

Models and algorithms for railway line planning problems

Citation for published version (APA):

Goossens, J. H. M. (2004). *Models and algorithms for railway line planning problems*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Universiteit Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20041124jg>

Document status and date:

Published: 01/01/2004

DOI:

[10.26481/dis.20041124jg](https://doi.org/10.26481/dis.20041124jg)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

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.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Samenvatting

Door de toenemende vraag naar mobiliteit, maar zeker ook door de privatisering van de spoorwegen is het onderzoek naar het oplossen van planningsproblemen in de spoorwegwereld in een stroomversnelling geraakt. Dit proefschrift onderzoekt zowel wiskundige modellen, als oplossingsmethoden voor zogenaamde lijnvoeringsproblemen voor spoorwegmaatschappijen.

Een lijnvoering ligt ten grondslag aan vrijwel alle vormen van transport die werken met behulp van lijnen en dienstregelingen. Hierbij kan het zowel gaan om, bijvoorbeeld, vervoer per bus, tram, of trein, als om vliegschema's van luchtvaartmaatschappijen. In alle gevallen beschrijft de lijnvoering een lijst van vervoersverbindingen, oftewel lijnen, tussen paren van locaties, die aangeboden worden met een vaste regemaat, zoals per uur of per week.

De wiskundige modellen en technieken die besproken worden in dit proefschrift richten zich op het ontwerpen van lijnvoeringen zodanig dat de beschikbare middelen van de vervoerder efficiënt worden gebruikt. Met beschikbare middelen kunnen zowel kosten bedoeld worden, als benodigde hoeveelheden materieel en personeel.

Hoofdstuk 1 van het proefschrift bespreekt oude en nieuwe ontwikkelingen in de wereld van het openbaar vervoer per trein in Nederland. In het bijzonder de verwachte grote toename in het aantal treinreizigers stelt zware eisen aan de organisatie van het vervoer per spoor. Zo zal een significante verhoging van de betrouwbaarheid en de capaciteit van het spoorwegennet gerealiseerd moeten worden. Daarnaast geeft dit hoofdstuk een overzicht van het scala van planningsproblemen, waarvan het lijnvoeringsprobleem een onderdeel vormt. Hier worden problemen besproken als het maken van een dienstregeling, het plannen van personeel, maar ook het ontwerpen van onderhoudsschema's van treinstellen.

Het resterende gedeelte van het proefschrift is opgebouwd uit twee delen. In het eerste deel, met daarin hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3, wordt een theoretische en praktische basis gelegd. Allereerst geeft hoofdstuk 2 een overzicht van de wiskundige concepten die veelvuldig gebruikt zullen worden in de latere hoofdstukken. Hoofdstuk 3 beschrijft de aspecten die een rol spelen bij het modelleren van lijnvoeringsproblemen. Hierbij worden onderwerpen besproken als de samenhang tussen lijnvoeringen en dienstregelingen, het schatten van de vervoersvraag door het netwerk, en beperkingen door de infrastructuur bij het ontwerpen van lijnvoeringen. Tevens wordt een aanzet gegeven voor het modelleren van het lijnvoeringsprobleem.

Het tweede deel van het proefschrift bespreekt drie toepassingen van wiskun-

dige modellen voor het oplossen van lijnvoeringsproblemen. In hoofdstuk 4 wordt begonnen met het beschrijven en analyseren van een algoritme voor het samenstellen van lijnvoeringen. Hierbij geldt de beperking dat slechts een lijnvoering wordt gemaakt voor treinen van één treintype, zoals intercity treinen, sneltreinen of stoptreinen. De bestaande theorie wordt hierbij sterk uitgebreid met onder andere methoden voor het vereenvoudigen en compacter maken van de probleembeschrijving, en een aantal technieken voor het oplossen van de wiskundige modellen. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een toetsing van deze methoden en technieken aan de hand van een aantal praktijkvoorbeelden. Hieruit blijkt ten eerste dat de ontwikkelde methoden deze problemen veel compacter maken. Daarnaast zorgt de gecombineerde aanpak voor goede oplossingen binnen een redelijke tijd en kan voor nagenoeg alle probleemvoorbeelden de best mogelijke oplossing worden gevonden.

Tegenover de lijnvoeringsproblemen van hoofdstuk 4, die zich beperken tot treinen van één treintype, staan de problemen die besproken worden in hoofdstuk 5. Dit hoofdstuk introduceert het lijnvoeringsprobleem voor het geïntegreerd oplossen van lijnvoeringsproblemen voor meerdere treintypen. Hiervoor worden een drietal wiskundige modellen ontwikkeld. Hoewel aangetoond wordt dat deze modellen het onderliggende probleem equivalent beschrijven, blijkt dat één modellering duidelijk beter in staat is de bekeken praktijkinstanties op te lossen. Verder komt naar voren dat bij de geteste voorbeelden de geïntegreerde aanpak uit dit hoofdstuk beduidend betere resultaten levert dan de gesplitste aanpak uit hoofdstuk 4.

De lijnvoeringsproblemen zoals zij aan bod komen in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 zijn erop gericht een volledig nieuwe lijnvoering te ontwerpen. Voor iedere lijn in een dergelijke lijnvoering worden de stations waar deze lijnen stoppen gedicteerd door de types van de lijnen en de stations in het netwerk. Zo zullen intercity treinen alleen stoppen op intercity stations, terwijl stoptreinen ieder station aandoen dat op hun route ligt. De stationstypes worden hierbij als gegeven beschouwd, en liggen dus vooraf al vast. In tegenstelling hierop introduceert hoofdstuk 6 een wiskundig model dat de lijnvoering als gegeven beschouwd, maar nu probeert andere stationstypes te vinden zodanig dat de totale reistijd van passagiers wordt geminimaliseerd. Neem bijvoorbeeld een stoptrein station in het huidige netwerk. Een intercity trein zal niet bij dit station stoppen. Dit is voordelig voor de passagiers die zich in deze trein bevinden, aangezien een extra, onnodige, stop zou betekenen dat zij een aantal minuten extra reistijd zouden hebben. Echter, voor passagiers die vertrekken vanaf dit station zou een hoger stationstype voordelig zijn. Dit zou er namelijk voor zorgen dat zij meteen al kunnen instappen in een snellere intercity trein.

Voor het oplossen van het optimalisatie probleem voor het kiezen van stationstypes wordt in hoofdstuk 6 een aantal nieuwe modelleringsconcepten besproken. Aan de hand hiervan wordt een modelformulering beschreven die gebaseerd is op een klassiek netwerkstroom model met extra beperkingen en variabelen. Voor deze formulering wordt een decompositie besproken waarbij het probleem kan worden opgelost aan de hand van een groot aantal kleinere deelproblemen. Net als in de voorgaande hoofdstukken wordt dit hoofdstuk afgesloten met een toetsing van de beschreven ideeën aan de hand van een aantal praktijkinstanties van de Nederlandse Spoorwegen. Hieruit blijkt dat het oplossen van deze problemen met behulp van

de voorgestelde methoden een duidelijke verbetering brengt. Daarnaast zorgen de gevonden oplossingen ieder voor een substantiële tijdswinst vergeleken met de oorspronkelijke stationstypes.