

Kosten en baten van robuustheid en comfort in OV modellen

11-03-2015

Ir. Menno Yap
Dr.ir. Niels van Oort
Ir. Ties Brands

adviseurs
mobiliteit
**Goudappel
Coffeng**

Belang van robuust en comfortabel OV



Naar / Opmerkingen		
2 Hoofddorp via Schiphol	4	Sprinter
6 Schiphol	3	+1 uur 55 minuten Intercity
9 Den Haag Centraal via Schiphol, Leiden C.	4	+30 minuten Intercity
6 Den Haag Centraal via Schiphol, Leiden C.	4	+30 minuten Sprinter
5 Hilversum via Duivendrecht, Weesp	1-2	+15 minuten Sprinter
7 Schiphol	3	+10 minuten Intercity
9 Nijmegen via Utrecht C., Ede-Wageningen, Arnhem	1-2	+10 minuten Intercity



Opzet presentatie

▪ Robuust OV

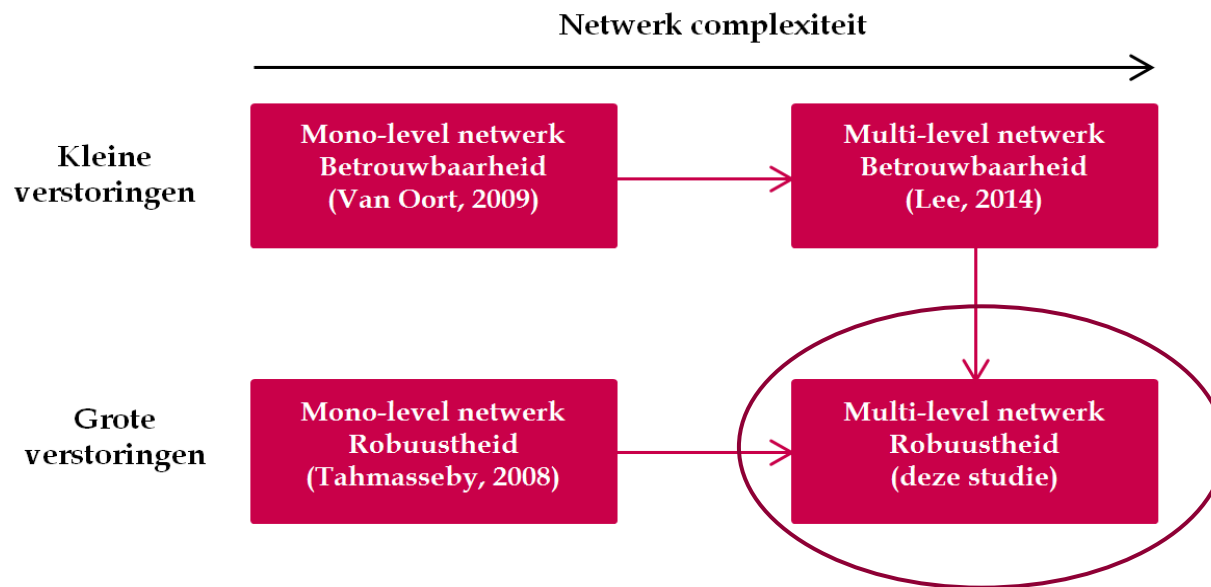
- Identificatie kwetsbare links
- Kwantificeren kosten van verstoringen en baten van robuustheidsmaatregelen
 - Reistijd
 - Reiskosten
 - Reiscomfort

Intermezzo: kwantificeren van kosten en baten van (dis)comfort in OV

- Conclusies robuustheid en comfort in OV modellen

Beperkingen in studies OV robuustheid

- Bij robuustheidsmaatregelen zijn de kosten altijd snel bekend, maar:
 - Nauwelijks inzicht in (maatschappelijke) kosten van verstoringen
 - Nauwelijks inzicht in (maatschappelijke) baten van maatregelen ter verbetering van OV robuustheid
- Focus op kleine verstoringen die geen invloed hebben op infra beschikbaarheid
- Focus op mono-level / mono-vervoerder OV netwerken



Doel studie

▪ Beleidsmatig

- Besluitvorming ondersteunen d.m.v. kwantificering van kosten en baten rondom robuust OV
- Hierbij speciale aandacht voor kwantificeren van comfortbaten

▪ Modelmatig

- Gebruik verkeersmodellen voor kwantificeren kosten en baten robuust OV
- Uitbreiding (grootschalige) OV modellen met comfort / capaciteit aspect

Kwetsbare links in multi-level OV netwerken

▪ Link kwetsbaarheid en robuustheid

- Vanuit een reizigersperspectief hangt link onrobuustheid c_{e_n} af van de frequentie f_{e,δ_n} waarmee verstoringen optreden, de duur τ_{e,δ_n} van deze verstoringen, en de impact op reizigers $\Delta W_{e,\delta_n,\tau}$

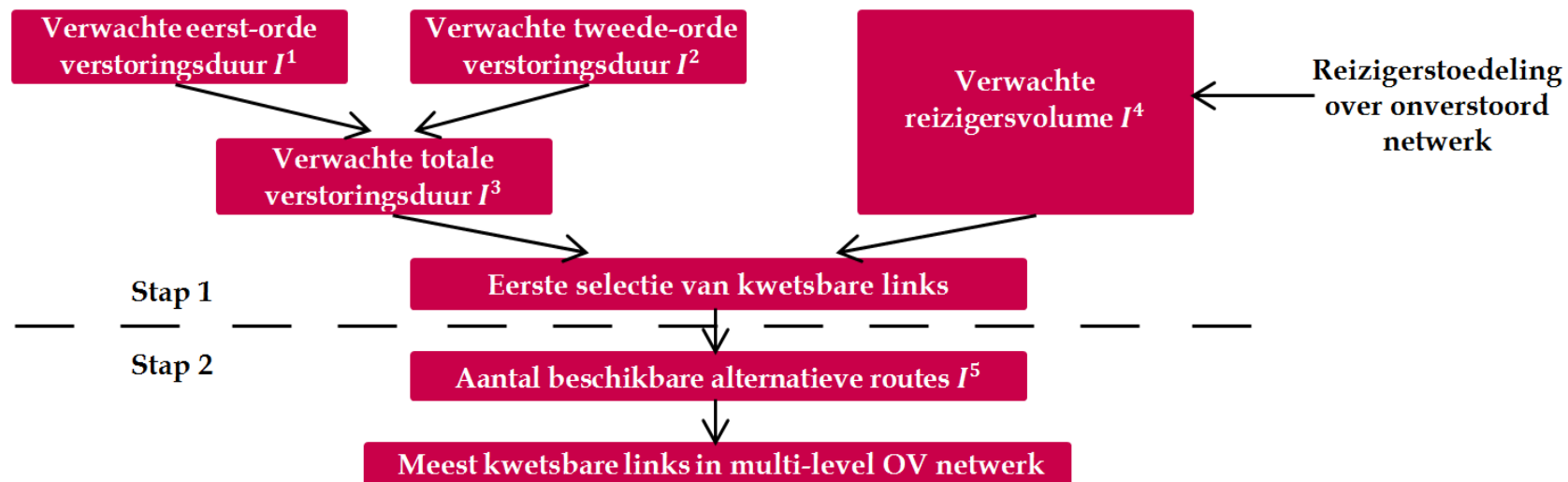
$$c_{e_n} = \sum_{\delta_n} E(f_{e,\delta_n}) * E(\tau_{e,\delta_n}) * \Delta W_{e,\delta_n,\tau}$$

c_{e_n}	<i>Onrobuustheid van link e op netwerkniveau n</i>
δ_n	<i>Type verstoring</i>
f_{e,δ_n}	<i>Frequentie van een verstoring</i>
τ_{e,δ_n}	<i>Verstoringsduur</i>
$\Delta W_{e,\delta_n,\tau}$	<i>Verstoringsimpact op reizigers</i>

- $\Delta W_{e,\delta_n,\tau}$ kan alleen door simulatie berekend worden → lange rekentijden
- Pre-selectie criteria noodzakelijk als benadering van $\Delta W_{e,\delta_n,\tau}$

Methodologie om kwetsbare links te identificeren

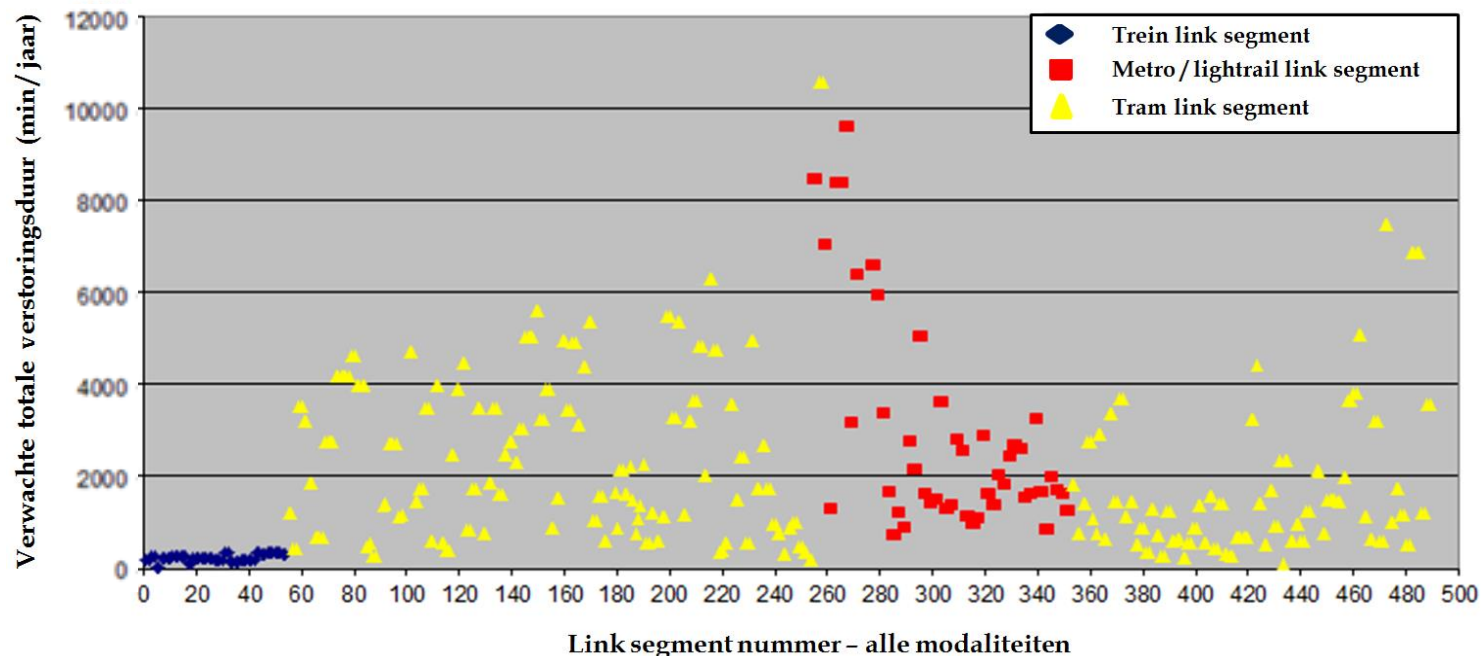
- Voor OV netwerken ontbreekt een methodologie om een indicatie te krijgen van de meest kwetsbare links vanuit een reizigersperspectief: analogie wegnetwerk
 - Verstoringen op de link zelf → eerste-orde effecten
 - Terugslag effecten → tweede-orde effecten
 - Benadering impact op basis van I/C ratio → reizigersvolume



Case study Randstad Zuidvleugel (1)

■ Verwachte verstoringstijd per link segment

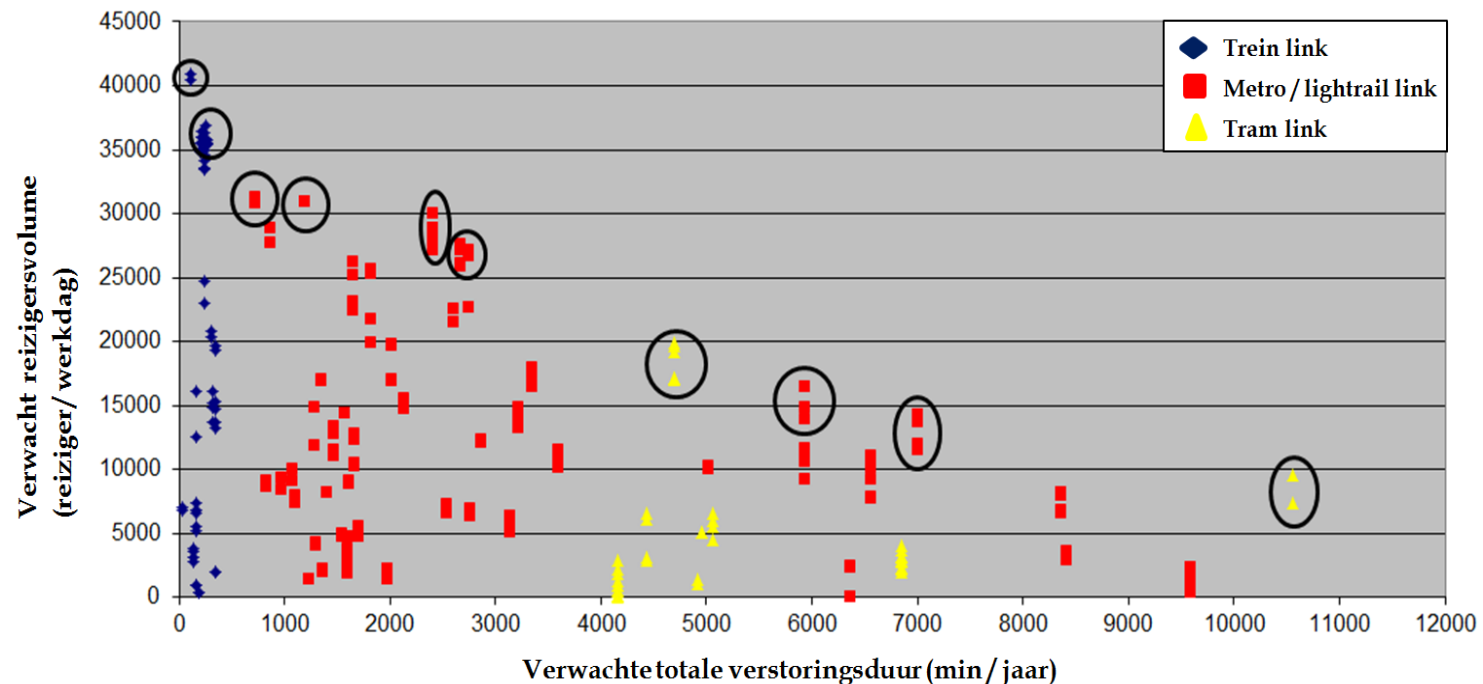
- Verwachte verstoringstijd voor trein link segmenten << metro/lijntrein en tram
- Gemiddeld: verwachte verstoringstijd tram links Den Haag > Rotterdam
- Verwachte verstoringstijd op lijntrein / metro links Den Haag > Rotterdam
 - Wisseldichtheid metronetwerk Rotterdam >> lijntrein netwerk Den Haag / Zoetermeer



Case study Randstad Zuidvleugel (2)

■ Selectie van kwetsbare links:

- Meest kwetsbare links komen van verschillende netwerk niveaus
- Trein links zijn kwetsbaar door de grote impact op veel reizigers
- Verstoringen gebeuren vaker op metro / lightrail en tram links dan op trein links
- Met name drukke metro / lightrail en tram links zijn kwetsbaar

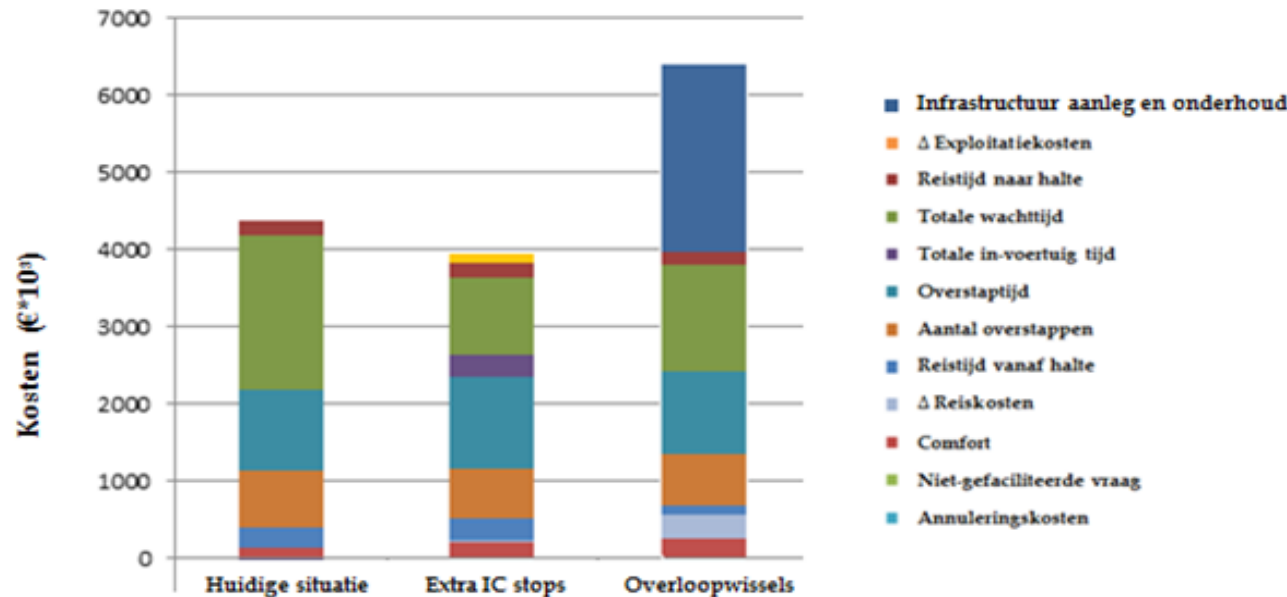


Kwantificering van link onrobuustheid

- **Per link segment zijn 4 verstoringsscenario's onderscheiden, o.b.v:**
 - De mate van voorspelbaarheid van verstoringen
 - De impact van verstoringen op infrastructuur beschikbaarheid
- **OmniTRANS is gebruikt voor reizigerstoedeling in elk scenario**
 - Case study: 5.791 zones, 106.000 knopen, 116.000 links, 4 tijdsperioden
- **Verschil tussen onverstoorde en verstoorde scenario berekend voor elk HB paar: reistijd, reiskosten, comfort, niet-gefaciliteerde vraag, vraagitval**
- **Empirische data over frequentie en duur van verstoringstypen zijn na statistische analyse gefit op theoretische kansverdelingsfuncties per seizoen**
- **Monte Carlo simulation gebruikt om verstoringen over 10 jaar te simuleren**

Case study: Laan van NOI – Forepark (2)

■ Kosten en baten van robuustheidsmaatregelen in geld uitgedrukt



Tijdelijke extra IC stops

- Wachtijd ↓
- Voertuigtijd+discomfort ↑

Overloopwissels

- Reistijd ↓
- Infrastructuur kosten ↑

Link segment	Maatregel	Totale kosten 10 jaar (€10 ⁶)	Gem. kosten per verstoring (€10 ³)	Effect op kosten (%)
LvNOI - Forepark	Geen maatregelen	4.3	5.4	
LvNOI - Forepark	Extra IC stops	3.9	5.0	- 8%
LvNOI - Forepark	Overloopwissels	5.8	6.2	+ 35%

Comfort en capaciteit in OV modellen

- Comfort- en capaciteitsproblemen in stedelijke gebieden steeds belangrijker
- Vooral bij grote verstoringen: grote drukte en gereduceerd reiscomfort op alternatieve routes in het (multi-level) OV netwerk
- Comfort tot op heden beperkt meegenomen in verkeersmodellen en MKBA's
- Reizigers nemen comfort echter wel mee in hun vervoerwijze- en routekeuze
- Geen onbeperkte capaciteit beschikbaar op OV lijnen

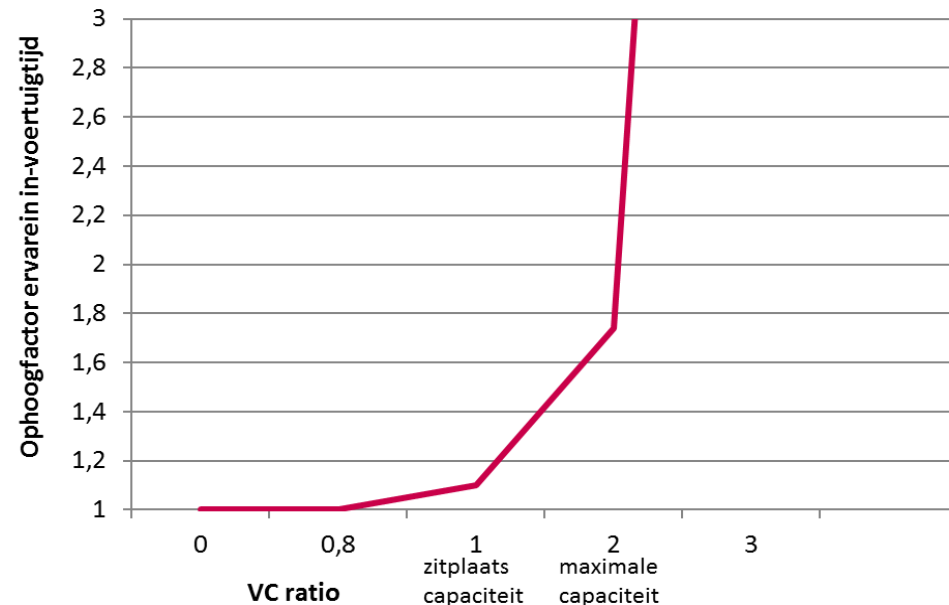
Comfort en capaciteit in OmniTRANS (1)

- **Effecten van drukte in het OV:**
 - Reizigersperceptie in-voertuigtijd neemt toe ('crowding factor')
 - Denied boarding: langere wachttijd
 - Langere halteertijden
- **Perceptie in-voertuigtijd**
 - Neemt al toe bij bezettingsgraad $< 100\%$
 - Is afhankelijk van functie en layout van voertuig (ratio zit:staanplaatsen)
 - Bezettingsgraad daarom geen goede indicator bij bezettingsgraad $> 100\%$
- **Zitplaatscapaciteit en maximale capaciteit (zit+staanplaatsen)**
 - Maximaal haalbare capaciteit in werkelijkheid; geen fabrieksspecificaties
 - Evt. deze waarde 'revealed' achterhalen o.b.v. OV-Chipkaart data

Comfort en capaciteit in OmniTRANS (2)

- Comfort en capaciteit kunnen worden meegenomen tijdens reizigerstoedeling in OmniTRANS
 - Comfort: in-voertuig tijd wordt zwaarder meegewogen
 - Capaciteit: er worden niet meer reizigers aan een voertuig toegedeeld dan de maximale voertuigcapaciteit

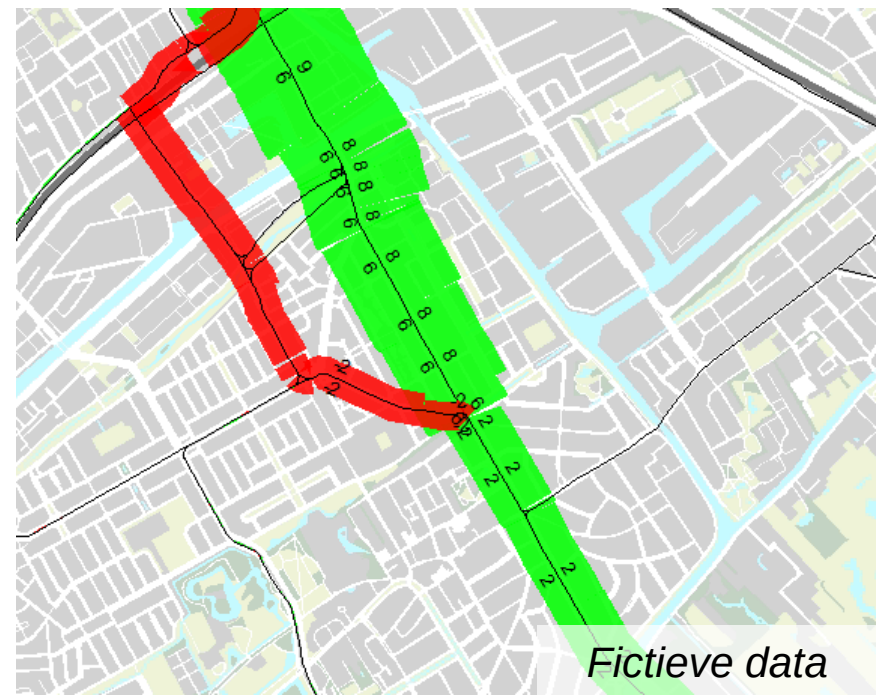
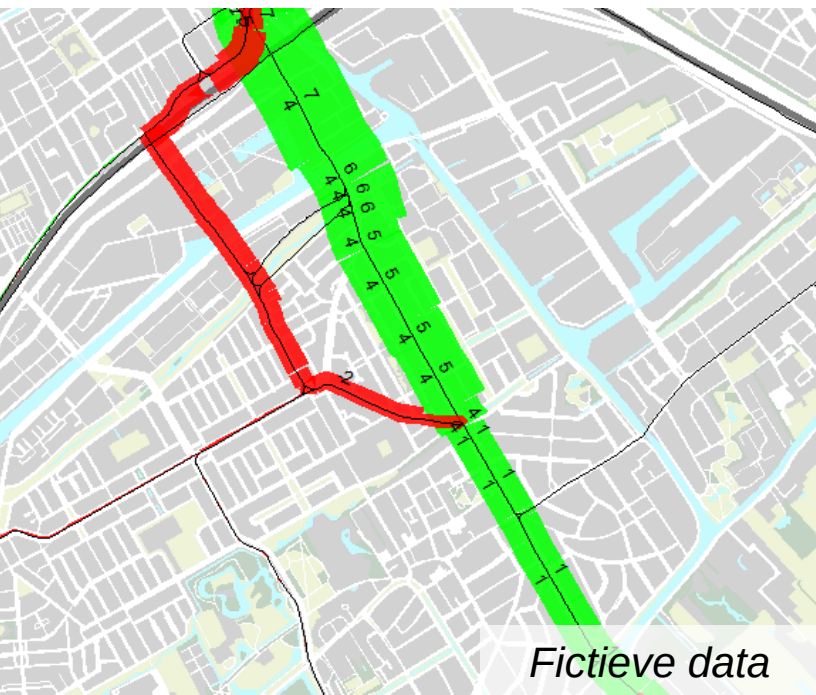
$$VC = \left\{ \frac{\frac{L}{C_{seated}}}{1 + \frac{L - C_{seated}}{C_{crush} - C_{seated}}} \right.$$



- Correctie voor fluctuaties in reizigersvraag *binnen* een modelperiode
- Iteratief toedelingsproces

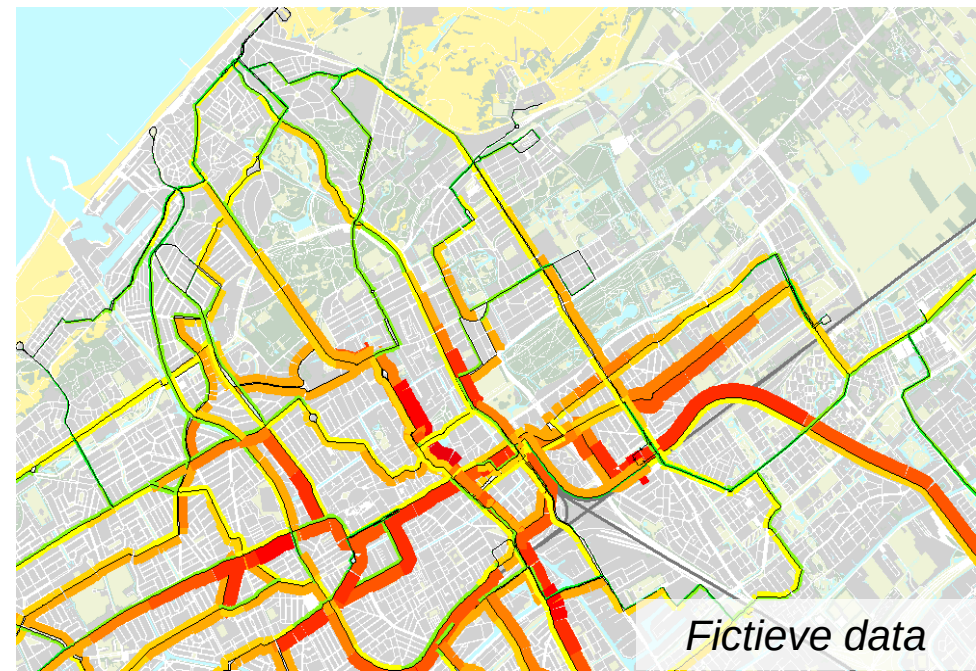
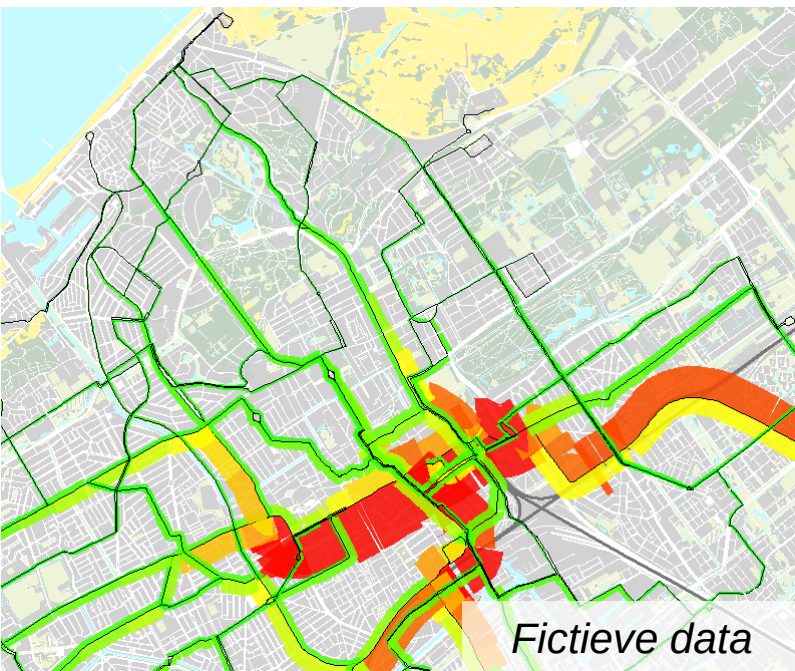
Case study: frequentieverhoging tramlijn

- **OV Lite model**
 - 3 iteraties benodigd voor convergentie (convergentie criterium 5%)
 - Rekentijd elastisch, iteratief toedelen ochtendspits op CORE i5 laptop: 25 min
- **Zonder capaciteit worden baten van frequentieverhoging op deze lijn met 30% onderschat in ochtendspits en met 20% onderschat in avondspits**



Toepassingen capaciteitsafhankelijk toedelen

- **Comfort en capaciteit in OmniTRANS leidt tot betere modelkalibratie en tot betere prognoses: comfort baten in geld uit te drukken**
 - Prognose effect frequentiewijzigingen
 - Prognose effect van toevoegen voertuigcapaciteit zonder frequentiewijziging
 - Prognose effect 'vertrammen' van drukke buslijn
- **Visualisatiekracht**



Conclusies

- **Robuustheid en comfort zijn belangrijke kwaliteitsaspecten van OV**
 - Echter: tot nu toe worden deze aspecten niet of zeer beperkt kwantitatief meegenomen in verkeersmodellen
- **Nieuwe inzichten robuustheid in OV modellen**
 - Methodologie om kosten van verstoringen voor reizigers in geld uit te drukken
 - Methodologie om baten van robuustheidsmaatregelen in geld uit te drukken
 - Ondersteunt besluitvorming vervoerders en autoriteiten aangaande de implementatie van robuustheidsmaatregelen
- **Nieuwe inzichten comfort / capaciteit in OV modellen**
 - Comfort en capaciteit kunnen in toedeling OmniTRANS worden meegenomen
 - Betere prognoses van effecten van wijzigingen in frequentie of capaciteit
 - Methode om comfortbaten op monetaire wijze mee te nemen in MKBA's

Vragen?

Menno Yap

MYap@Goudappel.nl

Niels van Oort

N.vanOort@TUDelft.nl

11-03-2015

Ir. Menno Yap
Dr.ir. Niels van Oort
Ir. Ties Brands

Publicaties

<http://www.goudappel.nl/adviseurs/menno-yap/>

nielsvanoort.weblog.tudelft.nl

<http://www.vervoerswetenschap.nl/>

adviseurs
mobiliteit

**Goudappel
Coffeng**