

Dienstorder MOW/AWV 2008/16

Verspreiding: \*

uw kenmerk	ons kenmerk	bijlagen
		1
vragen naar / e-mail	telefoonnummer	datum
ir. Armand Rouffaert armand.rouffaert@mow.vlaanderen.be	02 553 78 01	

Betreft: Het ontwerpen en signaleren van bochten



Trefwoorden: bochten - bochtstraal - signalisatie - bebakening

## I. Ontwerpen van bochten

### A. Algemeen

Elke weg dient in zijn geheel voor een bepaalde ontwerpsnelheid ontworpen te worden.

Deze ontwerpsnelheid moet gelijk of wat hoger zijn dan de daar wettelijk toegelaten snelheid omdat een aantal weggebruikers wellicht harder rijden dan wettelijk is toegelaten. Dit laatste dient niet noodzakelijk zware gevolgen te hebben op het gebied van de veiligheid (= "forgiving road" of de "vergevingsgezinde weg").

Zeker voor een bestaande weg mag men er in een aantal gevallen van uitgaan dat de werkelijk gereden snelheid plaatselijk hoger zal zijn dan de wettelijk toegelaten snelheid. Het feit of dit zich al of niet voordoet, hangt vooral af van het wegbeeld. Na enkele opeenvolgende bochten zal de weggebruiker trager de volgende bocht ingaan. Dit is zeker het geval als de aanzet en mogelijk het verloop van de bocht van op enige afstand goed zichtbaar zijn.

Wanneer wij in een bocht rijden, ondervinden wij een middelpuntvliedende kracht die afhankelijk is van de effectief gereden snelheid ( $V$ , in km/h), de bochtstraal van de weg op die plaats ( $R$ , in m) en zijn dwarshelling ( $i$ ), volgens de formule:

$$K = m \left( \frac{V^2}{12,96R} - g \cdot i \right)$$

waarin  $m$  de massa van het voertuig is en  $g$  de versnelling van de zwaartekracht ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Onder invloed van deze middelpuntvliedende kracht kan het voertuig slechts in de bocht blijven dankzij de dwarswrijving ( $f$ ) tussen de banden en het wegdek.

---

\*: type 4

Vermits de wrijvingskracht minstens gelijk moet zijn aan de middelpuntvliedende kracht is:

$$m \left( \frac{V^2}{12,96R} - g \cdot i \right) = f \cdot m \cdot g \quad \text{of} \quad R = \frac{V^2}{127(f+i)} \quad \text{of} \quad V = 11,3 \sqrt{R \cdot (f+i)}$$

In theorie mag men voor f (coëfficiënt van dwarswrijving) de waarde 0,45 nemen, zijnde de normaal vereiste dwarswrijving van een kale band op een vochtig wegdek. Er zijn echter meerdere redenen om hiervoor een lagere waarde te nemen:

- wanneer men in een bocht fors optrekt, maar vooral als men remt, beschikt men over minder wrijvingskracht in dwarsrichting;
- het feit dat occasioneel of plaatselijk deze wrijvingscoëfficiënt effectief lager kan zijn;
- het comfort van de weggebruikers dat te erg vermindert bij een hoog aangenomen wrijvingscoëfficiënt, een hoge snelheid en dus ook een grote middelpuntvliedende kracht.

Veelal neemt men voor f een waarde tussen 0,10 en 0,20. Om redenen van comfort neemt men in de praktijk veelal een f-waarde die kleiner is bij hogere toegelaten snelheden.

De vereiste afgeronde stralen van een bocht, in functie van de effectief gereden snelheden en de eventuele verkanting worden dan:

Ontwerp-snelheid	Max. toegelaten snelheid	f	Normale dwarshelling (= - 0,025)	2,5 % verkanting (= + 0,025)
40 km/h	30 km/h	0,175	85 m	65 m
60 km/h	50 km/h	0,16	210 m	155 m
80 km/h	70 km/h	0,145	420 m	300 m
100 km/h	90 km/h	0,13	750 m	510 m
120 km/h	110 km/h	0,115	1260 m	810 m
140 km/h	120 km/h	0,10	2060 m	1240 m

## B. Wijziging van de bochtstraal

Wanneer de bochtstraal plots wijzigt (bvb. bij de overgang van een rechtlijnig gedeelte naar een cirkelvormige bocht), is dit nadelig voor het comfort van de inzittenden. Voormeld nadeel kan vermeden worden door een overgangsboog in te bouwen die de weggebruiker toelaat zijn rijsnelheid geleidelijk aan te passen. Dit zorgt voor een geleidelijke variatie van de middelpuntvliedende kracht.

Wanneer het wegbeeld de aanzet van de bocht en mogelijk het verloop ervan duidelijk aankondigt, zal de overgang van het rechtlijnige gedeelte naar de bocht, in de regel zonder noemenswaardige problemen verlopen.

Indien echter de bochtstraal in de bocht zelf plots wijzigt, dan zal dat de weggebruiker vaak verrassen, zeker wanneer de bochtstraal plots verkleint in de betrokken rijrichting. Daarom is bij een wijziging van de bochtstraal in de bocht zelf, steeds een gepaste overgangsboog aangewezen.

## **II. Signaleren van bochten**

### **A. Geïsoleerde bocht**

Een geïsoleerde bocht is één bocht na een lange, nagenoeg rechte lijn of op grotere afstand van de vorige bocht of de eerste van een reeks bochten.

De weggebruiker zal zelf inschatten met welke snelheid hij deze bocht neemt.

Deze inschatting is afhankelijk van een hele reeks factoren: van op welke afstand is de aanzet van de bocht duidelijk zichtbaar in het wegbeeld; is het verloop van de bocht (inbegrepen de bochtstraal en de lengte van de bocht) vooraf zichtbaar; de ervaring van de weggebruiker in het algemeen en op dat wegvak of vergelijkbare wegvakken in het bijzonder;...

Art. 7.1. van het Reglement van de Wegbeheerder bepaalt dat slechts die bochten mogen gesignaleerd worden, die onverwachts opduiken of die met een gevoelige snelheidsvermindering moeten genomen worden.

Zeker bij een onoverzichtelijke en scherpe bocht waarvan het begin ook minder duidelijk zichtbaar is in het wegbeeld, is de kans groter dat de weggebruiker deze bocht te snel nadert.

Het opleggen van een algemene snelheidsbeperking is ook niet altijd een oplossing omdat de aangegeven snelheid wellicht niet aangepast is voor alle omstandigheden en voor alle soorten voertuigen.

Uit het oogpunt van verkeersveiligheid is het niet wenselijk om bij het begin van een bocht nog gevoelig af te remmen. De aangewezen oplossing zal erin bestaan om het begin van de bocht van op grotere afstand zichtbaar te maken en liefst op een zodanige manier dat de weggebruiker (intuïtief) een indruk krijgt van de "scherpte" van de bocht (bochtstraal, eventueel in combinatie met de lengte van de bocht).

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- niet-autosnelwegen, waar er in de regel meer bochten met beperkte bochtstralen voorkomen;
- autosnelwegen waar de geometrische kenmerken over het algemeen voldoende ruim zijn voor de toegelaten snelheid van 120 km/h maar waar de verkeersknooppunten en de uitritten risicoplaatsen kunnen vormen.

#### A.1. Signaleren van geïsoleerde bochten op niet-autosnelwegen

De snelheid  $V_{85}$  wordt gemeten op een afstand die overeenkomt met de rijtijd van 3 seconden aan de wettelijk toegelaten snelheid tot het begin van de bocht.

Deze  $V_{85}$  wordt genomen voor die periode(s) van de dag waarop de weggebruiker zijn snelheid grotendeels zelf kan bepalen omdat er maar een beperkte hoeveelheid verkeer is.

De 3 seconden komen overeen met de volgende afgeronde afstanden tot het begin van de bocht, in functie van de toegelaten snelheid:

- 50 km/h: 40 m;
- 70 km/h: 60 m;
- 90 km/h: 75 m;
- 120 km/h: 100 m.

Deze  $V_{85}$  wordt vergeleken met de veilige rijksnelheid op de meest ongunstige plaats van de bocht.

De veilige rijksnelheid, in km/h, wordt afgeleid uit de meest ongunstige combinatie in die bocht van bochtstraal  $R$  (in m) en de dwarshelling in 2,5 % verkanting (= + 0,025) en 2,5 % normale dwarshelling in de buitenzijde van de bocht (= - 0,025), met de formule:

$$V_v = 11,3 \sqrt{R(0,20+i)}$$

Bochtstraal $R$ (m)	Pijl/koorde	Veilig geachte rijksnelheid (km/h) bij:	
		Normale dwarshelling 2,5 % (= - 0,025)	Verkanting van 2,5 % (= + 0,025)
100	3,20 m/50 m	47	54
150	2,10 m/50 m	58	66
200	1,60 m/50 m	67	76
300	1,05 m/50 m	82	93
400	0,8 m/50 m	95	107

In functie van het verschil  $V_{85}$  op 3 seconden en  $V_v$  wordt het begin van de bocht als volgt gesignaleerd of bebakend:

$V_{85} - V_v \geq 10$  km/h: volgens niveau 1;

$V_{85} - V_v$  10 tot 20 km/h: volgens niveau 2;

$V_{85} - V_v$  20 tot 30 km/h: volgens niveau 3;

$V_{85} - V_v \geq 30$  km/h: volgens niveau 4.

#### A.2. Verkeersknooppunten en uitritten van autosnelwegen

De methode voor de niet-autosnelwegen is hier moeilijk toepasbaar omdat op die plaatsen de weggebruiker minder reageert op het wegbeeld (dat grotendeels overal gelijk is en dat dient gecombineerd te worden met de aandacht tijdens het uitvoegen van de hoofdweg) maar meer op het normale verwachtingspatroon.

Daarom wordt voorgesteld om uit te gaan van de (minimum) bochtstralen, bij het begin van de uitrit of over de tak van het verkeersknooppunt, gecombineerd met de mate van overzichtelijkheid van de tak of de uitrit.

Dit resulteert in de volgende combinaties:

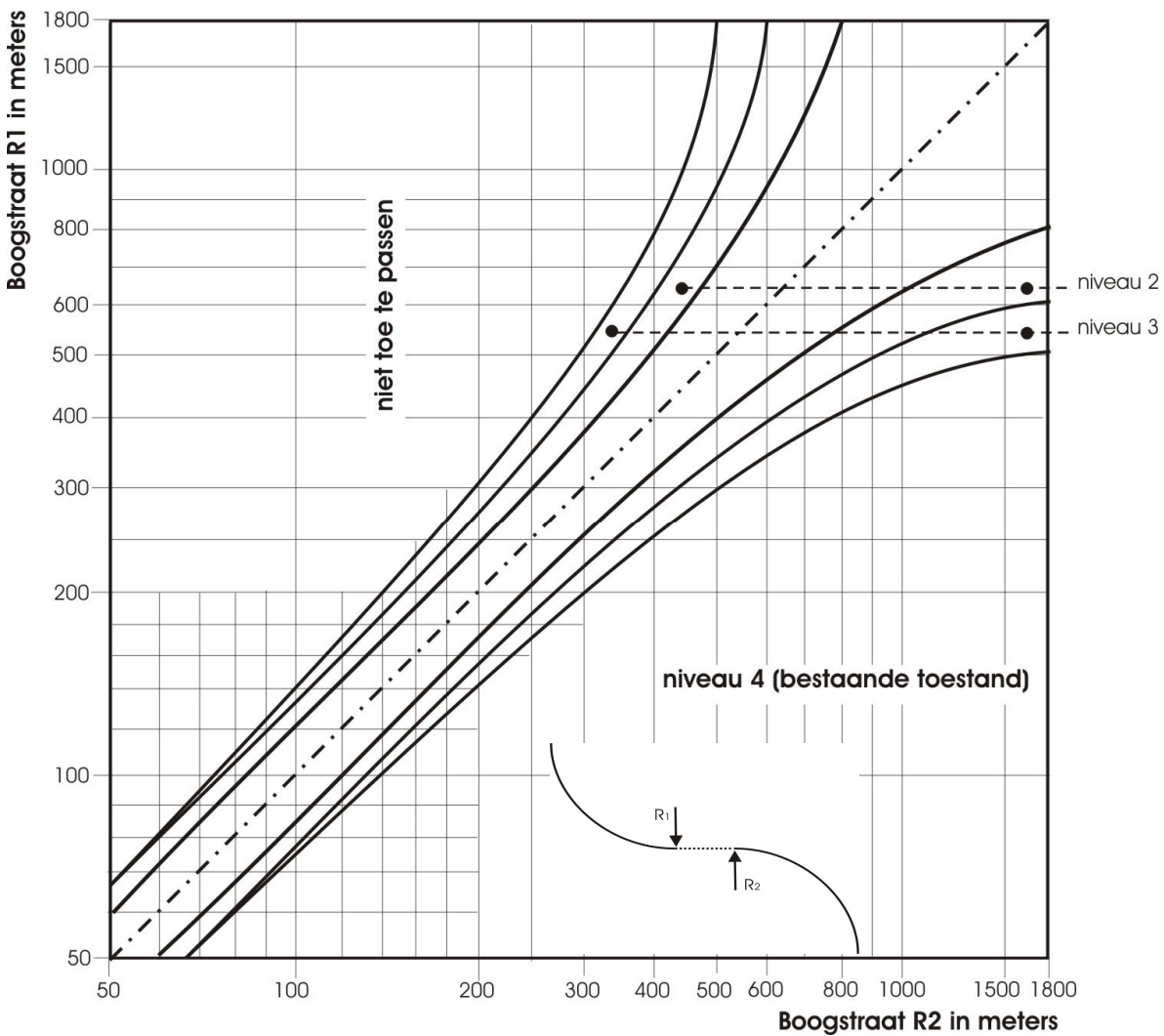
- de bochtstraal van de tak van het verkeersknooppunt is kleiner dan 100 m of de bochtstraal van de uitrit is kleiner dan 40 m en nagenoeg de volledige tak van het verkeersknooppunt of de uitrit zijn zowel overdag als 's avonds en 's nachts zichtbaar vanaf het begin ervan: volgens niveau 3;
- idem als het vorige maar de tak van het verkeersknooppunt of de uitrit zijn (eventueel gedurende een gedeelte van de dag) slechts zeer gedeeltelijk zichtbaar vanaf het begin ervan: volgens niveau 4.

#### B. Opeenvolging van bochten

Vóór de eerste bocht wordt het verkeersbord A1 (dubbele bocht of opeenvolging van meer dan twee bochten, de eerste naar links/rechts) geplaatst met een onderbord type II met vermelding van de lengte waarover de reeks bochten zich uitstrekt.

Wanneer wij op een bochtige weg rijden met bochten die allemaal een vergelijkbare bochtstraal hebben, dan zullen wij met dergelijke afwisselende linkse en rechtse bochten geen probleem hebben, zeker niet na een paar bochten. Wij passen onze rijsnelheid en rijstijl spontaan aan. Het kan zelfs afwisselend en aangenaam overkomen. Sommigen geven zelfs een richtwaarde voor de gewenste maximale lengte van het rechtlijnig gedeelte ( $l$  in m) tussen 2 opeenvolgende niet-gelijkgerichte bochten, bijvoorbeeld  $l = 20 \times V$ , waarbij  $V$  de ontwerpsnelheid is in km/h.<sup>(1)</sup>

Wanneer er na een reeks gelijkaardige bochten echter plots onverwacht een heel wat scherpere bocht opduikt, dan is er veel kans dat die bocht wel problemen geeft. Daarom wordt onderstaand schema gebruikt dat aangeeft welke kleinere bochtstraal in de praktijk welke maatregelen vereisen in functie van de bochtstraal van de vorige bocht, en dit bij een opeenvolging van linkse en rechtse bochten.<sup>(2)</sup>



<sup>(1)</sup> CROW: Handboek wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom; stroomwegen.

<sup>(2)</sup> Dit schema is gebaseerd op voorschriften van Rijkswaterstaat en PIARC.

Voorbeeld:

De eerste bocht van een reeks bochten heeft een bochtstraal R1 van 400 m (bijvoorbeeld naar rechts) en de volgende bocht (naar links) heeft een bochtstraal R2 van

- minder dan 600 m of
- meer dan 275 m.

Dan wordt best een signalisatie van niveau 2 voorzien, in de rijrichting van de grotere naar de kleinere bochtstraal.

Deze figuur is slechts toepasselijk voor zover de straal van de eerste bocht (R1) zodanig is dat de normaal hoogst gereden snelheid er kleiner is dan de daar toegelaten snelheid. Zo niet neemt men er niet de werkelijke bochtstraal R1, maar een kleinere fictieve straal die wordt

berekend met de formule 
$$R_1 = \frac{V_{toegel}^2}{127(0,6+i)}$$

Het begrip "opeenvolgende bochten" is hierbij niet wiskundig bepaald, maar is eerder een feitenkwestie.

Wanneer de afstand tussen 2 opeenvolgende bochten gevoelig groter wordt, zal de weggebruiker de neiging hebben om tussen de 2 bochten op te trekken, waardoor de snelheid waarmee hij de volgende bocht nadert niet meer dezelfde is als deze waarmee hij de vorige bocht heeft verlaten.

## **B. Te voorziene signalisatie en/of bebakening voor de verschillende (risico)niveaus**

De signalisatie en zeker de bebakening moeten het begin van de bocht van op een afstand zichtbaar maken voor de weggebruiker die niet in druk verkeer rijdt (zo niet wordt zijn snelheid bepaald door de rest van het verkeer).

Niveau 1: Verkeersteken A1, op 150 m vóór het begin van de bocht. Indien omwille van plaatselijke omstandigheden deze inplanting op 150 m niet mogelijk is, wordt dit verkeersteken liefst op een grotere afstand ingeplant en wordt er een onderbord type Ia voorzien met daarop de werkelijke afstand in meter tot het begin van de bocht. Dit verkeersteken A1 wordt in de regel bij elk niveau gebruikt.

Niveau 2: Reflectorpaaltjes of reflectoren op een andere drager met een beperkte tussenafstand volgens het schema in bijlage.

Niveau 3: Als gevaarlijke obstakels of ander verkeer of mensen dienen afgeschermd te worden dan moeten er passende afschermingsconstructies (vangrails) aangebracht worden. Bijkomend worden in het eerste gedeelte van de bocht één of een paar samengestelde visgraten voorzien.

Niveau 4: Er worden in het eerste gedeelte van de bocht enkelvoudige bochtschilden geplaatst met afmetingen, inplantingsplaatsen en tussenafstanden volgens het schema in bijlage.

In uitzonderlijke gevallen zoals bij grote ongevalsconcentraties of bij het begin van een bocht die vooraf zeer slecht zichtbaar is, kan het wenselijk zijn om (bijkomend) ook nog de volgende maatregel te nemen zoals het opleggen van een snelheidsbeperking vóór de bocht. Deze beperking dient voldoende vooraf opgelegd te worden (in elk geval vóór het bord A1) en de snelheid moet beperkt worden tot deze die nodig is om in normale omstandigheden met een courant voertuig veilig de bocht te nemen. In sommige omstandigheden zullen een aantal voertuigen vóór de bocht nog extra moeten (kunnen) afremmen om de bocht veilig te kunnen nemen.

ir. Chris Caestecker  
Administrateur-generaal