



MatrixKalibratie voor toedelingsmodellen met harde capaciteitsbeperkingen

Luuk Brederode
Consultant DAT.mobility /
PhD student Delft University

Inhoud

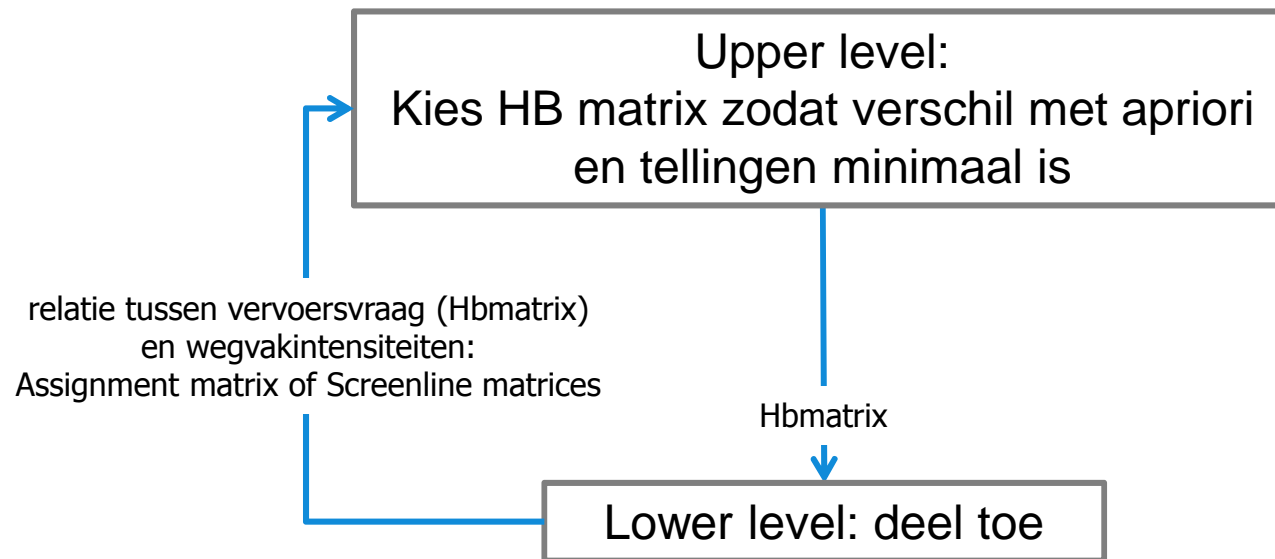
- Matrixkalibratie: probleemformulering
- Matrixkalibratie o.b.v. statisch toedelingsmodel: probleem in gebieden met veel congestie
- Nieuwe oplossingsmethode op hoofdlijnen

- Toedelingsmodellen met harde capaciteitsbeperkingen
- Nieuwe oplossingsmethode in detail
- Vervolg

"Kalibratie die hards" letten pas op vanaf onder deze streep

MatrixKalibratie: probleemstelling

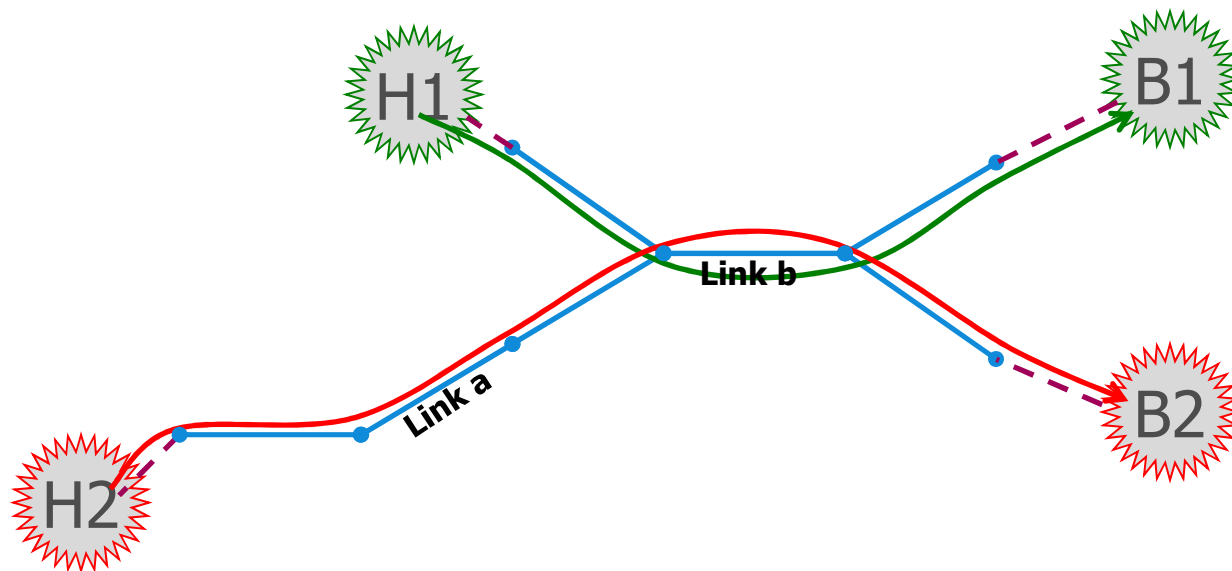
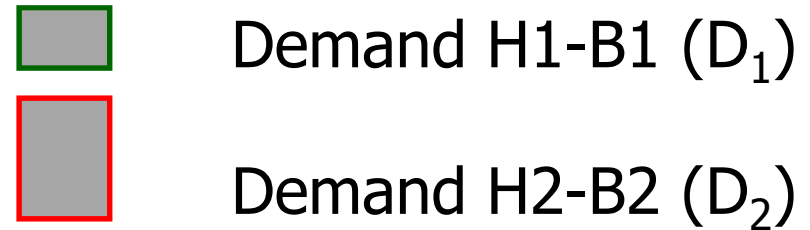
in context van traditionele toedelingsmodellen



Cournot-Nash Game



De Rol van de assignment matrix

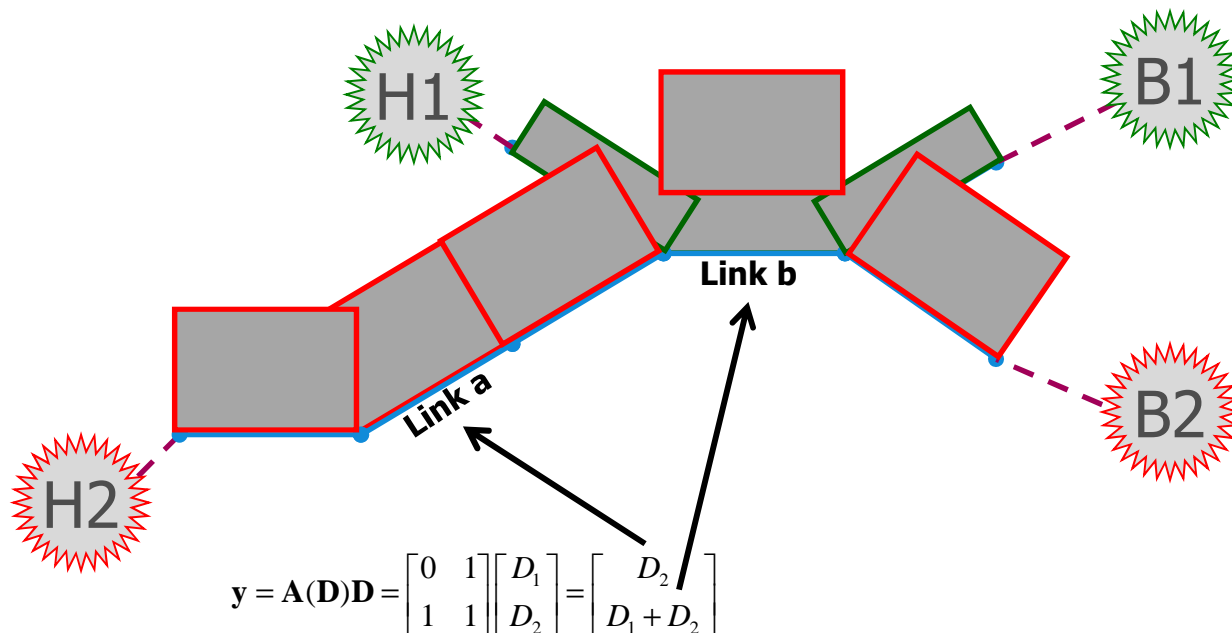
Voorbeeld netwerk



De Rol van de assignment matrix

Voorbeeld netwerk: traditioneel toedelingsmodel

-  Demand H1-B1 (D_1)
-  Demand H2-B2 (D_2)

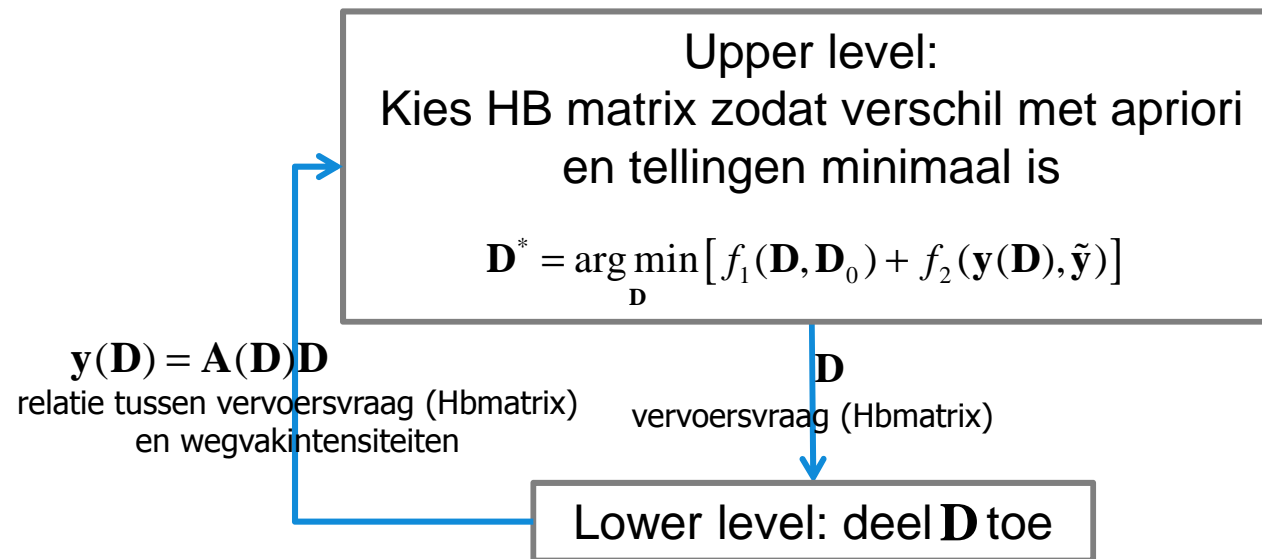


A	link a	link b
D_1	0	1
D_2	1	1

$$y = A(D)D = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_2 \\ D_1 + D_2 \end{bmatrix}$$

MatrixKalibratie: probleemstelling

in context van traditionele toedelingsmodellen



\mathbf{D} : huidige HBMatrix

\mathbf{D}_0 : apriori HBMatrix

\mathbf{y} : vector met gemodelleerde link intensiteiten

$\tilde{\mathbf{y}}$: vector met geobserveerde link intensiteiten

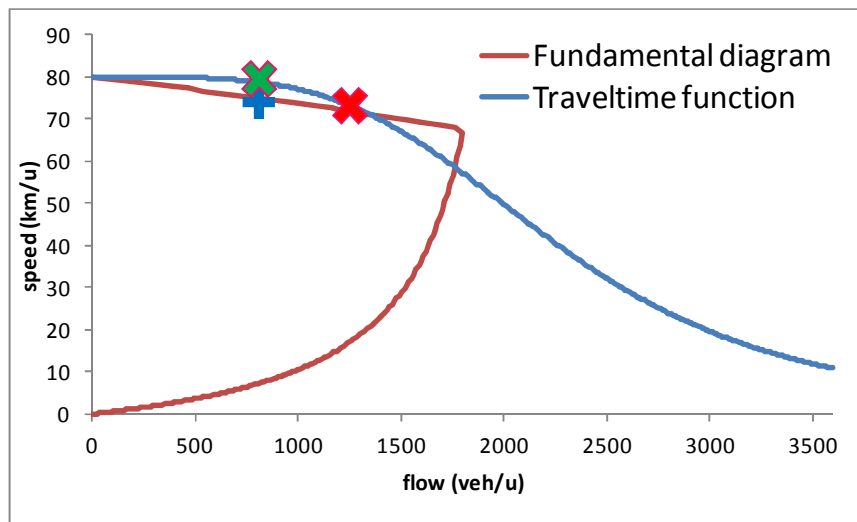
f_1 en f_2 : verschil-functies (bijv som van kwadratisch verschil)

$\mathbf{A}(\mathbf{D})$: relatie tussen vervoersvraag (Hbmatrix) en link intensiteiten
(`assignment matrix' of `screenline matrices')

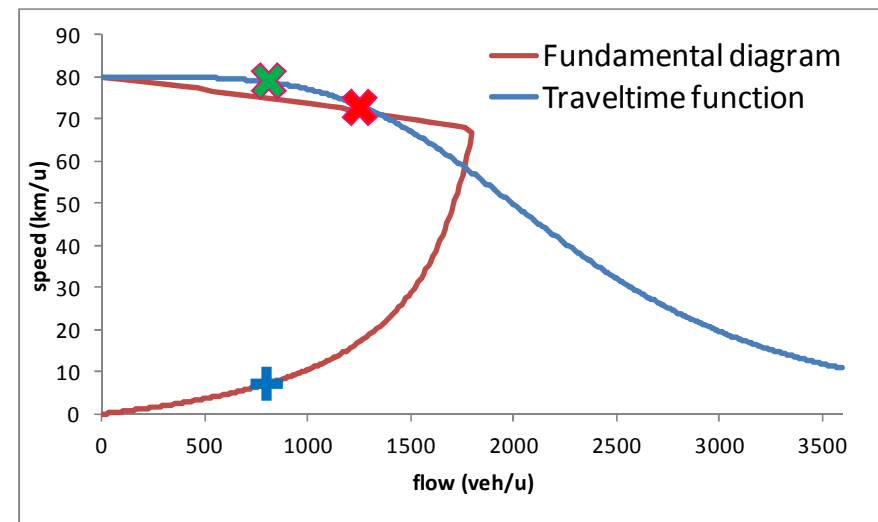
MatrixKalibratie

op basis van statisch toedelingsmodel

Telpunt zonder congestie



Telpunt met congestie



- + Waargenomen intensiteit en snelheid
- x Gemodelleerde intensiteit en snelheid (apriori matrix)
- x Gemodelleerde intensiteit en snelheid (matrix gekalibreerd o.b.v. statische toedelingsmethodiek)

MatrixKalibratie

op basis van statisch toedelingmodel

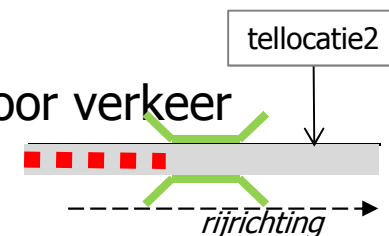
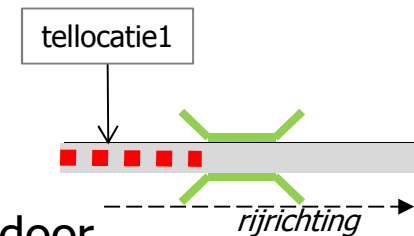
Twee probleemsituaties:

1. Telpunt in de wachtrij voor een bottleneck:

- Waargenomen intensiteit lager dan vervoersvraag door wachtrij

2. Telpunt stroomafwaarts van bottleneck:

- Waargenomen intensiteit lager dan vervoersvraag door verkeer dat stroomopwaarts wordt opgehouden



- In beide gevallen interpreteert het statische toedelingmodel de waargenomen intensiteit als vervoersvraag en verlaagd de kalibratiemethode de matrix, waar deze eigenlijk verhoogd moet worden!
- Telpunten behorend tot case 1 kunnen gefilterd worden, telpunten behorend tot case 2 niet!

Oplossingsmethode op hoofdlijnen (1)

- Kan kalibreren op:
 - Waargenomen file/bottleneck locaties; op basis van snelheidsdata (bijv. HERE), expert judgement, ...
→ 'case 1. wegvakken'
 - Waargenomen wegvakintensiteit lager dan vervoersvraag als gevolg van doserend effect van congestie stroomopwaarts
→ 'case 2. wegvakken'
 - Waargenomen reistijden op trajectniveau
- Maakt gebruik van marginale berekeningen, dus efficiënt in termen van benodigde rekenkracht en geheugen
- Bedoeld om op te schalen tot de grootste verkeersmodellen operationeel in Nederland (7000+ zones).

Oplossingsmethode op hoofdlijnen (2)

- Toepasbaar op toedelingsmodellen die
 - Rekening houden met het doserend effect en eventueel blocking back effect van congestie
 - Een expliciet node model bevatten (dus geen heuristieken of tweede orde modellen).
 - Macroscopisch zijn (stromen, geen (pakketjes van) voertuigen)
→ **'toedelingsmodellen met harde capaciteitsbeperkingen'**
- Dat wil zeggen:
 - Sowieso toepasbaar op LTM (en afgeleiden): INDY, STAQ, eLTM
 - Waarschijnlijk toepasbaar op de meeste 'point queue modellen' in de praktijk (bijv. SATURN) en literatuur (bijv. de papers van Max Payne, Mike Smith en Larsson & Patriksson).

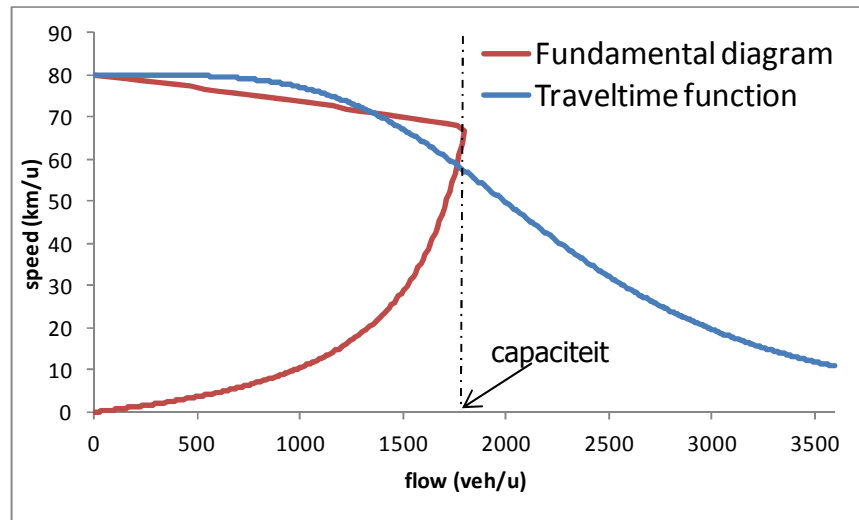


Streek voor "Kalibratie Die Hards"



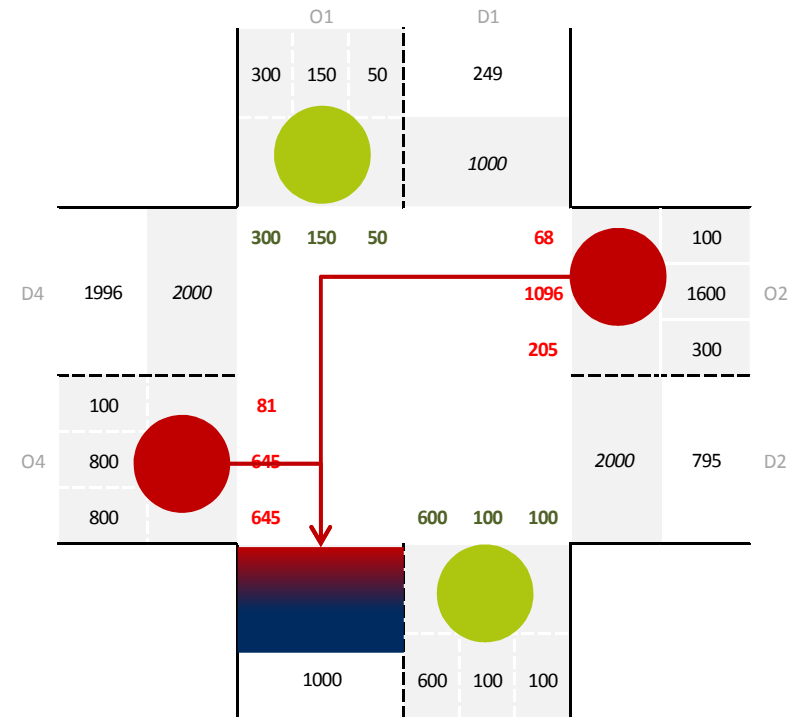
Toedelingsmodellen met harde capaciteitsbeperkingen

Verskil met traditioneel statisch op linkniveau:
Fundamenteel diagram in plaats van BPR functie



Beschrijft state op een stuk weg
(combi van snelheid, dichtheid, intensiteit)

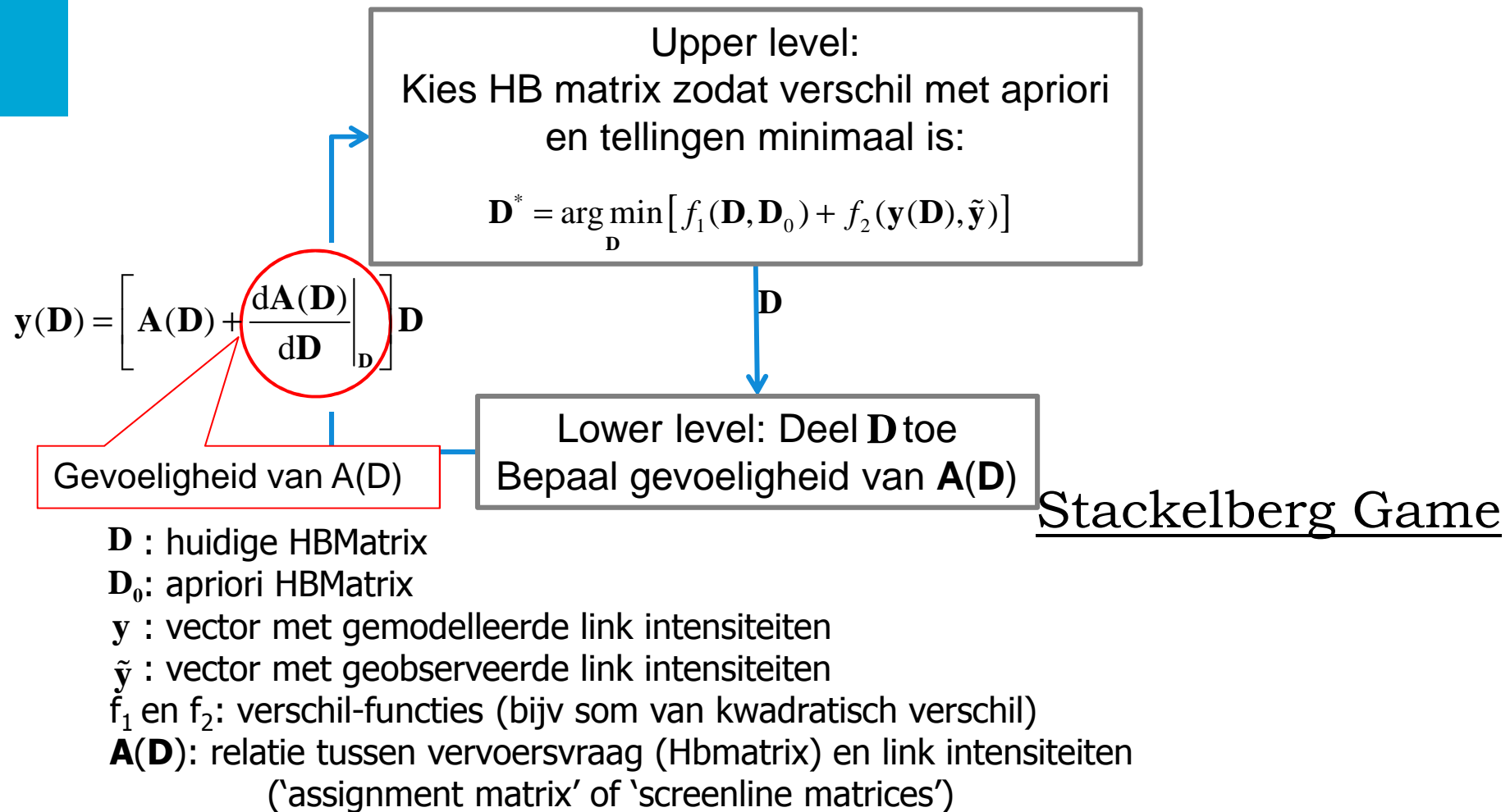
Verskil op node niveau:
Toevoegen van een node model



Veroorzaakt state changes
(freeflow <> congested)

MatrixKalibratie: probleemstelling

in context van cap beperkte toedelingsmodellen



Nieuwe methode

waarom?

- Voor matrix kalibratie op basis van een cap beperkte toedeling is het noodzakelijk ook de **gevoeligheid** van de assignment matrix te bepalen
- Bestaande methoden (ontwikkeld voor dynamische modellen) bepalen deze gevoeligheid door middel van extra toedelingsruns waarbij slim met demand gevarieerd wordt.
 - Hiervoor zijn minimaal 2 extra toedelingen per iteratie nodig in het lower level
 - Het 'slim' variëren met demand gebeurt middels heuristieken (meestal SPSA) waarvan parameters alleen met trial and error kunnen worden achterhaald
- Dat kan slimmer, als je de assignment matrix afleid van zgn lokale reductiefactoren... (zie volgende sheets)

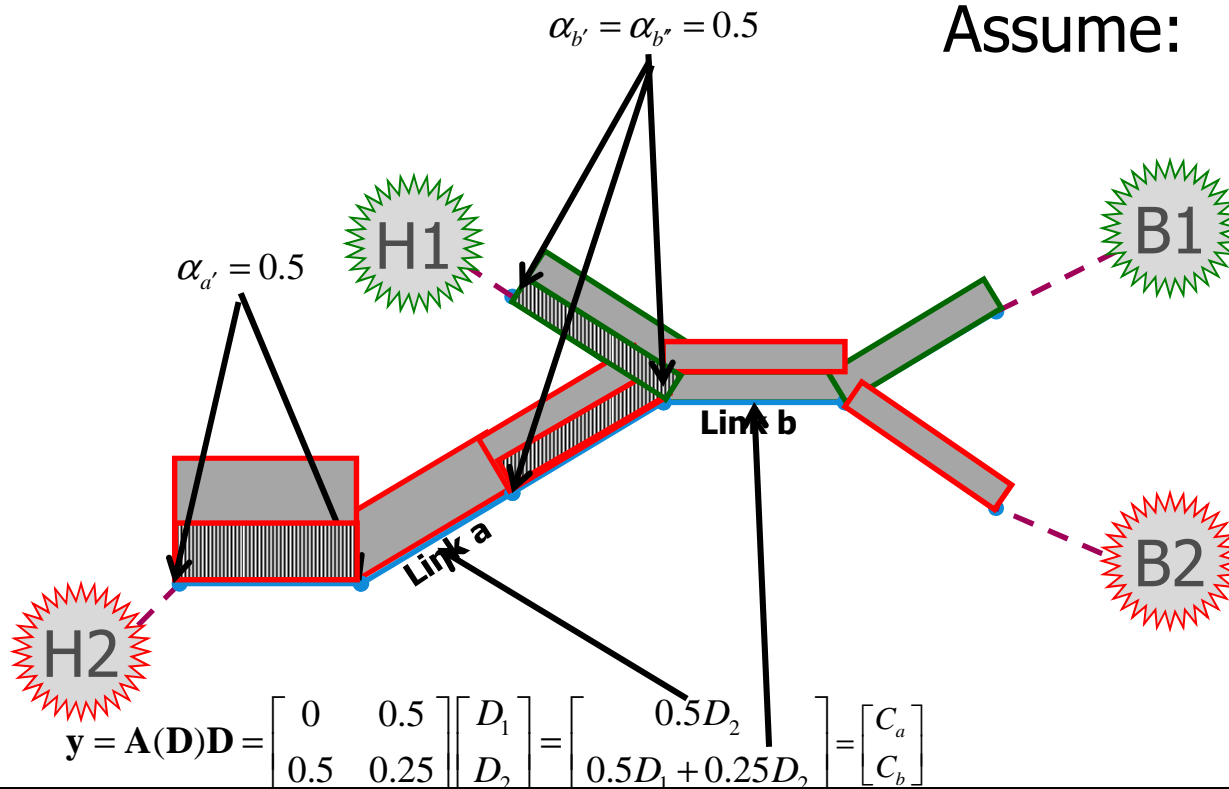
Nieuwe methode

De assignment matrix afleiden van reductiefactoren

 Demand O1-D1 (D_1)

 Demand O2-D2 (D_2)

Assume: $D_2 = 2 * D_1$
 $D_2 = 2 * C_a$
 $D_1 = C_b$
 $C_{b'} = C_{b''}$



A	link a	link b
D_1	0	$\alpha_{b'}$
D_2	$\alpha_{a'}$	$\alpha_{a'} \alpha_{b''}$

$$y = A(D)D = \begin{bmatrix} 0 & 0.5 \\ 0.5 & 0.25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5D_2 \\ 0.5D_1 + 0.25D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_a \\ C_b \end{bmatrix}$$

Nieuwe methode

gedachtengang

- Door lokaal reductiefactoren op te slaan kan de **assignment matrix** van een link afgeleid worden door de alle reductiefactoren op de route van herkomst tot link met elkaar te vermenigvuldigen
- Analoog hieraan kan de **gevoeligheid van de assignment matrix** worden benaderd door de gevoeligheid van de reductiefactoren op de route van herkomst tot link met elkaar te vermenigvuldigen (met in acht neming van de kettingregel!)
- Hierdoor hoeven geen extra toedelingen te worden gemaakt in het lower level, maar kunnen de gevoeligheden worden afgeleid door slechts de relevante node models individueel te runnen



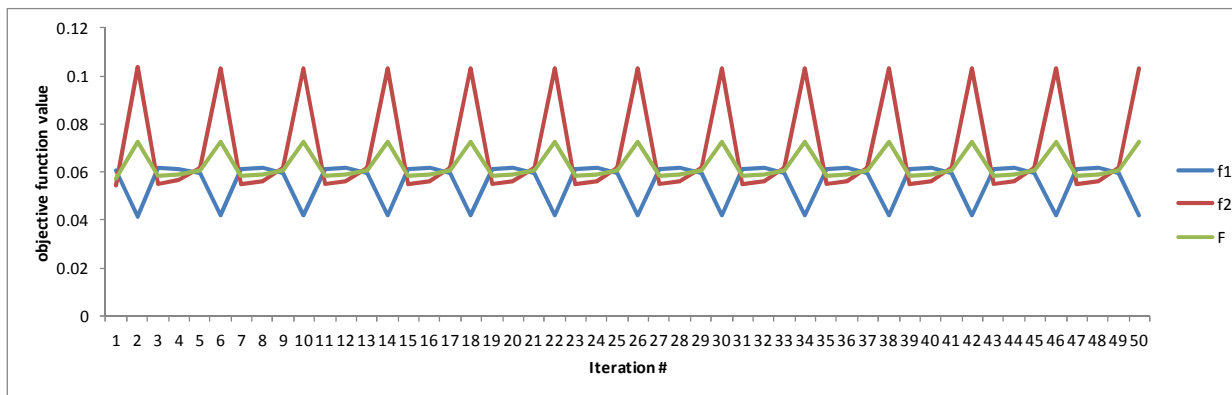
Nieuwe methode gedachtengang

- Extratje: ook gemeten reistijden en link states kunnen worden uitgedrukt in reductiefactoren, dus ook die kunnen eenvoudig aan het optimalisatieprobleem worden toegevoegd

Nieuwe methode

resultaten (2014)

- Tot zover de theorie, maar hoe werkt het in de praktijk?
- Nou, in eerste instantie vooral niet (zoals gepresenteerd op hEART 2014): Geen convergentie op netwerken met conflicterende routes!!



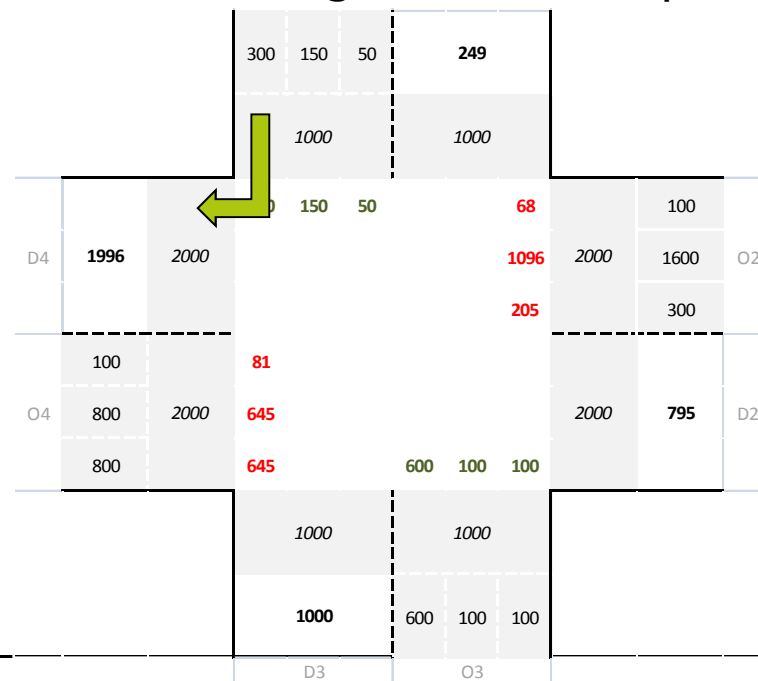
Groen: totale genormaliseerde afwijking

Blauw: afwijking t.o.v. tellingen

Rood: afwijking t.o.v. apriori

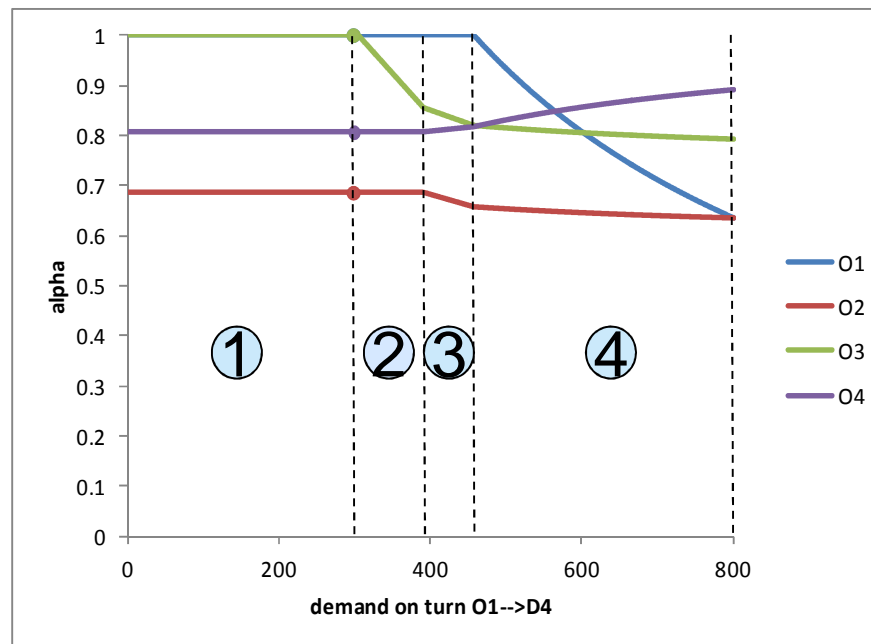
Waarom het niet werkte:

- De gevoeligheid van het node model is slechts op een beperkt domein van lokale demand geldig.
- Voorbeeld :
 - O.b.v. het directional capacity constrained node model uit Tampère et al. 2011 en Flötteröd and Rohde 2011
 - O.b.v. het voorbeeld zoals gebruikt in Tampère et al. 2011:



Intermezzo: the node model as a function

- Approximation of $\alpha_a(D^{14})$



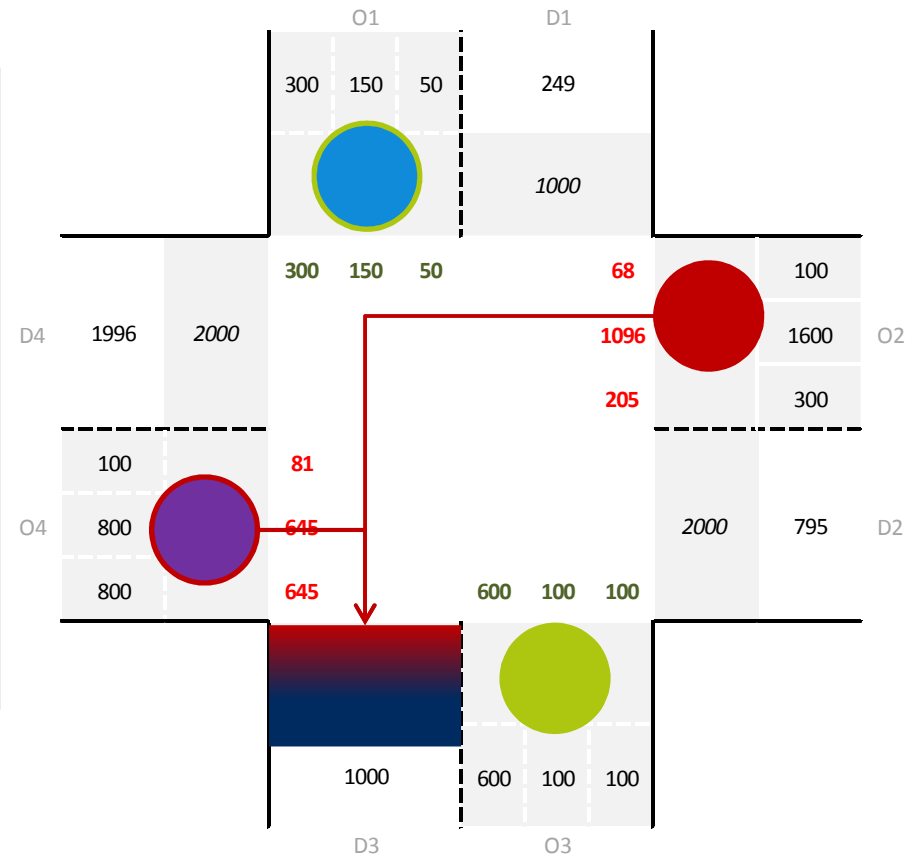
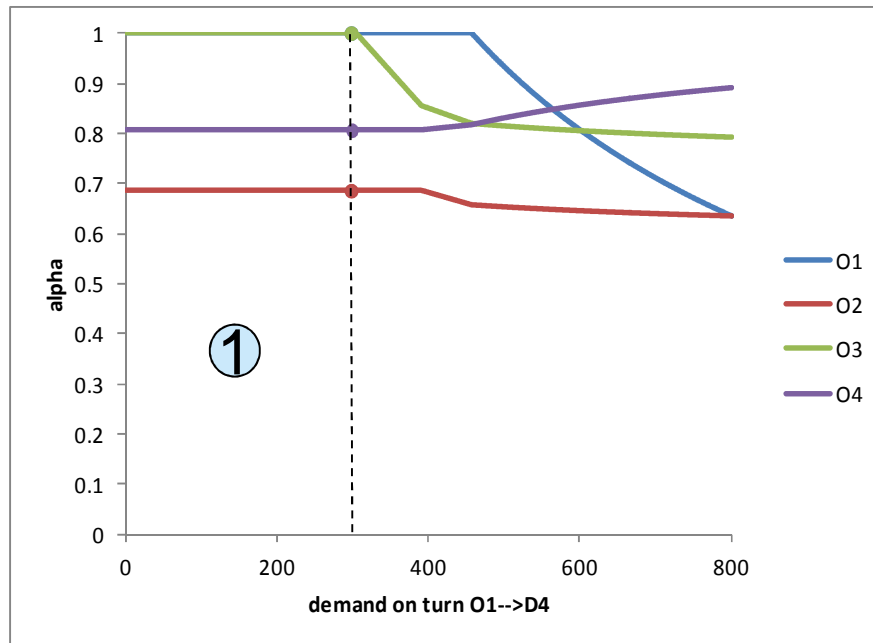
① $D^{14} \leq 304$

② $305 \leq D^{14} \leq 390$

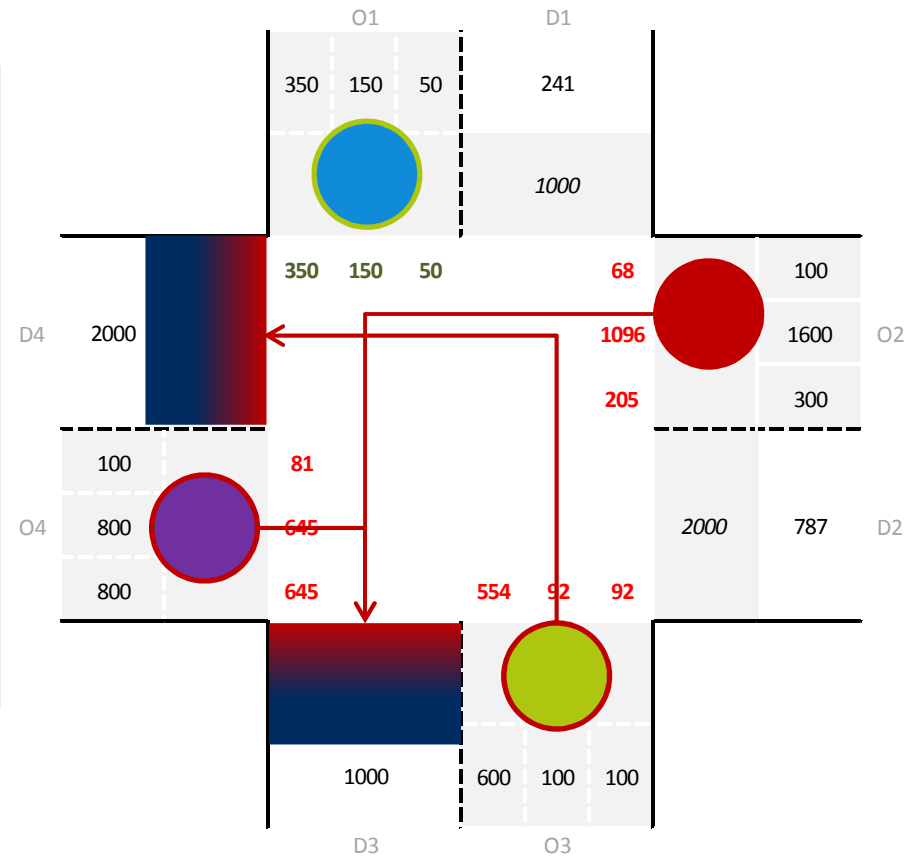
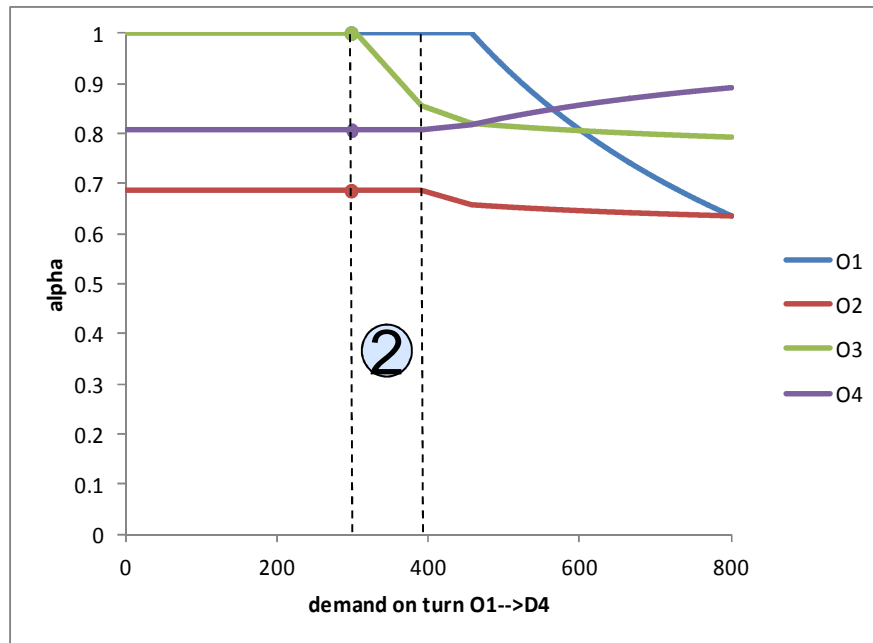
③ $391 \leq D^{14} \leq 456$

④ $457 \leq D^{14} \leq 800$

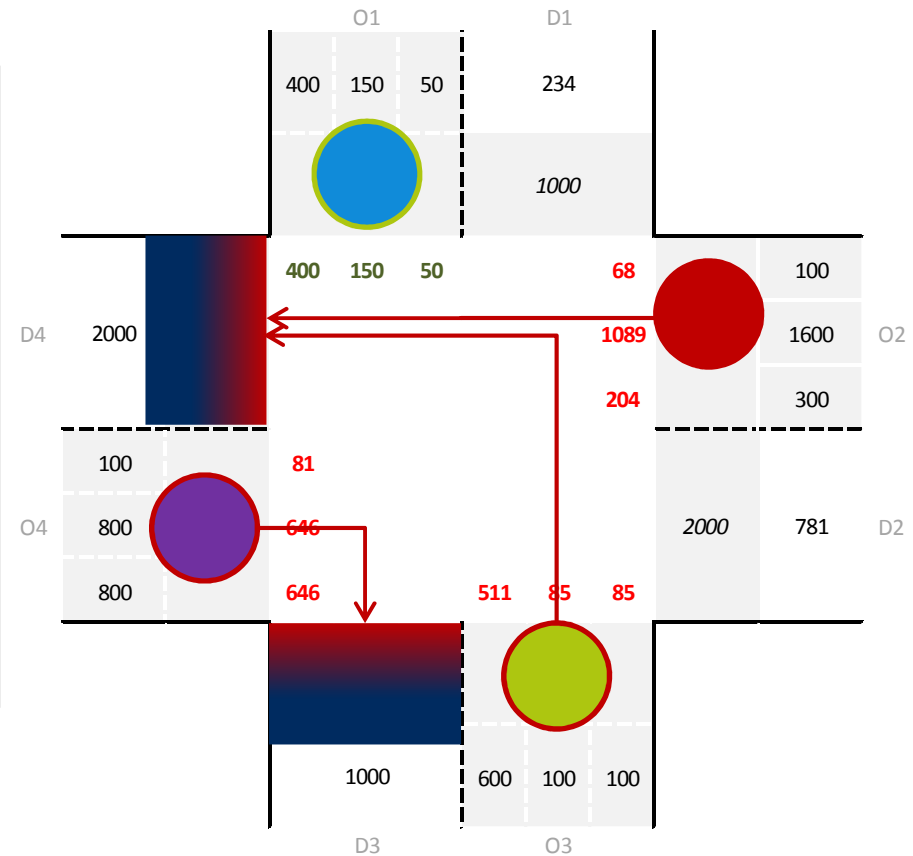
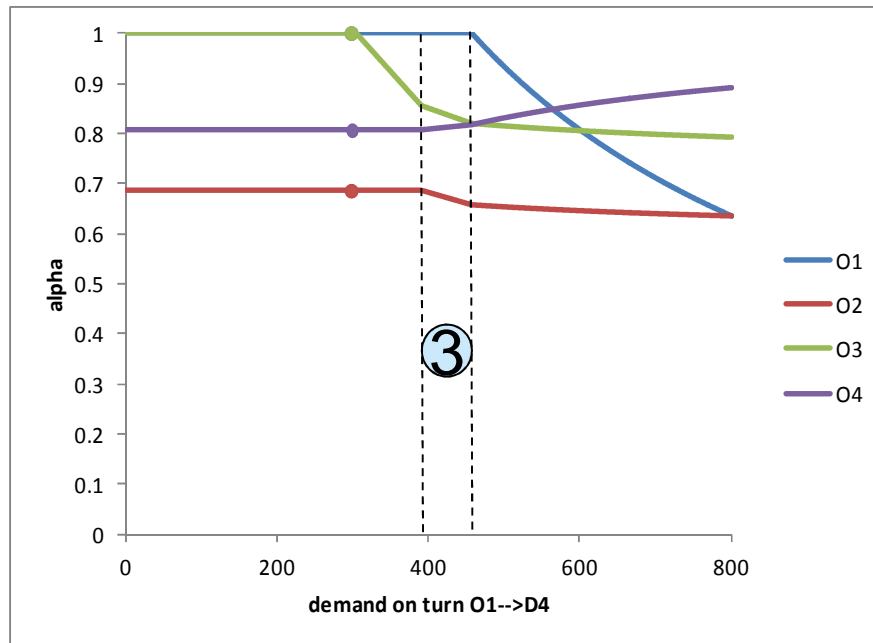
Intermezzo: the node model as a function (interval 1)



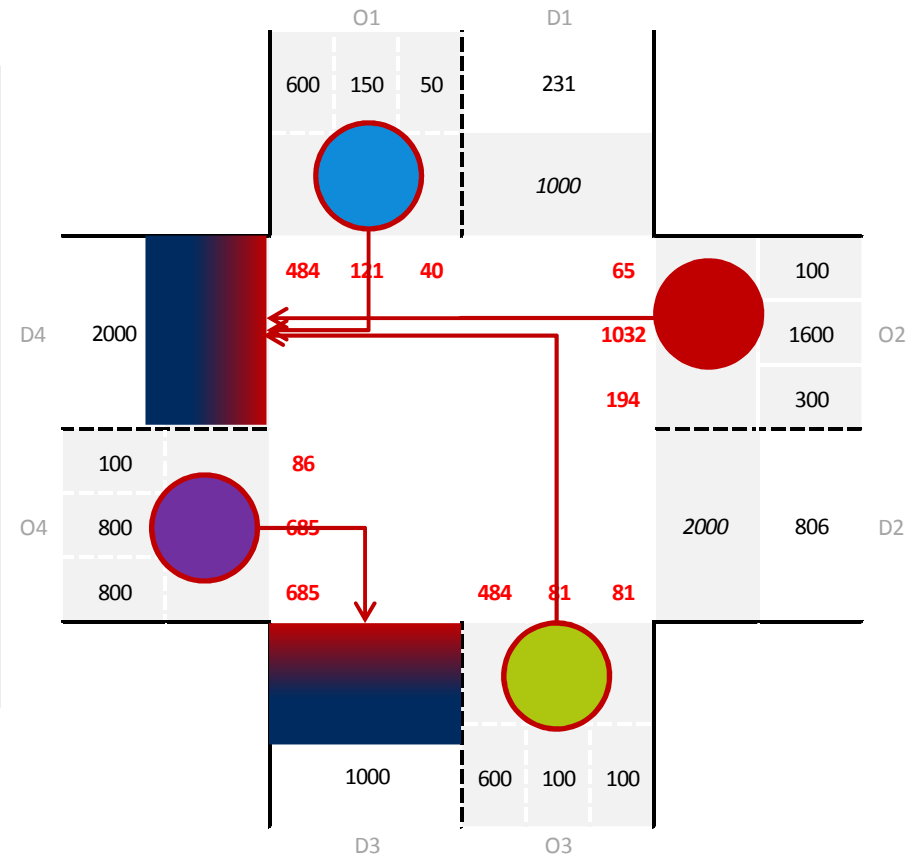
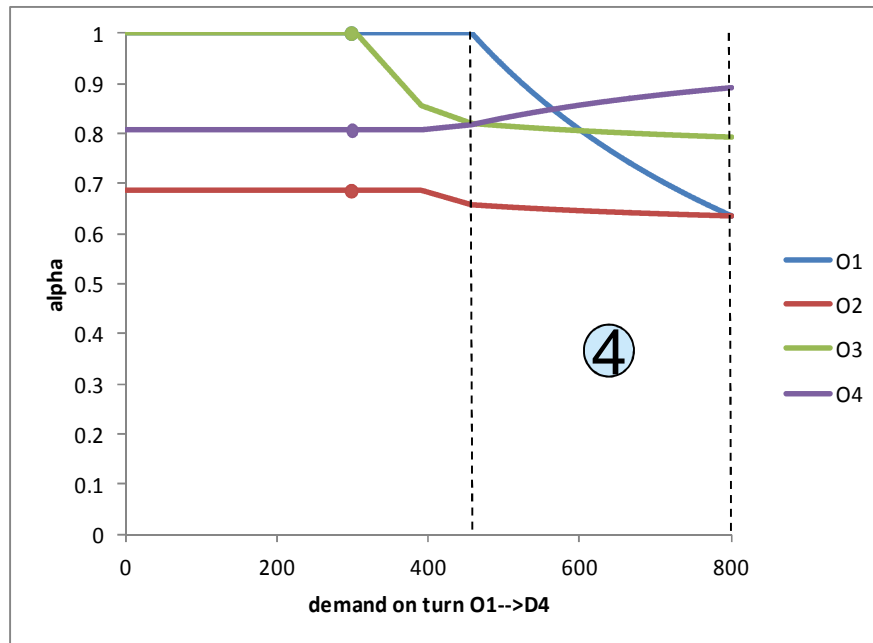
Intermezzo: the node model as a function (interval 2)



Intermezzo: the node model as a function (interval 3)



Intermezzo: the node model as a function (interval 4)



En nu?

- Oplossing bleek (achteraf) erg voor de hand liggend:
 - Voeg randvoorwaarden ('state constraints') aan het optimalisatieprobleem toe
 - Deze randvoorwaarden zorgen ervoor dat de 'state' van een outlink (free flow of congested niet kan veranderen)
 - Hierdoor worden de knikpunten niet overschreden
 - Hierdoor zijn de lokale gevoeligheden geldig
- De randvoorwaarden zijn feitelijk het congestiepatroon dat kan worden afgeleid uit
 - waargenomen states (bijvoorbeeld o.b.v. HERE snelheids data)
 - aangenomen states (bijvoorbeeld o.b.v. de apriori matrix)
- Bijkomend voordeel is dat de state constraints altijd worden gerespecteerd; een waargenomen congestiepatroon dat niet in de apriori matrix zit kan simpelweg worden 'ingebracht'

En nu? (2)

- Dit werkt op toy netwerkjes van enkele links
- Dit werkt ook op het voorbeeld uit Tampère et al 2011
- Nu bezig een prototype te implementeren in OmniTRANS/ruby met externe solver zodat ik kan testen op echte netwerken
- Volgende keer hoop ik dus mooie plaatjes te kunnen laten zien....

Vervolg

nog openstaande onderzoeksvragen

- Hoe controleer je wat het upper level doet met conflicterende constraints (welke wint?)
- Normaliseer van verschillende componenten in de objective functie:
 - HB-demand in ritten per uur
 - wegvakintensiteiten in voertuigen per uur
 - Voertuig-uren op trajecten met waargenomen reistijden
- Uitbreiding met routekeuze!!



Thank you!

- Vragen? Nu, of naar
- lbrederode@dat.nl