

Instrumenten voor het automatisch berekenen van ontruimingstijden

ing. Gert Hut
(*DHV*)

ing. Luc Prinsen
(*Goudappel Coffeng*)

ing. Tjerk Schotanus
(*City Flow BV*)

Samenvatting

Een belangrijk onderdeel bij het ontwerpen van verkeerslichtenregelininstallaties (VRI's) is het vaststellen van de ontruimingstijden. Het CROW heeft hierover duidelijke richtlijnen gepubliceerd. Om deze richtlijnen toe te passen, is het mogelijk om op basis van een kruispunttekening en een liniaal handmatig afstanden te meten en deze in te voeren in COCON of een ander VRI-ontwerpprogramma. Een aantal bedrijven heeft los van elkaar ieder hun eigen instrument ontwikkeld waarmee dit handmatig proces vervangen wordt door een geautomatiseerd proces. Dit werkt niet alleen sneller, maar voorkomt ook meet- of invoerfouten. In deze bijdrage wordt beschreven hoe deze instrumenten werken en wat er verder bij komt kijken. Verder wordt gepleit voor een extra functionaliteit in COCON om de uitkomsten van deze berekeningswijzen automatisch te kunnen importeren.

Trefwoorden

Verkeersregelininstallatie, verkeersveiligheid, verkeerskundige software, ontruimingstijden.

1. Inleiding

Een belangrijk onderdeel bij het ontwerpen van verkeerslichtenregelininstallaties (VRI's) is het vaststellen van de veiligheidstijden, m.n. de zgn. ontruimingstijden. Een ontruimingstijd is de minimale tijd tussen het start rood moment van de ene signaalgroep tot het start groen moment van een conflicterende signaalgroep. Het belang van het hanteren van de juiste ontruimingstijden is groot: de veiligheid van de verkeersafwikkeling is mede afhankelijk van deze ingevoerde tijden. Dit geldt zowel voor te laag ingestelde tijden waarbij voertuigen het kruispunt niet veilig kunnen verlaten als voor de hoog ingestelde tijden waarbij bekende weggebruikers geneigd zijn door rood te rijden.

Het CROW heeft in de publicaties 111 en 213 duidelijke richtlijnen gegeven. Nodig voor het toepassen van deze richtlijnen is dat de oprijafstand en afrijafstand wordt opgemeten van het vastgestelde conflictpunt. Op basis van parameters met betrekking tot reactietijd, snelheid, versnelling en voertuiglengte kan vervolgens de ontruimingstijd worden berekend. Het opmeten van de afstanden gebeurt tot op heden vaak met behulp van een papieren kruispunttekening en liniaal. Voor een complex kruispunt is dit een tijdrovende klus, waarbij de kans bestaat dat er hier en daar een meetfout of schrijffout wordt gemaakt. Controle met het zgn. vierogen principe haalt in de praktijk alleen de grotere fouten eruit. Een echt nauwkeurige aanpak op basis van handmatig opmeten, zou eruit bestaan dat het werk door twee onafhankelijke personen wordt gedaan en vervolgens vergeleken. Wegens de tijd en kosten die een dergelijke aanpak met zich meebrengt, is het niet realistisch dat deze werkwijze in de praktijk zal worden gevolgd.

Een aantal bedrijven heeft los van elkaar ieder hun eigen instrument ontwikkeld waarmee dit handmatig proces vervangen wordt door een geautomatiseerd proces. Enkele bedrijven hebben elkaar benaderd om gezamenlijk een bijdrage te schrijven voor dit congres. Deze bedrijven zijn:

- City Flow met het instrument 'EVA'
- DHV met het instrument 'MATRIX'
- Goudappel Coffeng met het instrument 'Q-HOT'

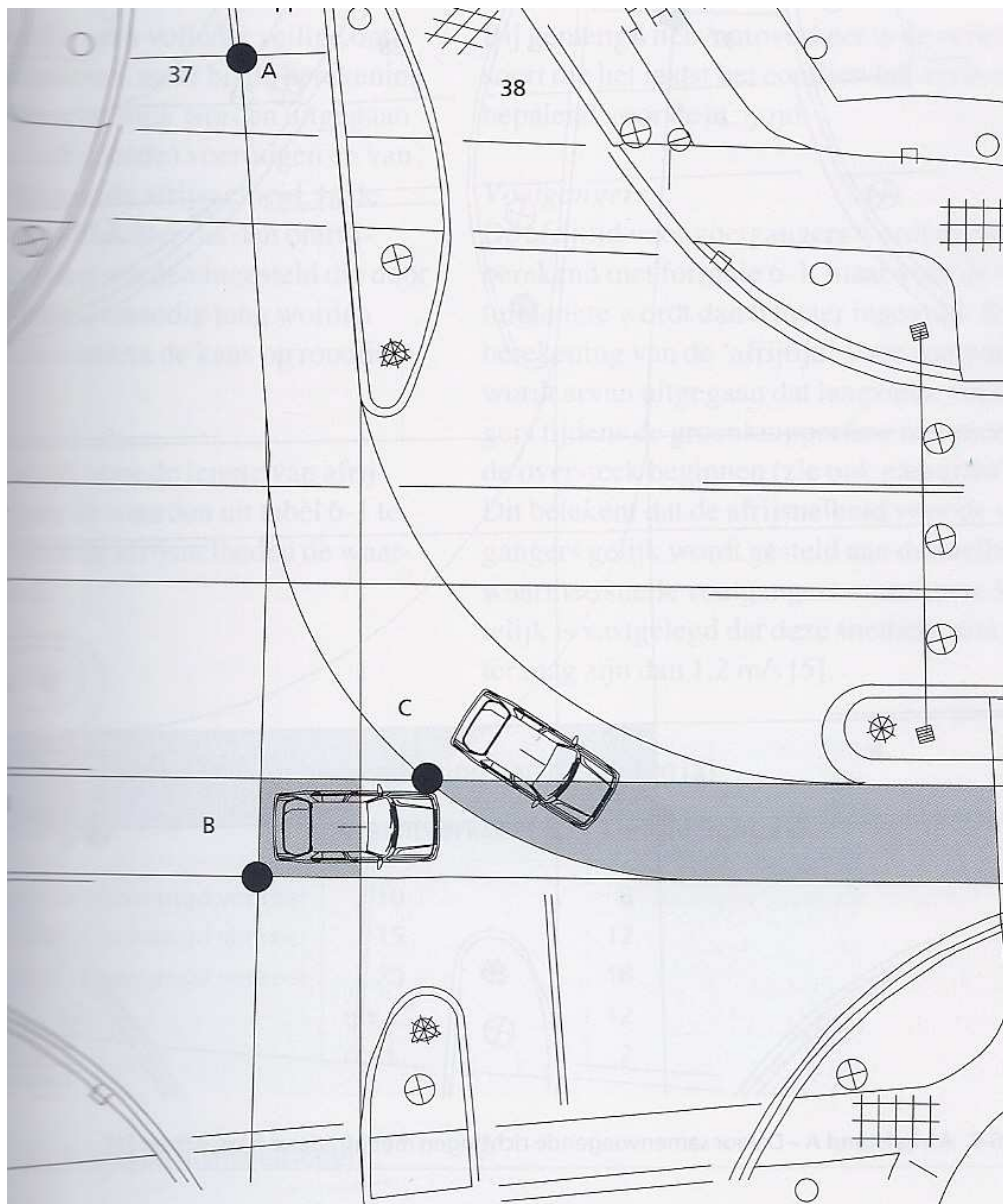
Het automatisch berekenen van ontruimingstijden werkt niet alleen sneller, maar voorkomt ook meet- of invoerfouten. En het is bovendien controleerbaar en reproduceerbaar.

Hoofdstuk 2 bevat een samenvatting van de CROW richtlijnen. In hoofdstuk 3 worden de instrumenten achtereenvolgens toegelicht. Hoofdstuk 4 besluit met enkele stellingnames.

2. Richtlijnen van het CROW

Maatgevend conflictpunt

‘Richtlijn ontruimingstijden verkeersregelinstallaties’, publicatie 111 van het CROW (1992) en het in 2006 verschenen ‘Handboek Verkeerslichtenregelingen’ (CROW-publicatie 213) gaan uit van het bepalen van een oprijtijd en afrijtijd volgens een versnelling en snelheid per verkeersdeelnemer, waarbij onderscheid wordt gemaakt van afslaand en rechtdoorgaand verkeer. Om deze tijden te bepalen worden de oprijafstand en afrijafstand van de conflicterende rijpunten opgemeten. Voor kruisende conflicten geldt dat het maatgevend conflictpunt het punt is met de langste afrijafstand en kortste oprijafstand, zie figuur 1, punt B. Voor samenkomende conflicten geldt dat het conflictpunt voor autoverkeer het snijpunt is met de kortste afstanden (punt C).



Figuur 1: conflictvlakken, figuur 6-5 uit CROW-publicatie 213 (bladzijde 61)

Snelheid, versnelling en voertuiglengte

In tabel 1 zijn de parameters voor de berekening van de ontruimingstijdsnelheid van enkele verkeersgroepen weergegeven volgens CROW-publicatie 213 'Handboek verkeerslichtenregelingen'. Een uitgebreid overzicht is te vinden in het handboek zelf.

Tabel 1: Snelheden en versnelling en voertuiglengte per verkeerssoort

Verkeerssoort	Oprijnsnelheid	Afrijsnelheid	voertuiglengte
Auto, rechtdoor, maximaal 50 km/uur	14 m/s	12 m/s	6 m
Auto, afslaand maximaal 50 km/uur	8 m/s	8 m/s	6 m
Bromfiets, rechtdoor	5 m/s	11 m/s	2 m
Bromfiets, afslaand	5 m/s	8 m/s	2 m
Fiets	5 m/s	4 m/s	2 m
Voetganger	1,5 m/s	1,2 m/s	0 m
Bus	14 m/s	12 m/s	12 m

Voor gemotoriseerd verkeer wordt verder gerekend met een optrekversnelling van 2 m/s^2 bij voorkennis en $1,5 \text{ m/s}^2$ zonder voorkennis en een afrijvertraging van -2 m/s^2 . Het handboek geeft verder aan met welke formules de berekening moet worden uitgevoerd inclusief enkele rekenvoorbeelden.

Een verschil met de richtlijnen van publicatie 111 is dat rekening wordt gehouden met bromfietzers op de rijbaan. Enig rekenwerk leert dat uitgaande van de standaardparameters een bromfietser alleen maatgevend is als de bromfiets rechtdoor afrijdt met een afrijafstand groter dan 40 meter. Verder geeft publicatie 111 de optie om rekening te houden met een langzame voetganger (afrijnsnelheid $1,0 \text{ m/s}$), die bij start groenknipperen nog begint met het oversteken. In het handboek wordt deze optie niet genoemd, de default-instellingen van COCON houden echter nog wel rekening met deze langzame voetganger.

Wegbeheerders en ontwerp bureau's wijken soms bewust af van deze waarden. De gemeente Amsterdam bijvoorbeeld rekent met een voertuiglengte van 5 m, terwijl de default van COCON op 4,6 m staat. Ook wordt in Amsterdam gekeken naar de bochtstraal bij afslaande auto's. Is de bochtstraal minder dan 10 m, dan wordt de afrijnsnelheid verlaagd tot 6 m/s, is de bochtstraal meer dan 15 m, dan is de afrijnsnelheid 10 m/s. En ook in Amsterdam is de discussie gestart of men rekening moet houden met een ontruimende bakfiets (3 m/s) na klachten van fietsende moeders op de Clercqstraat (met bakfiets).

Op basis van bovengenoemde parameters en oprij- en afrijafstanden kan de oprijtijd en afrijtijd worden berekend, waarbij de ontruimingstijd gelijk is aan het verschil tussen afrijtijd en oprijtijd.

Afronding van ontruimingstijden, garantie ontruimingstijden

In de praktijk wordt meestal gewerkt met gehele getallen. De volgende afronding wordt toegepast:

- Negatieve ontruimingstijden worden op 0 gesteld;
- Positieve ontruimingstijden worden als volgt afgerond:
 - Vanaf 0,3 naar boven ($3,3 \text{ s} \Rightarrow 4 \text{ s}$);
 - Onder 0,3 naar beneden ($3,2 \text{ s} \Rightarrow 3 \text{ s}$).

In COCON worden op basis van de ontruimingstijden automatisch garantie ontruimingstijden berekend. Dit zijn ontruimingstijden naar beneden afgerond ($4,9 \text{ s} \Rightarrow 4 \text{ s}$). Andere wegbeheerders kiezen voor:

- een garantie ontruimingstijd die gelijk is aan de ontruimingstijd of
- een garantie ontruimingstijd die 1 s kleiner is dan de bijbehorende ontruimingstijd of
- een garantie ontruimingstijd die exact gelijk is aan de berekende waarde (in tienden seconden nauwkeurig).

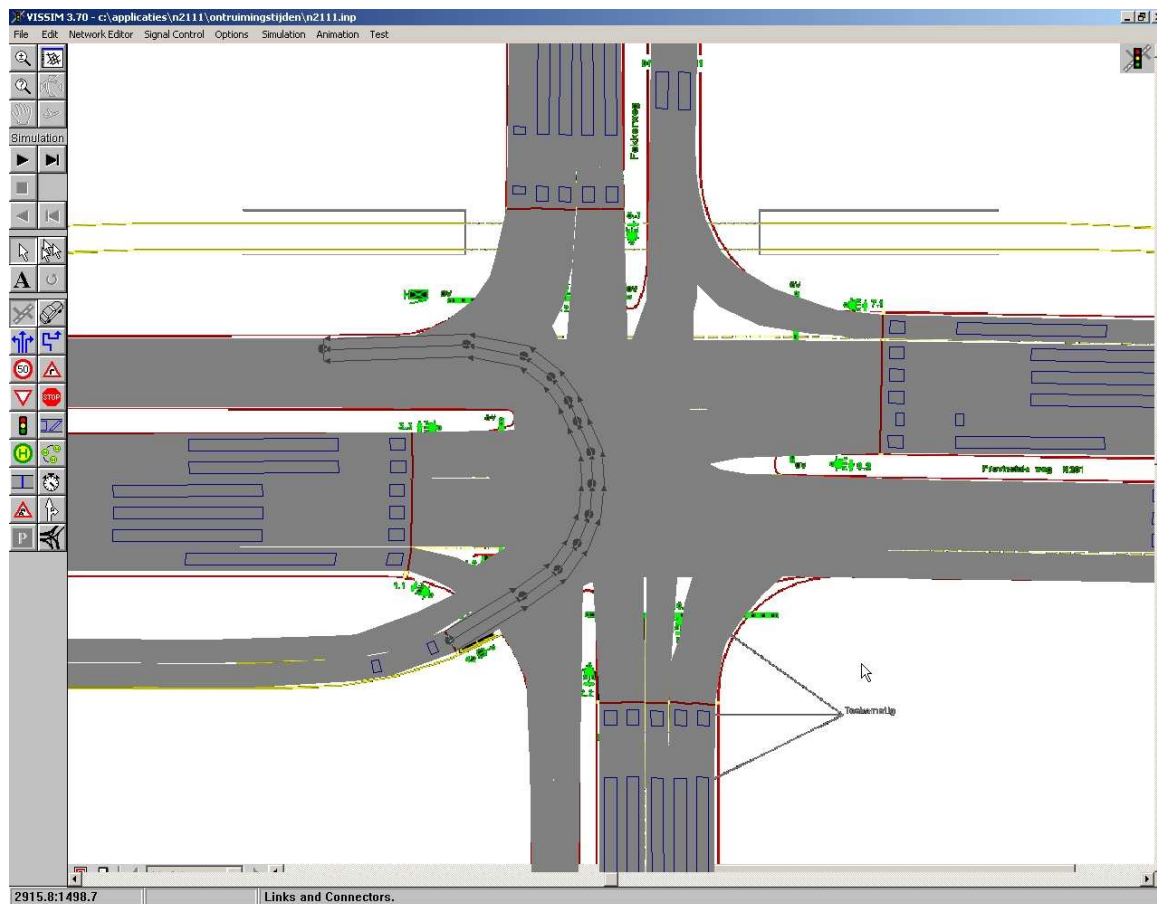
Zaak is voor de wegbeheerder is om aan te geven welke rekenmethode exact wordt toegepast. Voor de ontwerper is het van belang, dat hij (of zij) kan aantonen, hoe hij is gekomen tot bepaalde oprij- en ontruimingsafstanden en bijbehorende ontruimingstijden. Zoals al eerder gemeld hebben DHV, Goudappel Coffeng en City Flow daar instrumenten voor ontwikkeld, zie hoofdstuk 3.

3. Instrumenten

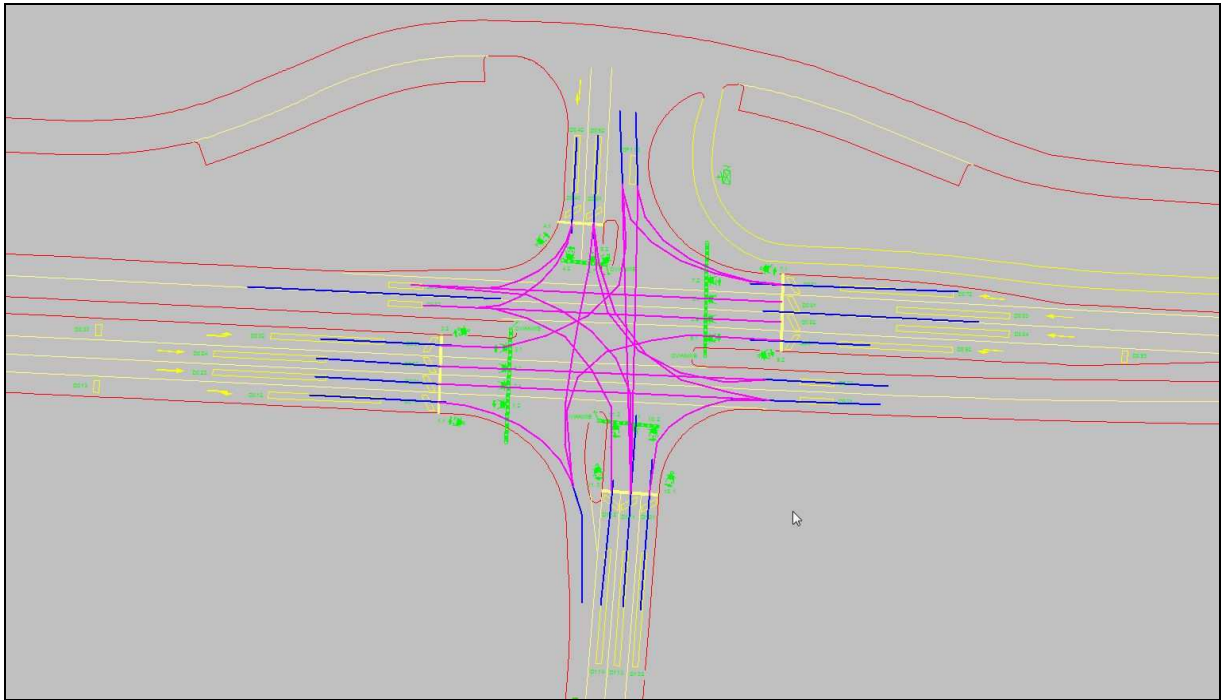
EVA

EVA staat voor “Eenduidig Veiligheidstijden Algoritme” en is door City Flow ontwikkeld door gebruik te maken van het microsimulatieprogramma VISSIM. Om EVA toe te passen is het nodig dat men beschikt over een VISSIM licentie. Het werkt als volgt:

- Zorg voor een digitale kruispunttekening als ondergrond voor VISSIM (bijvoorbeeld een Microstation of AutoCad tekening);
- Open in VISSIM de kruispunttekening en maak wegvakken en connectoren aan per afrijbeweging, waarbij de namen van de connectoren worden voorzien van een gespecificeerde codering, zie figuur 2.
- Stel de parameters van het kruispunt vast: verkeerssoort en rijrichting per signaalgroep/richting;
- EVA maakt op basis van de ingevoerde connectoren rijcurves aan (figuur 3), en berekent vervolgens automatisch de conflictpunten en de maatgevende afstanden op basis van de XY coördinaten in VISSIM
- Op basis van de oprij- en ontruimingsafstanden worden deze afstanden geëxporteerd naar COCON of een Excel-werkbestand (werkwijze gemeente Amsterdam) of berekent EVA zelfstandig de ontruimingstijden uit op basis van een parameterset.



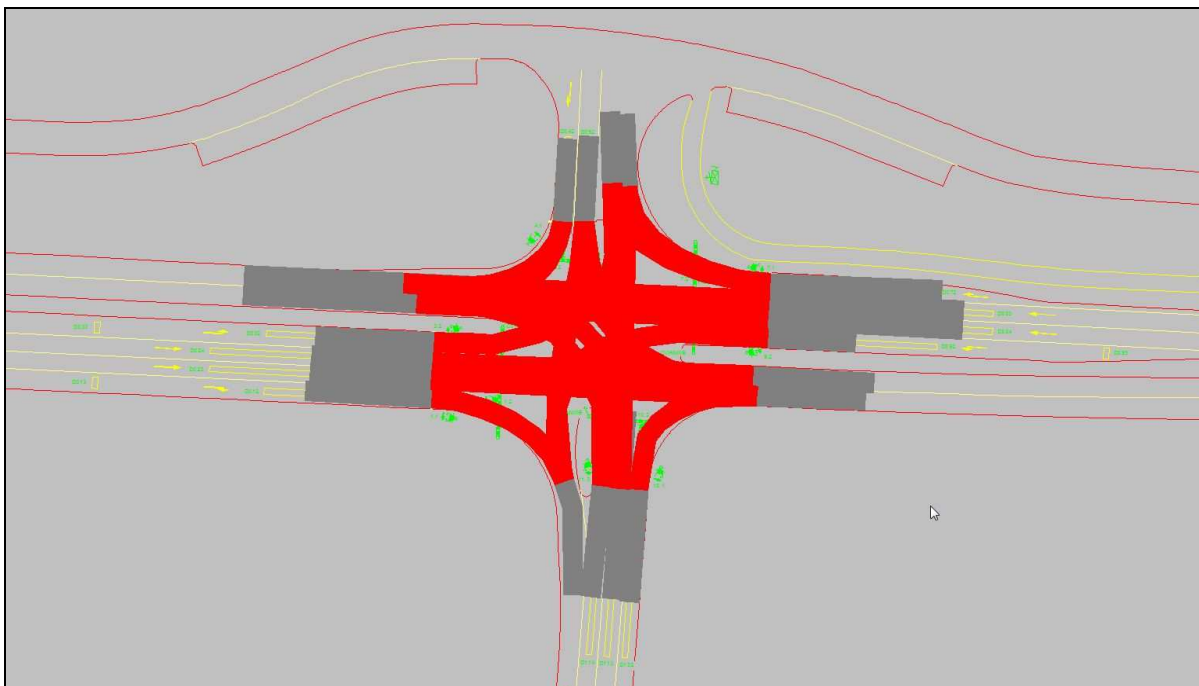
Figuur 2: Elke afrijbeweging kan de ontwerper specificeren in VISSIM



Figuur 3: Voorbeeld invoer VISSIM

Bij deze aanpak de volgende kanttekeningen:

1. Voor EVA wordt op een andere wijze gebruik gemaakt van VISSIM dan de gebruikelijke simulatie toepassing. Er is geen specifieke VISSIM ervaring vereist. Wel moet men over een geldige licentie beschikken.
2. Het is mogelijk om een bestaand netwerk te gebruiken als invoer, waarbij slechts de afrijbewegingen met codering moeten worden toegevoegd.
3. Het importeren in COCON gebeurt nu nog handmatig en is daardoor nog steeds foutgevoelig. Ook dit deel van de werkwijze dient te worden geautomatiseerd. Een dergelijk verzoek is al ingediend bij de beheerder van COCON.



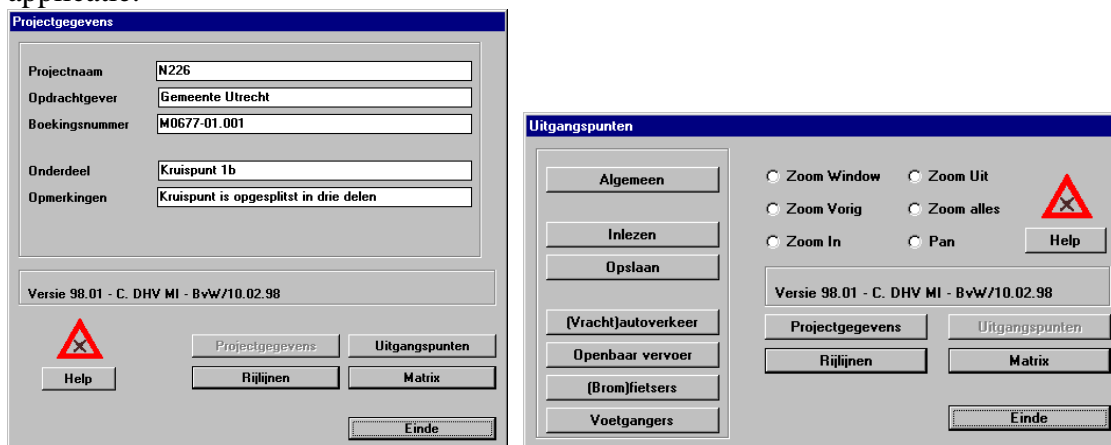
Figuur 4: Voorbeeld invoer VISSIM

MATRIX

De AutoCad applicatie "MATRIX" is een tool voor het berekenen van ontruimingstijden. Deze applicatie is door DHV ontwikkeld om het verkrijgen van een ontruimingsmatrix gemakkelijker, meer nauwkeurig en reproduceerbaar te maken. Gekozen is voor een AutoCad applicatie omdat dit goed aansluit op de wijze waarop revisietekeningen van VRI's worden gemaakt. DHV is voorstander dat ook de stopstreep op een accurate wijze wordt ingemeten. Vaak wordt dit niet gedaan. Hierdoor zal de berekende ontruimingstijd in de ontwerpfase niet overeenkomen met de ontruimingstijd zoals deze na ingebruikname zou moeten zijn. Geregeld komt het voor dat de praktijk (zowel posities van stopstrepen als gehanteerde uitgangspunten) afwijkt van het ontwerp. DHV pleit, naast een gedegen voorontwerp, ook voor het herberekenen van de ontruimingstijden wanneer de verkeersregeling in gebruik is genomen. Naast de bestaande AutoCad applicatie is DHV met haar partner TSS bezig met de ontwikkeling van MATRIX voor het microsimulatieprogramma Aimsun.

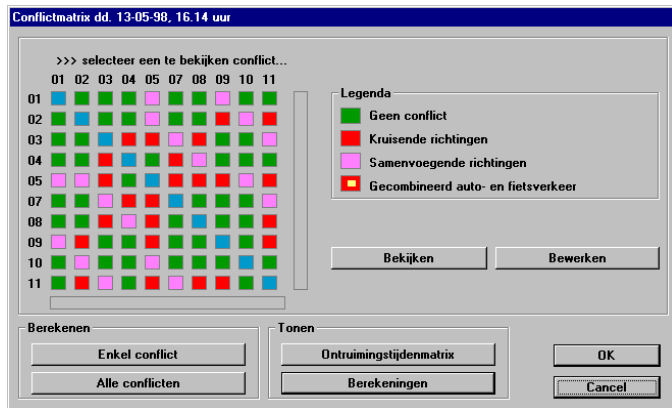
De AutoCad applicatie is zo opgezet dat er weinig kennis van AutoCad nodig is om er mee te kunnen werken. De applicatie is opgebouwd uit vier modules. Een module voor het registreren van de projectgegevens, een module voor het ingeven van de uitgangspunten (default instellingen), een module voor het intekenen van de rijlijnen en toekennen van kenmerken en een module voor het genereren van de ontruimingsmatrix. Deze vier modules zijn direct te benaderen vanuit een algemeen menu, welke een vast onderdeel is van het hoofdmenu van een module.

In de module projectgegevens kunnen de algemene gegevens van het desbetreffende project te worden ingevuld, zoals de projectnaam, opdrachtgever en boekingsnummer. Verder kan nog worden ingevuld welk onderdeel van het project het betreft, voor het geval dat het project uit meerdere kruispunten bestaat of wanneer er meerdere vormgevings-varianten worden doorgerekend van één kruispunt. Tenslotte is er nog plaats voor eventuele op- of aanmerkingen. De projectgegevens worden automatisch vermeld op de uitvoer files van de applicatie.



Figuur 5: Invoervelden MATRIX

In de module uitgangspunten kunnen alle default instellingen worden ingevoerd, ook kunnen instellingen vanuit een ander kruispunt worden ingelezen. Bij deze algemene gegevens staan enkele instellingen die direct betrekking hebben op de berekeningen, zoals de berekeningsmethode (classic of CVN), instellingen t.b.v. het afronden van de uitkomsten en een minimale ontruimingstijd tussen auto's en voetgangers.



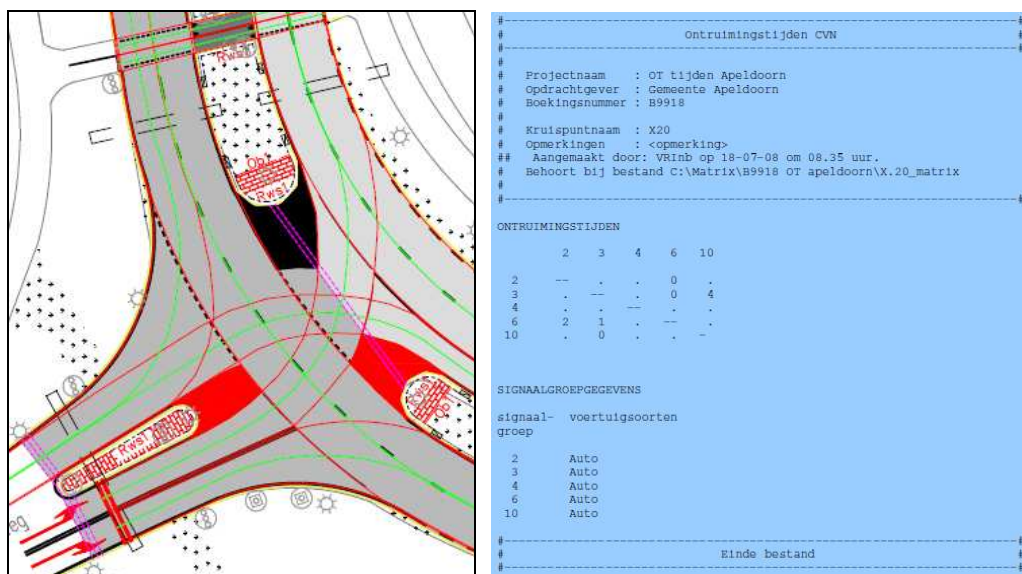
Figuur 6: Conflictmatrix MATRIX

In de module rijlijnen kan gekozen worden uit vier verschillende manieren om rijlijnen in te tekenen, namelijk rechtdoorgaand, afbuigend, S-boog en digitaliseren. Voor elke manier geldt dat de rijlijnen die worden ingevoerd dienen te beginnen bij de stopstreep. De rijlijnen worden automatisch ingetekend aan de hand van begin en eindpunt van het midden van de rijstrook. De rij- en sleeplijnen kunnen worden bewerkt volgens standaard AutoCad methoden (oppakken en slepen).

In de module matrix wordt aan de hand van de snijlijnen van de rijcurves de conflicten gegenereerd en de ontruimingstijden bepaald. Door middel van kleuren wordt aangegeven of beide richtingen een conflict hebben en wat voor conflict het is. Verder kan worden gekozen uit de volgende mogelijkheden:

- 1) bekijken en bewerken
- 2) berekenen (enkel conflict of alle conflicten)
- 3) tonen (ontruimingstijden of berekeningen)

Als uitvoer is er de beschikking over drie bestanden, 1 KruispuntX.con, 2 KruispuntX.cvn en 3 natuurlijk het Auto-cad bestand. In Kruispunt.cvn staat de uitvoer die overeenkomt met de uitvoer van COCON. Dit is gedaan omdat dit format direct ingelezen kan worden in de CCOL-generator. In KruispuntX.con staan voor alle conflicterende richtingen de ontruimingstijden en de afrijtijden en oprijtijden met bijbehorende parameters.



Figuur 7: Uitvoer MATRIX

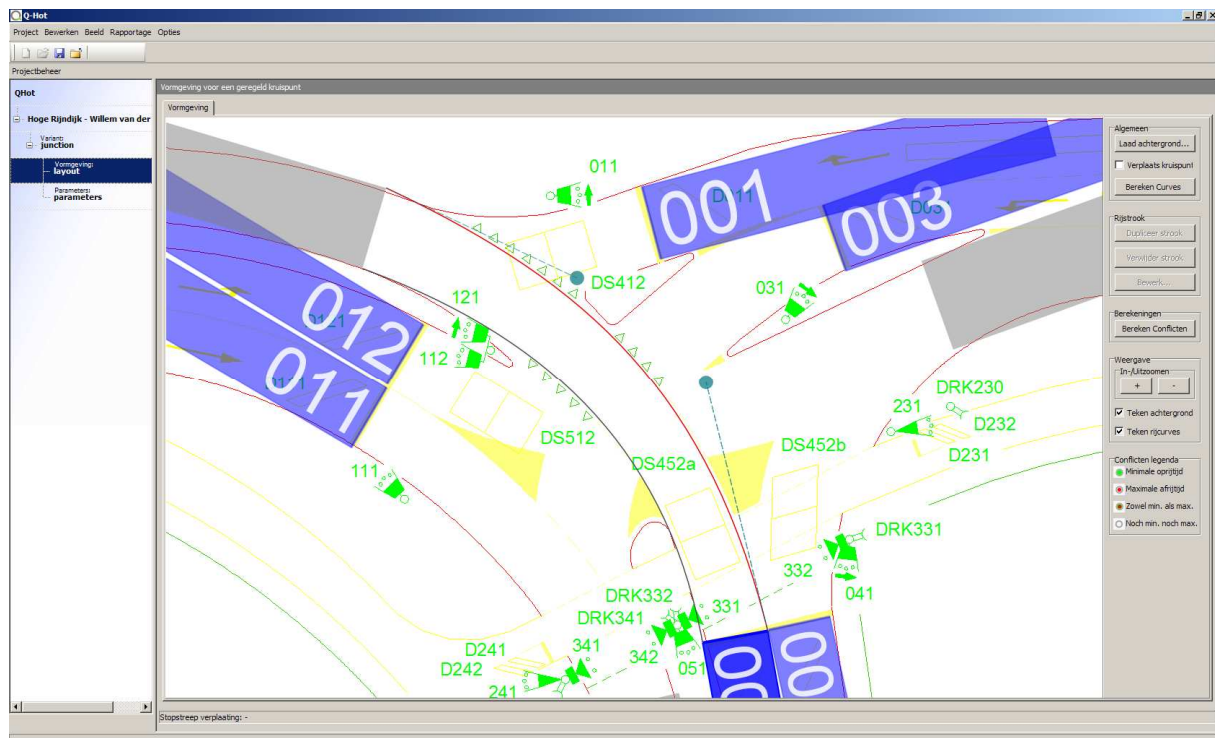
Q-HOT

De tool Q-HOT is een “Hulpmiddel voor het berekenen van OntruimingsTijden”. Er is bewust gekozen voor de term “hulpmiddel” om te benadrukken dat ook automatisch berekende ontruimingstijden moeten worden beoordeeld en indien nodig bijgesteld.

De geautomatiseerde methode is eenvoudig te gebruiken, nauwkeurig en geeft minder kans op meetfouten dan het handmatig opmeten. Een extra pluspunt wat bij Goudappel Coffeng tijdens de toepassingen is ervaren, is dat de automatische berekening snel is. Hierdoor is er voldoende tijd beschikbaar om de berekende ontruimingstijden uitgebreid te controleren. Indien gewenst kan, beargumenteerd, van de berekende tijden worden afgeweken of kunnen rijcurven eenvoudig worden aangepast.

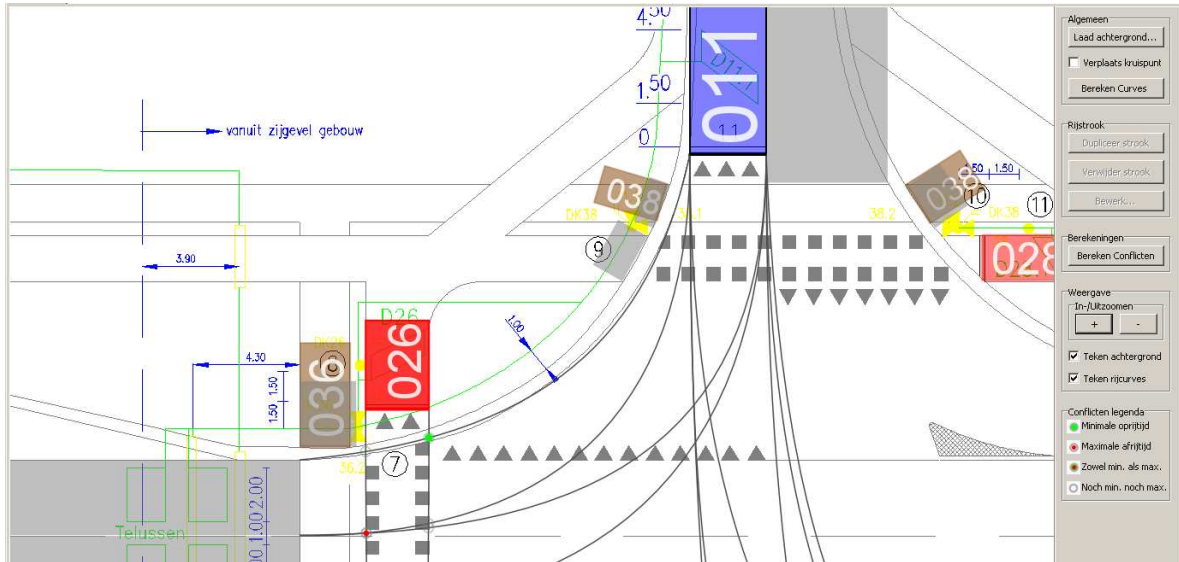
Q-HOT is een zelfstandig programma met –in hoofdlijnen- de volgende werking:

- Lees een COCON-uitvoerbestand (CSV-bestand) in voor de kruispuntdefinitie (optioneel).
- Stel van de richtlijn afwijkende of kruispuntspecifieke parameters in. Afwijkende parameters worden gemarkeerd weergegeven in de uitvoer.
- Stel de afrondingsmethode in. Q-HOT kent verschillende afrondingsmethodes – tiende, halve en hele seconden- voor zowel ontruimingstijden als garantie-ontruimingstijden.
- Lees de ondergrond in (nu AutoCad-, Microstation- of dxf-formaat. Er wordt nog gewerkt aan onder andere pdf- en jpg-formaat).
- Positioneer de stopstrepen van de verschillende rijstroken en de bijbehorende afvoerstroken op de juiste locatie.
- Bereken de rijcurves, dit is een automatisch proces waarbij curves worden gelegd tussen de stopstreep van een rijstrook en de bijbehorende afvoerstroken.
- Beoordeel de rijcurves en stel deze indien nodig eenvoudig bij met behulp van de gereedschappen die Q-HOT hiervoor heeft (zie figuur 8).

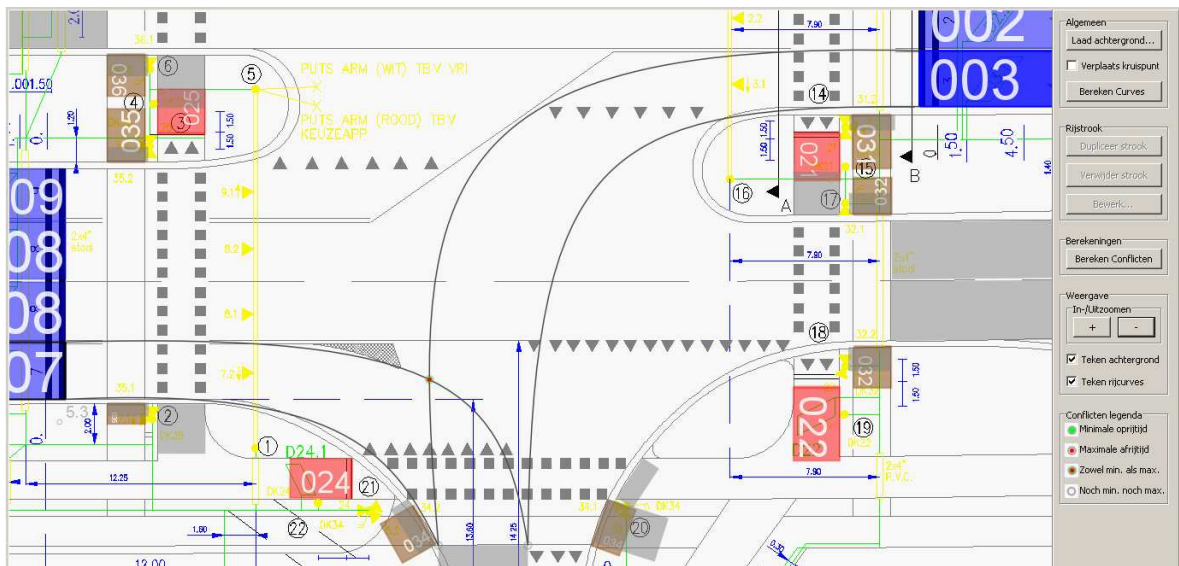


Figuur 8: Wijzigen berekende rijcurve (door te schuiven met de blauwe bolletjes)

- Bereken de conflicten en ontruimingstijden automatisch volgens de CROW-methode. Deze berekening vindt plaats in enkele seconden. De conflictpunten (niet maatgevend en maatgevend) worden op het scherm met verschillende kleuren aangegeven. Voorbeelden van een kruisend en een samenvoegend conflict met de bijbehorende conflictpunten is opgenomen in de figuren 9 en 10.



Figuur 9: kruisend conflict van 11 naar 26



Figuur 10: samenvoegend conflict van 03 naar 07

- Beoordeel vervolgens de ontruimingstijden en stel deze indien nodig handmatig bij. Handmatig gewijzigde ontruimingstijden worden gemarkeerd op het scherm en in de uitvoer weergegeven.
- Kies een uitvoerformaat. Beschikbare uitvoerformaten zijn een CSV-bestand voor export naar COCON, een uitgebreide en overzichtelijke rapportage met volledige verantwoording, de ontruimingstijden met opmaak volgens CCOL-formaat of ontruimingstijden met opmaak volgens RWS-C formaat.

4. Stellingen

1. De CROW richtlijnen geven duidelijk en eenduidig aan op welke wijze de ontruimingstijden moeten worden berekend.
2. Hoewel over de logica van sommige aannames en over de parameterkeuzes gediscussieerd kan worden, zien de auteurs geen reden om de systematiek van de berekening structureel te wijzigen.
3. Gezien wordt het belang om bij de berekening rekening te houden met de verkeerssoort voor signaalgroepen met gemengd verkeer.
4. Door de conflictpunten automatisch op te meten en te verwerken is het mogelijk de voorgestelde werkwijze op een veel efficiëntere en nauwkeuriger wijze uit te voeren dan met een handmatige aanpak, zowel bij nieuwe kruisingen als bij wijzigingen in bestaande kruisingen.
5. Door geautomatiseerde berekening is documentatie en reproduceerbaarheid beter gewaarborgd dan bij een handmatige aanpak.
6. Geleit wordt voor de extra functionaliteit in COCON om de uitkomsten van deze berekeningswijzen, inclusief berekende afstanden, automatisch te kunnen importeren.