

Zorg voor versnelling

**Empirisch onderzoek naar het effect van
innovaties op de doelmatigheid van Nederlandse
ziekenhuizen in de periode 2003-2009**

Innovatie en Publieke Sector Efficiëntie Studies,
Technische Universiteit Delft



IPSE Studies

A.C.M. Dumaij
J.L.T. Blank
B.L. van Hulst

Delft, september 2012

IPSE Studies, Technische Universiteit Delft

COLOFON

Productie en lay-out: TU Delft, IPSE Studies

Druk: Sieca Repro Delft

Delft, september 2012

ISBN/EAN: 978-94-6186-058-3

JEL-codes: C33, D24, I19, O33

TU Delft
IPSE Studies
Postbus 5015
2600 BX DELFT

Jaffalaan 5
2628 BX DELFT

T. 015-2786558
F. 015-2786332
E: ipsestudies-tbm@tudelft.nl
www.ipsestudies.nl

Dit onderzoek is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van het onderzoek berust bij de auteurs. De inhoud vormt niet per definitie een weergave van het standpunt van de Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Inhoudsopgave

Voorwoord	7
Samenvatting	9
Summary	19
1 Inleiding	29
1.1 Beleidsachtergrond	29
1.2 Onderzoeksvragen en afbakening	30
1.3 Leeswijzer	31
2 Begrippen en voorgaand onderzoek	33
2.1 Inleiding	33
2.2 Begrippen	33
2.2.1 Innovatie	33
2.2.2 Kenmerken van innovaties	34
2.2.3 Kenmerken van ziekenhuizen	35
2.2.4 Omgevingsfactoren	36
2.2.5 Productiviteit en doelmatigheid	37
2.3 Voorgaand onderzoek	38
2.3.1 Innovaties en adoptie	38
2.3.2 Adoptie en determinanten	39
2.3.3 Innovaties en kostendoelmatigheid	40
3 Theorie en methode van aanpak	43
3.1 Inleiding	43
3.2 Model voor adoptie	43
3.3 Model voor determinantenanalyse	47
3.4 Model voor kostendoelmatigheid	48

4	De gegevens	53
4.1	Inleiding	53
4.2	Innovaties	53
4.3	Determinanten	55
4.4	Kostendoelmatigheid	57
5	Resultaten	61
5.1	Inleiding	61
5.2	Innovaties en adoptie	61
5.3	Determinanten van adoptie	73
5.4	Innovaties en kostendoelmatigheid	76
5.5	Beschouwing	78
	Bijlage A Innovatielijst	81
	Bijlage B Schattingen van doelmatigheidsbijdragen	85
	Bijlage C Afkortingen	87
	Bijlage D Expertpanel	89
	Literatuurlijst	91

Voorwoord

Deze studie is een onderdeel van het door het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties gesubsidieerde programma voor onderzoek en kennisdeling over sturing, innovaties en productiviteit in de publieke sector. Dit programma is een onderdeel van allerlei initiatieven die de afgelopen jaren zijn ontwikkeld op het terrein van sociale innovaties, slimmer werken en het nieuwe werken. Het programma heeft een sterke verwevenheid met de beleidsagenda ‘Arbeidsproductiviteit in de publieke sector’. Het programma wordt begeleid door een Programmaraad met leden vanuit het beleid en de wetenschap.

In deze studie onderzoeken wij de adoptiepatronen van ziekenhuisinnovaties, de kenmerken van de ziekenhuizen die de innovaties adopteren en de bijdrage van de innovaties aan de kostendoelmatigheid van Nederlandse ziekenhuizen. Eerder onderzochten wij de productiviteitsontwikkeling in de Nederlandse ziekenhuissector op basis van sectordata over de periode 1972-2010. Ook onderzochten wij eerder de productiviteit en doelmatigheid in de ziekenhuizen op basis van gegevens van de individuele ziekenhuizen over de periode 2003-2009. De resultaten van deze laatste studie zijn ook gebruikt in de voorliggende studie.

Graag wil ik een aantal mensen bedanken voor hun bijdrage aan deze studie. In de eerste plaats bedank ik mijn coauteurs Adrie Dumaij en Bart van Hulst van het Centrum voor Innovaties en Publieke Sector Efficiëntie (IPSE) Studies voor hun inspanningen. Ook bedank ik de deelnemers aan het expertpanel: Robert Bezemer en mw. Marian Schoone (TNO), Dirk Jan Bakker (emeritus medisch-directeur AMC), mw. Ite Priems (Reinier de Graaf Groep Delft) en Chris Wiggers (Zuwe Hofpoort ziekenhuis). Hun praktijkervaring met ziekenhuisinnovaties heeft de studie verrijkt. Verder ben ik collega's Thijs Urlings, mw. Flóra Felső, mw. Janneke Wilschut, Alex van Heezik en Thomas Niaounakis erkentelijk voor hun waardevolle commentaar op de eerdere versie van deze studie.

Tot slot wil ik graag de leden van de Programmaraad voor onderzoek en kennisdeling over sturing, innovaties en productiviteit in de publieke sector en de leden van de Begeleidingscommissie (mw. Evelien Eggink (SCP), Rudy Douven (CPB), Onno van Hilten (CBS) en Ivo Specker (BZK)) bedanken voor hun waardevolle inbreng.

De eindverantwoordelijkheid voor deze rapportage ligt volledig bij IPSE Studies. Conclusies en opvattingen vallen onder de verantwoordelijkheid van de onderzoekers. Deze hoeven niet overeen te komen met de visie van leden van de begeleidingscommissie, de programmaraad of tegenlezers.

Jos Blank

Directeur Centrum voor Innovaties en Publieke Sector Efficiëntie Studies
Technische Universiteit Delft

september 2012

Samenvatting

Achtergrond

De verbetering van de productiviteit en kostendoelmatigheid van ziekenhuizen is een belangrijk middel in de strijd tegen de groeiende kosten in de zorgsector. Uit eerder uitgevoerd onderzoek blijkt dat technologische ontwikkelingen een stevige positieve impuls hebben gegeven aan de productiviteit. In dat onderzoek wordt de positieve trend aangetoond, maar er wordt niet aangegeven welke technologische ontwikkelingen daadwerkelijk hebben bijgedragen aan de productiviteitsgroei. Het is zowel voor het beleid als het management van ziekenhuizen van belang om de innovaties op te sporen die substantieel bijdragen aan de productiviteitsontwikkeling. Een tweede relevante kwestie is of de adoptie van productieve innovaties kan worden versneld. Hiervoor is het noodzakelijk inzicht te hebben in de determinanten van de adoptie van innovaties. Ook dit aspect komt in deze studie aan bod.

Onderzoekafbakening

De studie *Zorg voor versnelling* geeft een analyse van innovaties in Nederlandse algemene ziekenhuizen. De onderzoeksperiode is 2003-2009. In dit onderzoek staan drie vragen centraal:

- Met welk tempo worden ziekenhuisinnovaties geadopteerd?
- Welke kenmerken van ziekenhuizen en innovaties zijn aan te wijzen voor de adoptie van de ziekenhuisinnovaties?
- Wat is het effect van de ziekenhuisinnovaties op de kostendoelmatigheid?

Er zijn twintig ziekenhuisinnovaties onderzocht (onderverdeeld in zes clusters), die in principe in elk algemeen ziekenhuis toegepast kunnen worden. De innovaties zijn gevalideerd door een expertpanel van ziekenhuisstaf en medisch-technologen. Het aantal van twintig is gekozen om uitvragen praktisch uitvoerbaar te houden. De innovaties zijn weergegeven in tabel S-1.

Tabel S-1 Onderzochte ziekenhuisinnovaties

Infrastructuur	Kwaliteit en veiligheid	Optimalisatie
Kraamsuite	Elektronisch voorschrijfsysteem	Inkoopsamenwerking
Online afsprakensysteem	Veiligheidsmanagementsysteem	Het nieuwe werken
Digitale beelden op de werkplek van de arts	Elektronische registratie aan het bed	Physician assistant
Ziekenhuisbreed EPD		Radio frequency identification
Robotische logistiek		Uitbesteding
Ketensamenwerking	Kennisonderhoud	Behandeling
Zorgpaden / klinische paden	E-learning	Multidisciplinaire poliklinieken
Keteninformatiesystemen		Zorg-op-afstand
		Minimaal invasieve chirurgie
		Robotchirurgie

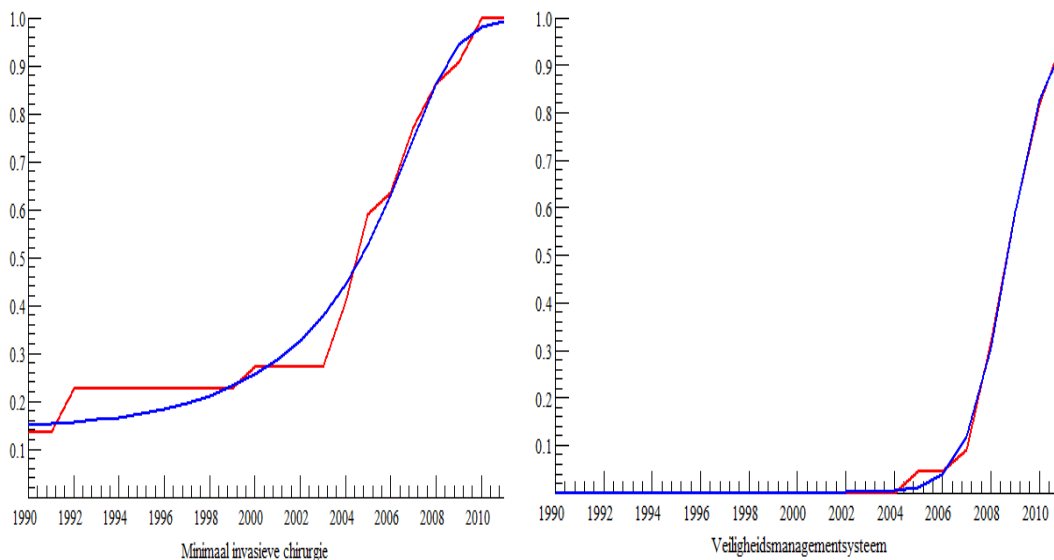
Adoptie van innovaties

Bij ziekenhuizen is uitgevraagd in welk jaar elke innovatie voor het eerst is geadopteerd. Alle algemene Nederlandse ziekenhuizen zijn benaderd voor deelname aan het onderzoek. De besturen van 22 ziekenhuizen hebben ingestemd met deelname, waaronder acht topklinische ziekenhuizen. De deelnemende ziekenhuizen vormen een aselechte steekproef met betrekking tot de doelmatigheidsscores.

Alle waargenomen adopties hebben plaatsgevonden vanaf 1990. Het aantal adopties verschilt per ziekenhuis van tien tot zeventien met een gemiddeld aantal van iets meer dan twaalf. Robotische logistiek is door slechts één ziekenhuis geadopteerd en is verder buiten beschouwing gelaten. Van de overige negentien innovaties is de adoptiecurve geschat.

De adoptiecurve geeft het percentage van de ziekenhuizen in de steekproef weer dat een innovatie heeft geadopteerd. Hieruit is een maat voor de snelheid en versnelling van adoptie afgeleid. Een illustratie van een innovatie die met hoge snelheid is geadopteerd is het veiligheidsmanagementsysteem; een innovatie die met lage snelheid is geadopteerd is minimaal invasieve chirurgie. De adoptiecurves van deze innovaties zijn weergegeven in figuur S-1. Beide innovaties zijn inmiddels door alle ziekenhuizen in de onderzoekspopulatie geadopteerd. De rode lijn geeft de verbinding tussen de waarnemingen weer en de blauwe lijn de schattingen.

Figuur S-1 De curve bij langzame (minimaal invasieve chirurgie) en snelle (veiligheidsmanagementsysteem) adoptie



Het geschatte tempo van de adopties is samengevat in tabel S-2.

Tabel S-2 Tempo van adoptie van de innovaties

Langzaam	Snel
Digitale beelden op de werkplek van de arts	Ziekenhuisbreed EPD
Keteninformatiesysteem	Veiligheidsmanagementsysteem
Elektronisch voorschriftsysteem	Inkoopsamenwerking
Elektronische registratie aan het bed	Kraamsuite
E-learning	Online afsprakensysteem
Radio frequency identification	Robotchirurgie
Uitbesteding	
Het nieuwe werken	
Zorg op afstand	
Minimaal invasieve chirurgie	
Zorgpaden	
Physician assistant	
Multidisciplinaire poliklieken	

Hierbij maken we de kanttekening dat adoptie van de innovaties plaatsvindt op vrijwillige basis, behalve van het veiligheidsmanagementsysteem. Alle

ziekenhuizen in Nederland moeten per 1 januari 2008 een begin hebben gemaakt met het werken met een veiligheidsmanagementsysteem. De ziekenhuizen hebben tot 2013 de tijd om het veiligheidsmanagementsysteem volledig te implementeren. Het hoge tempo van adoptie van deze innovatie vanaf 2008 ligt dan ook voor de hand.

Determinanten van adoptie

De vervolgvraag is: ‘Welke kenmerken van ziekenhuizen en innovaties zijn aan te wijzen voor de adoptie van de ziekenhuisinnovaties?’ Hiertoe zijn zes kenmerken van ziekenhuizen gebruikt waarover gegevens beschikbaar zijn en vijf algemene kenmerken van innovaties. Naast deze kenmerken speelt uiteraard de factor tijd een belangrijke rol. Hoe ouder een innovatie des te groter is de kans dat de betreffende innovatie bekend is en wordt ingevoerd. Op basis van de kenmerken zijn regressieanalyses uitgevoerd. De verschillende kenmerken van de ziekenhuizen blijken voor de verschillende innovatieclusters anders uit te pakken. De ziekenhuiskenmerken en de resultaten voor alle innovaties tezamen zijn samengevat in tabel S-3. Alleen de kenmerken die zijn gemarkeerd met een * hebben een significant van nul verschillende bijdrage.

Tabel S-3 Determinanten met positieve en negatieve bijdrage aan adoptie

<i>Positieve bijdrage</i>	<i>Geen bijdrage</i>	<i>Negatieve bijdrage</i>
Tijd*	Omvang van de productie*	Aantal specialisten per 1000 opnamen
Aandeel specialisten in loondienst	Marktaandeel*	Reserve aanvaardbare kosten
Aandeel specialisten in opleiding		Topklinisch
		Aantal locaties

* Significant op het 5%-niveau

Tijd is een sterke verklarende factor voor adoptie van innovaties. Dit sluit aan bij de theorie over de verspreiding van innovaties. De analyse van de kenmerken per cluster van innovaties geeft een iets genuanceerder beeld. Zo vinden wij dat ziekenhuizen met meer specialisten in loondienst meer innovaties voor behandeling adopteren. Ziekenhuizen met meer specialisten in opleiding adopteren ook meer innovaties voor behandeling maar juist minder innovaties in de infrastructuur. De omvang van de productie en het marktaandeel spelen significant geen rol. In de literatuur zijn er voorbeelden van ICT-innovaties waarbij de omvang van de productie of het marktaandeel

wel een rol speelt. Het aantal locaties van STZ-ziekenhuizen heeft een negatief effect op de adoptie van innovaties voor de verbetering van kwaliteit en veiligheid. Alle overige determinanten zijn geschat, maar blijken niet significant op het 5%-niveau. Bovendien kunnen alle kenmerken gecorreleerd zijn met niet-waargenomen kenmerken, waardoor nog meer terughoudendheid bij de interpretatie geboden is.

De vijf algemene kenmerken van innovaties geven in het geheel geen verklaring voor de adoptie. De kenmerken zijn gescoord door een expertpanel. Alle schattingen zijn echter niet significant op het 5%-niveau. Op grond van deze studie kunnen we geen conclusies trekken over de kenmerken van de innovaties.

Kostendoelmatigheid en ziekenhuisinnovaties

De kostendoelmatigheid geeft aan hoe een ziekenhuis presteert ten opzichte van de ‘beste praktijk’ ziekenhuizen in het betreffende jaar. Dit zijn de ziekenhuizen met de laagste kosten bij gegeven productie. Hierbij staat 100% voor een score van een beste praktijk ziekenhuis. Een kostendoelmatigheid van 85% betekent dat dezelfde productie gerealiseerd kan worden met 85% van de totale kosten.

Om de bijdrage van de innovaties aan de verandering van de kostendoelmatigheid vast te stellen is een vernieuwde methode toegepast. De ziekenhuizen worden nu niet langer gespiegeld aan de beste praktijk ziekenhuizen van het betreffende jaar, maar aan de beste praktijk ziekenhuizen van het laatste jaar, 2009. In totaal zijn vijftien innovaties gebruikt als onafhankelijke variabelen voor de verklaring van de kostendoelmatigheid. Vijf innovaties zijn buiten de verdere analyse gehouden, vanwege te weinig waarnemingen in 2009 of sterke adoptie in een korte tijd. De bijdrage aan de kostendoelmatigheid drukken wij uit in procentpunten van de kostendoelmatigheid.

De geringe respons van de ziekenhuizen leidt hier tot een methodisch probleem. Het belangrijkste probleem betreft de invloed van de weggelaten variabelen. Er zijn ongetwijfeld nog veel meer innovaties en andere factoren aan te wijzen die bijdragen aan de kostendoelmatigheid. De kans is groot dat de gekozen innovaties sterk correleren met deze weggelaten variabelen en het effect van deze weggelaten variabelen absorberen. Omdat de laatste jaren de productiviteit sterk is gegroeid, is de kans groot dat de gemeten effecten

worden overschat. Door expliciet rekening te houden met de factor tijd, kan voor deze onzuiverheid worden gecorrigeerd. Omdat er echter maar zo weinig ziekenhuizen in de steekproef zitten, bestaat de kans dat er te veel gecorrigeerd wordt en de effecten worden onderschat. Beide resultaten zijn daarom gepresenteerd.

De resultaten zijn samengevat in tabel S-4, met de bijdrage van de innovatie aan de kostendoelmatigheid in procentpunten. Bijna alle schattingen zijn niet significant van nul verschillend op het 5%-niveau. Dit betekent dat we terughoudend moeten zijn bij de interpretatie van de schattingen. Ziekenhuizen die bijvoorbeeld de physician assistant hebben geadopteerd, hebben een kostendoelmatigheid die gemiddeld tussen 2,2 en 4,4 procentpunt hoger is dan ziekenhuizen die deze adoptie niet hebben gepleegd.

Tabel S-4 De innovaties en hun bijdragen aan de kostendoelmatigheid in procentpunten, met en zonder tijdeffekten

<i>Innovatie</i>	<i>Zonder controle voor tijd</i>	<i>Met controle voor tijd</i>
Kraamsuite	3,5	0,1
Online afsprakensysteem	1,8	0,6
Digitale beelden op de werkplek	1,1	-1,5
Zorgpaden	1,0	0,4
Keteninformatiesysteem	-0,7	-3,4
Elektronisch voorschrijfsysteem	2,2	-1,0
Veiligheidsmanagementsysteem	-1,3	1,6
Elektronische registratie aan bed	-1,1	-4,5
E-learning	-0,6	-1,1
Inkoopsamenwerking	3,5	1,3
Het nieuwe werken	-1,3	-2,5
Physician assistant	4,4*	2,2
Multidisciplinaire poliklinieken	3,5*	0,7
Zorg op afstand	2,9	1,7
Minimaal invasieve chirurgie	-0,2	-2,4

* Significant op het 5%-niveau

We bespreken eerst de effecten zonder controle voor de factor tijd (eerste kolom). De geschatte effecten zijn, zoals eerder beargumenteerd, een overschatting van de feitelijke effecten. Sommige effecten zijn dan ook aan de hoge kant. Nadrukkelijk merken we op dat de schattingen hoge

onbetrouwbaarheidsmarges kennen. Alleen de geschatte bijdragen van de physician assistant en multidisciplinaire poliklinieken zijn significant. Een verdere constatering is dat het effect van sommige innovaties, hoewel niet significant van nul verschillend, negatief is. Dit duidt erop dat er een gerede kans is dat sommige innovaties een negatieve bijdrage leveren aan de kostendoelmatigheid en waarschijnlijk eerder bijdragen aan de kwaliteit van de dienstverlening, de kwaliteit van arbeid of de patiënttevredenheid. Het betreft hier onder meer het keteninformatiesysteem, veiligheidsmanagementsysteem, elektronische registratie aan bed, e-learning, het nieuwe werken en minimaal invasieve chirurgie.

De tweede kolom weerspiegelt de effecten van innovaties als er gecontroleerd wordt voor de factor tijd. Voor de meeste innovaties geldt dat het geschatte effect kleiner wordt. In een aantal gevallen betekent dit dat een positief effect omslaat in een negatief effect en een negatief effect nog negatiever wordt. Geen van de geschatte effecten laat nog een significant van nul verschillend effect zien.

Op basis van het voorgaande moeten we stellen dat het op grond van deze uitkomsten niet mogelijk is betrouwbare uitspraken te doen over de effecten van innovaties op de kostendoelmatigheid. Het aantal ziekenhuizen in de steekproef zou daarvoor moeten worden vergroot. Twee potentiële kandidaten voor verbetering van de kostendoelmatigheid zijn de invoering van de functie van physician assistant en het opzetten van multidisciplinaire poliklinieken. Verder moet er rekening mee worden gehouden dat een deel van de innovaties waarschijnlijk meer het karakter van kwaliteitsverbetering heeft en niet bijdraagt aan verhoging van de productiviteit. Op basis van aanvullend onderzoek is het ook interessant om de relaties tussen kostendoelmatigheid en patiënttevredenheid en andere kwaliteitsindicatoren te onderzoeken.

Beleidsimplicaties

Deze studie gaat in op de bijdrage van innovaties aan de productiviteit van ziekenhuizen en de mogelijkheden om de adoptie van productieve innovaties te versnellen. Een tekortkoming van deze studie is de matige respons op de onder de ziekenhuizen uitgezette vragenlijst. Hierdoor kunnen we nauwelijks effecten vaststellen die statistisch significant zijn. De verklaringen van de adoptiepatronen aan de hand van ziekenhuiskennmerken leveren eveneens een beperkt betrouwbaar resultaat op. De algemene

eigenschappen van innovaties volgens de diffusietheorie geven in deze studie geen betrouwbare verklaring voor de adoptiepatronen. Ook de doelmatigheidsscores laten zich in deze studie niet betrouwbaar verklaren door innovaties.

Om een compleet en gedetailleerd beeld te krijgen van de bijdrage van innovaties aan de productiviteit zijn gegevens van meer ziekenhuizen nodig. De hier gepresenteerde uitkomsten over productieve innovaties zijn daarom indicatief.

In deze studie blijkt in ieder geval dat de factor tijd een belangrijke rol speelt. De factor tijd representeert vooral kennisdeling. Het kost enige tijd voordat artsen en managers voldoende informatie hebben vergaard om te besluiten tot een innovatie. Informatie-uitwisseling en kennisdeling zijn daarom van wezenlijke betekenis. De overheid kan hierin een faciliterende rol innemen of zelfs regulerend optreden. Voorbeelden hiervan binnen de ziekenhuissector zijn het programma Sneller Beter en het VMS Veiligheidsprogramma. De aangehaalde voorbeelden bevorderen overigens vooral innovaties op het gebied van kwaliteit en veiligheid, verbetering van de efficiëntie is bijvangst. Meer aandacht voor productieve innovaties is gewenst.

De twee innovaties waarvan een positieve bijdrage aan de kostendoelmatigheid is gemeten, de *physician assistant* en multidisciplinaire poliklinieken, blijken langzaam te worden geadopteerd. Voor deze innovaties zou de overheid eveneens prikkels kunnen geven voor adoptie, zoals voorlichting en faciliterende programma's voor implementatie.

De aanstellingsvorm van specialisten blijkt een verklaring te geven voor de adoptie van innovaties voor de behandeling van patiënten. Voor overige clusters van innovaties is geen significant effect gevonden. De discussie over het al dan niet hebben van specialisten in loondienst kent echter veel meer dimensies. De betekenis van de aanstellingsvorm voor de adoptie van innovaties zou hierin ook kunnen worden meegenomen.

Met de eerdere kanttekening over het ontbreken van statistische significantie, merken we op dat niet alle innovaties 'productief' zijn. Zoals eerder opgemerkt kunnen deze innovaties andere effecten bewerkstelligen zoals verbetering van de kwaliteit of veiligheid. Dit zijn eveneens belangrijke waarden van de dienstverlening. Het betekent niet dat deze

innovaties zonder meer geïmplementeerd moeten worden. Het effect op kwaliteit en veiligheid dient in kaart te worden gebracht en dient vervolgens afgewogen te worden tegen de kostendoelmatigheid.

Tot slot, de ziekenhuizen hebben onmiskenbaar een enorme productiviteitsverbetering laten zien. Uit deze studie blijkt vooralsnog dat innovaties slechts een beperkte rol hebben gespeeld bij het verleggen van de frontier.

Summary

Background

The improvement of the productivity and cost efficiency of hospitals is an important aspect in efforts to absorb growing costs in the health care sector. Previously conducted research has shown that technological advancements have given a strong positive impulse to productivity. Although this research effectively demonstrated this positive trend, it did not elaborate on which specific technological developments actually contributed to this growth in productivity. It is important both for hospitals' policies as well as their management to recognise which innovations substantially contribute to productivity development. A second important associated question is whether the adoption rate of innovations that actually improve productivity can be improved. This requires insight into the determinants for the adoption of innovations. This aspect will also be addressed in this study.

Scope of research

The *Zorg voor versnelling* study gives an analysis of innovations in general hospitals in the Netherlands. The study period is from 2003-2009. This study addresses 3 central questions:

- At what rate are hospital innovations being adopted?
- Which specific hospital characteristics and innovations can be indicated for the adoption of hospital innovations?
- What is the effect of hospital innovations on cost efficiency?

Twenty hospital innovations were investigated, subdivided into 6 clusters, all of which could in principle be implemented in any general hospital. The innovations were assessed and validated by an expert panel of hospital staff and medical technologists. A number of 20 was chosen in order to ensure that surveys are practically implementable. The different innovations are listed in Table S-1.

Table S-1 Investigated hospital innovations

Infrastructure	Quality and safety	Optimisation
Maternity suite	Electronic prescription system	Purchasing partnership
Online appointments system	Safety management system	'New way of working' (alternative working philosophy)
Digital images at the workplace of the physician	Electronic bedside registration	Physician Assistant
Hospital-wide EHR		Radio frequency identification
Robotic logistics		Outsourcing
Chain cooperation	Preservation of knowledge	Treatment
Care pathways / clinical pathways	E-learning	Multi-disciplinary polyclinic
Chain information systems		Remote care
		Minimally invasive surgery
		Robotic surgery

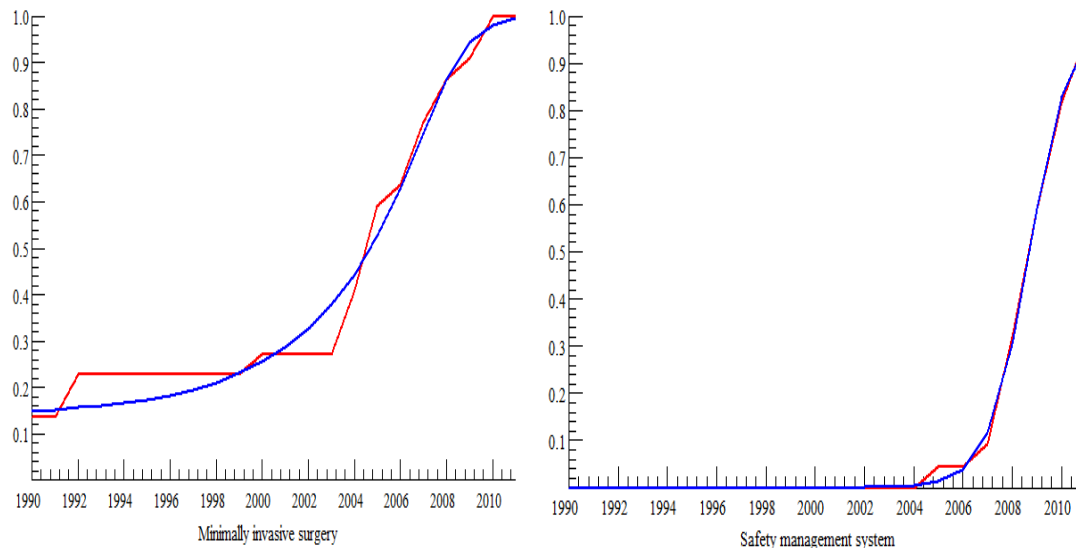
Adoption of innovations

The hospitals were surveyed and asked in which year each of the innovations was adopted in their establishment for the first time. All general hospitals in the Netherlands were approached for participation in the study. The board of directors of 22 hospitals agreed to participate, including 8 “top centres” (centres of clinical excellence). The participating hospitals together represent a random sampling with respect to efficiency scores.

All of the observed adoptions took place as of 1990. The number of adoptions varies per hospital from 10 to 17, with an average of slightly over 12. Robotic logistics was adopted by only a single hospital and as such was not included for further consideration in the study. The adoption curve for the other 19 innovations was estimated.

The adoption curve denotes the percentage of the hospitals investigated which have adopted an innovation. A measure of the rapidness and acceleration of adoption was then derived from this. An illustration of an innovation that was adopted with a great speed is the safety management system; an innovation adopted slowly is minimally invasive surgery. The adoption curves of these innovations are shown in Figure S-1. Both innovations have now been adopted by all the hospitals investigated. The red line shows the connection between the observations; the blue line represents the estimated values.

Figure S-1 The curve for slow (minimally invasive surgery) and rapid adoption (safety management system)



The estimated rate of adoption of the innovations is summarised in Table S-2.

Table S-2 Rate of adoption of innovations

Slow	Rapid
Digital imaging at the workplace of the physician	Hospital-wide EHR
Chain information system	Safety management system
Electronic prescription system	Purchasing partnership
Electronic bedside registration	Maternity suite
E-learning	Online appointments system
Radio frequency identification	Robotic surgery
Outsourcing	
The 'new way of working' (alternative working philosophy)	
Remote care	
Minimally invasive surgery	
Care pathways	
Physician Assistant	
Multi-disciplinary policlinics	

A side note applies here, namely that the adoption of the innovations takes place on a voluntary basis, except for the safety management system. All

hospitals in the Netherlands are obligated to have initiated the adoption of a safety management system as of January 1st 2008. The hospitals will have until 2013 to fully implement the safety management system. A high rate of adoption of this innovation since 2008 can therefore be anticipated.

Determinants for adoption

The next pertinent question is: ‘Which characteristics of hospitals and innovations can be indicated as criteria for adoption of hospital innovations?’ For this, 6 characteristics of hospitals were used for which information was available, and 5 general characteristics of innovations. Besides these features, the factor of time of course also plays a significant role. The older an innovation is, the more likely that it is familiar and will be implemented. Regression analyses were performed based on the characteristics. The different characteristics of the hospitals turn out to produce differing results between the different innovation clusters. The hospital characteristics and the results for all of the innovations collectively are summarised in Table S-3. Only the characteristics marked with an * have a significant contribution (significant from zero).

Table S-3 Determinants with positive and negative contribution to adoption

<i>Positive contribution</i>	<i>No contribution</i>	<i>Negative contribution</i>
Time*	Scope of production*	Number of specialists per 1,000 admissions
Proportion of practising specialists	Market share*	Reserve for reasonable expenses
Proportion of specialists in training		‘Top’ clinical centre
		Number of locations

* Significant at the 5% level

Time is a strong explanatory factor for the adoption of innovations. This compliments the theory regarding the distribution of innovations. The analysis of the characteristics per cluster of innovations gives a somewhat more nuanced picture. For example, we see that hospitals with more professional (as opposed to in-training) specialists adopt more innovations related to treatment. Hospitals with more specialists in training similarly also adopt more innovations for treatment/therapy, but while adopting fewer innovations in infrastructure. The scope of production and market share do not play a significant role. Relevant literature refers to examples of IT innovations for which the scope of production and the market share do play

a pertinent role. The number of locations of STZ hospitals (collaborating teaching hospitals (clinical centres of excellence)) has a negative effect on the adoption of innovations related to the improvement of quality and safety. All the other determinants are estimated, but are not significant at the 5% level. Moreover, all the characteristics may be correlated with other characteristics not included in the study, implying even more apprehension in interpreting the effects.

The 5 general characteristics of innovations all in all do not explain the reason for adoption. The characteristics were rated by an expert panel. All the estimates are not significant at the 5% level, however. As such, we cannot draw any causal conclusions from this study about the characteristics of the innovations.

Cost efficiency and hospital innovations

Cost efficiency indicates how a hospital performs in comparison to “best practice” hospitals rated in that particular year. These hospitals operate at the lowest costs per unit of production. In this, 100% represents the score for such a best practice hospital. A cost efficiency score of 85% denotes that the same production level can be achieved with 85% of the total costs.

A new method was used to determine the contribution of the innovations to the change in cost efficiency – The hospitals are now no longer compared with the best practice hospitals of the year concerned, but instead with the best practice hospitals of the previous year (2009). In total, 15 innovations were used as independent variables for the determination of the cost efficiency. Five innovations were excluded from the subsequent analysis, on account of insufficient observations in 2009 or rigorous adoption within a short period. We have expressed the contribution to cost efficiency in terms of percentage points of cost efficiency.

The limited response from the hospitals has led to a methodical problem here. The most pertinent problem concerns the influence of the omitted variables. There are undoubtedly many more innovations and other factors which can be indicated that contribute to cost efficiency. It is very likely that the selected innovations correlate strongly with these omitted variables and as such compensate somewhat for the absence of the omitted variables. Since productivity has risen sharply in recent years, it is likely that the actual measured effects will be overestimated. By expressly taking into account the

factor of time, this inconsistency can be compensated for. However, since so few hospitals are included in the study sample, the risk of over-correction exists, which would result in an underestimation of the effects. Both sets of results will therefore be presented.

The results are summarised in Table S-4, with the contribution of the innovation to cost efficiency expressed in percentage points. Almost all the estimates are not significantly different from zero at the 5% level. This means that we must be cautious in interpreting the estimates. For example, hospitals that have adopted the Physician Assistant position have an average cost efficiency that is between 2.2 and 4.4 percentage points higher than hospitals that have not implemented this adoption.

Table S-4 The innovations and their contribution to cost efficiency expressed in percentage points, with and without time effects

Innovation	Without time factor	With time factor
Maternity suite	3.5	0.1
Online appointments system	1.8	0.6
Digital images at physician's workplace	1.1	-1.5
Care pathways	1.0	0.4
Chain information system	-0.7	-3.4
Electronic prescription system	2.2	-1.0
Safety management system	-1.3	1.6
Electronic bedside registration	-1.1	-4.5
E-learning	-0.6	-1.1
Purchasing partnership	3.5	1.3
'New way of working' (alternative working philosophy)	-1.3	-2.5
Physician Assistant	4.4*	2.2
Multi-disciplinary polyclinics	3.5*	0.7
Remote care	2.9	1.7
Minimally invasive surgery	-0.2	-2.4

* Significant at the 5% level

We will first discuss the effects without the time factor (1st column). The predicted effects are, as explained earlier, an over-estimation of the actual effects. Some of these effects will therefore be higher than usual. We expressly observe that the estimates are subject to low reliability margins. Only the estimated contributions of the Physician Assistant and multi-

disciplinary policlinics are significant. Another pertinent observation is that the effect of some innovations, even though they are not significant from zero, is negative. This suggests a reasonable likelihood that some innovations contribute negatively to cost efficiency and instead are more likely to contribute positively to the quality of service, quality of work or patient satisfaction. Amongst other innovations, this concerns the chain information system, safety management system, electronic bedside registration, e-learning, the 'new way of working' and minimally invasive surgery.

The second column reflects the effects of innovations when the time factor is also taken into account. For the majority of innovations this means that the estimated effect decreases. In a few cases this means that a positive effect will turn into a negative effect and that a negative effect will become more negative. None of the estimated effects show an effect significantly different from zero.

Based on the aforementioned, we must conclude that it is not possible to use these results to make reliable conclusions about the effects of innovations on cost efficiency; The number of participating hospitals in the sample would have to be increased to do so. Two potential candidates with respect to the improvement of cost efficiency are the implementation of the Physician Assistant position and the establishment of multi-disciplinary policlinics. Furthermore, it must be taken into account that a portion of the innovations is more in the vein of quality improvement and as such do not contribute to increased productivity. Based on supplemental research it will also be interesting to study the relationships between cost efficiency and patient satisfaction and other quality indicators.

Policy implications

This study addresses the contribution of innovations with respect to the productivity of hospitals and the opportunities for accelerating the adoption of production-promoting innovations. A shortcoming in this study is the very limited response to the survey distributed amongst the hospitals. As a result, we can hardly establish any effects that are statistically significant. The conclusions for the adoption trends based on hospital characteristics similarly produce only results with a limited degree of reliability. The general characteristics of innovations according to the diffusion theory do not afford a reliable explanation for the observed adoption patterns. The cost

efficiency scores produced in this study also cannot be reliably attributed to innovations.

In order to achieve a comprehensive and detailed picture of the contribution of innovations to productivity, information from additional hospitals will be needed. The results presented here for productivity-promoting innovations are therefore only indicative.

This study in any case shows that the factor of time plays an important role. The time factor primarily represents the sharing of knowledge. It takes a certain amount of time for physicians and managers to gather enough relevant information in order to make a decision towards adopting an innovation. Information exchange and knowledge sharing are therefore significant. The government can take a facilitatory or even regulatory role in this. Examples of this within the hospital sector are the *Sneller Beter* program (“*Better, Sooner*”) and the VMS safety management program. The examples mentioned especially promote innovations in the area of quality and safety; improvements in efficiency are happy coincidences. A greater focus on productivity-promoting innovations is desired.

The two innovations which showed a positive effect on cost efficiency – the Physician Assistant role and multi-disciplinary policlinics – are apparently being adopted slowly. The government could play a role here too in providing a stimulus for adoption, such as education and facilitation programs for their implementation.

The (non)professional status of specialists seems to afford an explanation for the adoption of innovations related to the treatment of patients. No significant effects were found for the other innovation clusters. The issue of the permanent or self-employed position of specialists is subject to various dimensions, however. The significance of the status of specialists could also be taken into account with regard to the adoption of innovations.

Taking into account the earlier mentioned lack of statistical significance, we note that not all of the innovations are “productive” (productivity-improving). As mentioned before, these innovations can produce other effects such as improving quality or safety. These are relevant and important values with respect to service. But this does not mean that these innovations must be implicitly implemented. The effect on quality and safety must be outlined and subsequently weighed alongside cost efficiency.

In conclusion, the hospitals have unmistakably shown a great improvement in productivity. This study shows that as of yet innovations have only played a limited role in realising new frontiers.

1 Inleiding

1.1 Beleidsachtergrond

Beleidsmakers in de gezondheidszorg zien zich gesteld voor een *mer à boire* aan uitdagingen. Centraal staat de uitdaging om de immer groeiende kosten van de gezondheidszorg te keren (CPB, 2010) en tegelijk de kwaliteit en de toegankelijkheid van de zorg te verbeteren. De uitdaging is groot, want de gezondheidszorg heeft te maken met een veranderende zorgvraag door vergrijzing en ontgroening, en de sector heeft te maken met aankomende arbeidsmarktknelpunten (AZW, 2010). Het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport zet onder andere in op de groei van de kostendoelmatigheid, zoals bijvoorbeeld beschreven in de jaarlijkse arbeidsmarktbrief van het Ministerie van VWS (2011).

Kostendoelmatigheid is in principe te bereiken door innovatie. Blank et al. (2011) geven aan dat verkorting van de verpleegduur in ziekenhuizen de groeispurt van de (arbeids)productiviteit heeft veroorzaakt. Verkorting van de verpleegduur is echter niet de enige innovatie die is ingevoerd. Ook nieuwe verpleegkundige technieken kunnen hebben bijgedragen. Blank en Eggink (2011) vinden eveneens een toename van de productiviteit, maar dan gemeten met gegevens op sectorniveau.

Innovaties blijken in het algemeen moeilijk door te voeren in de zorg. Ten eerste moeten de effectiviteit en (patiënt)veiligheid van de innovatie zijn aangetoond. Ook verzet de regelgeving zich dikwijls tegen veranderingen, zijn lange procedures noodzakelijk of is er een gebrek aan financiële middelen en prikkels om te innoveren. Bovendien zijn er verschillende actoren, zoals overheid, ziekenhuizen, specialisten, patiënten, zorgverzekeraars en leveranciers, met ieder een eigen belang (RVZ, 2005). Tot slot zijn er nog oorzaken aan te wijzen die met de aard van de dienstverlening te maken hebben, zoals onzekerheid over zowel de diagnostiek als de effectiviteit van behandeling. Ook de complexiteit van het zorgproces speelt een rol. Niet alle verrichtingen mogen door alle behandelaren worden uitgevoerd.

Kortom, het is van belang om te weten welke innovaties een positief effect hebben op de kostendoelmatigheid en hoe groot dat effect is, wat de kenmerken zijn van de ziekenhuizen die innovaties adopteren, en met welke snelheid die innovaties worden geadopteerd.

1.2 Onderzoeksvragen en afbakening

De studie heeft een driedelig doel. Het eerste doel is inzicht te geven in de patronen waarlangs innovaties in de ziekenhuizen worden geadopteerd. Het tweede doel is de determinanten te vinden van de ziekenhuizen die de innovaties adopteren en van de innovaties die worden geadopteerd. Het derde doel is inzicht te geven in de effecten van de innovaties op de kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen.

De centrale onderzoeksvragen zijn:

- In welk tempo worden de ziekenhuisinnovaties geadopteerd?
- Welke kenmerken van ziekenhuizen en innovaties zijn aan te wijzen voor de adoptie van de ziekenhuisinnovaties?
- Wat is het effect van de ziekenhuisinnovaties op de kostendoelmatigheid?

Bij de eerste vraag gaat het om het aantal ziekenhuizen dat een bepaalde innovatie heeft geadopteerd, en om de tijd die verstreken is tussen de adoptie in het eerste ziekenhuis en elk volgend ziekenhuis. Innovaties verwijzen hierbij naar vernieuwingen die in principe in ieder algemeen ziekenhuis zouden kunnen voorkomen, zodat een voldoende grote steekproef van ziekenhuizen ontstaat. Het gaat dus niet om ‘high-tech’ medische innovaties die in een beperkt aantal ziekenhuizen voorkomen of van toepassing zijn op een beperkte groep patiënten. Bovendien beperken we het aantal innovaties tot twintig, eveneens om empirische redenen.

De tweede vraag gaat in op factoren die de adoptie van innovaties kunnen verklaren. Zo kunnen bijvoorbeeld de beschikbaarheid van financiële mogelijkheden, de omvang van de productie, het aantal specialisten, achterstand in kennis en veranderingsgezindheid bepalend zijn voor de adoptie van innovaties.

Bij de derde vraag gaat het om het effect van de innovaties op de kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen. Daarbij wordt gebruikgemaakt

van de resultaten van eerder onderzoek naar de productiviteit en kostendoelmatigheid in de ziekenhuizen (Blank et al., 2011).

De voorliggende studie strekt zich uit over de periode 2003-2009 die overeenkomt met de periode die is gekozen in het eerdergenoemde productiviteitsonderzoek, en beperkt zich tot de algemene ziekenhuizen in Nederland.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is als volgt samengesteld. In hoofdstuk 2 worden begrippen en voorgaand onderzoek uiteengezet. Hoofdstuk 3 beschrijft de theorie en de methode van aanpak. Voor elk van de drie onderzoeksvragen worden modellen gekozen en beschreven. Hoofdstuk 4 bevat de beschrijving van de gegevens van de innovaties, de determinanten van adoptie door de ziekenhuizen, en de kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen. Hoofdstuk 5 geeft de resultaten van het onderzoek met een beschouwing weer met kanttekeningen bij de studie en de consequenties voor beleid. In de bijlagen is achtergrondinformatie opgenomen.

2 Begrippen en voorgaand onderzoek

2.1 Inleiding

De literatuur over adoptiepatronen, determinanten van adoptie en kostendoelmatigheid door innovatie is omvangrijk en divers. Complicerende factor is dat in verschillende sectoren verschillende begrippen worden gehanteerd. Om eenduidigheid in deze studie te bevorderen worden eerst begrippen afgebakend als innovatie en innovatiekenmerken, ziekenhuiskenmerken, omgevingsfactoren, productiviteit en doelmatigheid. Vervolgens wordt internationale literatuur over adoptie van innovaties, determinanten van adoptie en doelmatigheid toegelicht.

2.2 Begrippen

2.2.1 Innovatie

Het begrip innovatie kent een diversiteit aan definities en omschrijvingen. Schumpeter definieert innovatie als volgt: *‘the introduction of new goods (...), new methods of production (...), the opening of new markets (...), the conquest of new sources of supply (...) and the carrying out of a new organization of any industry’* (Schumpeter (1934), p. 66)). Rogers definieert een innovatie als *‘... an idea, practice, or project that is perceived as new by an individual or other unit of adoption’* (Rogers (2003), p. 12). Een ruimere en pragmatische beschrijving wordt gegeven door Prince et al. (2005), p. 16): *‘het anders doen van bestaande dingen’*.

In deze studie wordt de definitie van Rogers (2003) gevolgd, omdat hierin het accent ligt op *‘perceived as new’*, waardoor een scherpe afbakening ontstaat. Substituties en vervanging door nieuwe generaties technologieën worden hierdoor uitgesloten. De uitsluiting is weer van belang, omdat er zeer veel evolutionaire ontwikkelingen zijn (Ottes & Grootjans-van Kampen, 2011).

Dit kan geïllustreerd worden aan de hand van een voorbeeld in kader 2-1. Het voorbeeld maakt duidelijk dat een innovatie niet zonder meer scherp kan worden afgebakend. Hierdoor ontstaan er uiteenlopende typen en vormen van een innovatie, die voor de één nieuw zijn en voor de ander een modificatie van bestaande technologie. Dit heeft consequenties voor het meten van de adoptie van de innovatie. Niet voor alle innovaties is een uniek jaar van invoering aan te wijzen, er kan sprake zijn van een geleidelijk invoeringsproces.

Kader 2-1 Het meten van harttonen

De basis voor het principe van het meten van harttonen is in 1901 gelegd door William Einthoven. Dit principe leidde tot de analoge 12 lead ECG-opnemer, vervolgens de draagbare analoge ECG-opnemer, de ECG-opnemer met holter-verbinding voor datacommunicatie en interpretatie, ECG-opnemers met minder leads (respectievelijk 8, 5, 3 en 1), de digitale ECG-opnemer, de draagbare digitale ECG-opnemer, de draagbare ECG-opnemer met digitale telefoonaansluiting, de draagbare ECG-opnemer met automatische analyse, de draagbare ECG-opnemer met automatische analyse en elektrische interventie, de draagbare ECG-opnemer met elektronische plaatsbepaling; etc.

2.2.2 Kenmerken van innovaties

Innovaties hebben kenmerken die van belang zijn voor de adoptie. Rogers (2003) definieert vijf generieke kenmerken van innovaties: relatief voordeel, uitwisselbaarheid, complexiteit, proefmogelijkheid en zichtbaarheid. Hij vindt dat innovaties met hoge scores op de kenmerken relatief voordeel, uitwisselbaarheid, proefmogelijkheid en zichtbaarheid doorgaans sneller worden geadopteerd dan innovaties met lagere scores.

Wij kiezen voor onze determinantenanalyse de innovatiekenmerken die Rogers (2003) heeft beschreven. In de literatuur wordt ook veelal hiervan uitgegaan. Tabel 2-1 geeft een overzicht van de uitwerking van deze kenmerken voor een aantal ziekenhuisinnovaties volgens de literatuur. Opmerkelijk is dat het aantal artikelen na 2000 beperkt is ten opzicht van het aantal artikelen in de jaren tachtig van de vorige eeuw. Literatuur voor 2000 is vermeden, omdat de techniek waarmee de innovaties zijn gerealiseerd doorgaans sterk afwijkt van huidige technieken. Het overzicht geeft aan dat niet alle kenmerken relevant zijn of een voldoende betrouwbare verklaring geven van de adoptie van innovaties. Bruikbaarheid wordt het meest gebruikt voor de verklaring van de adoptie, maar er is ook aandacht voor relatief voordeel. Dat laatste wordt in deze studies echter uitgelegd als effectiviteit en niet als bijdrage van de innovatie aan de kostendoelmatigheid. In deze studie geven wij daarom een eigen interpretatie aan de kenmerken, zoals beschreven in paragraaf 4.2.

Tabel 2-1 Kenmerken van innovaties volgens de literatuur

Studie	Innovatie	Innovatiekenmerk
Ash et al. (2001)	Informatiesysteem	Complexiteit
Bernsteina et al. (2007)	Informatiesysteem	Relatief voordeel, bruikbaarheid, gebruikersgemak, risico
Chau en Hu (2002)	Zorg op afstand	Bruikbaarheid, gebruiksgemak
Ghodeswar en Vaidyanathan (2006)	Informatiesystemen	Bruikbaarheid, gebruiksgemak, risico, veiligheid
Helitzer et al. (2003)	Zorg op afstand	Relatief voordeel
Hu et al. (2002)	Zorg op afstand	Bruikbaarheid, gebruiksgemak, risico, veiligheid
Menachemi et al. (2004)	Zorg op afstand	Relatief voordeel, uitwisselbaarheid, complexiteit, proefmogelijkheid en zichtbaarheid
Nguyen et al. (2004)	Zorg op afstand	Relatief voordeel, bruikbaarheid
Nystrom et al. (2002)	Beeldvormende systemen	Bruikbaarheid
Park en Chen (2007)	Smartphone	Bruikbaarheid, gebruiksgemak
Rahimi et al. (2009)	Informatiesysteem	Bruikbaarheid, gebruikersgemak, uitwisselbaarheid

2.2.3 Kenmerken van ziekenhuizen

Ziekenhuizen zijn divers. Dat geldt ook voor gelijksoortige ziekenhuizen zoals de algemene ziekenhuizen. De verschillen ontstaan door diversiteit in keuzes van bestuur en directie op het gebied van bedrijfsvoering, interne sturing, technologie en samenwerking, zoals beschreven door Blank et al. (2010). De keuzes bepalen de mate van innovatief gedrag en daarmee het vermogen tot adoptie van innovatie(s). Een organisatie kan zelfs in algemene zin klaar zijn voor verandering, maar hoeft niet bereidwillig te staan tegenover adoptie van een specifieke innovatie (Dückers & Wagner, 2005).

Ziekenhuizen zijn instellingen die zelfs een natuurlijke weerstand hebben tegen innovatie (Kraan van der, 2006). De weerstand is niet alleen gebaseerd op relatieve complexiteit, relatief risico en relatieve investeringen, zoals Batz et al. (1999) noemen, maar ook op de mogelijkheid dat men verplicht wordt bij een vaste leverancier in te kopen en mogelijke onomkeerbaarheid van een gemaakte keuze voor een innovatie (Mascia & Cicchetti, 2011). Ook sociale factoren zijn van belang zoals de rol van specialistennetwerken en omgaan met mogelijke tegenslag (Leonard, 2004) (Fitzgerald et al., 2002). Frambach en Schillewaert (2002) geven een overzicht van kenmerken van zorgorganisaties in relatie tot de adoptie van sociale innovaties op basis van literatuuronderzoek. De literatuur bevat verder beschrijvingen van de kenmerken van netwerken van zorgorganisaties (Brinkhuis, 2010) en regionale samenwerkingsvormen in de zorg (Van Wijngaarden et al.,

2010). Deze laatste twee groepen worden in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Of een ziekenhuis klaar is voor adoptie van een specifieke innovatie, hangt volgens Greenhalgh et al. (2004) en Gustafson et al. (2003) af van de volgende vragen:

- Is de huidige situatie niet langer gewenst?
- Sluit de innovatie aan bij bestaande waarden, strategieën, doelen, mix van bekwaamheden, ondersteunende technologieën en werkwijzen?
- Wat zijn de implicaties van de innovatie op korte en lange termijn?
- Wat is de positie en het aantal pleitbezorgers/supporters van de innovatie?
- Is er voldoende tijd en financieel budget, ook op lange termijn?
- Is er voldoende deskundigheid en capaciteit om het effect van de innovatie te evalueren?

Niet al deze determinanten zijn echter geschikt voor kwantitatieve analyse. Ook ontbreken veelal data voor deze determinanten en zijn ze niet eenvoudig uit te vragen. Daarom kiezen wij voor determinanten die te vinden zijn in de jaarverslagen van de ziekenhuizen. In de empirische beschrijving van de gebruikte gegevens (§ 4.3) gaan wij hierop nader in.

2.2.4 Omgevingsfactoren

Omgevingsfactoren die in het algemeen van invloed zijn op de adoptie van innovatie zijn overheidsbeleid, concurrentie, budgettering, privatisering, fusie en acquisitie, locatiemarkten en arbeidsmarktontwikkelingen (Van Beers et al., 2008). Specifieke factoren die samenhangen met het Nederlandse overheidsbeleid, zoals wet- en regelgeving, toelatingscriteria, toezicht, bekostiging en subsidies, zijn systematisch beschreven door de Algemene Rekenkamer (2008) en Van Est en De Haan (2010). Daarnaast hebben ziekenhuizen te maken met ontwikkelingen in de demografie, epidemiologie en preferenties van patiënten (Bokhari, (2009). Deze factoren beïnvloeden de zogenaamde casemix en de daarmee samenhangende technologiekeuzes en de adoptie van innovaties. Voor een historisch overzicht van ontwikkelingen in de institutionele context verwijzen we naar Blank en Eggink (2011). Deze ontwikkelingen betreffen alle ziekenhuizen. Het overheidsbeleid en de budgettering zijn voor alle ziekenhuizen gelijk en worden daarom niet meegenomen in deze studie. Privatisering, fusie en acquisitie hebben in de onderzoeksperiode nauwelijks plaatsgevonden en worden om die

reden niet meegenomen. Lokale kenmerken van de demografie, epidemiologie en de arbeidsmarkt kunnen wel van belang zijn. In de voorliggende studie worden de omgevingsfactoren die adoptie beïnvloeden echter beperkt tot concurrentie om empirische redenen.

2.2.5 Productiviteit en doelmatigheid

Productiviteit is de verhouding tussen het productievolume en het volume van de ingezette middelen. Indien bij gelijkblijvend productievolume de kosten dalen dan neemt de productiviteit toe. Een dergelijke meting kan worden uitgevoerd op het niveau van de ziekenhuissector als geheel (zie bijvoorbeeld Blank & Eggink, (2011)) waardoor inzicht verkregen kan worden in effecten van regulering. Een dergelijke meting kan ook worden uitgevoerd op het niveau van de instellingen (zie bijvoorbeeld Blank et al., (2011)). Het voordeel van die aanpak is dat de productiviteit kan worden uitgesplitst naar de ingezette middelen. Zo kan de arbeidsproductiviteit en ook de productiviteit van het kapitaal worden berekend. Voor het meten van de productiviteit(sontwikkeling) op sectorniveau worden andere methoden gebruikt dan voor het meten van de productiviteit(sontwikkeling) op instellingsniveau.

Doelmatigheid is afgeleid van het begrip productiviteit. Het verwijst naar het statische deel van verschillen in de productiviteit en heeft voornamelijk betrekking op dat deel van de productiviteit dat direct aan de bedrijfsvoering is te relateren. De doelmatigheid van een instelling wordt gemeten ten opzichte van de best presterende instelling(en). Dat is/zijn de instelling(en) die hetzelfde niveau van productie realiseert/realiseren, maar met lagere kosten van de ingezette middelen. De doelmatigheid wordt dus doorgaans berekend bij een gelijke schaal van de productie, waardoor ook vergelijking mogelijk wordt. Ook kan de doelmatigheid van een specifiek ziekenhuis vergeleken worden met de doelmatigheid van een groep of zelfs alle ziekenhuizen. Verschillen in doelmatigheid kunnen ontstaan door technologische ontwikkelingen in de tijd of door veranderingen in de omgevingskenmerken. Op basis van beide typen metingen kan getracht worden om verschillen te verklaren en zo inzicht te verkrijgen in effecten van maatregelen door beleidsmakers bij de overheid, en bestuur en management van de ziekenhuizen. Voor een toegankelijke verhandeling over deze begrippen verwijzen we verder naar Blank (2010).

2.3 Voorgaand onderzoek

Wij beschouwen in deze studie alleen voorgaand onderzoek in relatie tot de vraagstelling: innovaties en adoptiepatronen, determinanten van adoptie en effecten van innovaties op de kostendoelmatigheid. Ten tweede beperken wij ons tot innovaties in de ziekenhuissector, en ten derde tot empirisch onderzoek. In Nederland hebben Schrijvers et al. (2002), Blank en Van Hulst (2005a, 2005b) en de RVZ (2010) onderzoek gedaan naar de adoptie van innovaties. Deze publicaties vormen de belangrijkste spiegelinformatie voor onze studie.

2.3.1 Innovaties en adoptie

De eerste onderzoeken naar adoptiepatronen in de ziekenhuizen dateren uit de jaren vijftig (Coleman et al., 1957) en zestig van de vorige eeuw (Hage, 1963). Vanaf de jaren tachtig neemt het aantal onderzoeken snel toe en verschijnen er studies binnen diverse disciplines zoals land- en tuinbouw, consumentenmarketing en de gezondheidszorg. Het theoretisch kader ontwikkelde voortvarend vanuit diverse disciplines, waarvan organisatiekunde, consumentenonderzoek en economie de belangrijkste zijn. Het aantal methoden en technieken voor het meten van adoptie nam toe. Greenhalgh et al. (2004) hebben een systematisch literatuuroverzicht samengesteld op basis van meer dan duizend artikelen over aspecten van adoptie van innovatie in medische dienstverlening, zoals het gedrag van de adopters, kenmerken van de in- en externe omgeving en implementatiestrategieën. Spetz en Maiuro (2004) meten de adoptie van 33 innovaties op basis van beschikbare databestanden. Zij vinden niet alleen verschillende patronen voor verschillende innovaties, maar ook verschillende patronen voor soortgelijke innovaties. Hier speelt ambiguïteit in de afbakening van innovaties een rol. Zij doen dan ook de aanbeveling om groepen van innovaties te analyseren om een betrouwbaar beeld te krijgen van adoptiepatronen. Ook Papageorgiou et al. (2007) beschikken over omvangrijke bestanden. Zij doen onderzoek naar de adoptie van negen clusters van innovaties en onderzoeken bovendien de relatie tussen adoptie van die clusters en de gezondheidsstatus van de bevolking in 63 landen. Blank en Van Hulst (2005a, 2005b) meten het aantal adopties van innovaties in zeven hoofdgroepen in de Nederlandse algemene ziekenhuizen in de periode 1995-2005. Zij laten de adopties zien per innovatie en per groep van innovaties.

Wetenschappelijk onderzoek richt zich verder op het modelleren van de adoptie van substituties, zoals geïntroduceerd door bijvoorbeeld Cutler en Huckman (2003) en Geroski (2000). Hierbij speelt het verdringen van een bestaande technologie door een nieuwe technologie een rol. Beide theorieën zijn nog niet voltooid. Ze zouden wel relevant kunnen worden voor de meting van adoptie van innovaties in ziekenhuizen. In de zorg is er immers bij veel innovaties sprake van een vorm van substitutie, zoals wel blijkt uit het voorbeeld van de ECG-registratie in paragraaf 2.2.1. In deze studie blijven substituties buiten beschouwing.

Voorgaand onderzoek naar de adoptie van innovaties in ziekenhuizen maakt duidelijk dat er zeer veel factoren in het spel zijn die de adoptiepatronen beïnvloeden. De patronen verschillen per innovatie, maar ook voor dezelfde innovatie worden in verschillende landen verschillende patronen gevonden. Het vergelijken van adoptiepatronen moet dan ook met enige terughoudendheid gebeuren.

2.3.2 Adoptie en determinanten

Op het gebied van determinantenonderzoek is eveneens literatuur beschikbaar. Batz et al. (1999) vinden dat slechts drie kenmerken van innovaties effect hebben op de snelheid van adoptie in ziekenhuizen. Het betreft: relatieve complexiteit, relatief risico en relatieve investeringen. Hierbij is 'relatieve investeringen' een deelaspect van 'relatief voordeel' volgens Rogers (2003). Fonckych en Taylor (2005) vinden grote verschillen in de adoptiepatronen van zorginformatiesystemen tussen ziekenhuizen met en zonder winstdoelstelling: de eerste groep is veel minder geneigd te adopteren dan de tweede, zelfs indien er sprake is van concurrentie. Zij vinden ook dat kleine ziekenhuizen minder informatiesystemen adopteren dan grote ziekenhuizen. De trage adoptie van informatiesystemen in de ziekenhuissector rekenen Lin et al. (2011) toe aan weerstand tegen veranderingen van medisch personeel en toename van administratieve handelingen.

Sloan et al. (1986) onderzoeken innovaties in de chirurgie en vinden een positieve correlatie tussen adoptie van innovaties en welvaart van patiënten, locatie en ziekenhuiskenmerken zoals omvang en opleidingsstatus, maar een negatieve correlatie met prijzen.

Bokhari (2009) vindt op het gebied van de interventiecardiologie dat adoptie blijkt toe te nemen met concurrentie van nabijgelegen ziekenhuizen, maar afneemt met het aantal patiënten. Adoptie blijkt ook

afhankelijk te zijn van de adoptiegraad van omliggende ziekenhuizen: hoe lager de mate van adoptie door andere ziekenhuizen hoe lager de eigen adoptie. Bij een heel hoge graad van adoptie van omliggende ziekenhuizen neemt de eigen adoptie juist af. Dormont en Milcent (2005) komen tot vergelijkbare conclusies en voegen eraan toe dat in geval van vaste prijzen voor zorgdiensten de adoptie van innovaties voortgang vindt zolang dit tevens leidt tot verkorting van verpleegduur.

Op het gebied van de intensieve verzorging van pasgeborenen vinden Baker en Phibbs (2002) dat de adoptie van innovaties afneemt naarmate het marktaandeel intensieve verzorging van de betreffende instelling toeneemt.

Dezelfde conclusie trekt Baker (2001) met betrekking tot MRI-diagnostiek. Zweifel (1995) onderzoekt het effect van de invoering van Diagnosis Related Groups (DRG's) op de adoptie van innovaties en concludeert dat deze invoering leidt tot vertraging van adoptie van overige innovaties. Zij vinden vooral bij de ziekenhuizen met meer dan 200 bedden een verschuiving van aandacht voor innovatie naar aandacht voor prijzen en de bijbehorende onderhandelingen daarover. Een innovatie leidt immers niet automatisch tot een betere prijs voor de zorg die geleverd wordt met de innovatie. Deze bevinding kan ook van belang zijn voor Nederland, vanwege de invoering van de Diagnose Behandel Combinaties (DBC's) en DBC's op weg naar Transparantie (DOT).

Het blindelings adopteren van innovaties leidt juist tot verhoging van de zorguitgaven en afname van kostendoelmatigheid, zoals blijkt uit onderzoek van Polchlopek (2011). Blank en Van Hulst (2005a, 2005b), ten slotte, vinden voor de Nederlandse algemene ziekenhuizen in 1997-2002 een gevarieerd beeld van de determinanten. Bij de ene innovatie is een determinant positief en bij een andere innovatie negatief. De geschatte bijdragen van het aantal specialisten per opname is opvallend hoog en veelal negatief. De tijd blijkt de adopties van alle innovaties positief en significant te verklaren.

2.3.3 Innovaties en kostendoelmatigheid

De effecten van innovaties op kostendoelmatigheid zijn onderzocht en de conclusies zijn divers. Ko en Osei-Bryson (2004) vinden een toename van kostendoelmatigheid door de adoptie van zorginformatiesystemen. Himmelstein et al. (2009) richten zich op kosten- en kwaliteitseffecten van informatiesystemen. Zij vinden kwaliteitsverbetering noch

kostenverlaging. Ook Zhivan en Diana (2011) onderzoeken relaties tussen het adoptiegedrag voor informatiesystemen en kostendoelmatigheid, en ook zij vinden er geen. Skinner en Staiger (2009) vinden wel een hogere kostendoelmatigheid bij ziekenhuizen die nieuwe medicijnen adopteren voor de behandeling van hartfalen. Cutler en Huckman (2003) vinden lagere marginale kosten door innovatie in de interventiecardiologie, maar weer hogere totale kosten vanwege sterke toename van het volume. De kosten van infrastructuur blijken de adoptie van innovaties voor staaroperaties te remmen (Ghodeswar & Vaidyanathan, 2006). De literatuur geeft geen eenduidig beeld van het effect van concurrentie op de doelmatigheid van ziekenhuizen. Volgens Chua et al. (2011) heeft concurrentie in Australië een positief effect op de doelmatigheid. Chu et al. (2011) vinden in Taiwan geen effect. Blank en Van Hulst (2005a, 2005b), ten slotte, vinden voor Nederlandse algemene ziekenhuizen significante positieve beïnvloeding van ketenzorg en logistiek op de kostendoelmatigheid. De voordelen wegen op tegen de extra kosten. Zij vinden het omgekeerde bij multidisciplinaire diagnostiek en ziekenhuisverplaatste zorg. Niet-significante effecten gelden voor technische kwaliteit, verpleegkundige spreekuren en ICT.

Het voorgaand onderzoek maakt duidelijk dat de uitkomsten van deze studies niet zonder meer mogen worden gegeneraliseerd, vanwege grote verschillen tussen de innovaties, adoptercategorieën, landen, perioden, regulering en financiering.

3 Theorie en methode van aanpak

3.1 Inleiding

Het onderzoek wordt uitgevoerd in drie fasen:

1. meting van de adopties van innovaties;
2. het determinantenonderzoek;
3. de analyse van relaties tussen innovatie en kostendoelmatigheid.

Bij de meting van de adoptie van innovaties gaat het om het vaststellen van het aantal innovaties dat per jaar per ziekenhuis wordt geadopteerd. Daaraan vooraf gaat de keuze van de te onderzoeken innovaties. Bij het determinantenonderzoek gaat het om de vraag wat de kenmerken zijn van de ziekenhuizen die de meeste innovaties adopteren. Bij de analyse van de relatie tussen innovatie en kostendoelmatigheid gaat het om het vaststellen van de bijdrage van de innovaties aan de kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen. De drie modellen worden hierna nader beschreven.

3.2 Model voor adoptie

In de literatuur zijn drie basismodellen voor het meten van de adoptiepatronen beschreven. De belangrijkste literatuur voor wetenschappelijke ontwikkelingen is te vinden op het gebied van de marketing, waarin adoptie en de voorspelling van het adoptiepotentieel van consumentenproducten centraal staan.

De drie basismodellen zijn:

- evolutionaire verspreiding, beschreven door een exponentieel model met één variabele, de tijd;
- evolutionaire verspreiding, beschreven door een S-model, het Bass-model;
- cumulatieve verspreiding, beschreven door een S-model met één variabele, de tijd.

Evolutionaire verspreiding van innovaties gaat uit van de gedachte dat de groei in adopties tot op zekere hoogte het logisch gevolg is van aantallen gerealiseerde adopties. Dit is een directe uitwerking van de

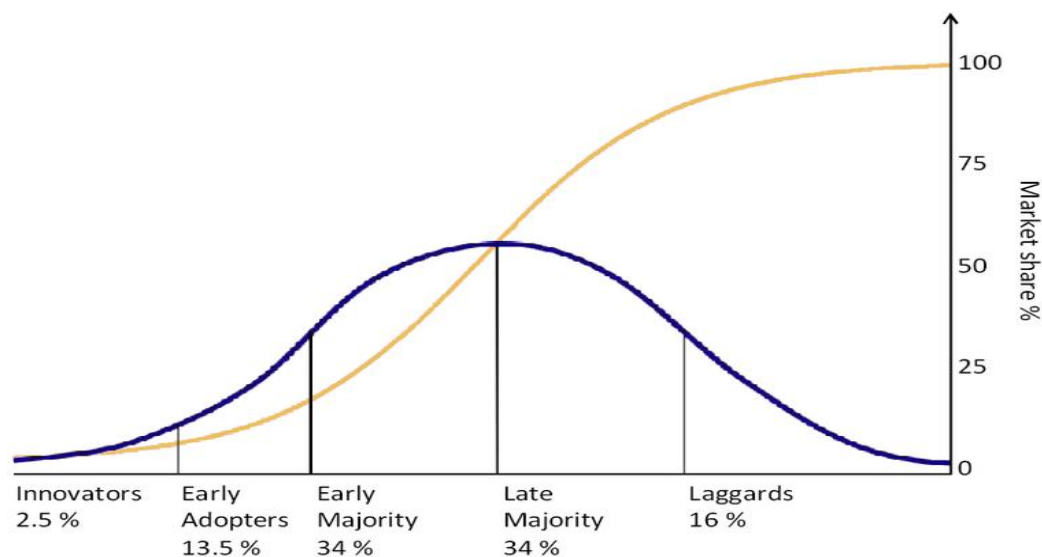
diffusietheorie van Rogers (2003), waarbij de zichtbaarheid van de innovatie een van de kenmerken is. De evolutionaire modellen zijn betrouwbaar in geval van zeer grote aantallen adopties, zoals bij consumentenproducten. Het eerste model voor evolutionaire verspreiding is beschreven door Fournier en Woodlock (1960). Zij veronderstellen een exponentiële groei van de adopties, met tijdafhankelijke exponent. Het model van Fournier en Woodlock is vooral gebruikt om adopties in voorliggende perioden te kunnen voorspellen en heeft weinig navolging gekregen in de literatuur. In deze studie gaat het om het verklaren van adopties en niet om het voorspellen. Om die reden passen wij dit model niet toe.

Evolutionaire verspreiding van innovaties kan ook worden gebaseerd op het Bass-model (1966, 2004), maar nu vormgegeven door een S-curve van cumulatieve aantallen adopties. Dit is het meest uitgebreid beschreven model in de literatuur, en wordt vooral toegepast in marketingonderzoek. Er zijn diverse schattingsmethoden voor het Bass-model. Een uitgebreid overzicht daarvan is gegeven door Mahajan et al. (1990). Bass zelf beveelt de kleinste kwadratenmethode (OLS) aan (Bass, 2004). Andere schattingsmethoden zijn de niet-lineaire kleinste kwadratenmethode (NLE) volgens Srinivasan en Mason (1986), de *maximum-likelihood* schatting (MLE) volgens Schmittlein en Mahajan (1982), een *Bayesiaanse updating* methode volgens Sultan et al. (1990) en een *hierarchical Bayes* schatting volgens Lenk en Rao (1990). Tests voor de parameterspecificatie zijn beschreven door Bemmaor en Lee (2002) en Li (2005). Geavanceerde filtermethoden voor dit model zijn beschreven door Bretschneider en Mahajan (1980) en Xie et al. (1997). Het Bass-model wordt vooral gebruikt om adopties in voorliggende perioden te kunnen voorspellen. Om die reden passen wij dit model niet toe.

Ten slotte is er het model voor cumulatieve verspreiding, dat is beschreven door Rogers (2003). Rogers beschouwt adoptie als het proces waarbij een innovatie wordt gecommuniceerd via bepaalde kanalen en in de loop van de tijd onder de leden van een sociaal systeem. Dit model veronderstelt geen specifiek verspreidingsgedrag, in tegenstelling tot de andere modellen. Het model beschrijft de feitelijke adopties in cumulatieve aantallen, waardoor een S-model ontstaat met één variabele, de tijd. Met dit model kunnen niet alleen de aantallen adopties gemeten worden, maar ook de snelheid en de versnelling van adoptie in gekozen perioden. Bovendien kunnen adoptercategorieën worden onderscheiden, waardoor min of meer homogene groepen van adopters ontstaan. Rogers onderscheidt vijf categorieën adopters: de innovators, opinieleiders (*early*

adopters), trendvolgers (*early majority*), meelopers (*late majority*) en de achterblijvers (*laggards*). De categorieën worden bepaald door het moment waarop een innovatie wordt geadopteerd, ten opzichte van de mediaan adopter. Zo vormen de innovators de eerste 2,5% van de adopters, de opinieleiders de volgende 13,5%, gevolgd door de trendvolgers (34%), de meelopers (34%) en de achterblijvers (16%). Rogers heeft deze percentages gekozen op basis van omvangrijk wetenschappelijk onderzoek in uiteenlopende sectoren. De literatuur geeft twee methoden om het model te schatten: de *finite differences method* beschreven door Scitovski en Meler (2002), en de gegeneraliseerde *logistics curve*, ook wel Richard's curve genoemd, beschreven door Richards (1959) en Bech en Hobijn (2007). De S-curve en de adoptercategorieën zijn geïllustreerd in figuur 3-1.

Figuur 3-1 De S-curve en indeling in adoptie categorieën



Bron: Rogers (2003)

Wij kiezen voor het model volgens Rogers (2003), omdat dit model geen specifiek verspreidingsgedrag veronderstelt anders dan dat de innovaties bekend zijn bij de potentiële adopters.

De meting van de adopties komt neer op het vaststellen van de parameters van de gegeneraliseerde *logistics curve* zoals beschreven door Bech en Hobijn (2007). Hiermee sluiten we aan bij de meeste empirische studies zoals beschreven in paragraaf 2.3.1 en hebben we de mogelijkheid om uitkomsten te vergelijken met die van Blank en Van Hulst (2005a).

De gegeneraliseerde *logistics curve* beschrijft het aandeel van de instellingen dat jaar j een innovatie heeft geadopteerd. In deze studie gaat het om het aandeel ziekenhuizen dat in jaar t een innovatie voor het eerst heeft geadopteerd. De curve wordt beschreven door:

$$a_t = \frac{1}{\left(1 + \kappa \exp(-\gamma(t - t_{max}))\right)^{1/\kappa}} + u_t \quad (3-1)$$

met:

t : het jaar waarin de adoptie plaatsvond;

κ, γ, t_{max} : te schatten parameters;

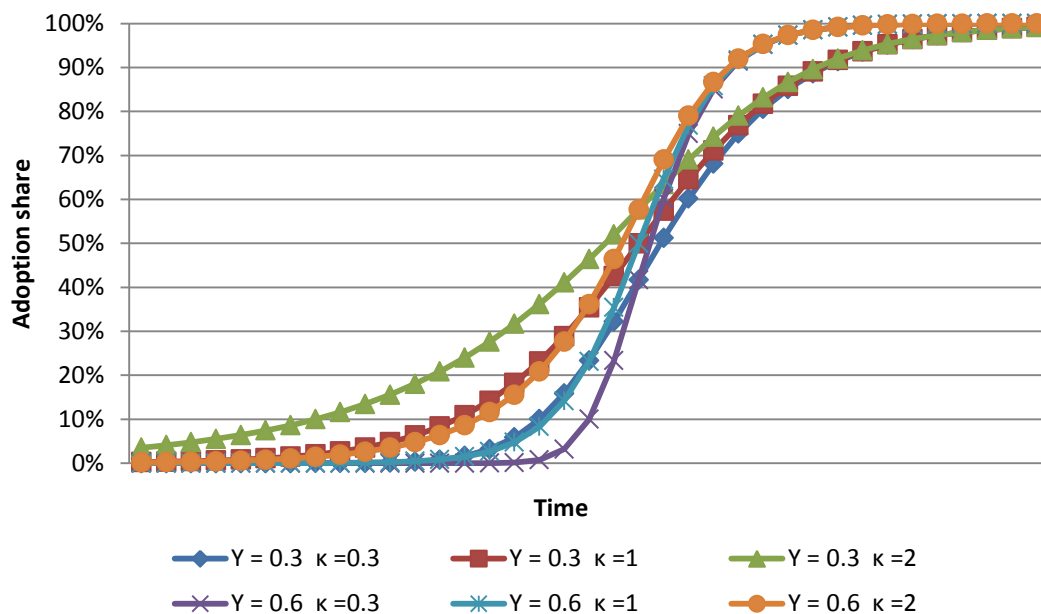
u_t : de foutterm.

t_{max} is het jaar waarin de versnelling van adoptie het hoogst is. Dit is het buigpunt van de S-curve, zoals afgebeeld in figuur 3-1.

κ is een omgekeerd evenredige maat voor de snelheid van adoptie. Indien de adoptie door innovators en trendvolgers hoger is dan door meelopers, vinden we hogere waarden voor κ . Als de adoptie vooral plaatsvindt door de achterblijvers, vinden we voor κ waarden kleiner dan 1. De curve is symmetrisch om t_{max} als $\kappa = 1$. Met andere woorden, hoe hoger κ hoe langer het duurt voordat de adoptie volledig is. γ is een maat voor de versnelling van adoptie. Indien de adoptie van de innovatie constant is voor alle jaren dan is $\gamma = 0$. In dat geval kan er geen onderscheid gemaakt worden tussen adoptercategorieën. In het geval van een symmetrische curve ($\kappa = 1$) betekent een waarde $\gamma = 0,3$ dat het 22 jaar duurt voordat het aantal adopties groeit van 10% naar 90%. Is de waarde $\gamma = 0,6$ dan wordt deze groei gerealiseerd in acht jaar. Met andere woorden, hoe hoger γ hoe hoger de versnelling van de adoptie.

De parameters κ, γ en t_{max} van vergelijking 3-1 zijn geschat met de kleinste kwadratenmethode. Hiervoor is eerst de logaritme genomen van de linker- en rechterhand van de vergelijking. Figuur 3-2 illustreert de S-curve voor verschillende waarden van κ en γ . De kortste adoptieperiode vinden we bij $\gamma = 0,6$ en $\kappa = 0,3$, de langste bij $\gamma = 0,3$ en $\kappa = 2$.

Figuur 3-2 Voorbeelden van S-curves



3.3 Model voor determinantenanalyse

De adoptie van innovaties wordt beïnvloed door kenmerken van het ziekenhuis en door kenmerken van de innovaties. Beide worden onderzocht. De analyse van de determinanten wordt uitgevoerd met een regressieanalyse naar analogie met Blank en Van Hulst (2005a).

De ziekenhuizen hebben verschillende kenmerken, de determinanten. De vraag is, welke kenmerken domineren bij ziekenhuizen die de meeste innovaties adopteren. Aangezien niet alle mogelijke kenmerken in de analyse aan bod kunnen komen, is er ook een trend toegevoegd. Deze trend is een containerbegrip waarin andere kenmerken, die door de jaren heen veranderen, zijn opgenomen. Het belangrijkste kenmerk in de trend is wellicht de adoptie van kennis zelf. Eerst moeten ziekenhuizen kennis hebben over een nieuwe aanpak en de voordelen en de risico's ervan, voordat men adoptie gaat overwegen. Kenmerken die niet worden meegenomen in de analyse maar wel bijdragen aan verschillen tussen ziekenhuizen komen tot uitdrukking in een soort restterm. De gekozen kenmerken van de innovaties komen aan de orde bij de empirische beschrijving van de gegevens in paragraaf 4.3.

Een regressieanalyse kwantificeert de bijdrage van ieder kenmerk aan de waarde van de innovatie-index. Dit leidt tot de volgende te schatten relaties:

$$Innov = \alpha + \sum_l \beta_l \cdot Det_l + \tau_t \cdot Trend + v \quad (3-2)$$

met :

Innov: het aantal innovaties;
Det_l: determinant l van de ziekenhuizen;
Trend: trendterm voor de periode 2003-2009;
 α, β_l, τ_t : te schatten parameters;
v: de foutterm.

Ook de innovaties hebben verschillende kenmerken. En ook hiervan is de vraag welke kenmerken de adoptie bevorderen en welke kenmerken de adoptie belemmeren. Hierbij maken we gebruik van de algemene kenmerken zoals beschreven door Rogers (2003). De gekozen kenmerken van de innovaties komen aan de orde bij de empirische beschrijving van de gegevens in paragraaf 4.3. We onderzoeken of de snelheid van adoptie verklaard kan worden aan de hand van de kenmerken van de innovaties. De regressieanalyse kwantificeert dan de bijdrage van ieder kenmerk aan de snelheid van adoptie. Dit leidt tot de volgende te schatten relaties:

$$snelheid = \alpha + \sum_k \beta_k \cdot Ken_k + v \quad (3-3)$$

met :

snelheid: de snelheid van adoptie van de technologie;
Ken_k: kenmerk k van de innovaties;
 α, β_k : te schatten parameters;
v: de foutterm.

Vergelijking 3-2 en 3-3 worden geschat met de kleinste kwadratenmethode. Voor details over de toepassing van deze schattingstechniek zie bijvoorbeeld Verbeek (2012).

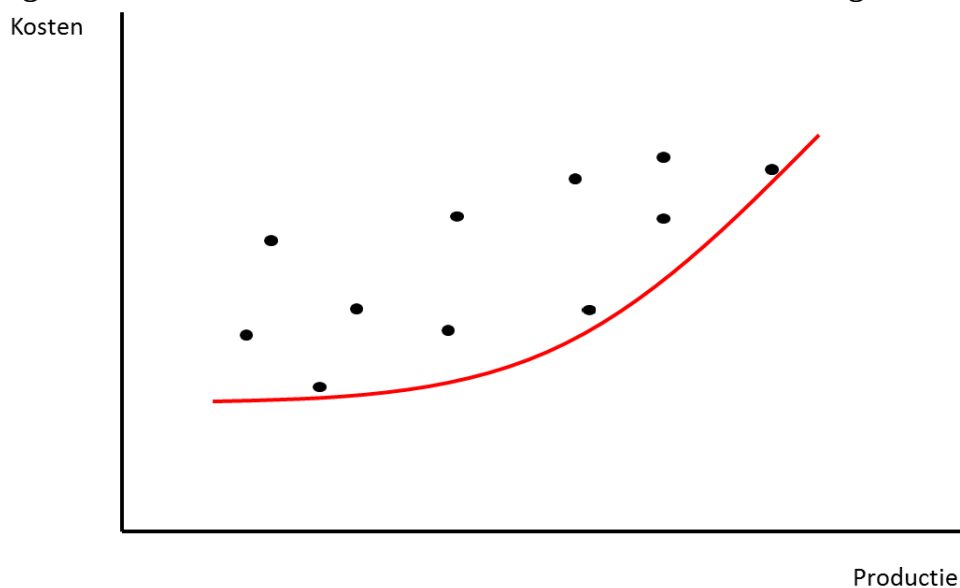
3.4 Model voor kostendoelmatigheid

Om de bijdrage van innovaties aan de kostendoelmatigheid te meten moeten we eerst de kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen meten. De kostendoelmatigheid wordt gemeten aan de hand van een kostenfunctie, zoals beschreven door bijvoorbeeld Blank en Van Hulst (2009). Een kostenfunctie geeft de samenhang weer tussen enerzijds de kosten en

anderzijds de omvang en samenstelling van de productie, de prijzen van de ingezette middelen en de stand van de techniek. Onder het laatste valt de aanwezigheid van innovaties. Om het kostenmodel met econometrische technieken te schatten is het noodzakelijk een bepaalde wiskundige vorm te kiezen. Een van de meest flexibele vormen is de zogenoemde translogfunctie. Deze door Christensen et al. (1973) ontwikkelde vorm wordt zonder enige twijfel het meest toegepast. De precieze specificatie van het model is opgenomen in Blank et al. (2011). Uit het kostenmodel zijn diverse economische relaties voor ieder ziekenhuis af te leiden, waaronder de kostendoelmatigheid.

Figuur 3-3 geeft een grafische voorstelling van een kostenfunctie en kostendoelmatigheid. Op de horizontale as is de productie weergegeven en op de verticale as de kosten. Ieder punt in de figuur representeert de kosten en productie van een ziekenhuis in een gegeven jaar. De (verticale) afstand van een punt tot de kostenfunctie geeft de kostendoelmatigheid weer.

Figuur 3-3 Voorbeeld van een kostenfunctie en kostendoelmatigheid

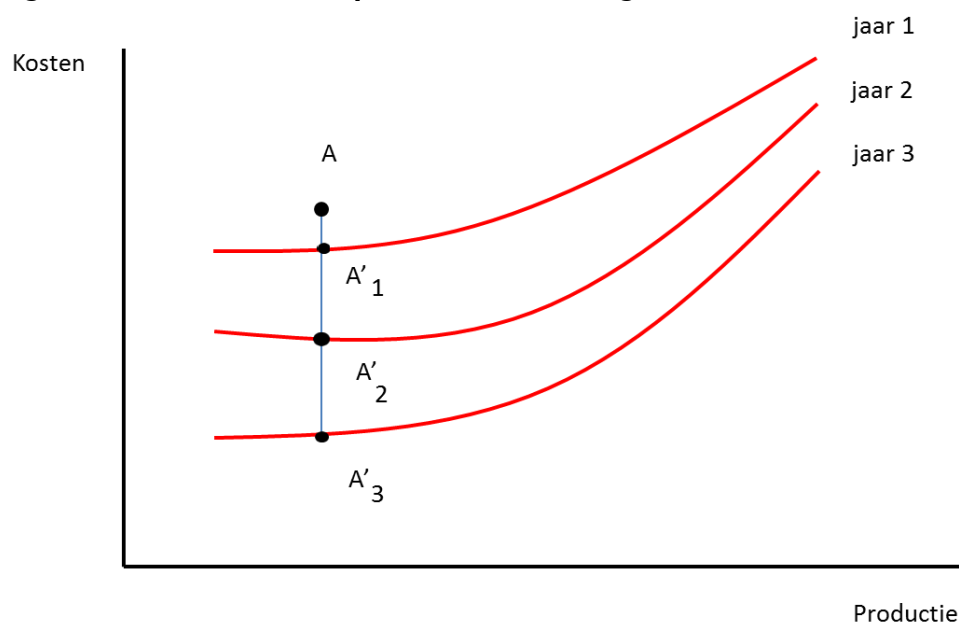


Er zijn technieken om de kostenfunctie zo te bepalen dat deze aan de onderkant van de puntenwolk van ziekenhuizen ligt. Aan de onderkant van de puntenwolk liggen de ziekenhuizen met de laagste kosten gegeven de productie. De functie die de onderkant van de puntenwolk beschrijft, kent verschillende benamingen zoals beste praktijk, *frontier* of grenskostenfunctie. Ziekenhuizen die op de frontier liggen zijn kostendoelmatig. Ziekenhuizen die niet op de frontier liggen zijn

kostenondoelmatig en zouden theoretisch een verbetering van maximaal de afstand tot de kostenfunctie kunnen realiseren. Hierbij wordt de afstand gemeten bij gelijkblijvende productie. De (relatieve) afstand tot de kostenfunctie is een maat voor de kostendoelmatigheid van het ziekenhuis. Dit is een getal tussen 0 en 100%, waarbij bijvoorbeeld 90% aangeeft dat het betreffende ziekenhuis de kosten met 10% kan reduceren zonder de productie aan te passen. Het is mogelijk dat ziekenhuizen jaar na jaar opschuiven in de richting van de frontier. Ziekenhuizen worden dan doelmatiger. Als over de gehele linie sprake is van opschuiven in de richting van de frontier dan is dat een vorm van doelmatigheidsverbetering.

De genoemde score voor de kostendoelmatigheid wordt vervolgens gebruikt om na te gaan of deze wordt veroorzaakt door de aan- of afwezigheid van bepaalde innovaties in een ziekenhuis. De kostendoelmatigheid wordt hier overigens afgeleid door de innovatie van het meest recente jaar te gebruiken. In concreto: de gegevens hier hebben betrekking op ziekenhuizen in de periode 2003-2009. De frontier kostenfuncties voor 2009 geldt daarom hier als referentiepunt voor de berekening van de kostendoelmatigheid voor alle ziekenhuizen over de gehele periode. Deze aanpak is geïllustreerd in figuur 3-4 aan de hand van drie denkbeeldige jaren.

Figuur 3-4 Frontier kostenfuncties en doelmatigheid



Jaar 3 is hierin 2009, het laatste jaar in de periode. De kosten en productie van ziekenhuis A in jaar 1 (bijvoorbeeld 2003) en jaar 2 (bijvoorbeeld 2004) zijn ingetekend. Ziekenhuis A kan dezelfde productie realiseren met de kosten A_1' respectievelijk A_2' en A_3' . De doelmatigheidsscores van A worden nu niet berekend ten opzichte van A_1' in jaar 1, of A_2' in jaar 2, maar ten opzichte van A_3' in jaar 3.

Bij gegeven innovaties bestaat de laatste stap uit een regressieanalyse van de kostendoelmatigheid op de hele groep van onderscheiden innovaties. Hoewel de scores voor de kostendoelmatigheid afgeknot zijn op 1 is het aantal deelnemende ziekenhuizen te beperkt om gebruik te kunnen maken van een speciaal hierop geënte methode, zoals de Tobit-analyse. Het toepassen van de methode van *ordinary least squares* (OLS) is hier ook niet geheel zonder problemen. Er bestaat immers een grote kans dat er sprake is van een omgekeerde causaliteit en/of endogeniteit. Het kan immers zo zijn dat goed presterende ziekenhuizen (hoge doelmatigheidsscores) ook over meer financiële reserves beschikken dan andere ziekenhuizen en daaruit eenvoudig innovaties kunnen financieren. Een andere vorm van endogeniteit betreft de kosten die voortvloeien uit de introductie van een nieuwe innovatie. Dikwijls gaan innovaties in eerste instantie gepaard met extra kosten voor aanpassingen aan de infrastructuur, voor gewenning van het gebruik van de innovatie of voor omscholing van het personeel. Eventuele introductiekosten of aanpassingskosten kunnen het werkelijke effect vertroebelen. Wij komen aan dit probleem tegemoet door de aanwezigheid van een technologie in het introductiejaar niet mee te nemen in de analyses. Ook is het mogelijk dat er selectiviteit ontstaat door de gekozen innovaties of juist door het ontbreken van innovaties. Het is in de praktijk heel moeilijk voor dit probleem een adequate oplossing te vinden. Hierbij worden we echter geholpen door het gegeven dat we over paneldata kunnen beschikken. Met paneldata zijn we in feite in staat een quasi-experiment uit te voeren, waarbij we controleren voor mogelijke endogeniteit. Stel dat er een variabele bestaat 'innovatiecultuur', die we niet kunnen waarnemen, maar waarbij hoge innovatiecultuur leidt tot hoge scores voor doelmatigheid en tot innovativiteit, dan kunnen we hiervoor controleren door gebruik te maken van een zogenoemde *fixed effects* methode. Deze methode gaat ervan uit dat de innovatiecultuur door de jaren heen constant (*fixed*) is en dat deze door een specifieke constante voor het ziekenhuis kan worden weergegeven. Het effect van een innovatie op de kostendoelmatigheid is dan veel nauwkeuriger te meten. Ter vergelijking van de uitkomsten voeren we ook een analyse uit met een zogenoemde *random effects* methode. Hierbij wordt wel een tijdeffect toegelaten. De *ordinary least squares* methode en de *fixed effects* en

random effects methode zijn beschreven door onder anderen Brüderl (2005).

4 De gegevens

4.1 Inleiding

De uitvoering van de studie vraagt om drie datasets:

1. het aantal adopties van innovaties per jaar per ziekenhuis;
2. determinanten van adoptie;
3. kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen.

De drie gebruikte datasets worden hierna beschreven, evenals de wijze waarop de datasets zijn verkregen.

4.2 Innovaties

Gegevens over de adoptie van innovaties door ziekenhuizen ontbreken in reguliere gegevensbestanden. Daarom is er een bestand aangelegd op basis van een vragenlijst. Daartoe zijn eerst de innovaties geselecteerd en wel in drie stappen. Ten eerste is er een longlist van 350 ziekenhuisinnovaties samengesteld. De lijst is tot stand gekomen door het raadplegen van literatuur en internet. Belangrijke bronnen zijn Spetz en Maiuro (2004), Ghodeswar en Vaidyanathan (2006), Hikmet et al. (2008) en Blank en Van Hulst (2005a). Ten tweede zijn inclusiecriteria gekozen door een expertpanel. De criteria zijn:

1. de raad van bestuur is betrokken bij het invoeringsbesluit;
2. marktpotentieel $\geq 50\%$ ziekenhuizen;
3. de innovatie is bewezen ($5 \text{ jaar geleden} \leq \text{eerste realisatie} \leq 10 \text{ jaar geleden}$);
4. de innovatie is 'herkenbaar' en 'benoembaar' (genericiteit);
5. de innovatie heeft impact op kostendoelmatigheid, veiligheid, kwaliteit van zorg en/of kwaliteit van arbeid;
6. de investeringskosten bedroegen minimaal 250.000 euro;
7. voor implementatie is nieuw personeel aangenomen en/of zijn ≥ 10 personen omgeschoold.

Innovaties die betrekking hebben op heel specifieke diagnoses, medicijnen, behandelingen en laboratoriumapparatuur zijn uitgesloten. Het gaat ons om min of meer generieke ziekenhuisinnovaties. De beeldvormende systemen voor diagnostiek zijn niet opgenomen, omdat deze in 2003 al volledig waren geadopteerd (Blank & Hulst van, 2005a).

Ten slotte is een shortlist samengesteld op basis van de inclusiecriteria en is de lijst geverifieerd door het expertpanel. Het expertpanel heeft de vijf kenmerken van innovaties volgens Rogers (2003) gescoord op een 5-punts Likertschaal. De complete beschrijving van de twintig innovaties is opgenomen in bijlage A, inclusief de scores van hun kenmerken. De deelnemers aan het expertpanel zijn genoemd in bijlage D.

Het jaar van eerste adoptie van de innovaties is uitgevraagd bij de algemene ziekenhuizen. De contactgegevens zijn ontleend aan het ziekenhuisbestand van het CIBG. De enquête is schriftelijk aangekondigd bij de raden van bestuur van elk ziekenhuis. Op basis van instemming met deelname is de vragenlijst elektronisch toegestuurd aan de opgegeven contactpersoon van het ziekenhuis. Voor instemming is veelal telefonisch en/of e-mailcontact geweest met de ziekenhuizen en is gerappelleerd. Voor het uitvragen is gebruikgemaakt van het softwarepakket NetQuestionnaires NetQ. De vragenlijst is op 16 december 2012 verstuurd aan een panel van 23 deelnemers. Op 31 januari is de vragenlijst toegestuurd aan nog eens een panel van 25 deelnemers. Deelname is gerappelleerd op 31 januari, 16 februari en 5 maart 2012. De vragenlijst is afgesloten op 30 maart 2012.

In totaal zijn van 22 ziekenhuizen compleet ingevulde vragenlijsten ontvangen. Dat is 26% van het totaal aantal ziekenhuizen. Er zijn geen incomplete vragenlijsten ontvangen. Acht respondenten zijn topklinische ziekenhuizen. Dat is 37% van de respondenten. Alle gegeven jaartallen waarin opgenomen wanneer de eerste implementatie heeft plaatsgevonden zijn plausibel.

Ten slotte gaan we na of er selectiviteit is ontstaan door de groep ziekenhuizen die aan de vragenlijst hebben deelgenomen. Hiertoe passen we een logistische regressieanalyse (logit-analyse) toe. De afhankelijke variabele is een dummy die de waarde 1 heeft indien een ziekenhuis heeft deelgenomen aan de vragenlijst, en anders 0. De gekozen verklarende variabelen zijn de determinanten voor adoptie (zie § 4.3). De steekproef blijkt niet selectief op alle determinanten.

4.3 Determinanten

Voor de determinanten Det_i van de ziekenhuizen in vergelijking 3-2 onderscheiden wij twee hoofdgroepen: interne en externe factoren. Interne factoren zijn factoren waarop het ziekenhuis (voor een groot deel) invloed kan uitoefenen, zoals beschreven in paragraaf 2.2.2. Deze zijn dus endogeen. De externe factoren zijn de factoren waarop het ziekenhuis geen invloed kan uitoefenen, zoals beschreven in paragraaf 2.2.3.

Wij analyseren de mogelijke determinanten op basis van de belangrijkste kerngegevens over het bedrijfsmatig functioneren van de Nederlandse algemene ziekenhuizen. De gegevens zijn in opdracht van Dutch Hospital Data verzameld door Prismant (2009a, 2009b, 2010). De beschikbare determinanten zijn:

- aandeel specialisten in loondienst;
- aandeel specialisten in opleiding;
- specialisten per duizend opnamen;
- financiële reserves (reserve aanvaardbare kosten, RAK);
- omvang productie (ontslagen en overleden patiënten, inclusief dagbehandeling);
- type ziekenhuis (wel/niet topklinisch);
- aantal locaties;
- Herfindahl-index (HHI).

Het aantal locaties van de ziekenhuizen maakt geen deel uit van de kerngegevens en is verzameld door raadpleging van de websites van de ziekenhuizen. Ook de HHI maakt hier geen deel van uit en is ontleend aan achtergrondstudies van het brancherapport algemene ziekenhuizen 2009 (NVZ, 2009). De Herfindahl-index (soms ook Herfindahl-Hirschman-index) is een maat voor de concentratie (marktaandeel) in een bedrijfstak en wordt gedefinieerd als de som van de kwadraten van alle marktaandelen.

De getalsmatige beschrijving van de determinanten voor alle algemene ziekenhuizen en alle jaren (2003-2009) zijn samengevat in tabel 4-1. De tabel laat zien dat de variaties aanzienlijk zijn. Zo is er een ziekenhuis zonder specialisten in loondienst en een ziekenhuis met alle specialisten in loondienst. Het aandeel specialisten in opleiding varieert van 0% tot 41%. Het RAK-budget is niet voor alle jaartallen beschikbaar. Daarom is dit benaderd door de verhouding van de mutatie van het eigen vermogen tot het

eigen vermogen. Eventuele multicollineariteit tussen de determinanten is onderzocht met behulp van de berekening van het *condition number* (Belsley et al., 1980) en een test op grenswaarden: lager dan 30: dan is er geen sprake van multicollineariteit, hoger dan 30: dan enige mate van multicollineariteit, hoger dan 100: dan grote mate van multicollineariteit. Alle *condition numbers* zijn lager dan 10. Er is dus geen sprake van multicollineariteit. Alle correlatiecoëfficiënten zijn lager dan 0,78.

Tabel 4-1 Getalsmatige beschrijving van de determinanten, 2003-2009

	<i>Gemiddeld</i>	<i>Standaard deviatie</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Aandeel specialisten in loondienst	40%	22%	0%	100%
Aandeel specialisten in opleiding	12%	12%	0%	41%
Specialisten per 1000 opnamen	4,2%	1,1%	2,2%	9,8%
RAK-budget	7,9%	2,0%	-29,9%	23,2%
Omvang productie × 1000	33	16	7	120
STZ-ziekenhuis	0,4	0,5	0	1
Aantal locaties	2,7	1,7	1	7
HHI	4080	1639	1391	9884

Bron: Prismant (2009a, 2009b, 2010) en IPSE Studies, bewerking IPSE Studies

Voor de kenmerken Ken_k van de innovaties in vergelijking 3-3 onderscheiden wij (Rogers, 2003):

- relatief voordeel;
- uitwisselbaarheid;
- complexiteit;
- proefmogelijkheid;
- zichtbaarheid.

De scores zijn gegeven door het expertpanel. Hierbij is gelet op de onderlinge verschillen in de scores. De getalsmatige resultaten zijn weergegeven in tabel 4-2.

Tabel 4-2 De twintig innovaties en expertscores op hun kenmerken

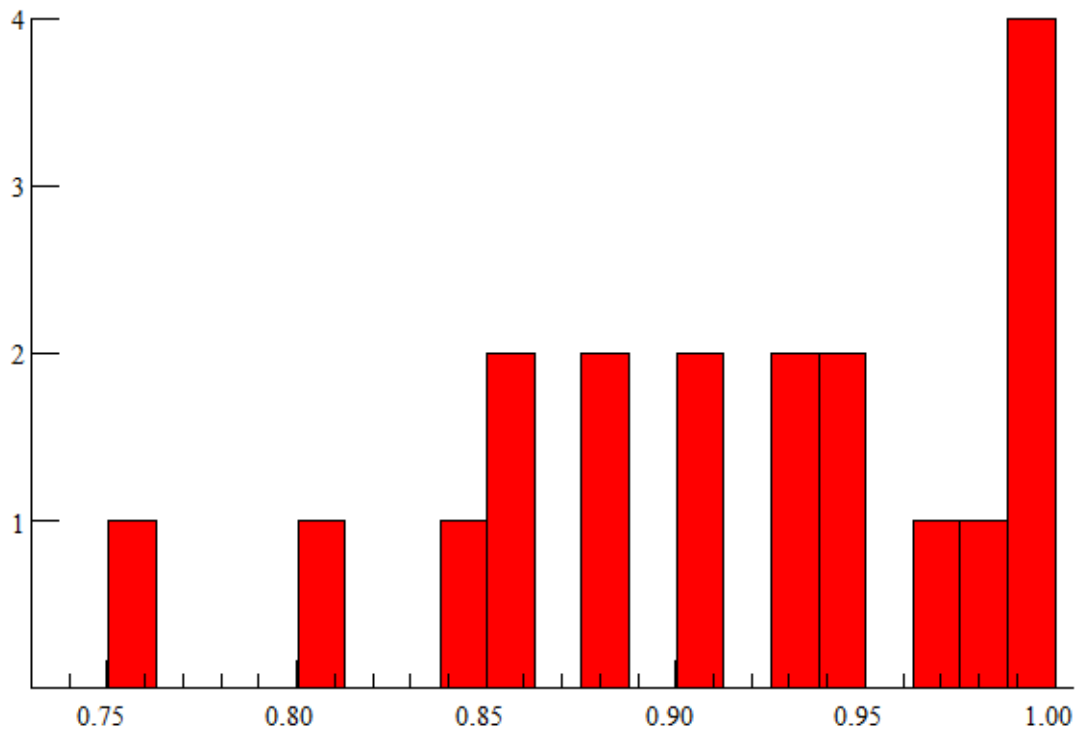
<i>Innovatie</i>	<i>Relatief voordeel</i>	<i>Uitwisselbaarheid</i>	<i>Complexiteit</i>	<i>Proefmogelijkheid</i>	<i>Zichtbaarheid</i>
Kraamsuite	3	4	1	4	4
Online afsprakensysteem	4	4	3	4	5
Digitale beelden op de werkplek van de arts	4	4	2	4	4
Ziekenhuisbreed EPD	4	3	3	2	4
Robotische logistiek	2	2	4	1	3
Elektronisch voorschrijfsysteem	4	3	2	4	3
Veiligheidsmanagementsysteem	3	4	3	3	2
Elektronische registratie aan het bed	3	2	2	4	4
Inkoopsamenwerking	3	3	3	3	2
Het nieuwe werken	3	3	3	3	2
Physician assistant	3	4	2	5	4
Radio frequency identification	2	3	4	3	2
Uitbesteding	2	4	2	3	3
Zorgpaden / klinische paden	4	3	3	3	3
Keteninformatiesystemen	3	3	3	3	3
E-learning	3	3	3	5	3
Multidisciplinaire poliklinieken	4	2	2	3	3
Zorg op afstand	3	3	3	4	4
Minimaal invasieve chirurgie	4	2	3	4	4
Robotchirurgie	2	2	5	2	4

4.4 Kostendoelmatigheid

Een doelmatigheidsscore van 0,80 betekent dat het betreffende ziekenhuis dezelfde productie zou kunnen realiseren tegen 80% van de huidige kosten. In Blank et al. (2011) zijn deze scores berekend voor in totaal 554 waarnemingen over zeven jaren. Hier maken we gebruik van de kostendoelmatigheid van de 22 ziekenhuizen in de steekproef. Figuur 4-1 geeft de frequentieverdeling weer van de kostendoelmatigheidsscores van de 22 ziekenhuizen in de steekproef in 2009.

In 2009 variëren de kostendoelmatigheidsscores van 0,75 tot 1 en de gemiddelde score is 0,92. Vier ziekenhuizen hebben een score 1 in 2009. De gehanteerde methode is robuust, hetgeen betekent dat veel van de afwijkingen ten opzichte van de frontier worden geïnterpreteerd als statistische ruis.

Figuur 4-1 De frequentieverdeling van de kostendoelmatigheidsscores van de ziekenhuizen in de steekproef, 2009



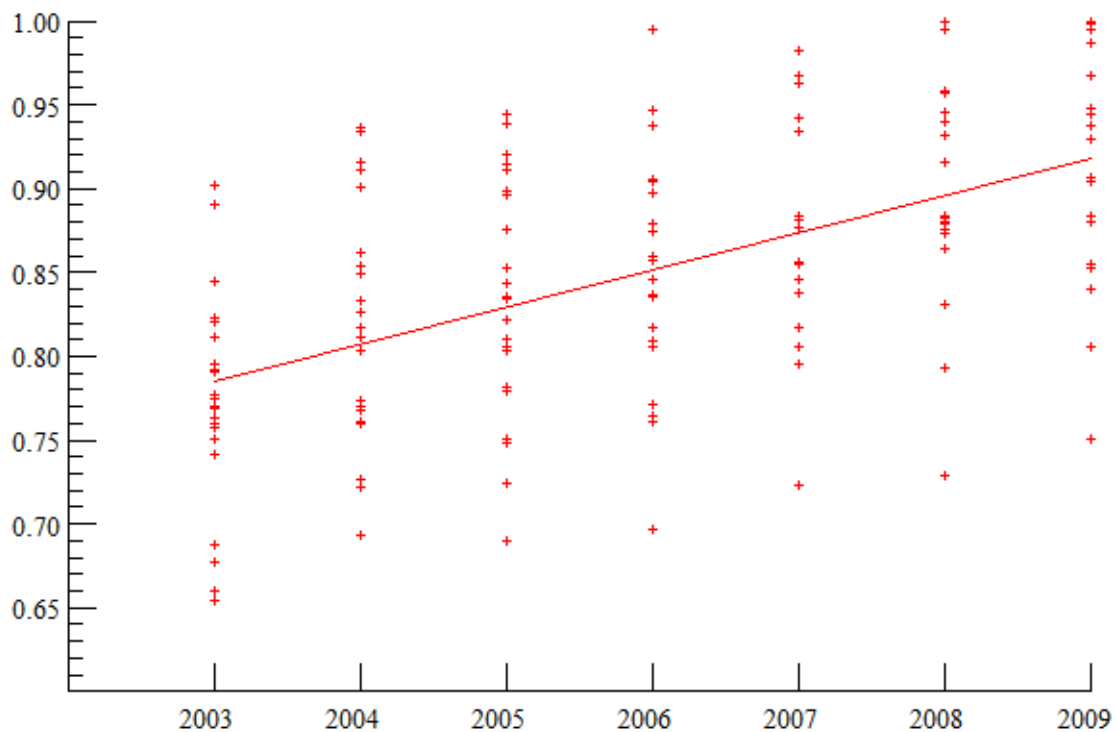
De gemiddelde doelmatigheidsscores van de steekproef zijn eveneens zichtbaar gemaakt. Tabel 4-3 geeft de gemiddelde doelmatigheid per jaar weer en het indexcijfer ten opzichte van het jaar 2003.

Tabel 4-3 De ontwikkeling van de gemiddelde doelmatigheid van de deelnemende ziekenhuizen, index 2003=100

<i>Jaar</i>	<i>Kostendoelmatigheid</i>	<i>Index</i>
2003	0,77	100,0
2004	0,82	105,8
2005	0,84	108,1
2006	0,85	109,9
2007	0,87	112,6
2008	0,90	115,9
2009	0,92	118,3

De tabel laat zien dat de kostendoelmatigheid van de ziekenhuizen in de steekproef zich positief ontwikkelt. De jaarlijkse, individuele scores van de ziekenhuizen in de steekproef zijn geïllustreerd in figuur 4-2.

Figuur 4-2 De doelmatigheidsscores, 2003-2009



5 Resultaten

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de adoptiemeting en de adoptiepatronen, de determinanten van de adopties en de schattingen van de effecten van adopties op de kostendoelmatigheid.

5.2 Innovaties en adoptie

De geschatte karakteristieken van de adoptie van de twintig innovaties zijn weergegeven in tabel 5-1. Hierin zijn κ , γ en t_{max} geschat en is t_0 het jaar waarin de eerste adoptie van de innovatie heeft plaatsgevonden.

Hierbij zij opgemerkt dat er geen onderscheid is gemaakt naar maanden binnen het jaar van eerste adoptie (t_0) en het jaar waarin de versnelling het grootst is (t_{max}). Het aantal adopties per ziekenhuis ligt tussen tien en zeventien met een gemiddeld aantal van iets meer dan twaalf met een standaardafwijking van bijna twee. Het aantal innovaties dat in 50% of meer van de ziekenhuizen is geadopteerd is veertien. Het aantal adopties per jaar voor alle ziekenhuizen varieert van nul tot drie. Eén innovatie (robotische logistiek) is door slechts één van de 22 deelnemende ziekenhuizen geadopteerd. Deze innovatie is verder buiten beschouwing gelaten.

κ is een omgekeerd evenredige maat voor de snelheid van adoptie; hoe lager κ hoe hoger de snelheid. γ is een maat voor de versnelling van de adoptie; hoe hoger γ hoe hoger de versnelling. Is de verhouding γ/κ hoog (>1), dan is er sprake van hoge snelheid en hoge versnelling van adoptie. Dit is het geval bij de kraamsuite, het online afsprakensysteem, elektronisch patiëntendossier, veiligheidsmanagementsysteem en de inkoop samenwerking. Het aantal adopties en de periode waarin de adopties hebben plaatsgevonden variëren sterk.

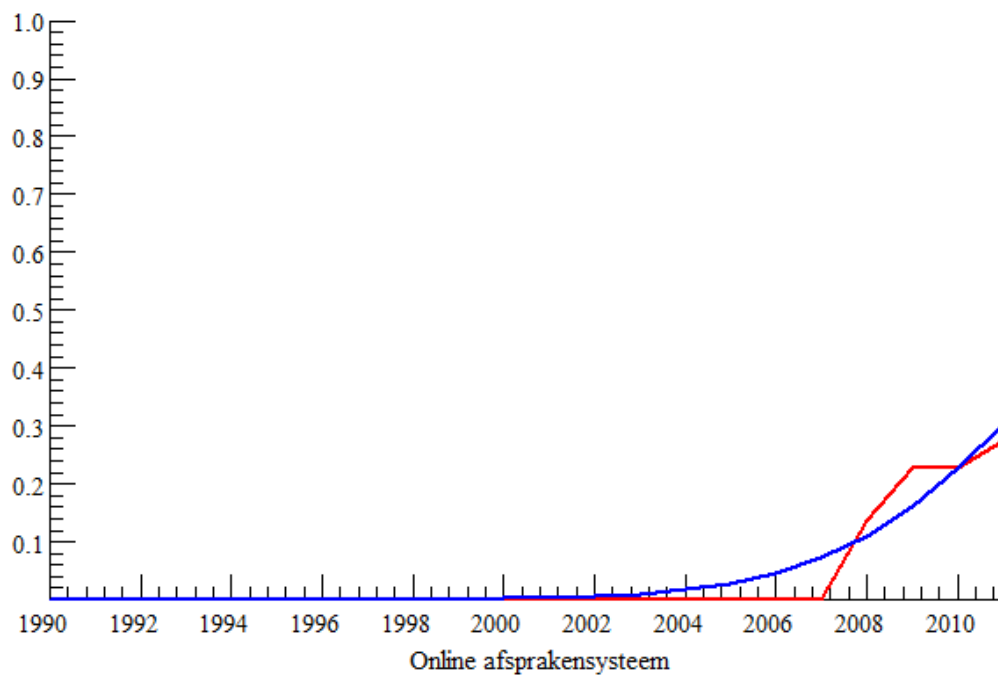
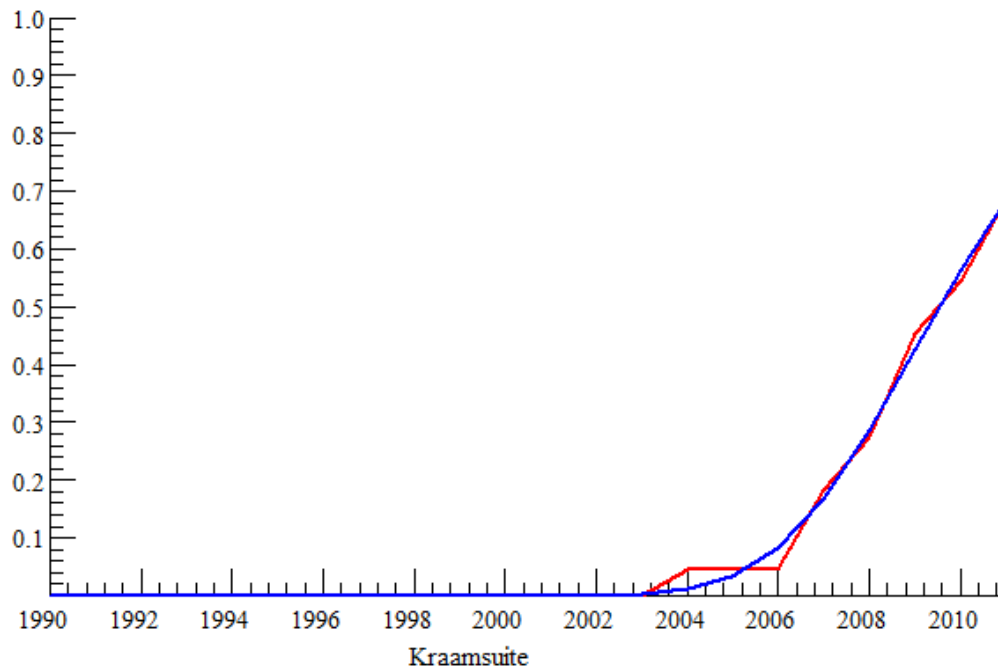
Tabel 5-1 De karakteristieken van adoptie van innovaties

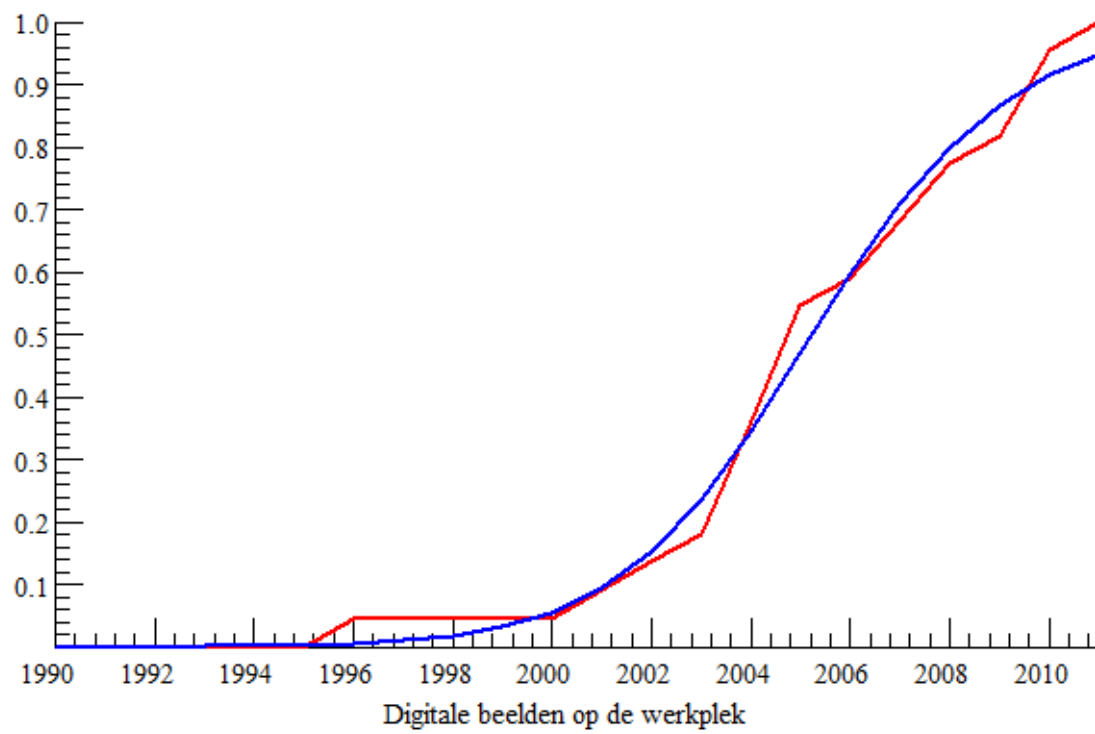
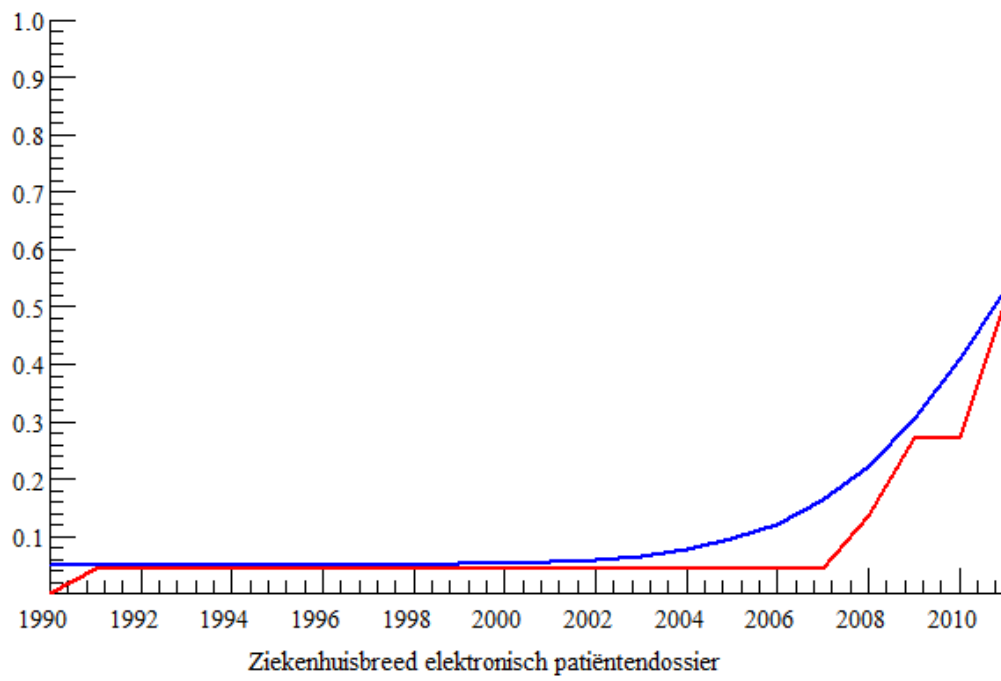
Innovatie	Aantal	t_0	κ	γ	t_{max}
Kraamsuite	15	2004	0,26* (0,19)	0,43* (0,05)	2009* (0,25)
Online afsprakensysteem	6	2008	0,26* (0,19)	0,43* (0,05)	2009* (0,25)
Elektronisch patiëntendossier	11	1991	0,26* (0,19)	0,43* (0,05)	2009* (0,25)
Picture archiving and communication system	22	1996	0,82 (0,35)	0,48* (0,07)	2005* (0,39)
Zorgpaden	22	2000	9,48 (5,53)	2,71 (1,50)	2009* (0,38)
Keteninformatiesysteem	7	2003	4,54 (2,15)	2,11* (0,83)	2008* (0,30)
Elektronisch voorschriftsysteem	13	2006	1,30 (0,45)	0,70* (0,15)	2011* (0,23)
Veiligheidsmanagementsysteem	21	2005	1,03 (0,19)	1,21* (0,08)	2009* (0,08)
Computer on wheels	17	2006	1,41 (0,27)	1,15* (0,12)	2010* (0,10)
E-learning	16	2007	1,74 (0,57)	1,26* (0,25)	2010* (0,18)
Radio frequency identification	5	2007	0,48 (0,34)	0,38* (0,12)	2013* (0,16)
Uitbesteding	4	2005	9,92 (11,01)	3,04 (3,37)	2012* (4,77)
Inkoopsamenwerking	19	1993	5,07 (6,10)	1,70 (1,77)	2009* (0,98)
Het nieuwe werken	13	2005	1,58 (0,39)	1,25* (0,16)	2007* (0,15)
Physician assistant	17	2006	1,58 (0,39)	1,25* (0,16)	2007* (0,15)
Multidisciplinaire poli	21	1990	8,01* (3,16)	1,39* (0,51)	2008* (0,48)
Zorg op afstand	14	1995	0,72 (0,42)	0,28* (0,06)	2008* (0,73)
Minimaal invasieve chirurgie	22	1990	5,11 (2,93)	1,24* (0,61)	2007* (0,66)
Robotchirurgie	8	2008	0,66 (0,40)	1,23* (0,20)	2009* (0,18)

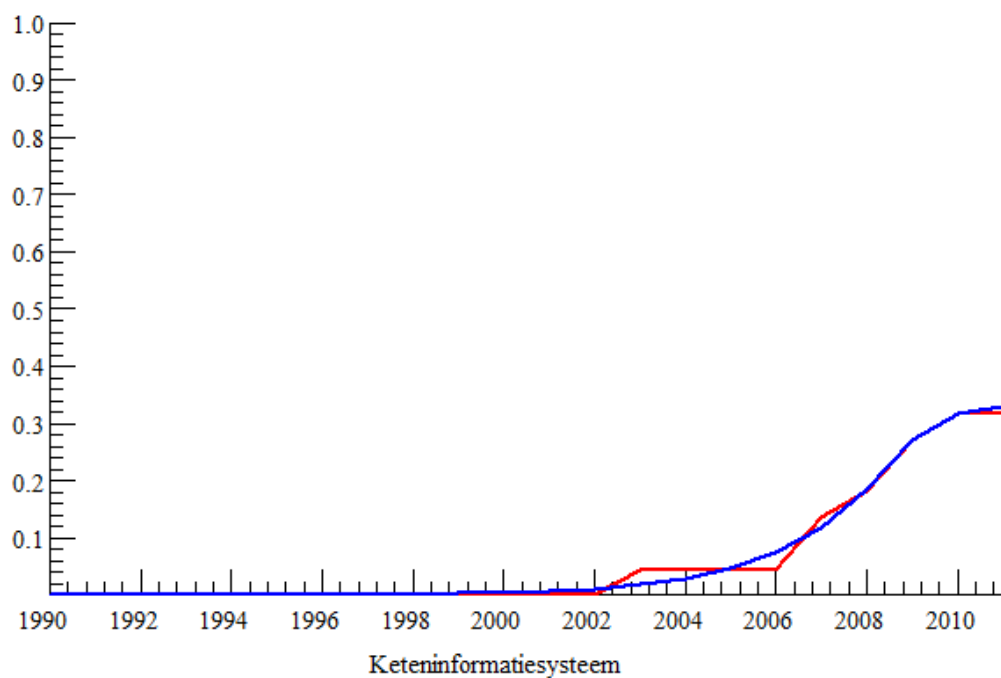
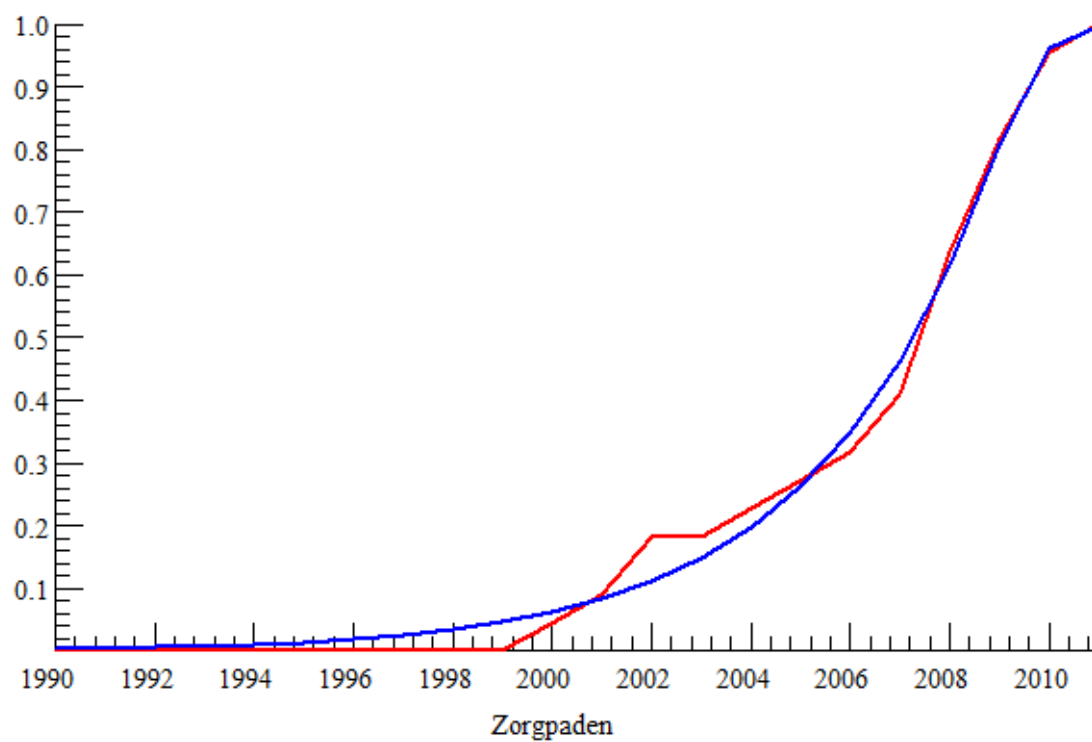
* Significant op 5%-niveau

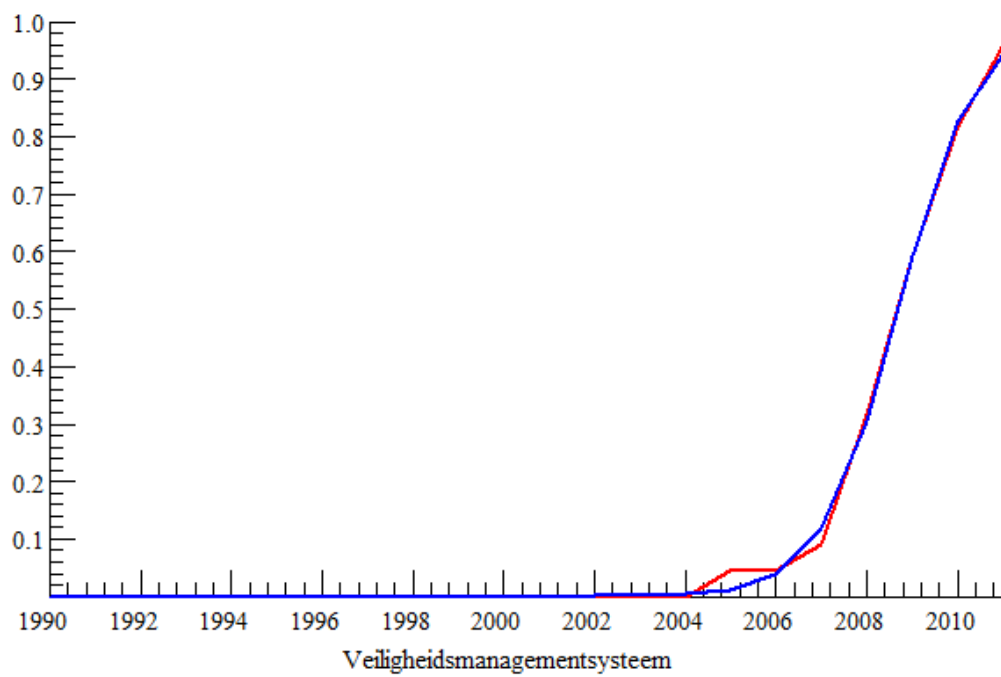
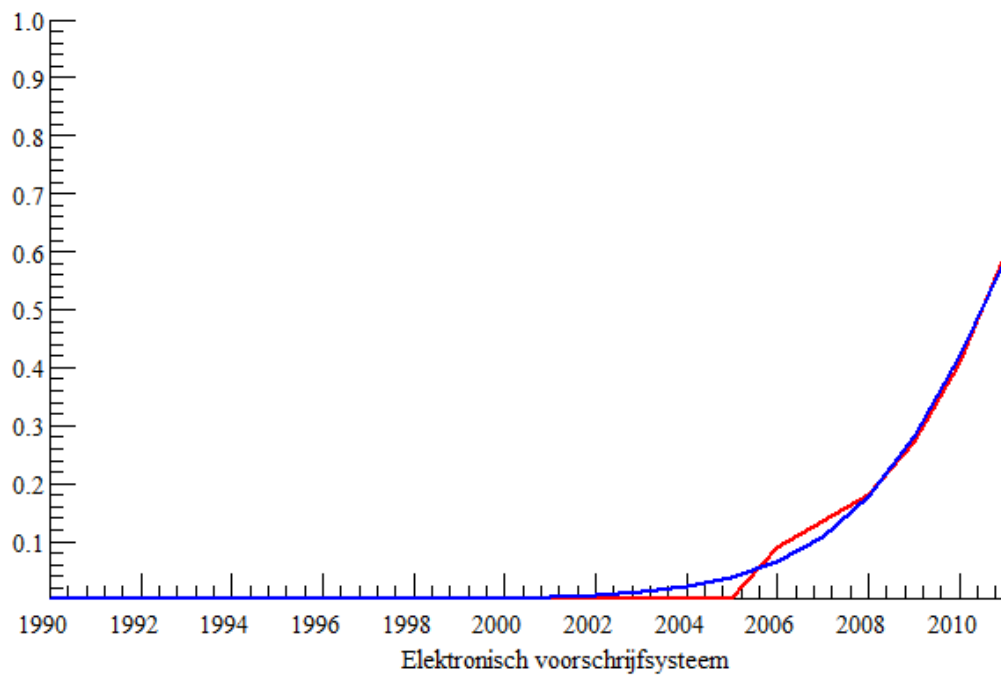
De adoptiecurve van elke innovatie is weergegeven in figuur 5-1. Op de verticale as staat het percentage ziekenhuizen dat de innovatie heeft geadopteerd, op de horizontale as de jaren. Het eerste wat opvalt is dat de schattingen (de blauwe curves) nauwgezet de waarnemingen (de rode curves) volgen.

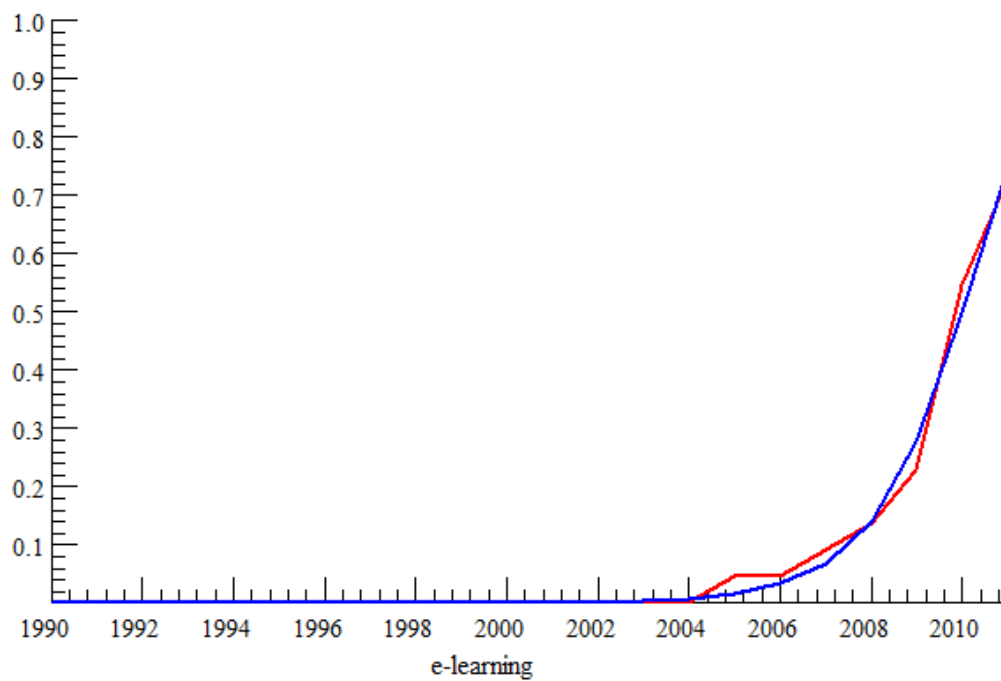
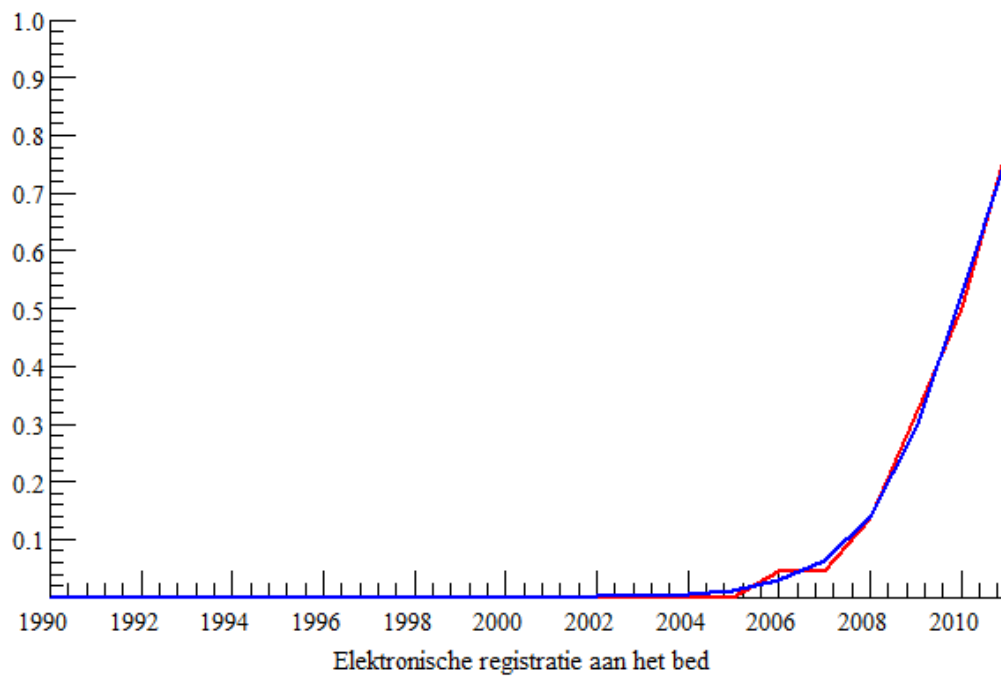
Figuur 5-1 Het verloop van de adoptiecurves van de negentien innovaties. De rode curve geeft de waarnemingen weer en de blauwe curve de schattingen

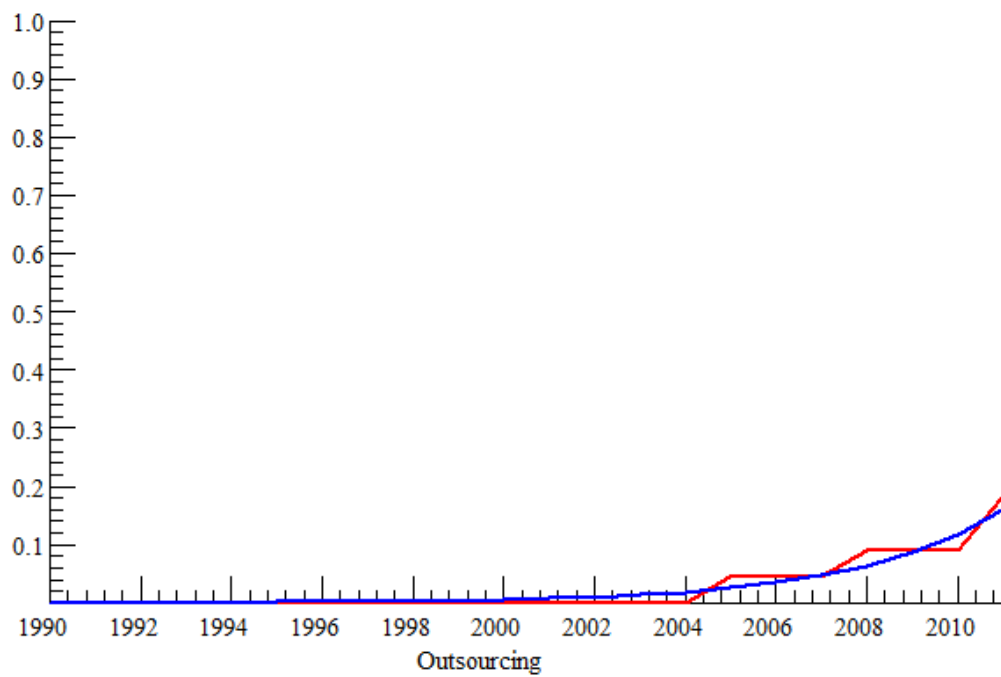
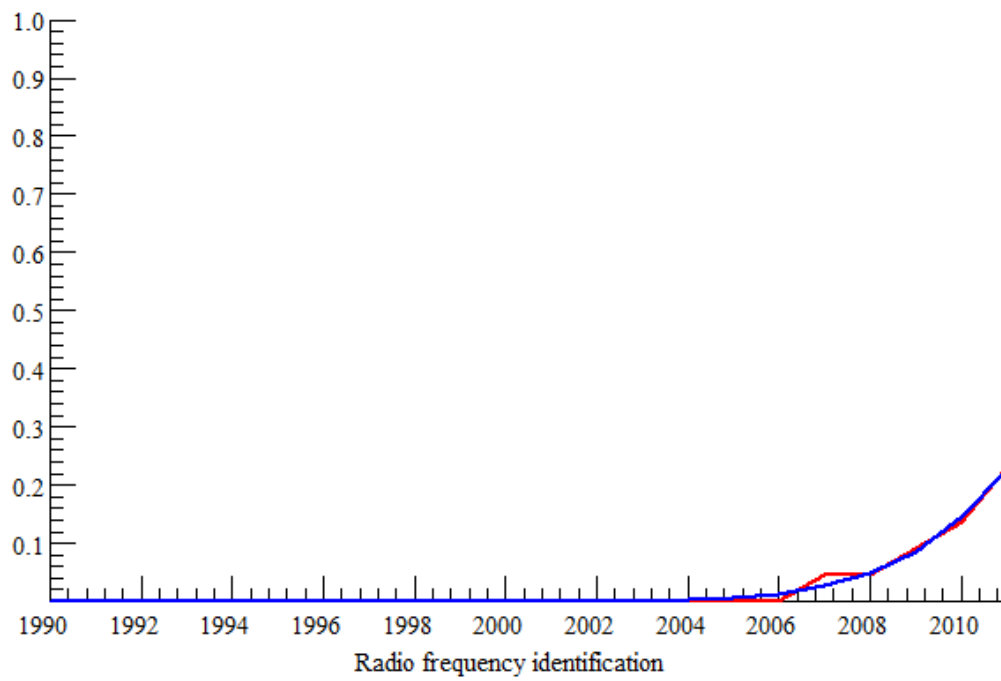


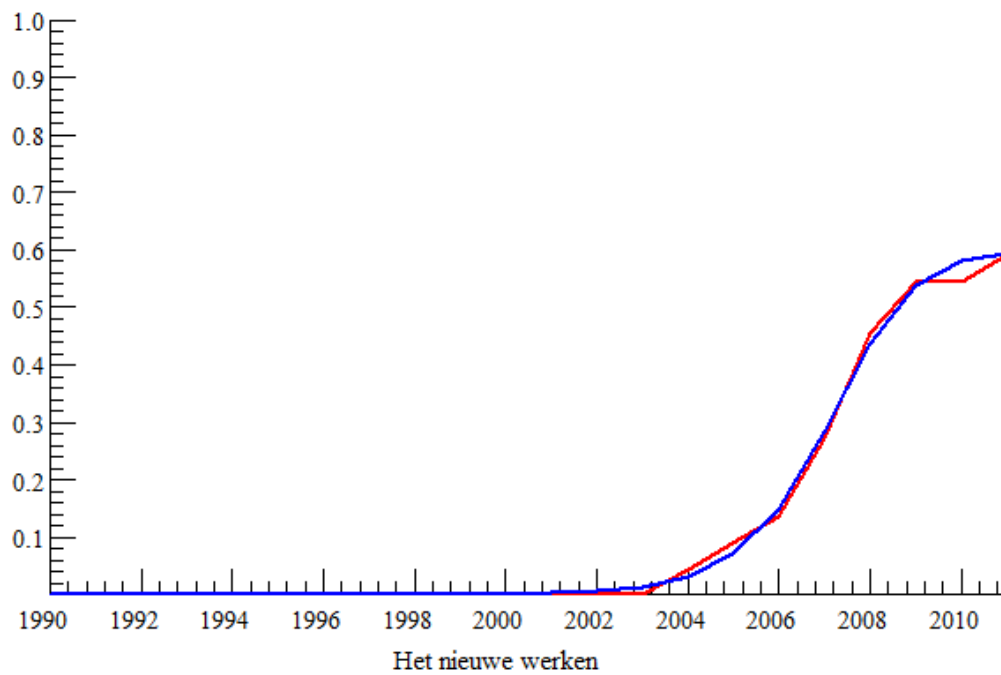
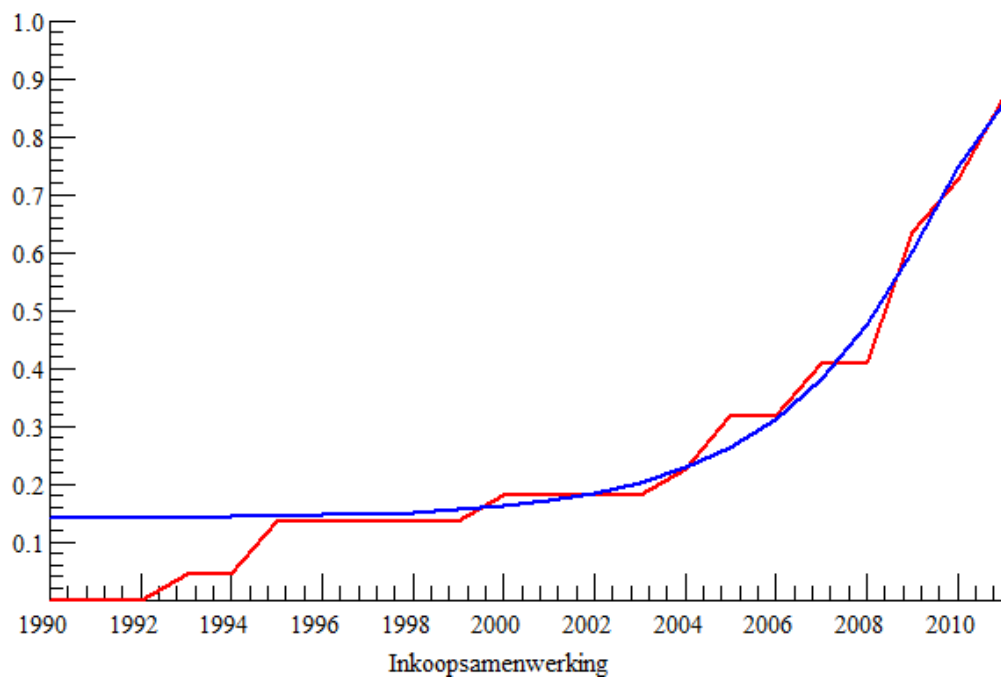


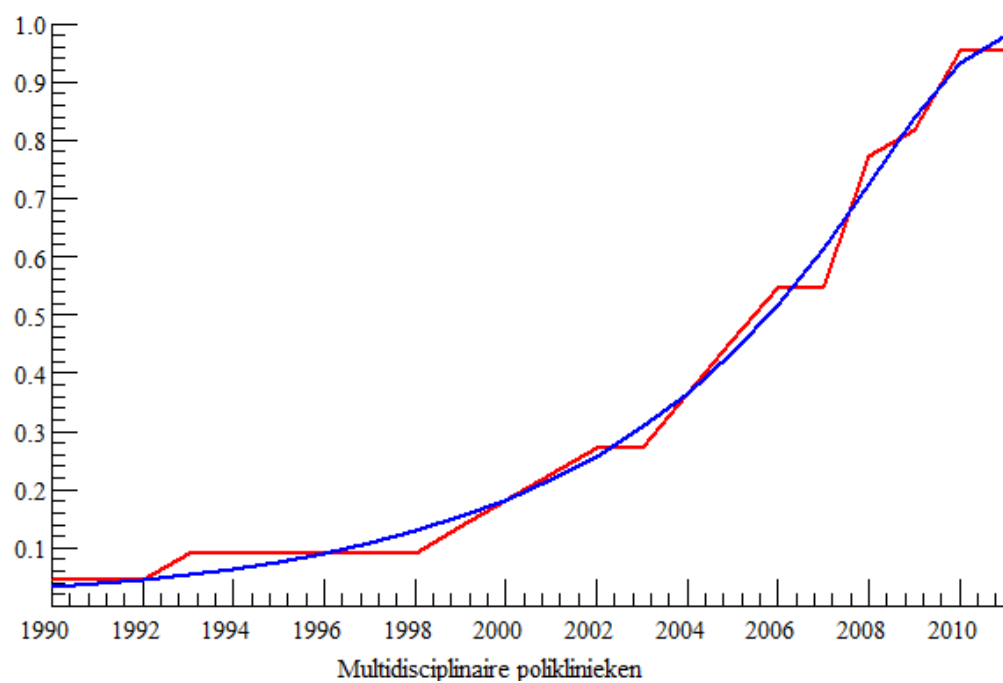
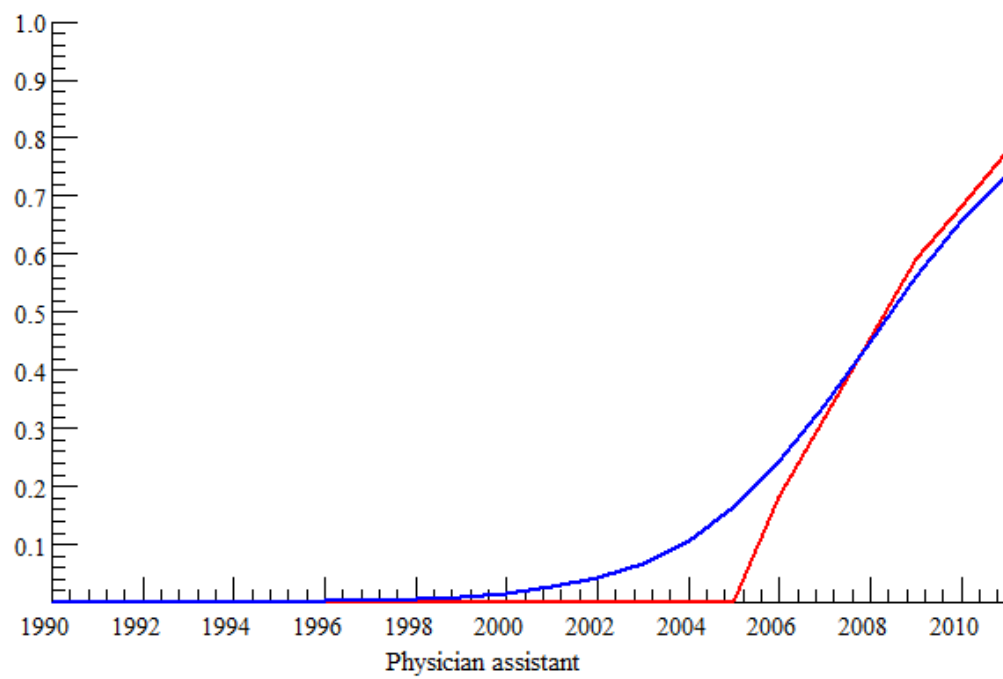


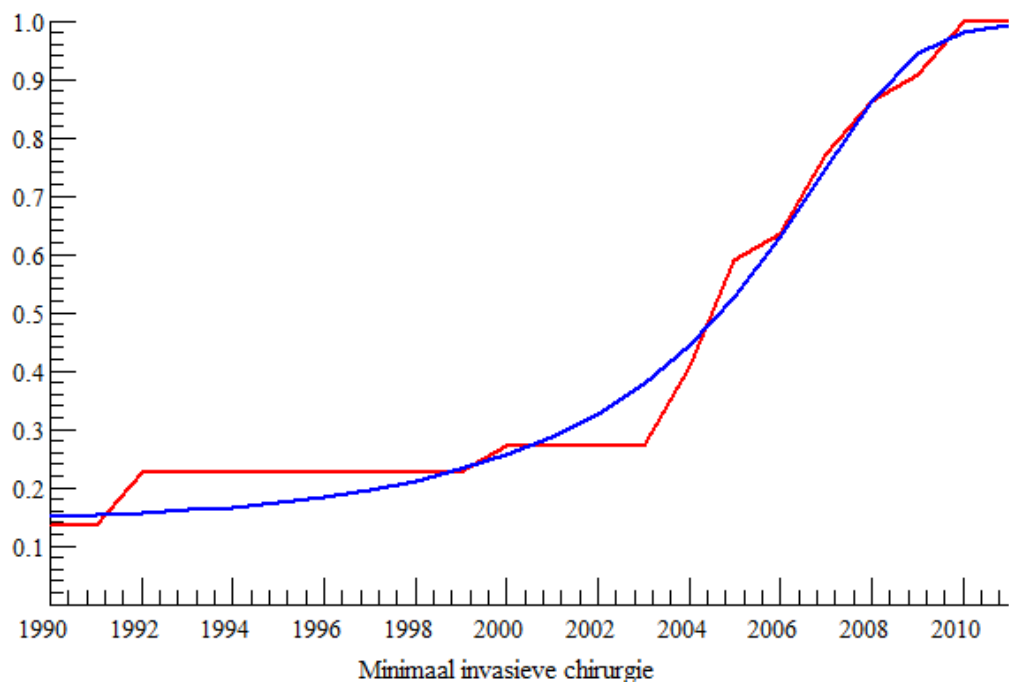
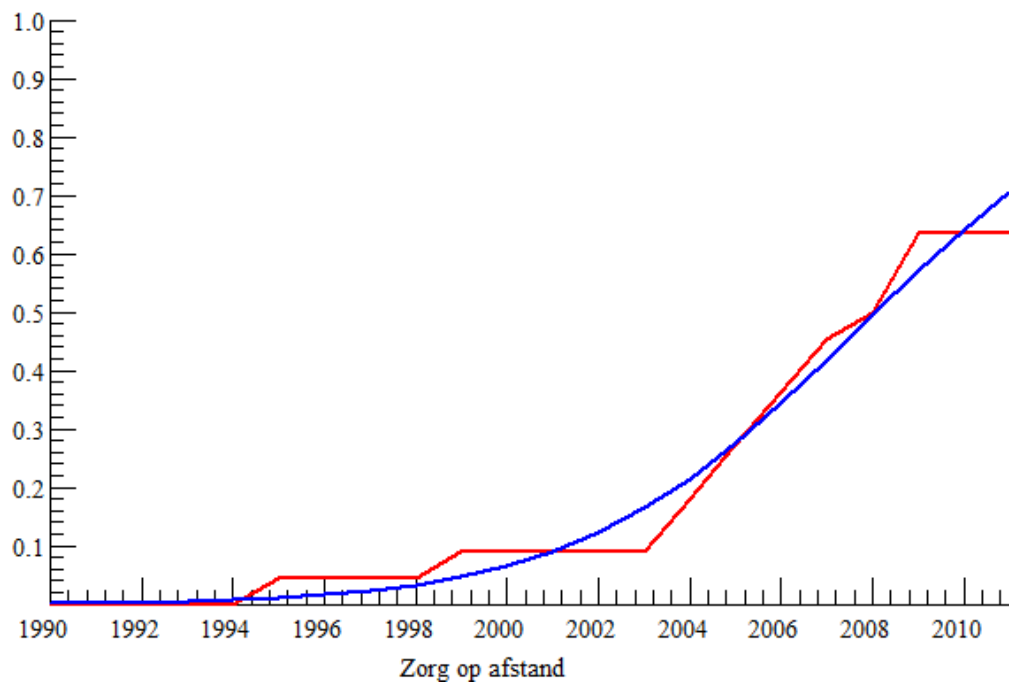


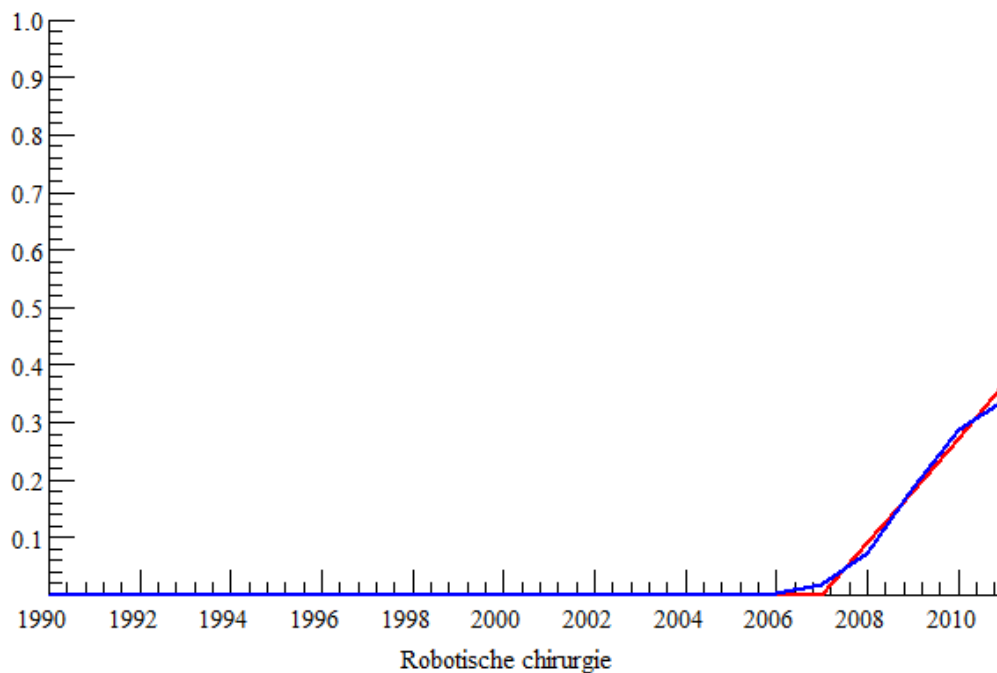












Het ziekenhuisbreed EPD is al vroeg, vanaf 1991, door 5% van de ziekenhuizen geadopteerd. Dit blijft zo tot 2008. Vanaf dat jaar ontstaat er een versnelling, zodanig dat de adoptie toeneemt tot 50% van de ziekenhuizen. Ook de multidisciplinaire poliklinieken zijn al vroeg, vanaf 1990, ingevoerd. Het aantal adopties groeide geleidelijk tot ruim 80% van de ziekenhuizen in 2009. Hierbij zij opgemerkt dat er geen onderscheid is gemaakt naar het type polikliniek. De minimaal invasieve chirurgie maakte een snelle start vanaf 1990, om vervolgens tot 2004 min of meer op het niveau van 30% van de ziekenhuizen te blijven. Daarna treedt er weer versnelling op en heeft in 2009 ruim 90% van de ziekenhuizen de innovatie geadopteerd. De variatie in versnelling wordt mogelijk veroorzaakt door nieuwe toepassing binnen andere medische disciplines dan de aanvankelijke. Inkopen via inkoopcombinaties is een innovatie die in 1993 voor het eerst is toegepast, en die maar langzaam navolging kreeg. In 2009 deed slechts ruim 60% van de ziekenhuizen inkopen via een samenwerking. Deze innovatie heeft dus een lage snelheid van adoptie en kent geen versnelling. Zorg op afstand is vanaf 1995 geleidelijk door ruim 60% van de ziekenhuizen geadopteerd. Ook hierbij geldt de kanttekening dat er geen onderscheid is gemaakt naar discipline waarvoor de zorg op afstand is ingevoerd.

Digitale beelden op de werkplek zijn voor het eerst geadopteerd in 1996 en in 2009 heeft ruim 90% van de ziekenhuizen deze innovatie geadopteerd. De zorgpaden ondervinden regelmatig adoptie vanaf 2000 met een aandeel van ruim 80% in 2009. Het keteninformatiesysteem is in de periode 2003-2009 door bijna 30% van de ziekenhuizen geadopteerd. De kraamsuite wordt in vrij constant tempo geadopteerd vanaf 2004 tot ruim 80% van de ziekenhuizen in 2009. Hetzelfde percentage adopties geldt voor het elektronisch voorschrijfsysteem en de elektronische registratie aan het bed van de patiënt, zij het dat die in kortere tijd (2006-2009) zijn geadopteerd. E-learning wordt door tot 30% van de ziekenhuizen in een jaar korter (2005-2009) geadopteerd. Het nieuwe werken is in 2004 voor het eerst geadopteerd en heeft in 2009 een aandeel van bijna 60% van de ziekenhuizen. Vanaf 2006 heeft bijna 60% van de ziekenhuizen geleidelijk de physician assistant ingevoerd. Het veiligheidsmanagementsysteem maakt een buitengewoon snelle adoptie door. In een jaar tijd heeft vanaf 2005 ruim 80% van de ziekenhuizen het geadopteerd. Dat is niet verwonderlijk, vanwege de wettelijke verplichting daartoe. Nog geen 10% van de ziekenhuizen heeft in 2009 radio frequency identification toegepast voor identificatie van plaatsbepaling van materiaal. Datzelfde geldt voor uitbesteding van ondersteunende diensten. De jongste innovaties, ten slotte, zijn robotchirurgie en het online afsprakensysteem. Robotchirurgie maakt vanaf 2008 een adoptiespurt naar 20% van de ziekenhuizen in 2009. Het online afsprakensysteem daarentegen groeit door naar bijna 30% van de ziekenhuizen.

5.3 Determinanten van adoptie

De schattingsresultaten van de relatie tussen de innovaties en de determinanten zijn weergegeven in tabel 5-2. Hierbij zijn de innovaties de afhankelijke variabele. In kolom 1 tot en met 6 is onderscheid gemaakt naar het cluster van innovaties, zoals weergegeven in de tabellen A-1 tot en met A-6 in bijlage A:

1. Infrastructuur;
2. Ketensamenwerking;
3. Kwaliteit en veiligheid;
4. Kennisonderhoud;
5. Optimalisatie;
6. Behandeling.

De kolom ‘Totaal’ geeft de schattingsresultaten voor alle innovaties tezamen. Het cluster ‘Kennisonderhoud’ omvat slechts één innovatie, namelijk e-learning, en kan niet geschat worden. Tussen haakjes staan de standaardafwijkingen van de geschatte coëfficiënten. Niet alle schattingen zijn significant. De determinanten verklaren tussen 34% en 63% van de variantie van de adopties.

Tabel 5-2 Schattingsresultaten van de relatie tussen ziekenhuisdeterminanten en innovaties, 2003-2009

	1	2	3	4	5	6	Totaal
Constante	-80,75* (13,28)	-104,41* (16,74)	-84,47* (14,10)	–	-83,13* (25,14)	-111,46* (25,44)	-1956,65* (236,97)
Trend	0,04* (0,01)	0,05* (0,01)	0,04* (0,01)	–	0,04* (0,01)	0,06* (0,01)	0,98* (0,12)
Aandeel specialisten in loondienst	-0,01 (0,06)	0,03 (0,08)	0,12 (0,06)	–	-0,13 (0,12)	0,28* (0,12)	1,30 (1,13)
Aandeel specialisten in opleiding	-0,42* (0,19)	-0,14 (0,23)	0,27 (0,20)	–	-0,14 (0,35)	0,71* (0,36)	0,76 (3,36)
Specialisten per 1000 opnamen	0,04 (0,03)	-0,01 (0,03)	-0,04 (0,03)	–	0,05 (0,05)	-0,10 (0,05)	-0,20 (-0,44)
RAK-budget	0,01 (0,01)	0,00 (0,00)	0,01 (0,01)	–	0,01 (0,02)	0,01 (0,02)	-0,14 (0,67)
Omvang productie × 1000	0,00 (0,00)	0,00* (0,00)	0,00 (0,00)	–	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00* (0,00)
STZ-ziekenhuis	0,03 (0,05)	-0,02 (0,07)	-0,12* (0,06)	–	-0,02 (0,10)	-0,17 (0,10)	-1,46 (0,95)
Aantal locaties	-0,01 (0,01)	-0,02 (0,01)	-0,02* (0,01)	–	-0,00 (0,00)	-0,02 (0,02)	-0,33 (0,17)
HHI	0,00* (0,00)	0,00* (0,00)	0,00* (0,00)	–	0,00* (0,00)	0,00* (0,00)	0,00* (0,00)
R²	0,48	0,48	0,45	–	0,34	0,42	0,63

* Significant op het 5%-niveau

De trend is positief en sterk significant. Dit geldt voor alle clusters en voor alle innovaties tezamen. Tijd is dus een sterke verklarende factor voor adoptie van innovaties. Dit sluit aan bij de observatie van Rogers (2003), die adoptie beschouwd als het proces waarbij een innovatie in de loop van de tijd onder de leden van een sociaal systeem wordt gecommuniceerd. Er is tijd nodig voor de communicatie, acceptatie en implementatie van de innovaties; specialisten leren van ervaringen van specialisten. Bij de factor

tijd maken we wel de kanttekening dat deze overschat kan zijn doordat niet-waargenomen tijdafhankelijke variatie aan deze factor kan zijn toegekend.

Het aandeel specialisten in loondienst verklaart de adoptie van innovaties voor behandeling. Hoe groter het aandeel hoe meer innovaties er worden geadopteerd. Studies aan de hand van de *theory of reasoned action* (TRA) en de *theory of reasoned behavior* (TRB) wijzen in de richting dat professionals in loondienst meer geneigd zijn kennis te delen dan professionals met een andere aanstellingsvorm (Ryu et al., 2003). De studies geven echter geen sluitend beeld. Mogelijk is de aanstellingsvorm gecorreleerd met niet-waargenomen determinanten zoals innovatiecultuur en de positie van pleitbezorgers. Voor de overige innovatieclusters en voor alle innovaties tezamen worden positieve en negatieve bijdragen gevonden, alle niet significant.

Het aandeel specialisten in opleiding verklaart de adoptie van innovaties voor optimalisatie in positieve zin, maar juist in negatieve zin voor innovaties in de infrastructuur. Het aantal specialisten per 1000 opnamen, het RAK-budget, type ziekenhuis (topklinisch of niet-topklinisch) en het aantal locaties per ziekenhuis geven geen verklaring voor de adopties. Dit geldt voor de innovatieclusters en voor alle innovaties tezamen. De omvang van de productie en het marktaandeel hebben geen invloed op de adoptie van innovaties. Ten slotte, voor marktmacht (HHI) is significant geen effect gevonden op elk van de clusters.

De vergelijking van de resultaten in tabel 5-2 met de resultaten van Blank en Van Hulst (2005a) laat veel overeenkomsten zien. Ook zij vinden zowel positieve als negatieve schattingen, afhankelijk van het type innovatie, en veelal niet-significante schattingen. De omvang van de productie heeft in beide studies geen effect op de adopties.

Ten slotte is de snelheid van adoptie verklaard aan de hand van de kenmerken van de innovaties zoals weergegeven in tabel 4-2. Tabel 5-3 laat de resultaten zien. Het relatief voordeel van een innovatie draagt positief bij, alle andere kenmerken negatief. Alle schattingen zijn echter niet significant op het 5%-niveau. Op grond van deze kenmerken kunnen we geen conclusies trekken.

Tabel 5-3 De verklaring van de snelheid van adoptie aan de hand van de kenmerken

	<i>κ</i>	<i>s.d.</i>	<i>t-waarde</i>	<i>γ</i>	<i>s.d.</i>	<i>t-waarde</i>
Constante	12,6	7,91	1,59	3,03	2,04	1,48
Relatief voordeel	1,01	1,41	0,71	0,03	0,37	0,08
Uitwisselbaarheid	-0,50	1,24	-0,41	-0,00	0,32	-0,01
Complexiteit	-1,96	1,27	-1,55	-0,28	0,33	-0,87
Proefbaarheid	-0,93	1,04	-0,90	-0,12	0,27	-0,44
Zichtbaarheid	-0,85	0,95	-0,90	-0,22	0,25	-0,92

5.4 Innovaties en kostendoelmatigheid

In de empirische toepassing hebben we te maken met het probleem van het beperkte aantal waarnemingen van de innovaties. Om te voorkomen dat het aantal vrijheidsgraden te gering wordt, verwijderen we daarom een aantal innovaties uit de analyses. Het betreft hier innovaties die in 2009 bij minder dan vijf ziekenhuizen voorkomen. Er is dan in deze variabelen over de gehele gegevensverzameling zo weinig variatie dat hier nauwelijks relevante informatie uit af te leiden is. De verwijderde innovaties zijn robotische logistiek en uitbesteding. Het ziekenhuisbrede EPD, radio frequency identification en robotchirurgie zijn verwijderd vanwege het lage aantal waarnemingen of waarnemingen in vooral een beperkte periode. Het totaal aantal innovaties dat gebruikt is om de kostendoelmatigheid te verklaren bedraagt daarmee vijftien.

Om te achterhalen of er mogelijk meer oorzaken zijn voor verandering van de kostendoelmatigheid, zijn de berekeningen tweemaal uitgevoerd. Eerst met alleen de innovaties als verklarende variabele, daarna ook met jaardummy's als verklarende variabele. De jaardummy's schatten de jaar-op-jaar veranderingen in de kostendoelmatigheid die niet aan de innovaties kunnen worden toegerekend, maar wel aan andere innovaties en verbeteringen in de bedrijfsvoering. Het nadeel van het gebruik van de jaardummy's is dat deze mogelijk ook een deel van de verklaring van de innovaties invangen. Het gebruik van een proxy leidt dus ook weer tot onzuivere schattingen.

De resultaten van de schattingen met alleen de innovaties zijn weergegeven in tabel B-1 in bijlage B. Uit het overzicht blijkt dat de *fixed effect* schattingen plausibeler en efficiënter (hogere t-waarden) zijn dan de schattingen met OLS en *random effect*. De Hausman-test op de resultaten van de schattingen met *fixed effects* en *random effects* wordt verworpen voor

het model met jaardummy's, maar niet voor het model zonder jaardummy's. De waarde van de verklarende variantie (R^2) is voor OLS 0,121, voor *fixed effects* 0,750 en voor *random effects* 0,816 voor het model met de jaardummy's.

Van de vijftien innovaties blijken er negen een positief effect te hebben op de kostendoelmatigheid. Vijf hiervan hebben een significant van nul verschillend effect. De geschatte negatieve effecten zijn alle niet significant van nul verschillend. Indien de geschatte coëfficiënten met 100 worden vermenigvuldigd hebben we het aantal procentpunten dat de betreffende innovatie bijdraagt aan de kostendoelmatigheid. De aanwezigheid van een physician assistant verklaart 4,4 procentpunt van de kostendoelmatigheid. Dat wil zeggen dat, *ceteris paribus*, de inzet van de physician assistant de kostendoelmatigheid met 4,4% verbetert.

De resultaten van de schattingen met de innovaties en de jaardummy's zijn weergegeven in tabel B-2 in bijlage B. Nu zien we dat alle effecten van de innovaties zijn verlaagd en dat bovendien alle schattingen niet-significant zijn. De jaardummy's zijn wel significant van nul verschillend. De waarden van de verklarende variantie (R^2) is voor OLS 0,308, voor *fixed effects* 0,811 en voor *random effects* 0,010.

De schattingen van de *fixed effects* zijn samengevat in tabel 5-4 voor het model zonder en dat met de jaardummy's. Merk op dat het jaar 2009 als referentiejaar wordt gehanteerd. Jaar 2003 ontbreekt, omdat de innovaties met een periode zijn vertraagd. Dus de kostendoelmatigheid in 2004 wordt verklaard aan de hand van innovatiegegevens uit 2003. De gegevens over de kostendoelmatigheid uit 2003 worden dus niet gebruikt in de analyses. Uit tabel 5-4 blijkt dat de effecten van alle innovaties afnemen na toevoeging van de jaardummy's. Dit mogen we ook verwachten. Voor het veiligheidsmanagementsysteem neemt de bijdrage aan de doelmatigheid echter juist toe. Hier is waarschijnlijk sprake van een overschatting, doordat alle adopties in relatief korte tijd hebben plaatsgevonden.

Tabel 5-4 Fixed effects schattingen zonder en met jaardummy's

Innovatie	Zonder jaardummy's			Met jaardummy's		
	Coeff.	s.d.	t-waarde	Coeff.	s.d.	t-waarde
Kraamsuite	0,035	0,022	1,550	0,001	0,022	0,067
Online afsprakensysteem	0,018	0,034	0,522	0,006	0,034	0,183
Digitale beelden op de werkplek	0,011	0,019	0,601	-0,015	0,019	-0,794
Zorgpaden	0,010	0,019	0,541	0,004	0,018	0,228
Keteninformatiesysteem	-0,007	0,030	-0,240	-0,034	0,028	-1,227
Elektronisch voorschrijfsysteem	0,022	0,024	0,910	-0,010	0,023	-0,426
Veiligheidsmanagementsysteem	-0,013	0,028	-0,450	0,016	0,027	0,599
Elektronische registratie aan bed	-0,010	0,032	-0,331	-0,045	0,030	-1,497
E-learning	-0,006	0,027	-0,205	-0,011	0,025	-0,435
Inkoopsamenwerking	0,035	0,021	1,625	0,013	0,020	0,653
Het nieuwe werken	-0,013	0,022	-0,601	-0,025	0,020	-1,254
Physician assistant	0,044	0,016	2,733	0,022	0,016	1,401
Multidisciplinaire poliklinieken	0,035	0,018	1,985	0,007	0,018	0,389
Zorg op afstand	0,029	0,020	1,464	0,017	0,019	0,942
Minimaal invasieve chirurgie	0,002	0,015	-0,152	-0,024	0,015	-1,613
Jaar2004	-	-	-	-0,106	0,024	-4,334
Jaar2005	-	-	-	-0,084	0,022	-3,835
Jaar2006	-	-	-	-0,072	0,021	-3,501
Jaar2007	-	-	-	-0,053	0,019	-2,750
Jaar2008	-	-	-	-0,014	0,017	-0,872

5.5 Beschouwing

De steekproef van ziekenhuizen is beperkt tot 22, hetgeen maant tot voorzichtigheid bij de generalisatie van de uitkomsten. De resultaten moeten dan ook gezien worden als een eerste indicatie. De motivatie voor deelname door de ziekenhuizen was laag, omdat men zich over het algemeen overvraagd voelt voor deelname aan uiteenlopende onderzoeken. Het aanvankelijk gekozen aantal van twintig innovaties was ook het maximum aantal dat redelijkerwijs uitgevraagd kon worden.

Bij de innovaties plaatsen we de kanttekening wat betreft de eenduidigheid van de innovaties. De innovaties kennen uiteenlopende productvormen van uiteenlopende functionaliteit, bruikbaarheid en effectiviteit. Ook de aantallen van dezelfde innovatie kunnen verschillen tussen de ziekenhuizen. Deze variëteiten zijn niet onderscheiden in de vragenlijst. De vragenlijsten waren toegestuurd aan een lid van de raad van bestuur, maar bleken veelal te zijn

ingevuld door een kwaliteitsfunctionaris. Alle toegezegde deelnamen door de besturen zijn waargemaakt.

De twintig innovaties blijken in een uiteenlopend tempo te zijn geadopteerd in de Nederlandse ziekenhuizen. Dit is in overeenstemming met de literatuur ((Spetz & Maiuro, 2004); (Papageorgiou et al., 2007)). Er zijn geen adopties gevonden vóór 1990. Adopties na 2009 zijn buiten beschouwing gelaten, omdat we alleen beschikken over productiviteits- en doelmatigheidscijfers in de periode 2003-2009. De vraag is of deze periode lang genoeg is, omdat bekend is dat veel tijd nodig is voor de implementatie van innovaties. Bovendien is het de vraag in hoeverre er sprake is van een uniek jaar van adoptie, omdat invoering in kleine stappen kan gaan. Ook kan er een meetfout zijn geslopen in de antwoorden op de vragenlijst. Van alle innovaties zijn de adoptiecurves geschat, behalve van robotische logistiek, omdat hiervan slechts één waarneming beschikbaar was. De schattingen volgen de waarnemingen op de voet, hetgeen vertrouwen geeft in de onderliggende theorie over de verspreiding van innovaties. De theorie maakt het mogelijk om de snelheid en versnelling af te leiden uit de geschatte adoptiecurves. Deze kenmerken vinden we dan ook voor alle negentien overgebleven innovaties. Twee innovaties zijn door alle ziekenhuizen geadopteerd. Dat zijn de digitale beelden op de werkplek van de arts en minimaal invasieve chirurgie. Het veiligheidsmanagementsysteem en multidisciplinaire poliklieken zijn door bijna alle ziekenhuizen geadopteerd. Vijf van de negentien innovaties zijn snel geadopteerd. Dat wil zeggen, dat deze innovaties hoog scoren op zowel de parameter voor snelheid als versnelling. De vijf zijn het ziekenhuisbreed EPD, inkoopsamenwerking, kraamsuite, online afsprakensysteem en het veiligheidsmanagementsysteem. Alle adopties vinden plaats op vrijwillige basis, behalve de laatste. Die is wettelijk verplicht vanaf 1 januari 2013.

Tijd is een sterk verklarende factor voor adoptie van innovaties. Dit sluit aan bij de theorie over de verspreiding van innovaties volgens (Rogers, 2003). Hierbij maken we wel de kanttekening dat deze overschat kan zijn, doordat niet-waargenomen tijdafhankelijke variatie aan deze factor kan zijn toegekend. Het aandeel specialisten in loondienst verklaart de adoptie van innovaties voor behandeling. Het aandeel specialisten in opleiding verklaart de adoptie van innovaties voor optimalisatie in positieve zin, maar juist in negatieve zin voor innovaties in de infrastructuur. De omvang van de productie en het marktaandeel, ten slotte, hebben geen invloed op de adoptie van innovaties. De overige kenmerken geven geen verklaring. Alle

kenmerken kunnen gecorreleerd zijn met niet-waargenomen kenmerken, waardoor terughoudendheid bij de interpretatie geboden is.

Er zijn geen innovaties gevonden die een significant van nul verschillend effect hebben op de doelmatigheid. Met die belangrijke kanttekening laat de studie zien dat een aantal innovaties mogelijk positief bijdraagt aan de kostendoelmatigheid. Het betreft hier de kraamsuite, online afsprakensysteem, zorgpaden, veiligheidsmanagementsysteem, inkoop samenwerking, physician assistant, multidisciplinaire poliklinieken en zorg op afstand. De overige innovaties dragen mogelijk negatief bij aan de productiviteit. Feit blijft dat de innovaties met positief effect op de kostendoelmatigheid bijdragen aan de kostenverlaging van het betreffende ziekenhuis. Door de innovaties te rangschikken naar tempo van adoptie en effect op de doelmatigheid, ontstaat tabel 5-5.

Tabel 5-5 Tempo versus bijdrage aan de kostendoelmatigheid

	<i>Langzaam</i>	<i>Snel</i>
Positief	Zorgpaden Multidisciplinaire poliklinieken Physician assistant Zorg op afstand	Kraamsuite Online afsprakensysteem Veiligheidsmanagementsysteem Inkoop samenwerking
Negatief	Digitale beelden op de werkplek van de arts Keteninformatiesysteem Elektronisch voorschrijfsysteem Elektronische registratie aan het bed E-learning Het nieuwe werken Minimaal invasieve chirurgie	

Vier innovaties (kraamsuite, online afsprakensysteem, veiligheidsmanagementsysteem en inkoop samenwerking) leveren een positieve bijdrage aan doelmatigheid en verspreiden zich snel. Vier innovaties (zorgpaden, multidisciplinaire poliklinieken, physician assistant en zorg op afstand) leveren eveneens een positieve bijdrage aan de kostendoelmatigheid, maar worden langzaam geadopteerd. De overige innovaties hebben een negatieve bijdrage en worden langzaam geadopteerd. Opmerkelijk is dat er geen innovaties zijn met een negatieve bijdrage die bovendien snel worden geadopteerd. Hierbij maken we nadrukkelijk de kanttekening dat alle bijdragen niet-significant zijn.

Bijlage A Innovatielijst

In tabel A-1 tot en met tabel A-6 zijn in totaal twintig ziekenhuisinnovaties in zes innovatieclusters beschreven. Bij elke innovatie werd de vraag gesteld: ‘In welk jaar heeft u voor het eerst de innovatie in gebruik genomen?’

Tabel A-1 Innovatie in infrastructuur

Innovatie	Omschrijving
Kraamsuite	Een kraamsuite is een gezellige kamer voor de zwangere en eventuele naasten met eigen badkamer, een minibar, telefoon, televisie en geluidsinstallatie e.d., waar faciliteiten voor de feitelijke bevalling zijn weggewerkt in vernijdbare systemen, kasten en achter panelen.
Online afsprakensysteem	Een online afsprakensysteem is een internetfaciliteit waarmee de patiënt zelf afspraken kan inplannen met de behandelend arts. Hier wordt niet bedoeld: een telefonisch afsprakensysteem.
Ziekenhuisbreed EPD	Een ziekenhuisbreed elektronisch patiëntendossier is een computerfaciliteit waarmee de dossiers van patiënten beschikbaar zijn op de werkplek van de behandelend arts, waar ook in het ziekenhuis. Hier wordt niet bedoeld: een elektronisch patiëntendossier per discipline met uitsluitend toegang binnen de afdeling voor die discipline.
PACS Digitale beelden op de werkplek van de arts	De behandelend arts beschikt over digitale röntgenbeelden van onderzoek of behandeling van de patiënt.
Robotische logistiek	Robotische logistiek is transport van goederen en personen met behulp van zelfsturende mechanische platforms, zonder tussenkomst van mensen. Hier wordt niet bedoeld: aangedreven rolstoelen, elektrische tilliften, e.d.

Tabel A-2 Innovatie in ketensamenwerking

Innovatie	Omschrijving
Zorgpaden / klinische paden	Een klinisch zorgpad of zorgtraject is de verzameling van methoden en hulpmiddelen om leden van het multidisciplinair en interprofessioneel team op elkaar af te stemmen en taakafspraken te maken voor een specifieke patiëntenpopulatie. Een zorgpad kan ziekenhuisoverstijgend zijn. Het gaat hier ook om zorgpaden tussen eerste- en tweedelijnszorg en tweede- en derdelijnszorg.
Keteninformatiesystemen	Een keteninformatiesysteem is een computerfaciliteit waarmee behandelend artsen en verpleegkundigen van verschillende instellingen beschikken over relevante patiëntinformatie. Voorbeelden van ketens zijn: diabetesketen, CVA-keten, COPD-keten, etc.

Tabel A-3 Innovatie in kwaliteit en veiligheid

Innovatie	Omschrijving
EVS Elektronisch voorschrijfsysteem (medicijnen)	Een elektronisch voorschrijfsysteem is een computerfaciliteit waarmee geneesmiddelen worden voorgeschreven en dat de interacties met andere geneesmiddelen en mogelijke overgevoeligheidsreacties automatisch signaleert. Hier wordt niet bedoeld: een recept dat op elektronische wijze wordt verstuurd.
VMS veiligheidsmanagementsysteem	Een veiligheidsmanagementsysteem (VMS) is een systeem waarmee ziekenhuizen continu risico's signaleren, verbeteringen doorvoeren en beleid vastleggen, evalueren en aanpassen.
Elektronische registratie aan het bed	Elektronische registratie aan het bed van de patiënt is de invoer van de status van de patiënt en toegediende medicijnen met behulp van elektronische middelen. Voorbeelden zijn computer-on-wheels (COW), iPad, PDA, laptop of andere vorm van draagbare computer.

Tabel A-4 Innovatie in kennisonderhoud

Innovatie	Omschrijving
E-learning	E-learning is leren met behulp van een computerfaciliteit op de tijd en plaats naar keuze van de arts of verpleegkundige. Voorbeelden van toepassingen van e-learning zijn: richtlijnen, protocollen, zorgpaden.

Tabel A-5 Innovatie in optimalisatie

Innovatie	Omschrijving
RFID-tagging (radio frequency identification)	RFID-tagging (radio frequency identification) is het merken van goederen met draadloos elektronisch uitleesbare middelen voor het sturen en volgen van logistieke processen.
Uitbesteding	Uitbesteding is het uitbesteden van specifieke diensten aan een organisatie die geen deel uitmaakt van het ziekenhuis. Voorbeelden van diensten voor uitbesteding zijn: ICT/automatisering, catering, bedrijfsrestaurant, wasserij, huisvesting, vastgoedbeheer, HRM.
Inkoopcombinatie	Een inkoopcombinatie is een organisatie die de inkoop uitvoert voor een aantal ziekenhuizen, met als doel inkoopvoordeel te halen uit kostenbesparing en/of het vergroten van de marktmacht. Een inkoopcombinatie kan een eigen juridische entiteit zijn.
Nieuwe werken	Het nieuwe werken is het plaats- en tijdonafhankelijk uitvoeren van werkzaamheden voor artsen, verpleegkundigen en voor ondersteunend personeel.
Physician assistant	Een <i>physician assistant</i> is een zorgverlener die werkt onder supervisie van de specialist en professionele medische zorg biedt.

Tabel A-6 Innovatie in behandeling

<i>Innovatie</i>	<i>Omschrijving</i>
Multidisciplinaire poliklinieken	Een multidisciplinaire polikliniek is een polikliniek waar meer dan één discipline betrokken is bij de diagnostiek of behandeling van een patiënt. Voorbeelden van multidisciplinaire poliklinieken zijn: stroke-unit, artritis polikliniek, pijnpolikliniek.
Zorg op afstand	Zorg op afstand is zorg waarbij zorgaanbieders en cliënten die zich op verschillende plaatsen bevinden, ICT-mogelijkheden inzetten voor zorgverlening: monitoring, consultatie en behandeling op afstand. Voorbeelden van zorg op afstand zijn: ICD-monitoring, telehartmonitoring, teleapneumonitoring, teledermatologie, telediabetesmonitoring, etc.
Minimaal invasieve chirurgie	Minimaal invasieve chirurgie is chirurgie waarbij een veel kleinere incisie gemaakt wordt dan bij een conventionele ingreep. Synoniemen zijn: laparoscopische chirurgie, kijkoperatie. Voorbeelden van disciplines die gebruikmaken van minimaal invasieve chirurgie zijn: oncologie, urologie, gynaecologie, nefrologie, etc.
Robotchirurgie	Robotchirurgie is chirurgie waarbij gebruikgemaakt wordt van een mechanisch platform voor de beweging van chirurgische instrumenten. Voorbeelden van disciplines die gebruikmaken van robotchirurgie: oncologie, urologie, gynaecologie, nefrologie.

Bijlage B Schattingen van doelmatigheidsbijdragen

Tabel B-1 De kostendoelmatigheid verklaard door de innovaties, zonder jaardummy's

<i>Innovatie</i>	<i>Ordinary least squares</i>			<i>Fixed effects</i>			<i>Random effects</i>		
	<i>Coëff.</i>	<i>St.afw.</i>	<i>t-waarde</i>	<i>Coëff.</i>	<i>St.afw.</i>	<i>t-waarde</i>	<i>Coëff.</i>	<i>St.afw.</i>	<i>t-waarde</i>
<i>Kraamsuite</i>	0,014	0,032	0,429	0,035	0,022	1,550	0,030	0,021	1,359
<i>Online afsprakensysteem</i>	−0,020	0,054	−0,367	0,018	0,034	0,522	0,011	0,034	0,319
<i>Digitale beelden op de werkplek</i>	−0,005	0,016	−0,285	0,011	0,019	0,601	0,010	0,016	0,639
<i>Zorgpaden</i>	−0,050	0,021	−2,323	0,010	0,019	0,541	−0,002	0,017	−0,114
<i>Keteninformatiesysteem</i>	−0,007	0,034	−0,208	−0,007	0,030	−0,240	−0,004	0,027	0,132
<i>Elektronisch voorschrijfsysteem</i>	−0,004	0,033	0,121	0,022	0,024	0,910	0,014	0,023	0,626
<i>Veiligheidsmanagementsysteem</i>	0,038	0,035	1,094	−0,013	0,028	−0,450	−0,001	0,026	−0,026
<i>Elektronische registratie aan bed</i>	0,010	0,047	0,219	−0,010	0,032	−0,331	−0,005	0,031	−0,179
<i>E-learning</i>	0,016	0,036	0,428	−0,006	0,027	−0,205	−0,008	0,026	−0,298
<i>Inkoopsamenwerking</i>	0,012	0,021	0,559	0,035	0,021	1,625	0,020	0,019	1,069
<i>Het nieuwe werken</i>	0,013	0,029	0,433	−0,013	0,022	−0,601	0,006	0,021	−0,275
<i>Physician assistant</i>	0,033	0,022	1,539	0,044	0,016	2,733	0,049	0,015	3,187
<i>Multidisciplinaire poliklinieken</i>	0,008	0,021	0,376	0,035	0,018	1,985	0,026	0,017	1,592
<i>Zorg op afstand</i>	0,009	0,020	0,424	0,029	0,020	1,464	0,023	0,018	1,270
<i>Minimaal invasieve chirurgie</i>	0,019	0,018	1,045	0,002	0,015	−0,152	−0,001	0,014	−0,058

Tabel B-2 De kostendoelmatigheid verklaard door de innovaties, met jaardummy's

Innovatie	Ordinary least squares			Fixed effects			Random effects		
	Coëff.	St.afw.	t-waarde	Coëff.	St.afw.	t-waarde	Coëff.	St.afw.	t-waarde
Kraamsuite	-0,026	0,031	-0,845	0,001	0,022	0,067	-0,005	0,021	-0,242
Online afsprakensysteem	-0,038	0,051	-0,738	0,006	0,034	0,183	-0,003	0,033	-0,105
Digitale beelden op de werkplek	-0,024	0,015	-1,581	-0,015	0,019	-0,794	-0,014	0,016	-0,890
Zorgpaden	-0,047	0,020	-2,375	0,004	0,018	0,228	-0,007	0,016	-0,399
Keteninformatiesysteem	-0,006	0,035	-0,175	-0,034	0,028	-1,227	-0,025	0,025	-0,970
Elektronisch voorschrijfsysteem	-0,031	0,031	-0,986	-0,010	0,023	-0,426	-0,016	0,022	-0,709
Veiligheidsmanagementsysteem	0,019	0,032	0,594	0,016	0,027	0,599	0,015	0,024	0,600
Elektronische registratie aan bed	-0,018	0,044	-0,416	-0,045	0,030	-1,497	-0,037	0,029	-1,305
E-learning	0,026	0,033	0,793	-0,011	0,025	-0,435	-0,005	0,024	-0,229
Inkoopsamenwerking	0,017	0,019	0,885	0,013	0,020	0,653	0,012	0,017	0,661
Het nieuwe werken	-0,006	0,027	-0,220	-0,025	0,020	-1,254	-0,020	0,019	-0,104
Physician assistant	-0,012	0,022	-0,553	0,022	0,016	1,401	0,018	0,015	1,180
Multidisciplinaire poliklinieken	0,006	0,019	0,327	0,007	0,018	0,389	0,007	0,016	0,455
Zorg op afstand	-0,006	0,019	-0,308	0,017	0,019	0,942	0,010	0,017	0,587
Minimaal invasieve chirurgie	0,017	0,017	0,943	-0,024	0,015	-1,613	-0,018	0,014	-1,355
Jaar 2004	0,848	0,015	56,55	-0,106	0,024	-4,334	0,848	0,015	55,16
Jaar 2005	0,871	0,016	53,93	-0,084	0,022	-3,835	0,871	0,017	51,38
Jaar 2006	0,885	0,018	48,12	-0,072	0,021	-3,501	0,883	0,019	45,60
Jaar 2007	0,913	0,019	47,04	-0,053	0,019	-2,750	0,903	0,020	44,95
Jaar 2008	0,944	0,022	42,89	-0,014	0,017	-0,872	0,941	0,023	41,26
Jaar 2009	0,979	0,026	37,56	–	–	–	0,959	0,026	36,45

Bijlage C Afkortingen

BZK	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
COW	Computer on wheels
DBC	Diagnose Behandel Combinatie
DOT	DBC's op weg naar transparantie
ECG	Elektrocardiogram
EHR	Electronic health record
EPD	Elektronisch patiëntendossier
EVS	Elektronisch voorschrijfsysteem
HNW	Het nieuwe werken
ICT	Information Communication Technology
IPSE Studies	Centrum voor Innovatie en Publieke Sector Efficiëntie Studies
PACS	Picture archiving and communication system
RAK	Reserve aanvaardbare kosten
RFID	Radio frequency identification
SCP	Sociaal en Cultureel Planbureau
TRA	Theory of reasoned action
TRB	Theory of reasoned behavior
TSP	Softwarepakket voor econometrische analyse van TSP International
VMS	Veiligheidsmanagementprogramma
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Bijlage D Expertpanel

De twintig ziekenhuisinnovaties zijn afgewogen en gekozen met ondersteuning van een expertpanel, waarin de volgende personen zitting hadden:

Drs. R.A. Bezemer MTD	Medisch technoloog, TNO
Dr. D.J. Bakker	Emeritus medisch-directeur AMC
Mevr. M.M. Priems*	Kwaliteitsfunctionaris, Reinier de Graaf Groep Delft
Mevr. ir. M. Schoone	Medisch technoloog, TNO
C. Wiggers*	Secretaris raad van bestuur, Zuwe Hofpoortziekenhuis

* Alleen betrokken bij de vragenlijst.

Literatuurlijst

- AR. (2008). Op weg van aanbod naar vraag in zorg en onderwijs. Een verkennend onderzoek naar de transitie van aanbod- naar vraagsturing. Den Haag: Algemene Rekenkamer.
- Ash, J. S., Lyman, J., Carpenter, J., & Fourier, L. (2001). A diffusion of innovations model of physician order entry. *Proceedings AMIA Symposium* 22-26.
- AZW. (2010). *Arbeid in Zorg en Welzijn 2010. Stand van zaken en vooruitblik voor de sector Zorg en de sector Welzijn en Maatschappelijke Dienstverlening, Jeugdzorg en Kinderopvang*. Zoetermeer.
- Baker, L. C. (2001). Managed care and technology adoption in health care: evidence from magnetic resonance imaging. *Journal of Health Economics*, 20(3), 395-421.
- Baker, L. C., & Phibbs, C. S. (2002). Managed care, technology adoption, and health care: The adoption of neonatal intensive care. *The RAND Journal of Economics*, 33(3), 524-548.
- Bass, F. M. (1966). A new product growth model for consumer durables *Working paper*. West Lafayette, IN: Institute for Research in the Behavioral, Economic, and Management Sciences, Purdue University.
- Bass, F. M. (2004). Comments on "A New Product Growth for Model Consumer Durables": The Bass Model. *Management Science*, 50(12), 1833-1840.
- Batz, F. J., Peters, K. J., & Janssen, W. (1999). The influence of technology characteristics on the rate and speed of adoption. *Agricultural Economics*, 21(2), 121-130.
- Bech, M. L., & Hobijn, B. (2007). Technology Diffusion within Central Banking: The Case of Real-Time Gross Settlement. *International Journal of Central Banking*, 3(3), 147-181.
- Belsley, D. A., Kuh, E., & Welsch, R. E. (1980). Regression diagnostics: Identifying influential data and sources of collinearity. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Bemmaor, A. C., & Lee, J. (2002). The impact of heterogeneity and ill-conditioning on diffusion model parameter estimates. *Marketing Science*, 21(2), 209-220.

- Bernsteina, M. L., McCreless, T., & Côtéc, M. J. (2007). Five constants of information technology adoption in healthcare. *Hospital Topics*, 85(1), 17-25.
- Blank, J. L. T. (2010). *Principes van productiviteitsmeting. Elementaire handleiding voor kwantitatief onderzoek naar de productiviteit, doelmatigheid, effectiviteit en kwaliteit van de publieke sector*. Maastricht: Shaker Publishing B.V.
- Blank, J. L. T., Dumaij, A. C. M., Haelermans, C., van Heezik, A., van Hulst, B. L., & Koot, P. (2010). Productiviteit en effectiviteit in de publieke sector - Een agenda voor onderzoek naar relevant beleidsinstrumenten. Delft: Centrum voor Innovatie en Publieke Sector Efficiëntie Studies.
- Blank, J. L. T., Dumaij, A. C. M., & Hulst van, B. L. (2011). Ziekenhuismiddelen in verband. Een empirisch onderzoek naar productiviteit en doelmatigheid in de Nederlandse ziekenhuizen 2003-2009 *ISPE Studies Research Reeks 2011-3*. Delft: TU-Delft.
- Blank, J. L. T., & Eggink, E. (2011). Productiviteitstrends in ziekenhuiszorg. Delft: IPSE Studies.
- Blank, J. L. T., & Hulst van, B. L. (2005a). Verspreiding van vernieuwing. In RVZ (Ed.), *Weten wat we doen - Verspreiding van innovaties in de zorg*. Zoetermeer: Raad voor de Volksgezondheid en Zorg.
- Blank, J. L. T., & Hulst van, B. L. (2005b). Zorgen voor vernieuwing. *ESB*, 398-400.
- Blank, J. L. T., & van Hulst, B. L. (2009). Productive Innovations in Hospitals: An Empirical Research on the Relation between Technology and Productivity in the Dutch Hospital Industry. *Health Economics*, 18(3), 665-679.
- Bokhari, F. A. S. (2009). Managed care competition and the adoption of hospital technology: The case of cardiac catheterization. [Journal Article]. *International Journal of Industrial Organization*, 27(2), 223-237.
- Bretschneider, S. I., & Mahajan, V. (1980). Adaptive technological substitution models. *Technological Forecasting and Social Change*, 18(2), 129-139.
- Brinkhuis, C. (2010). Perfecte Match?! Een onderzoek naar de kenmerken van netwerken die het verspreiden van innovaties bevorderen en belemmeren. Rotterdam: instituut Beleid & Management Gezondheidszorg.
- Brüderl, J. (2005). Panel data analysis. Mannheim: University of Mannheim

- Chau, P. Y. K., & Hu, P. J. H. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: an empirical test of competing theories. *Information and management*, 39(4), 297-311.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45.
- Chu, C.-L., Chiang, T.-L., & Chang, R.-E. (2011). Hospital Competition and Inpatient Services Efficiency in Taiwan: A Longitudinal Study. [Journal Article]. *Health Economics*, 20(10), 1268-1280.
- Chua, C. L., Palangkaraya, A., & Yong, J. (2011). Hospital Competition, Technical Efficiency and Quality. [Journal Article]. *Economic Record*, 87(277), 252-268.
- Coleman, J., Katz, E., & Menzel, H. (1957). The diffusion of an innovation among physicians. *Sociometry*, 20(4), 253-270.
- CPB. (2010). Economische Verkenning 2011-2015. Den Haag: Centraal Plan Bureau.
- Cutler, D. M., & Huckman, R. S. (2003). Technological development and medical productivity: the diffusion of angioplasty in New York state. *Journal of Health Economics*, 22(2), 187-217.
- Dormont, B., & Milcent, C. (2005). Innovation diffusion under budget constraints: Microeconomic evidence on heart attack in France. [Journal Article]. *Annales d'Economie et de Statistique*(79-80), 697-726.
- Dückers, M., & Wagner, C. (2005). Ex ante evaluatie Sneller Beter pijler 3. Inventarisatie van de mate waarin de opzet van het programma Sneller Beter pijler 3 voldoet aan eisen ontleend aan literatuur. Utrecht: NIVEL.
- Est van, D. M. E., & Haan de, I. (2010). Op weg van aanbod naar vraag in zorg en onderwijs. *Bestuurskunde*, 2010(2), 31-40.
- Fitzgerald, L., Ferlie, E., Wood, M., & Hawkins, C. (2002). Interlocking Interactions, the Diffusion of Innovations in Health Care. *Human Relations*, 55(12), 1429-1449.
- Fonckych, K., & Taylor, R. (2005). The state and pattern of health information technology adoption: Rand Corporation.
- Fourt, L. A., & Woodlock, J. W. (1960). Early prediction of market success for new grocery products. *The Journal of Marketing*, 25(2), 31-38.
- Frambach, R. T., & Schillewaert, N. (2002). Organizational innovation adoption: a multi-level framework of determinants and opportunities for future research. *Journal of Business Research*, 55(2), 163-176.

- Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy*, 29(4-5 (april)), 603-625.
- Ghodeswar, B. M., & Vaidyanathan, J. (2006). Adoption of medical technology by hospitals: a review of innovation attributes and a conceptual model of the resulting service. *World review of science, technology and sustainable development*, 3(4), 362-380.
- Greenhalgh, T., Robert, G., Macfarlane, F., Bate, P., & Kyriakidou, O. (2004). Diffusion of innovations in service organizations. A systematic review and recommendations Retrieved from http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470987407.fmatter/su_mmary
- Gustafson, D. H., Sainfort, F., Eichler, M., Adams, L., Bisognano, M., & Steudel, H. (2003). Developing and testing a model to predict outcomes of organizational change. *Health Services Research*, 38(2), 751-776.
- Hage, J. (1963). *Organizational response to innovation: a case study of a community hospital*. Ph.D., Columbia University, New York.
- Helitzer, D., Heath, D., Maltrud, K., Sullivan, E., & Alverson, D. (2003). Assessing or predicting adoption of telehealth using the diffusion of innovations theory: A practical example from a rural program in New Mexico. *Telemedicine Journal and e-Health*, 9(2), 179-187.
- Hikmet, N., Bhattacharjee, A., Menachemi, N., Kayhan, V., & Brooks, R. (2008). The role of organizational factors in the adoption of healthcare information technology in Florida hospitals. *Health Care Management Science*, 11(1), 1-9.
- Himmelstein, D. U., Wright, A., & Woolhandler, S. (2009). Hospital Computing and the Costs and Quality of Care: A National Study. *The American Journal of Medicine*, 123(1), 40-46.
- Hu, P. J. H., Chau, P. Y. K., & Sheng, O. R. L. (2002). Adoption of telemedicine technology by health care organizations: An exploratory study. *Journal of organizational computing and electronic commerce*, 12(3), 197-221.
- Ko, M., & Osei-Bryson, K.-M. (2004). The productivity impact of information technology in the healthcare industry: an empirical study using a regression spline-based approach. *Information and Software Technology*, 46(1), 65-73.
- Kraan van der, W. G. M. (2006). *Vraag naar vraagsturing. Een verkennend onderzoek naar de betekenis van vraagsturing in de Nederlandse gezondheidszorg*. Ph.D., Erasmus Universiteit, Rotterdam. (ISBN-nummer: 90-8559-215-1)

- Lenk, P. J., & Rao, A. G. (1990). New models from old: Forecasting product adoption by hierarchical Bayes procedures. *Marketing Science*, 9(1), 42-53.
- Leonard, K. J. (2004). Critical success factors relating to healthcare's adoption of new technology: a guide to increasing the likelihood of successful implementation. *Electronic Healthcare*, 4(2), 72-81.
- Li, F. (2005). Testing the Parametric Specification of the Diffusion Function in a Diffusion Process. In B. o. Canada (Ed.), (Vol. Working Paper 2005-35).
- Lin, C., Lin, I. C., & Roan, J. (2011). Barriers to physicians' adoption of healthcare information technology: An empirical study on multiple hospitals. *Journal of Medical Systems*, 1-13.
- Mahajan, V., Muller, E., & Bass, F. M. (1990). New product diffusion models in marketing: A review and directions for research. *The Journal of Marketing*, 54(1), 1-26.
- Mascia, D., & Cicchetti, A. (2011). Physician social capital and the reported adoption of evidence-based medicine: Exploring the role of structural holes. *Social Science & Medicine*, 72(5), 798-805.
- Menachemi, N., Burke, D. E., & Ayers, D. J. (2004). Factors affecting the adoption of telemedicine—A multiple adopter perspective. *Journal of Medical Systems*, 28(6), 617-632.
- Nguyen, H. Q., Carrieri-Kohlman, V., Rankin, S. H., Slaughter, R., & Stulbarg, M. S. (2004). Supporting cardiac recovery through eHealth technology. *Journal of Cardiovascular Nursing*, 19(3), 200-208.
- NVZ. (2009). Vizieer op vertrouwen. In NVZ (Ed.), *Brancherapport algemene ziekenhuizen*. Utrecht: NVZ.
- Nystrom, P. C., Ramamurthy, K., & Wilson, A. L. (2002). Organizational context, climate and innovativeness: adoption of imaging technology. *Journal of engineering and technology management*, 19(3-4), 221-247.
- Ottes, L., & Grootjans-van Kampen, I. (2011). Wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen en nieuwe beroepen. Achtergrondstudie bij Bekwaam is bevoegd, Innovatieve opleidingen en nieuwe beroepen in de zorg. Den Haag: Raad voor de Volksgezondheid en Zorg.
- Papageorgiou, C., Savvides, A., & Zachariadis, M. (2007). International medical technology diffusion. *Journal of International Economics*, 72(2), 409-427.

- Park, Y., & Chen, J. V. (2007). Acceptance and adoption of the innovative use of smartphone. *Industrial Management & Data Systems*, 107(9), 1349 - 1365.
- Polchlopek, J. (2011). Medical expenditure growth and the diffusion of medical technology. In D. o. Economics (Ed.): University of Utah.
- Prince, Y. M., Bruins, A., & Zeijden van der, P. T. (2005). Ondernemen in de zorg. Zoetermeer: EIM.
- Prismant. (2009a). Kengetallen Nederlandse ziekenhuizen 2007. Utrecht.
- Prismant. (2009b). Kengetallen Nederlandse ziekenhuizen 2008. Utrecht: prismant.
- Prismant. (2010). Kengetallen Nederlandse ziekenhuizen 2009. Utrecht: prismant.
- Rahimi, B., Timpka, T., Vimarlund, V., Uppugunduri, S., & Svensson, M. (2009). Organization-wide adoption of computerized provider order entry systems: a study based on diffusion of innovations theory. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 9(52).
- Richards, F. J. (1959). A flexible growth curve for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, 10(2), 290-300.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: Free Press.
- RVZ. (2005). Van weten naar doen. Zoetermeer: Raad voor de Volksgezondheid en Zorg.
- RVZ. (2010). Moderne patiëntenzorg in Nederland: acht jaar later. Achtergrondstudie. Den Haag: Raad voor de Volksgezondheid en Zorg.
- Ryu, S., Ho, S. H., & Han, I. (2003). Knowledge sharing behavior of physicians in hospitals. *Expert Systems with Applications*, 25(1), 113-122.
- Schmittlein, D., & Mahajan, V. (1982). Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance. *Marketing science*, 1(1), 57-78.
- Schrijvers, G., Oudendijk, N., De Vries, P., & Hageman, M. (2002). *Moderne patiëntenzorg in Nederland. Van kennis naar actie*. Amsterdam: Elsevier.
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development* (Vol. Cambridge): Harvard University Press.
- Scitovski, R., & Meler, M. (2002). Solving parameter estimation problem in new product diffusion models. *Applied Mathematics and Computation*, 127(1), 45-63.

- Skinner, J., & Staiger, D. (2009). Technology diffusion and productivity growth in health care. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 14865*.
- Sloan, F. A., Valvona, J., Perrin, J. M., & Adamache, K. W. (1986). Diffusion of surgical technology : An exploratory study. *Journal of Health Economics*, 5(1), 31-61.
- Spetz, J., & Maiuro, L. S. (2004). Measuring levels of technology in hospitals. *The quarterly Review of Economics and Finance*, 44(3), 430-447.
- Srinivasan, V., & Mason, C. H. (1986). Nonlinear least squares estimation of new product diffusion models. *Marketing Science*, 5(2), 169-178.
- Sultan, F., Farley, J. U., & Lehmann, D. R. (1990). A meta-analysis of applications of diffusion models. *Journal of Marketing Research*, 27(1), 70-77.
- Van Beers, C., Kleinknecht, A., Ortt, R., & Verburg, R. (2008). *Determinants of Innovative Behaviour - A firm's internal practices and its external environment*. New York: Palgrave Macmillan.
- Van Wijngaarden, J., De Ruyter, M., & Huijsman, R. (2010). *Bedrijvigheid en innovatie in de Rotterdamse zorg*. Rotterdam: instituut Beleid & Management Gezondheidszorg.
- Verbeek, M. (2012). *A guide to modern econometrics* (4 ed.). Chichester: John Wiley & sons, Ltd.
- VWS. (2011). *Arbeidsmarktbrief: Vertrouwen in professionals*. Den Haag: ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.
- Xie, J., Song, X. M., Sirbu, M., & Wang, Q. (1997). Kalman filter estimation of new product diffusion models. *Journal of Marketing Research*, 34(3), 378-393.
- Zhivan, N., & Diana, M. (2011). U.S. hospital efficiency and adoption of health information technology. *Health Care Management Science*, 1-11.
- Zweifel, P. (1995). Diffusion of Hospital Innovations in Different Institutional Settings. *International Journal of the Economics of Business*, 2(3), 465 - 483.