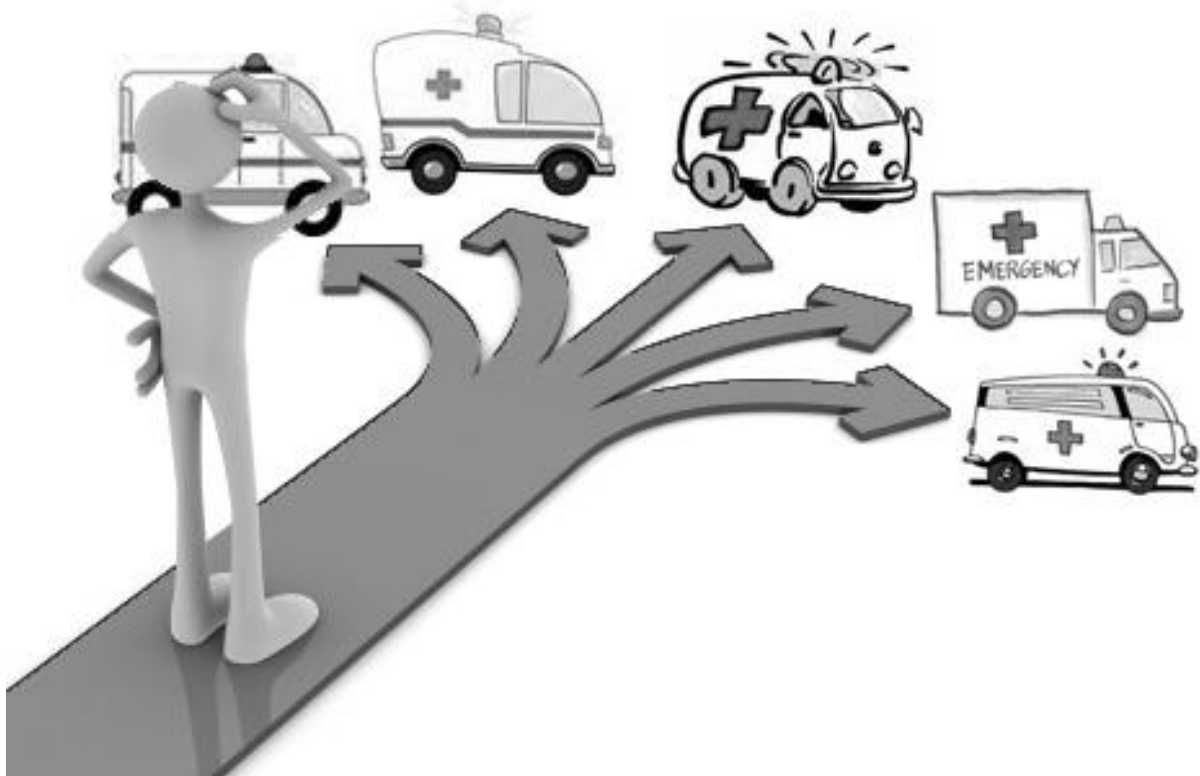


Dispatch systems in ambulance planning



Astrid van der Poel

BWI-werkstuk

Begeleiders: prof. dr. Rob van der Mei en ir. G.J. Kommer

Vrije Universiteit te Amsterdam

Faculteit der Exacte Wetenschappen

Business Mathematics and Informatics

De Boelelaan 1081a

1081 HV Amsterdam

Juli 2011

"Send the right thing to the right person in
the right way at the right time"

Jeff J. Clawson¹

¹Jeff J. Clawson ontwikkelde het Medical Priority Dispatch systeem.

Voorwoord

In de master Business Mathematics and Informatics is het schrijven van een BWI-werkstuk een verplicht onderdeel in het curriculum. Het werkstuk wordt geschreven in de laatste fase van de studie en moet afgerond zijn voordat aan een stage kan worden begonnen. Het doel is om als student zelfstandig een probleem te definiëren en op te lossen met behulp van bedrijfseconomie, wiskunde en informatica.

In dit werkstuk staat het toewijzingsproces van ambulancemeldingen aan ambulances centraal. Hierbij worden twee verschillende varianten vergeleken. De eerste variant is het 'Extended Triage' model waarbij het zogenaamde triage-proces een bepaalde tijd in beslag neemt om een genuanceerd beeld te krijgen van de ernst van het ongeval. Het triage-proces houdt in dat een melding wordt aangenomen, de melder wordt uitgevraagd naar de ernst van het ongeval en er wordt een ambulance toegewezen aan de melding. Deze variant lijkt op het triage-systeem dat hedendaags wordt gebruikt bij het merendeel van de Nederlandse ambulanceproviders.

Het tweede model is het Quick Dispatch model, hiervoor geldt:

1. De triagetijd is korter, doordat er gebruikt wordt gemaakt van een vooraf vastgestelde internationale vragenset waarbij snel een goede inschatting kan worden gemaakt over de situatie.
2. Er is een grotere terugroepkans, omdat er voor elke telefonische melding een ambulance uitrukt.
3. Er zijn meer ambulance inzetten.

In dit werkstuk onderzoeken we de tradeoff tussen het minimaal het minimaal aantal benodigde ambulances en het aantal ambulances dat binnen 15 minuten aanwezig is. *Wat zijn de effecten van het Extended Triage model en het Quick Dispatch model op de benodigde ambulance capaciteit?*

Graag wil ik mijn begeleiders prof. dr. Rob van der Mei van de Vrije Universiteit Amsterdam en ir. Geert-Jan Kommer van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) bedanken voor hun ideeën en hulp tijdens de verschillende besprekingen gedurende het maken van dit werkstuk. Daarnaast wil ik dr. Sandjai Bhulai bedanken voor zijn adviezen.

Samenvatting

In Nederland is de norm dat een ambulance binnen uiterlijk 15 minuten ter plaatse moet zijn. Voorafgaand vindt het triage-proces plaats, dit bestaat uit:

1. Het aannemen van de melding.
2. Het uitvragen van de melder.
3. Beslissen of één of meerdere ambulances moeten worden toegewezen aan een ambulancerit en beslissen welk soort ambulance nodig is.
4. Het verzorgen van telefonische hulpverlening terwijl de ambulance onderweg is.

Wij kijken voornamelijk naar de eerste drie stappen van het triage-proces. Stap drie is het punt waarop ambulances worden ingezet; dit wordt 'dispatching' genoemd.

In dit werkstuk willen we het Extended Triage model met het Quick Dispatch model vergelijken door middel van het maken van een trade-off tussen het servicelevel, binnen 15 minuten aanwezig moeten zijn, en het aantal benodigde ambulances.

Het Extended Triage model heeft het concept van het Nederlandse triage-systeem; het is een verpleegkundig gedreven triage-systeem waarbij de centralist invloed heeft op het al dan niet inzetten van een ambulance. Het Quick Dispatch model werkt daarentegen met het concept van het Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS); het is een systematisch triage-systeem met een korte triagetijd. Doordat de triagetijd kort is wordt een ambulance snel ingezet en daarom is de kans op terugroep van een ambulance in dit model groter dan in het Extended Triage model.

Deze systemen zijn met elkaar vergeleken met behulp van het Erlang blokkeringsmodel en het Erlang vertragingsmodel. Er zijn verschillende scenario's bekeken; een praktijk-scenario, een stad-scenario en een platteland-scenario.

Ons onderzoek laat zien dat het Quick Dispatch model een beter dispatch-systeem zou zijn dan het Extended Triage model. Het Quick Dispatch model is in het stad-scenario een goede optie, omdat er aanzienlijk minder ambulance inzetten nodig zijn in vergelijking met het Extended Triage model. Deze resultaten komen ook uit het praktijk-scenario en het platteland-scenario.

Verder blijkt dat het Quick Dispatch model voor zowel de praktijk, de stad en het platteland een beter servicelevel heeft dan het Extended Triage model; de ambulance is vaker binnen 15 minuten aanwezig op locatie. Daarnaast hebben we geconstateerd dat de kans P_{r2} van invloed is op de gemiddelde servicetijd. Wanneer het Extended Triage model een kleinere P_{r2} heeft dan het Quick Dispatch model, heeft het minder ambulances nodig dan het Quick Dispatch model. Andersom heeft het Quick Dispatch model meer ambulances nodig als P_{r2} groter is dan deze van het Extended Triage model.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting.....	7
1. Inleiding	11
2. Literatuuronderzoek.....	13
2.1 Historie	13
2.2 Triage en Dispatching	13
2.2.1 Definitie triage.....	13
2.2.2 Definitie dispatch.....	14
2.2.3 Triage en dispatch systemen	14
2.3 Nederlands triage-systeem	14
2.4 Amerikaans triage-systeem	15
2.4.1 Toepassing.....	15
2.4.2 Wiskundige modellen.....	16
3. Modellen	17
3.1 Servicetijd bepalen	17
3.2 Verschillen tussen de modellen	20
4. Onderzoeksresultaten	22
4.1 Praktijk-scenario.....	22
4.2 Stad-scenario	26
4.3 Platteland-scenario.....	31
4.4 Servicelevel bepalen.....	33
4.5 Gevoeligheid parameters	34
6. Conclusie	38
7. Referenties	40
Begrippen	42
Afkortingen.....	46
Appendix A – Wiskundige modellen.....	48
Appendix B – Add-in Functies.....	52
Appendix C – Add-in Definities en Formules.....	54
Appendix D – Kansberekening.....	56
Appendix E – Parameters	58

1. Inleiding

In Nederland is de norm dat een ambulance binnen 15 minuten ter plaatse moet zijn; het streven is dat een ambulance binnen 15 minuten aanwezig is in 95% van de gevallen. De locatie en de ernst van het ongeval moeten bepaald zijn, de ambulance moet uitrukken en de ambulance moet naar de plaats van het ongeval rijden binnen 15 minuten. Wanneer het ongeval ernstige bloedingen of een hartstilstand, dan is 15 minuten zelfs te lang. Het is daarom belangrijk om snel te weten wat er aan de hand is en om op locatie te zijn.

Dit wordt bepaald in het triage-proces. Het triage-proces bestaat uit een aantal verschillende stappen die doorlopen moeten worden:

1. Het aannemen van de melding.
2. Het uitvragen van de melder.
3. Beslissen of één of meerdere ambulances moeten worden toegewezen aan een ambulancerit en beslissen welk soort ambulance nodig is.
4. Het verzorgen van telefonische hulpverlening terwijl de ambulance onderweg is.

Het doel van dit werkstuk is om op basis van een vergelijkingsonderzoek tussen een 'Extended Triage' systeem en het 'Quick Dispatch' systeem een trade-off te bepalen tussen kosten en kwaliteit. Het Quick Dispatch systeem heeft een korte triagetijd en een grote terugroepkans; hiermee lijkt het op een Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS).

AMPDS is een dispatch-systeem waarbij een ambulance wordt gestuurd naar de plaats van het ongeval na het voltooien van de eerste drie stappen van het triage-proces. Sinds 27 mei 2011 is de regio Hollands Midden als eerste regio in heel Nederland gestart met dit triage-systeem. Belangrijk aan dit systeem is dat er op basis van een internationaal protocol na een aantal korte vragen bij stap 2 al bepaald wordt of het een levensbedreigende situatie betreft. Als dit het geval is wordt er direct een ambulance gestuurd naar de plaats van het ongeval en krijgt de melder de nodige instructies. Wanneer de situatie niet levensbedreigend is zal het uitvragen van de melder langer duren om een genuanceerder beeld te vormen van de ernst van de situatie [15].

De hoofdvraag is:

Wat zijn de effecten van het Extended Triage model en het Quick Dispatch model op de benodigde ambulance capaciteit?

Enkele deelvragen die hierbij gesteld worden zijn:

1. *Hoe gevoelig zijn de modellen voor bepaalde parameters?*
2. *Wanneer alleen gekeken wordt naar het aantal benodigde ambulances, welk model heeft dan het minste aantal ambulances nodig?*
3. *En als er alleen wordt gekeken naar het aantal ambulances dat binnen 15 minuten op locatie is, welk model is dan gunstiger?*
4. *Welke resultaten zou mijn model geven door middel van simulatie met werkelijke data?*

In het tweede hoofdstuk doen we een literatuuronderzoek naar het toewijzen van ambulances. Hier wordt het triage-proces uitgelegd en wordt er besproken wat dispatching is. Daarnaast zal het Nederlandse triage-systeem en het Amerikaanse triage-systeem uitgelegd worden en wordt er een toepassing van het AMPDS bekeken.

In het derde hoofdstuk worden de gebruikte modellen uitgelegd – het Extended Triage en het Quick Dispatch model – en de manier waarop de gemiddelde servicetijd wordt berekend per model. Ook worden de verschillen tussen beide modellen in kaart gebracht.

Het vierde hoofdstuk beschrijft een praktijk, stad en platteland-scenario waarvoor beide modellen zijn vergeleken met behulp van het Erlang blokkeringsmodel en het Erlang vertragingsmodel. Met behulp van data van onder andere de ambulancezorg worden resultaten, zoals de gemiddelde wachttijd of de fractie meldingen dat geblokkeerd wordt, gegenereerd. Aan de hand van analyses op deze uitkomsten zijn er verschillende conclusies getrokken.

2. Literatuuronderzoek

In dit hoofdstuk zullen verschillende onderdelen behandeld worden die te maken hebben met het serviceproces dat een ambulance moet doorlopen bij het afhandelen van een melding. Eerst zal er een beeld geschetst worden over de historie van de ambulancezorg, daarna wordt het triage-proces en dispatching besproken en vervolgens worden verschillende triage systemen uitgelegd; hierbij wordt verteld welk systeem in Nederland gebruikt wordt en welk systeem in de Verenigde Staten.

2.1 Historie

Vroeger werd het ziektevervoer geregeld door de gewone burger. In 1907 reden de eerste ziekteautomobielen rond; deze wagens waren vaak in handen van taxibedrijven of garages. Ze hadden een telefoon in hun bezit en bij elke melding haastte iedereen zich naar de plaats van ongeval om de eerste de beste te zijn. Het was immers een bron van inkomsten. Sinds de treinramp van Harmelen in 1962 is de organisatie van het ambulancevervoer drastisch veranderd; de Wet Ambulancevervoer werd aangenomen en er werden 40 *Centrale Posten Ambulancevervoer (CPA)* opgericht; nu zijn dit *Meldkamers Ambulancezorg (MKA's)*. Andere veranderingen in de ambulancezorg: er zijn erkende verpleegkundigen aanwezig in de ambulance, er zijn erkende verpleegkundigen die de telefoon beantwoorden en ambulances moeten binnen vijftien minuten aanwezig zijn op locatie [4].

2.2 Triage en Dispatching

In deze paragraaf wordt de definitie van triage en de definitie van dispatch gegeven. Daarnaast wordt het Nederlandse triage-systeem en het Amerikaanse triagessysteem uitgelegd en afsluitend worden de wiskundige modellen die een triage-proces kunnen verklaren nader toegelicht.

2.2.1 Definitie triage

Triage betekent in het Frans 'sorteren', waarbij 'tri' Latijns is voor drie. Dit woord stamt uit de tijd van de Eerste Wereldoorlog, toen werden de slachtoffers opgedeeld in drie categorieën om te bepalen welke zorg ze nodig hadden. De drie categorieën waren: onhandelbaar, ter plekke behandelen en naar het ziekenhuis. Sindsdien is 'trage' altijd gebruikt in deze context.

Het triage-proces is er om de ernst van de verwondingen of van het ziektebeeld te beoordelen van slachtoffers van (grote) ongevallen, rampen of pandemieën. De mate van de ernst zal bepalen in welke categorie het slachtoffer komt en hoe snel de hulp ter plaatsen moet zijn. Bij rampen wordt de triage uitgevoerd door de Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen (GHOR).

Het doel van triage is om patiënten voorrang te geven die als eerst medische hulp nodig hebben en te bepalen welke patiënten eventueel geringe tijd kunnen wachten op hulp [35].

2.2.2 Definitie dispatch

Dispatching is een onderdeel van het triage-proces, waarbij het gaat om het toewijzen van een melding aan een specifieke ambulance; het uitgeven van een ritopdracht. De officiële definitie van dispatch is:

Dispatch (verzending) is een procedure voor het toewijzen van werknemers of voertuigen aan klanten. Industrieën die verzendingen sturen zijn onder meer taxi's, koeriers, hulpdiensten, maar ook thuis-en commerciële diensten, zoals diensten ongediertebestrijding en elektriciens. Met voertuig dispatching zijn klanten gekoppeld aan voertuigen volgens de volgorde waarin de klanten gebeld hebben en de nabijheid van voertuigen tot de pick-up locatie van elke klant.

Telefoonoperatoren nemen oproepen aan van klanten, vervolgens wordt de klant informatie op de computer ingevuld of wordt het opgeschreven en daarna wordt het gegeven aan een dispatcher. In het geval van prioriteit gesprekken kunnen deze springen in de wachtrij van lopende gesprekken. In het eerste scenario, communiceert een centrale computer vervolgens met de mobiele data terminal die zich in elk voertuig bevindt; in het tweede, communiceert de dispatcher met de bestuurder van elk voertuig via een radio [30].

2.2.3 Triage en dispatch systemen

Er zijn verschillende systemen voor een triage-proces. In de komende paragrafen zullen twee triage systemen uitgelegd worden; het triage-systeem dat in Nederland gebruikt wordt en het triage-systeem dat in de Verenigde Staten gebruikt wordt.

2.3 Nederlands triage-systeem

In de ambulancezorg in Nederland wordt momenteel gebruik gemaakt van een “verpleegkundig gedreven triage-systeem” [7]. Wanneer er een melding binnenkomt in de Ambulance Meldkamer zal een erkende verpleegkundige deze melding aannemen en, volgens protocol, uitvragen naar de ernst van het ongeval, zo nodig bepaalt de verpleegkundige of er een ambulance gestuurd moet worden en zal de verpleegkundige instructies geven totdat er hulp is gearriveerd.

In het nederlandse triage-systeem heeft de centralist² de beslissingsbevoegdheid. Dit betekent dat de centralist een richtlijn mag verwerpen en een rit mag weigeren. Dit systeem werkt volgens het Landelijke Standaard Meldkamer Ambulancezorg (LSMA); “De Landelijke Standaard Meldkamer Ambulancezorg (LSMA) ondersteunt de centralist bij het bepalen van de urgentie van de hulpvraag van de patiënt. Deze zorg kan bestaan uit het inzetten van ambulance(s), Mobiel Medisch Team, huisarts, etc. en/of het verwijzen naar een andere hulpverlener (huisarts, tandarts, ziekenhuis, RIAGG)” [22].

² De centralist is degene die binnenkomende telefoontjes aanneemt en afhandelt.

2.4 Amerikaans triage-systeem

Het triage-systeem dat in grote delen van Amerika in gebruik is, wordt het *Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS)* genoemd, ofwel *ProQA*. AMPDS is een systeem waarbij noodoproepen worden beantwoord volgens een vooraf ingestelde vragenlijst door deskundigen. Op deze manier wordt stap voor stap achterhaald wat er aan de hand is, wat de ernst van de situatie is, wat voor hulp nodig is en welke instructies gegeven moeten worden [14].

Het AMPDS is overgekomen vanuit de Verenigde Staten, waar dit systeem is ontwikkeld en reeds in veel bieden in gebruik is. Naast vele andere landen wordt dit systeem ook gebruikt in grote delen van Engeland.

Een AMPDS kan voor- en nadelen hebben. Enkele voordelen zijn:

1. Een melding wordt sneller afgehandeld.
2. Het is een systeem volgens een internationaal uitvoerig getest protocol.
3. Er kunnen minder verkeerde inschattingen gemaakt worden voor wat betreft de ernst van het ongeval, omdat het systeem gebaseerd is op een internationaal protocol.

Een nadeel is dat het kosten met zich mee kan brengen, omdat voor elke melding een ambulance uitrukt. Er worden in dit geval waarschijnlijk meer ritten uitgezet dan gebruikelijk is in Nederland.

2.4.1 Toepassing

In het Verenigd Koninkrijk van Groot-Brittannië en Noord-Ierland is er onderzoek gedaan door een test panel naar het gebruik van een AMPDS en een Criteria Based Dispatch (CBD) system. Het laatste systeem is “gebaseerd op richtlijnen en staat toe dat de dispatcher het gebruik van een breder element willekeur en interpretatie van de telefoontjes heeft dan het AMPDS; welke gebaseerd is op voorgeprogrammeerde vragen en protocollen die bepaald zijn door de ambulance dienst die gebruik maken van het systeem” [12]. Het test panel bestond uit professionals op het gebied van dispatching en medische zorg. Voor elk systeem is de ernst opgedeeld in drie verschillende categorieën; lage prioriteit, gemiddelde prioriteit en hoge prioriteit.

<i>System priority</i>	<i>Panel priority</i>			<i>All</i>
	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	
Area 1 CBD				
High (A)	39	52	6	97
Medium (B)	49	161	27	237
Low (C)	13	173	51	237
Area 2 AMPD				
High (delta)	19	27	1	47
Medium (charlie or bravo)	102	151	18	271
Low (alpha)	11	178	48	237

Tabel 1. Agreement between system assigned priorities and panel assessments

In Tabel 1 zijn de prioriteiten van binnenkomende meldingen van zowel de systemen als het panel gegeven per categorie. Hieruit blijkt dat het panel bij het gebruik van een CBD systeem gevoeliger is om een ‘hoge’ prioriteit te geven (39%; 39/101) aan een melding, dan bij het gebruik van een AMPDS (14%; 19/132). Dit komt waarschijnlijk doordat het CBD systeem een ‘gemiddelde’ prioriteit heeft gegeven, waar het panel een ‘hoge’ prioriteit zou hebben gegeven.

	<i>Area 1 CBD (n=62 calls)</i>	<i>Area 2 AMPD (n=62 calls)</i>
Vital questions		
Age and sex	50 (80.6)	60 (96.8)
Breathing and consciousness	31 (50.0)	60 (96.8)
Other questions		
Severity of condition	32 (51.6)	51 (82.3)
Leading questions	18 (29.0)	34 (54.8)

Tabel 2. Frequency with which questions were asked.

Deze tabel laat zien dat bij het gebruik van een AMPDS vragen naar, bijvoorbeeld, de ernst van de aandoening veel vaker gevraagd worden dan bij het gebruik van een CBD systeem. Echter, de antwoorden worden niet altijd correct ingevoerd en blijkt het dat “in de helft van de gevallen (55%) leidende vragen als ‘Ze is nu alert, toch?’ gevraagd zijn.” Bij het CBD systeem echter, zijn eerder gestelde gerelateerde vragen over de belangrijkste aandoening overbodig beschouwd. De vraag is of dit een voordeel was van de flexibiliteit van het systeem of dat het juist een tekortkoming was van het systeem [12].

2.4.2 Wiskundige modellen

In dit onderzoek vergelijken we het Extended Triage model en het Quick Dispatch model aan de hand van het Erlang blokkeringsmodel en het Erlang vertragingsmodel. Er is eerder onderzoek gedaan door onder andere Restrepo [17] naar twee verschillende modellen met betrekking tot toewijzingen van ambulances aan een thuisbasis door gebruik van het Erlang blokkeringsmodel.

In het artikel van onder andere Restrepo [17] wordt de minimale response tijd onderzocht wanneer er een groot aantal ambulances vanaf een vast beginpunt wordt toegewezen aan een melding. Hiervoor zijn er twee modellen opgesteld met betrekking tot *static deployment*; deze modellen gaan uit van het Erlang verlies model. Het eerste, eenvoudige, model is het ‘island’ model; zoekt alle mogelijke toewijzingen naar een thuisbasis van een ambulance en geeft de beste mogelijkheid. Dit model is gerealiseerd op basis van het Erlang loss model. Het tweede model is het ‘overflow’ model en “schat de performance indicatoren voor een gegeven ambulance toewijzing.” Het blijkt dat het Island model handig is voor multiregionale systemen die door één centrale wordt aangestuurd.

3. Modellen

In dit hoofdstuk gebruiken we twee modellen om de triagesystemen te vergelijken:

1. Het zogenaamde Erlang blokkeringsmodel.
2. Het Erlang vertragingmodel.

Het blokkeringsmodel blokkeert een binnenkomende melding als alle ambulances bezet zijn. Als er een melding binnen komt en er is geen ambulanceinzet mogelijk, dan is de melding verloren. In levensbedreigende situaties is dit verre van ideaal, daarom is het belangrijk dat het blokkeringspercentage laag ligt.

Het vertragingmodel vertraagt een binnenkomende melding als alle ambulances bezet zijn. Als er een melding binnen komt en er zijn geen ambulances beschikbaar, dan gaat de melding in een wachtrij. In dit geval is er een oneindige wachtrij. Elke melding die daarna binnenkomt, moet achteraan de wachtrij aansluiten. Hier geldt een zogenaamde 'First Come First Serve' principe.

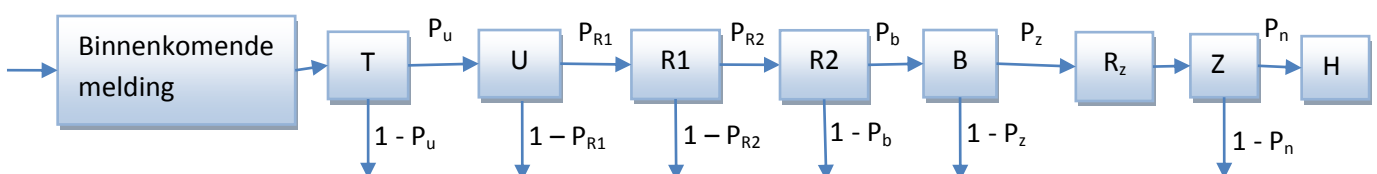
Waar andere onderzoeken vaak focussen op het callcenter bij ambulanceplanning, focussen wij hier vooral op de inzet.

Voor dit onderzoek zijn er een aantal aannames gemaakt:

1. We gaan alleen uit van spoedvervoer (A1 en A2 urgentie) en niet van planbaar vervoer.
2. Er wordt geen onderscheid gemaakt in A1 en A2 urgentie. Er wordt vanuit gegaan dat er alleen A1 urgentie is en een ambulance binnen vijftien minuten aanwezig moeten zijn.
3. Geen specialistische zorg (bijvoorbeeld *Mobiel Medische Teams*).
4. Geen gedifferentieerd vervoer met zwaar/minder zwaar uitgeruste ambulances.
5. Geen opschaling van de ambulancezorg bij grootschalige ongevallen en rampen.
6. Geen *dynamische managementsystemen*.
7. De thuisbasis van elke ambulance is gevestigd op één centrale standplaats, geen geografische spreiding.
8. Ambulances blijven binnen één grensgebied.
9. Er is één ambulance aanbieder.

3.1 Servicetijd bepalen

Het uitgangspunt voor de verschillende modellen is een algemeen model. Dit model is weergegeven in Figuur 3. We gaan er vanuit dat elke ambulance is gevestigd op de thuisbasis en dat daar meldingen binnenkomen en worden afgehandeld.



Figuur 3: Het proces dat elke melding doorloopt.

Tot en met 'T' vind het proces van de meldkamer plaats, vanaf 'U' begint het proces van het ambulancevervoer. Als er een telefoontje binnenkomt in de meldkamer zal deze direct doorgaan naar het triage-proces (T). Tijdens dit proces wordt vastgesteld of er eventueel een ambulance nodig is. Met kans P_u vind er uitruk (U) plaats en wordt een ambulance ingezet, maar met kans $1 - P_u$ blijft de ambulance op de thuisbasis en is er geen uitruk nodig. Als de ambulance is uitgerukt, is de kans dat een ambulance gaat rijden naar een ongeval (R1) gelijk aan P_{R1} . Met kans $1 - P_{R1}$ was het loos alarm en blijft de ambulance alsnog op de thuisbasis. Nadat een ambulance een deel van de aanrijtijd heeft gereden is het mogelijk om de ambulance terug te roepen met kans $1 - P_{R2}$. Met kans P_{R2} is er geen terugroep nodig en rijdt de ambulance de rest van de aanrijtijd (R2). Vanuit de toestand R2, is het mogelijk dat met kans P_b de patiënt zal worden behandeld (B) en met kans $1 - P_b$ dat de ambulance geen behandeling hoeft te doen, omdat er, bijvoorbeeld, geen patiënt aanwezig was. Als de patiënt daarna voor verder onderzoek naar het ziekenhuis moet, dan komt de ambulance met kans P_z in de toestand R_z , 'Rijden naar ziekenhuis'. Als er geen verdere behandeling nodig was in het ziekenhuis, dan gaat de ambulance weg met kans $1 - P_z$. Bij het ziekenhuis wordt de patiënt overgedragen (Z) en kan de ambulance met kans P_n terugrijden naar de thuisbasis.

Het gehele proces beschrijft de gemiddelde verwachte servicetijd van een ambulance voor één melding. Dit is de β of $\mathbb{E}S$ die gebruikt zal worden in zowel het Erlang blokkeringsmodel, als in het Erlang verpagingsmodel. De formule om β te berekenen is voor zowel het Extended Triage model als het Quick Dispatch model hetzelfde:

$$\mathbb{E}S = T + P_u * (U + P_{R1} * (R1 + P_{R1} * (R2 + P_b * (B + P_z * (R_z + Z + P_n H))))))$$

Hierbij staat T voor de gemiddelde triagetijd, U voor de gemiddelde uitruktijd, $R1$ is het eerste deel van de aanrijtijd, $R2$ is het tweede deel van de aanrijtijd, B is de gemiddelde behandeltijd van het slachtoffer of van de slachtoffers, R_z is de gemiddelde rijtijd naar het ziekenhuis en H staat voor de gemiddelde tijd dat een ambulance moet terug rijden naar de thuisbasis.

$R1$ en $R2$ zijn onderdeel van de totale gemiddelde aanrijtijd van een ambulance; $R = R1 + R2$. De totale gemiddelde aanrijtijd is opgedeeld in twee delen, omdat na het eerste deel van de aanrijtijd ($R1$) een mogelijkheid is om een ambulance terug te roepen. Dit kan gebeuren als er bijvoorbeeld een melding is die urgenter is. P_{R1} is de kans dat een ambulance gaat rijden/blijft rijden na de uitruk en P_{R2} is de kans dat een ambulance verder blijft rijden na $R1$ en niet wordt teruggeroepen.

Tussen de berekeningen van de β 's zit een verschil. Deze en andere verschillen worden in de volgende paragraaf uitgelegd.

Onderdeel van de gemiddelde servicetijd is de response tijd; de tijd dat een ambulance binnen 15 minuten aanwezig moet zijn op locatie. Deze tijd bestaat uit triagetijd, uitruktijd en aanrijtijd.

3.2 Verschillen tussen de modellen

Tussen het Extended Triage model en het Quick Dispatch model zijn enkele verschillen.

Het eerste verschil zit in de berekening van de gemiddelde servicetijd, zoals aangegeven in de vorige paragraaf. Dit verschil in de berekening van β komt doordat het Quick Dispatch model een grotere kans op terugroepen van een ambulance tijdens het rijden naar het ongeval meeneemt in de berekening; 0,25. De kans dat een ambulance doorrijdt na het eerste deel van de aanrijtijd is gelijk aan: $P_{R2} = 0,75$. In het Extended Triage model kan een ambulance ook worden teruggeroepen wanneer deze al onderweg is naar het ongeval met kans 0,05. Dit betekent dat een ambulance niet zal worden teruggeroepen met $P_{R2} = 0,95$. Het terugroepen van een ambulance is mogelijk wanneer het eerste deel van de aanrijtijd gereden is, na $R1$.

Een ander verschil tussen de modellen is de tijd die besteed wordt aan triage. In het Extended Triage model wordt er veel aandacht besteed aan het triage-proces. Op deze manier wordt er een goed beeld gevormd over de ernst van de situatie en kan een mogelijke uitruk uitblijven. In het Quick Dispatch model kost het triage-proces gemiddeld gezien slechts een halve minuut. Er wordt in dit geval systematisch gewerkt en er zal in deze korte tijd aan de hand van een aantal vooraf ingestelde vragen bepaald worden of een ambulance moet worden ingezet of niet.

In Tabel 3 zijn de parameters en de berekende servicetijden voor beide modellen gegeven.

Parameter	Extended Triage	Quick Dispatch
T	1,87	0,67
P_u	0,80	0,90
U	1,15	1,15
R	6,70	6,70
P_{r1}	1,00	1,00
P_{r2}	0,95	0,75
P_b	0,60	0,60
B	20,00	20,00
P_z	0,75	0,75
R_z	10,00	10,00
Z	10,00	10,00
P_n	0,50	0,50
H	10,00	10,00
$\mathbb{E}S$	25,68	22,67

Tabel 3: Berekening van de servicetijd voor beide modellen; tijden in minuten.

Tabel 3 laat zien hoeveel tijd een ambulance gemiddeld kwijt is aan de service bij een melding voor zowel het Extended Triage model als het Quick Dispatch model. $\mathbb{E}S$ is hier berekend volgens de formules die gegeven zijn in paragraaf 3.1 'Servicetijd ambulance'. De tijden en kansen zijn gebaseerd op een onderzoek van Ambulancezorg Nederland [1] en op basis van schattingen van een ervaringsdeskundige.

De triagetijd voor het Extended Triage model ligt op een gemiddelde van 1 minuut en 52 seconden, voor het Quick Dispatch model is de triagetijd gemiddeld 40 seconden. De kans op uitruk is respectievelijk 0,80 en 0,90 en P_{r2} is 0,95 en 0,75 voor het Extended Triage en het Quick Dispatch model. Alle overige tijden en kansen zijn voor beide modellen hetzelfde. Dit resulteert in een gemiddelde servicetijd van respectievelijk 25,68 en 22,67 minuten voor het Extended Triage model en het Quick Dispatch model.

4. Onderzoeksresultaten

In dit hoofdstuk worden het Extended Triage model en het Quick Dispatch model vergeleken op basis van verschillende scenario's; stad, praktijk en platteland.

Om de resultaten van de verschillende scenario's te onderzoeken is er gebruik gemaakt van Excel en een speciale Add-in om gebruik te maken van Erlang B en Erlang C in excel. De Add-in is ontwikkeld door Abstract Micro Systems [13]. Ter controle heb ik met behulp van een online Erlang B calculator [25], [8] en een online Erlang C calculator [9] de uitkomsten getest met dezelfde input waardes. In appendix B en C zijn respectievelijk de functies en de definities en formules te vinden van de Add-in.

De cijfers die gebruikt zijn om de servicetijd en de aankomsttijd te bepalen zijn gebaseerd op een onderzoek van het RIVM in 2008 [18] en op kengetallen van de Ambulancezorg Nederland [3].

In Tabel 4 zijn de λ 's gegeven voor het Extended Triage model en het Quick Dispatch model per scenario.

Scenario's	λ per uur	
	Extended Triage	Quick Dispatch
Stad	208,333	208,333
Praktijk	51,862	51,862
Platteland	2,083	2,083

Tabel 4: λ per uur per model per scenario.

Deze λ 's worden gebruikt in komende paragrafen.

Het Erlang C model maakt gebruik van de gemiddelde wachttijd in seconden. De gemiddelde wachttijd in seconden is de wachttijd totdat een ambulance kan worden ingezet. De wachttijd totdat een ambulance op locatie kan zijn, is de gemiddelde wachttijd totdat een ambulance kan worden ingezet plus de gemiddelde response tijd van een ambulance.

In komende paragrafen praten we over de gemiddelde wachttijd in minuten en deze bestaat uit:

1. Triagetijd (T).
2. Uitruktijd (U).
3. Aanrijtijd (R).
4. Gemiddelde wachttijd in seconden.

Voor de berekening van de wachttijd in seconden, zie appendix B 'ErlcWait()' en appendix C 'Average Wait for All Customers' (AWA).

4.1 Praktijk-scenario

In dit scenario wordt de situatie in Nederland geschetst aan de hand van historische data van 'Ambulance in-zicht 2009' [1] voor beide modellen.

Tabel 5 in paragraaf 3.2 geeft de inputwaardes voor de berekening van de gemiddelde servicetijd; triage duurt bij het Quick Dispatch model slechts 40 seconden, in vergelijking met de 1 minuut 52 in het Extended Triage model.

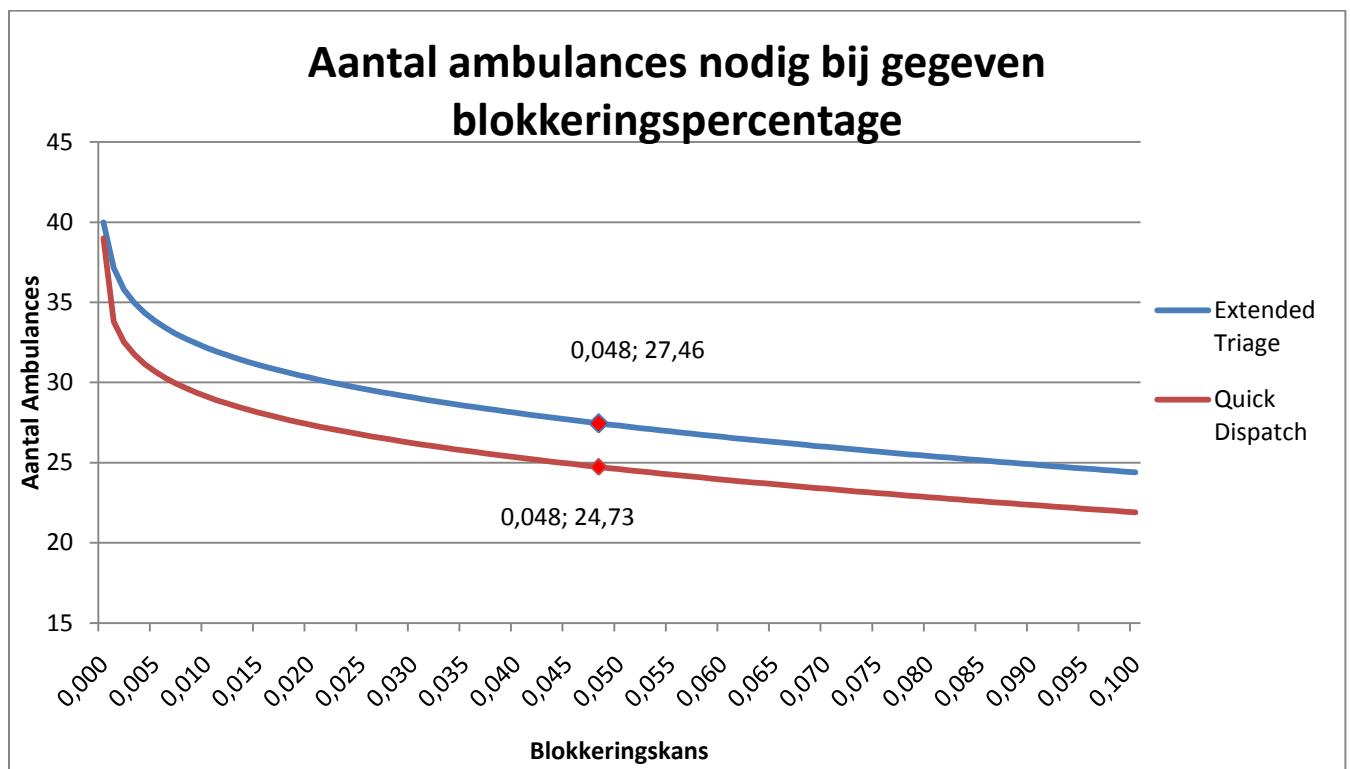
Model\Parameter	λ per uur	Offered Load	AHT in seconden
Extended Triage	51,862	22,199	2,336
Quick Dispatch	51,862	19,596	2,646

Tabel 5: Inputwaarden voor beide modellen; AHT = Average Handling Time in seconden.

In Tabel 5 zijn aanvullende inputwaarden voor beide modellen gegeven. Vanwege het verschil in de gemiddelde servicetijd, zijn de offered load en de AHT's in seconden verschillend. De offered load is "het gemiddelde aantal gelijktijdige services die proberen plaats te vinden" [13]. De Average Handling Time (AHT) is de gemiddelde duur van de service van één ambulance, $1/\mu$; in tabel 3 is de AHT in minuten gegeven (IES).

Voor λ zijn het totaal aantal A1-ritten (454309) uit 2009 gebruikt, dit zijn 51,86 ritten per uur per dag.

We bekijken eerst de resultaten voor het Erlang blokkeringsmodel voor dit scenario.



Figuur 1: Het aantal ambulances dat nodig is bij een gegeven blokkeringspercentage voor $\lambda = 51,862$.

Figuur 1 laat het aantal ambulances zien dat nodig is bij een bepaalde blokkeringskans. Het plaatje laat alleen een blokkeringskans tussen de 0% en 10% zien, omdat er zo min mogelijk blokkeringen gewenst zijn. Hoe meer meldingen geblokkeerd worden, hoe minder ambulances nodig zijn. De stippen laten zien dat het verschil 2,73% is in het voordeel van het Quick Dispatch model bij een blokkering van 4,8%. Het Extended Triage model moet meer meldingen blokkeren vanwege de langere gemiddelde servicetijd; elke ambulance is drie minuten langer weg.

Het verschil in blokkeringskans is per aantal beschikbare ambulances weergegeven in Tabel 6.

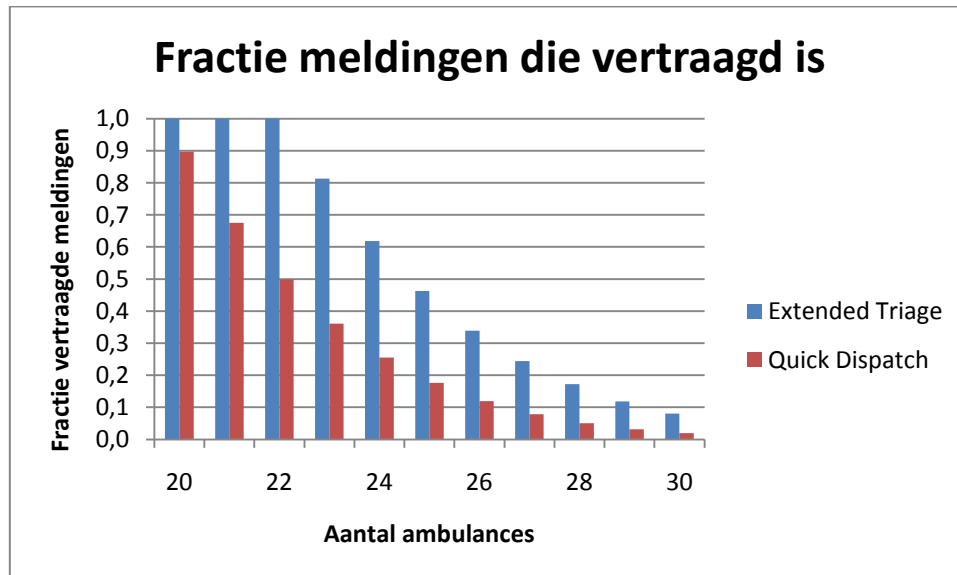
Blokkeringskans in %			
# Ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch	Vershil
21	18,445	12,187	6,259
22	15,692	9,792	5,899
23	13,153	7,701	5,452
24	10,847	5,916	4,931
25	8,785	4,432	4,354
26	6,978	3,232	3,745
27	5,426	2,292	3,133
28	4,124	1,579	2,545
29	3,060	1,056	2,005

Tabel 6: Blokkeringskans in % per model bij 51,86 meldingen per uur.

In Tabel 6 kunnen we de verschillen beter zien. Hieruit kunnen we concluderen dat het Quick Dispatch model altijd een lagere blokkeringskans heeft dan het Extended Triage model. Hoe meer ambulances er zijn, hoe kleiner het verschil wordt.

Het Extended Triage model heeft hier minimaal 26 ambulances nodig om 95% van de meldingen te beantwoorden, het Quick Dispatch model heeft minimaal 24 ambulances hiervoor nodig.

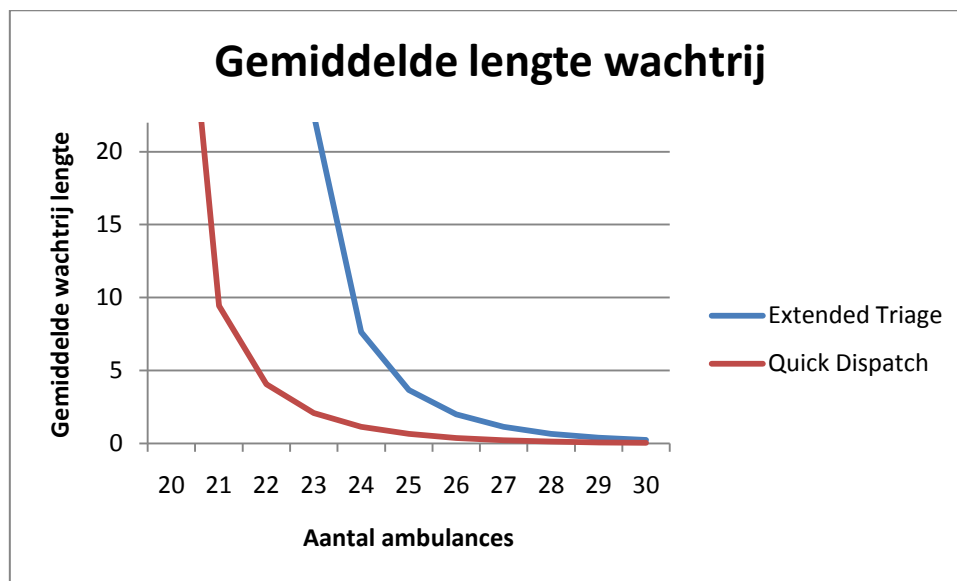
Het Erlang vertragsingsmodel geeft de fractie meldingen dat vertraagd is voor beide modellen in Figuur 2.



Figuur 2: Fractie meldingen dat vertraagd is bij een gegeven aantal ambulances.

Figuur 2 laat voor beide modellen zien dat de fractie meldingen dat vertraagd is bij een gegeven aantal ambulances veel scheelt van elkaar. Dit verschil is verwaarloosbaar wanneer er meer dan 30 ambulances beschikbaar zijn. Bij de beschikbaarheid van minder dan 20 ambulances is het aantal meldingen dat vertraagd is 100%. Het Extended Triage model heeft een veel grotere fractie meldingen die vertraagd is, bij het gebruik van 22 ambulances is er een verschil van 0,502.

Als we kijken naar de gemiddelde lengte van de wachtrij, dan heeft het Quick Dispatch model eveneens minder ambulances nodig om eenzelfde gemiddelde wachtrij lengte te bereiken als het Extended Triage model, zoals te zien is in Figuur 3.



Figuur 3: Gemiddelde lengte van de wachtrij voor het Extended Triage model en het Quick Dispatch model.

Wanneer we gaan kijken naar de gemiddelde wachttijd in minuten, krijgen we de resultaten die in Tabel 7 zijn gegeven.

Gemiddelde wachttijd in minuten				
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch	Vershil	
23	9,756	8,521	1,235	
24	9,730	8,519	1,211	
25	9,723	8,518	1,205	
26	9,720	8,517	1,203	
27	9,719	8,517	1,202	

Tabel 7: Gemiddelde wachttijd per scenario in seconden.

Bij de kolom 'Vershil' in Tabel 7, valt op dat er klein een verschil is tussen beide modellen bij de beschikbaarheid van 23 ambulances, want bij het Quick Dispatch model hoeft een melding ruim een minuut korter te wachten dan bij het Extended Triage model. Hoe meer ambulances beschikbaar zijn, hoe kleiner het verschil wordt. Vanaf 27 ambulances blijft het verschil 1,2 minuten en dit komt doordat de triagetijd van het Extended Triage model gemiddeld 1,2 minuten langer duurt dan de triagetijd van het Quick Dispatch model. Bij de beschikbaarheid van 20 ambulances heeft het Extended Triage model een oneindige wachttijd, terwijl het Quick Dispatch model een wachttijd heeft van 8 minuten en 37 seconden.

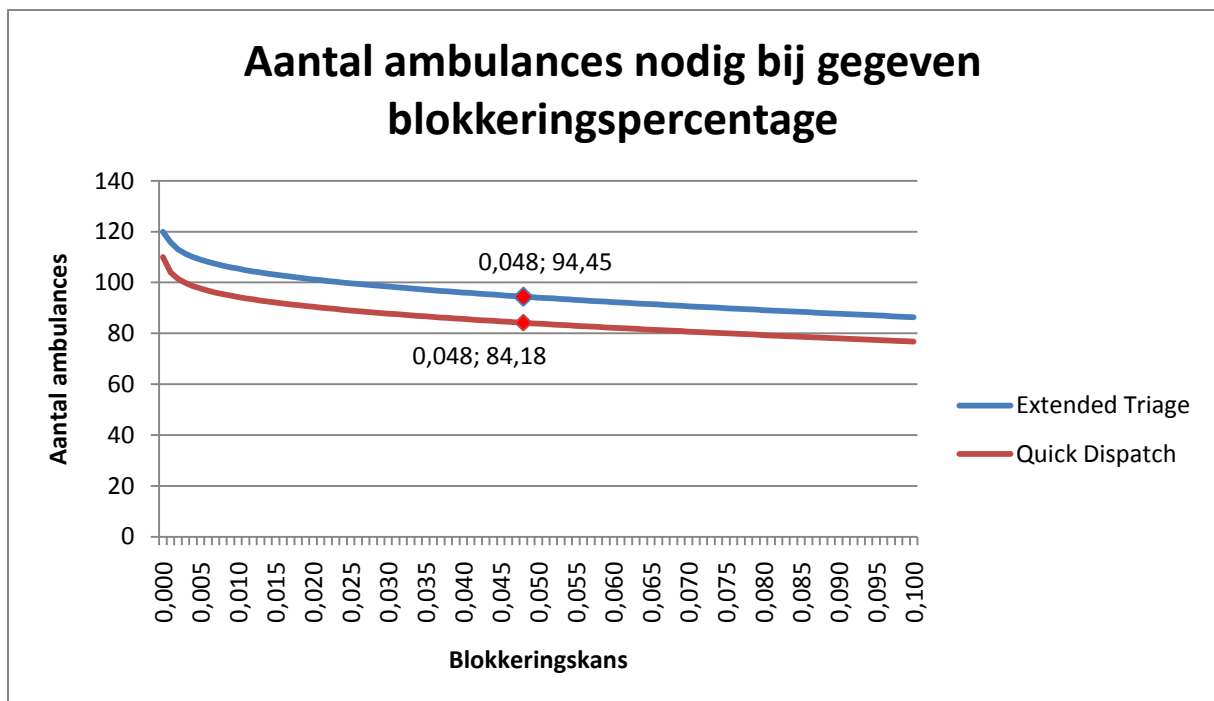
Uit deze paragraaf kunnen we concluderen dat er een verschil is tussen beide modellen zowel aangaande capaciteit als aangaande de wachttijd. Over het algemeen heeft het Quick Dispatch model minder ambulances nodig dan het Extended Triage model.

4.2 Stad-scenario

Wanneer er een grote ramp gebeurt, of er zijn feestdagen als Oud en Nieuw en Koninginnedag, dan ligt het aantal ambulancemeldingen ver boven het gemiddelde. Uit het rapport van Ambulancezorg Nederland [37] blijkt dat op de drukste dag in 2009, Oud en Nieuw, er ongeveer 2580 inzetten waren. In deze paragraaf gaan we uitzoeken welk effect dit heeft op de verschillende modellen voor een stad-scenario.

Voor dit scenario gaan we eerst uit van een extreem hoog aantal ritten per dag (5000) en dit resulteert in een λ van 208,33 per uur. Daarna gaan we onderzoeken welke gevolgen 2580 ritten heeft op de blokkeringskans en wachttijden. De andere inputwaardes voor de Erlang modellen zijn dezelfde inputwaardes die eerder gebruikt zijn in het scenario over Nederland.

Het Erlang blokkeringsmodel laat zien dat er voor dit scenario een groot verschil zit tussen het Extended Triage model en het Quick Dispatch model.



Figuur 4: Het aantal ambulances dat nodig is bij een gegeven blokkeringspercentage voor $\lambda = 208,33$.

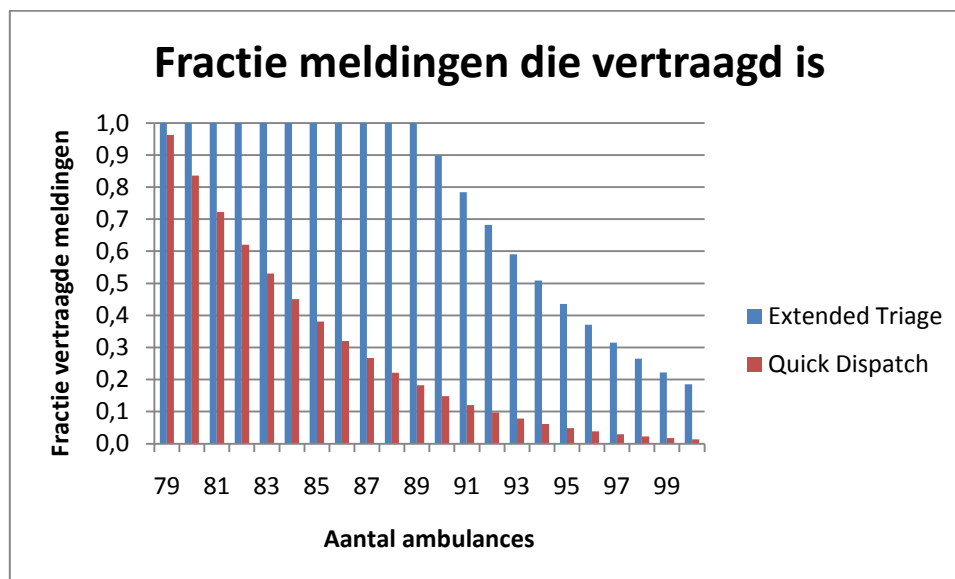
Uit Figuur 4 is te zien dat het Extended Triage model altijd een groot aantal ambulances minder nodig heeft dan het Quick Dispatch model bij dezelfde blokkeringskans. Dit verschil wordt nader bekeken in Tabel 8 op de volgende pagina.

Blokkeringskans in %			
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch	Vershil
90	7,440	2,143	5,296
91	6,795	1,821	4,975
92	6,180	1,534	4,646
93	5,594	1,282	4,312
94	5,040	1,062	3,977
95	4,517	0,872	3,645
96	4,027	0,710	3,317
97	3,570	0,573	2,997
98	3,146	0,458	2,688
99	2,756	0,363	2,393
100	2,399	0,285	2,113

Tabel 8: Blokkeringskans van beide modellen λ groot.

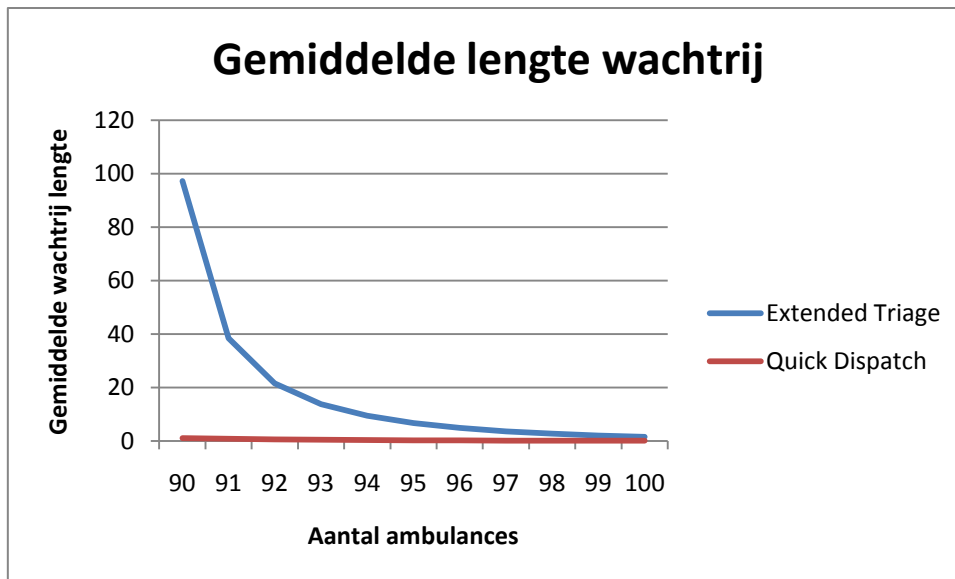
Stel we willen dat slechts 5% geblokkeerd wordt. Tabel 8 laat zien, dat het Extended Triage model bij deze blokkeringskans minimaal 94 ambulances nodig heeft, terwijl Quick Dispatch model minimaal 84 ambulances nodig heeft. In dit geval is het verstandig om het Quick Dispatch model te gebruiken, omdat dit model 10 ambulances minder nodig heeft dan het Extended Triage model.

Het Erlang vertragsingsmodel laat dit verschil ook zien. Om te beginnen kijken we naar de fractie vertragingen bij dit scenario.



Figuur 5: Fractie meldingen die vertraagd is met λ groot.

Als we de fractie meldingen die vertraagd is bekijken in Figuur 5 voor beide modellen, kunnen we concluderen dat het Extended Triage model voor veel meer vertraging zorgt, dan het Quick Dispatch model. Tot 79 ambulances is de fractie meldingen dat vertraagd is 100% voor het Quick Dispatch model, daarna begint de fractie meldingen dat vertraagd is al snel te dalen naarmate er meer ambulances zijn.



Figuur 6: De gemiddelde lengte van de wachtrij bij λ groot.

Uit Figuur 6 kunnen we concluderen dat het Extended Triage model een veel langere gemiddelde lengte van de wachtrij heeft bij het gebruik vanaf 90 ambulances; hiervoor is de gemiddelde lengte van de wachtrij oneindig lang. Het verschil tussen de modellen is pas verwaarloosbaar wanneer er 100 ambulances of meer beschikbaar zijn. Het lijkt alsof het Quick Dispatch model geen wachtrij heeft; dit is echter onjuist zoals te zien is in onderstaande tabel.

Gemiddelde wachtrij lengte	
Aantal ambulances	Quick Dispatch
79	271,574
80	51,438
81	24,941
82	14,897
83	9,756
84	6,720
85	4,772

Tabel 9: De gemiddelde wachtrij lengte van het Quick Dispatch model.

Tabel 9 laat zien, dat het Quick Dispatch een wachtrij heeft. De wachtrij is oneindig bij het gebruik van 1 tot en met 79 ambulances. Van 79 tot 90 ambulances is er een wachtrij en voor meer dan 90 ambulances is de wachttijd verwaarloosbaar.

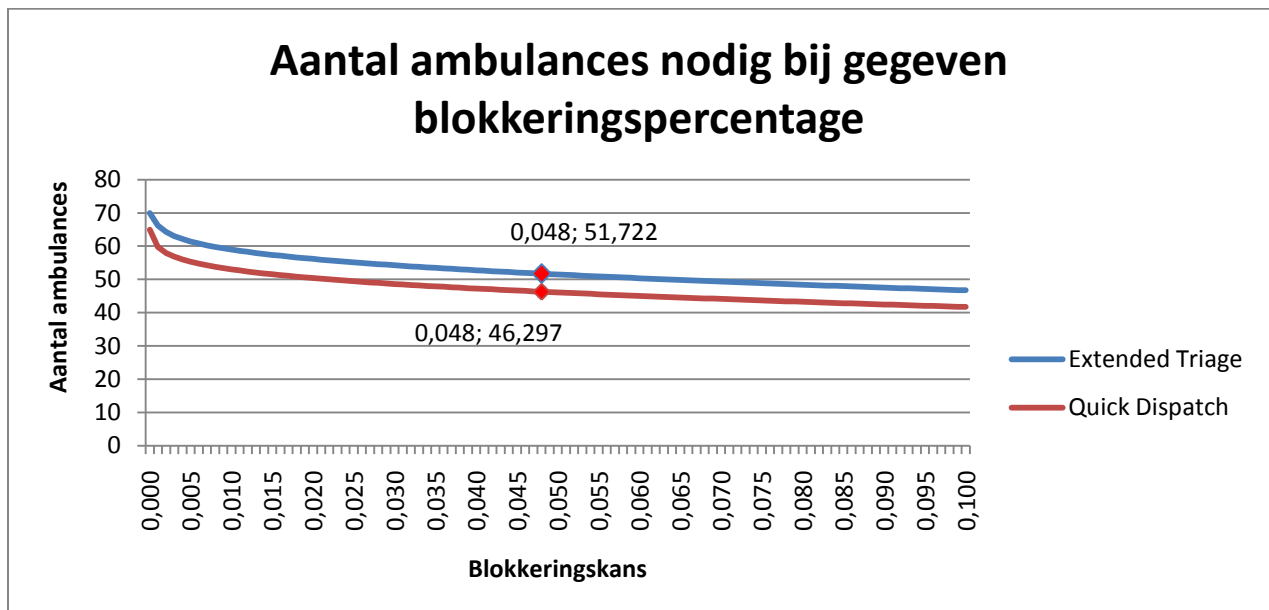
We bekijken de gemiddelde wachttijd in minuten voor beide modellen in Tabel 10.

Gemiddelde wachttijd in minuten			
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch	Vershil
90	9,759	8,517	1,242
91	9,733	8,517	1,216
92	9,726	8,517	1,209
93	9,723	8,517	1,206
94	9,721	8,517	1,204
95	9,720	8,517	1,203
90	9,759	8,517	1,242

Tabel 10: Gemiddelde wachttijd per model in seconden met λ groot.

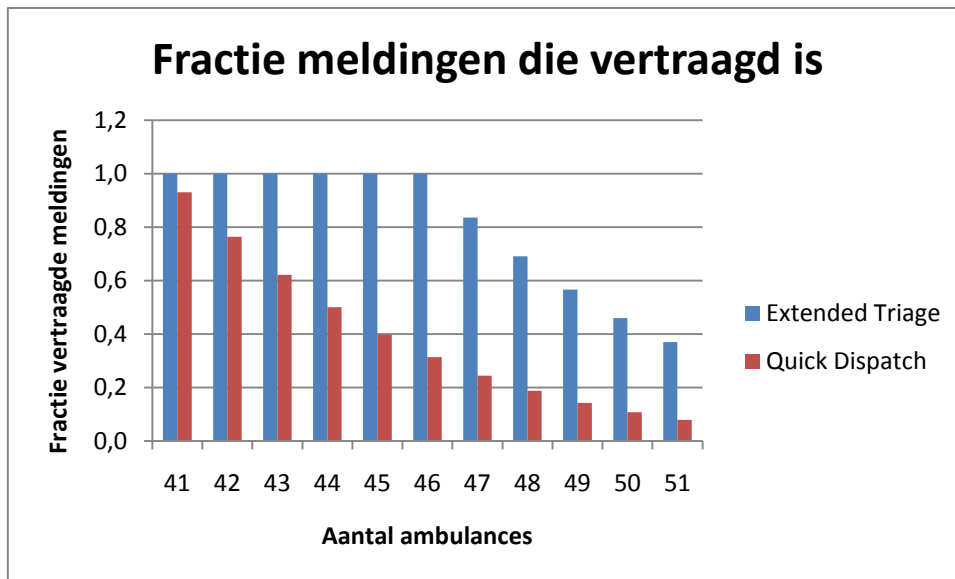
Uit Tabel 10 is te concluderen, dat bij de beschikbaarheid van 90 ambulances het verschil ongeveer 1 minuut is. Het Extended Triage model heeft bij het gebruik van 79 ambulances een oneindig lange gemiddelde wachttijd en het Quick Dispatch model heeft hier een gemiddelde wachttijd van 8 minuten en 40 seconden. Hoe meer ambulances beschikbaar zijn, hoe kleiner het verschil in wachttijd wordt. Ook voor dit scenario geldt dat het verschil niet kleiner wordt dan ruim één minuut vanwege het verschil in triagetijd.

Nu gaan we onderzoeken welke resultaten een λ van 2580 geeft.



Figuur 7: Het aantal ambulances dat nodig is bij een gegeven blokkeringspercentage voor $\lambda = 2580$.

Figuur 7 laat zien dat bij deze λ er een verschil is van 5 benodigde ambulances bij een blokkeringskans van 5%; het Extended Triage model heeft 51 ambulances nodig, terwijl het Quick Dispatch model er 46 nodig heeft om hetzelfde blokkeringspercentage te bereiken.



Figuur 8: Fractie meldingen die vertraagd is met $\lambda = 2580$.

Figuur 8 laat zien dat ook bij een aankomst van 2580 meldingen per dag, het Quick Dispatch model voor aanzienlijk minder vertraging zorgt dan het Extended Triage model bij de beschikbaarheid van 41 tot 51 ambulances. Hoe meer ambulances beschikbaar zijn, hoe kleiner het verschil wordt tussen de modellen.

Gemiddelde wachttijd in minuten			
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch	Verskil
47	9,750	8,518	1,231
48	9,730	8,518	1,212
49	9,724	8,517	1,207
50	9,721	8,517	1,204
51	9,720	8,517	1,203
52	9,719	8,517	1,202
53	9,718	8,517	1,201

Tabel 11: Gemiddelde wachttijd per model in seconden met $\lambda = 2580$.

Uit Tabel 11 is te concluderen, dat bij de beschikbaarheid van 47 ambulances het verschil ruim een minuut is. Het Quick Dispatch model heeft bij het gebruik van 41 ambulances een wachttijd van 8 minuten en 38 seconden, het Extended Triage model heeft daarentegen een oneindig lange wachttijd. Hoe meer ambulances er beschikbaar zijn, hoe meer het verschil tussen beide modellen naar 1,2 gaat.

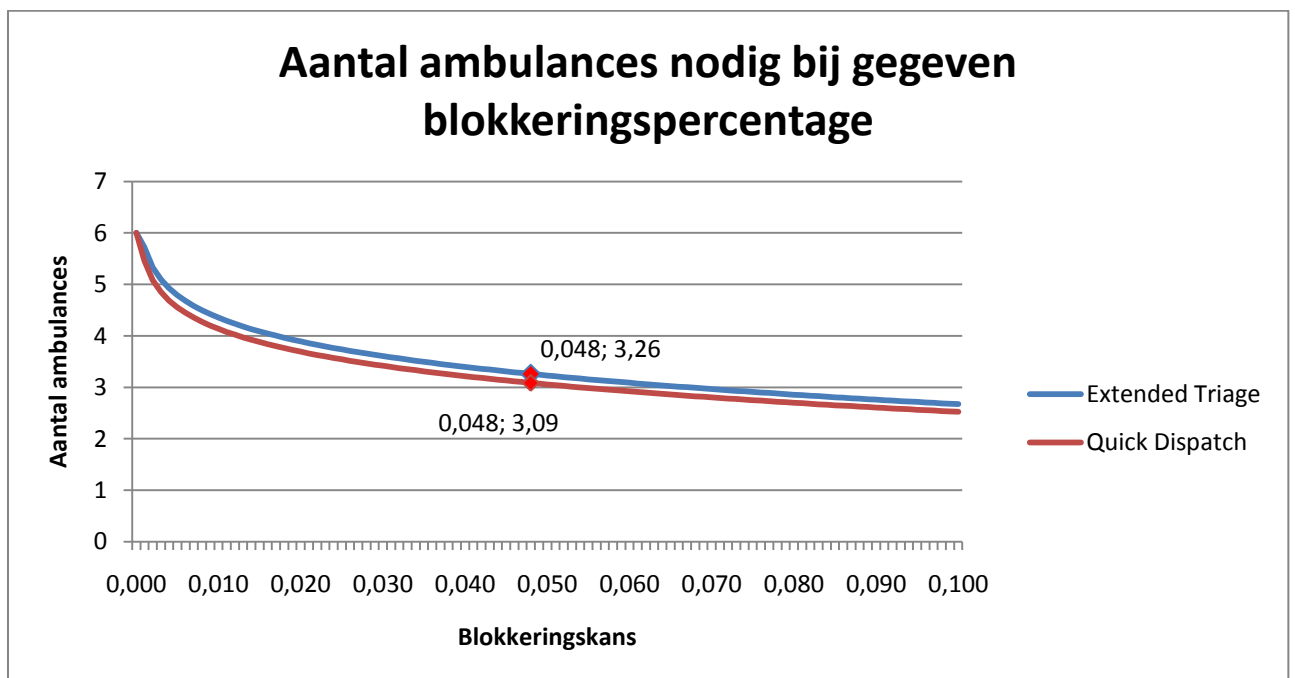
Het Quick Dispatch model zal in een stad-scenario goed werken, omdat er minder ambulances nodig zijn dan bij het Extended Triage model voor hetzelfde aantal meldingen. Hierdoor is de wachttijd bij het Quick Dispatch model korter en worden minder meldingen geblokkeerd bij eenzelfde aantal ambulances voor het Extended Triage model. Dit blijkt voor zowel een aankomst van 5000 meldingen als voor een aankomst van 2580 meldingen.

4.3 Platteland-scenario

Het kan voorkomen dat er heel weinig meldingen binnenkomen, bijvoorbeeld als veel mensen op vakantie zijn. Uit het rapport van Ambulancezorg Nederland [1] blijkt dat er op de rustigste dag in 2009 ongeveer 1530 inzetten waren. In deze paragraaf gaan we uitzoeken welk effect dit heeft op de verschillende modellen.

Voor dit scenario gaan we uit van 50 ritten per dag en dit resulteert in een λ van 2,08 per uur. Daarnaast heeft het platteland model een langere aanrijtijd, omdat een ambulance standplaats een groter gebied moet verzorgen. De gemiddelde aanrijtijd is in dit geval 12 minuten. Alle andere inputwaardes zijn hetzelfde als genoemd in het praktijk-scenario.

Als we kijken naar de blokkeringskans voor een platteland-scenario in Figuur 7, is er een klein verschil tussen beide modellen.



Figuur 9: Het aantal ambulances dat nodig is bij een gegeven blokkeringspercentage voor $\lambda = 2,08$.

Figuur 9 laat zien, dat bij een blokkering van 4,8% het Quick Dispatch model een fractie ambulances meer nodig heeft.

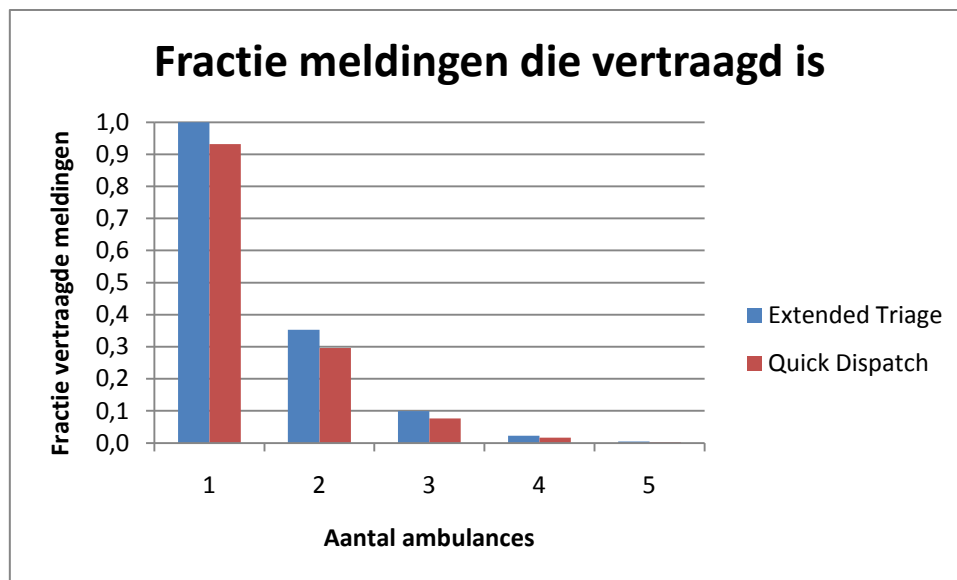
Om het verschil in Figuur 9 nader te bekijken, bekijken we Tabel 12 op de volgende pagina.

Blokkeringskans in %		
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch
1	50,867	48,244
2	20,843	18,357
3	6,710	5,396
4	1,707	1,242
5	0,352	0,231

Tabel 12: Blokkeringskans voor het Extended Triage model en Quick Dispatch model.

Tabel 12 laat zien dat het verschil in de blokkeringskansen van beide modellen rond 2,5% ligt wanneer er één ambulance beschikbaar is. Dit verschil wordt steeds kleiner hoe meer ambulances beschikbaar zijn. Dit laat zien dat het Quick Dispatch model gunstig is voor dit scenario, omdat de blokkeringskans lager ligt dan het Extended Triage model.

Ook als we kijken naar de fractie meldingen die vertraagd is in Figuur 10, kunnen we concluderen dat er slechts een fractie verschil is tussen beide modellen.



Figuur 10: Fractie meldingen die vertraagd is met λ klein.

Wanneer we kijken naar de gemiddelde lengte van de wachtrij bij het gebruik van Erlang C, is er weinig verschil tussen beide modellen, behalve wanneer er slechts één ambulance beschikbaar is.

Gemiddelde lengte wachtrij		
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch
1	Oneindig	12,802
2	0,379	0,259
3	0,052	0,034
4	0,008	0,005
5	0,001	0,001

Tabel 13: De gemiddelde lengte van de wachtrij per model.

Tabel 13 laat zien dat de gemiddelde lengte van de wachttijd voor het Quick Dispatch model vrijwel even lang is als de gemiddelde lengte van de wachtrij van het Extended Triage model. Bij de beschikbaarheid van één ambulance is deze wachtrij oneindig voor het Extended Triage model en 12,8 voor het Quick Dispatch model. Bij het gebruik vanaf twee ambulances is dit verschil verdwenen en zijn de gemiddelde lengte van de wachtrijen vrijwel even lang. Dit betekent dat het niet uit maakt welk model gebruikt wordt bij de beschikbaarheid van twee of meer ambulances.

Wanneer we kijken naar de gemiddelde wachttijd in minuten, is er vrijwel hetzelfde te constateren.

Gemiddelde wachttijd in minuten			
Aantal ambulances	Extended Triage	Quick Dispatch	Vershil
1	Oneindig	14,328	Groot
2	15,029	13,827	1,202
3	15,018	13,818	1,200

Tabel 14: Gemiddelde wachttijd in seconden, per model, λ klein.

Tabel 14 laat zien dat bij het gebruik van slechts één ambulance er een enorm verschil is; het Extended Triage model heeft een oneindig lange wachtrij en het Quick Dispatch model heeft een wachttijd van 14 minuten en 20 seconden. Bij het gebruik vanaf twee of meerdere ambulances is het verschil tussen beide modellen aangaande de gemiddelde wachttijd in minuten gelijk aan 1,2 minuten.

Er is een verschil tussen het Extended Triage model en het Quick Dispatch model is voor het platteland-scenario. Het is opvallend dat bij het gebruik van één ambulance het verschil in wachttijd groot is, ook het verschil in blokkeringskans is groot. Bij het gebruik van meerdere ambulances is er een verschil te constateren dat gelijk staat aan het verschil in triagetijd tussen beide modellen.

4.4 Servicelevel bepalen

In deze paragraaf bekijken we voor beide modellen de kans dat een ambulance binnen 15 minuten aanwezig is op de plaats van het ongeval, dit is het servicelevel. Hierbij wordt geen gebruik gemaakt van een Erlang blokkeringsmodel of een Erlang vertragsmodel.

Het verschil tussen het berekenen van deze kansen, zit in het feit dat de kans voor het Extended Triage model wordt berekend volgens $T1 + T2 + U + R$. En de kans voor het Quick Dispatch model wordt berekend volgens $T2 + U + R$.

$T2$ is de triagetijd voor het Quick Dispatch model, waarbij een aantal vragen gesteld wordt en daarna gelijk een ambulance wordt toegewezen. $T1$ is de triagetijd voor het Extended Triage model en bevat de tijd die extra nodig is, naast $T2$, om te bepalen of een ambulance gestuurd moet worden. U staat voor uitruktijd en R staat voor aanrijtijd.

Bijvoorbeeld, als $P(T2 + U + R < 15) = 0,78$, dan is in 78% van de gevallen de ambulance binnen 15 minuten aanwezig is op de plaats van het ongeval voor het Quick Dispatch model. Er wordt dus geen rekening gehouden met de kans op uitruk en de kans op rijden.

Het servicelevel is berekend op basis van 1000 random trekkingen uit de exponentiële verdeling. We hebben aangenomen dat zowel $T1$, $T2$, U als R exponentieel verdeeld zijn. Dit is gebaseerd op basis van schattingen van een ervaringsdeskundige en een paper van Restrepo [17] waarin de behandeltijd

wordt gezien als een exponentiële verdeling. Een gedetailleerde uitleg over de manier waarop deze kans is berekend, is te vinden in Appendix D. de gebruikte gemiddelden van $T1$, $T2$, U en R voor de random trekkingen zijn dezelfde gemiddelden als die van het praktijk-scenario uit paragraaf 4.1.

De kans is ook 1000 keer berekend. Nu is gebleken dat, op basis van de random trekkingen:

- In 100% van de gevallen ligt het servicelevel van het Extended Triage model onder het servicelevel van het Quick Dispatch model.
- De ambulance is gemiddeld binnen 15 minuten aanwezig in 80,82% van de gevallen voor het Extended Triage model.
- In 86,15% van de gevallen is de ambulance gemiddeld binnen 15 minten aanwezig voor het Quick Dispatch model.
- Voor het Extended Triage model wordt het servicelevel minimaal in 77,10% van de gevallen behaald en maximaal in 85,10% van de gevallen.
- Voor het Quick Dispatch model wordt het servicelevel minimaal in 82,80% van de gevallen behaald en maximaal in 89,90% van de gevallen.
- Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor het Extended Triage model is $[0,807;0,809]$.
- Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor het Quick Dispatch model is $[0,861;0,862]$.

In Appendix D is ook uitgelegd hoe het betrouwbaarheidsinterval is bepaald.

Voor het praktijk-scenario kunnen we concluderen dat gemiddeld gezien het Quick Dispatch model vaker binnen 15 minuten aanwezig is op locatie dan het Extended Triage model; in 86,15% van de gevallen.

Als we voor het stad-scenario het servicelevel gaan bepalen, dan is in 83,6% van de gevallen de ambulance binnen 15 minuten aanwezig voor het Extended Triage model en voor het Quick Dispatch zijn ambulances gemiddeld in 88,7% van de gevallen binnen 15 minuten aanwezig op locatie. In dit geval is er gebruik gemaakt van $T1$, $T2$, U en R met respectievelijk als gemiddelden 1,15; 1,87; 0,67 en 5,97.

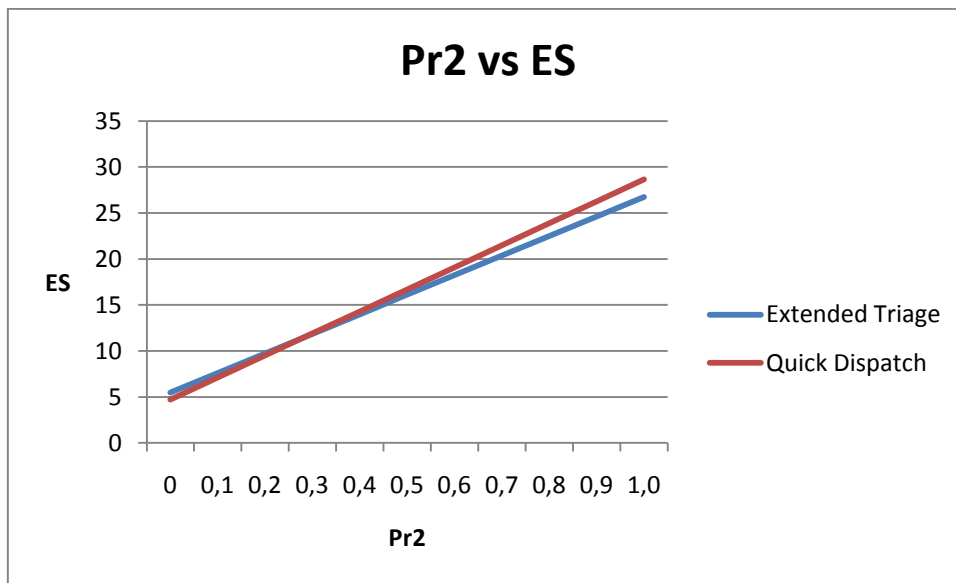
Als we gaan kijken naar het servicelevel voor een platteland-scenario, dan zie we dat voor het Extended Triage model de ambulances gemiddeld in 60,3% van de gevallen binnen 15 minuten aanwezig zijn op locatie. Voor het Quick Dispatch model is dit gemiddeld in 66,4% van de gevallen. In dit geval zijn gemiddelden voor $T1$, $T2$, U en R respectievelijk 1,15; 1,87; 0,67 en 12.

4.5 Gevoeligheid parameters

We bekijken in deze paragraaf de gevoeligheid van de kansen $P_u, P_{r1}, P_{r2}, P_b, P_z$ en P_n bij het berekenen van de gemiddelde servicetijd, bèta. We zijn uitgegaan van de standaard waarden uit Tabel 3 in paragraaf 3.1.

Voor elke kans hebben we een range van 0,0 tot 1,0 ingevuld (tussenstappen per 0,1) en de gemiddelde servicetijden opgeslagen. De kansen P_u, P_{r1}, P_b, P_z en P_n hebben geen invloed op servicetijden van de modellen. Voor alle kansen geldt: hoe kleiner de kans, hoe lager de gemiddelde servicetijd. Naarmate de kans toeneemt wordt het verschil in gemiddelde servicetijd iets groter; het Quick Disptach model heeft een iets langere gemiddelde servicetijd. Resultaten van P_u, P_{r1}, P_b, P_z en P_n zijn te vinden in Appendix D.

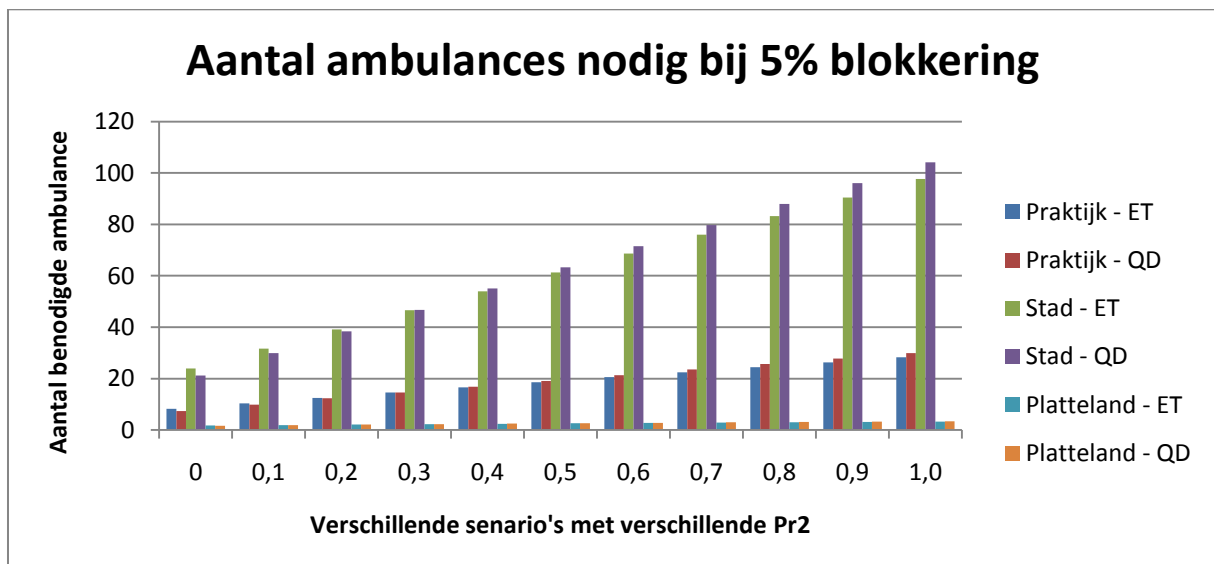
We bekijken de gemiddelde servicetijd voor verschillende waarden van kans P_{r2} in Figuur 8.



Figuur 11: De kans op blijven rijden nadat het eerste deel van de aanrijtijd er op zit in vergelijking met de gemiddelde servicetijd per model.

Van Figuur 11 kunnen we aflezen dat de P_{r2} van invloed is op de bèta. Bij een lage kans heeft het Extended Triage model een iets langere gemiddelde servicetijd. Vanaf een kans van 30% tot 100% heeft het Quick Dispatch model een hogere gemiddelde servicetijd. Hoe meer de kans richting 100% gaat, hoe meer verschil er is tussen beide modellen aangaande de bèta.

Nu gaan we per scenario bekijken of er tussen het Extended Triage model en het Quick Dispatch model een verschil is betreffende P_{r2} . Per scenario is het aantal ambulances gegeven die nodig zijn bij een blokkering van 5% van de meldingen.



Figuur 12: Aantal benodigde ambulances bij een blokkeringpercentage van 5% en verschillende P_{r2} 's.

In Figuur 12 is per kans het aantal benodigde ambulances weergegeven voor elk model per scenario. Bijvoorbeeld, bij $P_{r2} = 0,5$ heeft het Quick Dispatch model in het stad-scenario 63 ambulances nodig en het Extended Dispatch model 61.

Figuur 12 illustreert dat de kansen lineair stijgen; hoe hoger de P_{r2} , hoe meer ambulances nodig zijn. Als een ambulance minder vaak wordt teruggeroepen, dan zijn er meer ambulances nodig om het aantal binnenkomende meldingen te kunnen afhandelen.

Verder is te zien, dat voor het praktijk-scenario het Quick Dispatch model eerst minder ambulances nodig heeft en vanaf $P_{r2} = 0,6$ heeft het meer ambulances nodig. Voor het stad-scenario geldt dat vanaf het $P_{r2} = 0,4$ Quick Dispatch model meer ambulances nodig heeft. Bij het platteland-scenario hebben de modellen afgerond evenveel ambulances nodig.

Zodra P_{r2} voor het Extended Triage model kleiner is dan P_{r2} voor het Quick Dispatch model, dan zal het Quick Dispatch model meer ambulances nodig hebben om dezelfde aantal meldingen aan te kunnen en vice versa. Wanneer P_{r2} voor beide modellen gelijk is, heeft het Quick Dispatch model minder ambulances nodig om, in dit geval, 5% van de meldingen te blokkeren.

6. Conclusie

In dit hoofdstuk worden de conclusies besproken die uit het onderzoek naar voren komen. We geven antwoord op de hoofdvraag:

Wat zijn de effecten van het Extended Triage model en het Quick Dispatch model op de benodigde ambulance capaciteit?

Bij toepassing van het Extended Triage model en het Quick Dispatch model in de praktijk, blijkt dat er een verschil is tussen beide modellen zowel aangaande capaciteit als aangaande de wachttijd. Over het algemeen heeft het Quick Dispatch model twee ambulances minder nodig dan het Extended Triage model.

In een stad-scenario zal het Quick Dispatch model goed zou werken, omdat het model minder ambulances nodig heeft dan het Extended Triage model voor hetzelfde aantal meldingen. Hierdoor is de gemiddelde wachttijd bij het Quick Dispatch model korter en worden minder meldingen geblokkeerd bij eenzelfde aantal ambulances voor het Extended Triage model. Dit blijkt voor zowel een aankomst van 5000 meldingen als voor een aankomst van 2580 meldingen.

Er is ook een verschil tussen het Extended Triage model en het Quick Dispatch model voor het platteland-scenario klein. Het is opvallend dat bij het gebruik van één ambulance het verschil in wachttijd groot is, ook het verschil in blokkeringskans is groot. Bij het gebruik van meerdere ambulances is er een verschil te constateren dat gelijk staat aan het verschil in triagetijd tussen beide modellen.

Het servicelevel is berekend op basis van random trekkingen uit de exponentiële verdeling. Voor het praktijk-scenario waarbij de gemiddelden van Nederland zijn gebruikt voor de triagetijd, uitruktijd en aanrijtijd, bereikt de ambulance de locatie binnen 15 minuten in 80,82% van de gevallen voor het Extended Triage model. Voor het Quick Dispatch model wordt hier in 86,15% van de gevallen het service level gehaald. Voor het scenario over de stad wordt het servicelevel voor het Extended Triage model in 83,60% van de gevallen gehaald en voor het Quick Dispatch model in 88,70% van de gevallen. Voor het platteland-scenario is de ambulance gemiddeld in 60,30% van de gevallen binnen 15 minuten aanwezig voor het Extended Triage model en in gemiddeld 66,40% van de gevallen voor het Quick Dispatch model.

De berekening van de gemiddelde servicetijd bestaat uit een aantal kansen en tijden. We hebben onderzocht of de kansen invloed hadden op de totale gemiddelde servicetijd. Uit ons onderzoek bleek dat alleen de parameter P_{r2} invloed had op de totale gemiddelde servicetijd. Wanneer het Extended Triage model een kleinere P_{r2} heeft dan het Quick Dispatch model, heeft het minder ambulances nodig dan het Quick Dispatch model. Andersom heeft het Quick Dispatch model meer ambulances nodig als P_{r2} groter is dan deze van het Extended Triage model.

Conclusie

Op basis van deze kennis kunnen we concluderen dat het Quick Dispatch model een beter dispatch-systeem is dan het Extended Triage model. Het Quick Dispatch model heeft voor zowel het stad-scenario, het praktijk-scenario als het platteland-scenario minder ambulances nodig. Daarnaast haalt het Quick Dispatch model het servicelevel veel vaker dan het Extended Triage model.

Uit ons onderzoek bleek dat de parameter P_{r2} invloed heeft op de totale gemiddelde servicetijd. Wanneer het Extended Triage model een kleinere P_{r2} heeft dan het Quick Dispatch model, heeft het minder ambulances nodig dan het Quick Dispatch model. Als P_{r2} klein is, dan is de terugroepkans groter en is de gemiddelde service tijd korter, omdat een ambulance binnen korte tijd weer beschikbaar is om ingezet te worden.

Andersom heeft het Quick Dispatch model meer ambulances nodig als P_{r2} groter is dan de P_{r2} van het Extended Triage model. Hier is de terugroepkans klein, ambulances zijn gemiddeld langer bezig met een melding waardoor ze minder snel beschikbaar zijn voor een nieuwe melding en daarom zijn er in dit geval meer ambulances nodig.

Discussie

Alle resultaten zijn nu gegenereerd op basis van jaarlijkse gemiddelden, maar het is ook mogelijk om de scenario's per dagdeel te bekijken of per seizoen. Daarnaast is het ook mogelijk om A2-ritten afzonderlijk te bekijken voor de modellen in plaat van alleen A1-ritten; nu wordt er vanuit gegaan dat elke ambulance binnen 15 minuten aanwezig is op locatie.

In dit onderzoek zijn we uitgegaan van een basis model met slechts 1 standplaats, maar in Nederland waren er in 2009 201 standplaatsen [1]. Het Extended Triage model en Quick Dispatch model kunnen ook vergeleken worden op basis van meerdere standplaatsen. Dit betekent dat er meerdere Erlang vertragingmodellen en Erlang blokkeringsmodellen gebruikt moeten worden.

In de berekening van de gemiddelde servicetijd $\mathbb{E}S$ is er vanuit gegaan dat een ambulance alleen kan worden teruggeroepen nadat deze een deel van de aanrijtijd heeft gereden, $R1$. Dit 'deel' is nu halverwege de aanrijtijd, maar een ambulance kan ook op een eerder of later tijdstip worden teruggeroepen.

Verder wordt er geen rekening gehouden met de rijtijd terug naar de standplaats. Wanneer een ambulance het proces in Figuur 3 vroegtijdig verlaat, is er geen rekening gehouden met het terugrijden naar de thuisbasis. Dit betekent dat er vanuit wordt gegaan dat de ambulance direct klaar staat op de thuisbasis voor de volgende inzet. Alleen als de ambulance het hele proces in Figuur 3 doorloopt, wordt er rekening gehouden met een bepaalde rijtijd terug naar de thuisbasis H .

Als laatste is er bij het onderzoeken naar de gevoeligheid van de parameter P_{r2} alleen gekeken naar een kans tussen 0 en 1. Wanneer er wordt gekeken naar grotere kansen heeft dit geen invloed op de geconcludeerde resultaten. Hoe hoger de kans wordt, hoe groter het verschil in het aantal benodigde ambulances voor beide modellen; het Quick Dispatch model heeft altijd meer ambulances nodig in vergelijking met het Extended Triage model, omdat de gemiddelde servicetijd groter is.

7. Referenties

- [1] Ambulancezorg Nederland (mei 2010). Ambulances in-zicht 2009 (online). Stimio Consultants Drukwerk & Design, Tiel. Beschikbaar op: [http://www.ambulanceoost.nl/documents/Ambulances in-zicht 2009.pdf](http://www.ambulanceoost.nl/documents/Ambulances_in-zicht_2009.pdf) (geraadpleegd op 15 juni 2011).
- [2] Ambulancezorg Nederland (juni 2009). Beleidsnotie en convenant dynamisch ambulancemanagement (online). Ambulancezorg Nederland. Beschikbaar op: www.ambulancezorg.nl/.../beleidsnotitie-en-convenant-dynamisch-ambulancemanagement-2009.pdf (geraadpleegd op 25 mei 2011)
- [3] Ambulancezorg Nederland. Kengetallen (online). Ambulancezorg Nederland. Beschikbaar op: <http://www.ambulancezorg.nl/nederlands/pagina/930/kengetallen.html> (geraadpleegd op 15 juni 2011).
- [4] Ambulancezorg Nederland. Historie (online). Zwolle, www.ambulancezorg.nl. Beschikbaar op: <http://www.ambulancezorg.nl/nederlands/pagina/928/historie.html> (geraadpleegd op 18 mei 2011).
- [5] American Association of Critical-Care Nurses. Definition Critical Care Nurse (online). Aliso Viejo (Colombia), American Association of Critical-Care Nurses. Beschikbaar op: <http://www.aacn.org/wd/pressroom/content/aboutcriticalcarenursing.pcms?pid=1&&menu=> (geraadpleegd op 27 mei 2011).
- [6] Cooper, R.B. (2000). Queueing Theory (online). Nature Publishing Group. Beschikbaar op <http://www.cse.fau.edu/~bob/publications/encyclopedia.pdf> (geraadpleegd op 27 mei 2011).
- [7] Dib, J.E; Naderi, S; Sheridan, I.A; Alagappan, K. (2006). The Journal of Emergency Medicine, Vol. 30, No. 1, pp. 111 – 115, 2006; ANALYSIS AND APPLICABILITY OF THE DUTCH EMS SYSTEM INTO COUTRIES DEVELOPING EMS SYSTEMS. US, Elsevier Inc. 2006. Beschikbaar op: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T8B-4J3VCS0-13-5&_cdi=5082&_user=499882&_pii=S0736467905003860&_origin=&_coverDate=01%2F31%2F2006&_sk=999699998&_view=c&_wchp=dGLzVzb-zSkWA&_md5=d5996cbf89f2a44119173d7df63d061d&_ie=/sdarticle.pdf (geraadpleegd op 13 april 2011).
- [8] Jean Paul Linnertz, WirelessCommunication (1993). Erlang B (online). University of California at Berkely. Beschikbaar op: <http://www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr04/erlang/erlangb.htm> (geraadpleegd op 14 juni 2011).
- [9] Koole, G; Bijvank, M. (2002). Erlang-C Calculator (online). Vrije Universiteit Amsterdam. Beschikbaar op: <http://www.few.vu.nl/~koole/ccmath/ErlangC/index.php> (geraadpleegd op 10 juni 2011).
- [10] Koole, G. (maart 2010). *Optimization of Business Processes: An introduction to Applied Stochastic Modeling*. VU University Amsterdam, Departments of Mathematics. Beschikbaar op: www.few.vu.nl/~koole/obp/obp.pdf (geraadpleegd op 8 september 2010).

- [11] Koole, G. (2010). *Slides Applied Stochastic Modeling*. VU University Amsterdam.
- [12] Nicholl, J; Coleman, P; Parry, G; Turner, J; Dixon, S. (1999). Emergency priority dispatch systems – a new era in the provision of ambulance services in the UK (online). Sheffield, University of Sheffield. Beschikbaar op: <http://www.fireactics.com/PDS.pdf> (geraadpleegd op 18 april 2011).
- [13] Potter, T. (2008). Erlang Library for Excel (online). Nashville, Abstract Micro Systems. Beschikbaar op: <http://abstractmicro.com/index.htm> (geraadpleegd op 3 juni 2011).
- [14] Priority Dispatch Corporation (2011). What is ProQA™? (online). Salt Lake City, Priority Dispatch Corporation 2011. Beschikbaar op: http://www.prioritydispatch.net/art_whatish.php (geraadpleegd op 18 mei 2011).
- [15] RADER *Sigma Hollands Midden en opleidingscoördinator Moderator* (juni 2011). Gebruik van AMPDS bij MKA Hollands-Midden (online). Hulpdiensten online. Beschikbaar op: <http://www.hulpverleningsforum.nl/index.php?topic=52541.20> (geraadpleegd op 8 juni 2011).
- [16] Regionale Ambulance Voorziening Utrecht (RAVU), 112 en dan ... (online). Utrecht, RAVU. Beschikbaar op: <http://www.ravu.nl/home/ambulancezorg/112endan> (geraadpleegd op 30 mei 2011).
- [17] Restrepo, M; Henderson, S.H.; Topaloglu, H. (27 juli 2008). Erlang loss models for the static deployment of ambulances (online). Cornell University, Springer Science + Business Media LLC 2008. Beschikbaar op: <http://www.springerlink.com/content/756476842h28t3u6/fulltext.pdf> (geraadpleegd op 12 april 2011).
- [18] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (2008). Referentiekader Spreiding en Beschikbaarheid Ambulancezorg 2008 (online). Bilthoven, RIVM. Beschikbaar op: <http://www.ambulancezorg.nl/download/downloads/152/eindrapport-spreiding-en-beschikbaarheid-2008.pdf> (geraadpleegd op 27 mei 2011).
- [19] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Wat wij doen (online). Bilthoven, RIVM. Beschikbaar op: http://www.rivm.nl/RIVM/Wat_wij_doen (geraadpleegd op 30 mei 2011).
- [20] Ross, S.H. (2007). Introduction to Probability Models Ninth Edition (online). Academic Press, imprint of Elsevier Inc. (2007). Beschikbaar op: http://www.4shared.com/get/4DI1ICEc/Ross_-_Introduction_to_Probabi.html (geraadpleegd op 20 juni 2011).
- [21] Ross, Sheldon M. (1983). *Stochastic Processes*. Chichester (New York): Wiley.

Begrippen

A1 urgentie = een spoedgeval met een directe levensbedreigende situatie, waarbij de ambulance onmiddellijk moet vertrekken en binnen vijftien minuten ter plaatse moet zijn. [16]

A2 urgentie = een spoedgeval zonder een (mogelijke) directe levensbedreigende situatie, waarbij de ambulance zo snel mogelijk moet komen en binnen 30 minuten ter plaatse moet zijn. Vaak is er een huisarts aanwezig als deze urgentie wordt toegewezen. [16]

Advanced Life Support (ALS) = “een set van levensreddende protocollen en vaardigheden die een uitbreiding zijn op de Basic Life Support om verder ondersteuning te bieden bij de circulatie en het zorgen voor een open luchtweg en om voldoende ventilatie (ademhaling) te verlengen.” [26]

Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS) = “een Emergency Medical Dispatch (EMD) systeem ontwikkelt en verkocht door Priority Dispatch Corporation. AMPDS wordt voornamelijk gebruikt in het Verenigd Koninkrijk. AMPDS voorziet in een uniform systeem om juiste hulp te sturen naar medische noodgevallen; Het bevat gesystematiseerde ondervraging van de beller en pre-arrival instructies.” [27] Zowel *ProQA* genoemd.

Basic Life Support (BLS) = “het niveau van de medische zorg die wordt gebruikt voor patiënten met levensbedreigende ziekten of verwondingen totdat de patiënt volledige medische zorg kan worden gegeven in een ziekenhuis. Deze kunnen worden verstrekt door medisch geschoold personeel, inclusief dringende medische technici, paramedici, en door leken die een BLS training hebben gevolgd. BLS wordt meestal gebruikt in de preziekenhuis zetting en kan worden verstrekt zonder medische apparatuur.” [28]

Centrale Posten Ambulancevervoer (CPA) = onderdeel van de Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen (GHOR) en heeft de verantwoordelijkheid om ambulances te verzorgen voor mensen die (mogelijk) spoedeisende medische hulp nodig hebben. Ook planbaar vervoer valt hieronder. [29]

Critical Care Nurse (CCN) = “Critical care nursing is een specialisme binnen verpleging, dat precies om gaat met de menselijke reactie op levensbedreigende problemen. Een CCN is een erkende verpleegkundige die verantwoordelijk is voor het geven van optimale zorg aan acute en ernstig zieke patiënten en hun familie.” [5]

Dispatch = het toewijzingsproces van, in dit geval, meldingen aan ambulances.

Dynamic deployment = gedurende de shift van een ambulance kan deze worden opgeroepen om een andere melding af te handelen. Dus gedurende het service proces kan de ambulance weggeroepen worden. [17]

Dynamische ambulancemanagementsystemen (DAM) = “de wijze waarop de MKA de beschikbare ambulancecapaciteit inzet. De MKA draagt zorg voor een optimale spreiding en beschikbaarheid van de eigen ambulancecapaciteit in de eigen regio, maar kan in voorkomende gevallen ook een beroep doen op de ambulancecapaciteit van andere regio.” [2]

Emergency Medical Services (EMS) = “een soort van nood dienst die zorgt voor het verstrekken van acute medische zorg buiten het ziekenhuis en/of vervoer naar definitieve zorg voor patiënten met ziekten en verwondingen en waarvan gedacht wordt dat dit een medisch noodgeval is. Het primaire doel is ofwel de behandeling te verstrekken aan mensen in nood die dringend medische zorg nodig hebben, of het regelen voor tijdige verwijdering van de patiënt naar het volgende punt van de definitieve zorg.” [31]

First Responders = mensen die als eerste aanwezig zijn en eerste hulp uitvoeren voordat de ambulance arriveert.

Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen (GHOR) = een organisatie die ervoor zorgt dat bij grote ongelukken en ongevallen alle hulpverleners samen één hulp troep vormen. GHOR is dus geen hulpdienst. [32]

Landelijke Standaard Meldkamer Ambulancezorg (LSMA) = “een meldkamer van en voor de meldkamers ambulancezorg: ondersteunend, laagdrempelig en informatief.” [22]

Medical Priority Dispatch System = Een systeem dat vooraf ingestelde vragen voorlegt aan een centralist, die deze vragen zal stellen aan de melder wanneer zich een melding voor doet. Zie AMPDS.

Meldkamer Ambulancezorg (MKA) = zie Centrale Posten Ambulancevervoer.

Mobiel Medisch Team (MMT) = het traumateam dat zich verplaatst via een helikopter of een ander voertuig met als taak om medische ondersteuning te bieden. [34]

Planbaarvervoer = bijvoorbeeld het brengen van een patiënt uit het ziekenhuis naar thuis of andersom. Hierover is een afspraak gemaakt met de ambulanceprovider. Dit worden ook de B-ritten genoemd.

Poisson Arrivals See Time Averages (PASTA) = een eigenschap die zegt dat de tijdgemiddelden gelijk zijn aan de klantengemiddelden, gebaseerd op de lange termijn. [10]

ProQA = “gebaseerd op de medische Priority Dispatch System™ (MPDS) en biedt een gestandaardiseerd formaat voor het uitvoeren van de praktijk van de prioritaire dispatching. Het is een geautomatiseerd systeem dat werkt door het evalueren van binnenkomende informatie volgens de logische regels die gebouwd zijn op deskundige medische kennis. Degene die gebruik maken van dit systeem moet de allerbeste zijn in Emergency Medical Dispatching (EMD) training, moet een goed begrip van het MPDS systeem hebben, en moet handelen binnen een kwaliteitsborging en verbeterend milieu.” [14] Zowel AMPDS genoemd.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): het RIVM “bevordert door onderzoek, uitvoering en ondersteuning de publieke gezondheid en een schoon en veilig leefmilieu.” [19]

Static deployment = wanneer ambulances (opnieuw) beschikbaar zijn voor een melding, keren ze terug naar hun thuisbasis alvorens ze een nieuwe melding kunnen aannemen. Dit is het tegenovergestelde van *dynamic deployment*. [17]

Triage = het proces waarbij de binnengekomen melding wordt beoordeeld op basis van een aantal vragen. Met de antwoorden op deze vragen wordt de ernst van een ongeval bepaald en op basis hiervan wordt bepaald of direct een ambulance nodig is of niet.

Uitruk = De tijd dat dat het amulancepersoneel er over doet om in de ambulance te stappen en het starten met rijden.

Afkortingen

ALS = Advanced Life Support

AHT = Average Handling Time

AMPDS = Advanced Medical Priority Dispatch System

BLS = Basic Life Support

CBD = Criteria Based Dispatch

CCN = Critical Care Nurse

QD = Quick Dispatch

CPA = Centrale Post Ambulancevervoer

DAM = Dynamisch ambulancemanagementsysteem

EMS = Emergency Medical Services system

ET = Extended Triage

GHOR = Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen

LSMA = Landelijke Standaard Meldkamer Ambulance Zorg

MMT = Mobiel Medisch Team

MKA = Meldkamer Ambulancezorg

PASTA = Poisson Arrivals See Time Averages

RIAGG = Regionale Instelling voor Ambulante Geestelijke Gezondheidszorg

RIVM = Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

Appendix A – Wiskundige modellen

In het vergelijkingsonderzoek naar twee verschillende dispatch systemen, wordt gebruik gemaakt van een Erlang B en een Erlang C model. Met behulp van deze modellen kan respectievelijk de blokkeringskans van meldingen bij een gegeven aantal ambulances worden berekend en de fractie meldingen die het aantal ambulances bezet treft en moet wachten kan ook worden berekend.

In de volgende paragrafen zullen deze modellen uitgelegd worden, naast andere wiskundige componenten die nodig zijn om de modellen te begrijpen.

Poisson proces

In deze paragraaf beschrijven we het Poisson proces volgens Ross [21] en Koole [10]. Naast het homogene Poisson proces bekijken we ook een inhomogeen Poisson proces.

Homogeen Poisson proces

Er zijn verschillende manieren om een homogeen Poisson proces te beschrijven.

Een eerste manier is dat het telproces $X(t)$ voor $t \in [0, \infty]$ een homogeen Poisson proces is met intensiteit λ als:

- $X(0) = 0$;
- $X(t)$ een proces is met onafhankelijke stappen;
- Het aantal verzoeken in elk interval van lengte t is Poisson verdeeld met intensiteit λt . Dan geldt voor alle $s, t \geq 0$ dat,
$$P\{X(t+s) - X(s) = k\} = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^k}{k!} \text{ voor } k = 0, 1, \dots$$

Een equivalente manier is dat het telproces, $X(t)$, voor $t \in [0, \infty]$ een homogeen Poisson proces is met intensiteit λ als:

- $X(0) = 0$;
- $X(t)$ een proces is met onafhankelijke en stationaire stappen, en
- De volgende relaties gelden:
$$P\{X(t+h) - X(t) = 1\} = \lambda h + o(h) \text{ en } P\{X(t+h) - X(t) \geq 2\} = o(h),$$
 waarbij de functie $f(x)$ is van orde $o(h)$ als $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(h)}{h} = 0$.

Inhomogeen Poisson proces

In de vorige paragraaf zijn we uitgegaan van een uniforme verdeling voor de aankomsten in het interval $[0, T]$. Voor een homogeen Poisson proces nemen we hiervoor in de plaats aan dat de aankomsttijd volgens een verdeling met een stuksgewijs continue dichtheid f op $[0, T]$ wordt bepaald. Hiervoor definiëren we $\gamma = \mathbb{E}N(T)$ en $\lambda(t) = f(t)\gamma$, respectievelijk het verwachte aantal gebeurtenissen in het interval $[0, T]$ en de rate function. Als dit geldt, dan heeft het telproces $N(s, t)$ een Poisson verdeling met parameter $\gamma \int_s^t f(u) du$, waarbij de aankomsten onafhankelijk zijn in

disjuncte intervallen, en $\mathbb{E}N(s, t) = \int_s^t \lambda(u) du$. Wanneer de rate function constant zou zijn, dan was het een homogeen Poisson proces.

Als we tussenaankomsten bekijken, dan is de rate function $\lambda(t)$, gedefinieerd als de tijd vanaf een vast punt tot de volgende aankomst. In dit geval is $\mathbb{P}(X_1 > t) = P(N(t) = 0) = e^{-\int_0^t \lambda(s) ds}$ en dus kan X_1 elke verdeling aannemen afhankelijk van $\lambda(t)$, waarbij X_1 de tijd is tot de eerste aankomst van een verzoek. En $\mathbb{P}(X_2 > t | X_1 = s) = P(N(s, s+t) = 0) = e^{-\int_s^{s+t} \lambda(s) ds}$ laat zien, dat ook hier onafhankelijkheid geldt voor de aankomsten.

Exponentiële verdeling

Als X exponentieel verdeeld is met parameter $\mu \in \mathbb{R}_{>0}$ dan geldt:

- $F_x(t) = \mathbb{P}(X \leq t) = 1 - e^{-\mu t}$;
- $f_x(t) = F'_x(t) = \mu e^{-\mu t}$, $t \geq 0$;
- $\mathbb{E}X = \int_0^\infty t \mu e^{-\mu t} dt = \frac{1}{\mu}$;
- $\mathbb{E}X^2 = \int_0^\infty t^2 \mu e^{-\mu t} dt = \frac{2}{\mu^2}$;
- $\sigma^2(X) = \mathbb{E}X^2 - (\mathbb{E}X)^2 = \frac{1}{\mu^2}$;
- $c^2(X) = \frac{\sigma^2(X)}{(\mathbb{E}X)^2} = 1$.

Een belangrijke eigenschap van de exponentiële verdeling is de geheugenloze eigenschap:

$$\mathbb{P}(X \leq t + s | X > t) = \frac{\mathbb{P}(X \leq t + s, X > t)}{\mathbb{P}(X > t)} = \frac{\mathbb{P}(X \leq t + s) - \mathbb{P}(X \leq t)}{e^{-\lambda t}} = \frac{e^{-\lambda t} - e^{-\lambda(t+s)}}{e^{-\lambda t}} = 1 - e^{-\lambda t} = \mathbb{P}(X \leq s).$$

Voor meer informatie over de exponentiële of het nalezen hiervan, dan kan 'An introduction to Applied Stochastic Modeling' [10] worden bekeken.

Hypo-exponentiële verdeling

De hypo-exponentiële verdeling wordt ook wel de 'gegeneraliseerde Erlang verdeling' genoemd. In de kanstheorie is het een continue verdeling die veel gebruikt wordt in de wachtrijtheorie, maar vaker bij stochastische processen.

De hypo-exponentiële verdeling is een sommatie van onafhankelijke exponentiële verdelingen met ieder een eigen aankomstintensiteit λ . Stel er zijn n onafhankelijk verdeelde exponentiële willekeurige variabelen X_i , dan is de willekeurige variabele $X = \sum_{i=1}^n X_i$ hypo-exponentieel verdeeld. [33]

Voor meer informatie over de hypo-exponentiële verdeling verwijzen we naar Ross [20] voor de berekening van kansdichtheidsfunctie en naar Koole [10] voor een intuïtieve afleiding van de verdeling van de staart van de hypo-exponentiële verdeling.

Erlang B

In de wachtrijtheorie wordt het Erlang B model gezien als een M/M/s/s model, ofwel het *Erlang verliesmodel* of het *Erlang blokkeringsmodel* genoemd. Dit betekent dat het een model is waarbij de aankomsten Poisson verdeeld zijn met parameter λ (eerste M), de servicetijd is exponentieel verdeeld met parameter μ (tweede M), er zijn s servers beschikbaar (eerste s) en de tweede s is het totaal aantal plaatsen in het systeem; zowel het aantal servers als het aantal wachtplaatsen. Deze theorie is van toepassing op elk wachtrij systeem, waarbij de aankomsten Poisson verdeeld zijn en er s servers beschikbaar zijn.

Dit model heeft geen wachtruimte; elke melding die bij aankomst het aantal servers bezet treft gaat verloren. Als een klant bij aankomst niet alle servers bezet treft, dan wordt deze klant gelijk toegewezen aan een beschikbare server. Er zijn s beschikbare servers met $s \geq 1$. De servicetijden van een klant zijn onafhankelijk.

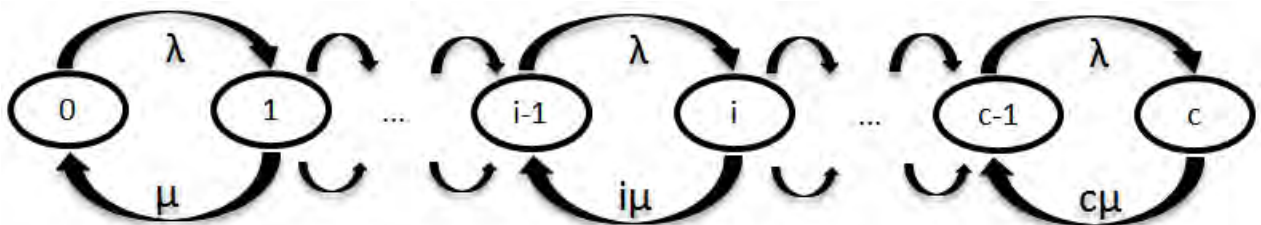
De fractie meldingen die op de lange duur verloren gaat is:

$$\pi(i) = \frac{(\lambda ES)^i / i!}{\sum_{j=0}^s (\lambda ES)^j / j!} \text{ voor } i = 0, 1, \dots, s \text{ met } ES = \beta = 1/\mu$$

$\pi(s)$ representeert de blokkeringskans voor $s < \infty$ vanwege *PASTA*. $\pi(s)$ wordt ook geschreven als $B(s, a)$ met $a = \lambda ES$ als de *offered load*.

Deze blokkeringskans geldt ook voor het M/G/s/s model. Voor het bewijs, zie 'An introduction to Applied Stochastic Modeling' [10].

In Figuur 13 is het toestandsdiagram weergegeven.



Figuur 13: Toestandsdiagram Erlang B

Het Erlang B model is geïntroduceerd door A.K. Erlang in het begin van de twintigste eeuw. Het was het eerste wachttijdmodel dat ontwikkeld werd in de geschiedenis van de wachttijdtheorie. De heer Erlang gebruikte dit model om het Deense telefoonnetwerk te modelleren [11], [24]

Erlang C

In de wachtrijtheorie wordt het Erlang C model gezien als een M/M/s model, ofwel het *Erlang wachtmodel*. Het Erlang C model lijkt op het Erlang B model behalve dat de aankomsten niet geblokkeerd worden, maar ze komen terecht in een wachtrij. Een ander verschil is dat het Erlang B model geheugenloos is, terwijl het Erlang C model deze eigenschap niet heeft.

Aankomsten zijn Poisson verdeeld met parameter λ , de servicetijd van een melding is exponentieel verdeeld met parameter μ , er zijn s servers beschikbaar en ze hebben een gezamenlijke wachtrij; deze is oneindig groot.

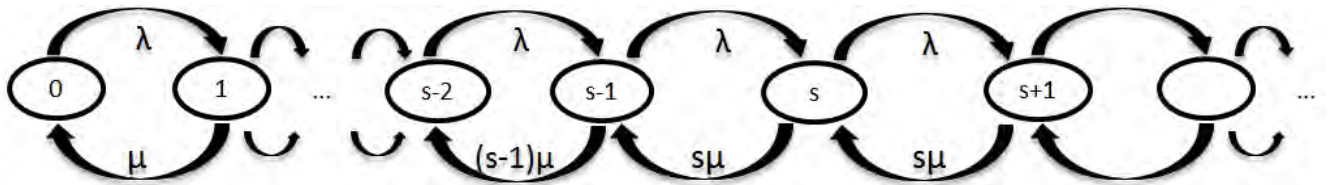
De *offered load* wordt aangeduid met $a = \lambda/\mu$ en de *load* per server wordt aangegeven met $\rho = a/s$ als $a < s$ en $\rho = 1$ als $a \geq s$, dit is de fractie tijd waarin één server bezet is.

De fractie meldingen die moeten wachten is [6]:

$$C(s, a) = \sum_{j=0}^{\infty} \pi(j) = \frac{a^s}{(s-1)!(s-a)} \left[\sum_{j=0}^{s-1} \frac{a^j}{j!} + \frac{a^s}{(s-1)!(s-a)} \right]$$

Waar $C(s, a) = 1$ als $\rho = 1$.

Het transitiediagram ziet er als volgt uit [11]:



Figuur 14: Toestandsdiagram Erlang C

De stationaire verdeling is [10]:

$$\pi(j) = \begin{cases} \frac{a^j}{j!} \pi(0) & \text{als } j < s, \\ \frac{a^j}{s!s^{j-s}} \pi(0) & \text{anders,} \end{cases} \quad \text{met } \pi(0)^{-1} = \sum_{j=0}^{s-1} \frac{a^j}{j!} + \frac{a^s}{(s-1)!(s-a)}$$

$$\mathbb{E}W_Q = \frac{C(s, a)}{s\mu - \lambda}.$$

Appendix B – Add-in Functies

Om de modellen in Excel te realiseren is er gebruik gemaakt van een Excel Add-in file van Abstract Micro; een Erlang Library voor Excel. Alle informatie in deze appendix is terug te vinden op de website van Abstract Micro Systems. [13]

Deze Add-in heeft meerdere functies voor het Erlang B en Erlang C model:

- **ErlbBlockage(nsrv, trafficInErlangs)**
Returns the Erlang B blockage for a specified number of servers and specified offered traffic.
 - *nsrv* is the number of servers (can be any non-negative number).
 - *trafficInErlangs* is the offered traffic in erlangs (can be any non-negative number) = x
= offered load = (calls per period)*(call length) / (period length)
- **ErlbNsrvFromBlockage(blockageFraction, trafficInErlangs)**
Returns the number of servers that will experience the specified blockage given a specified offered load.
 - *blockageFraction* is the desired probability that all servers are busy (*ErlbBlockage()*). Can be any number greater than or equal to 0 and less than or equal to 1.
- **ErlbTraffFromBlockage(blockageFraction, nsrv)**
Returns the traffic load in erlangs that will produce the specified blockage for the specified number of servers, in the Erlang B queueing model.
- **ErlcFractionDelayed(nsrv, trafficInErlangs)**
Returns the probability that a customer arriving at the queueing facility will experience a delay before beginning service.
- **ErlcFractionOk(nsrv, trafficInErlangs, ahtSeconds, okWaitSeconds)**
Returns the fraction of customers who begin service after waiting no longer than the specified number of seconds, for the given number of servers, traffic load, and average handle time.
 - *ahtSeconds* is the Average Handle Time (average duration of service) in seconds.
 - *okWaitSeconds* is the maximum acceptable wait time in seconds. (Used to define the "servicelevel".)
- **ErlcNsrvFromFractionOk(trafficInErlangs, ahtSeconds, okWaitSeconds, fractionOk)**
Returns the number of servers needed to carry a specified traffic load with a specified servicelevel.
 - *fractionOk* is the fraction of customers who begin service after a wait that does not exceed *okWaitSeconds*.
- **ErlcNsrvFromFractionOk5(secondsPerPeriod, callsPerPeriod, ahtSeconds, okWaitSeconds, fractionOk)**
Returns the number of servers needed to carry a specified traffic load with a specified servicelevel.
 - *secondsPerPeriod* is the number of seconds during the period for which we are computing the staffing level.
 - *callsPerPeriod* is number of arriving calls during the period.
- **ErlcNsrvFromWait(trafficInErlangs, ahtSeconds, averageWaitSeconds)**
Returns the number of servers required to achieve a desired average wait time in the Erlang C queueing model.
 - *averageWaitSeconds* is the desired average wait time (can be any positive number). Measured in seconds.

- **ErlcNsrvFromWait4(secondsPerPeriod, callsPerPeriod, ahtSeconds, averageWaitSeconds)**
Returns the number of servers required to achieve a desired average wait time in the Erlang C queueing model.
- **ErlcNwaiting(nsrv, trafficInErlangs)**
Returns the average number of waiting customers (also called the average queue length) in the Erlang C queueing model, for a given number of servers and given traffic load.
- **ErlcNwaiting4(nsrv, secondsPerPeriod, callsPerPeriod, ahtSeconds)**
Returns the average number of waiting customers (also called the average queue length) in the Erlang C queueing model.
- **ErlcTrafFromFractionOk(nsrv, ahtSeconds, okWaitSeconds, fractionOk)**
Returns the erlangs of traffic that can be carried by a specified number of servers, at a specified servicelevel in the Erlang C queueing model.
- **ErlcTrafFromWait(nsrv, ahtSeconds, averageWaitSeconds)**
Returns the traffic load in erlangs that can be carried by a given number of servers, with a given average handle time, and with a given average wait time. Assumes the Erlang C queueing model.
- **ErlcWait(nsrv, trafficInErlangs, ahtSeconds)**
Returns the average wait in seconds in the Erlang C queueing model, for a given number of servers, a given offered traffic, and a given average handle time.
- **ErlcWait4(nsrv, secondsPerPeriod, callsPerPeriod, ahtSeconds)**
Returns the average wait in seconds in the Erlang C queueing model, for a given number of servers, period length, number of calls per period, and average handle time.

Appendix C – Add-in Definitions en Formules

Alle informatie in deze appendix is terug te vinden op de website van Abstract Micro Systems. [13]

Erlang B

De blokkeringskans wordt op dezelfde manier berekend als aangegeven in hoofdstuk drie 'Wiskundige modellen'. Definities en formules die van toepassing zijn:

- n = Number of servers
- λ = Arrival rate
- μ = Service rate
- x = Traffic intensity measured in erlangs = offered load = λ/μ
- B = Probability of blockage = Average fraction of callers that are blocked = $B(n,x) = \text{ErlbBlockage}()$
- AHT = Average Handle Time (average duration of service) = $1/\mu$
- NB = Average Number of Busy servers = $(1 - B) * x$
- NS = Average Number of customers in System = $NB = (1 - B) * x$
- $UTIL$ = Utilization fraction (occupancy, average fraction of time that each server is busy) = $NB / n = (1 - B) * x / n$

"In these formulas, the quantities B, AHT, etc., are theoretical averages that are approached as a limit under the assumption that the queue operates for a very long period of time without any change to the queue parameters (number of servers, arrival rate, service rate)." [13]

Erlang C

De Erlang C formule wordt gedefinieerd als $C(n,x) = n*B(n,x) / (n - x*(1-B(n,x)))$ waarbij $B(n,x)$ de Erlang B functie is en volgens FIFO wordt gehandeld. Definities en Formules die van toepassing zijn:

- n = Number of servers
- λ = Arrival rate
- μ = Service rate
- x = Traffic intensity measured in erlangs = offered load = λ/μ and $\lambda/\mu < n$
- C = Probability of delay = $C(n,x) = \text{ErlcFractionDelayed}()$
- AHT = Average Handle Time (average duration of service) = $1/\mu$
- AWA = Average Wait for All customers (customers with zero wait time are included in the average) = $C / (\mu * (n-x)) = C * AHT / (n-x) = \text{ErlcWait}(), \text{ErlcWait4}()$
- AWD = Average Wait for Delayed customers (customers with zero wait time are not included in the average) = $AHT / n-x$
- T = Average time in system = $AWA + AHT$
- NW = Average Number of Waiting customers (average number in queue) = $C * x / (n-x) = \text{ErlcNwaiting}(), \text{ErlcNwaiting4}()$
- NB = Average Number of Busy servers = x
- NS = Average Number of customers in System = $NB + NW = x + (C * x / (n-x))$
- $UTIL$ = Utilization fraction (occupancy, average fraction of the time that each server is busy) = x/n
- $P(t)$ = Probability that the wait time of a customer will be less than or equal to t , where t any non-negative number. This is the same as the fraction of callers whose wait time is less than or equal to $t = 1 - C * e^{-(n-x)*t/AHT} = \text{ErlcFractionOk}()$.

Appendix D – Kansberekening

In Tabel 15 is te zien hoe de kans wordt berekend dat een ambulance binnen 15 minuten op de plaats van het ongeval is.

Mean	1,15	1,866667	0,5	6,7				
	<i>U</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>R</i>	SUM ET	SUM QD	ET < 15min	QD < 15min
	2,213898	1,99931	0,5586103	4,187997	8,95981535	6,960506	1	1
	0,100011	0,909536	0,5143402	6,268616	7,79250309	6,882967	1	1
	1,334244	2,042461	1,3208111	0,30939	5,00690634	2,964445	1	1
	2,722871	3,015201	0,5301927	3,188185	9,45645035	6,441249	1	1
	0,280377	0,620897	0,0568733	16,23626	17,1944073	16,57351	0	0
	1,009717	4,478123	2,6871633	3,707107	11,8821109	7,403988	1	1
	4,279517	3,53651	0,1342901	18,07355	26,0238661	22,48736	0	0
	1,825954	1,525617	1,2235326	3,86113	8,43623406	6,910617	1	1
	0,394432	1,008398	0,2886052	3,707027	5,3984624	4,390064	1	1
	0,187612	1,176056	0,3361761	15,63243	17,3322751	16,15622	0	0
	0,695481	0,457664	0,0941246	15,04265	16,2899245	15,83226	0	0
	0,275452	1,103328	0,5722878	17,08933	19,0403985	17,93707	0	0
.....

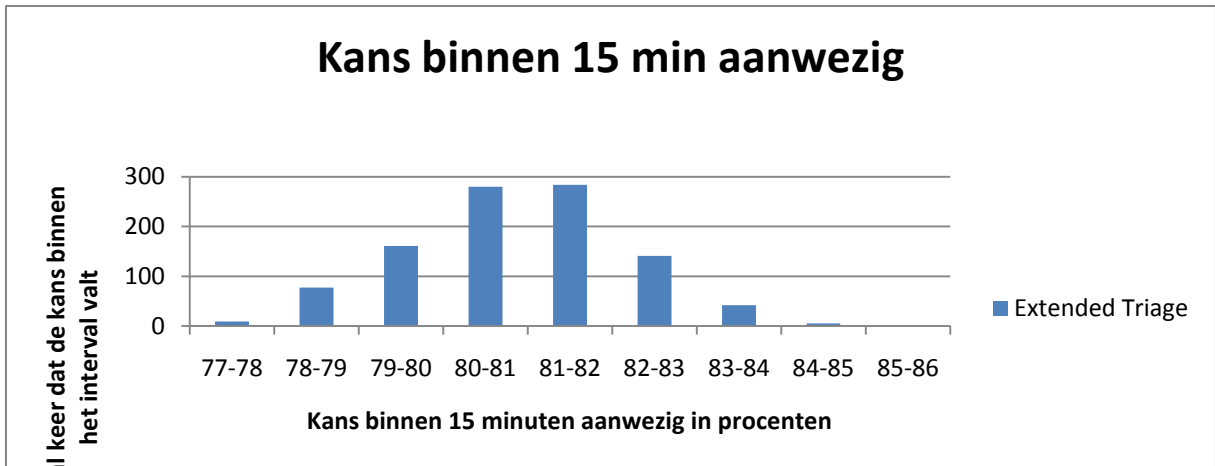
Tabel 15: Berekenen van het servicelevel.

Er zijn 1000 trekkingen gedaan uit de exponentiële verdeling voor *U*, *T2*, *T1* en *R* [38]. Daarvan is 1000 keer de som genomen; $SUM = (T1 + T2 + U + R)$ voor het Extended Triage model en $SUM = (T2 + U + R)$ voor het Quick Dispatch model. Wanneer $SUM < 15$, dan heeft het een 1 gekregen en anders een 0. Dan is het aantal 1-en opgeteld en gedeeld door 1000. Zo is de kans berekend dat het servicelevel voor de uitruk, de triage en de aanrijtijd totaal < 15 min is. De getallen die in de bovenste rij staan, zijn de gemiddelden die gebruikt zijn voor de exponentiële verdeling om random trekkingen van te doen. Ik heb deze getallen gebruik, omdat deze getallen gebaseerd zijn op gegevens van 'Ambulances in-zicht 2009'. [1]

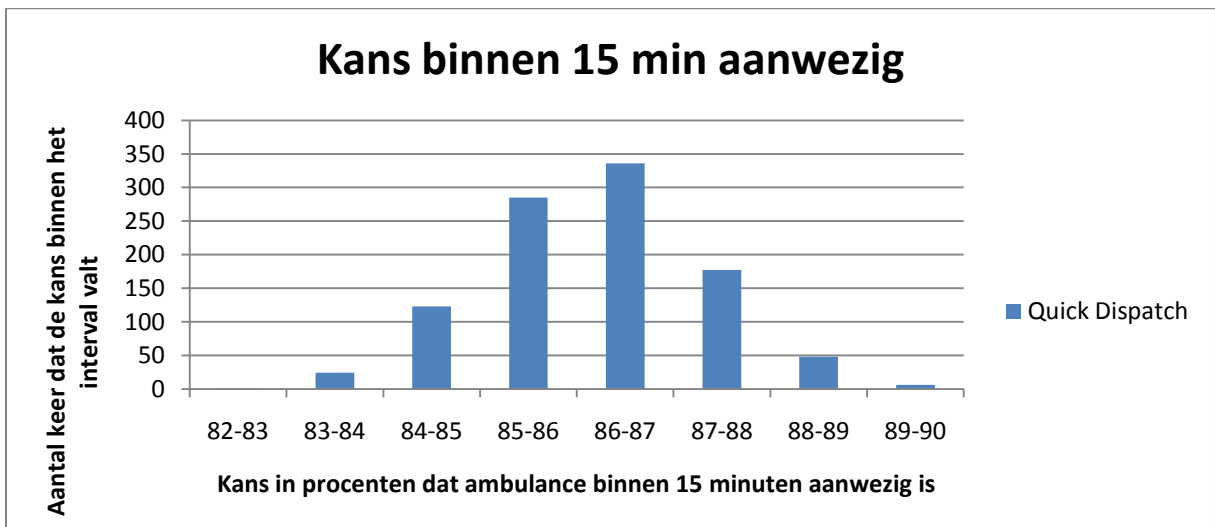
De kans dat een ambulance binnen 15 minuten aanwezig is, is ook 1000 keer berekend. Van deze data is een plot gemaakt voor beide modellen, zie Figuur 15 en 16 op de volgende pagina.

Van die plaatjes is af te lezen dat beide modellen een normale verdeling hebben. Het betrouwbaarheidsinterval is dan: $Mean \pm 1,96 * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

Aangezien er geen overlap is, is het terecht om te zeggen dat het Quick Dispatch model beter is dan het Extended Triage model.



Figuur 15: De kans dat een ambulance binnen 15 minuten aanwezig is in het Extended Triage model normaal verdeeld.

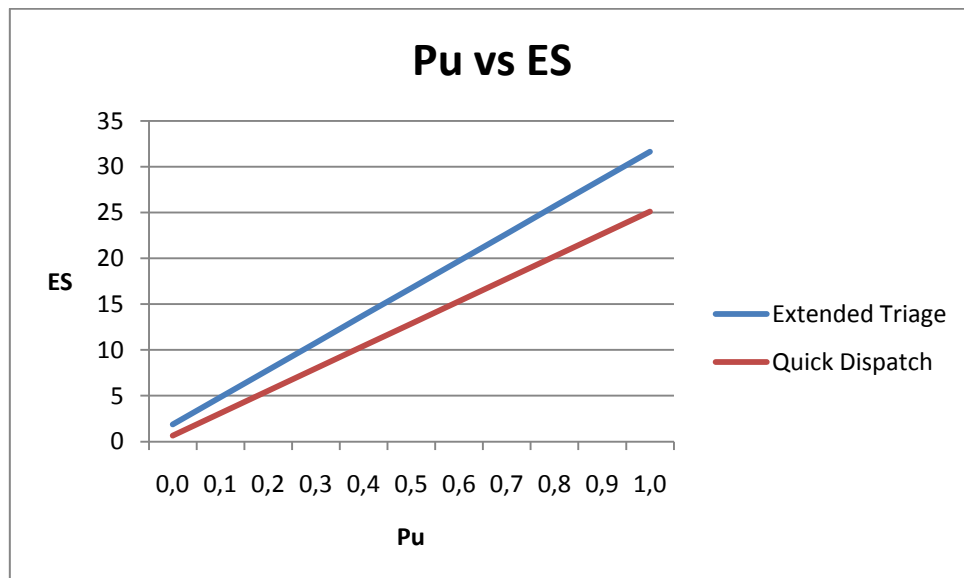


Figuur 16: De kans dat een ambulance binnen 15 minuten aanwezig is in het Quick Dispatch model is normaal verdeeld.

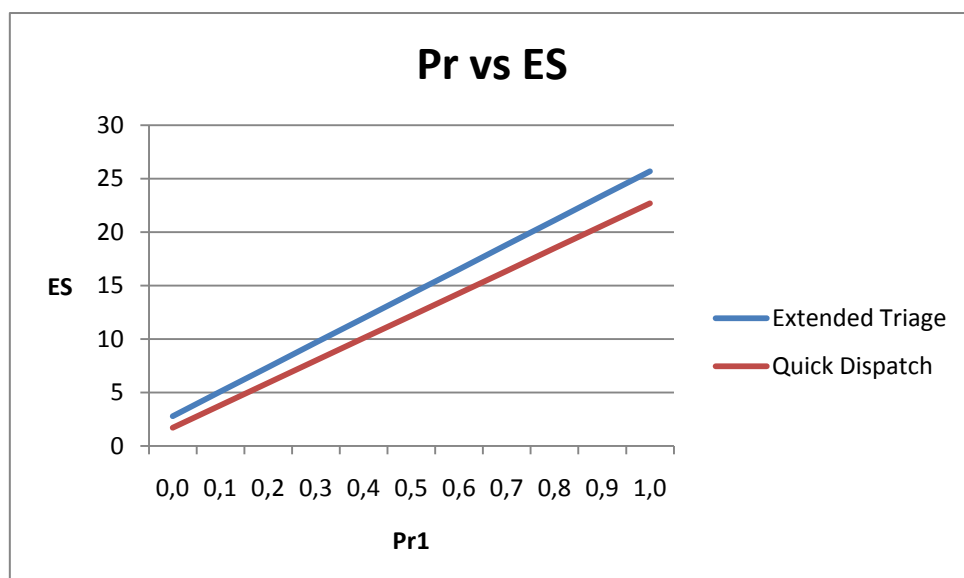
Appendix E – Parameters

Deze appendix hoort bij paragraaf 4.5, hier wordt de gevoeligheid van de parameters op de bèta bekeken. P_u , P_{R1} , P_b , P_z en P_n hebben geen invloed op de gemiddelde servicetijd. In Figuur 17, 18, 19, 20 en 21 worden respectievelijk de resultaten getoond voor P_u , P_{R1} , P_b , P_z en P_n .

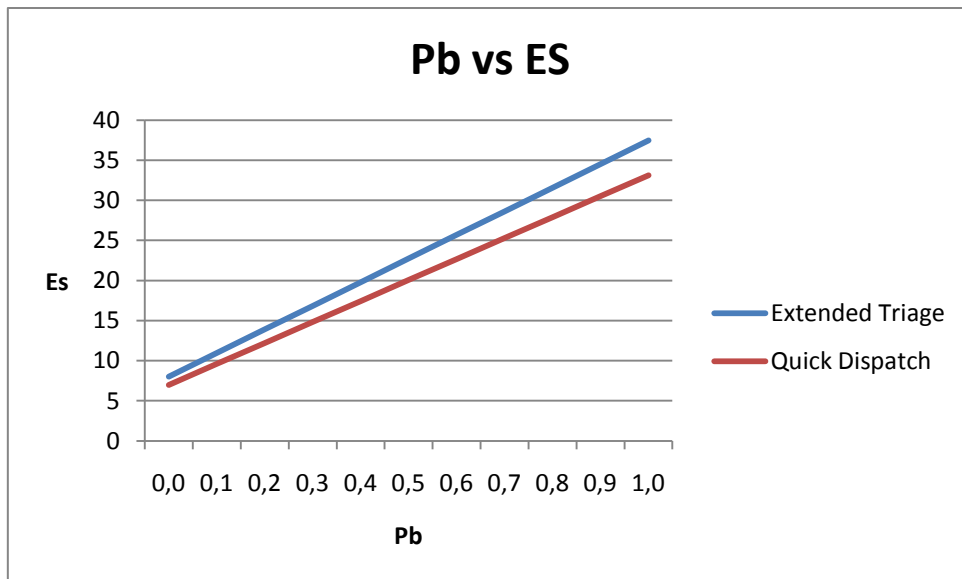
Onderstaande figuren illustreren dat de kansen lineair stijgen in vergelijking met de gemiddelde servicetijd. Bovendien snijden de modellen elkaar nooit; het Quick Dispatch model heeft altijd een langere gemiddelde servicetijd dan het Extended Triage model.



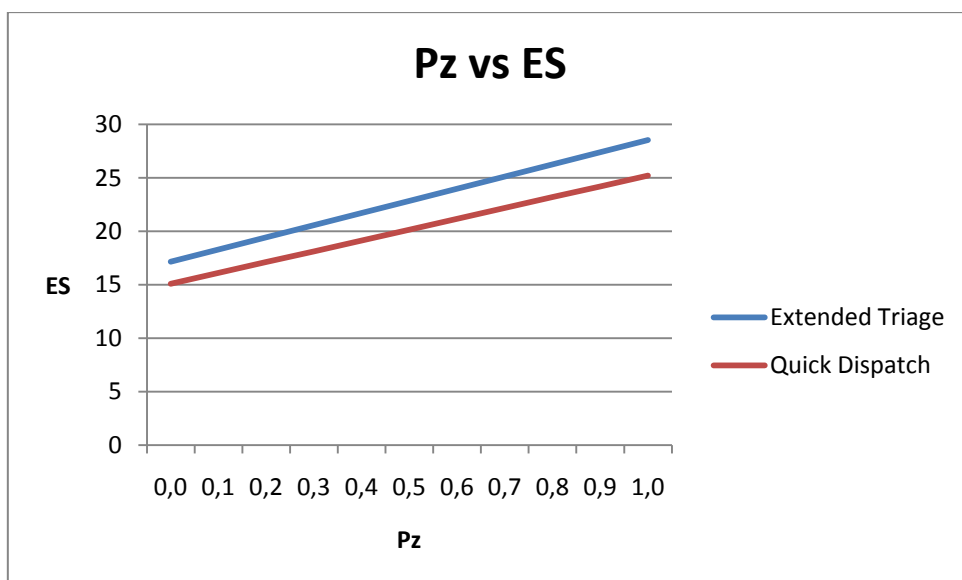
Figuur 17: De servicetijd bij een gegeven kans op uitruk.



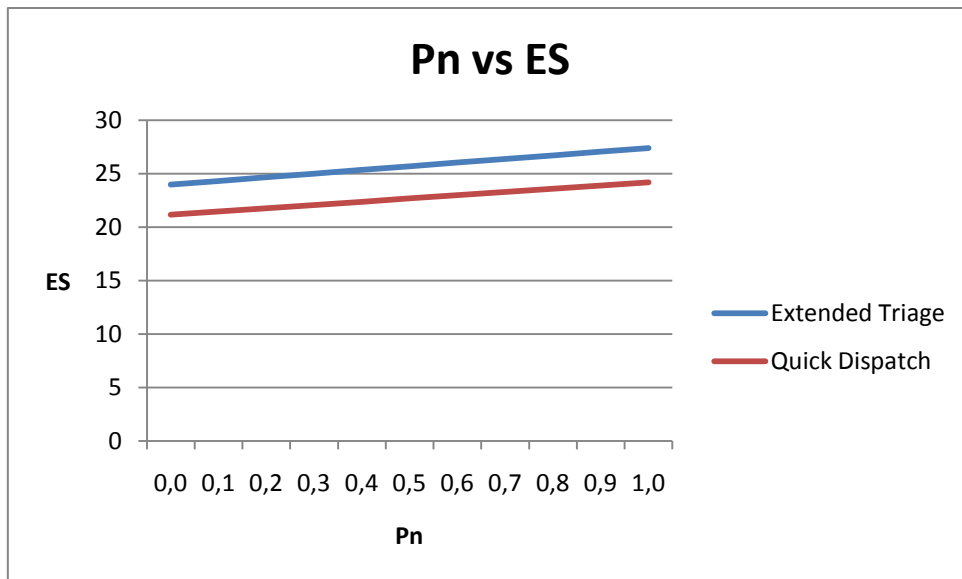
Figuur 18: De kans op rijden na het uitrukken in vergelijking met de gemiddelde servicetijd



Figuur 19: De kans op behandeling gemeten in het aantal minuten van de servicetijd.



Figuur 20: Servicetijd gegeven de kans op rijden naar het ziekenhuis.



Figuur 21: Servicetijd gegeven de kans op een nieuwe melding.