



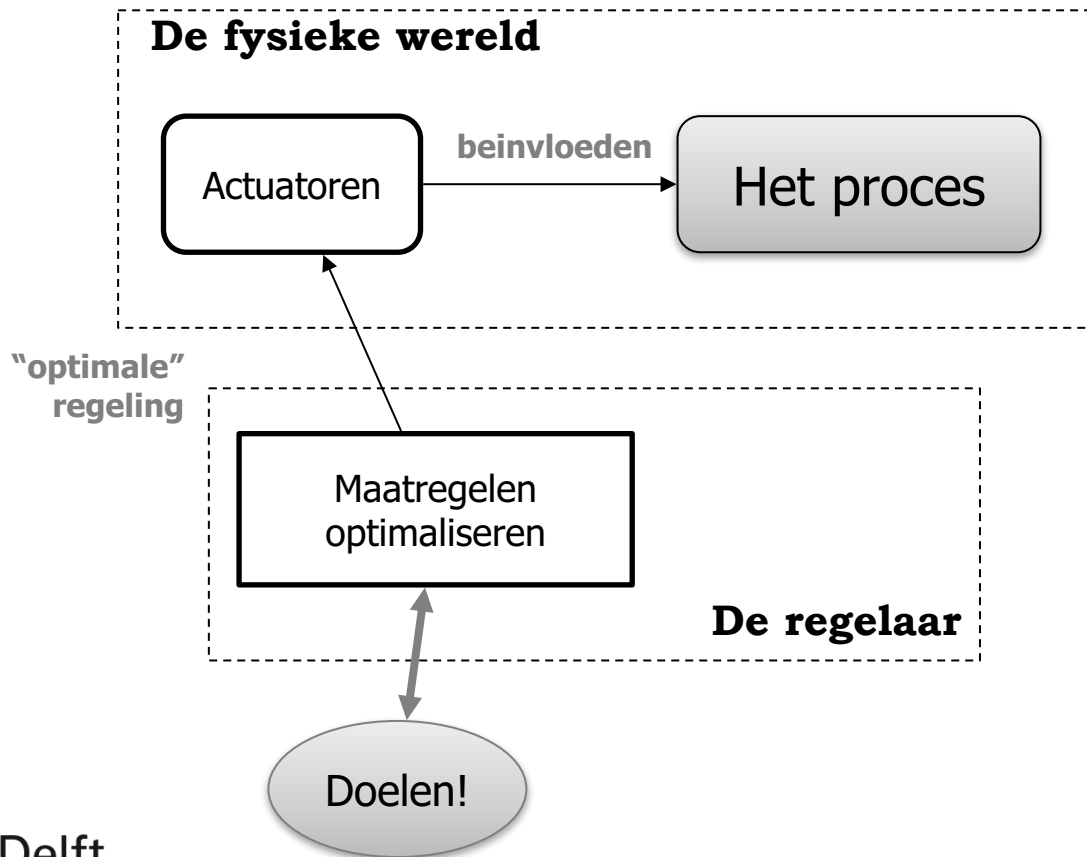
CTB1420 Transport & Planning

Verkeerstroomtheorie en Verkeersmanagement

Prof Hans van Lint & Prof Serge Hoogendoorn Transport & Planning
6-6-2016

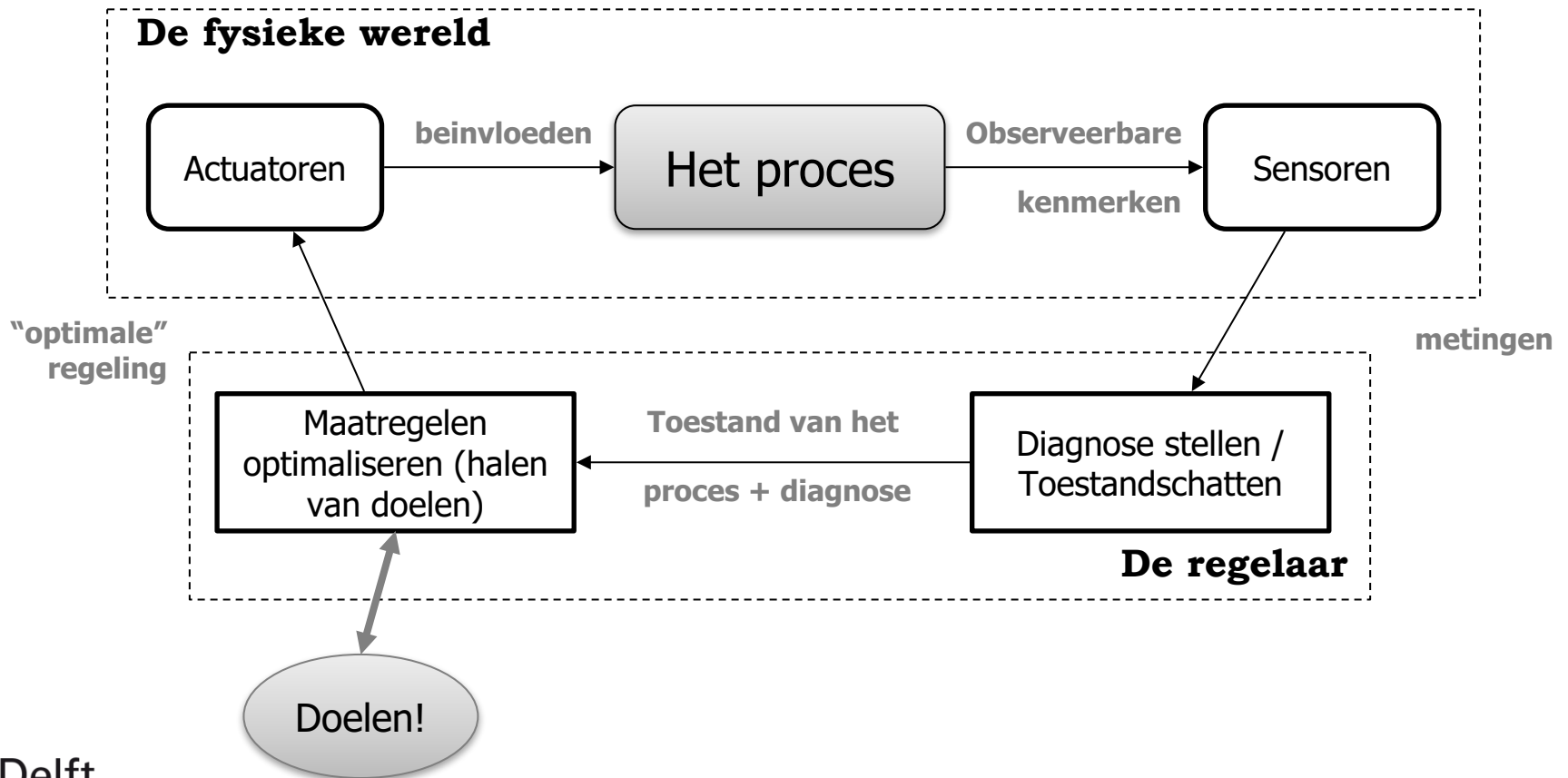
Wat betekent dat eigenlijk: regelen

Aan knoppen draaien om doelen te bereiken -
open loop / feedforward control



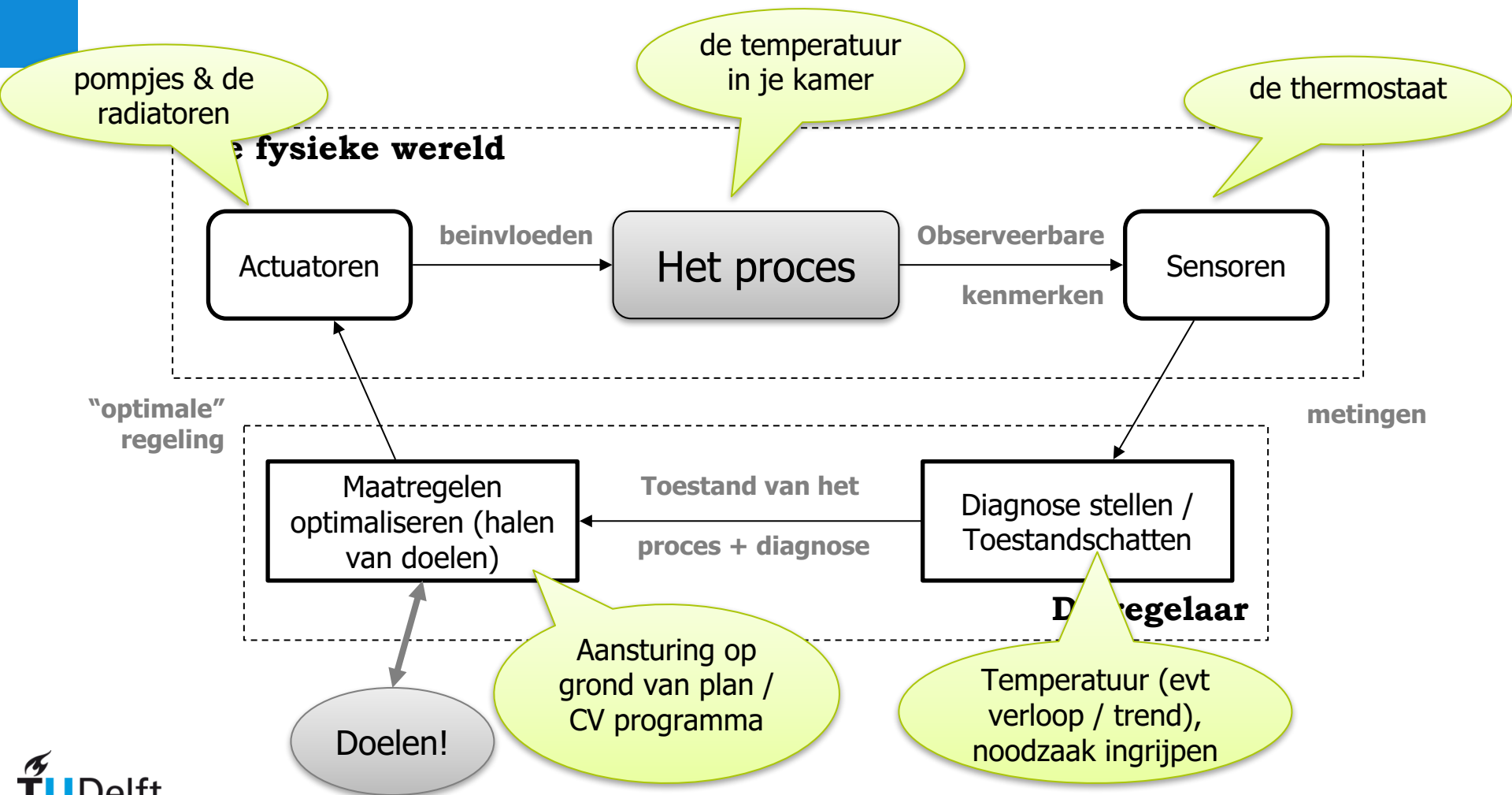
Wat betekent dat eigenlijk: regelen

Aan knoppen draaien om doelen te bereiken –
feedback control (terugkoppeling)



Wat betekent dat eigenlijk: regelen

Voorbeeld: centrale verwarming



1.

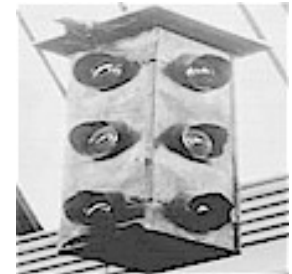
Regelen van verkeer

*Verkeerslichten: (a) wanneer wel /
niet? (b) Indien wel: hoe ontwerpen?*

Regelen van verkeer

Geen nieuw idee

- Het eerste verkeerslicht werd in London geplaatst (1868)
- Gaslamp + (handbediende) seinpaal
- Eerste 3-weg verkeerslicht Detroit (ca 1920) door William L. Potts



Wel of niet regelen van verkeer

Welke aspecten spelen een rol?

- Veiligheid
- Efficiency
- Prioritering (van OV, voetgangers, fietsverkeer)
- Milieu (geluid, emissies)
- Netwerk (ontwerp) filosofie: tegengaan sluipverkeer / snelheidsbeperking, etc – wel/niet regelen leidt tot andere openbare ruimte !



Op de kruising van de Grote Berg met de Keizersgracht stond het eerste verkeerslicht van Eindhoven (ca 1929)

Shared space filosofie

'Liever veiligheid met onzekerheid dan ongelukken met duidelijkheid' – Hans Monderman (11/45- 1/08)

- Alleen basisregels (rechts voorrang)
- Geen borden, signalen, max 30 km/u
- duidelijke open ruimte, geen obstakels
- waar nodig prioriteit



Figure 3 De Drift / Kaden in Drachten

Shared space filosofie

'Liever veiligheid met onzekerheid dan ongelukken met duidelijkheid' – Hans Monderman (11/45-1/08)

- Alleen basisregels (rechts voorrang)
- Geen borden, signalen, max 50 km/u
- duidelijke open ruimte, geen obstakels
- waar nodig prioriteit



Figure 5 Rijksstraatweg in Haren

Shared space filosofie

'Liever veiligheid met onzekerheid dan ongelukken met duidelijkheid' – Hans Monderman (11/45-1/08)

- Alleen basisregels (rechts voorrang)
- Geen borden, signalen, max 50 km/u
- duidelijke open ruimte, geen obstakels
- waar nodig prioriteit



Figure 4 The Laweiplein in Drachten

De meningen zijn verdeeld

“Don’t buy the hype - use your common sense. Even cars rolling very slowly can seriously injure you” [bikeblogs.org]

“If no sign is put next to a kids play ground and if there is an accident then a US municipality is likely to get sued.” [worldchanging.com]

“if we see children playing in the street, we are more likely to slow down than if we saw a sign saying 'Danger, Children!’” [Hans Monderman, 2006]



It always worked in India ...
[Youtube]

Lots of information / examples:
<http://www.shared-space.org/>
http://en.wikipedia.org/wiki/Shared_space

Ongelooflijk, maar er gaat niks mis in Shared Space



Wel of niet regelen?

In de huidige praktijk meestal de volgende overwegingen

Ontwerpfilosofie (bv duurzaam veilig):

- Type infrastructuur en netwerk (je ontsluit een snelweg niet met een dorpstraat)
- Gelijkvloers?
 - Rotonde, shared space, kruispunt, etc

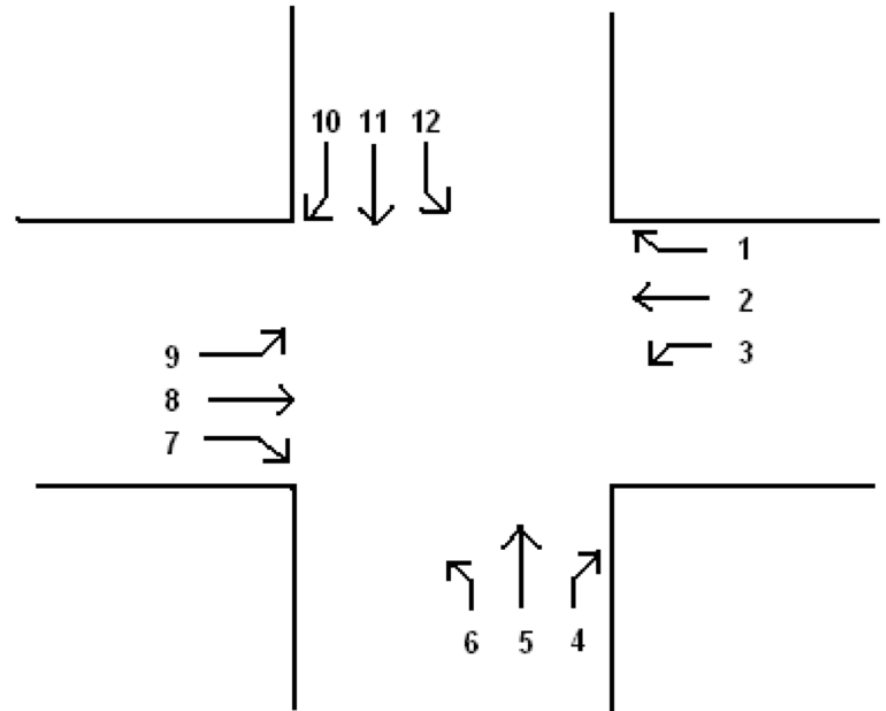
Keuze gevallen op gelijkvloerse kruising? Dan overwegingen op grond van

1. Veiligheid (vermijden van conflicten)
2. Gegeven veiligheid:
 - Efficiency
 - Prioritering

Schematisering kruispunt

Basisbegrippen

- Standaardnummering
- Kies eerst hoofdrichtingen (02,08) of (05,11)
- Nummering met de klok mee
- NB: er zijn ook regels voor het nummeren van "opvolglichten", en voor richtingen voor voetgangers / fietsen / OV, etc



Fasen en Fasering

Basisbegrippen

- Groen: rijden
- Oranje/geel: stoppen, tenzij (fysiek) niet meer mogelijk
- Rood: stoppen

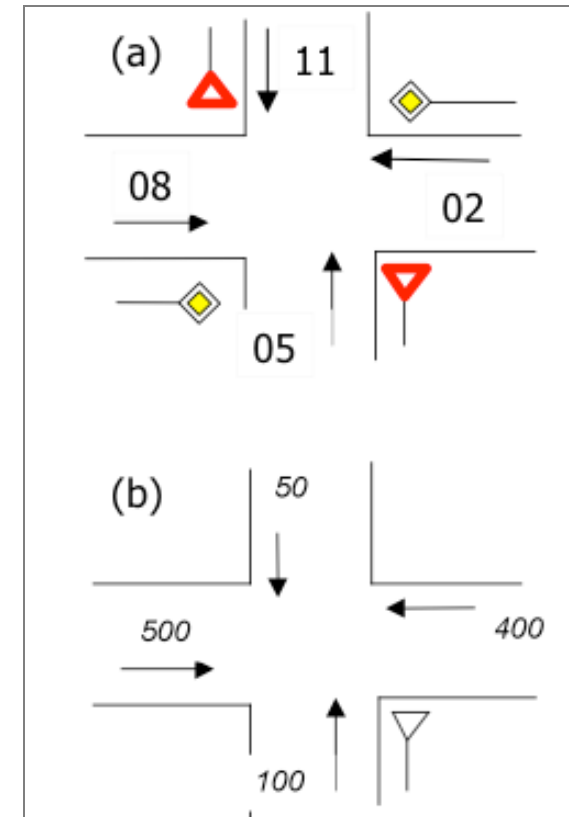
- Fasering voor 1 richting:
 - Rood – Groen (- Verlenggroen) – geel

- Fasering voor meerdere richtingen:
 - opeenvolgende reeks van richtingen die achter elkaar groen krijgen, bijv 02-10 of 02-09-12

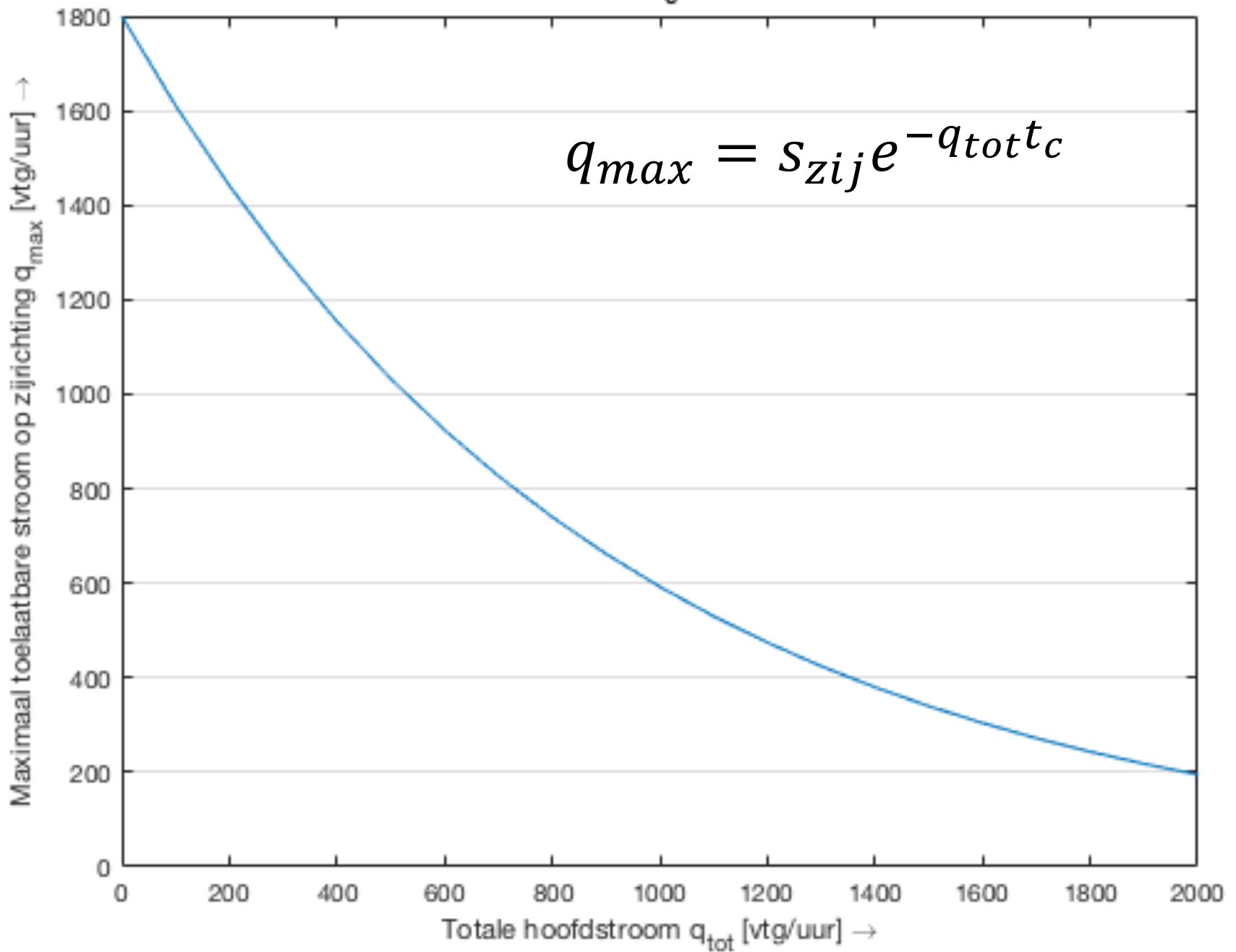
Wel of niet regelen?

Zijn er genoeg gaten in de hoofdstroom?

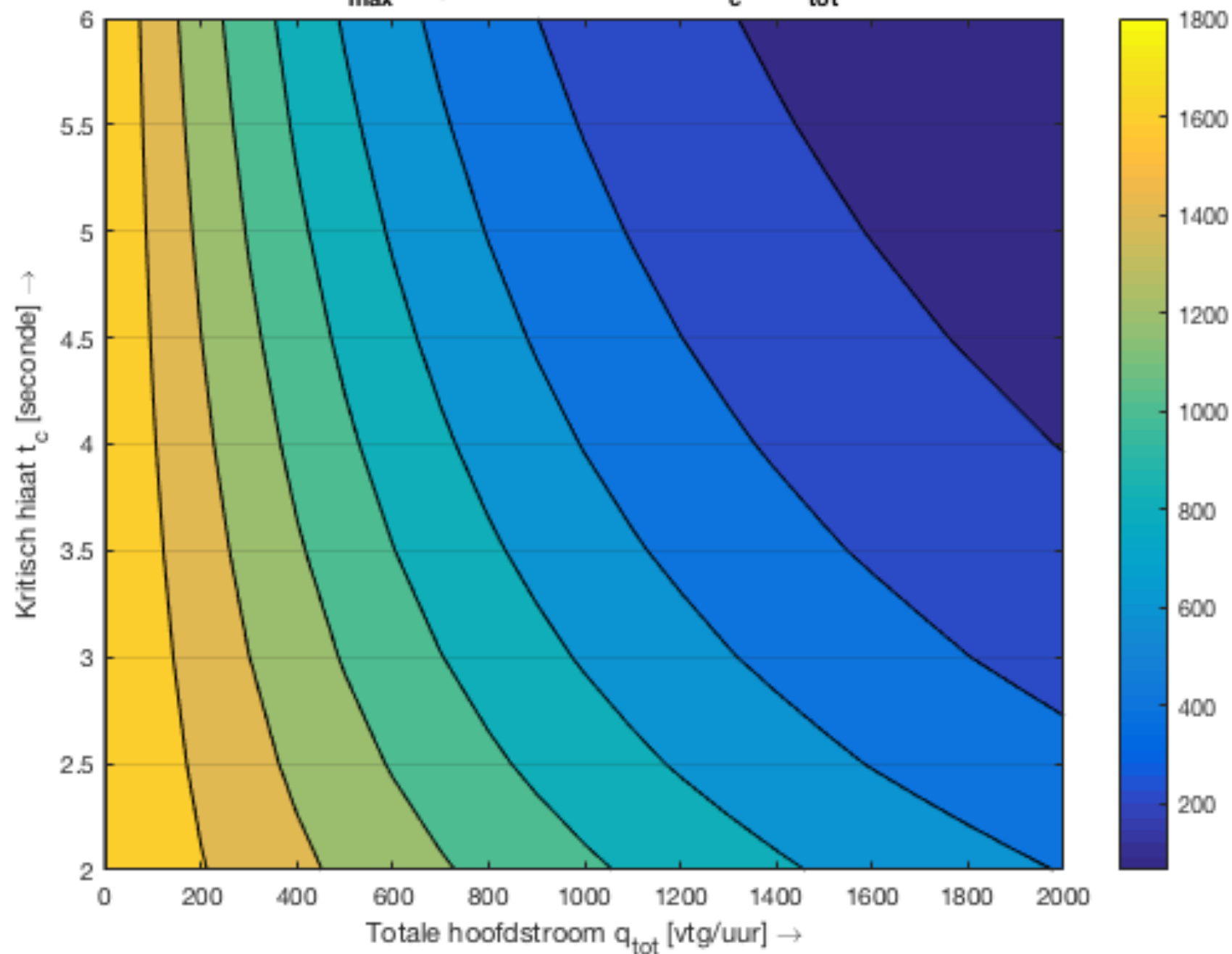
- Maximale toe te laten stroom ($q_{\max}$) op een zijrichting hangt af van
 - De kans op hiaten $> t_c$ waar minstens 1 voertuig doorheen kan (en durft!) ...
 - ... het aantal van zulke hiaten is afhankelijk van de **totale** stroom op hoofdrichtingen ($q_{\text{tot}} = \sum q_{\text{hoofd}}$)
 - de afrijcapaciteit s_{zij} van die zijrichting



Kritisch hiaat $t_c = 4$ seconde



$q_{\max}$ [vtg/uur] als functie van t_c en q_{tot}



```

clear qmax; close all;
t_c      = [2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6]; % seconde
s_zij    = 1800 / 3600; % vtg/seconde
q_tot    = [0:100:2000] / 3600; % vtg/seconde

for i = 1:numel(t_c)
    for j=1:numel(q_tot)
        qmax(i,j) = s_zij * exp(-q_tot(j)*t_c(i)); % vtg/seconde
    end;
end;

% plot
figure(1)
ii = 5; plot(q_tot*3600, qmax(ii,:)*3600); % vermenigvuldigen met 3600: vtg/uur
xlabel('Totale hoofdstroom q_{tot} [vtg/uur] \rightarrow')
ylabel('Maximaal toelaatbare stroom op zijrichting q_{max} [vtg/uur] \rightarrow')
title('Kritisch hiaat t_c = 4 seconde')
set(gca,'ygrid','on');

figure(2)
contourf(q_tot*3600, t_c, qmax*3600); % vermenigvuldigen met 3600: vtg/uur
xlabel('Totale hoofdstroom q_{tot} [vtg/uur] \rightarrow')
ylabel('Kritisch hiaat t_c [seconde] \rightarrow')
title('q_{max} [vtg/uur] als functie van t_c en q_{tot}')
colorbar; set(gca,'ygrid','on');

```

Wel of niet regelen?

Kijkend naar intensiteiten

$$q_{max} = s_{zij} e^{-q_{tot} t_c}$$

waarin

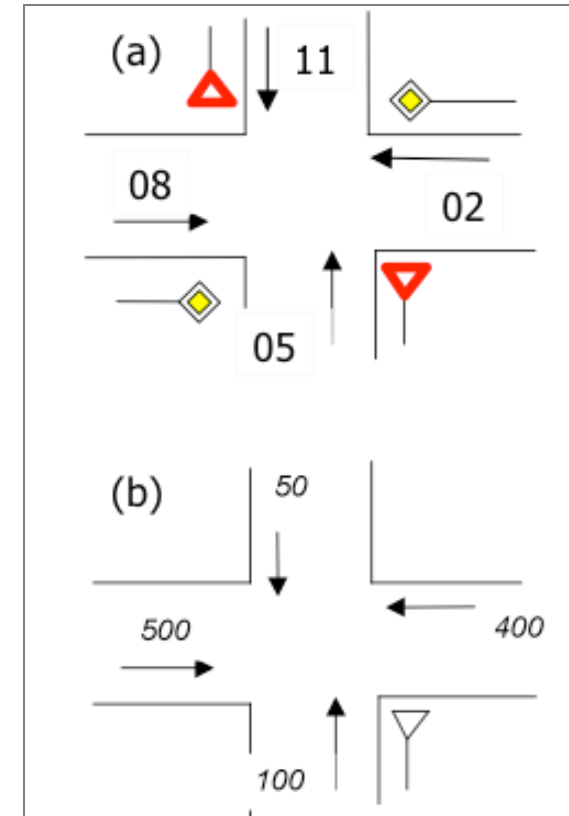
t_c (het kritische hiaat) = 4 s

s_{zij} (afrijcapaciteit zijrichting) = $\frac{1}{2}$ vtg/s
(1800 vtg/u)

$$\begin{aligned} q_{max} &= \frac{1}{2} \exp(-[500+400]/3600 * 4) \\ &= 0.18 \text{ vtg/s} \\ &= 662 \text{ vtg/u} \end{aligned}$$

Genoeg capaciteit: $100 < 662$ en $50 < 662$

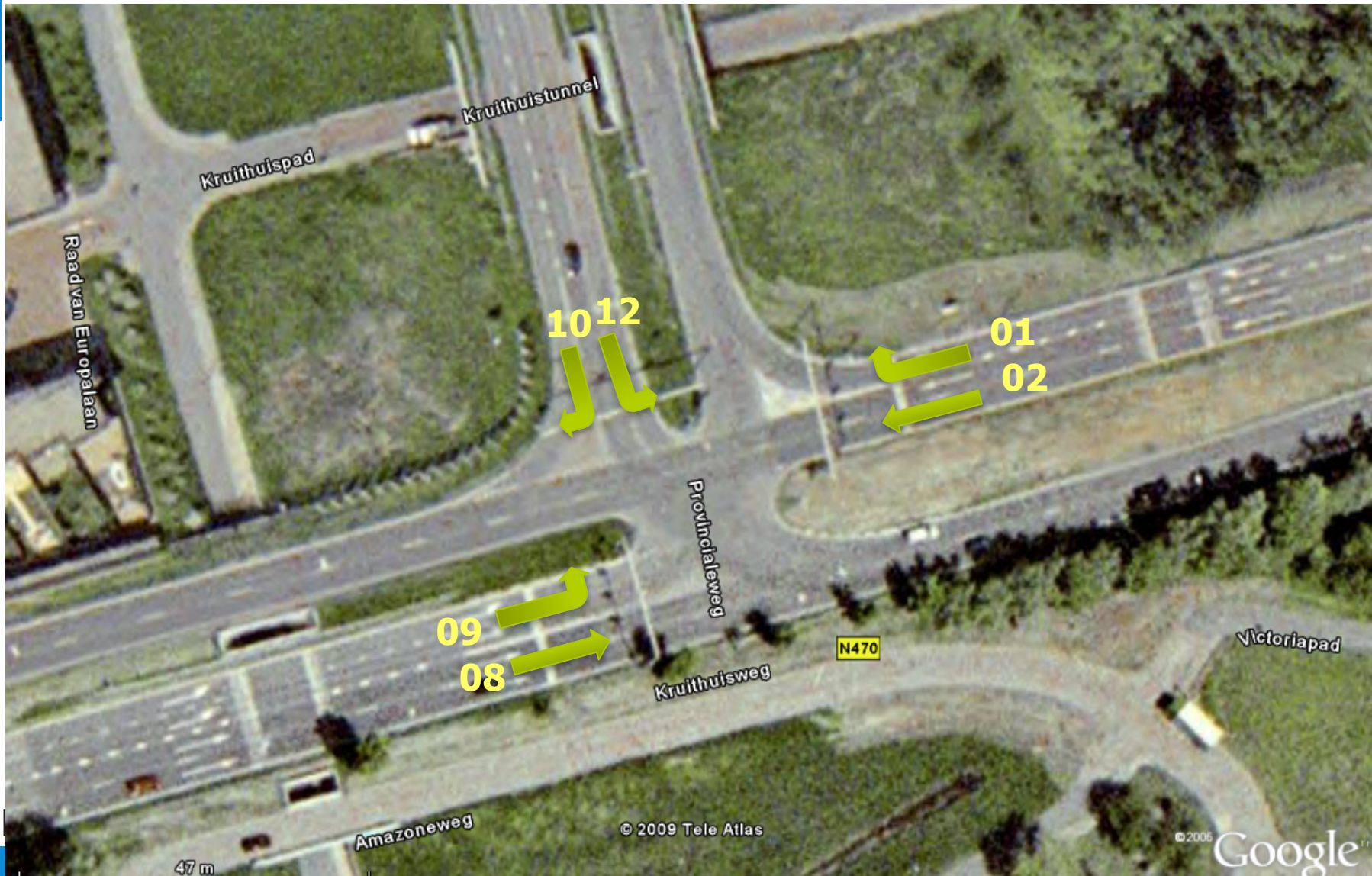
Onthouden: Voorrangsweg: som
 Zijweg: grootste



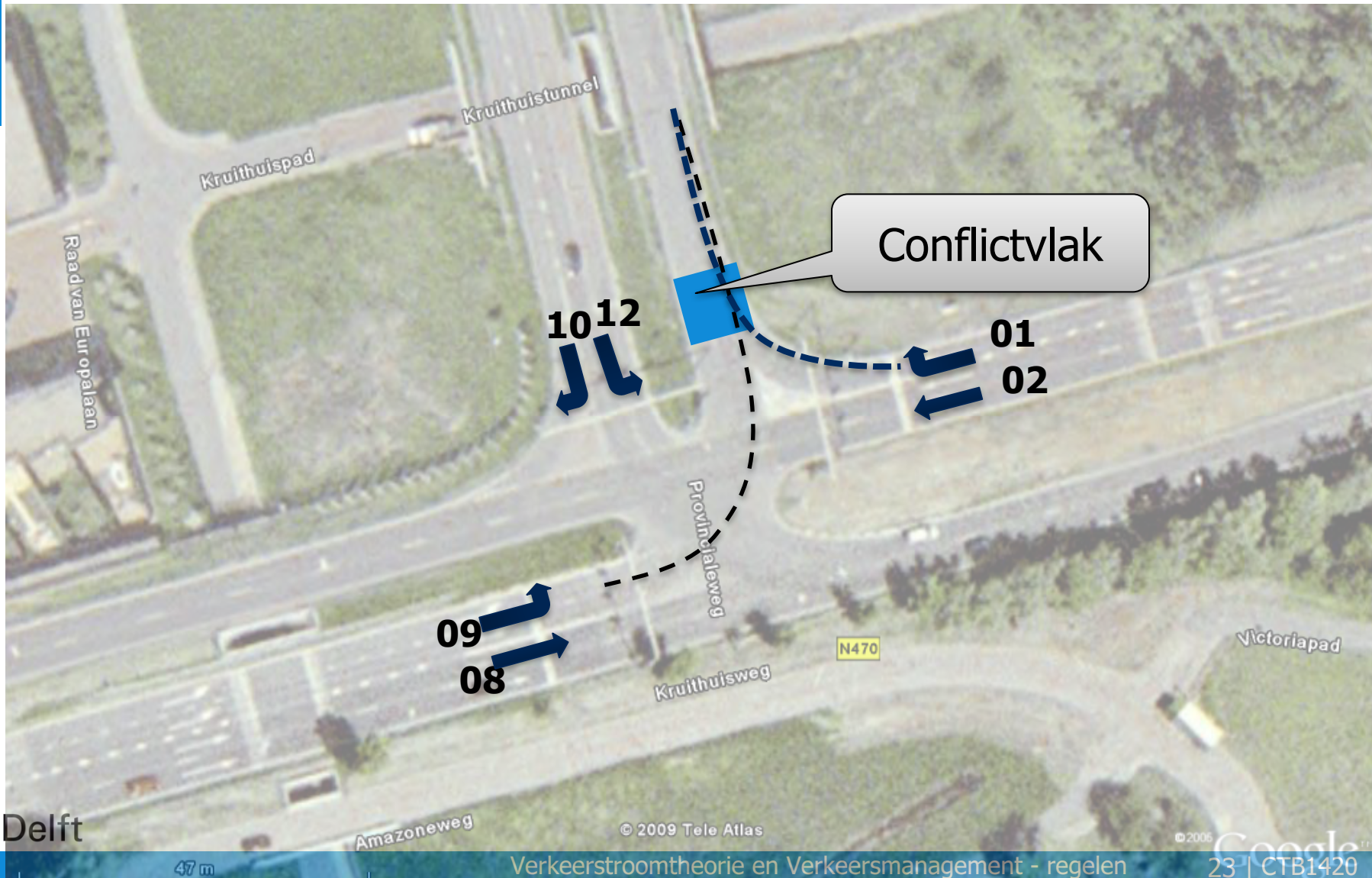
Kruispunt Kruithuisweg – Provinciale weg



Standaard codering verkeerstromen



Identificeren conflicterende stromen & conflictvlakken



Conflicten matrix

Welke richtingen kunnen NIET tegelijkertijd (zonder conflicten)

(a) Voorbeeld kruispunt codering (Kruithuisweg- Provinciale weg, Delft)



(b) Conflictmatrix waarin conflicterende richtingen zijn aangegeven met "*"

Naar Van	01	02	08	09	10	12
01				*		
02				*	*	*
08						*
09	*	*				*
10		*				
12		*	*	*		

Stap 1: Ontruimingstijden bepalen

De tijd die het langzaamste voertuig vanuit A nodig heeft om het conflictvlak te passeren **minus** de tijd die het snelste voertuig van uit B nodig heeft om het conflictvlak te passeren

(a) Voorbeeld kruispunt codering (Kruithuisweg-Provinciale weg, Delft)



Langzaamste
voertuig uit

(b) Con
richting

Snelste voertuig uit

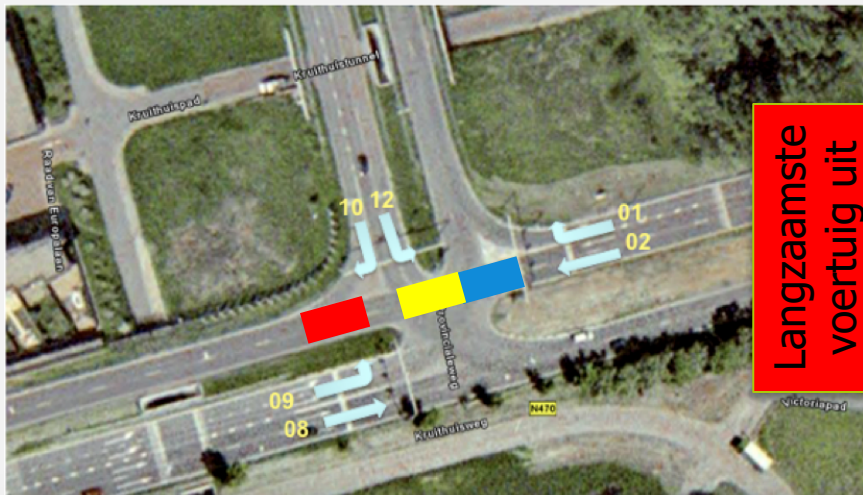
Naar Van	01	02	08	09	10	12
01				0		
02				1	3	2
08						0
09	3	2				2
10		0				
12		1	2	2		

Naar Van	01	02	08	09	10	12
02				1	3	2

Stap 1: Ontruimingstijden bepalen

De tijd die het langzaamste voertuig vanuit A nodig heeft om het conflictvlak te passeren **minus** de tijd die het snelste voertuig van uit B nodig heeft om het conflictvlak te passeren

(a) Voorbeeld kruispunt codering (Kruithuisweg-Provinciale weg, Delft)



Langzaamste voertuig uit

(b) Con

Snelste voertuig uit

Naar Van	01	02	08	09	10	12
01				0		
02				1	3	2
08						0
09	3	2				2
10		0				
12		1	2	2		

Naar Van	01	02	08	09	10	12
02				1	3	2

Stap 2: Maatgevende conflictgroepen

Deze bepalen het minimaal aantal fasen dat een regelstructuur moet hebben

(a) Voorbeeld kruispunt codering (Kruithuisweg-Provinciale weg, Delft)



2 fase

01-09

02-09

02-10

02-12

08-12

09-12

3 fase

02-09-12

4 fase

geen

Stap 3: Construeer de mogelijke regelstructuren (volgorden)

op grond van deze maatgevende conflictgroepen

Regelstructuur I				Regelstructuur II			
..	..	..	..	..	..	..	..
0 2	01	02	08	0 2	01	02	08
0 9	09	10	08	1 2	01	10	12
1 2	01	10	12	0 9	09	10	08
..	..	..	..	..	..	..	..

Stap 4: Bereken bij welke de totale verliestijden minimaal zijn

op grond van de verwachte intensiteiten (q) en afrijcapaciteiten (s) per richting

- je wilt de totale verliestijd per regelcyclus voor de maatgevende conflictgroep minimaliseren, zodat er zoveel mogelijk verkeer kan worden afgewikkeld

$$\Sigma LT_j = \Sigma(\text{Ontruimingstijd} + \text{niet gebruikte geeltijd} + \text{startverlies})$$

Uit je conflictmatrix met verliestijden!

neem gemiddelde (orde 3 s per richting)

neem gemiddelde (ca 1s per richting)

Stap 4: Bereken bij welke de totale verliestijden minimaal zijn

op grond van de verwachte intensiteiten (q) en afrijcapaciteiten (s) per richting

De vraag is dus: hoeveel cyclussen **02-09-12** krijgen we in een uur gepropt versus hoeveel cyclussen **02-12-09** ?

richting	q_j (vtg/u)	s_j (vtg/u)
02	300	1800
09	600	1800
12	400	1800

$$\Sigma LT_j = \Sigma(\text{Ontruimingstijd} + \text{niet gebruikte geeltijd} + \text{startverlies})$$

Voor alle richtingen:

- Niet gebruikte geeltijd: 3 secs
- Startverlies: 1 secs

Naar Van	01	02	08	09	10	12
01				0		
02				1	3	2
08						0
09	3	2				2
10		0				
12		1	2	2		

Stap 4: Bereken bij welke de totale verliestijden minimaal zijn

op grond van de verwachte intensiteiten (q) en afrijcapaciteiten (s) per richting

- Uitwerking van dit voorbeeld zie voorbeeld 2.5 (blz 4.31) in diktaat

richting	q_j (vtg/u)	s_j (vtg/u)
02	300	1800
09	600	1800
12	400	1800

- je wilt de totale verliestijd per regelcyclus voor de maatgevende conflictgroep minimaliseren, zodat er zoveel mogelijk verkeer kan worden afgewikkeld

$$\Sigma LT_j = \Sigma(\text{Ontruimingstijd} + \text{niet gebruikte geeltijd} + \text{startverlies})$$

- Vervolgens bereken je de minimale cyclustijd $t_c^{\min}$ mbv $x_j = q_j/s_j$ (de verzadigingsgraad per richting)

$$t_c^{\min} = \frac{\sum_j LT_j}{1 - \sum_j x_j}$$

Resume

Regelen van verkeer

- Ontwerpfilosofie: shared space, rotonde of (on)gelijkvloerse kruising, ...
- Regelen of niet: veiligheid, efficiency, prioritering, milieu, etc
- Regelen:
 - Construeer conflictmatrix en ontruimingstijden (meten of schatten)
 - Deduceer maatgevende conflictgroep -> kandidaat regelstructuren
 - Op grond van verzadiging (dwz de verwachte vraag / afrijcapaciteit) en interne verliestijden: selecteer beste regelstructuur

Toeritdosering

Verkeerslicht met superkorte cyclustijd

- Je weet inmiddels waarom dit een goed idee is



- Voorkomen van file op de snelweg is veel waard: je voorkomt de **capaciteitsval** en dus 10-30% efficiency verlies
- Maar: wachtrijen onderliggend wegennet moeten niet de spuigaten uitlopen: er moet wel ruimte zijn

SYNCHRONIZED TRAFFIC LIGHT CONTROL CENTER



Regelen voor gevorderden

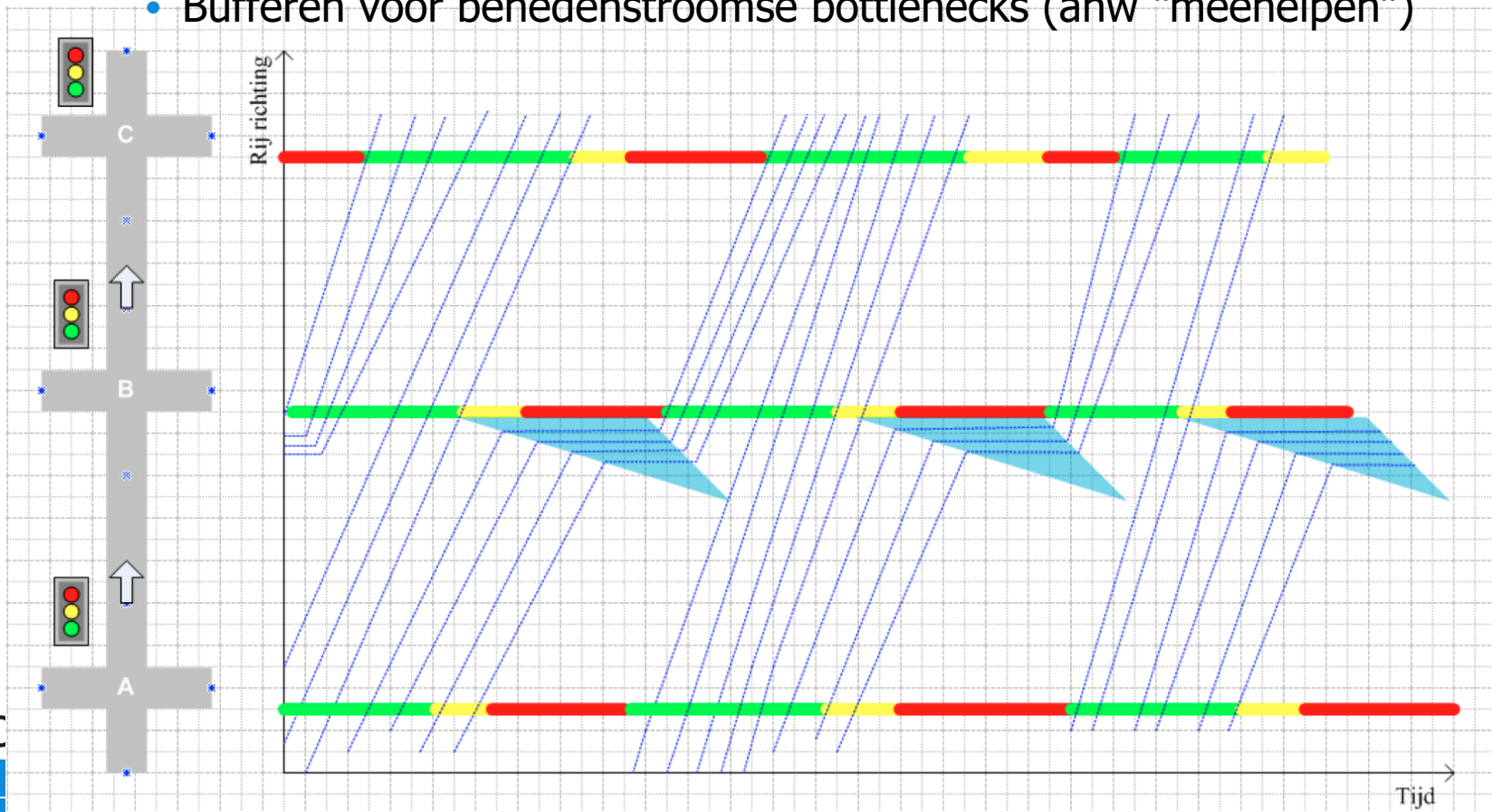
Variabiliteit in zowel vraag als afrijcapaciteit

- Verschillende patronen over de dag
- wachtrijen kunnen zelfs bij onderbelasting heel snel groeien: file terugslag
- Oplossingen ???
 - Verschillende programma's over de dag (spits / niet spits)
 - Meten / detectiemiddelen gebruiken (denk aan de regelcirkel!)
 - Voertuig afhankelijk regelen: (a) extra groen waar nodig; (b) een fase overslaan waar het kan
 - Coördineren
- Heeft dat altijd zin?
 - Je kunt niet eindeloos extra groen geven: als het zeer druk is convergeert een voertuig afhankelijke regeling naar een vaste ...

Regelen voor gevorderden

in een netwerk wordt het al gauw ingewikkelder

- Coördinatie in netwerken: Waarom?
 - Groene golven (comfort /veiligheid)
 - Bufferen voor benedenstroomse bottlenecks (ahw "meehelpen")



Voorbeeld

van een onorthodoxe
verkeersregeling



Wel of niet regelen?

In de toekomst misschien helemaal geen vraagstuk meer?

- Voertuigen babbelen met andere voertuigen en de infrastructuur

