op van 7%. Om deze winst te behalen moet er zo dicht mogelijk bij het eetmoment besteld worden.

Op dit moment bestelt het verpleeghuis dat is bezocht het maximale aantal maaltijden, er is voor iedere patiënt een maaltijd beschikbaar. Het blijkt vaak voor te komen dat een patiënt een verminderde eetlust heeft en dus eten laten staan, dit resulteert in voedselverspilling. Door het aantal patiënten met een verminderde eetlust mee te nemen in de afweging die wordt gemaakt bij het maken van een bestelling, kan een nauwkeuriger bestelling gemaakt worden. De 1%-strategie zoekt de kleinste bestelhoeveelheid waarvoor er 1% kans op een tekort aan maaltijden is. Er is nu nog steeds sprake van een kans op voedselverspilling, maar deze kans is kleiner en het verwachte aantal maaltijden dat wordt weggegooid is ook kleiner.

Bij de in dit model gemaakte aannames levert de 1%-strategie een bestelling op die gemiddeld 3% kleiner is dan de huidige grootte van de bestelling. Dit geldt zowel voor een tijd van 7 dagen als voor een tijd van drie dagen tussen de bestelling en levering. Het heeft dus weinig effect om de tijd tussen bestelling en levering te verkleinen van 7 naar 3 dagen.

Als het verpleeghuis de 1% strategie wil toepassen moet het gaan bijhouden hoe vaak patiënten een verminderde eetlust hebben, hoe lang ze deze verminderde eetlust hebben en wat hun eetlust is ten opzichte van de eetlust van een gezonde patiënt. De 1%-strategie kan in een simpel programma verwerkt worden waar de verpleegkundigen de bovengenoemde gemiddeldes invoeren en het aantal patiënten dat zich op dat moment op de afdeling bevindt en het aantal dat op dat moment een verminderde eetlust heeft. Het programma berekent dan de optimale bestelhoeveelheid volgens de 1%-strategie.

De 1%-strategie heeft minder invloed op het verminderen van voedselverspilling in het ziekenhuis dat is bezocht, omdat zij al werken met een zeer efficiënte bestelstrategie. De maaltijden in het ziekenhuis worden zo kort mogelijk voor het eetmoment besteld omdat dan beter kan worden ingeschat wat de behoefte aan maaltijden is. De tijd tussen de bestelling en levering is dus heel erg klein. Hoe dichter de bestelling gemaakt wordt bij het eetmoment, hoe accurater de kennis is op het moment van het maken van de bestelling. Hierdoor hoeft er minder zekerheid te worden ingebouwd bij het maken van de bestelling. Dit heeft als gevolg dat de bestelling nauwkeuriger is.

Er zijn ook andere strategieën mogelijk voor het bepalen van de bestelhoeveelheid. Een bestelling kan bijvoorbeeld gemaakt worden op basis van de convergerende toestand of de huidige toestand van het systeem. Wanneer de convergerende toestand wordt gehanteerd, loopt de zorginstelling wel meer risico op een tekort aan maaltijden. De zorginstelling zou hierop in kunnen spelen door bijvoorbeeld diepvriesmaaltijden achter de hand te houden. De werking van deze strategieën zou nader onderzocht kunnen worden.

Het model dat gepresenteerd is in dit verslag houdt rekening met de eetlust van patiënten. Deze eetlust zou gedetailleerder beschreven kunnen worden. Afhankelijkheden zoals het weer, de tijd van het jaar of een griep epidemie zouden meegenomen kunnen worden bij het maken van een bestelling. Ook kunnen de verschillende zorgbehoeftes van de verschillende afdelingen verwerkt worden in het model. Patiënten op de revalidatieafdeling hebben doorgaans meer eetlust dan patiënten op andere afdelingen. Een tekort aan maaltijden op de ene afdeling kan hierdoor worden opgevangen door een overschot aan maaltijden op de andere afdeling.

Wiskundige methoden zijn in dit onderzoek gebruikt om bestelstrategieën te testen en om inzicht te krijgen in de maaltijdplanning van zorginstellingen. Het model dat is ontwikkeld is makkelijk toe te passen op verschillende zorginstellingen. Bestelstrategieën kunnen met behulp van het in dit onderzoek beschreven model getest worden op de invloed van verschillende parameters en de grootte van de besparing zonder de strategie direct toe te passen in de praktijk. Een zorginstelling kan hierdoor een goede afweging maken tussen het wel of niet invoeren van een nieuwe bestelstrategie.

7 Dankwoord

Graag wil ik mijn begeleider, Maurits de Graaf, bedanken voor zijn ondersteuning tijdens mijn bacheloropdracht. Hij kwam op het idee om te onderzoeken of wiskunde een rol kan spelen bij het verminderen van voedselverspilling. Een idee dat naar mijn hart staat wegens mijn grote interesse voor wiskunde en duurzaamheid. Tijdens mijn bacheloropdracht had ik soms problemen met de individuele aanpak van de opdracht. Maurits motiveerde mij op deze momenten en leerde mij om taken concreet aan te pakken.

Ook wil ik graag Richard Wilmink bedanken. Als hotelzorgmanager van Het Borsthuis en Het Hof in Hengelo heeft hij mij wegwijs gemaakt in de maaltijdplanning in verpleeghuizen. Dit leverde een grote bijdrage op voor mijn bachelor-opdracht.

Daarnaast wil ik ook Marcel Koenderink van het MST in Enschede bedanken voor het kennisgeven van het idee achter en de uitvoering van het nieuwe voedingsconcept van het MST. Dit was een grote inspiratiebron voor mijn bacheloropdracht.

8 Referenties

Referenties

- [1] De Rijksoverheid, 2016.
URL:<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/voeding/inhoud/voedselverspilling>
- [2] No Waste Network, 2014. URL:<http://www.nowastenetwork.nl/>
- [3] S. Nahmias. *Perishable Inventory Theory: A Review*, Operations Research, Vol. 30, No. 4, pp. 680-708, 1982. URL: <http://www.jstor.org/stable/170438>
- [4] G. P. Prastacos. *Blood Inventory Management: An Overview of Theory and Practice*, Management Science, Vol. 30, No. 7, pp. 777-800, 1984. DOI: <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.30.7.777>
- [5] L. Besselink, S. van Brummelen, W. de Kort, P. Zonneveld, N. van Dijk. *OR voor betere bloeddoorstroming*. STAtOR, Vol. 15, No. 3, pp. 16-20, 2014.
URL: http://www.vvs-or.nl/db/upload/documents/Journals/STAtOR/STAtOR_2014-3_totaal.pdf
- [6] K.J. Arrow, S.K. Karlin, *Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production*, Stanford, CA: Stanford University Press, Stanford, Calif, 1958.
- [7] J.H. Goto, M.E. Lewis, M.L. Puterman. *Coffee, Tea, or ...?: A Markov Decision Process Model for Airline Meal Provisioning*, Transportation Science, Vol. 38, No. 1, pp. 107-118, 2004.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1287/trsc.1030.0022>
- [8] S.M. Ross, *Stochastic Processes*, John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [9] N.J. Higham. *The Scaling and Squaring Method for the Matrix Exponential Revisited*, SIAM. J. Matrix Anal. Appl., Vol. 26, No. 4, pp. 1179-1193, 2005.
DOI:[10.1137/04061101X](https://doi.org/10.1137/04061101X)

A Verslag bezoek verpleeghuis

Verslag bezoek verpleeghuis het Borsthuis in Hengelo 1 maart 2016

Ontbijt/Lunch

Leverancier

Het eten voor ontbijt en lunch wordt besteld door de hotelzorg. Er zijn verschillende categorieën, zoals zuivel, droge kruideniers waren (DKW) en brood. De hotelzorg zorgt ervoor dat dit op voorraad is voor het hele verpleeghuis. De bestellingen van de afdelingen worden uit deze voorraad gehaald.

Bestelling

Iedere dag geeft elke afdeling voor 11 uur 's ochtends hun bestelling door aan de hotelzorg. Dit betreft eten voor het ontbijt en de lunch (brood, zuivel, pap, kaas, jam etc.).

De verplegers van een afdeling maken hun bestelling gebaseerd op ervaring. Ze weten wat de cliënten graag eten. Elke dag is er één persoon verantwoordelijk voor de bestelling. Soms levert dit problemen op als iemand invalt en geen weet heeft van de wensen van de cliënten van de desbetreffende afdeling.

Vaak eten de cliënten ongeveer hetzelfde. Problemen ontstaan wanneer cliënten ziek worden, zij eten dan minder waardoor voedsel overblijft. De bestelling moet hierop worden aangepast, soms kan dit makkelijk, bijvoorbeeld in het geval van zuivel, maar voor brood is dit moeilijk omdat de hoeveelheid brood per dag vast staat. Het is niet mogelijk om een wijziging aan te brengen bij de bakker op korte termijn.

Het komt vaker voor dat een afdeling iets vergeten is te bestellen dan dat een bestelling wordt geannuleerd. Een wijziging van een bestelling wordt niet als prettig ervaren bij de hotelzorg. Vaak vragen ze afdelingen om zelf bij andere afdelingen te kijken of daar nog eten over is. Het verschilt per categorie hoe vaak hotelzorg een bestelling doet. Zuivel wordt om de drie dagen besteld, DKW minder vaak.

Levering

Elke afdeling ontvangt iedere ochtend de bestelling van de voorgaande dag.

Nuttiging

Het verschilt per afdeling, afhankelijk van de zorg die mensen nodig hebben, op wat voor manier cliënten hun ontbijt en lunch krijgen. In sommige gevallen staat er eten op tafel en soms wordt het klaar gemaakt. Twee keer per week krijgen cliënten een snack bij de lunch en de andere dagen krijgen de cliënten soep bereid in eigen keukens.

Eten dat gekoeld bewaard moeten blijven mag niet te lang buiten de koelkast staan. Eten dat over de houdbaarheidsdatum is, wordt weggegooid.

Elke dag krijgt de afdeling een vaste hoeveelheid brood, het brood dat overblijft, wordt ingevroren. Dit kan gebruikt worden als er op een ander moment te weinig eten is.

Opmerkingen

Af en toe merkt de hotelzorg dat een afdeling veel eten bestelt. De afdeling wordt hierop aangesproken, maar het blijft bij een opmerking.

De hotelzorgmanager gaf aan dat boterhammen ook per stuk besteld kunnen

worden, evenals de de toetjes voor het avondeten. Dit geeft echter een minder huiselijke sfeer en meer afval. Niet alleen de zorg voor cliënten is heel erg belangrijk, het verpleeghuis wil de cliënten ook het gevoel van een thuis geven en niet van een instelling.

Avondeten

Leverancier

Het bedrijf Huuskes verzorgt de avondmaaltijden. Er is een menuboek beschikbaar, hier staan menu's in voor een half jaar. Door het cateringbedrijf worden er elke dag drie verschillende menu's aangeboden. Het verpleeghuis heeft er echter voor gekozen om twee verschillende menu's aan te bieden aan de cliënten omdat ze niet de capaciteit (niet genoeg ovens) hebben om drie verschillende menu's op te warmen.

Per menu kan er ook rekening worden gehouden met bepaalde behoeftes, zo kan de consistentie worden aangepast voor mensen met slikproblemen en kunnen er vegetarische versies van het menu besteld worden.

Bestelling

Elke afdeling bestelt zelf de avondmaaltijden. Iedere afdeling bestelt één keer per week de avond maaltijden voor de hele week. Dit gebeurt op verschillende manieren.

- Op sommige afdelingen mogen cliënten zelf kiezen welk menu ze willen hebben. Dit heeft als nadeel dat cliënten moeten kiezen wat ze over een week willen eten. Ze vergeten vaak hun keuze en zijn daar niet tevreden mee.
- Op sommige afdelingen wordt voor iedereen hetzelfde menu gekozen. Zo ontstaat er minder discussie over wie wat wil eten. De verplegers van de afdeling schatten zelf in welk van de twee aangeboden menu's per dag het meest in de smaak valt.
- Op sommige afdelingen kiezen de verplegers van de afdeling hoeveel stuks er van elk menu besteld worden. Zij maken hierbij een afweging gebaseerd op de voorkeuren van de cliënten. Vaak weten ze uit ervaring welke maaltijden goed en welke slecht worden ontvangen.

De hotelzorgmanager gaf zelf aan dat zijn voorkeur uitgaat naar dat op elke afdeling de verplegers de bestelling maken zonder het van te voren aan de cliënt te vragen. De verplegers moeten hierbij wel een goede inschatting maken van de voorkeuren van de cliënten. Op deze manier wordt de "huiselijkheid" bevorderd en wordt voorkomen dat cliënten vergeten/verkeerde menu's uitkiezen.

Elke bestelling moet minimaal drie dagen van te voren doorgegeven worden. Het is niet mogelijk om maaltijden later door te geven.

Het verpleeghuis kiest ervoor om één keer per week een bestelling voor een hele week door te geven. Dit doet het verpleeghuis uit gemak, zo hoeven ze minder vaak bestellingen door te geven.

Levering

Elke dag worden de avondmaaltijden die voor die dag besteld zijn om 7 uur 's ochtends geleverd. De maaltijden worden dan gesorteerd en voor 8 uur 's ochtends naar de bijbehorende afdeling gebracht. De maaltijden blijven in de koelkast totdat ze gebruikt worden.

Nuttiging van de maaltijd

Cliënten mogen zelf aangeven wanneer ze de warme maaltijd willen eten, vaak eten ze het 's avonds. Op sommige afdelingen komt het eten in kommen op tafel, wordt de tafel gedekt en mogen cliënten zelf eten opscheppen, dit geeft een huiselijke sfeer. Op sommige afdelingen schept de verpleger het eten op voor de cliënt omdat de cliënt dit niet kan of het niet verstandig is (onbeperkte eetdrang).

Het eten komt in bakjes binnen die worden opgewarmd in de oven. Deze bakjes kunnen porties voor één of meerdere personen bevatten.

Als het eten is opgewarmd en niet opgegeten is, mag het niet bewaard blijven en moet het worden weggegooid. Als er niet genoeg eten is, wordt op andere afdelingen gevraagd of er eten over is. Als eten niet is opgewarmd en in de koelkast staat kan het een aantal dagen bewaard blijven en dus later genuttigd worden.

Opmerkingen

Een aantal jaren geleden bestelde het verpleeghuis geen vaste menu's bij de leverancier maar stelde zelf de maaltijden samen. Losse elementen konden besteld worden. Hierbij werd rekening gehouden met porties. Er werd bijvoorbeeld niet voor iedere cliënt een portie aardappelen besteld omdat met uit ervaring wist dat dat te veel was, cliënten deelden porties. Er zitten echter meer kosten aan de maaltijden verbonden wanneer ze zelf worden samengesteld.

Tegenwoordig bestelt het verpleeghuis vaste menu's. Deze menu's hebben een vaste prijs. Elke cliënt krijgt nu dezelfde portie. De hotelzorgmanager gaf aan dat de kosten nu minder hoog zijn maar er ook wordt geconstateerd dat er meer eten wordt weggegooid. Het vorige systeem was dus duurder maar er werd minder voedsel weggegooid.

Het bedrijf Huuskes is erg groot en verzorgt maaltijden voor zorginstellingen door heel Nederland. Het verpleeghuis is maar een "kleine klant", het kan moeilijk invloed uitoefenen op de grootte van de porties.

Op sommige afdelingen eten mensen meer of minder dan andere afdelingen. Volgens verschillende verplegers en de hotelzorgmanager kan hierdoor niet worden gezegd dat de porties in het algemeen kleiner zouden kunnen zijn.

Analyse

Er lijkt geen beleid te bestaan voor het bestellen van eten op afdelingen. Per afdeling gaat dit verschillend en berust het op ervaring. Dit geldt zowel voor het ontbijt en de lunch als het avondeten.

De verplegers die ik gesproken heb op verschillende afdelingen gaven mij de indruk niet bewust bezig te zijn met het tegengaan van voedselverspilling. De zorg voor de cliënten staat voorop.

Aanvullende vragen van Maurits de Graaf:

- Welke beslissingen spelen een rol bij het bestellen van eten?

Er wordt gekeken naar de behoefte van cliënten. Vaak is bekend hoeveel ze eten en wat hun voorkeuren zijn. De ervaring van de medewerkers speelt hierbij een grote rol.

- Is er een mogelijkheid dingen na te bestellen, stijgt de prijs dan?

Voor zover bekend is dit niet mogelijk. De hotelzorgmanager gaf mij de indruk dat ze de bestelling nooit wijzigen. Elke leverancier geeft aan hoeveel dagen van te voren de bestelling moet worden doorgegeven. De prijs blijft hetzelfde, onafhankelijk van hoe ruim van te voren er wordt besteld.

- Hoe wordt besloten dat eten wordt weggegooid (als dit gebeurt)?

Producten die over de houdbaarheidsdatum zijn moeten worden weggegooid. Producten die gekoeld bewaard moeten blijven en te lang buiten de koelkast staan moeten worden weggegooid. Maaltijden die niet volledig zijn opgegeten worden weggegooid.

- Verder iets over de aantallen. Over hoeveel personen hebben we het?

Ik ben op bezoek geweest bij een vestiging van het verpleeghuis in Hengelo, het Borsthuis. Er zijn 9 verschillende afdelingen en op elke afdeling is plaats voor 16 cliënten. Elke afdeling verschilt per zorgbehoefte. Zo zijn er gesloten afdelingen voor dementerenden en afdelingen waar mensen tijdelijk verblijven om te revalideren van bijvoorbeeld een hersenbloeding.

- Wat gebeurt er nu om verspilling tegen te gaan?

Er lijken geen bewuste acties te zijn tegen voedselverspilling. Wel controleren de medewerkers van de hotelzorg de bestellijsten van de afdelingen. Als zij zien dat een afdeling naar hun mening te veel producten bestelt, krijgt de desbetreffende afdeling daar een opmerking over.

- Ziet men het als een probleem?

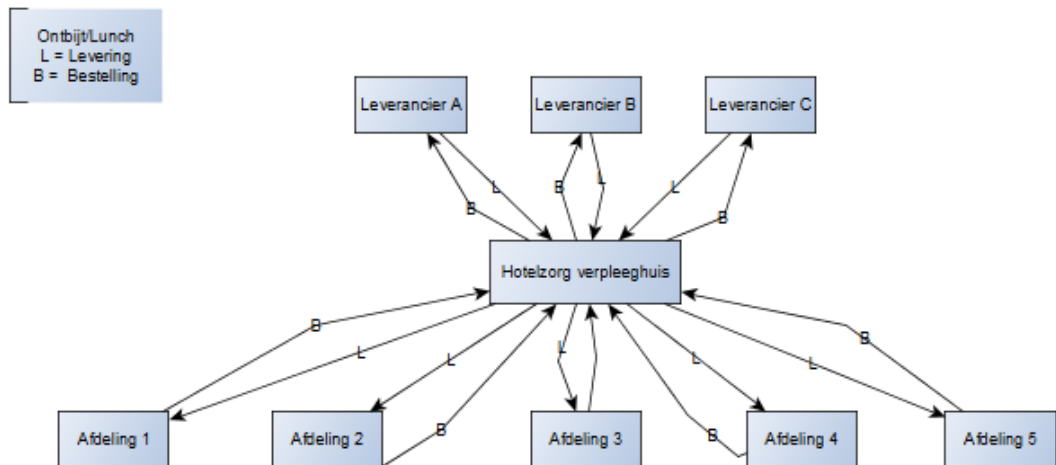
De hotelzorgmanager ziet de verspilling als een probleem. De verplegers op de afdelingen lijken minder bezig te zijn met voedselverspilling. Sommige geven aan dat vooral verbetering mogelijk is bij het avondeten, niet zozeer bij het ontbijt of de lunch.

- Wat is hun idee over mogelijke verbeteringen in het bestelproces?

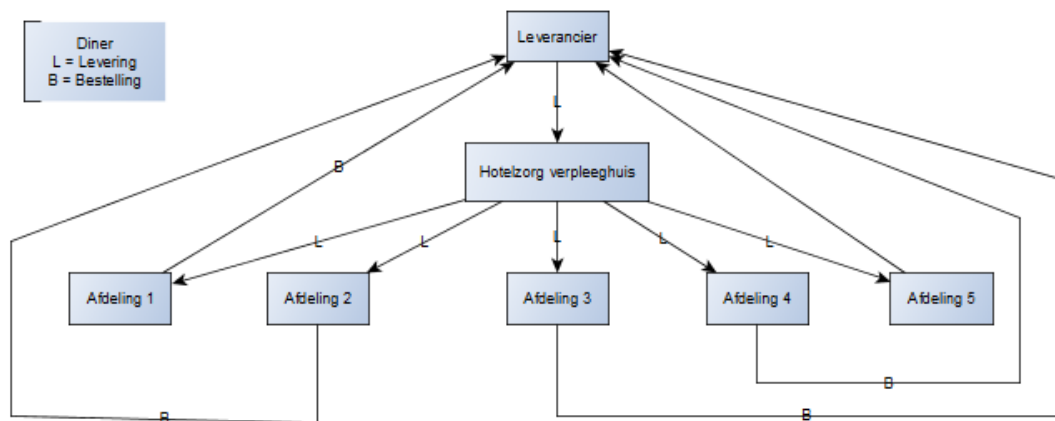
De hotelzorgmanager gaf aan dat naar zijn indruk het meeste eten wordt weggegooid op de afdelingen zelf en niet bij de algemene voorraad voor het hele verpleeghuis. De bestellingen van de afdelingen zouden naar zijn mening verbeterd kunnen worden.

- Of denkt men dat oplossing in andere hoek gezocht moet worden?

De communicatie tussen verschillende verplegers zou verbeterd kunnen worden.



Figuur 15: Overzicht ontbijt/lunch.



Figuur 16: Overzicht diner.

Wil de patiënt bitterballen? Ook dat kan in het nieuwe MST

06 maart 2016 | Laatste update: 06 maart, 07:15

1 REAGEER (33)



ENSCHDE - De menukaart in het nieuwe MST is luxer en uitgebreider dan voorheen. Dat oogst lof en verbazing.

Bitterballetje

Het ziekenhuis MST kende altijd een strak eetritme: tussen de middag werd er verplicht warm gegeten en 's avonds was er een broodmaaltijd. Nu is er altijd keuze tussen acht soorten vlees, deegwaren, groente en vegetarische gerechten. Maar dus ook lekkernijen als bitterballen, poffertjes, fruitsalade, smoothies en ijs.

„Waarom snacks in een ziekenhuis? Wij propageren gezond eten, maar het is niet aan ons om te bepalen wat gezond en ongezond is. Waarom beleren, als je dit thuis ook eet”, zegt bedrijfskundig manager Michiel Klatte.

Toch vaste eetijden

In de eerste opzet na de verhuizing op 9 januari kon de patiënt elk moment van de dag per tablet bestellen. Dat is aangepast. Er zijn nu vaste etenstijden, met de mogelijkheid om in overleg met roomservice daarvan af te wijken. Toch staat de eigen regie voorop. Twee keer warm eten op een dag? Dat kan. Eerst uitproberen of een soepje goed valt en een uur later alsnog een broodje kaas bestellen? Het is nu mogelijk.

Het aanbod is groot omdat MST alle nationaliteiten, smaken, diëten, geloofsvoorschriften en voorkeuren wil bedienen. Vegetariërs hoeven niet vier dagen achter elkaar hetzelfde te eten. Wie geen varkensvlees eet, kiest rund, vis of kip. Met een aantrekkelijk aanbod („vergelijkbaar met a la carte-bistrokwaliteit”) bestrijdt het ziekenhuis veelvuldig voorkomende ondervoeding.

Kosten niet hoger

Het nieuwe voedingsconcept, inclusief de maaltijden van de firma Huuskes en de extra personeelsinzet, kost MST niet meer dan voorheen. Dat komt mede doordat de koks in de oude instellingskeuken dagelijks zeventig maaltijden overhielden. Er werd heel veel weggegooid, omdat de patiënten een dag van tevoren eten bestelden en voor de zekerheid vaak te veel vroegen. Ook kon de keuken slecht inschatten wat ze kon verwachten.

In de nieuwe situatie is reserve overbodig. Er is een afgepaste vraag, omdat de patiënt tot minimaal een uur voor etenstijd de bestelling plaatst.

Hoewel de doelstelling is gehaald om er niet meer aan uit te geven dan voorheen, staat het horecaconcept onder druk. Van de keuken en het roomservicepersoneel wordt namelijk erg veel gevraagd. De druk is groot en om die reden is de oorspronkelijke opzet inmiddels al weer bijgesteld. Ontbijt, lunch en diner, die de patiënt allemaal via zijn tablet kan bestellen, krijgt hij binnen vastgestelde tijden geserveerd. Buiten die uren is bestellen mogelijk in overleg met het roomservicepersoneel.

Paradepaardje

Iets anders is dat het ziekenhuis voor een bezuinigingsoperatie staat, waarbij dit jaar driehonderd voltijdsbanen moeten verdwijnen. Elke afdeling moet een bijdrage leveren. Michiel Klatte verwacht desondanks dat de essentie van het voedingsconcept overeind blijft. „Het is een van de paradepaardjes van het nieuwe MST.”

Figuur 17: <http://www.tubantia.nl/regio/enschede-en-omgeving/enschede/wil-de-pati%C3%ABnt-bitterballen-ook-dat-kan-in-het-nieuwe-mst-1.5793449>

C Verslag bezoek ziekenhuis

Verslag bezoek Medisch Spectrum Twente 29 maart 2016

Sinds begin dit jaar werkt het MST in Enschede met een nieuw voedingsconcept. Op dinsdag 29 maart ben ik op bezoek geweest bij Marcel Koenderink, hij is onderdeel van de projectgroep die het nieuwe voedingsconcept heeft ontwikkeld en heeft mij meer over dit nieuwe concept verteld. Marcel Koenderink heeft bedrijfskunde gestudeerd en heeft geen speciale wiskundige technieken toegepast in het nieuwe model.

Oude voedingsconcept

Voorheen werden de maaltijden in het ziekenhuis bereid. Één dag van te voren werden de maaltijden voor de volgende dag besteld. Er was weinig keus in de maaltijden, de porties waren allemaal even groot en alle patiënten kregen 's middags de warme maaltijd. 's Ochtends en 's avonds werd er brood gegeten. Vaak maakte de arts een rondje tussen 11 en 12 en gaf dan aan welke patiënten ontslagen mochten worden. Dit zorgde ervoor dat deze patiënten, waarvoor een warme maaltijd was besteld, de maaltijd niet opaten. Ook kwam het vaak voor dat een patiënt zich niet zo lekker voelde en geen trek had waardoor er ook eten overbleef.

Een ander punt is dat de keuken in het ziekenhuis standaard te veel maaltijden bereidde dan er waren besteld. Ook dit droeg bij aan de voedselverspilling.

In het oude voedingsconcept bleef er vaak veel eten over (of het werd opgegeten door het personeel) en waren patiënten vaak niet tevreden over de maaltijd. Er was weinig keus en er waren geen flexibele eettijden.

Het MST wilde dit probleem aanpakken. Voorop stond het verbeteren van de service voor de patiënt. De patiënt staat centraal in het nieuwe voedingsconcept.

Nieuw voedingsconcept

In het nieuwe voedingsconcept kan een patiënt op elk moment eten bestellen via een app. Er is heel veel keus en er zijn verschillende portiegrotes waardoor een patiënt precies kan bestellen waar hij of zij zin in heeft. In principe mag de patiënt voor elk willekeurig moment eten bestellen, maar met behulp van de app wordt aangestuurd op bepaalde tijdsblokken, zodat de werkdruk van de medewerkers beter verspreid is.

Een patiënt kan tot één uur van tevoren eten bestellen. De patiënt kan tot drie maaltijden vooruit plannen en kan eventueel wijzigingen aanbrengen. Echter gebeurt dit niet veel aangezien er zo kort van te voren besteld kan worden. De patiënt ontvangt de maaltijd in het aangegeven tijdsblok.

De maaltijden worden niet meer bereid in het ziekenhuis, maar komen ingevroren in componenten binnen in het ziekenhuis. Deze componenten mogen drie tot vier dagen gekoeld in het ziekenhuis blijven, daarna worden ze weggegooid. Dit zijn officiële richtlijnen.

De maaltijden moeten opgewarmd worden in een speciale oven, dit duurt 45 minuten per maaltijd. Er zijn vier decentrale keukens verspreid over het ziekenhuis die allemaal verantwoordelijk zijn voor de maaltijden van een aantal afdelingen. Een decentrale keuken verzorgt gemiddeld de maaltijden voor 120 patiënten.

De koks in de keuken bestellen de componenten van de maaltijden bij de leverancier. Dit doen ze op basis van ervaring. Na het invoeren van het nieuwe voedingsconcept duurde het een tijdje voordat de koks goed doorhadden welke componenten goed lopen en welke niet. Marcel Koenderink gaf aan dat er vaak met grote aantallen wordt gewerkt (120 maaltijden). Dit zorgt ervoor dat de inschatting van de koks vaak goed is. Hij kon niet precies aangeven hoe de koks de bestelling maakten en of er vaak eten wordt weggegooid in de keuken. Wel worden er significant minder bereide maaltijden weggegooid op de afdeling. Afhankelijk van het soort component worden bestelling die voor 12 uur 's middags geplaatst zijn, de volgende dag of de dag erna geleverd bij het ziekenhuis. Marcel Koenderink gaf aan dat er nauwelijks wijzigingen in de bestelling worden aangebracht. Dit komt doordat het ziekenhuis zo kort mogelijk van te voren de bestelling plaatst. Ook fluctueert het totaal aantal patiënten niet heel veel. Wel is duidelijk dat er in de vakanties minder patiënten zijn dan buiten de vakanties. Dit wordt vaak opgelost door afdelingen te sluiten.

In het nieuwe concept is ook plaatsgemaakt voor een nieuwe medewerker: de roomservice medewerker. Deze medewerker is verantwoordelijk voor alle niet-zorg gerelateerde vragen, zoals het schoonmaken van de kamer, een praatje maken en het verzorgen van de maaltijden. Deze medewerker brengt de maaltijden naar de patiënt en helpt deze eventueel met het eten van de maaltijd. Omdat sommige patiënten deze hulp nodig hebben bij het eten, kan een roomservice medewerker niet meer dan 6 of 7 patiënten per tijdsblok van een maaltijd verzorgen. Ook is er een beperkte capaciteit aan ovens, er kunnen niet meer dan 48 maaltijden per 45 minuten warm worden gemaakt. Marcel Koenderink gaf af aan dat dit een flinke puzzel is, waar ze voornamelijk met behulp van logisch nadenken een oplossing voor hebben gezocht. Dit probleem lijkt mij echter minder relevant voor mijn onderzoek.

Resultaat

Het belangrijkste aspect in het nieuwe voedingsconcept is dat de patiënten nu tot 1 uur van tevoren een maaltijd kunnen bestellen. Dit resulteert in minder voedselverspilling omdat nu veel beter kan worden afgewogen of een maaltijd nodig is of niet en hoeveel eten iemand wil. De maaltijd wordt dus veel vaker gegeten als die is besteld. Het ziekenhuis is vooral blij met het nieuwe concept omdat de service verbeterd is. De patiënten zijn erg tevreden over het nieuwe voedingsconcept.

De kosten van het nieuwe voedingsconcept zijn ongeveer gelijk aan die van het oude. Ondanks dat er meer personeel gevraagd wordt bij het nieuwe voedingsconcept (de invoering van de roomservicemedewerker) en er veel meer flexibiliteit is (meer keus in maaltijden, meer momenten om te eten) zijn de kosten niet hoger uitgevallen dan in het oude systeem. Dit komt vooral doordat er nu veel minder maaltijden worden weggegooid.

Marcel Koenderink gaf aan dat er verbetering mogelijk zou kunnen zijn in de manier waarop de koks de bestellingen maken.