

# VU Research Portal

## Efficient Planning of Ambulance Services

van Buuren, M.

2018

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

van Buuren, M. (2018). *Efficient Planning of Ambulance Services: Theory and Practice*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

### **Take down policy**

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

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

---

## SAMENVATTING

---

Ambulancezorg is een toepassingsgebied waaraan wiskundige optimalisatiemodellen substantieel kunnen bijdragen. Dit proefschrift behandelt diverse nieuwe modellen, die niet alleen vanuit een wetenschappelijk oogpunt interessant zijn, maar die ook grotendeels hun weg gevonden hebben naar de praktijk.

Het *meldkamermodel*, dat in Hoofdstuk 2 behandeld wordt, is een simulatiemodel dat in detail de processen van de meldkamer-centralisten nabootst. Hoewel de literatuur over algemene meldkamers divers en omvangrijk is, blijkt dat specifieke modellen voor ambulancemeldkamers nagenoeg afwezig zijn. Meldkamers ambulancezorg (MKA's) onderscheiden zich door zeer strikte eisen aan de responstijden en een grote diversiteit aan taken. Uniek in onze benadering is dat de diverse feedback-momenten in kaart worden gebracht, de prioriteiten van de verschillende soorten telefoongesprekken gerespecteerd worden en vooral dat er meerdere manieren zijn waarin de simulatiemodellen voor MKA's ingericht kunnen worden, d.w.z. dat zowel functiedifferentiatie als (uitsluitend) generalisten wordt toegelaten. Bij (volledige) *functiedifferentiatie* is er een groep gespecialiseerde centralisten die de aanname doet, o.a. de *triage*, en een andere groep specialisten die verantwoordelijk zijn voor de coördinatie van het wagenpark en de communicatie met derde partijen zoals ziekenhuizen, de zogenaamde *uitgiftecentralisten*. Generalisten zijn flexibel omdat ze zowel de aanname als de uitgifte kunnen doen, maar zij zijn daarentegen wel duurder. Het tevens behandelde *mixed model* is de 'gulden middenweg' die een combinatie van aannamecentralisten, uitgiftecentralisten en generalisten toestaat. Het meldkamermodel, in al zijn vormen, voorspelt de wacht- en doorlooptijden gegeven het aantal centralisten van ieder specialisme. Op basis daarvan kan een kosten-baten analyse gedaan worden. Aan de hand van meta-data van telefoongesprekken door meldkamer Utrecht konden er goede schattingen gemaakt worden van de modelparameters. Er wordt geconcludeerd dat, afhankelijk van de werklast van de meldkamer, de optimale indeling verandert: bij lage aantallen hulpverzoeken zijn generalisten het meest kosten-efficiënt, maar naarmate dit aantal toeneemt, loont functiedifferentiatie. Bij functiedifferentiatie zal het vaak zin hebben om één generalist te houden die bij pieken van zowel aanname als uitgifte kan bijspringen.

Hoofdstukken 3 en 4 behandelen het zogenaamde *adjusted queueing framework*. Primair worden ambulancediensten beoordeeld op de fractie van ritten

waarbij de ambulance tijdig aanwezig. In deze berekening beschouwt men alleen de (potentieel) levensbedreigende situaties, dat zijn de ritten met A1-urgentie. Als behaalde prestatie wordt bijvoorbeeld vermeld dat 94% van de ritten met A1-urgentie van een verzorgingsgebied is binnen de 15 minuten ter plaatse. Hierin wordt in dimensie tijd het jaargemiddelde genomen, en in ruimte alles platgeslagen tot één punt, waardoor er één regionaal getal berekend kan worden dat de jaarprestaties van de hele regio omvat. Het nadeel van deze benadering is dat lokale belangen amper vertegenwoordigd zijn. Het loont immers om alle ambulances rondom de stedelijke gebieden met het overgrote deel van de zorgvraag te concentreren en de enkele rijtijdoverschrijding in de landelijke gebieden voor lief te nemen. *Minimal-reliability* (min-rel) modellen benaderen de prestaties anders. Zij rekenen het minimale aantal ambulances uit dat nodig is zodanig, dat op elk punt van de regio een gegeven tijdigheidpercentage gehaald kan worden. De *maximal availability* (max-av) modellen zijn hieraan verwant; deze proberen een beperkt aantal ambulances zodanig te plaatsen dat zoveel mogelijk potentiële patiënten binnen dit gegeven tijdigheidpercentage bereikt kunnen worden. Bestaande min-rel en max-av modellen hebben een aantal nadelen. Veel modellen hebben een vaste bezettingsgraad die voor elke wagen gelijk is, wat onrealistisch is aangezien ambulances in stedelijke gebieden meer dan in landelijke gebieden op een post zijn. Bij andere voorgaande modellen mogen de aankomstintensiteit, de bedieningsduur en het toegestane percentage rijtijdoverschrijdingen niet teveel afwijken tussen verschillende punten in de veiligheidsregio; als dat toch gebeurt, zal dat meer benodigde ambulances als gevolg hebben. Onze aanpak staat daarentegen wel toe dat de voorgenoemde drie parameters voor ieder punt ongelimiteerd verschillen, en dat de bezettingsgraad per ambulance ook niet gelijk hoeft te zijn. In Hoofdstuk 3 wordt uitgelegd waarom de eerdere modellen overschattingen geven, en wordt uiteengezet op welke wijze de modellen aangepast moeten worden, zodat ze toepasbaar worden op veelzijdige regio's. Dit resulteert in het adjusted queuing framework.

Hoofdstuk 4 introduceert twee nieuwe min-rel modellen die gebruik maken van het adjusted queuing framework uit het voorgaande hoofdstuk. Het eerste model formuleert een *mixed integer program* dat het absolute optimum vindt voor het minimaal aantal ambulances zodanig, dat op elk punt in de regio de vereiste prestaties behaald wordt. De keerzijde van dit model is dat het alleen toepasbaar is voor relatief kleine modelinstanties, vanwege de complexiteit en de daarmee gemoeide rekentijden. Het tweede model is een *heuristiek* die ook in staat is om voor grotere modelinstanties oplossingen te geven. Deze modellen worden geëvalueerd aan de hand van gegevens van echte ambulanceregio's die zowel landelijk als stedelijk gebied bevatten. Numerieke berekeningen laten zien dat voor elk punt aan de gegeven eisen met minder ambulances dan in de voorgaande modellen voldaan kan worden. De resultaten uit Hoofdstuk 4 komen overeen met de aantallen die in de praktijk in gebruik

zijn, waardoor dit de eerste min-rel modellen zijn die bruikbaar zijn in de praktijk.

Hoofdstuk 5 richt zich op een operationeel vraagstuk, de *alternatieve routes*. Ambulancediensten willen, behalve de responstijd van zoveel mogelijk spoedritten binnen de 15 minuten te halen, ook dat elke gemeente afzonderlijk goed scoort: als er een gemeente zeer slecht scoort, dan moeten ze daar een goede uitleg voor geven. Bij voorwaardescheppende (VWS) ritten wordt een vrij inzetbare ambulance verzocht om naar een specifieke standplaats te bewegen ten behoeve van de dekking. Diverse modellen voor dynamisch ambulancemanagement (DAM) bestaan al om te bepalen welk voertuig naar welke standplaats moet rijden. Een open vraag is nog volgens welke route deze ambulance “het beste” naar z’n bestemming kan rijden. De routekeuze kan uitmaken voor de prestaties van de regio, omdat de ambulance tijdens het rijden naar de VWS-bestemmingspost dekking genereert over de gebieden waar hij langs komt. Door een ambulance te vragen om te rijden kan het wel zijn dat hij er langer over doet om op zijn bestemming aan te komen, maar als voordeel levert deze ambulance ondertussen een betere dekking over de regio op. Netto kan dat er dus voor zorgen dat er (lokaal) meer hulpverzoeken binnen de normtijden gehaald worden. In dit hoofdstuk wordt een methode ontwikkeld waarmee voor ambulances goede alternatieve routes kunnen worden berekend. Vervolgens wordt getoond hoe er aan een route een dekkingswaarde toegekend kan worden. Door voor elke route naar de bestemming alternatieve routes te berekenen en iedere route een dekkingswaarde te geven, kan een efficiënte route naar de bestemming aan de ambulance worden meegegeven. De resultaten tonen aan dat de tijdigheid eerlijker over de regio verdeeld wordt, terwijl het aantal ritten dat op tijd komt niet verandert. De meeste winst wordt behaald op plaatsen die vanaf een standplaats slecht te bereiken zijn. Alternatief routeren is bovendien een stuk sneller en goedkoper te realiseren dan een standplaats bijplaatsen.

In Hoofdstuk 6 wordt de *pilotstudie* beschreven, waarin de in het onderzoeksproject ontwikkelde methoden in de praktijk getest worden. In samenwerking met ambulancedienst GGD Flevoland zijn gedurende twaalf weken twee DAM methoden getest, die binnen het REPRO-onderzoeksproject ontwikkeld zijn. Voor deze studie zijn de methoden aangepast om deze in de praktijk toe te kunnen passen. Bovendien is er software geschreven die de VWS-voorstellen uitrekent en deze inzichtelijk met pijlen op een kaart van de ambulanceregio aan de centralisten toont. Tijdens de pilot was er een reductie van een derde in rijtijd-overschrijdingen, waardoor dit het eerste jaar was dat de veiligheidsregio de landelijke norm haalde. Ook waren er kwalitatieve voordelen die we voorheen niet voorspeld hadden: centralisten zijn, wanneer het drukker is, sneller in staat een VWS-beslissing te nemen en worden door onze soft-

ware in staat gesteld om een beter overzicht te houden van de vrij inzetbare ambulances.

De *testing interface for ambulance research* software, kortweg TIFAR, is een simulatie-framework dat zich richt op het simuleren en doorrekenen van logistieke vraagstukken in de ambulancezorg. In Hoofdstuk 7 wordt de structuur van TIFAR beschreven. Hiermee kan in kaart gebracht worden gebracht wat het gevolg is van het veranderen van de standplaatslocaties, aanpassingen aan dienstroosters of een vervanging van het VWS-beleid. TIFAR bevat klassen die het gedrag van ambulances en de meldkamer nauwkeurig kunnen nabootsen en eenvoudige koppelingen hebben met diverse databases die informatie over de regio bevat, waaronder informatie over de roosters en historische ritten. Door een koppeling met de Coin-OR optimalisatie software kunnen in TIFAR ook wiskundige modellen geïmplementeerd worden die de optimale standplaatslocaties berekenen. De resultaten van Hoofdstukken 2, 4 en 5 zijn in TIFAR gesimuleerd of met z'n klassen en database-infrastructuur berekend. Ook de pilotstudie van Hoofdstuk 6 is in dit framework geschreven.