Turborotondes

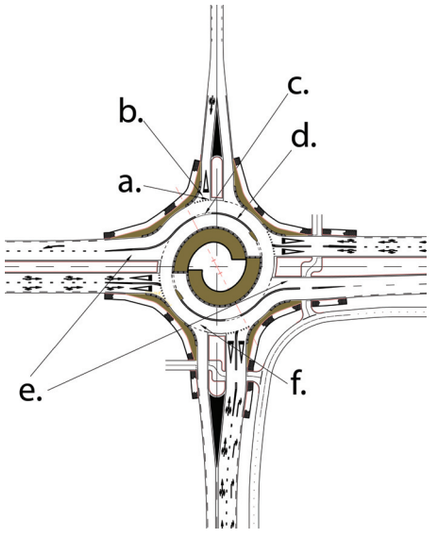
Op een gewone tweestrooksrotonde moet je opletten dat een andere weggebruiker je niet snijdt of schampt bij het gezamenlijk rondrijden of weer verlaten van de rotonde. Op zo'n rotonde kun je zelfs óp de rotonde nog beslissen om van rijstrook te wisselen. Door het brede asfaltvlak kun je tweestrooksrotondes vaak met hoge snelheid passeren; bij een kleine diameter kan deze snelheid oplopen tot wel 60 á 80 km/uur. Bij een eventueel ongeval is daardoor de afloop vaak ernstiger dan bij enkelstrooksrotondes waarover met een snelheid van maximaal 35 á 40 km/uur gereden kan worden.

In oktober 1996 vond ir. LGH Fortuijn een oplossing voor het probleem van snij- en weefconflicten en voor de hoge doorrijsnelheden op concentrische (=gewone) tweestrooksrotondes. Hij liet bepaalde delen van rijstroken op de tweestrooksrotonde weg die voor het verkeer niet echt noodzakelijk waren. Verder kromp de diameter van de binnenste rijstrook tot een vergelijkbare maat als die van een gangbare enkelstrooksrotonde. Aangevuld met overrijdbare bandjes om de rijstroken voor, op en na de rotonde te scheiden, leidde dit ontwerp tot een rotonde die een vergelijkbare tot zelfs grotere capaciteit heeft dan een tweestrooksrotonde maar dan zonder potentiële snij- en weefconflicten. Door de gekrompen diameter kan men zo'n rotonde alleen passeren met een rijsnelheid die ongeveer gelijk is aan die van een enkelstrooksrotonde. Ziedaar de "turborotonde" was geboren.

De eerste turborotonde in Nederland ligt er al weer 10 jaar en is opengesteld voor verkeer zonder daar noemenswaardige ruchtbaarheid aan te geven. Fortuijn en zijn medeontwerpers van de provincie Zuid-Holland zagen hoe de weggebruikers van de turborotonde gebruik maakten. Sindsdien is het basisontwerp bijgeschaafd en verfijnd. Feit is dat de turborotonde verkeersveiliger is dan een kruispunt met verkeerslichten en óók veiliger dan tweestrooksrotondes.

Daarnaast is de capaciteit van bepaalde typen turborotondes groter dan van tweestrooksrotondes. Ten opzichte van een kruispunt met verkeerslichten kent het verkeer op een turborotonde een veel kleinere verliestijd en feitelijk continue doorstroming. Het biedt een oplossing voor drukke kruispunten in gebiedsontsluitingswegen en bij aansluitingen op de autosnelwegen. Ook binnen de bebouwde kom worden turborotondes toegepast; inmiddels ongeveer een kwart van het totale aantal.

Begin 2009 liggen er ongeveer 80 turborotondes in Nederland en zelfs 1 op Aruba. Ook in België en Duitsland wordt over toepassing nagedacht.



AFBEELDING 1. VIER ESSENTIËLE (A T/M D) EN TWEE AANVULLENDE EISEN (E EN F) VOOR EEN TURBOROTONDE. ZIE RECHTS VOOR TOELICHTING AANDUIDINGEN.

Royal Haskoning Turborotondes.indd 14 3-3-2009 15:12:29

RICHTLIJNEN VOOR TURBOROTONDES

De realisatie van dit nieuwe type rotonde in Nederland is voor CROW aanleiding geweest om in april 2008 richtlijnen voor de afweging, het ontwerp én voorlichting uit te brengen [lit. 1]. Hierdoor wordt meer standaardisatie in de ontwerpen gebracht waardoor de weggebruiker beter snapt welk gedrag van hem verlangd wordt. Dit komt de verkeersveiligheid ten goede. Ten opzichte van de eerste ontwerpen zijn kleine aanpassingen doorgevoerd, die de verkeersveiligheid nog verder verbeteren. De meest opvallende aanpassing is de rechte hoek in het middeneiland bij de start van een nieuwe rijstrook. De tot nu toe gerealiseerde turborotondes kennen een ronde start van die rijstrook. In afbeelding 1 is deze rechte hoek aangeven. Probleem was de start van de binnenste strook van de rotonde, namelijk dat oprijdend verkeer visueel niet goed kon inschatten of het voertuig op de rotonde, waaraan voorrang verleend moet worden, de rijstrook zou vervolgen of op zou schuiven en de rijstrook met de ronde hoek in zou rijden. Deze onduidelijkheid wordt door de rechte hoek voorkomen.

WANNEER IS EEN ROTONDE EEN TURBOROTONDE?

Wanneer is een rotonde een turborotonde?
De eisen die gesteld worden om van een turborotonde te mogen spreken zijn verdeeld in vier essentiële eisen (a t/m d) en twee aanvullende eisen (e en f). Deze zijn in afbeelding 1 verder benoemd.

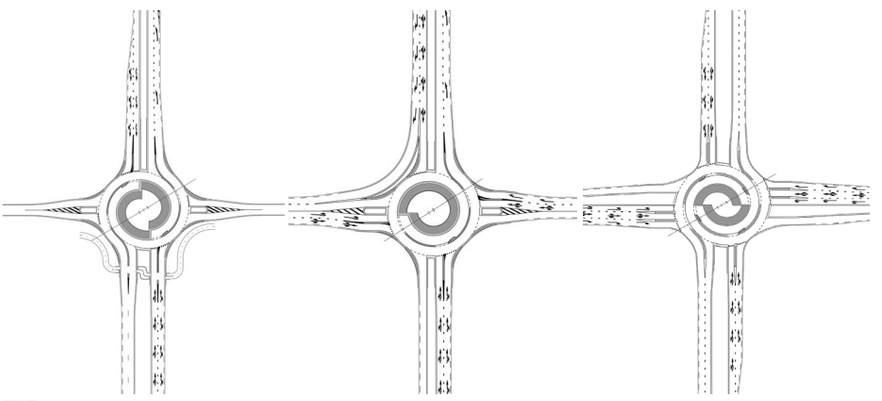
Hieronder een korte toelichting bij a. t/m f. uit afbeelding 1:
a: Indien verkeer op geen van de takken aan twee rotondestroken voorrang hoeft te verlenen is sprake van een enkelstrooks-rotonde of rotonde met bypasses. De twee rijstroken waaraan voorrang moet worden verleend zien er als één geheel uit, dus geen breed gedeelte ertussen waar een auto zou kunnen wachten.
b: Voorrang moeten verlenen aan verkeer op drie rijstroken is ingewikkeld en voor veel weggebruikers niet meer te overzien. Daarom worden bij dergelijke grote rotondes verkeerslichten geplaatst.
c: Het verhoogde bandje zorgt ervoor dat iedereen een eigen rijstrook heeft en niet meer wisselt op de rotonde. Snij- en weefconflicten zijn daardoor verleden tijd. Helaas is een rondje rijden op de turborotonde niet meer uit alle richtingen mogelijk.
d: Auto's worden geleidelijk via spiraalbelijning van binnen naar de buiten gebracht waardoor afsnijden van anderen niet meer kan voorkomen. De soepele rijlijn tussen de verhoogde bandjes leidt tot een maximum snelheid op de turborotonde van tussen 35 en 40 km/h.
e: Dubbele afrijstroken zijn nodig voor een hoge capaciteit. Soms kunnen ze vervallen omdat rechtdoorgaand verkeer beperkt is en is één afrijstrook voldoende. Voor de fietsers is dat gunstig omdat de oversteek wordt beperkt tot één rijstrook per keer en de beslissing over te steken wordt vereenvoudigd.
f: Bij elke tak moet de weggebruiker op de buitenste rijstrook kunnen kiezen om de turborotonde te verlaten of door te rijden. Verkeer op de binnenste rijstrook kan bij het volgende segment deze keuze maken.

IR L.G.H. FORTUIJN-ROTONDE TE REEUWIJK

Uit deze eisen blijkt dat de weggebruiker vóór de turborotonde de juiste rijstrook moet kiezen om rechtsaf, rechtdoor of linksaf te rijden. Dit noodzakelijke gedrag is gelijk aan kruispunten met verkeerslichten waar ook moet worden voorgesorteerd. Natuurlijk is er een groot verschil met enkelstrooks- of tweestrooksrotondes. Bij deze twee wordt de keuze pas op de rotonde gemaakt. Dit is voor verkeersdeelnemers bij turborotondes vaak even wennen.

KEUZEN, AFWEGING EN ONTWERPELEMENTEN

In de CROW-publicatie 'Turborotondes' wordt ingegaan op de aspecten voor een onderbouwde keuze van een kruispuntvorm. Bij de keuze voor een rotonde is bij de publicatie de meestrooksrotondeverkenner, ontwikkeld door Provincie Zuid-Holland, een handig hulpmiddel. Met deze spreadsheet wordt berekend welk type turborotonde het beste bij de intensiteitenverdeling op het kruispunt past. De turborotondes



AFBEELDING 2: EI-, KNIE, EN SPIRAALROTONDE.

Royal Haskoning Turborotondes.indd 15 3-3-2009 15:13:19

die worden doorgerekend zijn: de basis-, ei-, knie-, spiraal-, rotor- en sterrotonde; totaal 23 variaties. In afbeelding 2 zijn enkele hiervan opgenomen. De verschillen zitten in het aantal rijstroken vóór, op en na de turborotonde en of het kruispunt een viertaks of drietaks kruispunt is. Na de hoofdkeuze voor de vormgeving van de turborotonde moet afgewogen worden hoe de fietsers en bromfietsers de turborotonde passeren: ongelijkvloers, uit de voorrang of in de voorrang (alleen binnen de bebouwde kom). Hiermee wordt aangesloten op de richtlijnen voor enkelstrooksrotondes.

Vervolgens geeft de publicatie alle maatvoering en ontwerprichtlijnen om tot een juist ontwerp te komen. Hiertoe is op de meegeleverde CD een aantal AutoCAD-bestanden opgenomen waarmee de ontwerper een uniform basisontwerp kan maken. Dat is van belang om 'wildgroei' in ontwerpen te voorkomen en de weggebruiker niet te confronteren met veel verschillende ontwerpelementen. Uniformiteit in wegbeeld draagt namelijk bij aan een verkeersveiliger wegennet.
Na de opzet van een basisontwerp zal de ontwerper specifieke elementen moeten toevoegen: middeneiland, start binnenste rijstrook, de fiets- en bromfietspassage, de rammelstroken, de splitsing en samenvoeging van rijstroken, de rijstrookscheiding, rotondebermen en eventuele voorzieningen voor exceptioneel transport. Tot slot zal aandacht nodig zijn voor de belijning en pijlmarkering, voor de bewegwijzering, bebording en bebakening en uiteraard voor de verlichting.

INZOOMEND

Waarom is de turborotonde zo'n goede kruispuntoplossing, zowel qua verkeersafwikkeling als qua verkeersveiligheid? Hierna wordt op deze vraag ingegaan.

VERKEERSAFWIKKELING

Op kruispunten met verkeerslichten
De verkeersafwikkeling wordt bepaald door de capaciteit, de verzadigingsgraad en de wachttijden. Samen bepalen zij de mate van verkeersafwikkeling voor een kruispunt.

Dé capaciteit van een kruispunt, rotonde of wegvak verschilt naar gelang de omstandigheden verschillen: weersinvloeden, weggedrag, tijdstip van de dag, werkdag of weekenddag. Dit, gecombineerd met de rijsnelheden en volgafstand leidt tot een bepaalde capaciteit van een wegvak. Over één rijstrook op een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom kunnen bij gemiddelde omstandigheden 1500 á 1800 pae (PersonenAutoEquivalent) per uur rijden. Hierbij telt een auto voor 1 pae en een bus, lichte en zware vrachtauto voor 2 of 3 pae. Zo kan op wegvakken in gebiedsontsluitingswegen zonder verstoringen veel verkeer worden afgewikkeld. Problemen ontstaan vaak op de kruispunten. Daarvoor moet worden afgeremd, gestopt, gewacht en weer opgetrokken. Dit levert de weggebruiker tijdverlies op ten opzichte van een ongestoorde rit. Oplossing bij kruispunten ligt dan ook in het toevoegen van rijstroken en het verdelen naar tijd van de beschikbare capaciteit op een conflictpunt tussen de verschillende richtingen. Bij kruispunten met verkeerslichten worden linksaf- en rechtsaf vakken

OOK MET BEBAKENING EN VERLICHTING IS BIJ HET ONTWERP REKENING GEHOUDEN. HIER ZIE JE LED-BEBAKENING BIJ EEN ROTONDE NABIJ BOEKEN

toegevoegd en verdeeld de verkeersregelinstallatie de beschikbare capaciteit door elke richting een groentijd toe te kennen. Bij verkeerslichten ligt het totaal aantal conflictpunten tussen de autorichtingen op zo'n kruispunt al snel tussen 20 en 28. Over elk conflictpunt kan in 1 uur maximaal de wegvakcapaciteit (1500 á 1800 pae/h) worden afgewikkeld. Dit heeft als gevolg dat 1 richting maximaal een kwart tot eenderde van de capaciteit kan opeisen zodat in 1 uur tot ongeveer 600 pae per rijstrook kan worden afgewikkeld. De rest van de tijd staat het licht op rood. Meer rijstroken biedt oplossing voor richtingen met een hogere intensiteit. Een viertakskruispunt met verkeerslichten waarbij elke richting 1 rijstrook heeft (dus 12 rijstroken totaal) heeft een capaciteit van 3500 tot 4000 pae/h (alle richtingen samen). De capaciteit neemt toe als rijstroken worden toegevoegd.

De verzadigingsgraad bij verkeerslichten ligt maximaal bij 85 á 90% willen we nog van een goede verkeersafwikkeling spreken. Daarboven lopen de wachttijden door de langere roodtijden op en wordt de maximale wachttijd bepalend. Bij een lage intensiteit is de wachttijd het maatgevende criterium voor eventuele maatregelen. Bij een hoge intensiteit wordt de verzadigingsgraad maatgevend.

VERKEERSAFWIKKELING OP ROTONDES

De maximale capaciteit bij rotondes wordt bepaald door de conflictbelasting op punten waar het verkeer aan elkaar voorrang dient te verlenen. De capaciteit is maximaal als alle volgtijden optimaal zijn, de hiaattijden juist worden benut en onzekerheid van weggebruikers ontbreekt. In de praktijk ligt de gemeten capaciteit natuurlijk lager dan de theoretische omdat deze aspecten door de verschillende weggebruikers en weersomstandigheden niet worden 'gehaald'. De conflictbelasting wordt

Royal Haskoning Turborotondes.indd 16 3-3-2009 15:13:28

per toerit berekend en is de som van de intensiteiten op de toerit en het verkeer op de rotonde ter hoogte van de toerit. Voor enkelstrooksrotondes geldt een maximale conflictbelasting van 1500 pae/h. Voor tweestrooks-rotondes en turborotondes met dubbele toe- en afritten ligt deze waarde 40 tot 60% hoger, tussen 2100 en 2400 pae/h. Een enkelstrooksafrit kent een capaciteit van ongeveer 1500 pae/h en van een tweestrooksafrit 2500 pae/h. Deze waarden gelden bij zowel enkelstrooks- als tweestrooks- en turborotondes.

De totale capaciteit van een enkelstrooksrotonde is de som van de toeritintensiteit van alle takken samen. Deze is ongeveer 2000 voertuigen per uur. Hierbij speelt mee of de fietsers wel of niet in de voorrang meelopen. Een tweestrooksrotonde met dubbele toe- en afritten kan rond 3500 voertuigen per uur verwerken. De capaciteit van een (basis-)turborotonde ligt eveneens rond 3500 voertuigen per uur. Een spiraalrotonde kan tot wel 4000 á 4300 voertuigen per uur verwerken en een rotorrotonde tussen 4500 en 5000 voertuigen per uur.

Een rotonde functioneert goed tot een verzadigingsgraad van 80%. Tot dat percentage zijn de wachttijden beperkt tot enkele seconden omdat voertuigen in de wachtrij vóór de rotonde van lieverlee opschuifven. De gemiddelde wachttijd is vele malen kleiner dan bij verkeerslichten.

VERKEERSAFWIKKELING OP TURBOROTONDES

In tegenstelling tot verkeerslichten heeft een turborotonde (zie afbeelding 1) slechts 10 conflictpunten. De hoofdrijbaan heeft twee rijstroken voor het rechtdoorgaande verkeer vanwaar verkeer ook rechtsaf en linksaf kan slaan. Het oprijdende verkeer hoeft alleen aan verkeer van links (dat van de linkertak komt of linksafslaand verkeer uit de

DUIDELIJKE BEWEGWIJZERING IS VAN ESSENTIEEL BELANG

Verder is de verdeling van de intensiteit over beide rijstroken voor de totale capaciteit van belang. Indien iedereen op de rechterstrook blijft rijden en de linkerstrook niet wordt benut, daalt de capaciteit tot die van een enkelstrooks-rotonde. De verdeling linksafslaand – rechtdoor gaand - rechtafslaand verkeer over de beschikbare rijstroken is daarmee een extra factor die meespeelt bij een goede verkeersafwikkeling. Uit simulatieprogramma's blijkt doorgaans een verdeling 40% op de linkerstrook en 60% op de rechterstrook. Sturing kan worden gegeven door de toerit vóór de turborotonde te splitsen waarbij er óf links een rijstrook bijkomt óf rechts. Deze keuze wordt gemaakt op grond van de verdeling van de intensiteiten rechts-rechtdoor-links over beide rijstroken.

VERKEERSVEILIGHEID OP TURBOROTONDES

Effectmeting op kruispunten die zijn omgebouwd van een voorrangskruispunt of kruispunt met verkeerslichten tot een turborotonde met fietsers uit de voorrang, leert dat het aantal ongevallen met slachtoffers tot 70% afneemt. Dit resultaat komt vooral doordat ongevallen waarbij verkeer voorrang moet geven aan meerdere conflicterende richtingen (op voorrangs-kruispunten) en kop-staart botsingen en roodlichtnegatie (op kruispunten met verkeerslichten) bij turborotondes niet aan de orde zijn. Wel gebeuren op turborotondes 20 á 40% meer ongevallen dan op enkelstrooksrotondes. Dit komt doordat die maar 4 conflictpunten hebben waardoor de voorrangssituatie zeer eenvoudig is: slechts aan verkeer op 1 rijstrook van links behoefd voorrang verleend te worden.

De fietspassage is een apart onderwerp waarover uitgebreid gediscussieerd is en nog wordt gediscussieerd. De aanbeveling is om de fietsers ongelijkvloers te laten kruisen en als dat niet kan door ruimtegebrek of financiën hen uit de voorrang te houden. Dan speelt wel het probleem dat fietsers moeten inschatten of zij kunnen oprijden of dat een auto toch de rotonde verlaat. De kans bestaat bij tweestrooksafritten dat zij worden afgedekt waardoor de kans op een ongeval iets toeneemt. Binnen de bebouwde kom kan, onder voorwaarden, de fietser in de voorrang worden gezet. Daarbij is de vraag of het gemotoriseerde verkeer de fietsers voldoende opmerken omdat het verkeer toch op een complexer kruispunt rijden.

TOT SLOT

De turborotonde is een rotondevorm die uit meer dan één rijstrook bestaat en waarbij het verkeer vóór de rotonde de te volgen rijstrook kiest. Op de turborotonde hoeft niet meer van rijstrook te worden gewisseld zoals bij tweestrooksrotondes kan. Hierdoor draagt de turborotonde bij aan verbetering van de verkeersveiligheid. De capaciteit van een turborotonde ligt met 3500 tot 5000 voertuigen per uur gelijk of hoger dan van een tweestrooksrotonde of kruispunt met verkeerslichten.

De turborotonde is in Nederland een veilige kruispuntvorm met een hoge capaciteit die zich de afgelopen 10 jaar al op 80 locaties heeft bewezen. Ik durf te voorspellen dat eind 2010 in Nederland meer dan 100 turborotondes zijn gerealiseerd. U ook?

ING. DIRK DE BAAN
ROYAL HASKONING INFRASTRUCTUUR

Royal Haskoning Turborotondes.indd 17 3-3-2009 15:13:33