

GEOMETRISCH WEGONTWERP

- Inleiding
- Hoofdprincipes
- Capaciteit + intensiteit
- Duurzaam veilig
- Gedrag bestuurders

INLEIDING

- Ontwerper vs gebruiker
- - Verkeersfunctie van de weg
 - Veiligheid van de weg
 - Fysieke verschijnselen voertuig
 - Gedrag bestuurder
- Schema (volgende sheet)
- Voorbeeld A4 Kruithuisweg

HOOFDPRINCIPES

- Schaalniveau
 - Europees
 - Nationaal
 - Regionaal
 - Stedelijk
 - Wijk
- Stroomfunctie vs ontsluitingsfunctie
- Wegcategorieën
- Schema tabel 2.1 (Volgende sheet)

Hoofd Categorie	Benaming	Cate- gorie	Ontwerp- snelheid [km/h]	Dwarsprofiel [aantal banen]	Functie
A	autosnel- weg	I	120	2	Hoogste
	stadauto- snelweg	II	90	2	Hoogste
B	autoweg	III	100	1	Hoogste/Middelste
		IV	100	2	Middelste
C	weg met gesloten- verklaring*)	V	80	1	Middelste/Laagste
		VI	60	1	Middelste/Laagste
D	weg voor alle verkeer	VII	<60	1	Laagste
		VIII		1	Laagste

TABEL 2.1 CATEGORIE-INDELING VOOR WEGEN BUITEN DE BEBOUWDE KOM [BRON: RONA-BASISCRITERIA 1992]

*) weg met geheel of gedeeltelijk geslotenverklaring voor langzaam verkeer (in ieder geval voor fietsers en bromfietzers)

DUURZAAM VEILIG

- Drie bouwstenen
 - Infrastructuur
 - Voertuigen
 - Verkeersdeelnemers
- Doelstellingen

DOELSTELLINGEN

Om deze doelstellingen te bereiken zijn de volgende eisen geformuleerd:

- realisering van zo groot mogelijke aaneengesloten verblijfsgebieden
- minimaal deel van de rit over relatief onveilige wegen
- ritten zo kort mogelijk maken
- kortste en veiligste route laten samenvallen
- zoekgedrag vermijden
- wegcategorieën herkenbaar maken
- aantal verkeersoplossingen uniformeren
- conflicten vermijden met tegemoetkomend, kruisend en overstekend verkeer
- scheiden van voertuigsoorten
- reduceren van de snelheid op potentiële conflictpunten
- vermijden van obstakels langs de weg.

VEILIGHEIDSPRINCIPES

- Functionaliteit
- Homogeniteit
- Voorspelbaar gedrag
- (fysieke) Vergevingsgezindheid
- Statusonderkenning

wegcategorie	verkeersfunctie wegvak	kruispunt
stroomweg	stromen	stromen
gebiedsontsluitingsweg	stromen	uitwisselen
erftoegangsweg	uitwisselen	uitwisselen

TABEL 2.4: CATEGORIE-INDELING DUURZAAM VEILIG VERKEER

erftoegangsweg	ontsluitingsweg	stroomweg	
<i>kruispunt of T-splitsing</i>	<i>uitrit-constructie</i>	<i>mag niet voorkomen</i>	erftoegangsweg
	<i>mini-rotonde</i>	<i>rotonde</i>	ontsluitingsweg
		<i>ongelijkvloers</i>	stroomwegweg

TABEL 2.5: VORMEN VAN AANSLUITINGEN TUSSEN WEGEN PER TYPE

wegtypen	maximum-snelheid [km/h]	kenmerken
nationale stroomweg	120	autosnelweg (valt buiten het Handboek)
regionale stroomweg	100	autoweg, vluchtvoorzieningen, niet overschrijdbare rijrichtingscheiding, ongelijkvloerse kruisingen
gebiedsontsluitingsweg I	80	2x2 rijstroken, rijbaanscheiding, gelijkvloerse kruisingen, onderbroken langsmarkering
gebiedsontsluitingsweg II	80	2x1 rijstrook, rijbaanscheiding, gelijkvloerse kruisingen, onderbroken langsmarkering
erftoegangsweg I	60	1 rijloper, kantmarkering
erftoegangsweg II	60	1 rijloper, geen markering, fiets op de rijbaan

TABEL 2.6: WEGTYPEN BINNEN DE DUURZAAM VEILIG WEGCATEGORIEËN

GEDRAG BESTUURDER

- Rijzicht
- Stopzicht
- Wegkant gebonden informatie

V_{ontw} [km/h]	Rijzicht [m]
120	165
100	135
80	105
50	45

TABEL 2.7: RIJZICHTAFSTANDEN VOOR VERSCHILLENDE SNELHEIDSKLASSEN

Uitgangspunten:

- net niet geblokkeerde wielen bij nat wegdek;
- afnemende perceptie-reactietijd bij lagere ontwerpsnelheden in verband met hoger attentieniveau;
- remweg baseren op de formule:

$$L_{rem} = \left(prt * \frac{v_{ontw}}{3,6} \right) + \left(\left(\frac{v_{ontw}}{3,6} \right)^2 * \frac{1}{2g(f_{lg} \pm 0,01i)} \right) \quad (2.1)$$

waarin:

L_{rem}	:	remweg [m];
prt	:	perceptie-reactietijd [s];
v_{ontw}	:	ontwerpsnelheid [km/h];
g	:	versnelling van de zwaartekracht [9,81 m/s ²];
f_{lg}	:	gemiddelde langswrijvingscoëfficiënt, behorend bij een gekozen v_{ontw} ;
i	:	langshelling [%], bij stijging positief; bij daling negatief.

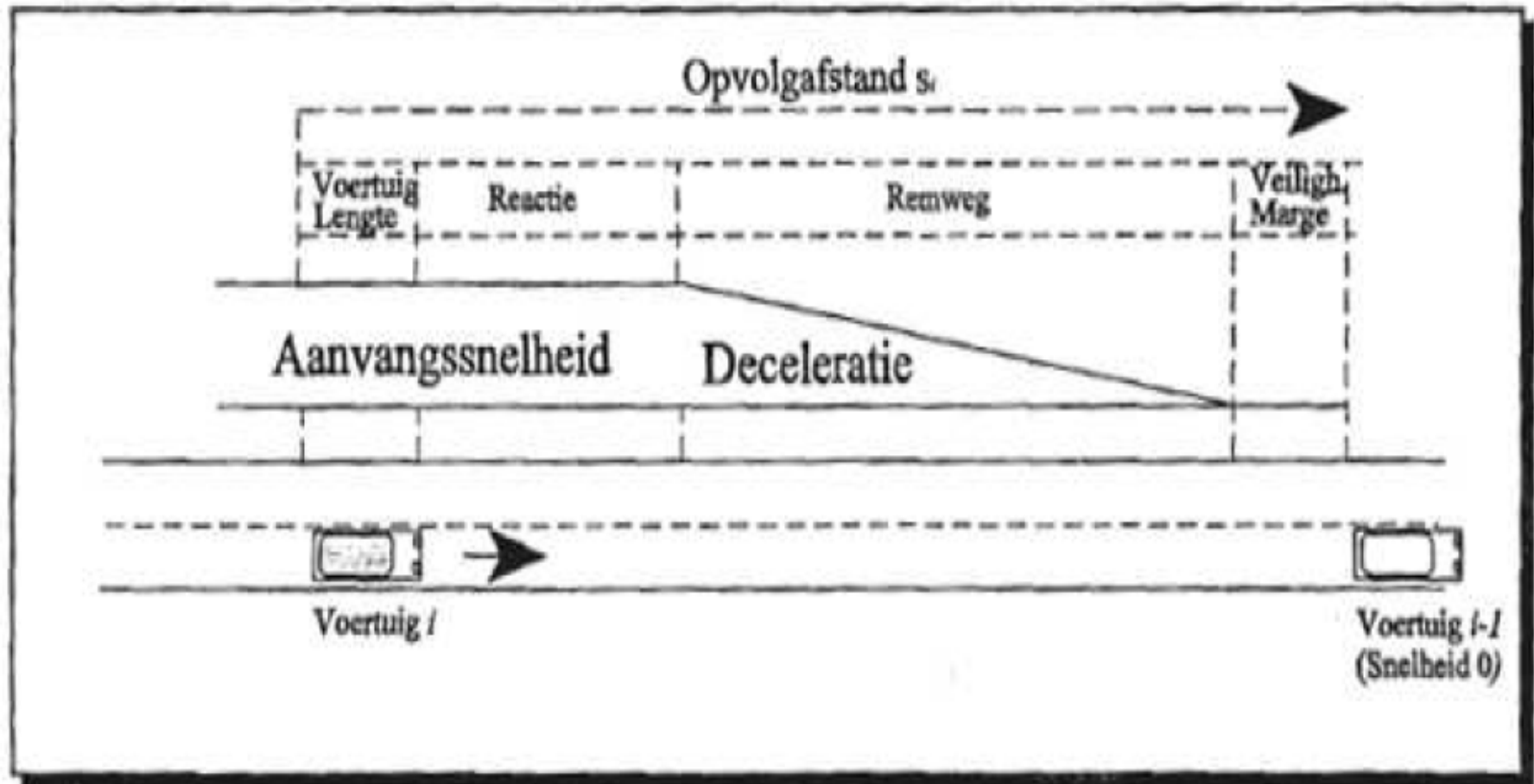
De toe te passen f_{lg} -waarden zijn:

V_{ontw} [km/h]	f_{lg}
120	0,32
100	0,36
80	0,41
50	0,48

TABEL 2.8: TOE TE PASSEN f_{lg} -WAARDEN

Snelheid	Perceptie-ractietijd		Remweg		Totale stopzichtafstand
v_{ontw} [km/h]	[s]	[m]	[s]	[m]	[m]
120	2,5	83	11	177	260
100	2.25	63	8	107	170
80	2	44	6	61	105
50	1,5	20	3	20	20

TABEL 2.9: TIJDEN EN ZICHTAFSTANDEN BIJ STILSTAANDE FILE (HELLING = 0%)



FIGUUR 2.3: COMPONENTEN VAN DE COMPLETE REMMANOEUVRE [BRON: LEUTZBACH, 1988]

Figuur 2.3 toont de componenten van de remmanoeuvre van de volger. Voor de minimaal benodigde bruto opvolgafstand s van de volger geldt:

$$s + \frac{v^2}{2\alpha a} = L_{vtg} + v\tau + \frac{v^2}{2a} + L_m \quad (2.2)$$

of in woorden:

bruto opvolgafstand + remweg leider = lengte vtg volger + reactie 'afstand' + remweg volger + marge

Stel $L_{vtg} + L_m = s_0$ dan geldt:

$$s = s_0 + v\tau + \frac{v^2}{2a} \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) \quad (2.3)$$

In de formules 2.2 en 2.3 komen voor:

- s : minimaal benodigde opvolgafstand [m]
- v : snelheid van de volger [m/s]
- a : remvertraging van de volger [m/s²]
- L_{vtg} : voertuiglengte [m]
- t : reactietijd van de volger [s]
- α : remvermogen leider als fractie van remvermogen volger
- L_m : marge bij stilstand [m]

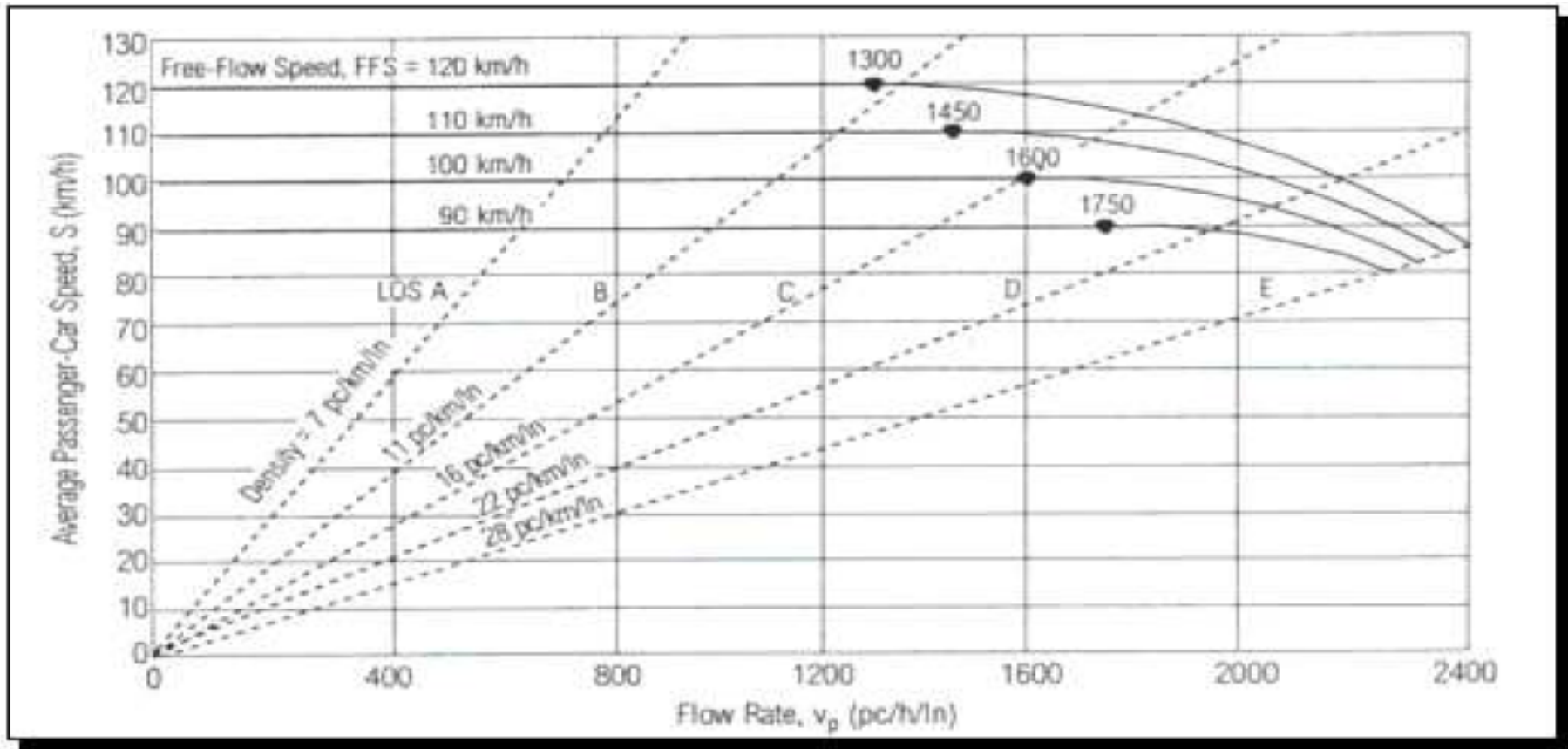
CAPACITEIT vs INTENSITEIT

- Intensiteit (werkelijk)
- Rate of flow (rekeneenheid)
- Tabel 2.2 (Volgende sheet)
- Spitsuurfactor (PHF)
- Maximale intensiteit afhankelijk van omstandigheden
- Capaciteit $\approx$ rate of flow per uur

Tijdsperiode	Intensiteit (vtg/15 min)	Rate of flow (vtg/h)
7.00 – 7.15 h	1.000	4.000
7.15 – 7.30 h	1.200	4.800
7.30 – 7.45 h	1.100	4.400
7.45 – 8.00 h	1.000	4.000
7.00 – 8.00 h	4.300 vtg/h	

TABEL 2.2: INTENSITEIT EN RATE OF FLOW IN EEN SPITSUUR

AFWIKKELINGSNIVEAU



FIGUUR 2.2: AFWIKKELINGSNIVEAUS A T/M F

ONTWERP AANTAL RIJSTROKEN

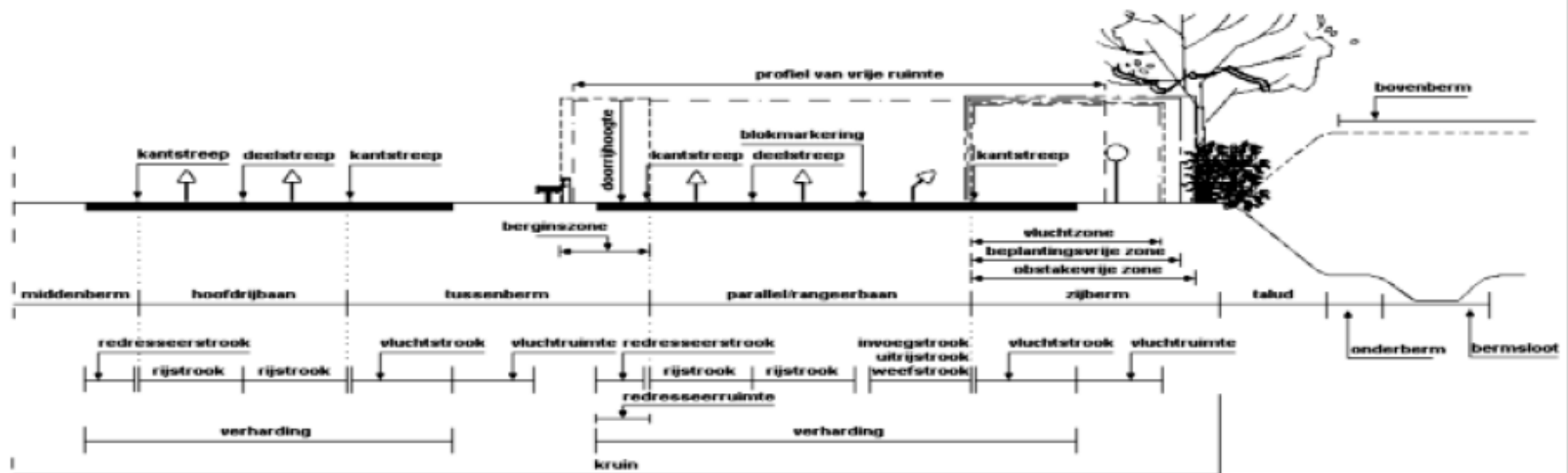
- Vaststellen afwikkelingsniveau
- Rekening houden met specifiek vraag en aanbod
- Toepassen ervaringscijfers
- Toepassen ontwerprichtlijnen $ROA + RONO \rightarrow NOA +$
Handboek wegontwerp
- Meten is weten!
- Tabel 2.3

GEOMETRISCH WEGONTWERP II

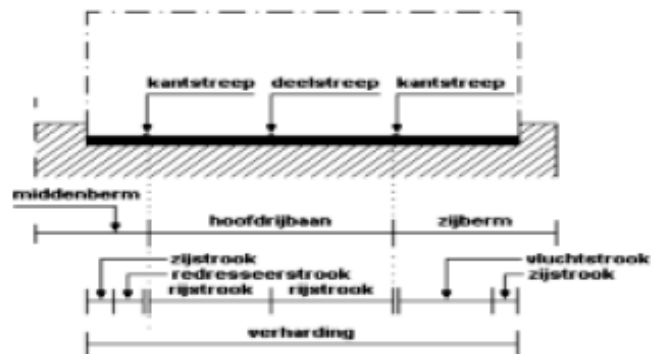
- Dwarsprofiel
- Horizontaal alignement
 - Rechtstand
 - Boog
 - Overgangsboog
- Verticaal alignement
 - Diepteligging
 - Langshelling
 - Afrondingsbogen
- Knooppunten, kruispunten en rotondes

DEFINITIES

- Wegvak, uitvoegstrook, invoegstrook, weefvak, rijbaan, rijstrook
- Redresseerstrook / Kantstrook
- Vluchtstrook (rechts/links ≥ 4)
- Vluchtruimte bij busbanen en spitsstroken
- Obstakelvrije zone
- Dwarsprofiel+taluds
- Object-afstandsmarge
- Profiel van vrije ruimte
- Afschot/Verkanting



Dwarsprofiel op aardebaan



Dwarsprofiel op kunstwerk

FIGUUR 3.1: DWARSPROFIELELEMENTEN

element van dwarsprofiel	categorie								fietspaden		voet pad
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	□	□	
Verhardingsbreedte	11,2 5	10,45	7,50	7,20	7,20	6,00	4,50/ 5,50	3,00/ 3,50	2,00/ 2,50	2,75/ 3,50	1,50
rijstrook breedte	3,50	3,25	3,25	3,10	3,10	2,75	-	-	-	-	-
kantstrook¹⁾	0,80	0,50	0,45	0,45	0,45	0,20	-	-	-	-	-
vluchtstrook¹⁾	3,45	3,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kantstreep	0,20	0,20	0,15	0,10	0,10	0,10	-	-	-	-	-
object-afstands-marge	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	-
bergingszone	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	1,50	1,00	-	0,50	0,50	-
obstakelvrije zone	10,0 0	10,00	6,00	4,50	4,50	3,00	2,00	1,50	1,00	1,00	-
zijberm	3,00	3,00	6,00	4,50	4,50	3,00	2,00	1,50	1,50	1,50	0,50
middenberm	12,0 0	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tussenberm bij parallel-wegen	12,0 0	12,00	f.g.	f.g.	6,00	4,50	-	-	-	-	-
tussenberm bij fietspaden	12,0 0	12,00	f.g.	f.g.	4,50	3,00	-	-	-	-	-
tussenberm bij voetpaden	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	-

¹⁾ inclusief kantstreep
f.g. = fysiek gescheiden

TABEL 3.1: BREEDTES VAN DWARSPROFIELELEMENTEN

Snelheid	Personenauto	Vrachtauto
120 km/h	1,50 m	nvt
100 km/h	1,35 m	nvt
80 km/h	1,00 m	1,00 m
50 km/h	0,50 m	0,50 m

TABEL 3.2: OBJECTAFSTANDMARGE VOOR MOTORVOERTUIGEN

HORIZONTALAAL ALIGNEMENT: RECHTSTAND

- Rechtstand vs boog
- $\text{Rechtstand} < 20 \times \text{snelheid}$
- Parallax
- $\text{Verbindingsrechtstand} > 2 \times \text{snelheid}$
- Rechtstand en veiligheid
- Afschot

HORIZONTALAAL ALIGNEMENT: BOGEN

- Indeling:
 - Groot $50.000 < R < 100.000$ i.p.v. rechtstanden
 - Gewone boog $1000 < R < 50.000$ (verbindingsboog)
 - Krappe boog $50 < R < 1000$ bij knooppunten
- Bocht verbreding
- Bogen en veiligheid
- Afschot/Verkanting
- Relatie boog en verkanting:

$$R \geq \frac{7 v^2}{210 - v + 9 h}$$

R : boogstraal [m]
 v : ontwerpsnelheid [km/h]
 h : verkanting [%]

Boogstraal	Verkanting									
Snelheid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
120	1018	933	862	800	747	700	659	622	589	560
110	777	718	667	623	584	550	520	492	468	446
100	588	547	511	479	452	427	405	385	366	350
90	440	411	386	363	344	326	310	295	282	270
80	322	303	285	270	256	243	232	222	212	204
60	158	150	142	135	129	124	118	114	109	105
50	104	98	94	89	85	82	78	75	73	70
30	33	32	30	29	28	27	26	25	24	23

TABEL 3.3: SAMENHANG TUSSEN SNELHEID, STRAALGROOTTE EN VERKANTING [%]

horizontale boogstraal binnenbocht (R_{hor} in m)	bochtverbreding per rijstrook (m, afgerond)
70	0,60
80	0,50
90	0,45
100	0,40
120	0,35
150	0,30
170	0,25
200	0,20
250	0,15
300	0,15

TABEL 3.4: BOCHTVERBREIDING PER RIJSTROOK BIJ VERSCHILLENDE HORIZONTALE BOOGSTRALEN

v [km/h]	120	100	90	80	70	60	50
R [m]	< 4000	< 2500	< 2000	< 1700	< 800	< 900	< 300

TABEL 3.5: BOVENGRENZEN VAN BOOGSTRALEN WAARONDER OVERGANGSBOGEN NOODZAKELIJK ZIJN

OVERGANGSBOGEN

- Functies
 - Knikken en veiligheid
 - Geleidelijke stuurverdraaiing en zijdelingse versnelling
 - Verkantingsovergang
 - Geleidelijke bochtverbreding

- Clotoïde:

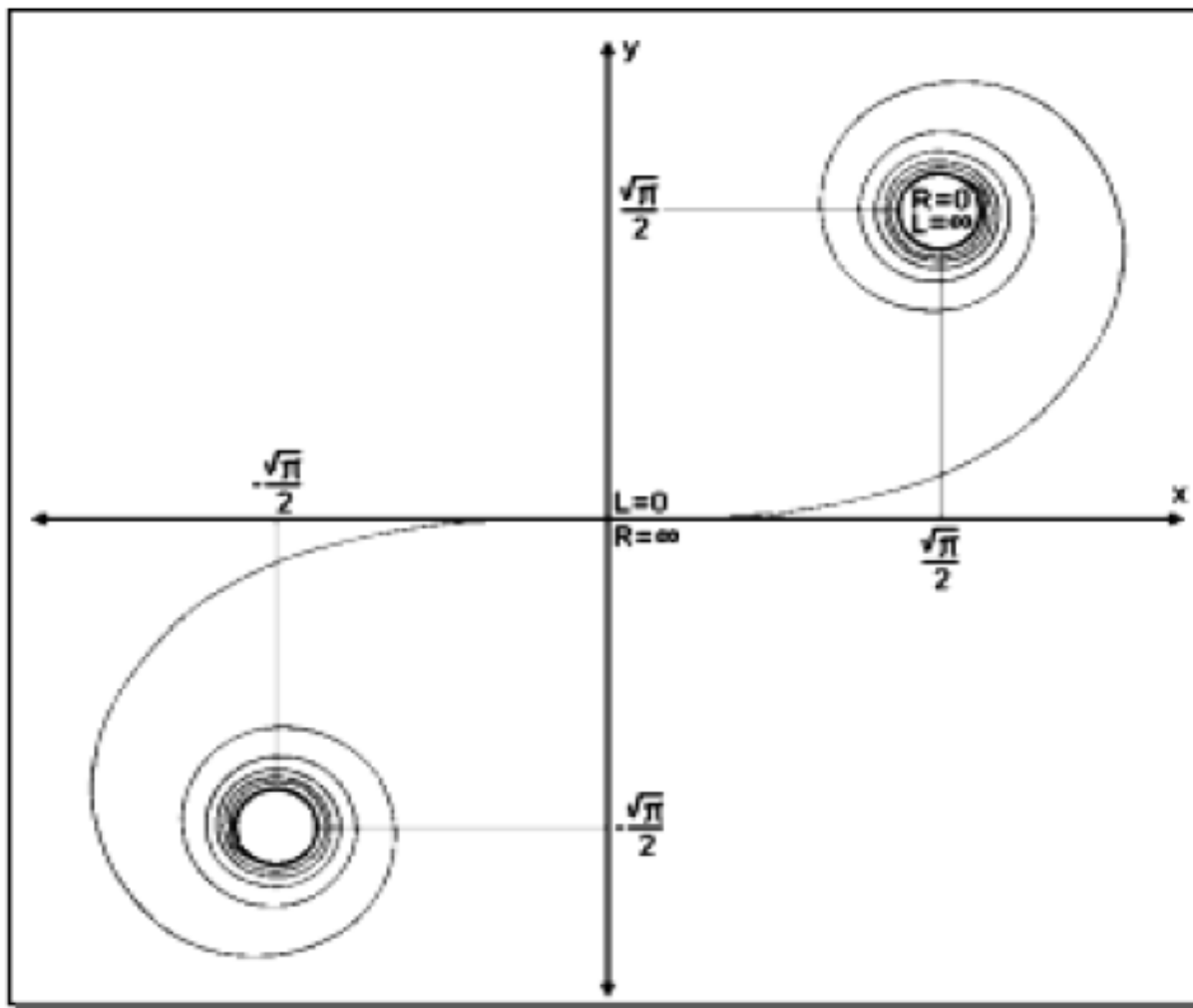
$$A^2 = R L \quad (3.2)$$

A : *parameter van de clotoïde [m]*

R : *boogstraal in enig punt op de clotoïde [m]*

L : *ontwikkelde lengte langs de clotoïde vanaf de oorsprong tot het beoogde punt [m]*

NB. Kromming $1/R$ evenredig met de lengte L

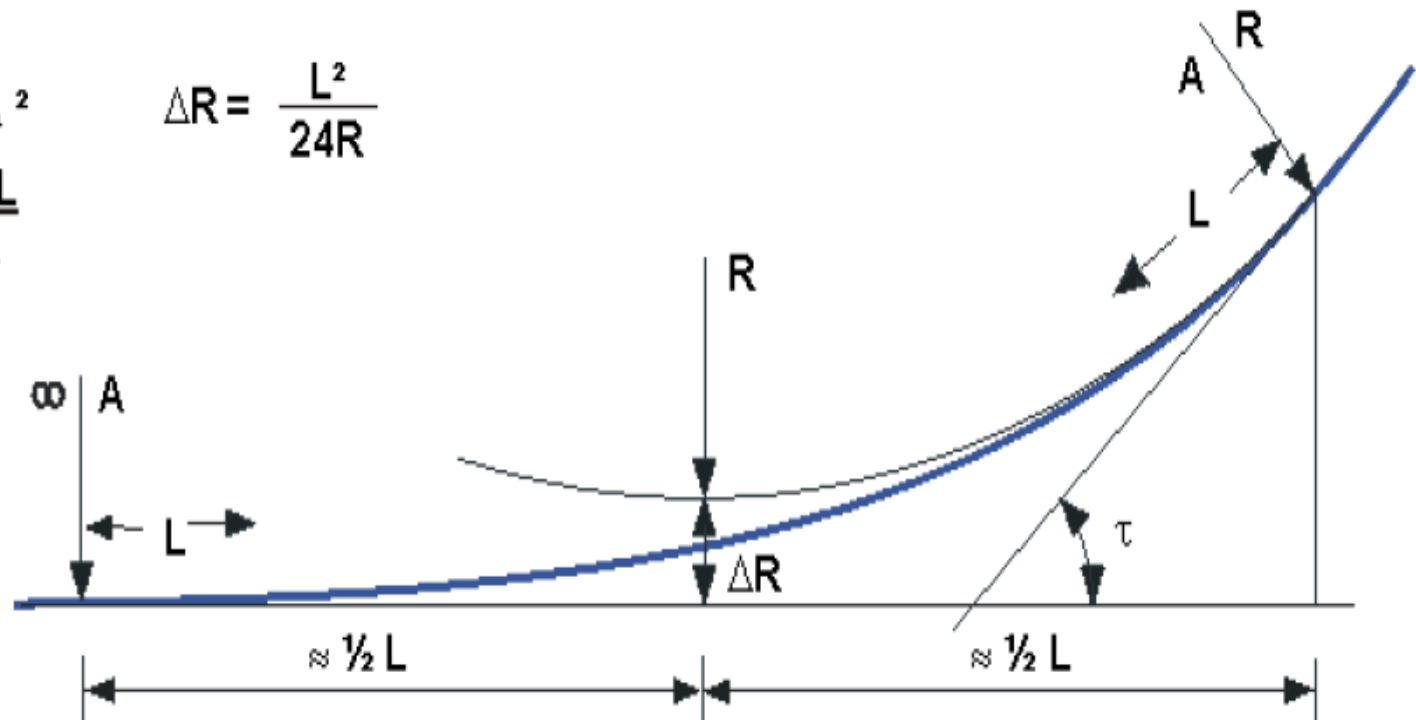


FIGUUR 3.3: CLOTOÏDE VOOR DE OVERGANGSBOOG

$$R \cdot L = A^2$$

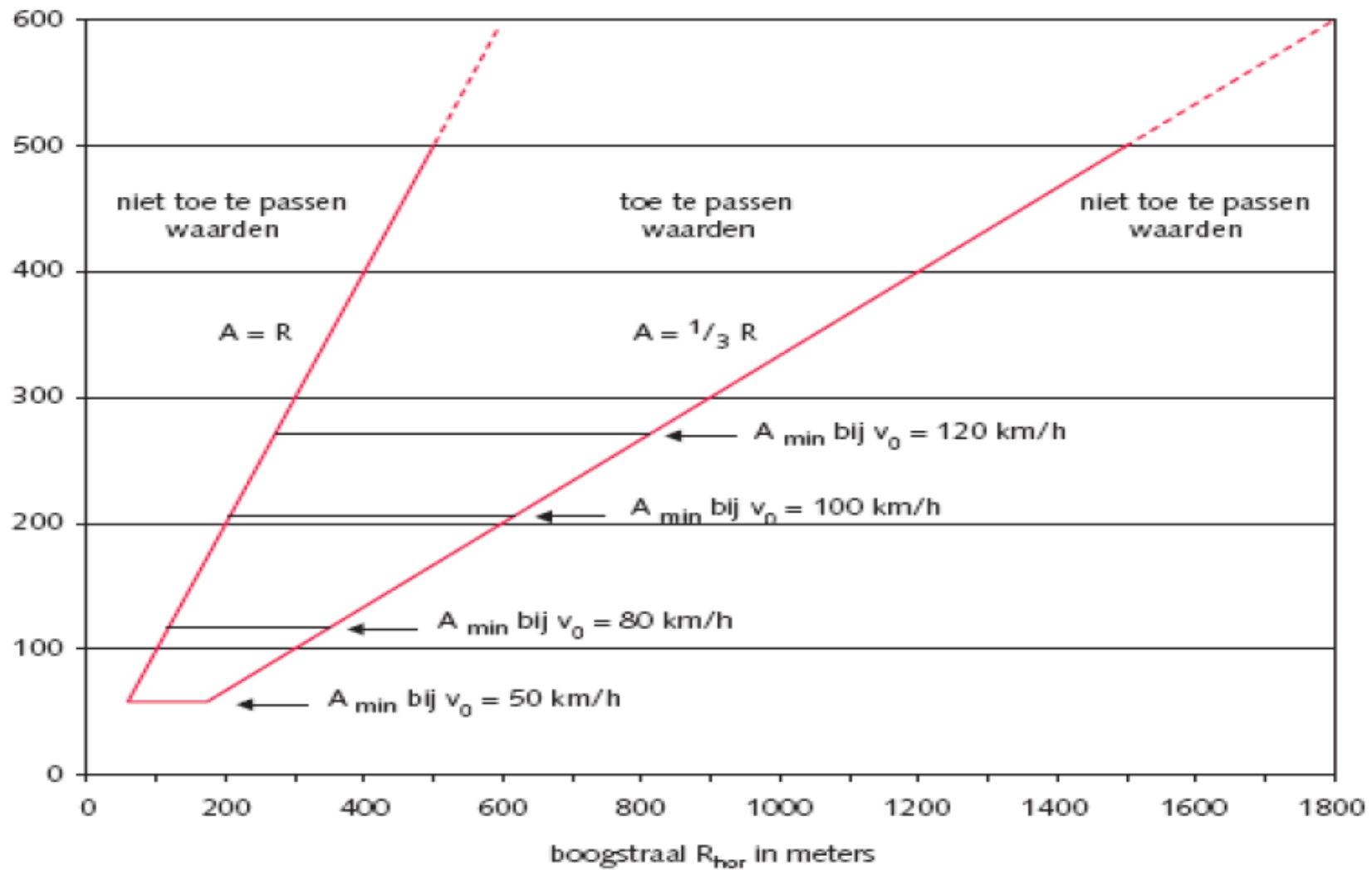
$$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

$$\tau = \frac{100 L}{\pi R}$$



FIGUUR 3.4: PARAMETERS VAN DE CLOTOÏDE

- Functionele eisen cotoïde:
 - Optische eis:
 - Inleidende hoekverdraaiing $> 3.2^\circ$
 - Binnen gezichtsveld
 - Comforteis t.a.v. zijdelingse versnelling
 - Esthetische eis t.a.v. vloeiende vormgeving en verkanting
 - Dynamisch evenwichtseis t.a.v. zijdelingse wrijving
 - Lengte-eis t.a.v. verkantingsovergang
- Verkantingsovergang en comfort
- Afwatering



FIGUUR 3.5: RELATIE A-WAARDE MET BOOGSTRAAL

HORIZONTALAAL ALIGNEMENT: ALGEMEEN

- Uitwijkzicht:
 - Waarnemen, voorbereiding uitwijkmanoeuvre
- Inhaalzicht:
 - Snelheid ingehaalde + tegenligger
 - Acceleratievermogen inhaler
 - Volgtijden tegemoetkomend verkeer
- Boogzicht
- Wegverloopzicht

v_{ontw} [km/h]	Δs_{max} [%]
120	1,5
100	1,75
80	2,25
50	3,0

TABEL 3.6: BOVENGRENSWAARDEN VOOR Δs_{MAX} OP GROND VAN COMFORT [NOA]

v_{ontw} [km/h]	Δs_{max} [%]
100	0,50
80	0,57
60	0,67

TABEL 3.7: BOVENGRENSWAARDEN VOOR Δs_{MAX} OP GROND VAN COMFORT [RONA]

Vaststelling van bovengrenswaarden voor $\Delta s_{\max}$ maakt het mogelijk een minimum lengte voor de verkantingsovergang te berekenen:

$$L_{\min} = \frac{2 a \Delta e}{\Delta s_{\max}} \quad (3.5)$$

waarin

$L_{\min}$	:	minimum-lengte van de verkantingsovergang [m]
a	:	afstand tussen wentelingsas en verst weg gelegen kantstreep [m]
Δe	:	totale verkantingswenteling [%]
$\Delta s_{\max}$	:	maximale relatieve langshelling van rijbaanzijde t.o.v. wentelingsas [%] (meestal daar waar de dwarshelling nul is)

aantal rijstroken	Δs_{min} [%]
1	0,25
2	0,5
3	0,9
4	1,3

TABEL 3.8: ONDERGRENSWAARDEN VOOR Δs_{min} OP GROND VAN AFWATERING [ROA]

De maximumlengte van de verkantingsfiguur is te berekenen met:

$$L_{max} = \frac{2 b \Delta e}{\Delta s_{min}} \quad (3.6)$$

waarin

L_{max}	:	maximum-lengte van de verkantingsovergang [m]
b	:	afstand tussen de kantstrepen [m]
Δe	:	totale verkantingswenteling [%]
Δs_{min}	:	minimale absolute langshelling ter plaatse van de kantstreep, daar waar de dwarshelling nul is [%]

Uitgangspunten:

- uitwijken met 1 m/s verplaatsing in zijdelingse richting, dus 3,5 s voor rijstrook-wisseling;
- hoge perceptie-reactietijd in verband met onverwachte gebeurtenis, afnemend bij lagere ontwerpsnelheden in verband met hoger attentieniveau;
- voorbereiden van uitwijkmanoeuvre: voor 120, 100 en 80 km/h: 1 s in verband met comfort; niet van toepassing bij 50 km/h.

snellheid	tijdsduur				zichtafstand
V_{ontw} [km/h]	prt [s]	voorbereiding uitwijken [s]	uitwijk- manoeuvre [s]	totaal [s]	[m]
120	2.5	1.0	3.5	7.0	235
100	2.3	1.0	3.25	6.55	185
80	1.9	1.0	3.10	6	135
50	1.5	-	2.75	4.25	60

prt: Perceptie reactietijd

TABEL 3.9: TIJDEN EN ZICHTAFSTANDEN IN VERBAND MET UITWIJKEN VOOR EEN OBSTAKEL OP EEN RIJSTROOK

v_{ontw} [km/h]	wegcategorie	inhaalzicht [m]	er wordt niet (meer) ingehaald bij zichtafstanden kleiner dan [m]
100	III	700	450
80	IV, V	500	350
50	VII	350	270

TABEL 3.10: ZICHTAFSTANDEN WAARBOVEN VEILIG KAN WORDEN INGEHAALD C.Q. WAARONDER NIET MEER WORDT INGEHAALD

Uit het voorgaande komt nu het volgende beeld naar voren. De lengte waarbij het *kritisch* is om in te halen, ligt voor

wegen behorende tot:

categorie III

categorieën IV en V

categorie VII

tussen:

700 en 450 m

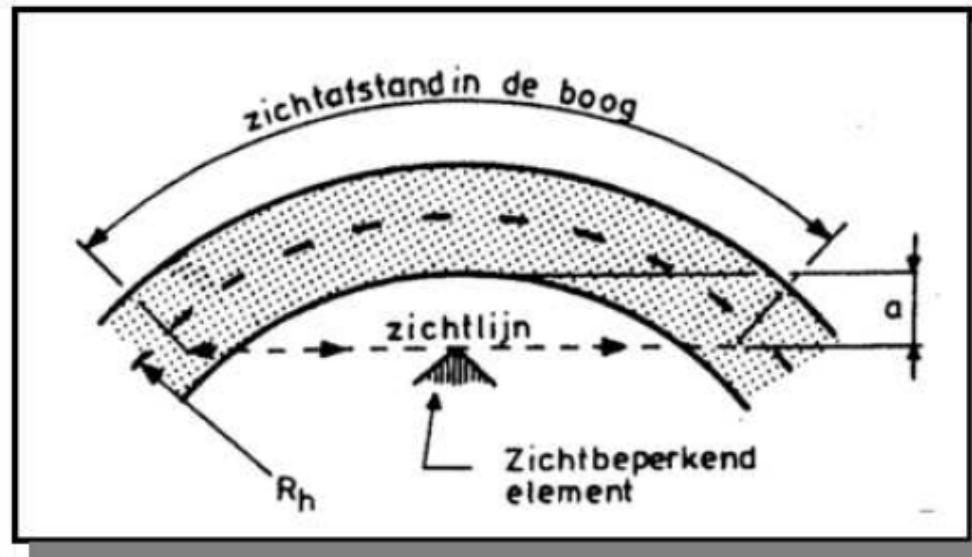
500 en 350 m

350 en 270 m

$$R_h = \frac{z^2}{8(a+2)} \quad (3.7)$$

waarin: R_h : boogstraal [m];
 z : maatgevende zichtafstand [m];
 a : afstand zichtbeperkend object uit kantstreep binnenboog [m].

Omgekeerd kan, bij een al vastgestelde straal, de afstand uit de rijbaan van bijvoorbeeld een aan te brengen geluidsscherm worden bepaald.



FIGUUR 3.8: ZICHT IN BOOG [ROA, 1991]

	perceptie-reactie		herkenning		totaal	
v_{ontw} [km/h]	tijd [s]	afstand [m]	tijd [s]	afstand [m]	tijd [s]	zichtafstand [m]
120	2.0	65	3.0	100	5.0	165
100	1.8	52	3.0	83	4.8	135
80	1.6	38	2.75	68	4.3	105
50	1.0	15	2.0	30	3.0	45

TABEL 3.11 TIJDEN EN ZICHTAFSTANDEN BIJ NADERING VAN EEN BOOG

VERTICAAL ALIGNEMENT

- Geaccidenteerd terrein
- Diepteligging
- Aansluitingen op ongelijkvloerse kruisingen
- Veiligheid:
 - Remweg
 - Zicht
 - Snelheidsterugval

BASIS BEGINSELEN HOOGTELIIGING

- Keuze welke weg bij kruisingen boven/onder komt
- Maaiveld volgen vs vlak lengteprofiel
- Bij hoogteverschillen 2-10: top en voetboog rechtstreeks verbinden
- Toepassen paraboolformule

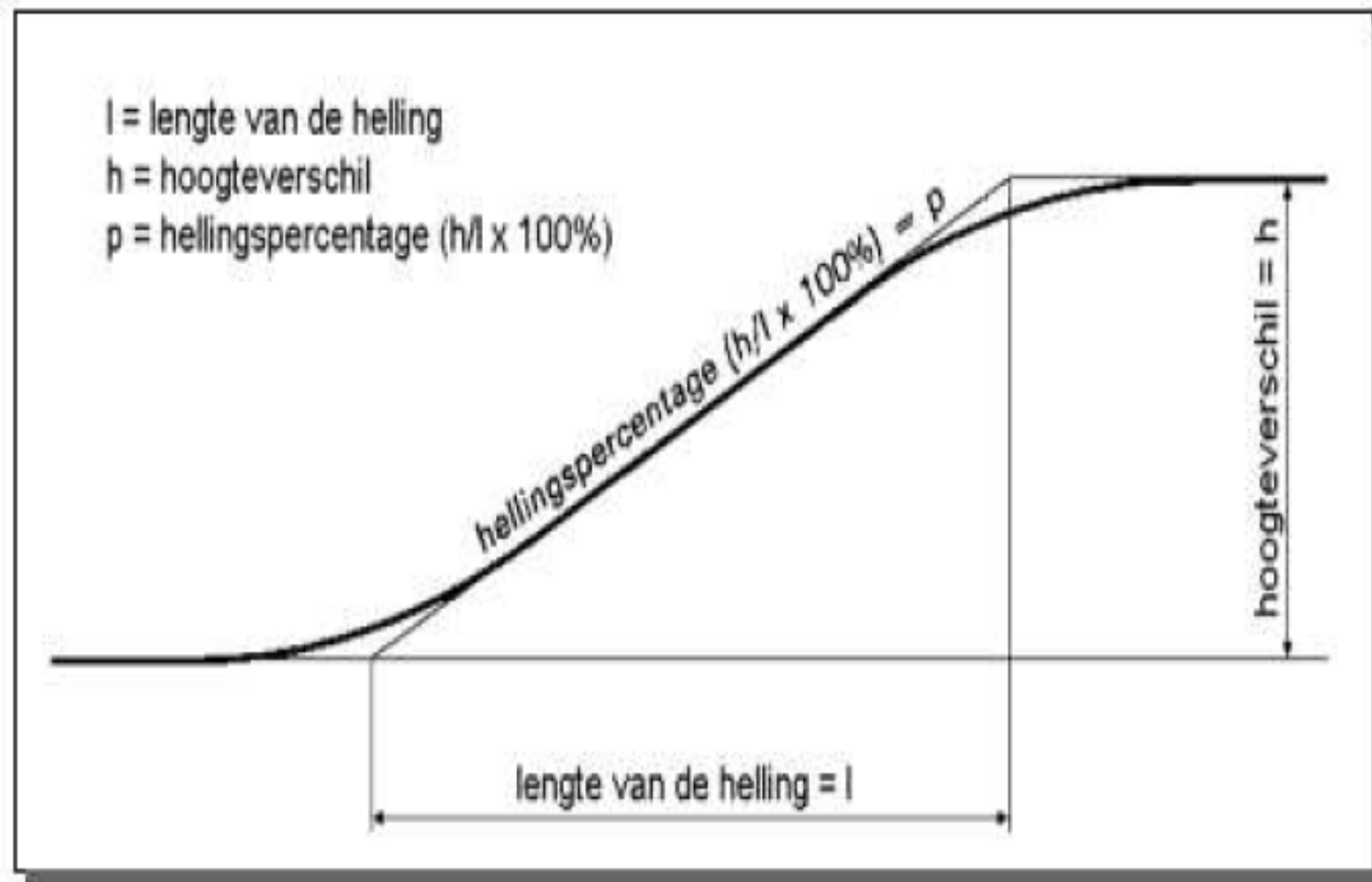
VERTICAAL ALIGNEMENT

- Ruimtelijke helling (langshelling + dwarshelling)

$$i_r = \sqrt{i_l^2 + i_d^2}$$

i_r : ruimtelijke helling [%]
 i_l : langshelling [%]
 i_d : dwarshelling [%]

- Afglijden vs afwatering
- $1 \text{ à } 1,5 \% < i < 7\%$
- Stopzicht en hellingen
- Afrondingsbogen

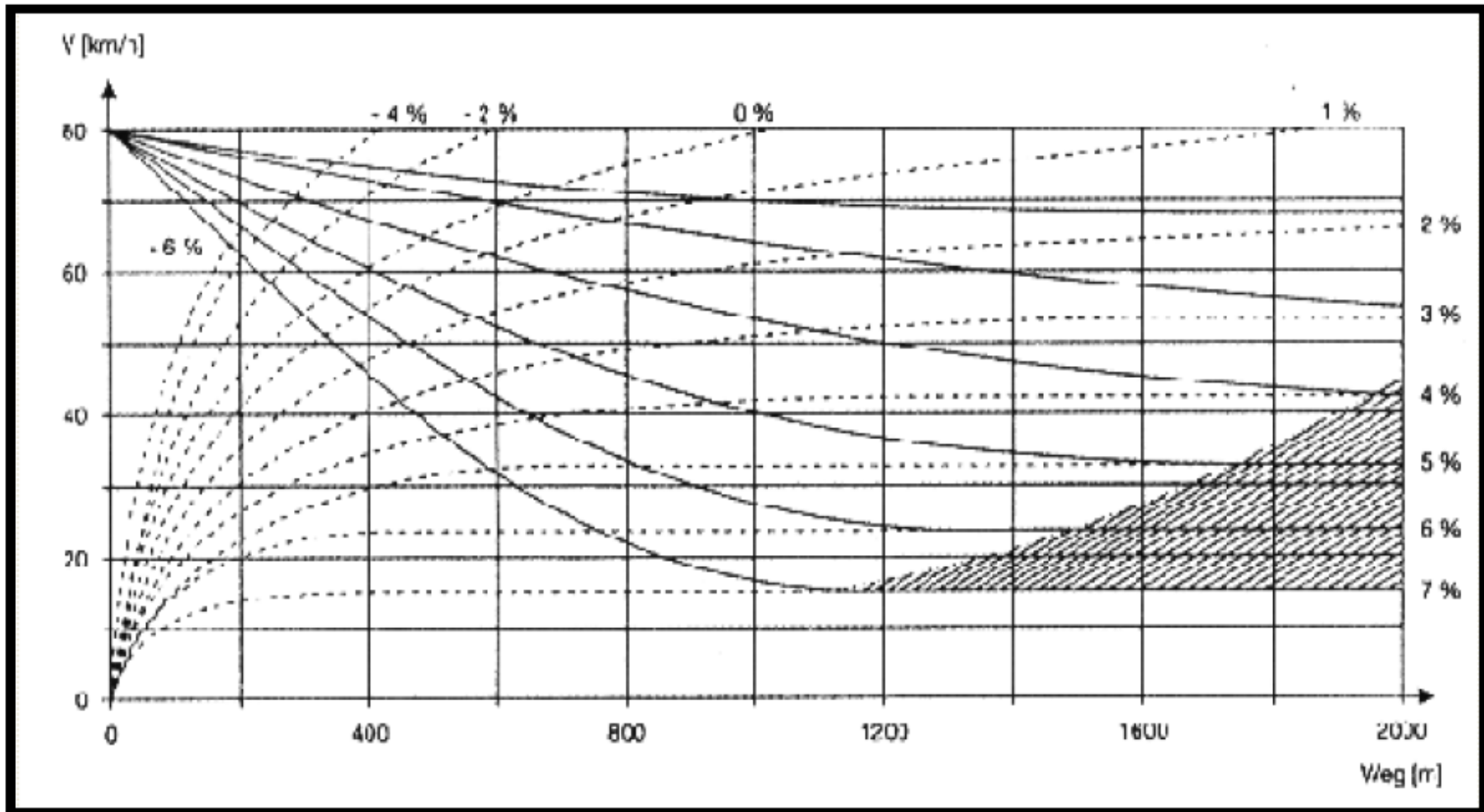


FIGUUR 3.9: HELLINGLENGTE EN HELLINGPERCENTAGE

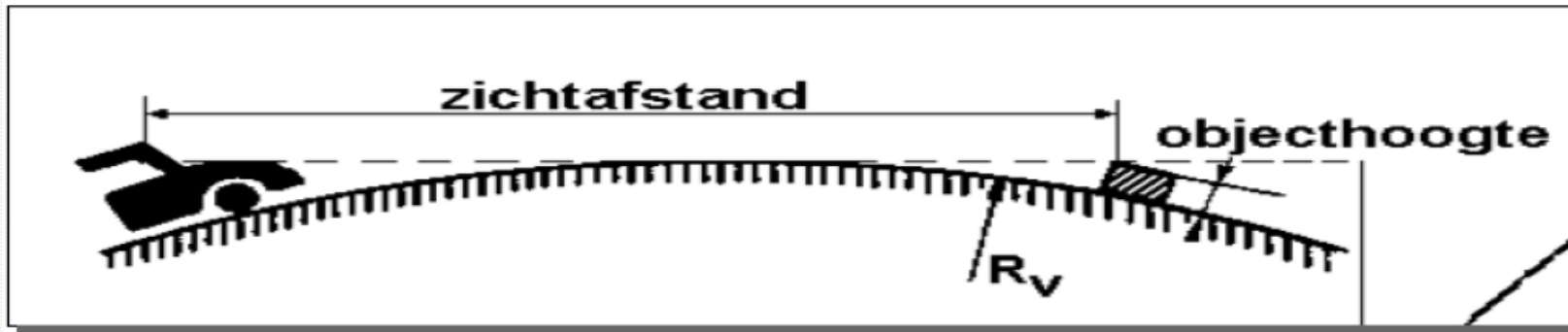
V_{ontw} [km/h]	NOA-hoofd- rijbanen	NOA voor grote kunstwerken	RONA
120	3	5	
100			4*
80	4	6	5*
50		7	

In heuvelachtig gebied kunnen hogere percentages voorkomen (maximaal 12 %)

TABEL 3.12: MAXIMALE HELLINGPERCENTAGES BIJ VERSCHILLENDE ONTWERPSNELHEDEN



FIGUUR 3.10: SNELHEDEN EN SNELHEIDSVERANDERINGEN VAN VRACHTAUTO'S BIJ VERSCHILLENDE STIJGINGEN EN DALINGEN [RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON STRASSEN, RAS-Q96]



FIGUUR 3.12: ZICHTPRINCIPE BIJ DIMENSIONERING VAN BOLLE BOGEN

Er wordt gerekend met een ooghoogte van bestuurders van personenauto's van 1,10 m. De objecthoogten, behorende bij de voornoemde soorten zicht, zijn:

- wegverloopzicht: 0,00 m hoogte van de markering;
- stopzicht: 0,50 m hoogte achterlichten personenauto boven wegdek, zichtbaarheids criterium bij duisternis;
- uitwijkzicht: 0,20 m hoogte "ontwerp-obstakel" dat rijstrook verspert.

De minimale boogstraal van de bolle boog wordt bepaald met behulp van de formule:

$$R_{vmin} = \frac{L_z^2}{2(\sqrt{h_o} + \sqrt{h_h})^2} \quad (3.9)$$

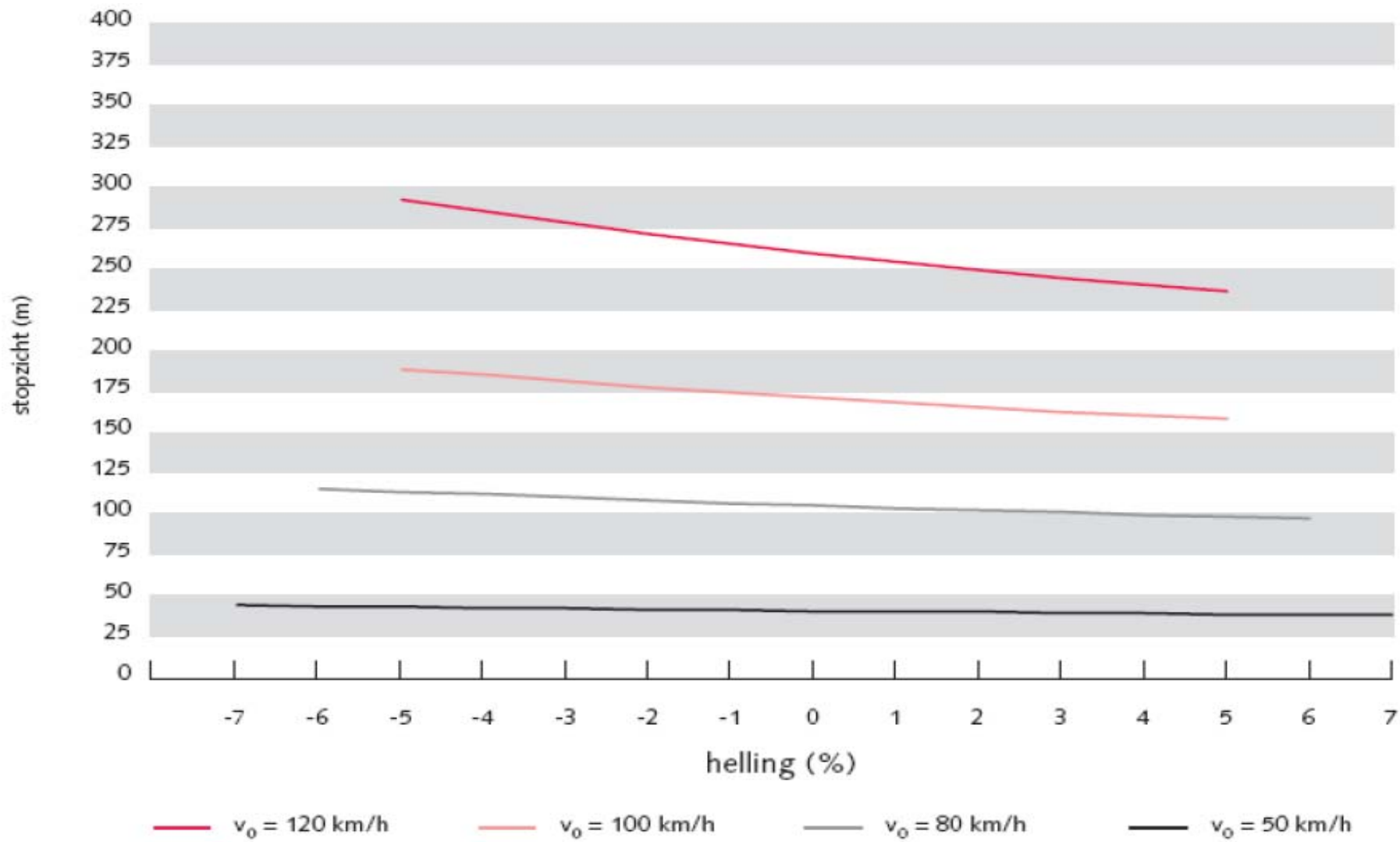
waarin

R_{vmin} :	minimale boogstraal [m]
L_z :	zichtafstand [m]
h_o :	ooghoogte van de bestuurder [m]
h_h :	bij zichtafstand behorende objecthoogte [m]

De formule is toepasbaar als de zichtlengte kleiner is dan de booglengte.

v_{ontw} [km/h]	120	100	80	50
wegverloop- zicht [m]	12.400	8.300	5.000	900
stopzicht [m]	11.000	4.700	1.800	600
uitwijkzicht [m]	12.300	8.100	4.700	1.100

TABEL 3.13: ONDERGRENZEN BOOGSTRALEN VAN BOLLE BOGEN BIJ VERSCHILLENDE ZICHTSITUATIES EN ONTWERPSNELHEDEN



FIGUUR 3.11: ZICHT OP STILSTAAND VERKEER BIJ VERSCHILLENDE HELLINGPERCENTAGES [NOA, 2007]

$$R_{vmin} = \frac{(v_{ontw} / 3,6)^2}{a} \quad (3.10)$$

waarin:

- R_{vmin} : minimale boogstraal hol [m]
- v_{ontw} : ontwerpsnelheid [km/h]
- a : acceleratie [m/s^2]

v_{ontw} in [km/h]	120	100	80	50
comfort [m]	1.200	850	500	200
esthetica [m]	24.800	16.600	10.000	2.200

TABEL 3.14: ONDERGRENZEN BOOGSTRALEN VAN HOLLE BOGEN BIJ VERSCHILLENDE ONTWERPSNELHEDEN EN VERSCHILLENDE EISEN

VERTICAAL ALIGNEMENT II

- Veiligheid:
 - remweg + stopzichtafstand
 - snelheidsterugval
- Gedrag bestuurders:
 - stopzichtafstanden opgaand/neergaand
- Ontwerp verticaal alignement
 - hellingen
 - verticale bogen (hol en bol)

- Verticale bogen:
 - zichtafstand
 - comfort
 - geen overgangsbogen
 - geen verkantingsovergang

Lengteprofielen kunnen eenvoudig en snel handmatig worden doorgerekend (zie figuur 3.14) met de paraboolformule (3.11). De helling i (inclination) van de raaklijn op afstand x volgt uit (3.12).

$$y = \frac{x^2}{2R} \quad (3.11)$$

$$i = \frac{x}{0,01R} \quad (3.12)$$

waarin

R	:	verticale boogstraal [m];
x	:	horizontale afstand vanuit hoogste of laagste punt van de boog [m];
y	:	verticale afwijking [m] op afstand x ;
i	:	helling [%] op afstand x .

In het geval dat:

- de voet- en topboog elkaar raken;
- de tangentialijnen in de oorsprong van beide bogen parallel lopen;
- het te overwinnen hoogteverschil bekend is;
- de stralen van beide bogen bekend zijn,

mogen de stralen van voet- en topboog bij elkaar worden opgeteld om de benodigde lengte te kunnen berekenen (3.13). De maximum-helling in het buigpunt kan worden gecontroleerd met (3.14).

$$L = \sqrt{2H \bullet \Sigma R} \quad (3.13)$$

$$i = 200 \bullet \frac{H}{L} \quad (3.14)$$

waarin	L	:	horizontale lengte van voet- en topboog samen [m];
	H	:	totale hoogteverschil [m];
	ΣR :	:	som van voet- en topboog ($R_1 + R_2$) [m];
	i	:	helling in het buigpunt [%].

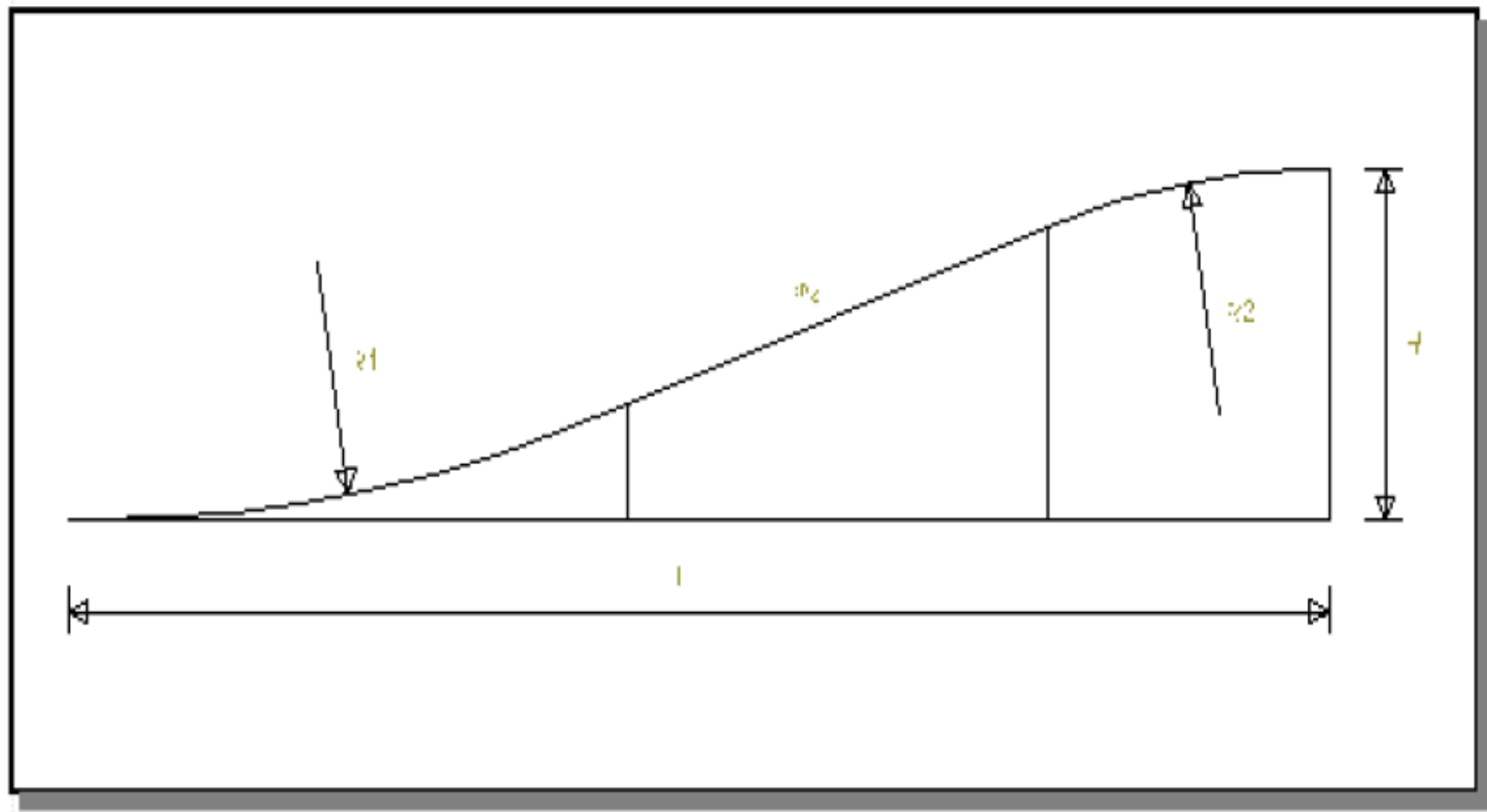
Als in de voorgaande situatie de helling in het buigpunt de toegestane norm overschrijdt, zullen voet- en topboog uit elkaar moeten worden geschoven en verbonden met een flauwer gekozen helling (zie figuur 3.15). De benodigde lengte kan dan berekend worden uit (3.15).

$$L = i \frac{\sum R}{200} + 100 \frac{H}{i} \quad (3.15)$$

waarin:

L	:	horizontale lengte van beide bogen en helling samen [m];
i	:	helling [%];
$\sum R$	:	som van voet- en topboog ($R_1 + R_2$) [m];
H	:	totale hoogteverschil [m].

De lengtes van de afzonderlijke elementen en de locatie van de tangentialpunten kunnen desgewenst op eenvoudige wijze worden afgeleid uit de basisformules (3.11) en (3.12).



FIGUUR 3.15: PARAMETERS BIJ HELLINGEN EN AFRONDINGSBOGEN

KNOOPPUNTEN, KRUISPUNTEN EN ROTONDES

- Definities:
 - kruising (kruizen zonder uitwisseling)
 - kruispunt (uitwisseling in hetzelfde vlak)
 - aansluiting (uitwisseling tussen auto(snel)wegen en onderliggende wegen)
 - knooppunt (uitwisseling tussen autosnelwegen)
- Gelijkvloers vs ongelijkvloers
- Voorrangsregeling:
 - gelijkvloers: rechts gaat voor
 - voorrangsweg
 - verkeerslichten

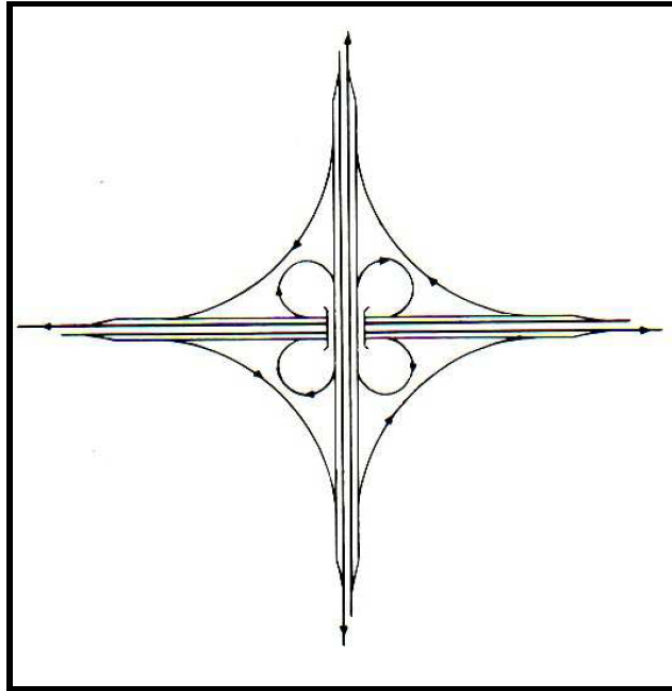
- Vormgeving:
 - gelijkvloers: volledig kruispunt, T-kruising, X-splitsing, rotonde
 - ongelijkvloers/autosnelwegen: volledig knooppunt, T-knooppunt, volledige aansluiting, eenzijdige aansluiting

KNOOPPUNTEN

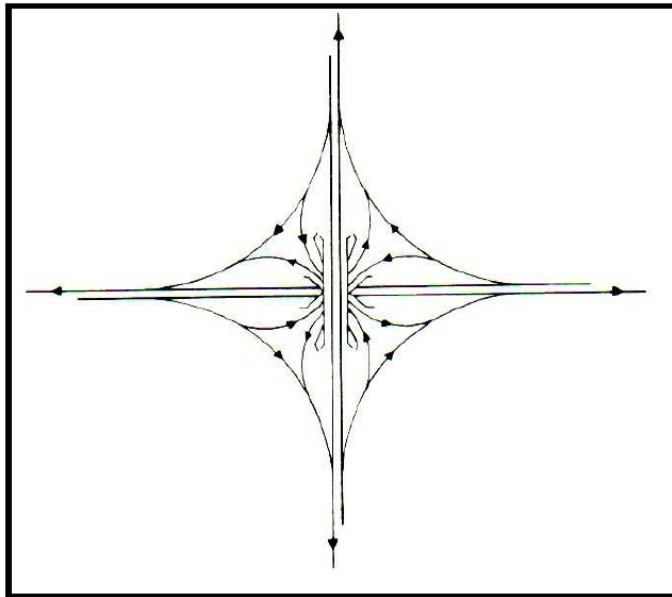
- Ongelijkvloers/autosnelwegen
- Volledig vs onvolledig
- Met of zonder weefvakken
- Klaverblad, turbine, ster en mengvormen
- Nieuwbouw en reconstructies
- Ontwikkeling bij scheiding doorgaand verkeer en uit/invoegend verkeer

knooppunts- vorm	voordelen	nadelen	prijs- indicatie
klaverblad	- eenvoudige vorm - één kunstwerk - geen problematische ombouw - goedkoop	- rangeerbanen noodzakelijk - beperkte capaciteit weefvakken tussen lussen - ongunstige bewegwijzering lussen	€ 200 milj
turbine	- geen weefvakken - ruime bogen - betere afwikkeling linksaffers	- rangeerbanen voor invoegers - vijf kunstwerken (vier met forse afmetingen) - krappe lengteprofielen tussen kunstwerken - complexe geometrie	€ 275 milj
ster	- geen rangeerbanen en weefvakken - directe verbindingen in alle richtingen - ruime bogen - uitstekende afwikkeling	- stapeling van kunstwerken in drie niveaus - zeer grote hoogteverschillen - aanzienlijk grondverzet - duur	€ 300 milj

TABEL 3.15: KARAKTERISTIEKEN VAN VIERARMIGE KNOOPPUNTVORMEN IN AUTOSNELWEGEN



KLAVERBLAD-KNOOPPUNT

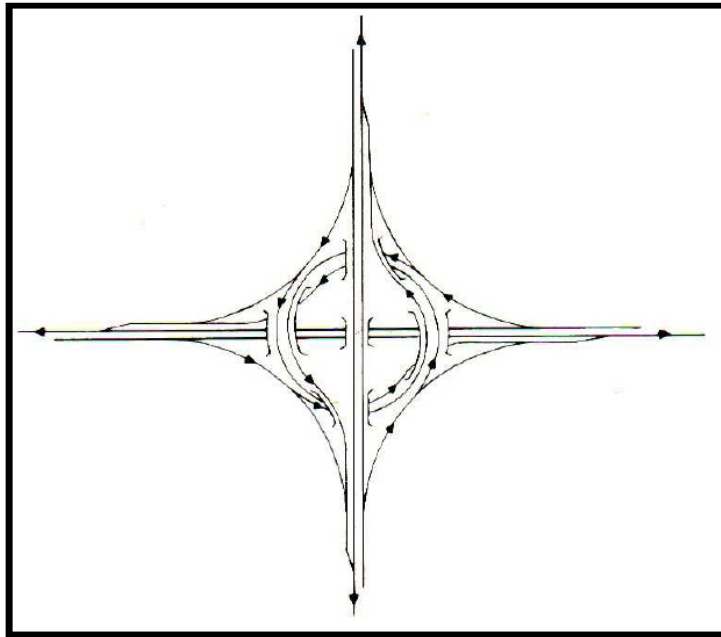


STER-KNOOPPUNT

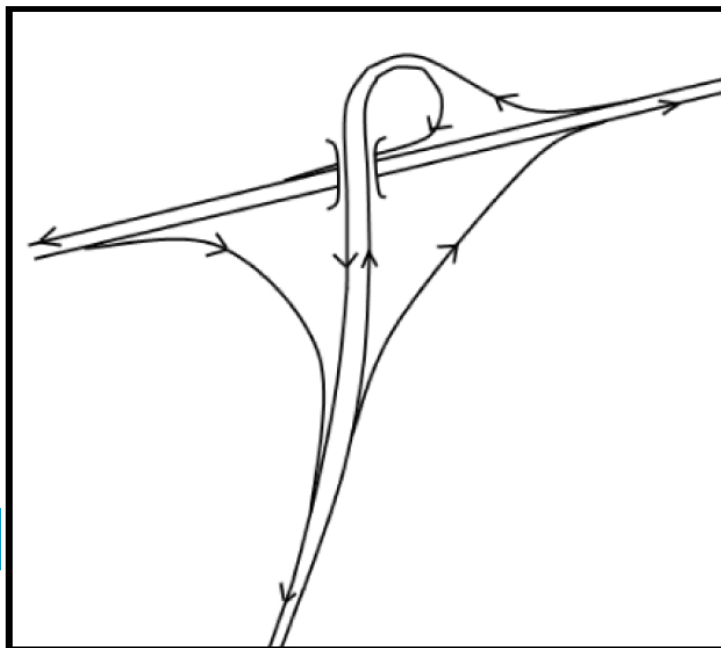
May 11, 2012

67

FIGUUR 3.18: KNOOPPUNTVORMEN

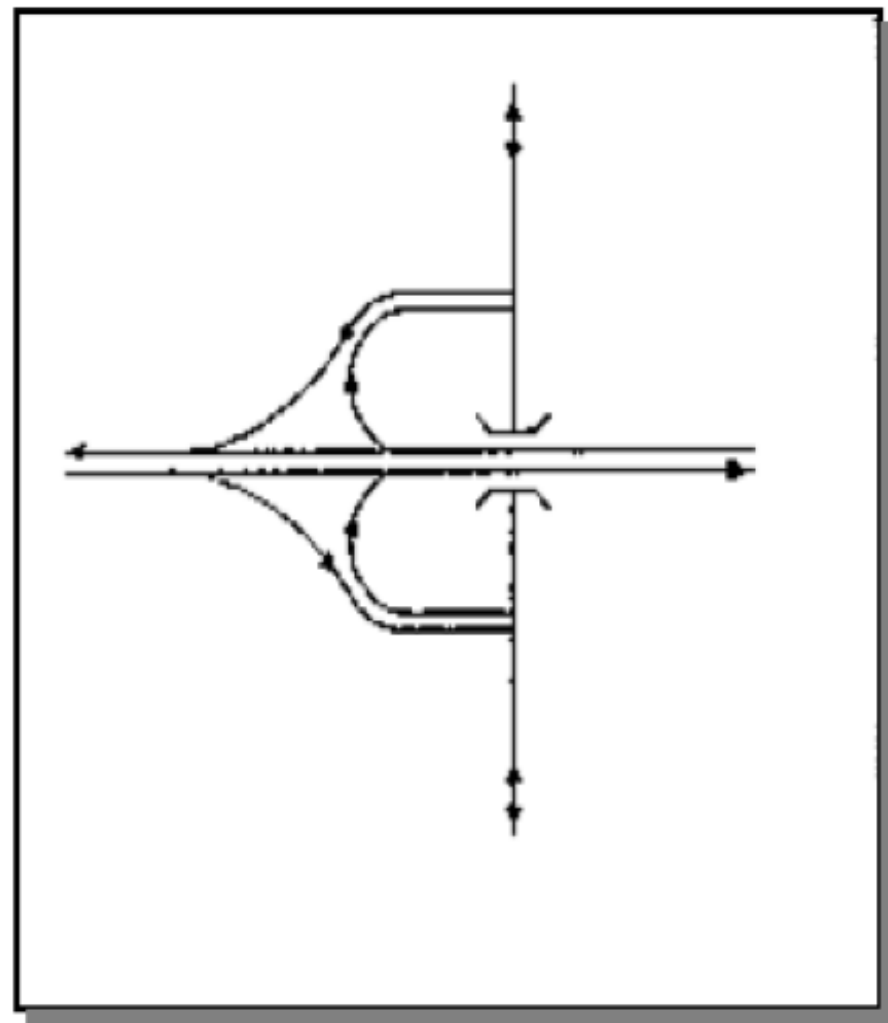
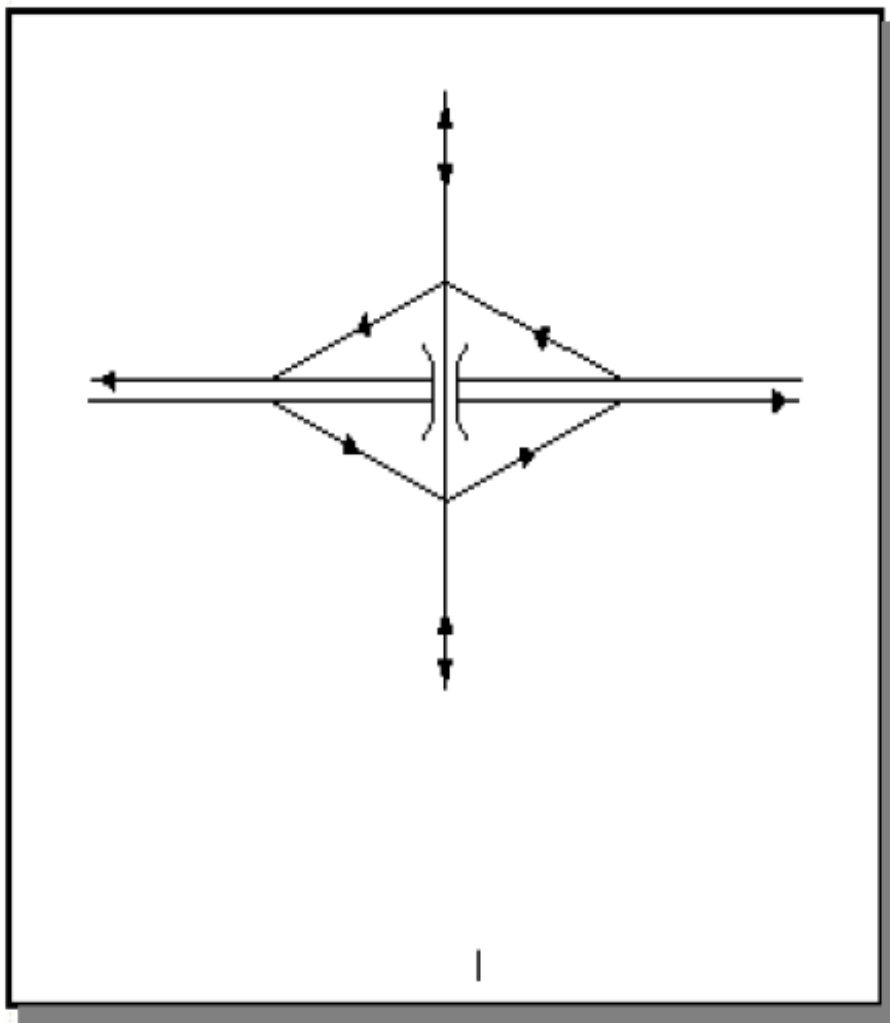


TURBINE-KNOOPPUNT

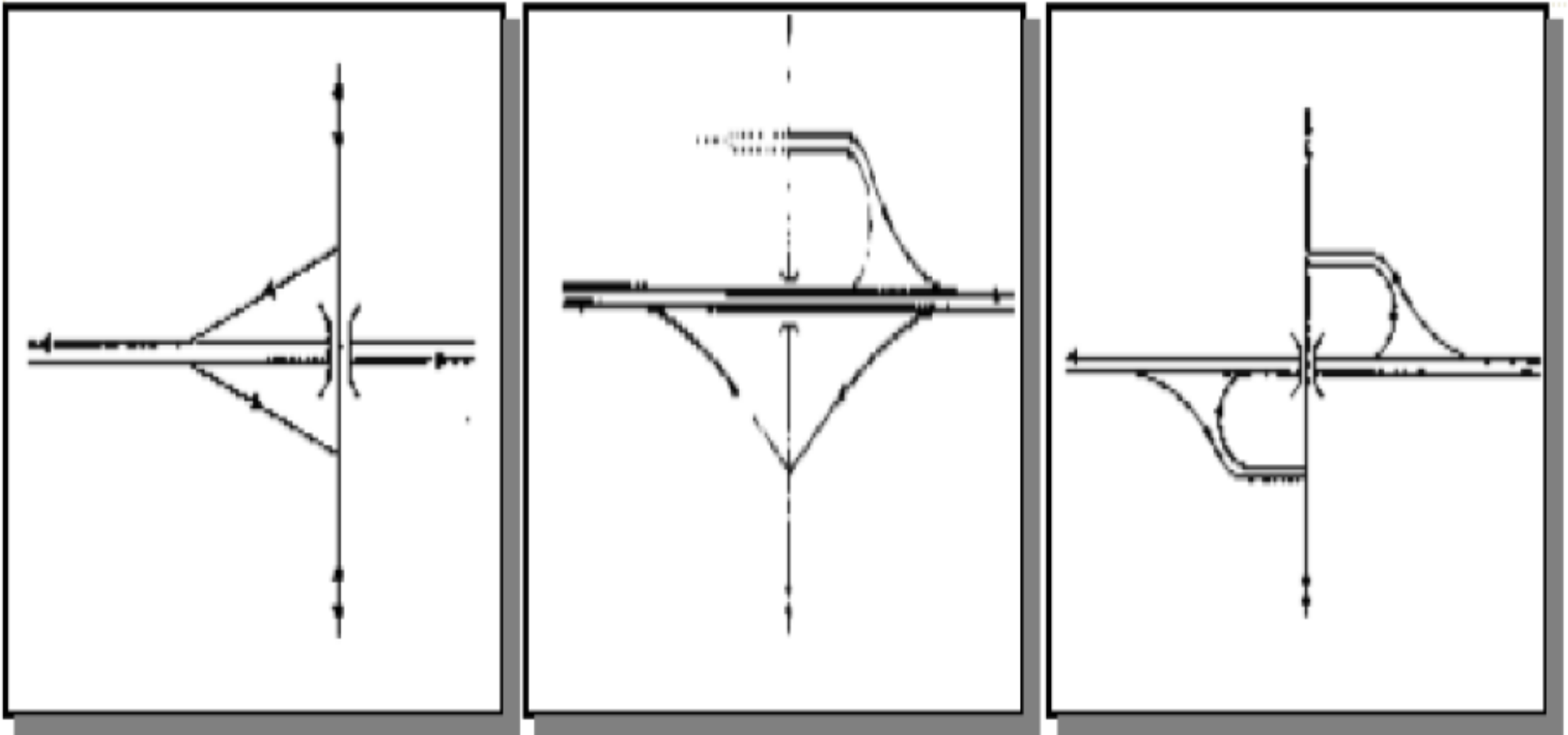


TROMPET-KNOOPPUNT

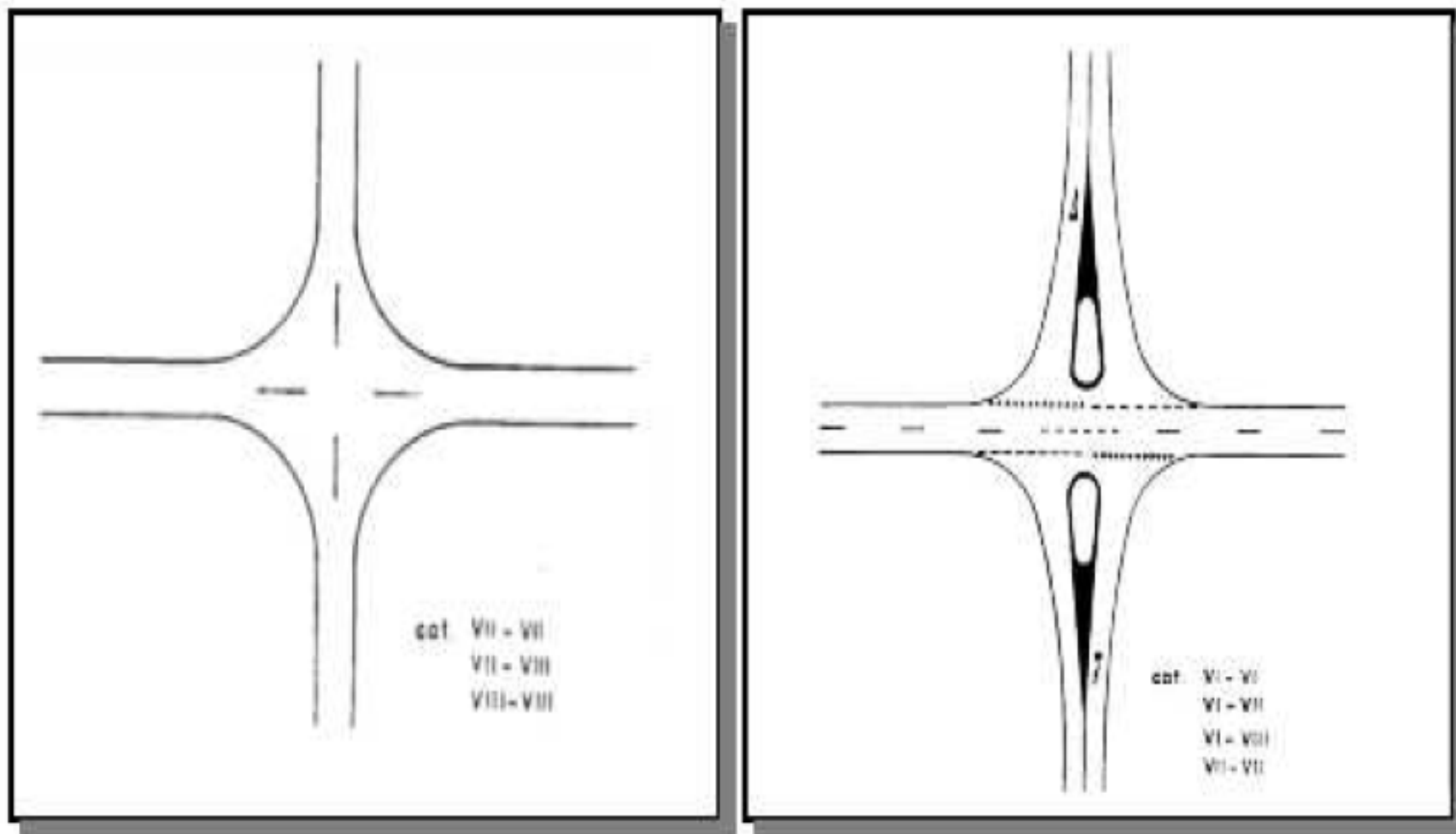
FIGUUR 3.18 (VERVOLG): KNOOPPUNTVORMEN



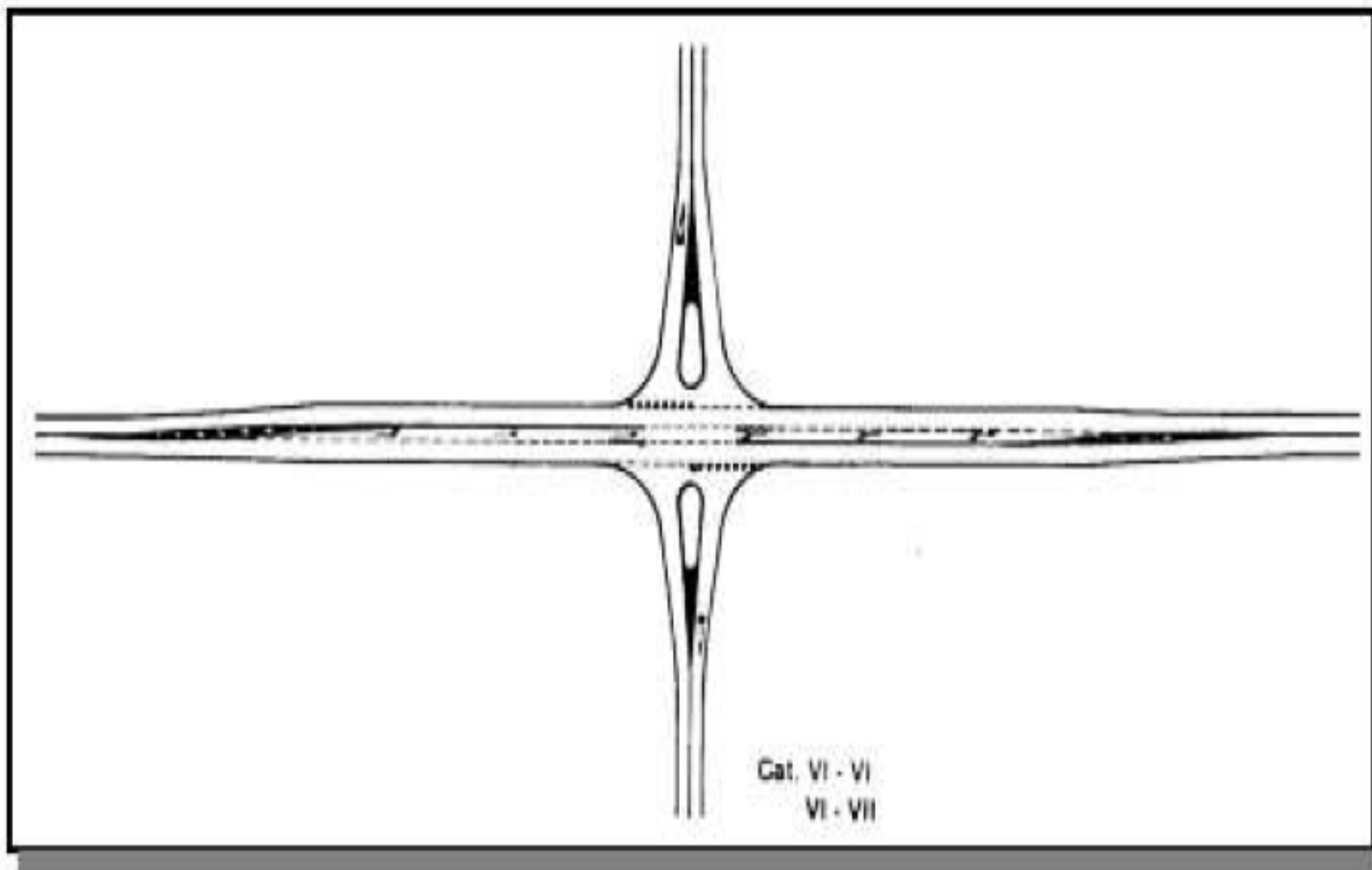
FIGUUR 3.19: HAARLEMMERMEER-AANSLUITING (LINKS) EN HALFKLAVERBLAD-AANSLUITING (RECHTS)



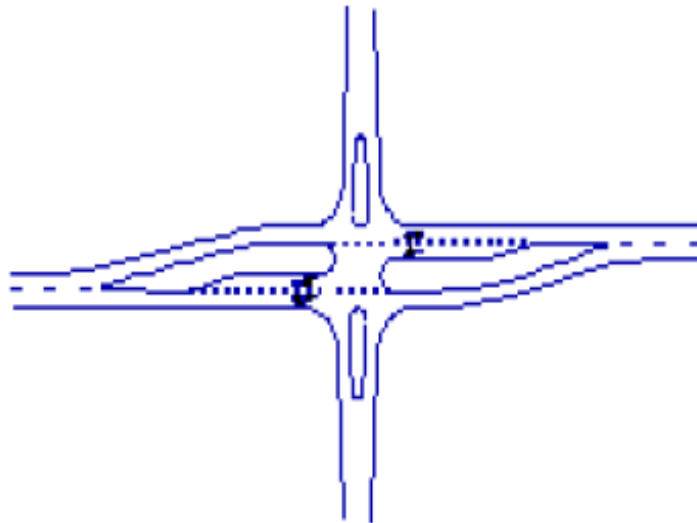
FIGUUR 3.20: MOGELIJKE VARIANTEN BIJ AANSLUITINGEN:
EENZIJDIGE AANSLUITING (LINKS), COMBINATIE (MIDDEN), ASYMMETRISCH (RECHTS)



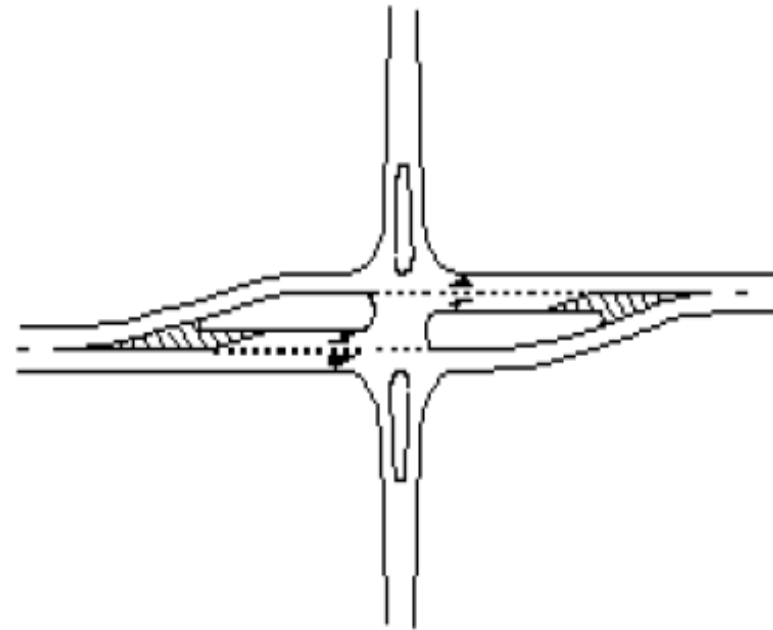
FIGUUR 3.21: KRUISPUNT TYPE 1 (LINKS) EN TYPE 2 (RECHTS)



FIGUUR 3.22: KRUISPUNT TYPE 3

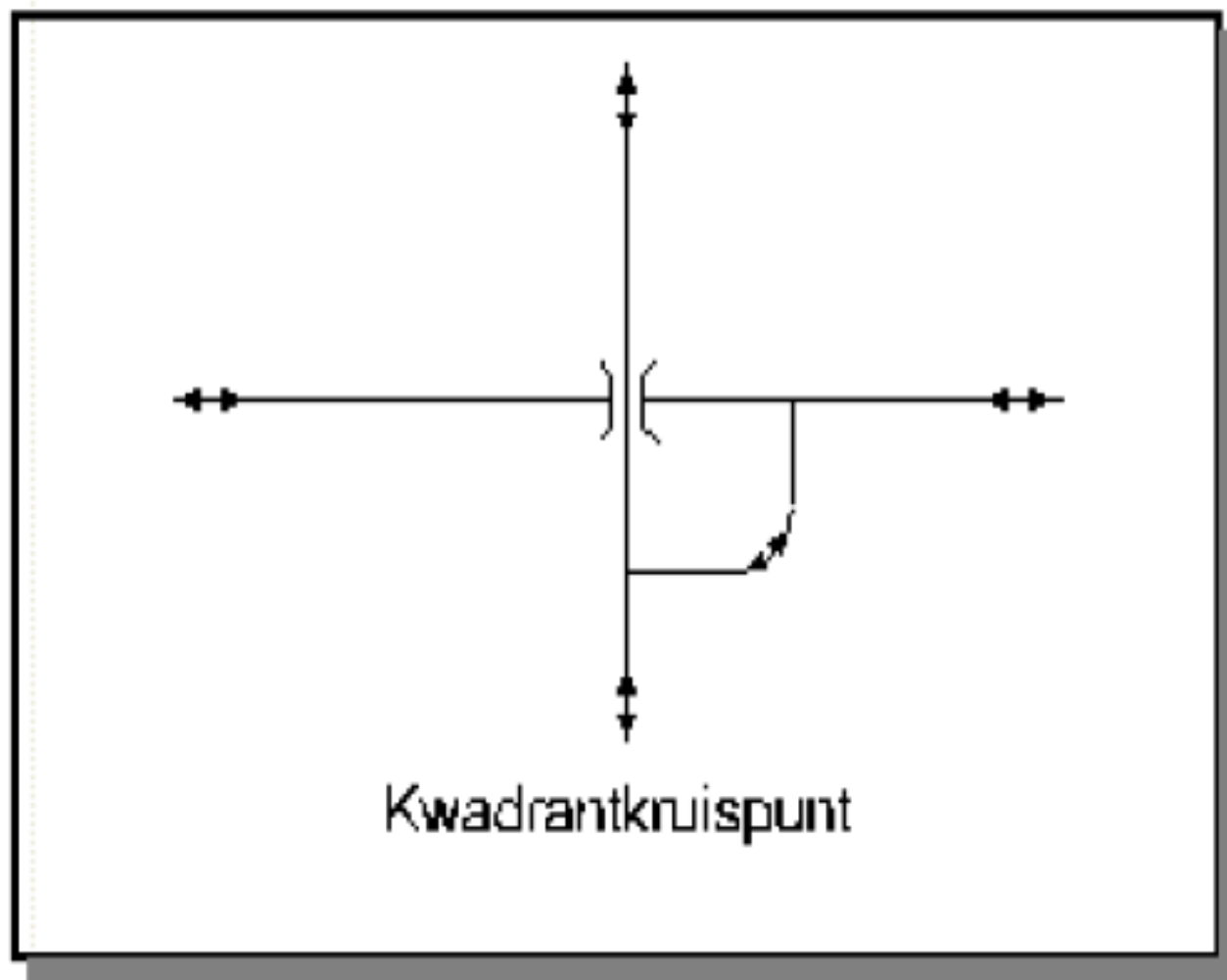


Krimpenervaardkruispunt

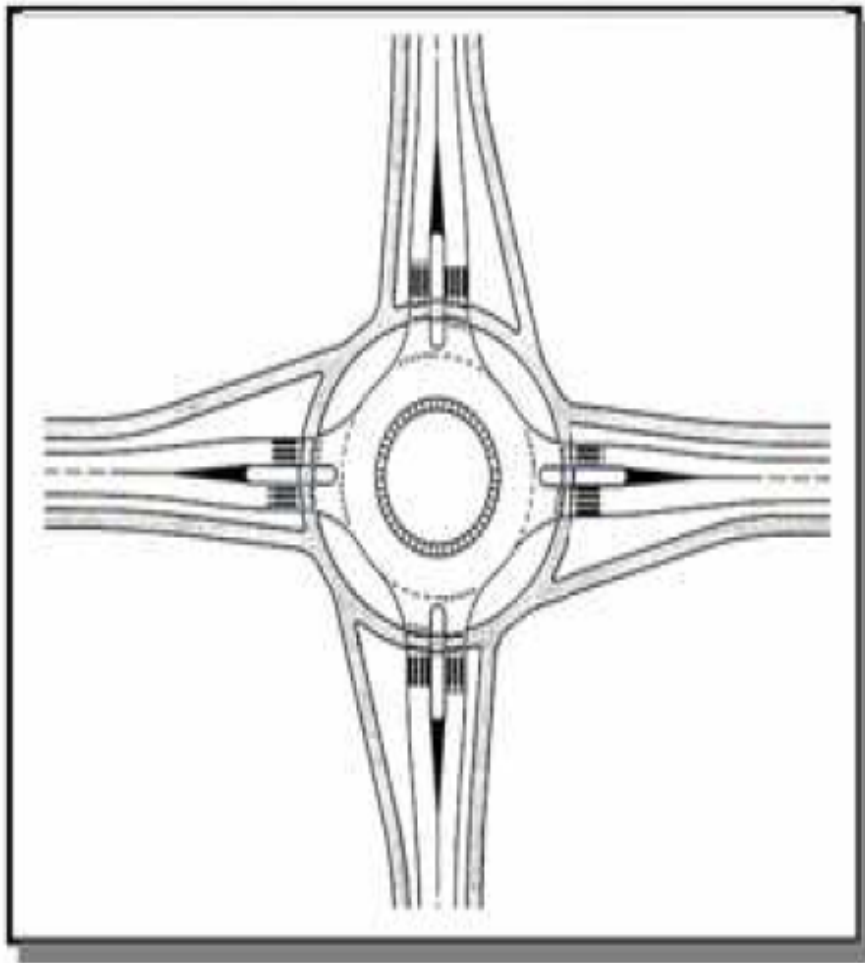


Quatre-Braskruispunt

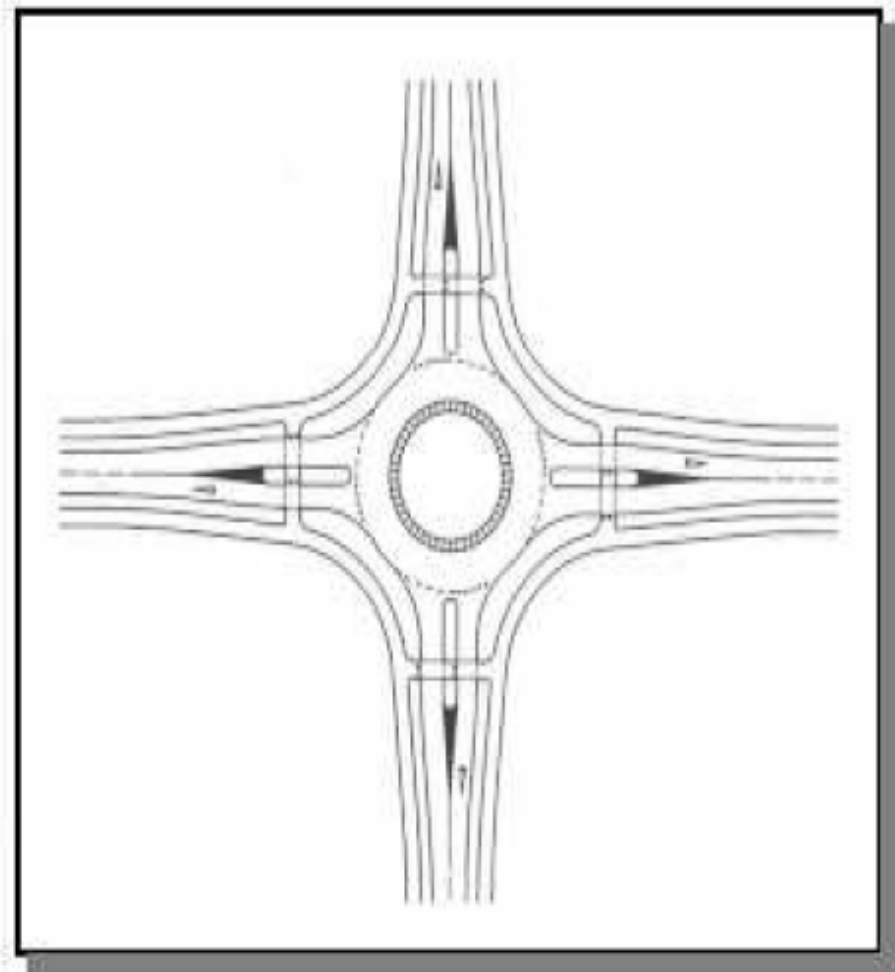
FIGUUR 3.23: KRUISPUNT TYPE 4



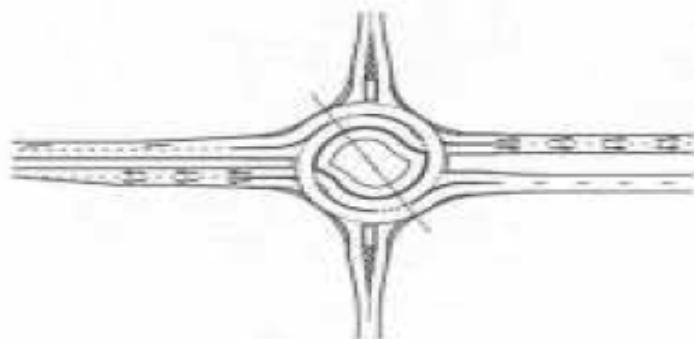
FIGUUR 3.24: KRUISPUNT TYPE 5



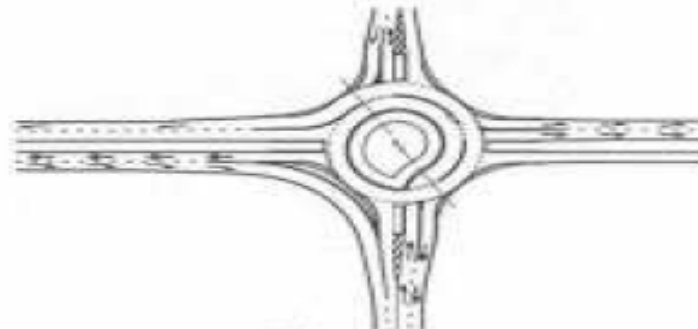
FIGUUR 3.25: ROTONDE MET VRIJLIGGEND FIETSPAD
MET VOORRANG VOOR DE FIETS



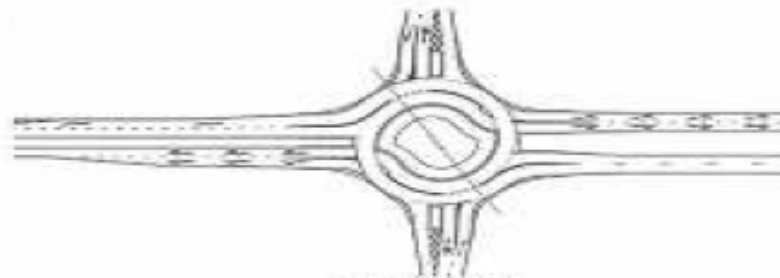
FIGUUR 3.26: ROTONDE MET VRIJLIGGEND FIETSPAD
MET VOORRANG VOOR DE AUTO



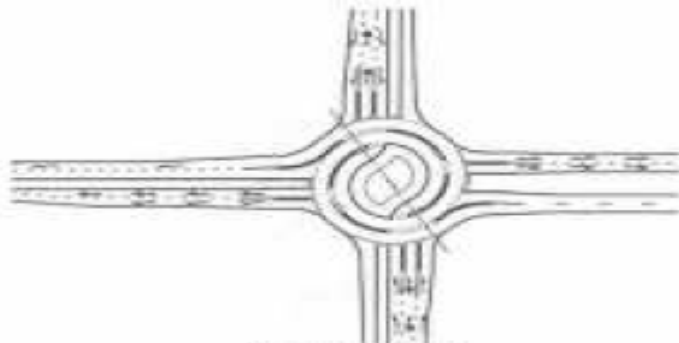
Eirotonde



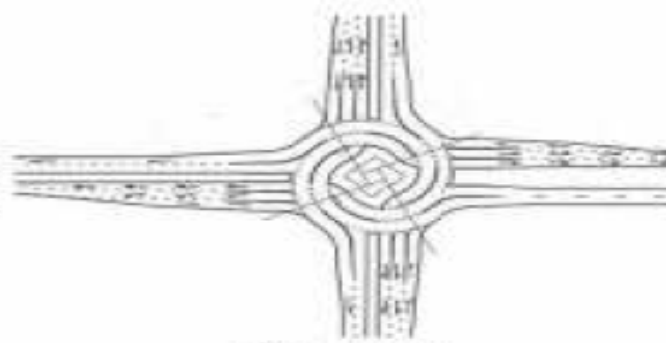
Knierotonde



Turborotonde

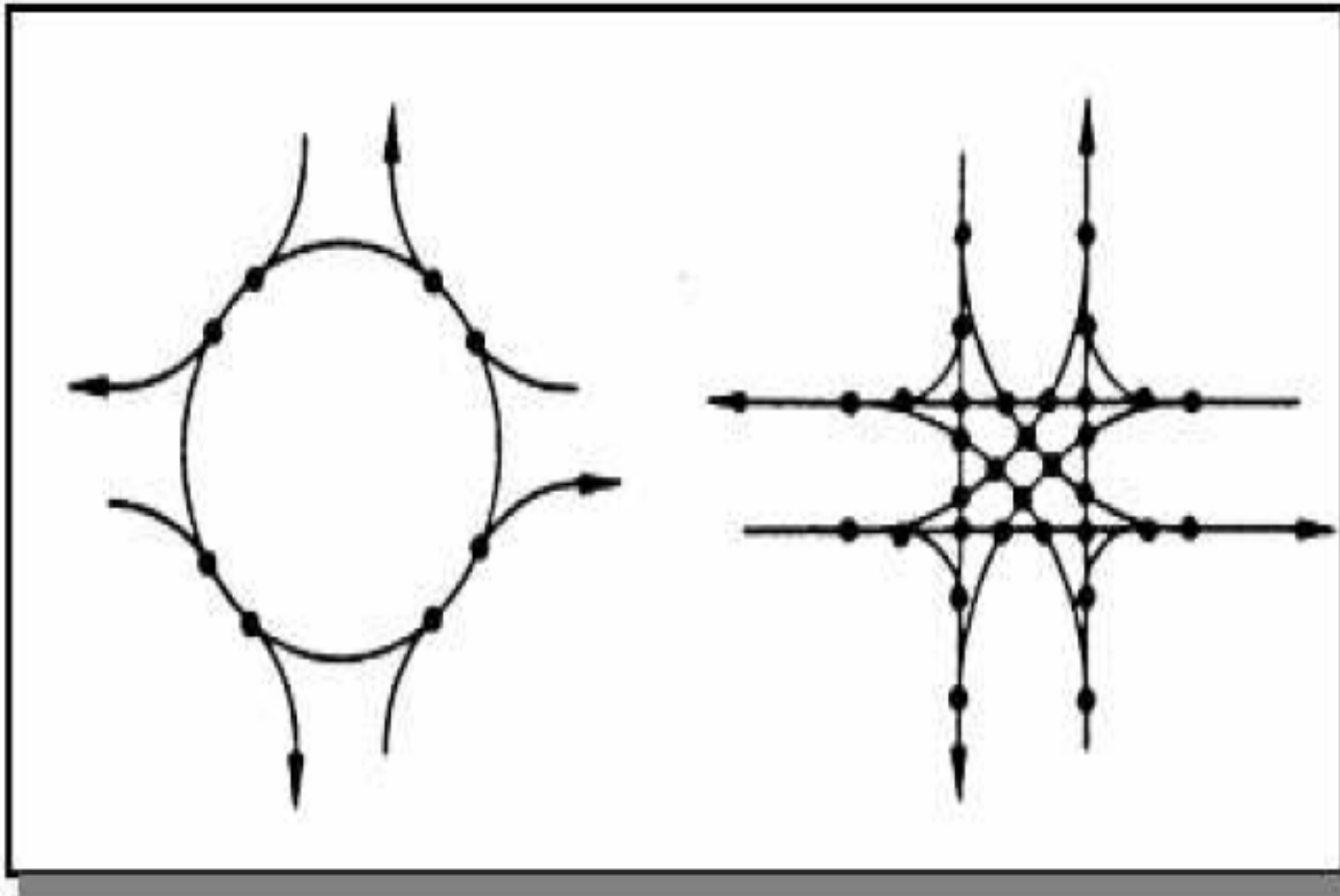


Spiraaltrotonde



Rotorrotonde

FIGUUR 3.31: VARIANTEN VAN DE TURBOROTONDE



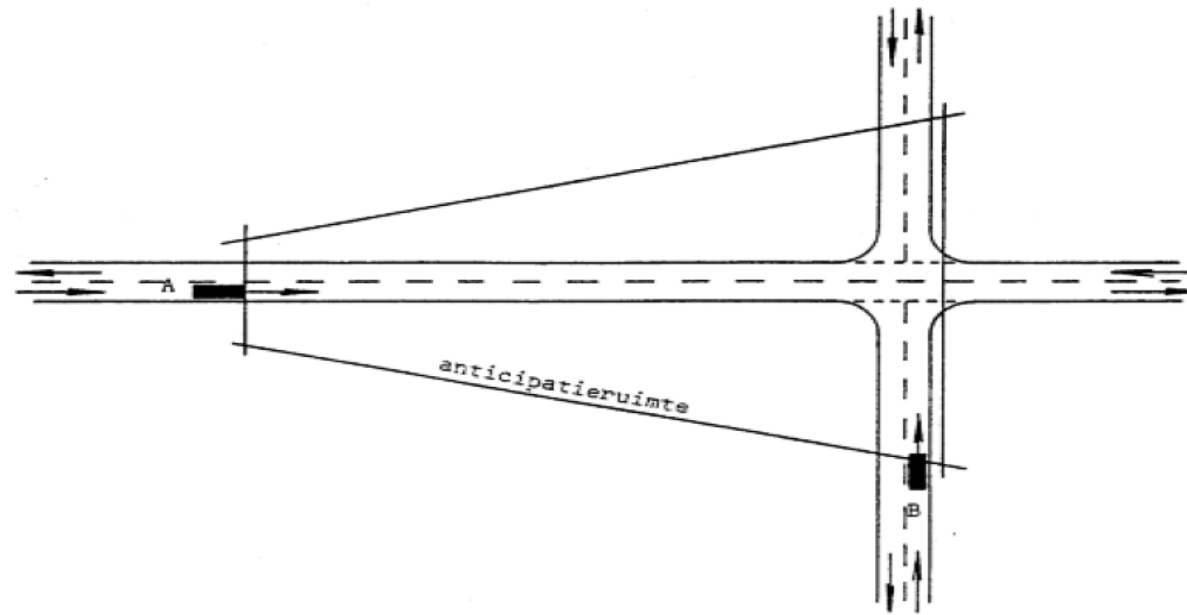
FIGUUR 3.33: CONFLICTPUNTEN OP ENKELSTROOKSROTONDES EN KRUISPUNTEN

Ontwerpvariabelen [m]	enkelstrooks- rotonde	tweestrooks- rotonde
binnendiameter	13 – 30	24- 80
buitendiameter	25 - 40	44 - 108
rijbaanbreedte	5 - 6	9 - 11
breedte overrijdbare strook	2 - 3	5 *)
afrondingsboog toerit	10 - 14	10 - 100
afrondingsboog afrit	10 - 14	12 - 100
rijstrookbreedte toerit, afrit	3,0 - 4,0	3,0 - 4,5
breedte middengeleider	2 - 5	1,6 - 18
afstand oversteekplaats	5 - 10	5 - 10

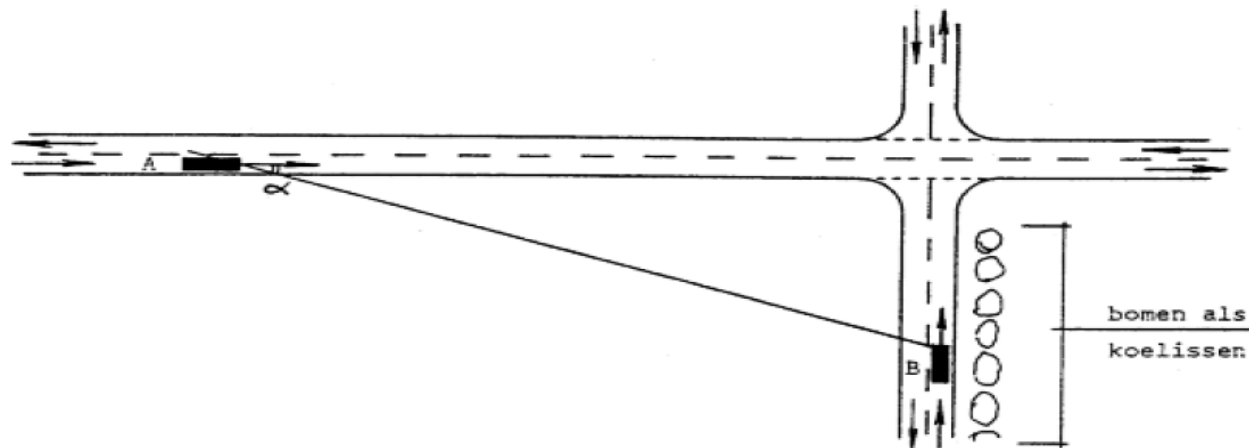
TABEL 3.16: AANBEVOLEN WAARDEN VOOR HET ONTWERP VAN ROTONDES

V_{ontw} [km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100
Oprijzicht [m]	50	60	75	100	125	150	200	250

TABEL 3.17: OPRIJZICHT VANAF DE ZIJWEG IN RELATIE TOT DE SNELHEID OP DE HOOFDWEG



FIGUUR 3.35: ANTICIPATIERUIMTE VAN HET VOERTUIG A OP DE HOOFDWEG



FIGUUR 3.36: ANTICIPATIERUIMTE TUSSEN CONFLICTERENDE VOERTUIGEN OP EEN KRUISPUNT