



Vlaanderen
is veilig onderweg

© Agentschap Wegen en Verkeer, fotografie: Kris Van De Sande

Vademecum weginfrastructuur (VWI) deel Vlaamse hoofdwegen

AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER

Uitgegeven door	Agentschap Wegen en Verkeer (AWV)
Informatie	Team Veiligheid en Ontwerp Expertisecentrum Agentschap Wegen en Verkeer wegenenverkeer.be ec@mowvlaanderen.be
Opdrachtnemer	MINT-Infranea Joris De Vadder (Projectleider verkeersplanning MINT) Kim D'hont (Projectmedewerker verkeersplanning MINT) Jaap de Boer (Operationeel Directeur Infranea) Marcel Garsthagen (Ontwerpleider / Sr. Ontwerper Infranea)
Datum	1/8/2024
Status	Finaal
Versienummer	1.1
Stuurgroep	Kristof Mollu (Expertisecentrum, AWV) Niels Janssen (Expertisecentrum, AWV) Liessa Iliens (Expertisecentrum, AWV)
Goedgekeurd door	Directieraad dd. 2 mei 2024
Depotnummer	D/2024/3241/104

Colofon.....	3
Inhoud.....	5
Lijst figuren.....	11
Lijst tabellen.....	13
Voorwoord.....	15
1 Inleiding - Vademecum en beleid.....	17
1.1 Opbouw van het vademecum.....	17
1.2 Visie op dit vademecum.....	18
2 Wegennetwerk.....	19
2.1 Selectie hoofdweg.....	19
2.2 Inrichtingsprincipes hoofdweg.....	20
2.2.1 Europese hoofdweg.....	20
2.2.1.1 Basisprincipes van Europese hoofdweg.....	20
2.2.1.2 Ambities van Europese hoofdweg.....	20
2.2.2 Vlaamse hoofdweg.....	21
2.2.2.1 Basisprincipes van Vlaamse hoofdweg.....	21
2.2.2.2 Ambities van Vlaamse hoofdweg.....	22
2.3 Trans-Europees vervoersnetwerk.....	23
3 Traject.....	25
3.1 Ontwerpsnelheid.....	25
3.1.1 Definities.....	25
3.1.1.1 V_{85} -snelheid.....	25
3.1.1.2 Ontwerpsnelheid.....	25
3.1.1.3 Toegelaten snelheid.....	25
3.1.2 Toepassing van ontwerpsnelheden.....	26
3.1.2.1 Standaardwaarden ontwerpsnelheid hoofdbanen.....	26
3.1.2.2 Standaardwaarden ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen.....	27
4 Tracé.....	29
4.1 Rijbaantypes.....	29
4.2 Knooppunten.....	30
4.3 Op -en afrittencomplexen.....	31
4.3.1 Configuraties aansluitingscomplexen.....	31
4.3.1.1 Hollands complex.....	32
4.3.1.2 Halfklaverbladaansluiting.....	32
4.3.1.3 Gecombineerde oplossingen.....	33
4.3.2 Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet.....	34
4.3.3 Structuur Vlaamse hoofdweg ter hoogte van de kruising met een onderliggende weg.....	34
4.3.3.1 Zicht.....	34
4.3.3.2 Acceleratie en deceleratie.....	34
4.3.3.3 Wegbeeld.....	34

4.3.4	Afwikkeling op de aansluiting.....	36
4.3.4.1	Structuur van de aansluiting (ligging op- en afritten).....	36
4.3.4.2	Vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet.....	36
4.3.4.3	Ontwerp van de op- en afritten.....	36
4.3.4.4	Lengte van de afrit.....	36
4.3.4.5	Het voorzien van voorsorteerstroken.....	37
4.3.5	Inpassing van de aansluiting.....	37
4.3.5.1	Ruimtelijke inpasbaarheid.....	37
4.3.5.2	Inpasbaarheid in lengterichting.....	37
4.4	Verkeerslichtengeregeld kruispunt.....	38
4.4.1	Lichtenregeling.....	38
4.4.1.1	Type lichtenregeling.....	38
4.4.1.2	Maximaal conflictvrij.....	39
4.4.1.3	Doorstroming openbaar vervoer.....	39
4.4.1.4	Doorstroming hulpdiensten.....	39
4.4.1.5	Capaciteit.....	40
4.4.2	Ontwerp kruispunt.....	40
4.4.2.1	Configuratie.....	40
4.4.2.2	Lengte afslagstrook.....	41
4.4.2.3	Rijstrookbeëindiging stroomafwaarts van het kruispunt.....	42
4.4.2.4	Rijstrookbeëindiging stroomopwaarts van het kruispunt.....	43
4.4.2.5	Afslagstrook zonder rijstrookbeëindiging aan het kruispunt.....	43
4.4.2.6	Busbaan.....	44
4.4.3	Geometrie.....	44
4.4.3.1	Algemeen.....	44
4.4.3.2	Breedte opstelstroken.....	45
4.4.3.3	Aansluitbochten.....	45
4.4.3.4	Middenberm.....	46
4.4.3.5	Asverschuiving.....	46
4.5	Rotonde.....	47
4.5.1	Eenstrooksrotonde.....	47
4.5.1.1	Ontwerpelementen.....	48
4.5.1.2	Verbanden tussen de ontwerpelementen.....	50
4.5.1.3	Passeersnelheid.....	51
4.5.1.4	Capaciteit.....	51
4.5.2	Turborotonde.....	53
4.5.2.1	Ontwerpelementen.....	53
4.5.2.2	Passeersnelheid.....	55
4.5.2.3	Capaciteit.....	55
4.6	Bypass.....	56
4.6.1	Toepassingsgebied.....	56
4.6.2	Verschijningsvormen.....	56
4.6.3	Ontwerp.....	56
4.6.4	Bypass en actieve weggebruikers.....	56
4.7	Oversteekvoorzieningen.....	59
4.7.1	Ongelijkvloerse oversteekplaats.....	59
4.7.2	Verkeerslichtengeregeld kruispunt.....	59
4.7.3	Rotonde.....	59
4.7.4	Turborotonde.....	59
4.8	Verzorgingsplaatsen langs Vlaamse hoofdweg.....	60
4.7.5	Solitaire oversteekvoorzieningen.....	60

5	Wegvak	61
5.1	Zicht	61
5.1.1	Zichtcriteria	62
5.1.1.1	Zichtlengte	62
5.1.1.2	Opbouw zichtlengte	63
5.1.2	Anticipatiezicht	63
5.1.2.1	Definitie	63
5.1.2.2	Opbouw zichtlengte	63
5.1.2.3	Maatgevende situatie	65
5.1.2.4	Minimale zichtlengte	65
5.1.3	Wegverloopzicht	66
5.1.3.1	Definitie	66
5.1.3.2	Opbouw zichtlengte	66
5.1.3.3	Maatgevende situatie	66
5.1.3.4	Minimale zichtlengte	67
5.1.4	Stopzicht	67
5.1.4.1	Definitie	67
5.1.4.2	Opbouw zichtlengte	67
5.1.4.3	Maatgevende situatie	68
5.1.4.4	Minimale zichtlengte	68
5.1.5	Waarnemen, inschatten en herkennen van horizontale bogen	69
5.1.5.1	Zicht op invoegend of wevend verkeer	72
5.1.5.2	Zicht op een rijstrookbeëindiging	73
5.1.5.3	Zicht op (een wachtrij aan) een kruispunt	73
5.2	Horizontaal alignement	74
5.2.1	Horizontale rechtstand	74
5.2.1.1	Functie	74
5.2.1.2	Ontwerpparameters	74
5.2.2	Horizontale boog	75
5.2.2.1	Functie	75
5.2.2.2	Ontwerpparameters	75
5.2.2.3	Minimale booglengte	75
5.2.2.4	Minimale boogstralen hoofdbanen	75
5.2.2.5	Minimale boogstralen op- en afritten	76
5.2.3	Overgangsboog	79
5.2.3.1	Functies	79
5.2.3.2	Functies	79
5.2.3.3	Toepassing	80
5.2.3.4	Ontwerpeisen	81
5.3.1	Verticale rechtstand	83
5.3.1.1	Functies	83
5.3.1.2	Ontwerpparameters	83
5.3	Verticaal alignement	83
5.3.2	Topboog	85
5.3.2.1	Functies	85
5.3.2.2	Ontwerpparameters	85
5.3.3	Voetboog	86
5.3.3.1	Functies	86
5.3.3.2	Standaardwaarden voetboog	86
5.3.4	Opeenvolging van bogen	87

5.4	Dwarsprofiel.....	88
5.4.1	Bouwwrije strook.....	88
5.4.2	Indeling en maatvoering dwarsprofiel.....	88
5.4.2.1	Profiel van minimumruimte.....	88
5.4.2.2	Profiel van vrije ruimte.....	90
5.4.3	Rijbaan.....	92
5.4.3.1	Rijstrook.....	92
5.4.3.2	Rijstrook- en langsmarkeringen.....	94
5.4.3.3	Bochtverbreding.....	94
5.4.4	Verharde zijstrook.....	95
5.4.4.1	Redresseerstrook.....	96
5.4.4.2	Pechstrook.....	96
5.4.4.3	Overrijdbare berm.....	97
5.4.5	Vergevingsgezindheid.....	97
5.4.5.1	Concept vergevingsgezindheid.....	97
5.4.5.2	Veiligheidsstrook algemeen.....	98
5.4.5.3	Dimensionering veiligheidsstrook.....	98
5.4.6	Wegberm.....	99
5.4.6.1	Middenberm.....	99
5.4.6.2	Buitenberm.....	102
5.4.7	Talud.....	103
5.4.7.1	Neergaand talud.....	104
5.4.7.2	Opgaand talud.....	105
5.4.7.3	Waterpartijen (grachten, vijvers ..).....	106
5.4.8	Andere voorwerpen versus vergevingsgezindheid.....	107
5.4.9	Pechhaven.....	107
5.4.10	Busbaan.....	108
5.4.11	Bushalte.....	109
5.4.12	Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering.....	111
5.4.12.1	Standaard dwarshelling.....	111
5.4.12.2	Verkanting.....	111
5.4.12.3	Verkantingsovergang.....	112
5.4.12.4	Ruimtelijke helling.....	115
5.4.12.5	Afwatering.....	116
5.4.13	Wegbeeld.....	118
5.4.13.1	Voetbogen bij onsamenvangend wegbeeld.....	119
5.4.13.2	Ruimtelijk alignement.....	119
5.4.13.3	Fouten in het ruimtelijk alignement.....	122
6	Discontinuïteiten.....	127
6.1	Algemene ontwerpparameters discontinuïteiten.....	128
6.1.1	Acceleratielengte.....	128
6.1.1.1	Situering acceleratielengte.....	128
6.1.1.2	Berekening acceleratielengte.....	129
6.1.1.3	Acceleratielengte bij groot aandeel vrachtverkeer.....	129
6.1.2	Deceleratielengte.....	129
6.1.2.1	Situering deceleratielengte.....	130
6.1.2.2	Berekening deceleratielengte.....	130
6.1.2.3	Aandachtspunt afwatering.....	131
6.1.3	Puntstuk.....	132
6.1.4	Gaping.....	133
6.2	Invoeging.....	134
6.2.1	Onderdelen.....	134
6.2.1.1	Toeleidende rijbaan.....	134
6.2.1.2	Puntstuk.....	134
6.2.1.3	Invoegstrook.....	134

6.2.2 Invoeging gecombineerd met busbaan.....	135
6.3 Uitvoeging.....	136
6.3.1 Onderdelen.....	136
6.3.1.1 Uitvoegstrook.....	136
6.3.1.2 Puntstuk.....	136
6.3.1.3 Afbuigende rijbaan.....	136
6.3.2 Standaardoplossingen.....	137
6.3.3 Uitvoeging gecombineerd met busbaan.....	137
6.4 Weefvak.....	138
6.4.1 Gelijkwaardigheid van de verkeersstromen.....	138
6.4.2 Standaardoplossingen.....	139
6.5 Rijstrookbeëindiging.....	141
6.6 Rijstrookvermeerdering.....	142
7 Wegaanhorigheden.....	143
7.1 Afscherpende constructies.....	144
7.2 Bewegwijzering, bebording en bebakening.....	144
7.2.1 Bewegwijzering.....	144
7.2.1.1 Functies.....	144
7.2.1.2 Aspecten.....	144
7.2.2 Bebording.....	145
7.2.2.1 Functies.....	145
7.2.2.2 Aspecten.....	145
7.2.3 Bebakening.....	145
7.2.3.1 Horizontale bebakening.....	146
7.2.3.2 Verticale bebakening.....	146
7.2.4 Signaleren van bochten.....	146
7.3 Openbare verlichting.....	147
7.4 Dynamische signalisatievoorzieningen.....	147
7.4.1 Functies.....	147
7.4.2 Aspecten.....	147
7.5 Geluidswerende constructies.....	148
7.6 Verkeersregelinstallaties.....	148
7.5.1 Functies.....	148
7.5.2 Aspecten.....	148
8 Tunnels.....	149
8.1 Verschillen tussen tunnels en standaard open wegvakken.....	150
8.1.1 Brandveiligheid en kans op filevorming.....	150
8.1.2 Dwarsprofiel.....	150
8.1.2.1 Aparte voertuigkokers.....	151
8.1.2.2 Rijstrook.....	151
8.1.2.3 Pechstrook.....	151
8.1.2.4 Veiligheidsstrook.....	151
8.1.2.5 Redresseerstrook.....	152
8.1.2.6 Pechhaven.....	152
8.1.2.7 Ruimtereservering voor personen die hun voertuig verlaten bij brand.....	152
8.1.2.8 Calamiteitendoorsteek in middenberm.....	153
8.1.3 Verticaal profiel van vrije ruimte.....	153
8.1.4 Zichtlengte.....	153
8.1.5 Horizontaal alignement.....	154
8.1.5.1 Horizontale rechtstand.....	154
8.1.5.2 Horizontale bogen.....	154

8.1.6 Verticaal alignement.....	156
8.1.6.1 Verticale bogen.....	156
8.1.6.2 Langshelling en verticale rechtstand.....	157
8.1.7 Convergentie- en divergentiepunten	158
8.1.8 Verkeerslichtengeregelde kruispunten en rotondes.....	158
8.2 Wegbeeld	159
8.2.1 De samengestelde boog.....	159
8.2.2 Overgang van de open naar de gesloten situatie	159
8.2.3 Omgeving van de tunnelingang en -uitgang.....	159
Begrippenlijst	161
Afkortingenlijst	165
Referentielijst	166

Lijst figuren

figuur 1: Benadering wegontwerp van grof naar fijn.....	17
figuur 2: Selectie Europese en Vlaamse hoofdwegen (principeel goedgekeurd door Vlaamse Regering op 7/6/24).....	20
figuur 3: TEN-V netwerk Vlaanderen (versie 2014).....	23
figuur 4: Overzicht rijbaantypes.....	29
figuur 5: Verknopingen Vlaamse hoofdweg (niet-limitatief).....	30
figuur 6: Hollands complex.....	32
figuur 7: Halfklaverbladaansluiting.....	33
figuur 8: Gecombineerde oplossing.....	33
figuur 9: Configuratie van de aansluiting van de op- en afritten op het onderliggende wegennet.....	35
figuur 10: Configuratie verkeerslichtengeregeld kruispunt.....	40
figuur 11: Lengte afslagstrook.....	42
figuur 12: Rijstrookbeëindiging stroomafwaarts van het kruispunt.....	42
figuur 13: Rijstrookbeëindiging stroomopwaarts van het kruispunt.....	43
figuur 14: Afslagstrook zonder rijstrookbeëindiging.....	43
figuur 15: Busbaan met onderbroken lijn (F17) thv kruispunt.....	44
figuur 16: Busbaan met volle lijn (F18) thv kruispunt.....	44
figuur 17: Aansluitbochten.....	45
figuur 18: Ontwerpelementen rotonde.....	48
figuur 19: Onderlinge samenhang tussen buitenstraal, binnenstraal en rijbaanbreedte.....	50
figuur 20: Bepaling schaal rijcurve op rotonde.....	51
figuur 21: Bepalende conflicten.....	52
figuur 22: Voorbeeld turborotonde.....	53
figuur 23: Positie translatie-as.....	54
figuur 24: Verschijningsvormen bypass.....	57
figuur 25: Gelijkvloerse oversteekplaats in de bypass met VRI.....	57
figuur 26: Gelijkvloerse oversteekplaats in de bypass met VRI.....	58
figuur 27: Zichtafstanden in horizontale bogen met zichtbelemmerend voorwerp.....	64
figuur 28: Schematisering zichtlengte wegverloopzicht.....	66
figuur 29: Schematisering zichtlengte stopzicht.....	67
figuur 30: Schematiseringen voor bepaling stopzicht in horizontale bogen met een zichtbelemmerend voorwerp.....	71
figuur 31: Schematisering zicht op invoegend verkeer.....	72
figuur 32: Toelaatbare stralen bij opeenvolgende gelijkgerichte horizontale bogen in niet-hoofdbanen (rijrichting van R_1 naar R_2).....	78
figuur 33: Standaard clothoïde.....	80
figuur 34: Overgangsbogen in verschillende situaties.....	81
figuur 35: Langshelling, hellingspercentage, hellingslengte.....	83
figuur 36: Opbouw dwarsprofiel: voorbeeld 2x2 (links) en voorbeeld 2x1 (rechts).....	89
figuur 37: Objectafstanden.....	91
figuur 38: Maatvoering 2x2 wegprofiel (1 rijrichting, zonder pechstrook).....	92
figuur 39: Maatvoering 2x1 wegprofiel (1 rijrichting, met pechstrook).....	92
figuur 40: Maatvoering 2x1 wegprofiel (1 rijrichting, zonder pechstrook).....	93
figuur 41: Geleidelijke opbouw bochtverbreding in overgangsboog.....	95
figuur 42: Dwarsprofiel met minimale pechstrookbreedte.....	96
figuur 43: Dwarsprofiel met bredere pechstrook ivf een toekomstige volwaardige rijstrook.....	97
figuur 44: Veiligheidsstrook.....	98
figuur 45: Buitenberm zonder obstakels in de veiligheidsstrook bij een ontwerpsnelheid van 90 km/h.....	102
figuur 46: Neergaand talud 12,5% of flauwer zonder pechstrook maar met redresseerstrook en overrijdbare berm (geen obstakel).....	104
figuur 47: Neergaand talud tussen 12,5% en 25% met pechstrook.....	105
figuur 48: Neergaand talud steiler dan 25% als obstakel zonder pechstrook met redresseerstrook.....	105
figuur 49: Opgaand talud 25% of flauwer zonder pechstrook maar met redresseerstrook en overrijdbare berm (geen obstakel).....	106
figuur 50: Opgaand talud steiler dan 25% als obstakel zonder pechstrook met redresseerstrook.....	106
figuur 51: Pechhaven op Vlaamse hoofdwegen indien er geen pechstrook is.....	107
figuur 52: Pechhaven langs busbaan op Vlaamse hoofdwegen.....	108
figuur 53: Dwarsprofiel busbaan.....	108

figuur 54: Bushalte langs Vlaamse hoofdwegen 90 km/h.....	109
figuur 55: Bushalte langs Vlaamse hoofdwegen 90 km/h.....	109
figuur 56: Bushalte ter hoogte van een lichtengeregeld kruispunt.....	110
figuur 57: Bushalte ter hoogte van een rotonde.....	110
figuur 58: Cirkelvormige verkantingsfiguur (geschematiseerd).....	112
figuur 59: Verkantingsovergang met illustratie van gebruikte symbolen en begrippen.....	114
figuur 60: Situering kolken.....	117
figuur 61: Horizontale knik.....	123
figuur 62: Verticale knik.....	123
figuur 63: Horizontale S-vorm.....	124
figuur 64: Verticale S-vorm met langshelling $\geq 0,5\%$	124
figuur 65: Dubbele horizontale S-vorm.....	125
figuur 66: Dubbele verticale S-vorm.....	125
figuur 67: Acceleratielengte.....	128
figuur 68: Deceleratielengte.....	130
figuur 69: Dimensionering puntstuk.....	133
figuur 70: Gaping.....	133
figuur 71: Standaard invoeging.....	134
figuur 72: Invoeging gecombineerd met busbaan.....	135
figuur 73: Standaardoplossingen éénstrookse uitvoeging.....	137
figuur 74: Uitvoeging gecombineerd met busbaan.....	137
figuur 75: Enkele schematische voorbeelden weefvak.....	138
figuur 76: Standaardoplossing rijstrookbeëindiging bij ontwerpsnelheid > 50 km/h.....	141
figuur 77: Standaardoplossing rijstrookvermeerdering.....	142
figuur 78: Dwarsprofiel tunnel 2 rijstroken.....	150
figuur 79: Dwarsprofiel tunnel 1 rijstrook.....	151
figuur 80: Niet verhoogd vluchtpad aan linkerzijde tunnel.....	152
figuur 81: Verhoogd vluchtpad aan linkerzijde indien geen vluchtkokervoorzien is.....	153
figuur 82: Zichtbeperking (stopzicht) in horizontale boog in een tunnel.....	154
figuur 83: Schematiseringen voor bepaling anticipatiezicht.....	155
figuur 84: Schematiseringen voor bepaling wegverloopzicht.....	155
figuur 85: Schematiseringen voor bepaling stopzicht.....	155
figuur 86: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog.....	157
figuur 87: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog met kleine booglengte.....	157

Lijst tabellen

tabel 1: Snelheidsbeperkingen wegcode (buiten bebouwde kom).....	26
tabel 2: Ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen.....	27
tabel 3: Standaardmaat ontwerpelementen rotonde.....	48
tabel 4: Overzicht maatgevende zichtlengte per zichtcriterium bij hellingspercentage van 0%.....	62
tabel 5: Minimale zichtlengte anticipatiezicht.....	65
tabel 6: Minimale zichtlengte wegverloopzicht.....	67
tabel 7: Minimale zichtlengte stopzicht bij een langshellingspercentage van 0%.....	69
tabel 8: Minimale zichtlengte (m) stopzicht (niet afgeronde waardes) bij verschillende standaardwaardes van hellingspercentages	69
tabel 9: Standaardwaardes voor zicht op een krappe horizontale boog op doorgaande weg	70
tabel 10: Minimale horizontale boogstralen bij kans op zichtproblemen.....	71
tabel 11: Standaardwaarden zichtlengte ten behoeve van zicht op invoegend of wevend verkeer	73
tabel 12: Standaardwaarden voor zicht op een rijstrookbeëindiging.....	73
tabel 13: Minimale en maximale lengte horizontale rechtstand	74
tabel 14: Minimale booglengte.....	75
tabel 15: Minimale horizontale boogstraal in hoofdbanen.....	76
tabel 16: Dwarswrijvingscoëfficiënten f_d	76
tabel 17: Minimale horizontale boogstraal niet-hoofdbanen in relatie tot de verkanting	77
tabel 18: Bovengrenzen toepassing overgangsboog.....	80
tabel 19: Richtwaarden clothoïdeparameter A.....	81
tabel 20: $C_{\text{toelaatbaar}}$	82
tabel 21: Richtwaarden maximale hellingspercentages en hellingslengtes bij verticale rechtstand	85
tabel 22: Waarden van parameters voor topbogen.....	85
tabel 23: Minimale boogstralen topboog.....	86
tabel 24: Gewenste en minimale waarden voetboog.....	86
tabel 25: Minimale waarden voetboog in onderdoorgangen op basis van comfort	87
tabel 26: Horizontale minimumruimte	89
tabel 27: Verticale minimumruimte.....	90
tabel 28: Horizontale objectafstanden	90
tabel 29: Verticaal profiel van vrije ruimte.....	91
tabel 30: Standaard rijstrookbreedte	92
tabel 31: Standaard rijstrookbreedtes invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook, afslagstrook,	94
tabel 32: Breedte langsmarkering	94
tabel 33: Minimale bochtverbreding per rijstrook.....	95
tabel 34: Kans op het bereiken van de tegengestelde rijrichting.....	100
tabel 35: Minimum breedte veiligheidsstrook ter hoogte van de middenberm.....	100
* onder een moeilijk overrijdbare scheiding wordt bijvoorbeeld een licht verhoogde boordsteen verstaan die inhalen ontmoedigt maar die bij calamiteiten overreden kan worden	101
tabel 36: Veiligheidsstrook middenberm.....	101
tabel 37: Minimum breedte veiligheidsstrook buitenberm op doorgaande wegvakken.....	102
tabel 38: Veiligheidsstrook buitenberm	103
tabel 39: Standaard dwarshelling.....	111
tabel 40: Maximale verkanting in bogen.....	111
tabel 41: Ondergrens relatieve helling	113
tabel 42: Bovengrens relatieve helling.....	114
tabel 43: Grenswaarden ruimtelijke helling (de waarden voor de ondergrens van de ruimtelijke helling zijn niet van toepassing binnen verkantingsovergangen).....	115
tabel 44: Grenswaarden ruimtelijke helling afhankelijk van de langshelling.....	116
tabel 45: Voetbogen hoofdbanen ter voorkoming van knik in wegbeeld	119
tabel 46: Toepassingen van gecombineerd horizontaal en verticaal alignement	120
tabel 47: Acceleratielengtes bij verschillend hellingspercentage	129
tabel 48: Deceleratielengte L_{d1} bij verschillend hellingspercentage (scenario 1).....	131
tabel 49: Deceleratielengte L_{d2} bij verschillend hellingspercentage (scenario 2).....	131
tabel 50: Lengtes van invoegstrook	134

tabel 51: Standaardlengtes van éénstrooks uitvoeging.....	137
tabel 52: Indiatieve weefvaklengte bij 15% vrachtverkeer per ontwerpsnelheid	140
tabel 53: Minimumlengtes asymmetrische weefvakken per ontwerpsnelheid.....	140
tabel 54: Dimensionering rijstrookbeëindiging.....	141
tabel 55: Dimensionering verbreding met rijstrookvermeerdering.....	142
tabel 56: Standaard maatgevende parameters voor de bepaling van horizontale boogstralen.....	155
tabel 57: Aanbevolen maximale hellingslengte bij verticale rechtstand, afhankelijk van het hellingspercentage.....	158



Voorwoord

Het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) staat in voor het beheer, het onderhoud en de optimalisatie van circa 7 000 km gewestwegen en autosnelwegen in Vlaanderen. Een veilige, duurzame en betrouwbare mobiliteit voor alle weggebruikers staat hierin centraal, reeds van in het begin van het ontwerpproces.

De richtlijnen uit dit vademecum zijn van toepassing op alle Vlaamse hoofdwegen. Indien de Vlaamse hoofdweg wordt ingericht als een Europese hoofdweg, zijn de inrichtingsprincipes uit het [“Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel Europese hoofdwegen”](#) van toepassing.

Dit vademecum legt een hoge norm op voor het ontwerp. Op deze manier worden maximale vrijheidsgraden voor de toekomst gehanteerd om een robuust en veerkrachtig netwerk in stand te houden.

De brochure [“Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen”](#) vormt de start voor de opmaak van dit vademecum. Deze brochure fungeert als een visiedocument voor de inrichting van het robuust wegennet met betrekking tot de Europese en de Vlaamse hoofdwegen. Om een gelijkaardig ontwerp vademecum te maken voor de Vlaamse hoofdwegen is het bestaande VWI deel Europese hoofdwegen aangepast en omgevormd naar het niveau van de Vlaamse hoofdweg. Dit proces is begeleid door een werkgroep die bestond uit vertegenwoordigers van het AWV, De Lijn, De Werkvennootschap (DWV) en Lantis.

Dit is de eerste versie van het vademecum. Het document kwam tot stand met de medewerking van MINT-Infranea. In de toekomst zullen regelmatig updates gepubliceerd worden. Opmerkingen en vragen kunnen in tussentijd via mail bezorgd worden aan het Expertisecentrum van het Agentschap Wegen en Verkeer (ec@mowvlaanderen.be).

1 Inleiding - Vademecum en beleid

Het doel van dit vademecum is het verzamelen van alle ontwerprichtlijnen voor het geometrisch ontwerp van Vlaamse hoofdwegen. Een Vlaamse hoofdweg kan ingericht worden als een Europese hoofdweg / autosnelweg of als een pure Vlaamse hoofdweg / niet-autosnelweg. In het eerste geval zijn de richtlijnen uit het "Vademecum weginfrastructuur (VWI) deel Europese hoofdwegen" van toepassing. Voorliggend vademecum behandelt de inrichting als een pure Vlaamse hoofdweg of niet-autosnelweg.

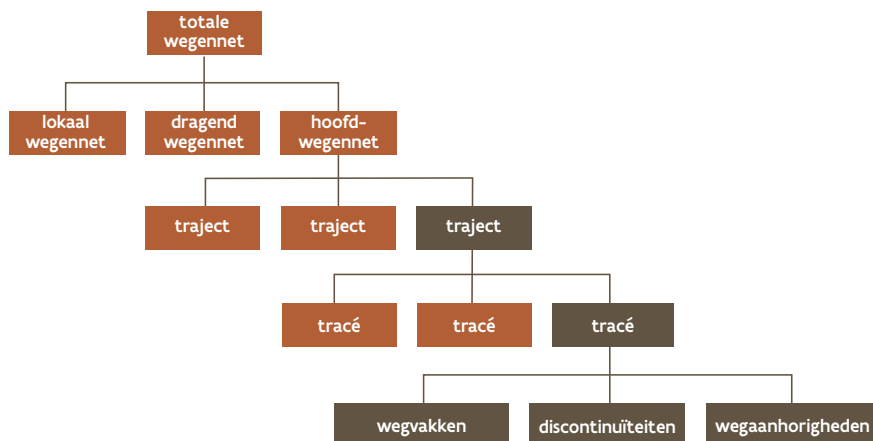
In het vademecum wordt voor alle ontwerpcomponenten een ondubbelzinnige standaardmaatvoering gekozen. Het toepassen van deze standaardmaatvoering voor de verschillende ontwerpcomponenten moet leiden tot een integraal en kwalitatief wegontwerp dat in zijn geheel voldoet aan de gewenste basiskwaliteit. De achterliggende theorieën en onderbouwingen worden weergegeven voor zover nodig geacht om dit vademecum efficiënt te gebruiken en zonder in te gaan op de theoretische onderbouwing van formules. Het vademecum beschrijft de standaardrichtlijnen voor een kwalitatieve infrastructuur. De richtlijnen zijn geen bindende normen, maar moeten beschouwd worden als aanbevelingen en denkkaders voor kwaliteitsvolle infrastructuur waarbinnen de ontwerper zijn keuzes kan motiveren. Bij het herinrichten van bestaande wegvakken zullen de richtlijnen uit dit vademecum zoveel als mogelijk worden gevolgd. Lokale omstandigheden kunnen ertoe leiden dat er van bepaalde principes kan worden afgeweken. We streven echter steeds een veilige, betrouwbare en duurzame infrastructuur en verkeersafwikkeling na. Bij het opstellen van dit vademecum is gekozen voor een beleidsneutraal vademecum, geoptimaliseerd vanuit de speerpunten verkeersveiligheid, betrouwbaarheid en leesbaarheid van de weg.

1.1 Opbouw van het vademecum

Zowel in de ontwikkelingsfase als in de realisatiefase van nieuw aan te leggen infrastructuur hebben de functies, aspecten en elementen van een project onderlinge relaties. Deze worden bepaald en omschreven van grof naar fijn, zoals weergegeven in volgende benadering:

- het totale wegennetwerk;
- het hoofdwegennet als onderdeel van het totale wegennet;
- een traject: een weg als onderdeel van het hoofdwegennet;
- een tracé: een deel van het traject als onderdeel van het totale traject;
- een wegvak: een deel van het tracé als onderdeel van het totale tracé;
- een discontinuïteit: het raakvlak tussen verschillende wegvakken;
- de wegaanhorigheden.

Een schematische weergave van deze benadering is weergegeven in onderstaande figuur.



figuur 1: Benadering wegontwerp van grof naar fijn

De indeling in hoofdstukken van dit vademecum is opgevat in overeenstemming met hoger vermelde benadering van grof naar fijn.

- Wegennetwerk
- Traject
- Tracé
- Wegvak
- Discontinuïteiten
- Wegaanhorigheden
- Tunnels

1.2 Visie op dit vademecum

Het uitgangspunt bij het opstellen van dit vademecum is het voorschrijven van een basiskwaliteit. Om deze basiskwaliteit te realiseren is een ontwerp nodig dat de volgende aspecten waarborgt:

- Gewenste verkeersveiligheid
- Gewenste betrouwbaarheid en doorstroming met aandacht voor het openbaar vervoer en de hulpdiensten
- Gewenste leesbaarheid van de weg
- Beperking filekans
- Waarborging kwaliteit omgeving

Het vademecum heeft diverse doelgroepen en moet ten dienste staan van beleidsmakers, verkeerskundigen, opdrachtgevers, wegontwerpers en verkeersveiligheidsauditors. Voor beleidsmakers biedt het vademecum een ondersteuning en vormt het een referentiekader wanneer beleidskeuzes gemaakt moeten worden. Aan verkeerskundigen verschaft dit vademecum inzicht in de relatie tussen verkeersveiligheid en doorstroming enerzijds en de geometrie van de weg anderzijds. Voor opdrachtgevers, wegontwerpers en verkeersveiligheidsauditors is dit vademecum een gemeenschappelijk referentiewerk.

Inhoudelijk vormt het vademecum een richtlijn waarin alle ontwerpcomponenten aan bod komen in verhouding tot hun complexiteit en belang. De ondergrens van de technische basiskwaliteit wordt helder vastgelegd zodat enerzijds de ontwerpvrijheid van de ontwerper niet onnodig wordt beperkt en anderzijds geen vrije interpretatie ontstaat van de ontwerpvoorschriften ervan. Het vademecum fungeert ook als maatstaf voor het verifiëren van het ontwerp en voor de validatie ervan.

2 Wegennetwerk

De Vlaamse Regering besloot in het Regeerakkoord 2019-2024 om een nieuwe wegencategorisering in te voeren. Het nieuwe netwerkconcept gaat uit van een multimodale benadering en is robuust, vlot in alle omstandigheden, meer samenhangend en werkt met eenvoudige benamingen. Voor de hoofdwegen en dragende wegen wordt er afgestapt van een boomstructuur maar wordt er gewerkt met rasters en mazen.

Binnen de nieuwe wegencategorisering wordt er een onderscheid gemaakt in drie hiërarchische lagen:

- Hoofdwegennet: Europese hoofdwegen (EHW) & Vlaamse hoofdwegen (VHW)

De Europese hoofdwegen vormen een zelfstandig grofmazig raster van verbindingswegen. De Europese hoofdwegen zijn drager van internationaal verkeer en verbinden de internationale knooppunten met het buitenland. De Europese hoofdwegen behoren tot het Europese TEN-V-netwerk. De Vlaamse hoofdwegen zijn verbindingen tussen de Europese hoofdwegen. Ze vormen op zich geen zelfstandig netwerk, maar verfijnen samen met de Europese hoofdwegen een raster van hoofdwegen. Vlaamse hoofdwegen kunnen deel uitmaken van het Europese TEN-V-netwerk.

- Dragend wegennet: Regionale wegen (RW) & Interlokale wegen (IW)

Het dragende netwerk kan bij capaciteitsproblemen op het hoofdwegennet ingeschakeld worden om het hoofdwegennet te ondersteunen, waarbij de lokale wegen vrij van doorgaand verkeer blijven. De regionale wegen vormen verbindingen tussen gemeenten onderling en het hoofdwegennet enerzijds en tussen het hoofdwegennet en de regionale logistieke knopen anderzijds. De interlokale wegen verbinden niet-aanpalende gemeenten. Ze ontsluiten belangrijke recreatieve en economische attractiepolen.

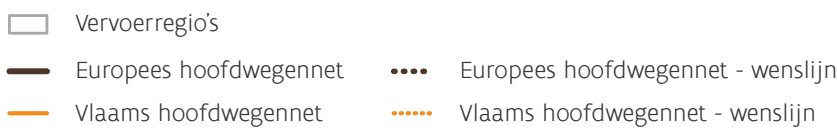
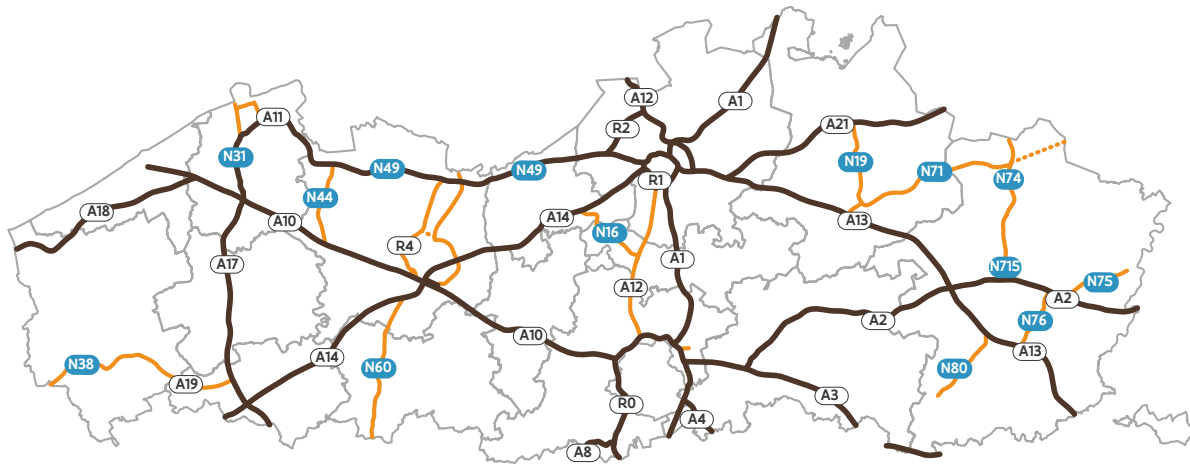
- Lokaal wegennet: Lokale ontsluitingswegen (OW) & Lokale erftoegangswegen (EW)

De lokale wegen hebben geen verbindingsfunctie. Ze ontsluiten aanpalende gemeenten voor elkaar. Ze ontsluiten het gebied tussen de wegen die de Vlaamse Regering selecteert binnen de hoofdwegen of het dragend net, of functioneren als erftoegangswegen. De lokale wegen vormen boomstructuren.

2.1 Selectie hoofdwegen

Voor elke wegencategorie heeft één overheidsniveau de formele taak de selectie te bepalen. Een andere overheid heeft steeds een adviserende rol. Voor de Europese en Vlaamse hoofdwegen maakt de Vlaamse Regering een voorstel op en legt ze de uiteindelijke indeling vast. De vervoerregioraden, waarin alle lokale besturen vertegenwoordigd zijn, hebben een adviserende rol. De gemeenten hebben via de vervoerregio's enkel een adviserende rol.

De Vlaamse Regering heeft de ontwerpselectie van het hoofdwegennet in Vlaanderen vastgesteld op 15 juli 2022. Deze selectie is ter advies voorgelegd aan de vervoerregioraden. Na het advies van de vervoerregioraden zijn er enkele wijzigingen ten opzichte van ontwerpselectie gebeurd. Dit resulteert in Figuur 2. De Vlaamse Regering heeft bij de publicatie van dit vademecum de selectie van het hoofdwegennet en het dragend wegennet principieel goedgekeurd op 7 juni 2024. De definitieve goedkeuring zal in principe niets meer veranderen aan onderstaande figuur.



figuur 2: Selectie Europese en Vlaamse hoofdwegen (principeel goedgekeurd door Vlaamse Regering op 7/6/24)

2.2 Inrichtingsprincipes hoofdwegen

De brochure "[Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen](#)" fungeert als een visiedocument voor de inrichting van het robuust wegennet met betrekking tot de Europese en de Vlaamse hoofdwegen. In het document worden de basisprincipes en ambities vastgelegd voor de inrichting van het hoofdwegennet.

2.2.1. Europese hoofdwegen

2.2.1.1. Basisprincipes van Europese hoofdwegen

- Europese hoofdwegen worden ingericht als een autosnelweg met gescheiden rijrichtingen en met een pechstrook en pechhavens.
- Europese hoofdwegen zijn ontworpen voor gemotoriseerd verkeer.
- Het aantal aansluitingen op Europese hoofdwegen blijft beperkt.
- Kruispunten op Europese hoofdwegen zijn uitsluitend ongelijkvloers.
- De ontwerpsnelheid op hoofdbanen van Europese hoofdwegen bedraagt 120 km/h.
- Langs Europese hoofdwegen wordt een bouwrijpe strook voorzien.

2.2.1.2. Ambities van Europese hoofdwegen

- Europese Hoofdwegen worden ontworpen rekening houdend met de kwaliteit van de omgeving.
- Er is een vlotte doorstroming van het openbaar vervoer op Europese hoofdwegen.
- De filekans op Europese hoofdwegen is beperkt.

Meer informatie over de inrichting van Europese hoofdwegen kan worden teruggevonden in de brochure "[Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen](#)" en in het "[Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel Europese hoofdwegen](#)".

2.2.2. Vlaamse hoofdwegen

Voor de inrichting van een Vlaamse hoofdweg kan er gekozen worden om deze in te richten als een Europese hoofdweg en dan zijn de inrichtingsprincipes uit [hoofdstuk "2.2.1. Europese hoofdwegen"](#) en de ontwerprichtlijnen uit het ["Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel Europese hoofdwegen"](#) van toepassing. Of er kan gekozen worden om onderstaande inrichtingsprincipes en ambities toe te passen.

2.2.2.1. Basisprincipes van Vlaamse hoofdwegen

- Vlaamse hoofdwegen worden ingericht als een weg met gescheiden rijrichtingen zonder toegang tot aanpalende eigendommen en met een passeermogelijkheid in geval van calamiteiten.

Een VHW is minimaal een 2x1 (of meer) openbare weg waarop aanpalende eigendommen geen uitweg hebben en waarbij de rijrichtingen via een voldoende brede middenberm of fysiek van elkaar gescheiden zijn.

Indien er zich een calamiteit voordoet, dienen 2 voertuigen elkaar te kunnen kruisen. Dit kan door:

- ofwel het voorzien van een pechstrook;
- ofwel door een voldoende brede redresseerstrook en eventueel overrijdbare berm aan te bieden zodat het gemotoriseerd verkeer kan kruisen. Hierdoor bedraagt de verhardingsbreedte bij een 2x1 VHW per rijrichting minstens 6 m.

- Vlaamse hoofdwegen zijn ontworpen voor gemotoriseerd verkeer.

Een VHW is een openbare weg die speciaal is ontworpen voor het verkeer met motorvoertuigen (zijnde vrachtverkeer, autoverkeer en motorrijders). Ter hoogte van de kruispunten houdt het ontwerp - in functie van het gekozen kruispunttype - wel rekening met niet-gemotoriseerd verkeer.

Indien er een fietsverbinding noodzakelijk is, gekoppeld aan een VHW, dan wordt dit als een parallelvoorziening uitgevoerd. Parallelvoorzieningen bestaan uit fietswegen die op een sterke manier afgescheiden zijn van de rijbaan.

- Het aantal aansluitingen op Vlaamse hoofdwegen blijft beperkt.

De hoofdbaan van een VHW staat in voor een goede doorstroming en homogeniteit van het doorgaand verkeer. Het ontwerp moet daarom voorzien in een voldoende continuïteit. De uitwisseling van het verkeer op de hoofdbaan met het onderliggende wegennet of met een andere VHW leidt tot turbulentie in de verkeersstroom en mogelijk tot snelheidsverschillen. Om de doelstellingen te garanderen, wordt het aantal aansluitingen beperkt gehouden waarbij een tussenafstand van minimaal ca. 670 m de streefwaarde is (minder dan 1,5 toegangspunt per km).

- De ontwerpsnelheid op hoofdbanen van Vlaamse hoofdwegen bedraagt 90 km/h.

De ontwerpsnelheid is de gekozen voertuigsnelheid die maatgevend is voor de dimensionering van de weg en de ontwerpelementen. De toegelaten snelheid of maximumsnelheid is de hoogste snelheid die op een wegvak of op een bepaald gedeelte van een wegvak is toegestaan. De toegelaten snelheid kan lager ingesteld worden dan de ontwerpsnelheid.

De ontwerpsnelheid (v_0) van hoofdbanen op de VHW is één stap lager dan op EHW en bedraagt bijgevolg 90 km/h.

- Kruispunten op Vlaamse hoofdwegen zijn ongelijkvloers, verkeerslichtengeregeld of ontworpen als een rotonde.

Het kruisen van een VHW met een verbinding voor niet gemotoriseerd verkeer gebeurt ongelijkvloers of via een verkeersregelininstallatie (maximaal conflictvrij).

De uitwisseling van verkeer tussen een VHW en een andere weg kan via verschillende manieren gebeuren:

- ofwel via een knooppunt/verkeerswisselaar of via een op- en afrittencomplex (voorkeur);
- ofwel via een verkeersregelininstallatie waarbij de conflicten maximaal conflictvrij worden geregeld;
- ofwel via een rotonde.

- Langs Vlaamse hoofdwegen wordt een bouwrijpe strook voorzien.
Voor de VHW die op basis van de wet van 12 juli 1956 tot vaststelling van het statuut der autosnelwegen bij de categorie autosnelwegen werden ingedeeld, geldt er een wettelijke bouwrijpe strook. Wat in die bouwrijpe stroken ondanks het principiële bouwverbod kan of moet worden toegestaan in het kader van een vergunningsaanvraag van een aangelande, wordt geregeld in het Besluit van de Vlaamse Regering betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen van 25 januari 2019. Dit BVR is een direct werkende norm waarop AWW zich in haar advies kan baseren, en waarmee de vergunningverlener rekening moet houden.

2.2.2.2. Ambities van Vlaamse hoofdwegen

- Vlaamse hoofdwegen worden ontworpen rekening houdend met de kwaliteit van de omgeving.
Bij het ontwerp van VHW worden de 10 kernkwaliteiten van de strategische visie van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen toegepast. Op die manier wordt bijgedragen aan de kwaliteit van de omgeving.
De 10 kernkwaliteiten kunnen telkens gebiedsgericht voor elk ontwerp vertaald worden door ambities of uitdagingen te formuleren. De omgeving waarin men ontwerpt zal hierbij een bepalende factor zijn. Enkele relevante kernkwaliteiten (niet exhaustief) zijn:
 - Gezondheid: bij het ontwerp moet maximaal getracht worden om emissies (geluid en lucht) aan de bron te beperken en moet getracht worden om overdracht van emissies naar de omgeving te beperken. Dit kan bijvoorbeeld door o.a. toepassing van een stille wegverharding, een aangepaste (lagere) snelheid, aanleg van geluidsbermen, geluidschermen, gerichte ondertunneling/overkapping (hierbij moet rekening gehouden worden met de locatie van de tunnelmonden i.f.v. luchtkwaliteit en geluid) en de inplanting van het traject (voldoende afstand tot woningen en andere gevoelige functies ...).
 - Waardering van erfgoed en de karakteristieken van het landschap: het ontwerp gebeurt met respect voor het onroerend erfgoed, de karakteristieken van het landschap en de cultuurhistorische waarden.
 - Biodiversiteit, ecologische samenhang en bodemkwaliteit: het ontwerp dient rekening te houden met biodiversiteit, ecologische samenhang en bodemkwaliteit. Dit kan bijvoorbeeld door het voorzien in behoud van ecologisch functioneren zoals ecoducten en ontsnipperende maatregelen.
- Er is een vlotte doorstroming van het openbaar vervoer op Vlaamse hoofdwegen.
Het ontwerp garandeert voor het kernnet en het aanvullend net een vlotte doorstroming van het openbaar vervoer om een hoge betrouwbaarheid en efficiënte dienstverlening aan de reiziger aan te bieden.
- De filekans op Vlaamse hoofdwegen is beperkt.
Naast een ontwerpsnelheid, die omwille van veiligheidsredenen bepalend is, wordt er een ambitieniveau opgenomen voor wat betreft de filekans. Op VHW wordt - net zoals bij de EHW - gestreefd naar een gemiddelde afwikkelingssnelheid van 70 km/h tijdens de ochtendspits en een reistijdverhouding van maximaal 1,5 (dit is de verhouding tussen de freeflow-reistijd en de gemiddelde reistijd tijdens de ochtendspits). Het ambitieniveau op VHW die deel uitmaken van een ringweg, is een reistijdverhouding van maximaal 2 tijdens de ochtendspits.

3 Traject

Het hoofdwegennetwerk kan verdeeld worden in verschillende trajecten. Bij die verdeling wordt rekening gehouden met de (grote) doorgaande stromen zodat een traject een belangrijke doorgaande route voor grote aandelen verkeer omvat.

De keuzes op netwerkniveau gelden als randvoorwaarden voor het trajectniveau. Het trajectniveau is het meest gedetailleerde beleidsniveau en geldt daarmee als basis voor het ontwerpproces dat van toepassing is op het onderliggende detailniveau, met name het tracéniveau. De belangrijkste (beleids)variabelen op trajectniveau zijn:

- Ontwerpsnelheid
- (Locatie van) aansluitingen op het onderliggende wegennet

Het is van belang om op trajectniveau na te denken over de ontwerpplicaties van beleidsmatige keuzes voor een traject.

3.1 Ontwerpsnelheid

3.1.1 Definities

3.1.1.1 v_{85} -snelheid

De v_{85} -snelheid komt overeen met de 85-percentiel snelheid. Dit is de snelheid die door 85% van de bestuurders niet wordt overschreden in normale weersomstandigheden. Ze weerspiegelt de snelheid die een ruime meerderheid (85%) van bestuurders als redelijk en veilig beschouwt in ideale omstandigheden.

3.1.1.2 Ontwerpsnelheid

De ontwerpsnelheid (v_o) is de gekozen voertuigsnelheid die maatgevend is voor de dimensionering van de weg en de ontwerpelementen. De ontwerpsnelheid moet een afspiegeling zijn van de snelheid die de meeste bestuurders bij een bepaald wegontwerp van nature kiezen, met name de v_{85} -snelheid.

3.1.1.3 Toegelaten snelheid

De toegelaten snelheid of maximumsnelheid (v_{max}) is de hoogste snelheid die op een (gedeelte van een) wegvak is toegestaan. De toegelaten snelheid kan lager ingesteld worden dan de ontwerpsnelheid. Dit kan bijvoorbeeld wenselijk zijn vanwege omgevingsaspecten (stedelijk gebied, milieu) en/of op locaties met veel turbulenties in de verkeersstroom of veel vrachtverkeer.

Er sprake is van een verkeersveilig ontwerp indien het verschil tussen de toegelaten snelheid en de v_{85} niet meer dan 10 km/h bedraagt. Dit verschil van 10 km/h is de bovengrens.

3.1.2 Toepassing van ontwerpsnelheden

In de wegcode zijn voor bepaalde wegtypes snelheidsbeperkingen opgenomen. Een Vlaamse hoofdweg ligt in principe buiten de bebouwde kom. De snelheidsbeperkingen buiten de bebouwde kom zijn in onderstaande tabel weergegeven. Wanneer een verkeersbord een snelheidsbeperking aangeeft, zijn deze algemene regels niet meer van toepassing. Voor autobussen en autocars geldt er op bepaalde wegtypes een andere snelheid dan weergegeven in de tabel.

type verbindingsweg	MTM ≤ 3,5t	3,5t < MTM ≤ 7,5t	MTM > 7,5t
autosnelwegen (afgebakend door F5/F7)	120	90	90
wegen met ten minste 2 rijstroken per richting, met fysiek gescheiden rijrichtingen	120	90	90
wegen met ten minste 2 rijstroken per richting, met door wegmarkeringen gescheiden rijrichtingen	70	70	60
wegen met ten minste 2 rijstroken per richting, met door wegmarkeringen gescheiden rijrichtingen, met een verkeersbord C43 "90"	90	90	90
andere wegen	70	70	60
andere wegen, met een verkeersbord C43 "90"	90	90	60

tabel 1: Snelheidsbeperkingen wegcode (buiten bebouwde kom)

Voor de ontwerpsnelheid van Vlaamse hoofdwegen wordt onderscheid gemaakt in hoofdbanen enerzijds en niet-hoofdbanen (op- en afritten en bypassen) anderzijds.

De volgende ontwerpsnelheden worden onderscheiden:

- 90 km/h
- 70 km/h
- 50 km/h
- 30 km/h

3.1.2.1 Standaardwaarden ontwerpsnelheid hoofdbanen

De ontwerpsnelheid in Vlaanderen van de hoofdbanen op Vlaamse hoofdwegen is 90 km/h. Deze ontwerpsnelheid van 90 km/h laat toe dat de maximale vrijheidsgraden voor de toekomst gegarandeerd blijven en zorgt voor een uniform wegbeeld binnen een traject.

Afwijken van de ontwerpsnelheid van 90 km/h kan op basis van:

- Verkeersveiligheid: ter hoogte van kruispunten, punctuele omstandigheden ...
- Functionaliteit, homogeniteit, vergevingsgezindheid en herkenbaarheid
- Functie/belang van het traject of knooppunt in het nationale wegennet
- Emissies (geluid en lucht) op het traject.

Indien een Vlaamse hoofdweg wordt ontworpen aan een hogere ontwerpsnelheid dan 90 km/h geldt het ["Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel Europese hoofdwegen"](#).

3.1.2.2 Standaardwaarden ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen

De categorie niet-hoofdbanen omvat op- en afritten en bypassen (zie [hoofdstuk "4.1 Rijbaantypes"](#)).

Op- en afritten en bypassen gelegen aan Vlaamse hoofdwegen krijgen de categorie van de onderliggende wegen. Wanneer op meerdere onderliggende wegen wordt aangesloten, geldt de categorie van de hoogst gerangschikte onderliggende weg.

ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen	
op- en afrit (km/h)	bypass (km/h)
70 / 50	50 / 30

tabel 2: Ontwerpsnelheid niet-hoofdbanen

De ontwerpsnelheid van een op- of afrit bedraagt in functie van de specifieke situatie 70 of 50 km/h. Voor de ontwerpsnelheden van op- en afritten wordt verwezen naar de stappentheorie (zie [hoofdstuk "5.2.2.5 Minimale boogstralen op- en afritten"](#)). De ontwerpsnelheid dient aan te sluiten bij het alignement en ondersteunt de inpasbaarheid van compacte knooppuntoplossingen in een dichtbebouwde omgeving. Het geeft de weggebruiker na de uitvoeging en voor de invoeging de mogelijkheid om de voertuigsnelheid geleidelijk aan te passen en het vermindert het risico op kop-staartbotsingen. Voor een bypass geldt een ontwerpsnelheid van 50 of 30 km/h.

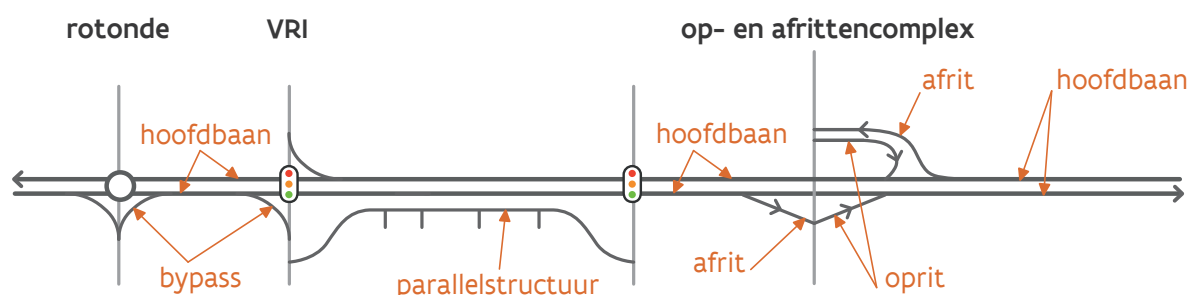
4 Tracé

Dit hoofdstuk omvat een omschrijving van de verschillende types (rijbanen binnen de) wegvakken, kruispunten en aansluitingen. Het ontwerp op hoofdlijnen van kruispunten en aansluitingen komt eveneens aan bod.

4.1 Rijbaantypes

Er zijn verschillende rijbaantypes te onderscheiden, zoals weergegeven in onderstaande figuur. De te onderscheiden rijbanen bij een Vlaamse hoofdweg zijn:

- Een hoofdbaan: een rijbaan voor de rechtdoorgaande verkeersstromen die voor continuïteit zorgt.
- Een parallelstructuur: een structuur evenwijdig aan een hoofdbaan die percelen gelegen naast de hoofdbaan ontsluit zonder het verkeer op de hoofdbaan te hinderen. Er geldt vaak tweerichtingsverkeer op de parallelstructuur en de aansluiting met de Vlaamse hoofdweg gebeurt in hoofdzaak via een kruispunt. Ter hoogte van een dergelijk kruispunt dient de parallelstructuur zich op vrij grote afstand van de hoofdbaan te bevinden, afhankelijk van de normale wachtrijlengte voor dat kruispunt, om die wachtrij niet te onderbreken. Een dergelijke parallelstructuur maakt geen deel uit van de Vlaamse hoofdweg en krijgt de categorie van de onderliggende weg. Het ontwerp van de parallelstructuur maakt daarom geen deel uit van dit vademecum.
- Een oprit of afrit: een verbindingsweg tussen de Vlaamse hoofdweg en het onderliggend wegennet, vaak ter hoogte van een ongelijkvloerse kruising.
- Een bypass: een verbindingsweg ter hoogte van een kruispunt (lichtengeregeld of rotonde) die rechts afslaand verkeer afwikkelt buiten het kruispunt.



figuur 4: Overzicht rijbaantypes

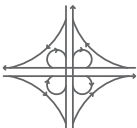
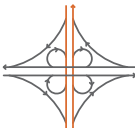
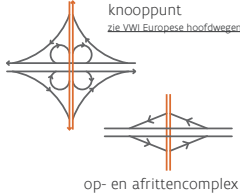
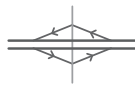
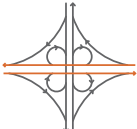
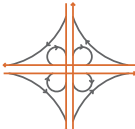
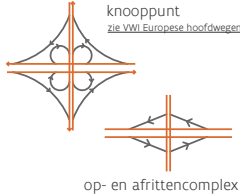
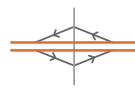
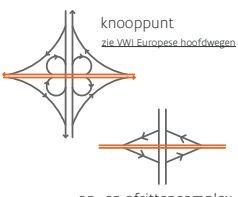
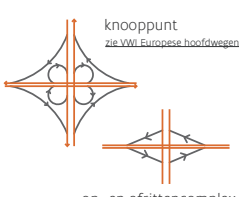
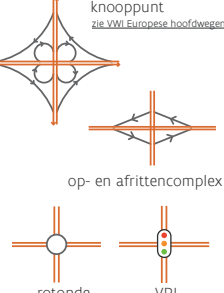
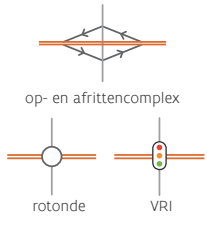
De hoofdbaan van de Vlaamse Hoofdweg staat in voor een goede doorstroming en homogeniteit van het doorgaand verkeer. Het ontwerp moet voorzien in een zo groot mogelijke continuïteit. De uitwisseling van het verkeer op de hoofdbaan met het onderliggend wegennet of met andere hoofdweges leidt tot turbulentie in de verkeersstroom en mogelijk tot snelheidsverschillen.

Discontinuïteiten zijn overgangen tussen de verschillende types rijbanen. Zij vormen een belangrijk aandachtspunt in het ontwerp van een Vlaamse hoofdweg omdat ze een grote invloed hebben op de verkeersveiligheid en de doorstroming.

4.2 Knooppunten

Een knooppunt of verkeerswisselaar is een ongelijkvloers kruispunt van twee verschillende hoofdwegen waartussen uitwisseling mogelijk is.

De gangbare types van kruisingen met Vlaamse hoofdwegen zijn in onderstaande figuur weergegeven. Niet alle aansluitingsvormen zijn hierin opgenomen. De verschijningsvorm is afhankelijk van de locatie, beschikbare ruimte, verkeersintensiteiten... In overleg met het team Veiligheid en Ontwerp van AWW zijn andere verschijningsvormen mogelijk.

	EHW	VHW		Onderliggende weg
		ingericht als EHW	ingericht als VHW	
EHW	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p>	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p>	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p> <p>op- en afrittencomplex</p>	 <p>op- en afrittencomplex</p>
ingericht als EHW	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p>	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p>	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p> <p>op- en afrittencomplex</p>	 <p>op- en afrittencomplex</p>
VHW	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p> <p>op- en afrittencomplex</p>	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p> <p>op- en afrittencomplex</p>	 <p>knooppunt zie VWI Europese hoofdwegen</p> <p>op- en afrittencomplex</p> <p>rotonde</p> <p>VRI</p>	 <p>op- en afrittencomplex</p> <p>rotonde</p> <p>VRI</p>

figuur 5: Verknopingen Vlaamse hoofdweg (niet-limitatief)

Voor kruisingen van een Vlaamse hoofdweg en een Europese hoofdweg zijn de ontwerprichtlijnen uit hoofdstuk 4.2 van het ["Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel Europese hoofdwegen"](#) van toepassing. Op het niveau van een Vlaamse hoofdweg wordt een knooppunt of verkeerswisselaar toegepast tussen twee Vlaamse hoofdwegen of tussen een Vlaamse en Europese hoofdweg. De ontwerprichtlijnen uit hoofdstuk 4.2 van het ["Vademecum weginfrastructuur \(VWI\) deel Europese hoofdwegen"](#) zijn dan van toepassing.

Bij de kruising van twee Vlaamse hoofdwegen gaat de voorkeur uit naar een knooppunt aangezien dit de doorstroming verzekert voor de beide Vlaamse hoofdwegen. In tweede instantie kan men opteren voor een ongelijkvloerse oplossing voor één van de twee Vlaamse hoofdwegen, waarbij de uitwisseling van verkeer ongelijkvloers verloopt voor de Vlaamse hoofdweg met de hoogste doorstromingsprioriteit. De op- en afritten sluiten aan op de andere Vlaamse hoofdweg via een verkeerslichtengeregeld kruispunt of (turbo)rotonde. De laatste mogelijkheid bestaat uit een volledige gelijkvloerse verknoping via een verkeerslichtengeregeld kruispunt of een (turbo)rotonde.

Bij de verknoping van een Vlaamse hoofdweg met een onderliggende weg is de voorkeursoplossing een op- en afrittencomplex. In tweede instantie kan men opteren voor gelijkvloerse oplossing zoals een verkeerslichtengeregeld kruispunt of een (turbo)rotonde.

4.3 Op -en afrittencomplexen

Een op- en afrittencomplex (aansluitingscomplex) is een ongelijkvloers knooppunt waarbij de verkeersuitwisseling gebeurt via op- en afritten aansluitend op het onderliggend wegennet.

Een standaard op- en afrittencomplex op een Vlaamse hoofdweg is onder te verdelen in:

- In- en uitvoegstroken als aansluiting op de Vlaamse hoofdweg
- Op- en afritten als verbindingswegen tussen de Vlaamse hoofdweg en het onderliggende wegennet of een andere Vlaamse hoofdweg
- Gelijkvloers(e) kruispunt(en) als aansluiting op het onderliggende wegennet of een andere Vlaamse hoofdweg

Een op- en afrittencomplex maakt de uitwisseling in alle richtingen mogelijk. Onvolledige op- en afrittencomplexen worden niet toegepast, tenzij in uitzonderlijke situaties waar dit een logische keuze is vanuit de regionale netwerkvisie.

Bij op- en afrittencomplexen zijn (linkse) afslagbewegingen op de onderliggende weg gevoelig voor spookrijden. Het is daarom belangrijk om ongewenste afslagbewegingen te beperken en verwarring tussen oprit en afrit te vermijden. De oprit moet benadrukt worden, de afrit wordt zo smal mogelijk gehouden. De "[Dienstorder MOW/AWV/2020/12 Maatregelen ter preventie van spookrijden](#)" beschrijft maatregelen om spookrijden te vermijden.

In dit hoofdstuk worden de volgende facetten van aansluitingen beschreven:

- Configuraties op- en afrittencomplexen
- Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet
- Structuur Vlaamse hoofdweg ter hoogte van de kruising met een onderliggende weg
- Afwikkeling op de aansluiting
- Inpassing van de aansluiting

4.3.1 Configuraties aansluitingscomplexen

Voor de structuur van op- en afrittencomplexen worden twee standaardvormen onderscheiden:

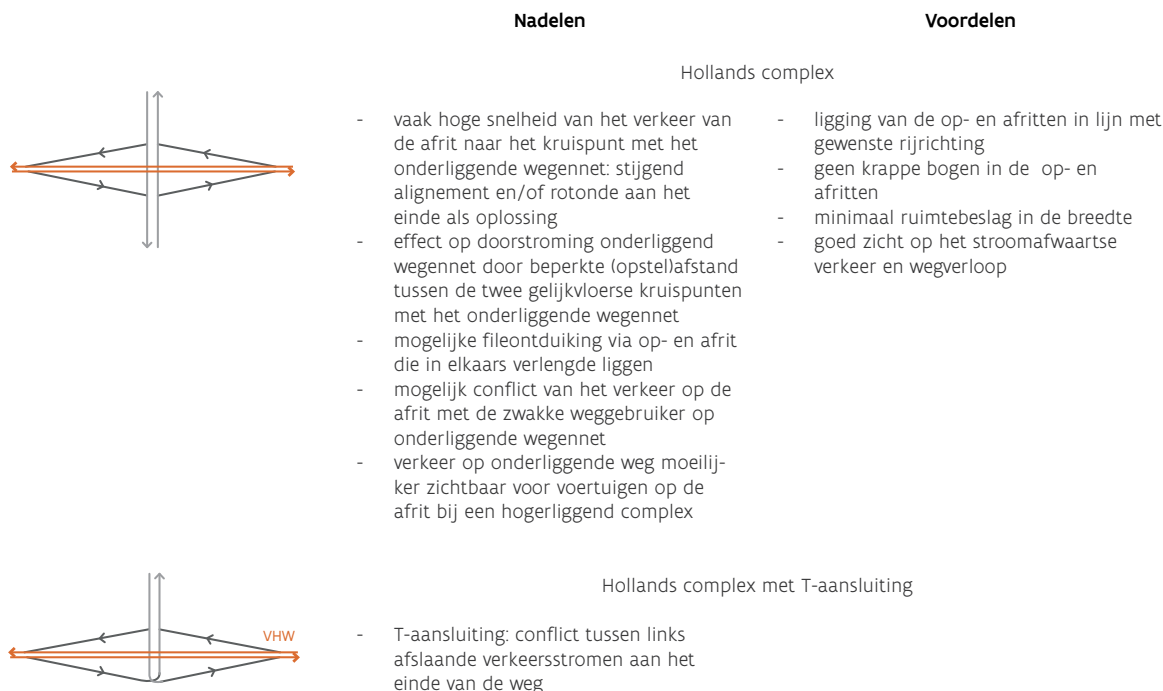
- Hollands complex (of Hollandse aansluiting)
- Halfklaverbladaansluiting

Naast de standaardconfiguraties zijn volgende op- en afrittencomplexen mogelijk:

- Volledige klaverbladaansluiting
- Gecombineerde oplossingen

4.3.1.1 Hollands complex

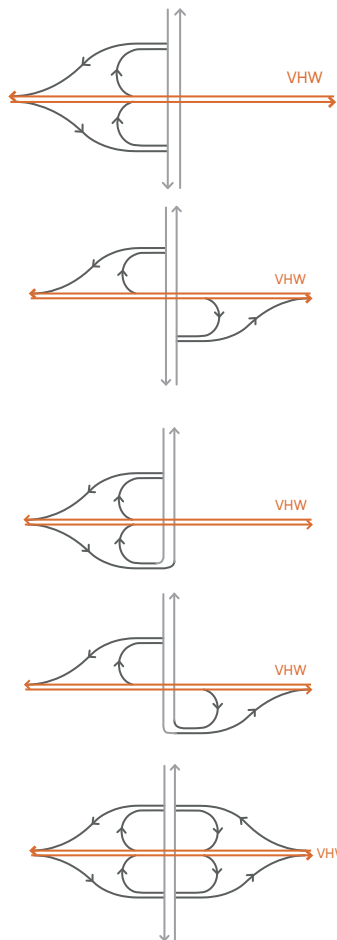
Een Hollands complex of Haarlemmermeeraansluiting is een klassieke oplossing voor een kruising van een hoofdweg met het onderliggende wegennetwerk. Het complex kenmerkt zich door op- en afritten die in de stroomrichting van de Vlaamse hoofdweg liggen.



figuur 6: Hollands complex

4.3.1.2 Halfklaverbladaansluiting

Een halfklaverbladaansluiting wordt vaak toegepast wanneer een Hollands complex niet mogelijk is, bijvoorbeeld bij ruimtelijke beperkingen. Een halfklaverbladaansluiting heeft twee kwadranten met een op- en afrit en twee lege kwadranten. Deze kwadranten kunnen ofwel diametraal ofwel aanliggend gelegen zijn ten opzichte van de kruisende wegen.



Nadelen

Voordelen

Halfklaverbladaansluiting

- misleidende bogen en grotere deceleratie nodig op de afrit
- groot snelheidsverschil tussen het verkeer op de hoofdbaan en de invoegende verkeersstroom: onveiligheid en slechtere doorstroming
- minder comfortabel berijdbare indirecte verbindingswegen
- kans op spookrijden, vooral bij het links afslaan

- flexibel ruimtebeslag van de op- en afritten
- minder kans op doorstromingsproblemen door grotere afstand tussen de twee gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet

Halfklaverbladaansluiting met T-aansluiting

- slechtere herkenbaarheid van overgang naar onderliggende wegennet
- kans op spookrijden bij naast elkaar gelegen op- en afrit

- geen conflict tussen links afslaande verkeersstromen aan het einde van de weg

Volledige klaverbladaansluiting

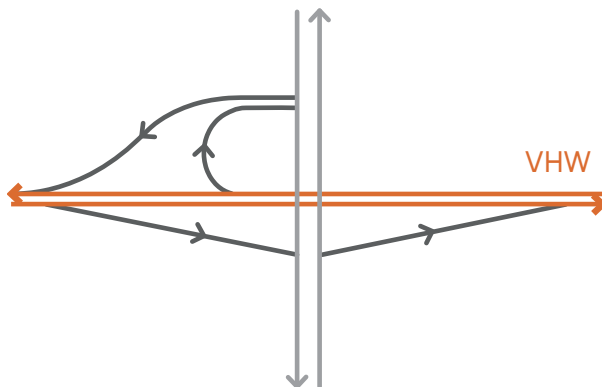
- misleidende bogen en grotere deceleratie nodig op de afrit
- groot snelheidsverschil tussen het verkeer op de hoofdbaan en de invoegende verkeersstroom: onveiligheid en slechtere doorstroming
- minder comfortabel berijdbare indirecte verbindingswegen
- kans op spookrijden, vooral bij het links afslaan
- weinig in- en uitvoegafstand
- in- en uitvoegen op dezelfde plaats

- flexibel ruimtebeslag van de op- en afritten
- minder kans op doorstromingsproblemen door grotere afstand tussen de twee gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet
- geen dwarsing onderliggende weg bij uitwisseling tussen VHW en onderliggende weg

figuur 7: Halfklaverbladaansluiting

4.3.1.3 Gecombineerde oplossingen

Bepaalde situaties kunnen aanleiding geven om de voordelen van bovenbeschreven standaardoplossingen te combineren. Aan de ene zijde van de Vlaamse hoofdweg wordt dan een halve Hollandse aansluiting toegepast en aan de andere zijde een kwartklaverbladaansluiting, zoals in onderstaande figuur.



figuur 8: Gecombineerde oplossing

4.3.2 Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet

Er zijn veel varianten voor de vormgeving van de aansluiting van de op- en afritten op het onderliggende wegennet of een andere Vlaamse hoofdweg. De keuze voor een variant is sterk gerelateerd aan de (grootte van de) verkeersbewegingen. Bovendien bepaalt deze keuze ook in belangrijke mate het risico op filevorming op de afrit en mogelijk ook op de uitvoegstrook van de Vlaamse hoofdweg.

Voor alle kruispunten is het van belang dat:

- de weggebruiker die van de Vlaamse hoofdweg komt, nadrukkelijk wordt geconfronteerd met het feit dat die de Vlaamse hoofdweg verlaat;
- de weggebruiker die de Vlaamse hoofdweg op wil rijden, duidelijk het onderscheid kan maken tussen de oprit en de afrit.

Een overzicht van mogelijke verschijningsvormen is weergegeven in [figuur 9](#). Deze opsomming is niet limitatief. Er kunnen andere veilige vormen ontworpen worden. Hiervoor is steeds overleg nodig met het team Veiligheid en Ontwerp van AWW.

4.3.3 Structuur Vlaamse hoofdweg ter hoogte van de kruising met een onderliggende weg

Voor de structuur van een Vlaamse hoofdweg ter hoogte van de kruising met een onderliggende weg kan het volgende onderscheid gemaakt worden:

- Hoogliggende Vlaamse hoofdweg
- Laagliggende Vlaamse hoofdweg

Waar de omstandigheden het toelaten, gaat de voorkeur naar een laagliggende Vlaamse hoofdweg. De keuze voor een hoogliggende dan wel laagliggende Vlaamse hoofdweg heeft invloed op drie aspecten waarmee rekening gehouden moet worden in het wegontwerp:

- Zicht
- Acceleratie en deceleratie
- Wegbeeld

4.3.3.1 Zicht

Bij een laagliggende Vlaamse hoofdweg is de benodigde zichtlengte op een afrit doorgaans geen probleem. Er kan dan alleen een zichtprobleem optreden bij een halfklaverbladoplossing wanneer het kunstwerk van de hoog kruisende weg van lagere orde het zicht op de afrit ontnemt. Daarnaast moet eventueel wachtend verkeer vóór het kruispunt stilstaan op een helling.

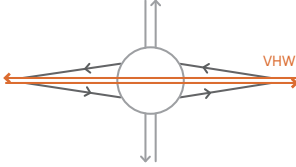
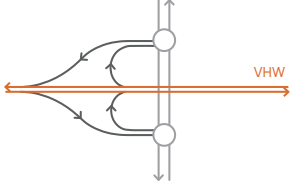
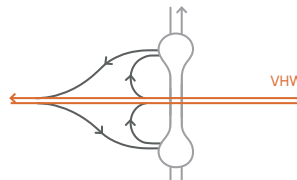
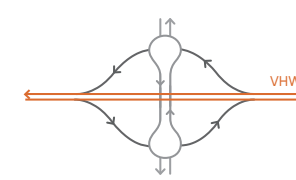
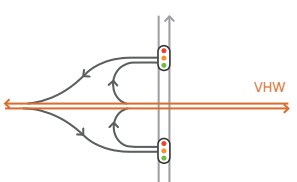
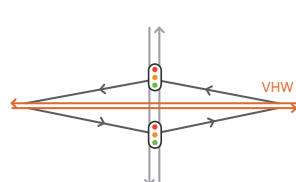
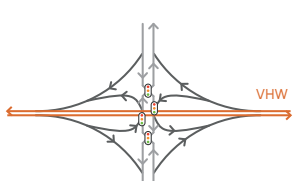
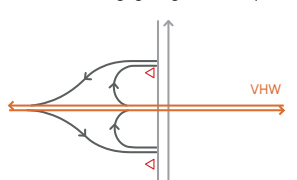
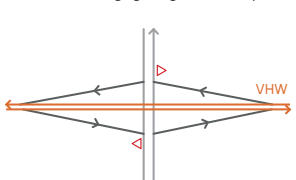
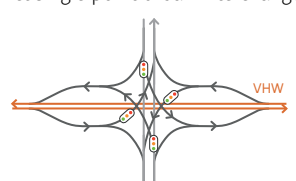
Bij een hoogliggende Vlaamse hoofdweg hebben de afritten een dalend verloop waardoor extra aandacht besteed moet worden aan het waarborgen van het benodigde zicht op het verloop van de afrit. Een dalende afrit biedt wel voordelen voor het zicht op het gelijkvloerse kruispunt met het onderliggende wegennet.

4.3.3.2 Acceleratie en deceleratie

Bij een hoogliggende Vlaamse hoofdweg is er voor de op- en afritten meer acceleratie- en deceleratielengte nodig. Dit kan een reden zijn om de Vlaamse hoofdweg laagliggend te ontwerpen.

4.3.3.3 Wegbeeld

Bij de combinatie van een horizontale en verticale boog kan het wegbeeld misleidend zijn. Een (krappe) horizontale boog kan in combinatie met een verticale voetboog ruimer lijken en omgekeerd. Hiermee moet in het wegontwerp rekening gehouden worden. Meer details over bogen zijn opgenomen in [hoofdstuk "5.2 Horizontaal alignement"](#) en [hoofdstuk "5.3 Verticaal alignement"](#). Ruimtelijke helling komt aan bod in [hoofdstuk "5.4.12 Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering"](#).

Aansluiting via halfklaverblad	Aansluiting via Hollands complex	Nadelen	Voordelen
	met een grote rotonde		
		<ul style="list-style-type: none"> - twee aparte smalle kunstwerken - veel ruimtebeslag - zichtbaarheid op het verkeer op de rotonde - capaciteit rotonde 	<ul style="list-style-type: none"> - grote boogstralen voor het oprijden van vrachtverkeer
	met twee rotondes		
		<ul style="list-style-type: none"> - weinig flexibiliteit bij plotse grotere intensiteiten - kleinere boogstralen minder geschikt voor vrachtverkeer 	<ul style="list-style-type: none"> - één kunstwerk
	met een kluifrotonde		
			
	met een kluifrotonde		
		<ul style="list-style-type: none"> - kleinere boogstralen minder geschikt voor vrachtverkeer - capaciteit rotonde - zichtbaarheid op het verkeer op de rotonde 	<ul style="list-style-type: none"> - conflicten vergelijkbaar met grote rotonde - één breed kunstwerk - zichtbaarheid beter dan bij grote rotonde
	met een VRI		
			
	met een VRI		
		<ul style="list-style-type: none"> - afstemming tussen kruispunten op korte afstand - afstand kruispunten ifv opstelruimte en eventuele wachtrijen 	<ul style="list-style-type: none"> - conflicten geregeld met verkeerslichten - sturing verkeersafwikkeling
	Diverging Diamond Interchange (DDI)		
		<ul style="list-style-type: none"> - niet geschikt voor fietsers langs de onderliggende weg 	<ul style="list-style-type: none"> - minder conflictpunten - verhoogde afwikkelingscapaciteit afhankelijk van lokale situatie en verkeersstromen
	met voorrangsgeregeld kruispunt		
			
	met voorrangsgeregeld kruispunt		
		<ul style="list-style-type: none"> - meer conflictpunten - geen sturing verkeersafwikkeling 	<ul style="list-style-type: none"> - weinig ruimtebeslag
	met single-point urban interchange (SPUI)		
		<ul style="list-style-type: none"> - groot kunstwerk 	<ul style="list-style-type: none"> - weinig ruimtebeslag - gelijke afwikkeling linksafslaande stromen

figuur 9: Configuratie van de aansluiting van de op- en afritten op het onderliggende wegennet

4.3.4 Afwikkeling op de aansluiting

De configuratie moet zodanig ontworpen worden dat de verkeersbewegingen niet leiden tot afwikkelingsproblemen. Terugslag vanaf het onderliggende wegennet naar de Vlaamse hoofdweg moet vermeden worden. Er is bijgevolg inzicht nodig in de te verwachten verkeersbewegingen op de aansluiting.

De verkeersbewegingen beïnvloeden verschillende aspecten van het wegontwerp:

- Structuur van de aansluiting (ligging op- en afritten)
- Vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet
- Ontwerp van de op- en afritten
- Lengte van de uitvoegstrook
- Voorzien van voorsorteerstroken

4.3.4.1 Structuur van de aansluiting (ligging op- en afritten)

De configuratie van de aansluiting moet afgestemd worden op de verwachte verkeersbewegingen. De afwikkeling wordt bevorderd door de op- en afritten zo te structureren dat de grootste verkeersstromen afgewikkeld worden met rechts afslaande bewegingen op de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet. Dit geldt in hoofdzaak bij hoge vrachtverkeerintensiteiten. Rechtsaf bewegingen hebben de minste conflicten met de overige verkeersbewegingen op een kruispunt en belasten de capaciteit van het kruispunt minimaal. Links afslaande bewegingen hebben daarentegen een grote invloed op de belasting van het kruispunt.

4.3.4.2 Vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet

Er zijn veel varianten voor de vormgeving van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet bij een aansluiting met een Vlaamse hoofdweg (zie [hoofdstuk “4.3.2 Configuratie van de gelijkvloerse kruispunten met het onderliggende wegennet”](#)). Zoals eerder aangehaald is de keuze voor de variant sterk gerelateerd aan de (grootte van de) verkeersbeweging.

4.3.4.3 Ontwerp van de op- en afritten

De dimensionering van de op- en afritten heeft invloed op de verkeersafwikkeling van een aansluiting door de grootte van de boogstralen en het aantal rijstroken. De totale capaciteit van een aansluiting wordt echter voornamelijk bepaald door de dimensionering van de kruispuntelementen van het onderliggende wegennet en de wijze van invoegen op de doorgaande rijbaan van de Vlaamse hoofdweg.

4.3.4.4 Lengte van de afrit

Voor het bepalen van de lengte van een afrit zijn de maatgevende deceleratielengte en de stappentheorie (zie [hoofdstuk “6.1.2 Deceleratielengte”](#) en [hoofdstuk “5.2.2.2 Ontwerpparameters”](#)) van toepassing. Deze richtlijnen worden gebruikt om voldoende lengte te realiseren voor het op een verkeersveilige wijze decelereren van voertuigen. Hiervoor geldt een hoge beginsnelheid, afhankelijk van het snelheidsregime op de doorgaande Vlaamse hoofdweg, en een eindsnelheid afhankelijk van het type kruising met het onderliggende wegennet. Het maatgevende punt waarvoor de eindsnelheid van 0 km/h geldt, is afhankelijk van de benodigde opstelruimte voor het verkeer vóór het gelijkvloerse kruispunt. Het uitgangspunt is dat het verkeer vanaf de afrit stil moet kunnen staan voordat de wachtrij begint. Voor de berekening van de benodigde opstellengte geldt dat in minimaal 90% van de gevallen in het drukste getelde spitsuur de wachtrij korter moet zijn dan de berekende opstellengte.

4.3.4.5 Het voorzien van voorsorteerstroken

Omwille van de verschillende snelheden van het links afslaand, het rechtdoor rijdend en rechts afslaand verkeer op de afrit, is het van belang om net vóór het kruispunt met de wegen van het onderliggend net voldoende en voldoende lange voorsorteerstroken te voorzien op de afrit. Indien één van deze verkeersstromen aanleiding geeft tot filevorming op de afrit, bijvoorbeeld bij het links afslaand verkeer, dan zal de wachtrij die hierdoor ontstaat bij afwezigheid van voldoende voorsorteerstroken ook het andere verkeer op de afrit hinderen. Om die reden hebben de specifieke maatregelen op het kruispunt met de wegen van het onderliggend net enkel zin mits er voldoende en voldoende lange voorsorteerstroken aanwezig zijn.

Vooronderzoek met betrekking tot voorsorteerstroken moet meerdere aspecten belichten:

- Er is inzicht nodig in de omvang en bestemming van het verkeer op de afrit (aandeel van de verschillende afslagbewegingen).
- Op basis van die verkeersintensiteiten kan voor alle richtingen worden nagegaan of voorsorteerstroken nodig zijn, in welke aantallen en met welke benodigde lengte.
- Het nodige aantal voorsorteerstroken moet afgetoetst worden aan de beschikbare ruimte. Er moet worden nagegaan of er voorsorteerstroken kunnen worden gerealiseerd en of bestaande stroken kunnen worden verlengd.
- Wanneer er op het onderliggend wegennet verkeerslichten komen, dan zal een aparte voorsorteerstrook per afslagrichting vaak noodzakelijk zijn om de lichtenregeling volledig conflictvrij én de doorstroming voldoende te maken.

4.3.5 Inpassing van de aansluiting

De keuze voor een aansluitingsvorm heeft invloed op het ruimtebeslag. Randvoorwaarden vanuit de omgeving kunnen eisen stellen aan de vorm van een aansluiting. De relatie tussen vorm en inpasbaarheid speelt zich voornamelijk af op de volgende twee vlakken:

- Ruimtelijke inpasbaarheid
- Inpasbaarheid in lengterichting

4.3.5.1 Ruimtelijke inpasbaarheid

De ruimtelijke inpasbaarheid kan leiden tot eisen aan de structuur van een aansluiting. De ligging van de op- en afritten bepaalt immers de mogelijkheden om de aansluiting fysiek in te passen. Om het ruimtebeslag minimaal te houden, kan het noodzakelijk zijn de op- en/of afritten van kwadrant te wisselen, voor zover dit geen onaanvaardbare veiligheidsrisico's met zich meebrengt.

4.3.5.2 Inpasbaarheid in lengterichting

De structuur van de op- en afritten heeft een directe invloed op de convergentie- en divergentiepunten op de Vlaamse hoofdweg. Door een wijziging van de structuur verschuiven deze punten in de lengterichting van de Vlaamse hoofdweg. Dwangpunten in de lengterichting van de Vlaamse hoofdweg kunnen bijgevolg leiden tot eisen aan de structuur van de aansluiting. Meer informatie over convergentie- en divergentiepunten is opgenomen in [hoofdstuk "6 Discontinuïteiten"](#).

4.4 Verkeerslichtengeregeld kruispunt

Op een Vlaamse hoofdweg zijn er twee gelijkvloerse kruispuntvormen toegelaten, namelijk een verkeerslichtengeregeld kruispunt en een rotonde. Een verkeerslichtengeregeld kruispunt is een gelijkvloers kruispunt waarbij de verkeersuitwisseling met de Vlaamse hoofdweg gebeurt via een verkeersregelininstallatie (VRI).

Een lichtengeregeld kruispunt heeft volgende voordelen ten opzichte van een rotonde:

- Mogelijkheid om sturend op te treden in functie van de verkeersintensiteiten en de functie van de weg;
- Mogelijkheid tot lichtenbeïnvloeding door het openbaar vervoer voor een betere OV-doorstroming;
- Mogelijkheid tot lichtenbeïnvloeding door de hulpdiensten voor een betere interventiemobiliteit;
- Mogelijkheid om conflicten te vermijden (bijvoorbeeld tussen gemotoriseerd verkeer en actieve weggebruikers, tussen afslaand en doorgaand verkeer...);
- Uitvoerbaar bij ongelijke intensiteiten op de kruisende wegen;
- Goed toepasbaar op een route voor uitzonderlijk vervoer.

Een lichtengeregeld kruispunt heeft volgende nadelen ten opzichte van een rotonde:

- Een hoge rijnsnelheid ter hoogte van de conflictpunten;
- Roodlichtnegatie door weggebruikers met potentieel ernstige verkeersongevallen tot gevolg;
- Kans op kop-staartaanrijdingen;
- Minder geschikt bij veel keerbewegingen, zeker wanneer de ruimte voor de keerbeweging beperkt is;
- Geluidshinder en luchtverontreiniging door het accelereren en decelereren.

4.4.1 Lichtenregeling

Het geometrisch ontwerp van een lichtengeregeld kruispunt is bepalend voor de mate waarin een verkeerslichtenregeling kan ingezet worden om de verkeersveiligheid te verhogen of de doorstroming te verbeteren. Zo zijn bijvoorbeeld aparte afslagstroken en vrijliggende fietspaden essentieel om conflictvrij te kunnen regelen, zijn meerdere rijstroken bevorderlijk voor de algemene doorstroming en is een busbaan goed voor de doorstroming van het openbaar vervoer en de hulpdiensten.

De kruispuntinfrastructuur is bepalend voor de manier waarop de verkeerslichten geregeld kunnen worden. Binnen de grenzen van dit ontwerp kan de lichtenregeling nog gestuurd worden op een aantal aspecten:

- De conflicterende bewegingen die op het kruispunt al dan niet worden toegelaten;
- De prioriteit en de capaciteit (binnen de capaciteitsbeperkingen van de geometrie) van de verschillende verkeersbewegingen op het kruispunt;
- De mate van flexibiliteit van de regeling, op basis van de mogelijke detectoren die kunnen geplaatst worden (type en locatie).

Details over de principes en de opmaak van een lichtenregeling zijn opgenomen in het [“Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020”](#). Omdat er een belangrijke interactie is tussen het geometrisch ontwerp van een kruispunt en de verkeerslichtenregeling, moet er bij het ontwerp van een lichtengeregeld kruispunt steeds iemand betrokken worden die de verkeerslichtenregeling ontwerpt.

4.4.1.1 Type lichtenregeling

Een verkeerslichtengeregeld kruispunt op een Vlaamse hoofdweg wordt geregeld met een voertuigafhankelijke (dynamische) lichtenregeling, of mogelijk met een verkeersafhankelijke lichtenregeling door middel van een ITS-applicatie. De capaciteit van het kruispunt moet optimaal benut worden om verliestijden te beperken. Een Vlaamse hoofdweg heeft immers een belangrijke verkeersfunctie.

4.4.1.2 Maximaal conflictvrij

Verkeerslichtenregelingen zorgen voor scheiding in tijd van snijdende verkeersstromen. Hierdoor vermindert het aantal conflictpunten en wordt de verkeersafwikkeling vanuit de ondergeschikte wegen tevens verzekerd. Het is minimaal wettelijk bepaald dat de snijdende verkeersstromen uit verschillende rijrichtingen gescheiden moeten worden. Om een maximale verkeersveiligheid te bekomen, kunnen alle conflicten op een kruispunt gescheiden worden in tijd. Dit is dan een volledig conflictvrije lichtenregeling. Hoe meer conflicterende stromen worden gescheiden in de tijd, hoe minder tijd er beschikbaar is voor elke stroom en hoe meer rijstroken er nodig zijn voor een goede doorstroming.

Verkeerslichtenregelingen op Vlaamse hoofdwegen worden steeds maximaal conflictvrij ontworpen. Hierbij is het uitgangspunt dat het kruispunt volledig conflictvrij wordt geregeld voor (actieve) weggebruikers. Dit is echter niet altijd haalbaar bij bestaande infrastructuur. Zo zijn bijvoorbeeld aparte afslagstroken en vrijliggende fietspaden essentieel om actieve weggebruikers conflictvrij te kunnen regelen. Daarnaast zorgt een volledig conflictvrije regeling ook voor langere wachttijden en een verminderde doorstroming. Dit kan vervolgens leiden tot terugslageffecten, wachtrijvorming, roodlichtnegatie en potentiële kopstaartaanrijdingen. In het concept van "maximaal conflictvrije lichtenregelingen" wordt er een balans gezocht tussen verkeersveiligheid in het algemeen en een vlotte verkeersafwikkeling voor alle weggebruikers. De uitgangspunten van dit concept zijn opgenomen in het "[Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020](#)" en in het "[Afwegingskader voor conflictvrij regelen in Vlaanderen](#)".

Gelet op het belang van de kruispuntinfrastructuur om een volledig conflictvrije lichtenregeling (voor actieve weggebruikers) mogelijk te maken, bepaalt het "[Afwegingskader voor conflictvrij regelen in Vlaanderen](#)" daarenboven dat er bij het ontwerp van nieuwe kruispunten naar gestreefd moet worden om het kruispunt volledig conflictvrij te maken voor actieve weggebruikers (zie [hoofdstuk "4.4.2 Ontwerp Kruispunt"](#)). Dat laatste streefdoel stelt hogere eisen aan het aantal en de lengte van afslagstroken, en aan het vrijliggend aanleggen van fietspaden ter hoogte van kruispunten.

4.4.1.3 Doorstroming openbaar vervoer

Een verkeerslichtengeregeld kruispunt op een Vlaamse hoofdweg waar ook regulier openbaar vervoer rijdt (op de Vlaamse hoofdweg of onderliggende weg), moet uitgerust zijn met verkeerslichtenbeïnvloeding voor het openbaar vervoer (kernnet en aanvullend net). De lichtenbeïnvloeding voor het openbaar vervoer mag echter de wegcapaciteit langsheen de Vlaamse hoofdweg niet dermate beperken dat er zich belangrijke verliestijden voordoen op de Vlaamse hoofdweg. Hiërarchisch staat een Vlaamse hoofdweg namelijk boven een dwarsende OV-verbinding (ook als het om het kernnet gaat).

Voor een kwalitatief hoogwaardig openbaar vervoer op de weg zijn de betrouwbaarheid en efficiëntie de belangrijkste kwaliteitskenmerken. Betrouwbaarheid is de verhouding tussen de gemiddelde rijtijd en het 90-percentiel. Efficiëntie betreft de verhouding tussen de gemiddelde rijtijd in de snelste dalperiode en de gemiddelde rijtijd in de onderzochte spitsperiode. Verkeerslichtengeregelde kruispunten kunnen een belangrijke rol spelen in het realiseren van die betrouwbaarheid en efficiëntie. Naast het beschikbaar stellen van afzonderlijke busbanen kan ook de verkeerslichtenbeïnvloeding de doorstroming van het openbaar vervoer verbeteren. Dit kan door:

- Verlengen van de groenfase van de verkeersstroom waar de bus (of tram) deel van uitmaakt;
- Beperken tot een minimum (afkappen) van de groenfase van de conflicterende richting;
- Voorzien van meerdere doorgangen voor het openbaar vervoer binnen een cyclus.

4.4.1.4 Doorstroming hulpdiensten

Een verkeerslichtengeregeld kruispunt op een Vlaamse hoofdweg waar frequent de hulpdiensten rijden (op de Vlaamse hoofdweg of onderliggende weg), kan uitgerust worden met verkeerslichtenbeïnvloeding voor prioritaire voertuigen zodat de interventiemobiliteit wordt gefaciliteerd. Dit gebeurt steeds in overleg met de hulpdiensten en de wegbeheerder.

4.4.1.5 Capaciteit

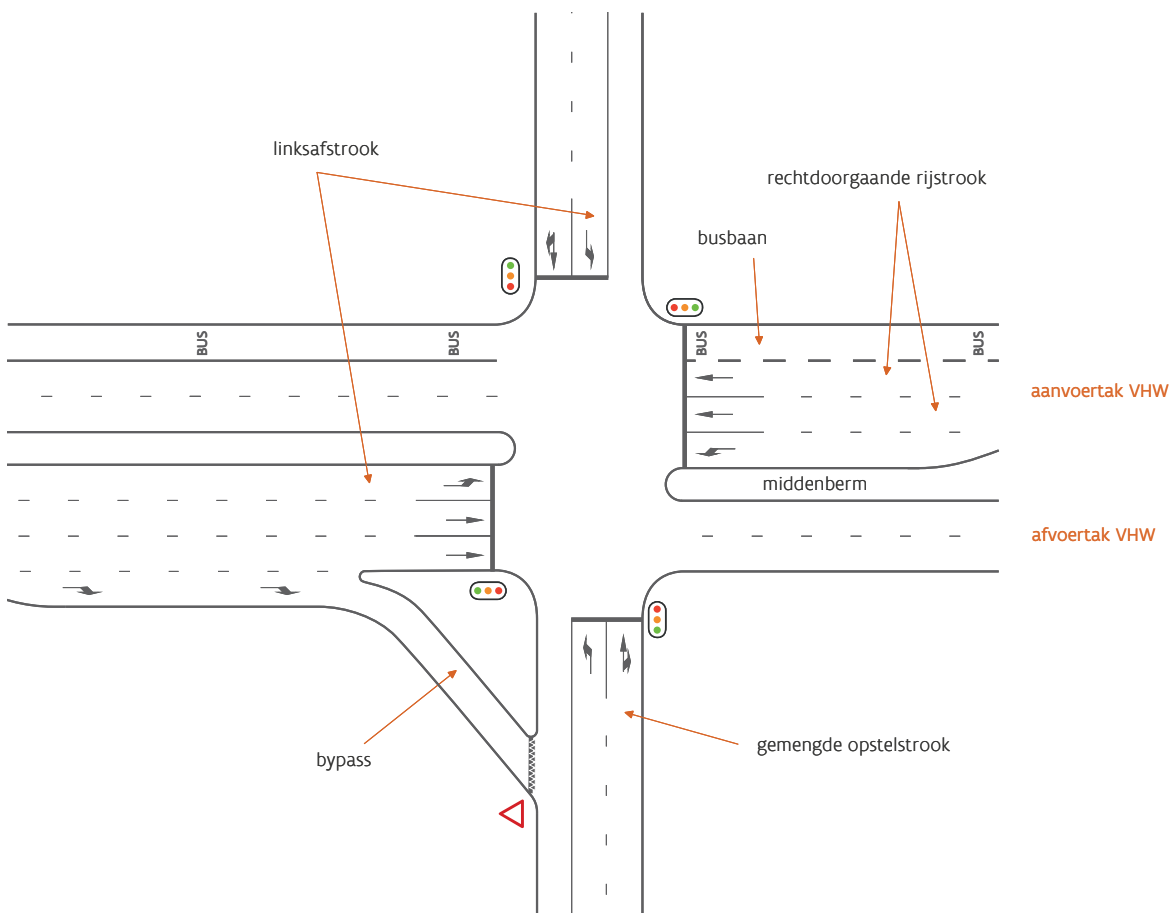
De capaciteit van een lichtengeregeld kruispunt wordt bepaald door de opstelconfiguratie per tak (aantal opstelstroken, type afslagstroken, lengte afslagstroken ...) en de (voertuigafhankelijke) lichtenregeling. De verzadigingsgraden en wachtrijlengtes kunnen voor de piekmomenten bepaald worden door de opmaak van een starre regeling. Hierbij wordt geen rekening gehouden met fluctuaties in de verkeersintensiteiten. Daarom is het voor kruispunten met een hoge verwachte verzadigingsgraad en bij een complexe lichtenregeling aanbevolen om een capaciteitsanalyse uit te voeren aan de hand van een microsimulatie. Een microsimulatie kan helpen om de optimale opstelconfiguratie en lichtenregeling te bepalen. Een microsimulatie geeft inzicht in de kwaliteit van de verkeersafwikkeling, de te verwachten verliestijden en de mogelijke wachtrijlengtes per tak en per afslagstrook.

4.4.2 Ontwerp kruispunt

4.4.2.1 Configuratie

Een goede afwikkeling van het verkeer door de verkeerslichten, zowel op het vlak van doorstroming als op het vlak van verkeersveiligheid, staat of valt bij het kruispuntontwerp. Zo bepaalt de configuratie van het kruispunt:

- De capaciteit van het kruispunt voor alle rijrichtingen;
- De mate van conflictvrijheid van het gehele kruispunt;
- De wijze waarop beïnvloeding door OV mogelijk is of niet;
- Welke detectiemiddelen gebruikt kunnen worden en dus de mate van flexibiliteit van de regeling.



figuur 10: Configuratie verkeerslichtengeregeld kruispunt

Zoals hogerop aangegeven bepaalt het "[Afwegingskader voor conflictvrij regelen in Vlaanderen](#)" dat er bij het ontwerp van nieuwe kruispunten gestreefd moet worden om het kruispunt volledig conflictvrij te maken voor actieve weggebruikers. Op deze manier wordt er maximaal voor gezorgd dat nieuwe kruispunten verkeersveilig worden ingericht voor actieve weggebruikers.

Bij lage intensiteiten is het mogelijk om de verschillende verkeersstromen te scheiden in de tijd (met vrijliggende fietsoversteekplaatsen en een minimum aan rijstroken), maar bij hoge intensiteiten volstaat dat niet. Om hoge intensiteiten conflictvrij af te wikkelen zijn voldoende (kwalitatieve) opstelstroken noodzakelijk. Op een Vlaamse hoofdweg is bijvoorbeeld steeds een linksafstrook noodzakelijk om de linkse afslagbeweging conflictvrij te kunnen afwikkelen.

Aparte rechtsafstroken langs de Vlaamse hoofdweg hebben de voorkeur aangezien ze voor minder snelheidsverschillen zorgen tussen voertuigen op dezelfde rijstrook. In geval van ruimtegebrek kan een gemengde opstelstrook ingericht worden. Bij de aanwezigheid van fietspaden langs de Vlaamse hoofdweg zijn rechtsafstroken wel noodzakelijk vanuit verkeersveiligheid én reistijd. De rechtdoorgaande voertuigen en fietsers kunnen dan tegelijk groen krijgen. De configuratie van het kruispunt is de som van alle beschikbare opstelstroken en hun onderlinge verhouding.

De configuratie van het kruispunt moet consistent zijn. Een vermindering van het aantal rijstroken op het kruispuntvlak is niet toegestaan, ook niet bij afslagbewegingen (bijvoorbeeld bij 2 opstelstroken voor linksaf moeten er minstens 2 rijstroken zijn op de linkse afvoertak).

4.4.2.2 Lengte afslagstrook

Een afslagstrook van een Vlaamse hoofdweg moet voldoende lang zijn om:

- Te kunnen decelereren naar 0 km/h;
- De wachtrij voor de betreffende afslagbeweging te kunnen bufferen op de afslagstrook (rekening houdend met de lichtenregeling) en terugslag op de naastgelegen doorgaande rijstrook te vermijden;
- Te vermijden dat de wachtrijen voor rechtdoorgaand verkeer het afslaande verkeer hinderen om de afslagstrook te bereiken;
- Een hiaatlus te plaatsen voor het kruispunt (standaard op minstens 20 m stroomopwaarts van de stopstreep).

De lengte van een afslagstrook is de som van de verwachte maximale wachtrij, de benodigde deceleratielengte en de helft van de overgangscurve.

Het decelereren moet hoofdzakelijk op de afslagstrook gebeuren om de doorgaande stroom op de Vlaamse hoofdweg minimaal te hinderen. Op de hoofdbaan is een deceleratie van maximum 20 km/h toegelaten. De overige deceleratie gebeurt op de afslagstrook. De ontwerpssnelheid van een lichtengeregeld kruispunt op een Vlaamse hoofdweg bedraagt 90 km/h. De ontwerpmaat van de afslagstroken houdt rekening met een deceleratie van 70 km/h naar 0 km/h. Dit komt overeen met een deceleratielengte van ongeveer 75 m ([zie formule](#)).

Het snelheidsregime ter hoogte van een verkeerslichtengeregeld kruispunt bedraagt standaard 90 km/h. Er kan afgeweken worden van dit snelheidsregime, bijvoorbeeld wanneer de deceleratielengte niet gehaald kan worden. De effecten op doorstroming, veiligheid en ruimtegebruik kunnen indien nodig onderzocht worden met een microsimulatie.

Het snelheidsregime ter hoogte van het kruispunt staat los van de ontwerpssnelheid van het kruispunt en kan na de realisatie van het kruispunt ingesteld worden.

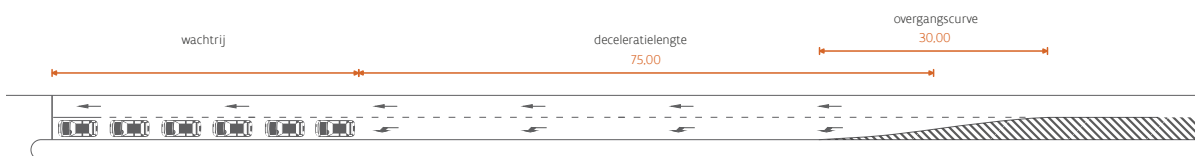
De benodigde deceleratielengte wordt berekend met onderstaande formule.

$$L_d = \frac{v_0^2}{254 * \left(\frac{d}{g} + \frac{p}{100} \right)}$$

Hierin is:

- L_d : deceleratielengte (m)
- v_0 : maatgevende aanvangssnelheid bij het puntstuk (km/h)
- d : vertraging van het voertuig (circa 2,5 m/s²)
- g : zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- p : gemiddeld hellingspercentage van de weg (in %), positief bij stijging

De afslagstrook start met een overgangscurve vanaf de doorgaande rijstrook. De lengte van de overgangscurve bedraagt 30 m. De lengte van de overgangscurve kan voor de helft meegerekend worden binnen de deceleratielengte op de afslagstrook. Bij een snelheidsregime van 90 km/h ter hoogte van het kruispunt en een deceleratie van 70 km/h naar 0 km/h op de afslagstrook bedraagt de minimale lengte van de afslagstrook 90 m plus de verwachte maximale wachtrijlengte (zie berekening hoofdstuk 2.4.1 "[Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020](#)").



figuur 11: Lengte afslagstrook

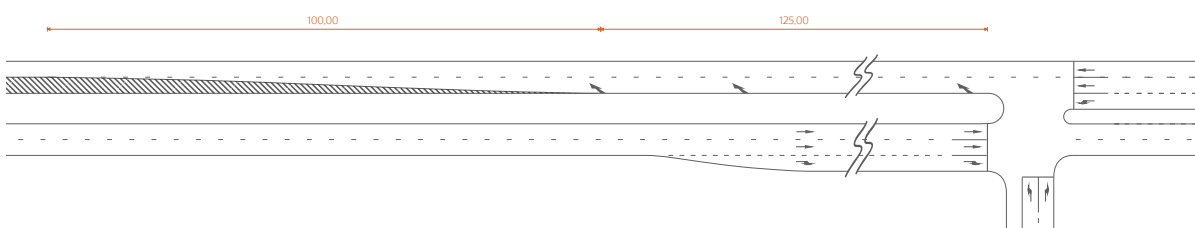
Voorbeeld

- Wachtrijlengte (zie berekening hoofdstuk 2.4.1 "[Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020](#)")
- Deceleratielengte van 70 km/h naar 0 km/h: 75 m
- Overgangscurve 30 m

De deceleratie van 70 km/h naar 0 km/h gebeurt op de afslagstrook. Uit bovenstaande formule volgt dat deze afstand ongeveer 75 m bedraagt als er geen helling is. De helft van de overgangscurve mag binnen de deceleratielengte liggen. Dit betekent dat 60 m van de deceleratielengte op volle breedte is en 15 m binnen de overgangscurve ligt. De deceleratielengte en overgangscurve hebben een totale lengte van 90 m. De lengte van de wachtrij hierbij opgeteld, geeft de volledige lengte van de afslagstrook.

4.4.2.3 Rijstrookbeëindiging stroomafwaarts van het kruispunt

Bij een rijstrookbeëindiging ter hoogte van een kruispunt gaat de voorkeur naar een rijstrookbeëindiging stroomafwaarts van het kruispunt. De twee doorgaande rijstroken lopen eerst over het kruispunt door en reduceren dan naar één rijstrook na het kruispunt. De rijstrookbeëindiging start op 125 m van de stopstreep van de tegengestelde rijrichting. Binnen deze afstand moeten er na het kruispunt evenveel rijstroken aanwezig zijn als voor het kruispunt.

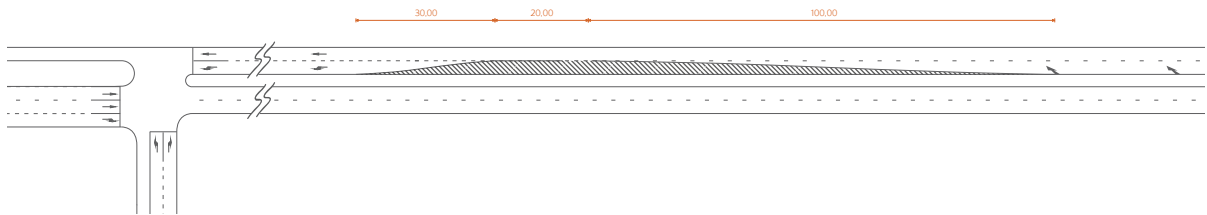


figuur 12: Rijstrookbeëindiging stroomafwaarts van het kruispunt

Een rijstrookbeëindiging gebeurt door middel van een overgangscurve en verdrijvingsvlak op de linkerrijstrook zoals beschreven in de [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene Omzendbrief nopens de Wegsignalisatie"](#). De bestuurder moet de aanzet van het verdrijvingsvlak zodanig goed kunnen overzien (gegeven het alignement en de inrichting en uitrusting van de weg), dat hij aan het begin van het verdrijvingsvlak tot stilstand kan komen op de eindigende rijstrook. Standaardwaarden voor zicht op een rijstrookbeëindiging zijn opgenomen in [hoofdstuk "5.1.5.2. Zicht op een rijstrookbeëindiging"](#).

4.4.2.4 Rijstrookbeëindiging stroomopwaarts van het kruispunt

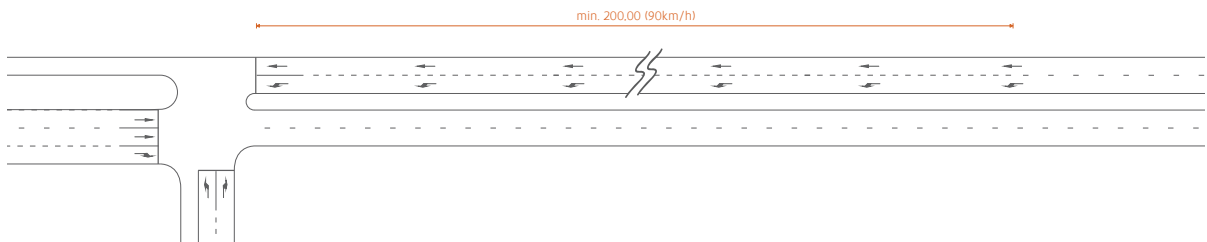
Wanneer een rijstrookbeëindiging na het kruispunt niet mogelijk is, kan een rijstrookbeëindiging voor het kruispunt toegepast worden. Het verkeer op de linkse rijstrook moet eerst invoegen op de rechte rijstrook om nadien de linksafstrook te laten beginnen. Die rijstrookbeëindiging gebeurt door middel van een overgangscurve en verdrijvingsvlak op de linkerrijstrook zoals verder beschreven in de [Dienstorder MOW/AWV/2022/8 "Algemene Omzendbrief nopens de Wegsignalisatie"](#).



figuur 13: Rijstrookbeëindiging stroomopwaarts van het kruispunt

4.4.2.5 Afslagstrook zonder rijstrookbeëindiging aan het kruispunt

Wanneer een rijstrookbeëindiging niet mogelijk is voor of na het kruispunt, bijvoorbeeld vanwege capaciteit, intensiteit of ruimtebeslag, kan de doorgaande rijstrook rechtstreeks overgaan in een afslagstrook. De lengte van de afslagstrook dient bepaald te worden op basis van [hoofdstuk "4.4.2.2 Lengte afslagstrook"](#). Als richtwaarde start bij een ontwerpsnelheid van 90 km/h (70 km/h) de afslagstrook op minstens 200 m (125 m) van de stopstreep. Maar deze rechtstreekse overgang biedt geen rugdekking aan de vertragende/stilstaande automobilisten op de afslagstrook ten opzichte van achteropkomende rechtdoorgaande motorvoertuigen. Vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid verdient een rijstrookbeëindiging voor of na het kruispunt de voorkeur, en anders een reductie van de maximum toegelaten snelheid.



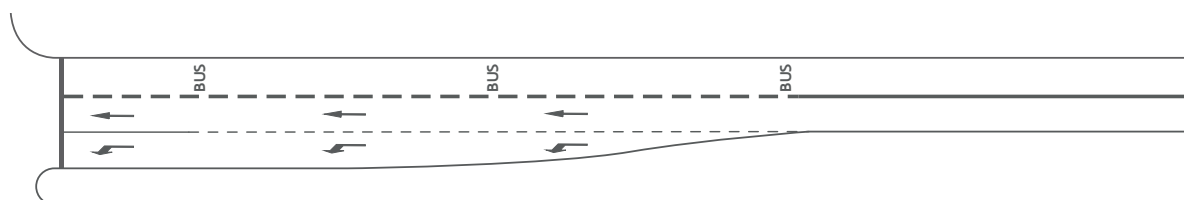
figuur 14: Afslagstrook zonder rijstrookbeëindiging

4.4.2.6 Busbaan

Binnen de kruispuntconfiguratie kan een busbaan met onderbroken lijnen (F17, ook te gebruiken als afslagstrook) of een busbaan met volle lijn (F18, voorbehouden voor openbaar vervoer) worden voorzien.

De voordelen van een busbaan met onderbroken lijn (F17) zijn:

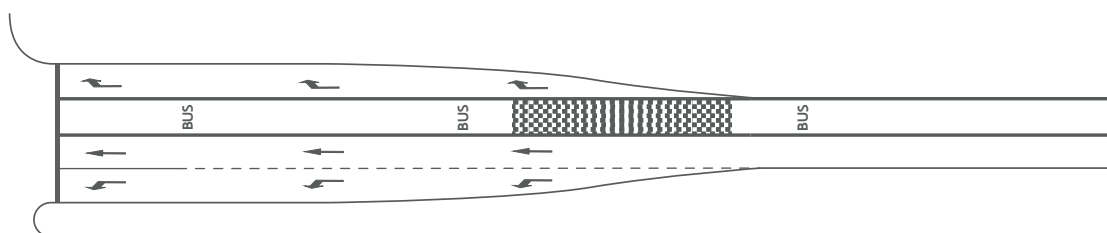
- Minder verlies aan opstelcapaciteit door het medegebruik met het afslaand verkeer;
- Geen extra ruimte-inname;
- Verhoging interventiemobiliteit hulpdiensten.



figuur 15: Busbaan met onderbroken lijn (F17) thv kruispunt

De voordelen van een busbaan met volle lijn (F18) zijn:

- Voorbehouden voor het openbaar vervoer;
- Invoeging busverkeer via specifieke fase in de lichtenregeling;
- Aparte seinen voor het openbaar vervoer;
- Verhoging interventiemobiliteit hulpdiensten.



figuur 16: Busbaan met volle lijn (F18) thv kruispunt

4.4.3 Geometrie

Hierna worden de standaardprincipes beschreven voor het geometrisch ontwerp van een lichtengeregeld kruispunt. Indien het kruispunt op een route voor uitzonderlijk vervoer gelegen is, kunnen er specifieke ontwerpisen van toepassing zijn. Het team Zwaar Vervoer van het Agentschap Wegen en Verkeer (zwaar.vervoer@mow.vlaanderen.be) moet steeds bij het ontwerp betrokken worden wanneer het kruispunt gelegen is op een route voor uitzonderlijk vervoer.

4.4.3.1 Algemeen

Een lichtengeregeld kruispunt op een Vlaamse hoofdweg heeft standaard 3 of 4 kruispunttakken. Bij een groter aantal aansluitende wegen moeten de onderliggende wegen buiten de invloedsfeer van het hoofdkruispunt gebundeld worden voor ze aansluiten op de Vlaamse hoofdweg. Het hoofdkruispunt telt zo maximaal 4 kruispunttakken. Indien nodig kan een microsimulatie duidelijkheid brengen.

De 4 kruispunttakken worden tegenover elkaar gepositioneerd. Geschrankte configuraties worden vermeden. De kruispunttakken sluiten aan met een onderlinge hoek van 90°, of benaderen deze hoek zo goed mogelijk. Dit kan betekenen dat de toeleidende wegen moeten uitbuigen om een goede oriëntatie te verkrijgen.

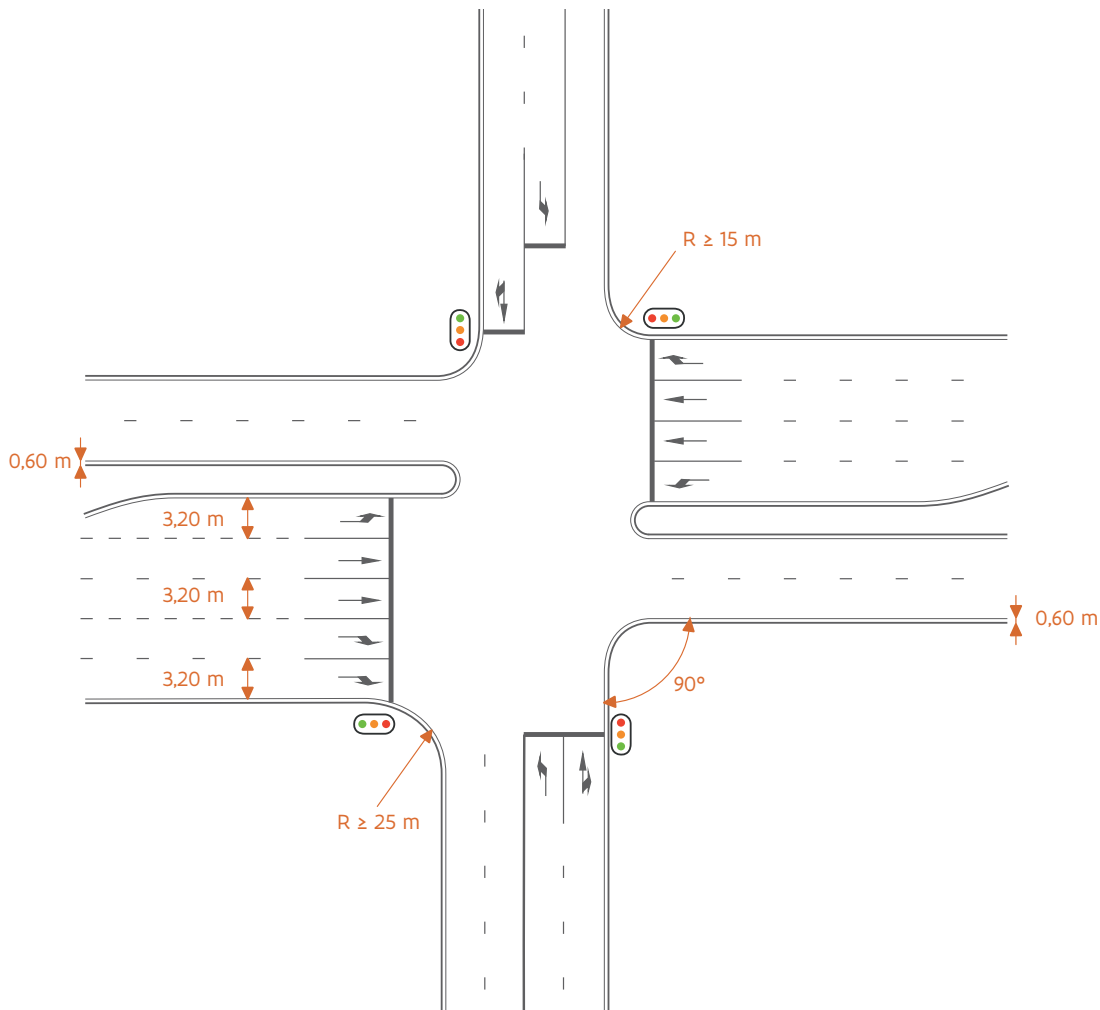
4.4.3.2 Breedte opstelstroken

De breedte van de opstelstroken is gelijk aan de breedte van de doorgaande rijstroken zoals beschreven in [hoofdstuk "5.4.3.1 Rijstrook"](#). Dit geldt zowel voor de doorgaande rijstroken als de afslagstroken. Een beperkte rijstrookbreedte kan de capaciteit van het kruispunt negatief beïnvloeden. Redresseerstroken op Vlaamse hoofdweg hebben steeds een breedte van 60 cm (zie [hoofdstuk "5.4.4.1 Redresseerstrook"](#)) en dus ook ter hoogte van afslagstroken.

4.4.3.3 Aansluitbochten

De binnenstraal van de aansluitbocht tussen twee kruispunttakken bedraagt minstens 15 m bij afwezigheid van een afslagstrook of wanneer er één afslagstrook aanwezig is. Bij een dubbele afslagstrook (rechtsaf of linksaf) bedraagt de binnenstraal van de aansluitbocht minstens 25 m. Per rijstrook moet de benodigde bochtverbreding worden toegepast (zie [hoofdstuk "5.4.3.3 Bochtverbreding"](#)).

Een beperkte binnenstraal van de aansluitbocht kan een conflictvrije werking hypothekeren. Een lang zwaar voertuig kan bij een beperkte binnenstraal mogelijks enkel afslaan door meer dan één rijstrook van de zijtak in te nemen. De stopstreep kan in die gevallen stroomopwaarts verlegd worden maar het links afslaand verkeer op de zijtak kan dan niet tegelijk groen krijgen met het rechts afslaand verkeer op de hoofdweg. Ook dit aspect van het kruispuntontwerp moet goed overwogen worden.



figuur 17: Aansluitbochten

4.4.3.4 Middenberm

De middenberm op de Vlaamse hoofdweg ter hoogte van het kruispunt wordt verhoogd en niet-overrijdbaar uitgevoerd vanaf de start van de afslagstrook. Dit vermijdt keerbewegingen over de middenberm vóór het kruispunt.

Ook bij een snelheidsregime van 70 km/h blijft het nodig om een fysieke scheiding te voorzien. Een volwaardige middenberm is niet nodig, een moeilijk overrijdbare scheiding is voldoende. Een (dubbele) belijning is echter niet voldoende. Er blijft ruimte nodig voor verkeersborden en verkeerslichten. Bij uitvoering moet erover gewaakt worden dat de fysieke scheiding geen hindernis vormt (beperkte hoogte, goede zichtbaarheid). Een middenberm is wel aanbevolen bij een 2x2 wegprofiel.

Bij de aanwezigheid van een oversteekplaats voor voetgangers en/of fietsers ter hoogte van een kruispunt is de middenberm minstens 3 m breed, conform het "[Vademecum fietsvoorzieningen](#)". Zonder deze middenberm zouden voetgangers en fietsers het kruispunt in 1 fase moeten oversteken, wat zal leiden tot verlies van groentijd en langere ontruimingstijden.

4.4.3.5 Asverschuiving

Een asverschuiving in het kruispuntvlak is geen standaardprincipe voor het geometrisch ontwerp van een lichtengeregeld kruispunt. Dit principe is niet gewenst omwille van de verkeersveiligheid. Weggebruikers verwachten bij groen licht een stuurbeweging rechtdoor, links of rechts. Een bijsturing omwille van een asverschuiving behoort niet tot de verwachtingen en zorgt voor potentiële conflicten. Asverschuivingen zijn ook vaak veel te kort en door de korte volgafstand bij verkeerslichten zien weggebruikers het vervolg van het kruispunt onvoldoende.

Asverschuivingen in de afslagstroken zijn niet gewenst omwille van:

- Extra complexiteit in de rijtaak;
- Onvoorspelbaarheid voor de andere weggebruikers: bij het oprijden van een afslagstrook wordt geen stuurbeweging meer verwacht;
- Negatie van de asverschuiving en gebruik van andere rijstroken.

4.5 Rotonde

Een rotonde is een gelijkvloers kruispunt waarbij de verkeersuitwisseling gebeurt via een serie aaneengeschakelde voorrangsgeregelde T-aansluitingen. De rotonde is daarbij de voorrangsweg met een verplichte rijrichting in tegenwijzerzin.

Een rotonde heeft volgende voordelen ten opzichte van een lichtengeregeld kruispunt:

- Beperkt aantal conflictpunten;
- Werkt snelheidsremmend binnen het tracé;
- Lagere rijnsnelheid ter hoogte van de conflictpunten;
- Faciliteert keerbewegingen.

Een rotonde heeft volgende nadelen ten opzichte van een lichtengeregeld kruispunt:

- Beperkte capaciteit in verhouding tot het ruimtebeslag;
- Onevenredige verdeling van intensiteiten heeft negatieve impact op de algemene capaciteit en werking;
- Geen sturing mogelijk in functie van de verkeersintensiteiten of wegcategorie. Alle takken zijn evenwaardig;
- Geen beïnvloeding mogelijk ten behoeve van het openbaar vervoer;
- Conflicten met voetgangers of fietsers bij gelijkvloerse oversteekplaatsen;
- Mogelijk speciale voorzieningen nodig in functie van uitzonderlijk vervoer.

Een rotonde op een Vlaamse hoofdweg kan ingericht worden als een eenstrooksrotonde of als een turborotonde. Een klassieke tweestrooksrotonde wordt bij voorkeur niet toegepast op een Vlaamse hoofdweg omdat deze niet efficiënt wordt gebruikt. Bij een Vlaamse hoofdweg met meerdere rijstroken wordt in de aanloop naar een eenstrooksrotonde een rijstrookbeëindiging toegepast conform [hoofdstuk "6.5 Rijstrookbeëindiging"](#). Bij een turborotonde kunnen twee rijstroken in aanloop naar de rotonde behouden blijven.

De rotonde zelf kan verschillende verschijningsvormen hebben, zoals een ovonde of een kluifrotonde. De principes blijven hetzelfde maar wat de geometrie betreft kunnen er dan specifieke eisen zijn, die hier niet concreet behandeld worden.

In dit hoofdstuk worden de basisprincipes toegelicht van een eenstrooksrotonde en een turbortonde op een Vlaamse hoofdweg. Voor bijkomende informatie en verdere details betreffende het geometrisch ontwerp van een (turbo)rotonde wordt er verwezen naar de Nederlandse publicaties CROW publicatie 126 – Eenheid in rotondes en CROW publicatie 257 – Turborotondes.

Een Vlaamse hoofdweg wordt ontworpen aan een ontwerpsnelheid van 90 km/h. In aanloop naar de rotonde wordt de snelheid verlaagd naar 70 km/h of lager. Deze snelheidsverlaging wordt op minstens 75 m voor de rotonde aangebracht.

4.5.1 Eenstrooksrotonde

Bij het ontwerp van een rotonde spelen veel aspecten mee die betrekking hebben op de verkeersveiligheid. Van belang zijn: snelheid, uniformiteit, opvallendheid, zichtbaarheid, herkenbaarheid en berijdbaarheid. Deze leiden tot de volgende algemene uitgangspunten:

- De weggebruiker moet tijdig worden geïnformeerd over het naderen van de rotonde. Een uniforme toepassing van bebording en bebakening kan daaraan bijdragen. De voorwegwijzer waarop de rotondevorm al herkenbaar is aangebracht, is een duidelijk signaal dat een rotonde wordt genaderd.
- Toeleidende wegen moeten zo veel mogelijk radiaal op de rotonde aansluiten. Hierdoor worden de naderingssnelheden beperkt en wordt de voorrangregeling ondersteund. De aansluitbogen of afrondingsstralen moeten dan ook zo klein mogelijk worden gekozen.

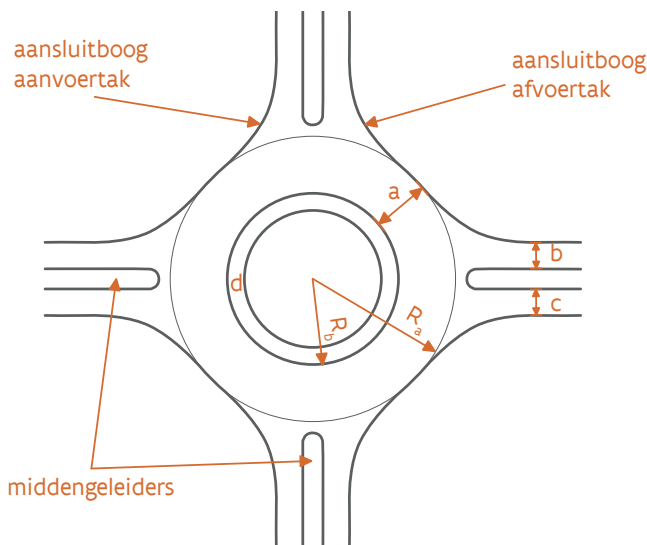
- Bij aansluitende wegen met een (zeer) brede middengeleider (gunstig voor de capaciteit) moet de diameter van de buitenstraal van de rotonde groter zijn dan 30 m om een hoge (oprij) snelheid te vermijden. Voertuigen kunnen anders gewoon rechtdoor rijden op de rotonde. Een buitenstraal kleiner dan 30 m heeft weinig invloed op de snelheid en heeft een negatief effect op de verkeersveiligheid.
- Voor rechtdoorgaand verkeer is het van belang dat de uitbuiging ter hoogte van de rotonde voldoende is. Wanneer de wegen ter hoogte van de rotonde niet haaks op elkaar staan, kunnen de passeersnelheden op de rotonde toenemen.

4.5.1.1 Ontwerpelementen

Op basis van bovenstaande algemene ontwerpuitgangspunten zijn de richtlijnen voor het ontwerp van een eenstrooksrotonde opgesteld. De berijdbaarheid van de rotonde kan gecontroleerd worden met behulp van rijcurvesimulaties.

Onderstaande ontwerpelementen bepalen de afmetingen van een standaard eenstrooksrotonde:

- Buitenstraal (R_a);
- Binnenstraal (R_b);
- Rijbaanbreedte op de rotonde (a);
- Aansluitbogen van de aan- en afvoertakken;
- Breedte van de aan- en afvoertak (b en c);
- Middengeleiders;
- Rammelstrook, het overrijdbaar gedeelte van het middeneiland (d).



figuur 18: Ontwerpelementen rotonde

ontwerpelementen rotonde	standaardmaat (m)
buitenstraal (R_a)	18,00
binnenstraal (R_b)	12,75
rijbaanbreedte op rotonde (a)	5,25
aansluitboog aanvoertak	8,00 - 12,00
aansluitboog afvoertak	12,00 - 15,00
breedte aanvoertak (b)	3,20 - 3,70
breedte afvoertak (c)	3,50 - 4,00
breedte middengeleider	2,50
breedte rammelstrook (d)	1,50

tabel 3: Standaardmaat ontwerpelementen rotonde

Buitenstraal

De buitenstraal (R_a) is de afstand tussen het middelpunt van de rotonde en de buitenkant van de rijbaanverharding inclusief randmarkering (exclusief goot) op de rotonde. De buitenstraal is direct gerelateerd aan de beschikbare ruimte voor het gemotoriseerd verkeer. De voorkeurswaarde van de buitenstraal van een eenstrooksrotonde op een Vlaamse hoofdweg bedraagt 18 m. Een aangepaste vormgeving kan nodig zijn voor uitzonderlijk vervoer (aangepaste buitenstraal). Die extra ruimte hoeft echter geen deel uit te maken van de rijbaan en kan voorzien worden in overrijdbare rammelstroken.

Binnenstraal

De binnenstraal (R_b) is de afstand tussen het middelpunt van de rotonde tot aan de buitenkant van het middeneiland inclusief de rammelstrook. De binnenstraal is dus bepalend voor de visuele afsluiting van de aanvoertakken en de berijdbaarheid van de rotonde. De binnenstraal heeft een belangrijke invloed op de passeersnelheid (zie [hoofdstuk 4.5.1.2 "Verbanden tussen de ontwerpelementen"](#)) van de rotonde en dus ook op de verkeersveiligheid. De voorkeurswaarde van de binnenstraal van een eenstrooksrotonde op een Vlaamse hoofdweg bedraagt 12,75 m.

Rijbaanbreedte op de rotonde

De rijbaanbreedte (a) is bij een eenstrooksrotonde het verschil tussen de buiten- en de binnenstraal. Ze bepaalt de berijdbaarheid van de rotonde en is inclusief de randmarkering. Een te grote rijbaanbreedte leidt tot hogere snelheden. Een rijbaanbreedte groter dan 6 m en kleiner dan 5 m wordt niet toegepast. De standaard rijbaanbreedte op de rotonde bedraagt indien de voorkeurswaarde voor binnen- en buitenstraal wordt toegepast 5,25 m.

Aansluitbogen van de aansluitende takken

De aansluitbogen bepalen, in samenhang met de rijbaanbreedte op de rotonde en de breedte van de aansluitende takken, de berijdbaarheid van de rotonde voor het maatgevende ontwerpvoertuig. De voorkeur gaat naar zo klein mogelijke stralen om de snelheden van het gemotoriseerd verkeer te beperken.

De aansluitbogen van de aanvoertakken bedragen 12 m wanneer een middengeleider aanwezig is. Bij de aansluiting van zijstraten zonder middengeleider is een aansluitboog van 8 m aangewezen. De aansluitbogen van de afvoertakken bedragen 15 m wanneer een middengeleider aanwezig is. Bij de aansluiting van zijstraten zonder middengeleider is de straal van de aansluitboog 12 m. In functie van het maatgevend voertuig kan naast de aansluitboog van de afvoertak eventueel een rammelstrook voorzien worden.

Breedte van de rijstroken op de aansluitende takken

De rijstrookbreedte wordt afgestemd op het maatgevend voertuig. De breedte van de rijstrook op de aanvoertak ligt standaard tussen 3,20 m en 3,70 m. De breedte van de rijstrook op de afvoertak ligt omwille van de hogere snelheid standaard tussen 3,50 m en 4 m. De rijstrookbreedte van de aanvoertak kan in functie van het maatgevend voertuig verbreed worden tot 4 m en de rijstrookbreedte van de afvoertak omwille van de hogere snelheid tot 4,50 m. Die bijkomende breedte wordt uitgevoerd als rammelstrook.

Middengeleiders

De aanleg van middengeleiders hangt samen met de afmetingen van het middeneiland en de boogstralen waarmee de aan- en afvoertak op de rotonde aansluiten. Middengeleiders die onjuist zijn toegepast, kunnen de berijdbaarheid van de rotonde voor vrachtwagens en openbaar vervoer beperken. De breedte van de middengeleider moet minimaal 2,50 m zijn. Op de middengeleider van de Vlaamse hoofdweg zijn gelijkvloerse oversteekplaatsen van voetgangers en fietsers niet toegelaten.

Een Vlaamse hoofdweg is altijd voorzien van een middengeleider ter hoogte van de aansluiting met de rotonde. Op de onderliggende wegen moet geen middengeleider voorzien worden maar is dit wel aanbevolen om de volgende redenen:

- Geleidende werking tussen de aanvoertak en de afvoertak;
- Verhoging van de afwikkelingscapaciteit van de rotonde;
- Ruimte voor het aanbrengen van signalisatie;
- In functie van een fiets- of voetgangersoversteekplaats op de onderliggende weg. De oversteek ligt minstens op een afstand van 10 m van de buitenstraal van de rotonde. De middengeleider moet ter hoogte van de oversteek minstens 3 m breed zijn.

Rammelstrook aan het middeiland

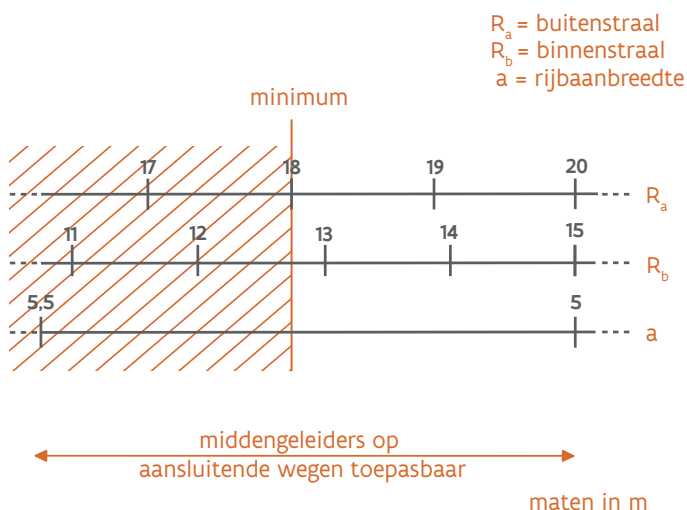
Deze strook wordt aangelegd aan de binnenkant van de rotonde en maakt deel uit van het middeiland. Ze wordt aangelegd onder een helling van 5% en met een standaardbreedte van 1,50 m. Het hoogteverschil tussen de rijbaan en het begin van de rammelstrook bedraagt minimum 0,02 m en maximum 0,04 m. In functie van het maatgevend voertuig kan de rammelstrook breder (tot maximaal 6 m) en hoger worden uitgevoerd.

Rijstrookbeëindiging stroomopwaarts van de rotonde

Wanneer de Vlaamse hoofdweg een 2x2 wegprofiel heeft, is een rijstrookbeëindiging voor de eenstrooksrotonde noodzakelijk. Het verkeer op de linkse rijstrook moet dan invoegen op de rechtse rijstrook. De rijstrookbeëindiging gebeurt door middel van een overgangscurve en verdrijvingsvlak op de linkerrijstrook zoals verder beschreven in de [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene Omzendbrief nopens de Wegsignalisatie"](#).

4.5.1.2 Verbanden tussen de ontwerpelementen

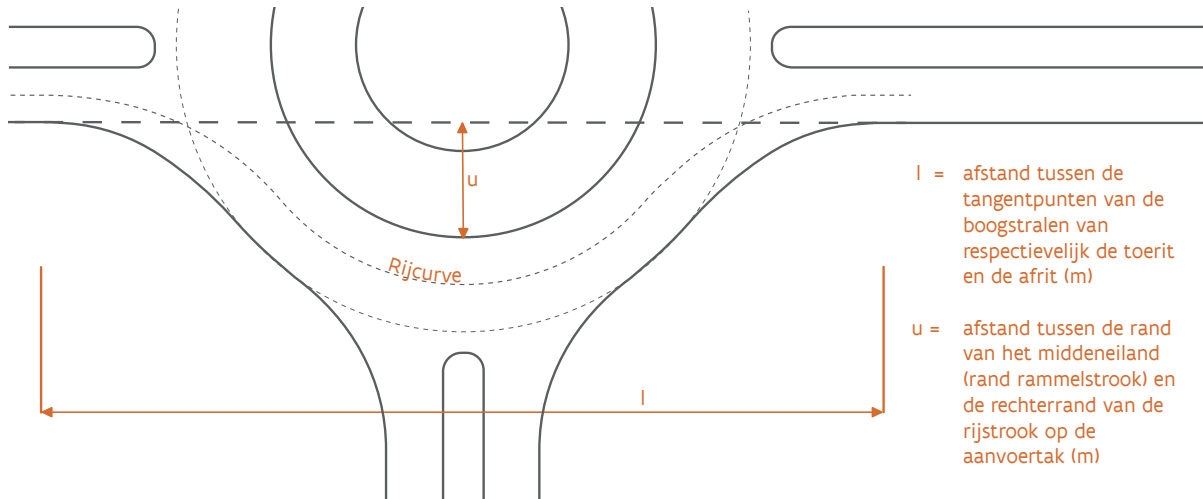
Een afwijking op de standaardmaten voor een rotonde is mogelijk mits de maatvoering van de overige ontwerpelementen hierop wordt afgestemd. In onderstaande figuur is schematisch het verband tussen de buitenstraal, de binnenstraal en de rijbaanbreedte aangegeven. De minimale buitenstraal van een rotonde bedraagt 18 m.



figuur 19: Onderlinge samenhang tussen buitenstraal, binnenstraal en rijbaanbreedte

4.5.1.3 Passeersnelheid

Bij de dimensionering van de rotonde is de maximale passeersnelheid een belangrijk verkeersveiligheidsaspect. Deze snelheid moet lager zijn dan 40 km/h en kan in de ontwerpfase worden getoetst. Met behulp van onderstaande figuur en de daaropvolgende formules kan de passeersnelheid worden gecontroleerd. Met behulp van de maten l en u kan de straal van de rijcurve worden berekend.



figuur 20: Bepaling schaal rijcurve op rotonde

$$r_{\text{rijcurve}} = \frac{(0,25 * l) + (0,50 * (u + 2))^2}{u + 2}$$

Hierin is:

- r_{rijcurve} : boogstraal (m)
- l : afstand tussen de tangentialpunten van de boogstralen van respectievelijk de toerit en de afrit (m)
- u : afstand tussen de rand van het middeneiland (rand overrijdbare strook) en de rechterkant van de rijstroken (m)

Bij een goed ontwerp ligt de r_{rijcurve} tussen 22 m en 23 m. Bij krappe boogstralen bestaat het volgende verband tussen de snelheid (v_{passeer} in km/h) in de boog en de boogstraal:

$$v_{\text{passeer}} = 7,4 * \sqrt{r_{\text{rijcurve}}}$$

Het effect van de maat u op de passeersnelheid is groter dan het effect van de maat l . Hoe groter de maat u , hoe verder voertuigen moeten uitbuigen en hoe lager de snelheid zal liggen. De berijdbaarheid van de rotonde voor bussen of vrachtauto's kan bijgevolg efficiënter worden verbeterd door de straal van de aansluitbogen te vergroten dan door het middeneiland te verkleinen. Hoe kleiner het middeneiland hoe meer de aan- en afvoertak als raaklijn aan de cirkel van het middeneiland zullen liggen en hoe hoger de snelheid zal zijn.

4.5.1.4 Capaciteit

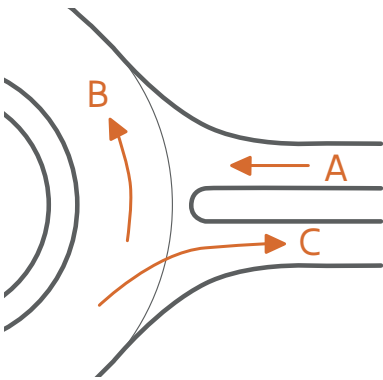
Om de afwikkelingscapaciteit van een rotonde te beoordelen, zijn verschillende methoden beschikbaar:

- Vuistregels;
- Rekenregels;
- Microsimulatie.

Vuistregels

Een eenstrooksrotonde kan doorgaans worden toegepast als de som van de toeleidende stromen kleiner is dan 20 000 à 25 000 pae per dag. Dit komt bij benadering overeen met een capaciteit van ongeveer 2 000 à 2 500 pae/h. Deze vuistregel houdt echter geen rekening met eventuele bypassen, verschillen in het verkeersaanbod per uur van de dag, herkomst- en bestemmingsrelaties of verkeerssamenstelling. Een controleberekening aan de hand van de conflictbelasting is bijgevolg aangewezen.

Het bepalende conflict voor de capaciteit van een eenstrooksrotonde is in [figuur 21](#) weergegeven. De conflictbelasting is de som van de intensiteit A op de aanvoertak en de intensiteit B op de rijbaan van de rotonde ter hoogte van die aanvoertak. De maximale conflictbelasting bedraagt 1 500 pae/h. De capaciteit is bereikt als de intensiteit op een van de toeleidende wegen gelijk is aan of groter is dan de capaciteit op het conflictpunt met de aanvoertak van een aansluitende weg. Het schijnbaar conflicterend verkeer (C) is het verkeer dat vlak voor de aanvoertak rechtsaf slaat. Dit rechts afslaand verkeer is van invloed op de capaciteit van de aanvoertak. Bestuurders die de rotonde verlaten, geven vaak geen richting aan. Wachtende bestuurders op de aanvoertak gaan dan twijfelen waardoor zij langer wachten dan eigenlijk nodig is. Dit kan voor een deel worden voorkomen door een brede middengeleider en/of een ruimere rotonde aan te leggen. Het vergroten van de diameter van de rotonde en het voorzien van een brede middengeleider op een tak heeft dus een capaciteitsverhogend effect. De capaciteit van een rotonde kan ook verhoogd worden door een bypass in te richten om een deel van het verkeer langs de rotonde te leiden.



figuur 21: Bepalende conflicten

Rekenregels

De afwikkelingscapaciteit van een eenstrooksrotonde kan bepaald worden met de formule van Boyv of met de meerstrooksrotondeverkenner. Voor de formule van Boyv wordt verwezen naar de CROW publicatie 126 – Eenheid in rotondes. De meerstrooksrotondeverkenner wordt hoofdzakelijk gebruikt voor turborotondes.

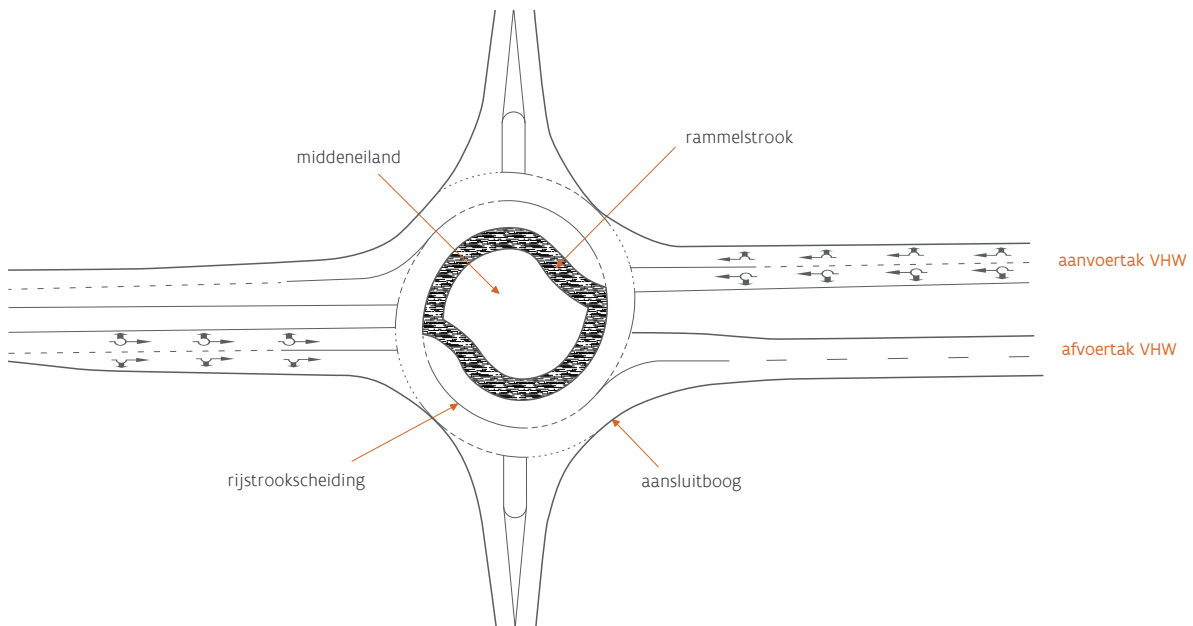
Microsimulatie

De afwikkelingscapaciteit kan aan de hand van een microsimulatie worden bepaald. Een microsimulatie is een verkeersmodel dat het gedrag van elk individueel voertuig apart simuleert en zo een realistisch en gedetailleerd beeld geeft van een bestaande of toekomstige verkeerssituatie. Dit laat toe om op een relatief eenvoudige wijze de impact van bepaalde maatregelen en/of ontwikkelingen te testen op een reële verkeerssituatie.

4.5.2 Turborotonde

Een turborotonde is een spiraalvormige meerstrooksrotonde waarbij vóór het oprijden van de rotonde de juiste rijstrook moet gekozen worden. Op de turborotonde is wisselen van rijstrook niet toegestaan. De weggebruiker wordt op een bepaald punt ook gedwongen de turborotonde te verlaten.

Een turborotonde heeft verschillende verschijningsvormen. De basis turborotonde (eironde) heeft op elk van de twee hoofdtakken twee rijstroken op de aanvoertak en twee rijstroken op de afvoertak. De twee rijstroken van de hoofdweg lopen als het ware door over de rotonde. De zijtakken hebben elk één of twee rijstroken voor de aanvoertak en één rijstrook voor de afvoertak.



figuur 22: Voorbeeld turborotonde

Dit hoofdstuk beschrijft alleen de principes en kenmerken van de standaard turborotonde. Er zijn echter veel verschijningsvormen mogelijk (eironde, knierotonde, spiraalrotonde ...) afhankelijk van de categorisering, inrichting en belasting van elk van de aansluitende takken. Een ruimer overzicht is te vinden in de CROW publicatie 257 - Turborotondes.

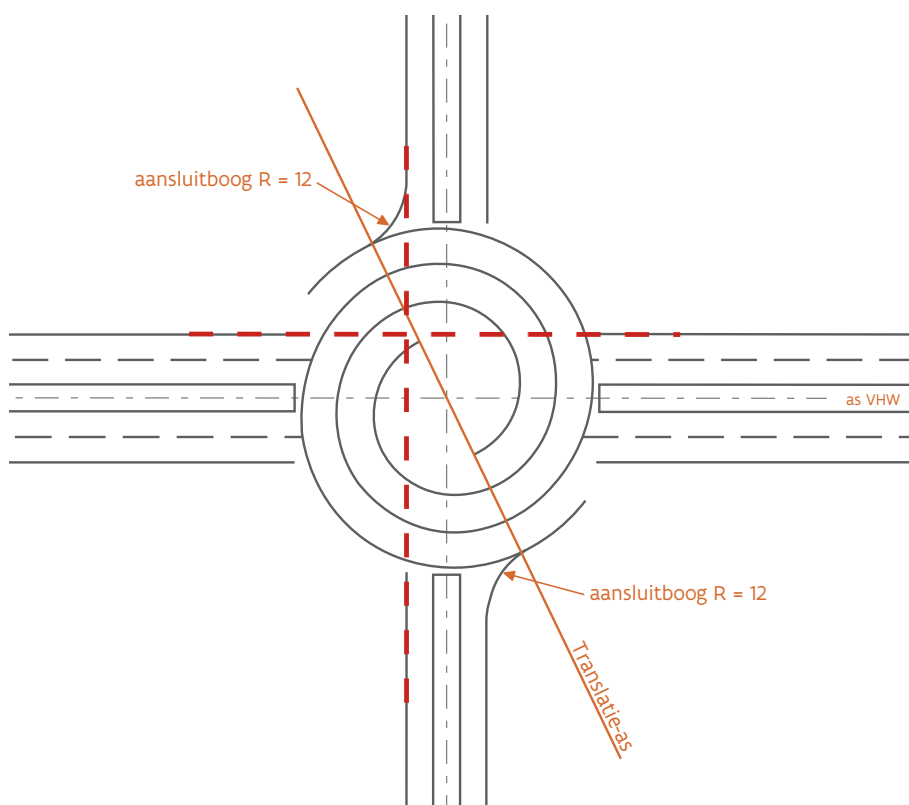
4.5.2.1 Ontwerpelementen

Het ontwerp van alle spiraalvormige meerstrookstrotondes is vrijwel gelijklopend en staat in detail beschreven in de CROW publicatie 257 - Turborotondes. Kenmerkende elementen van het ontwerp van een turborotonde zijn de translatie-as en de sterke rijstrookscheiding op de rotonde.

Translatie-as

De translatie-as is een hulpmiddel bij het ontwerp van de turborotonde. Het ontwerp van een turborotonde start met het uitzetten van halve cirkels in functie van de ligging van de rijstroken en de rijstrookscheidingen. De cirkels liggen met hun middelpunt op de translatie-as. De hoofdmaten van de turborotonde volgen uit de uitgezette cirkels op de translatie-as. De overige maten hangen samen met de gangbare stralen bij het wegontwerp. Specifieke ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in de CROW publicatie 257 - Turborotondes.

De concrete maatvoering van de turborotonde is afhankelijk van de configuratie en opbouw van de rotonde. Meestal wordt er gestart met een binnenstraal van 12 m. Het ruimtebeslag voor een tweestrooksturborotonde bedraagt ongeveer een cirkel met diameter 50 m.



figuur 23: Positie translatie-as

Aansluitbogen

De straal van de aansluitbogen van de aansluitende takken bedraagt 10 m voor de rijbaanverharding, zowel voor de aanvoertak als de afvoertak. Voor de aanvoertak wordt aansluitend een rammelstrook voorzien volgens een aansluitboog van 12 m. Voor de afvoertak wordt aansluitend een rammelstrook voorzien volgens een aansluitboog van 15 m.

Middeneiland

Het middeneiland bestaat uit twee functionele delen: een rammelstrook en een niet-overrijdbaar deel. In dit laatste kan signalisatie en eventueel beplanting worden aangebracht. De rammelstrook is noodzakelijk in functie van de draaibeweging van grote voertuigen. Het zijn vooral de achterassen en aanhangwagens die over dit verhoogde deel rijden. Het is van belang dat de verharding zo wordt vormgegeven dat personenauto's de rammelstrook mijden, terwijl vrachtwagens deze met beperkte hinder kunnen berijden. De rammelstrook wordt uitgevoerd in een afwijkende kleur en verharding (bijvoorbeeld printbeton). De verharding moet enig discomfort geven bij het overrijden door personenauto's waardoor zij dit deel zullen mijden. Het hoogteverschil tussen de rijbaan en het begin van de rammelstrook bedraagt minimum 0,02 m en maximum 0,04 m. De rammelstrook wordt aangelegd aan de binnenkant van de rotonde en maakt deel uit van het middeneiland. Ze wordt aangelegd onder een helling van 5% en met een standaardbreedte van 1,50 m. In functie van het maatgevend voertuig kan de rammelstrook breder (tot maximaal 6 m) en hoger worden uitgevoerd.

Rijstrookscheidingen

De rijstrookscheiding begeleidt de weggebruiker over de turborotonde zowel vóór het oprijden van de rotonde, op de rotonde zelf als bij het afrijden ervan. Het doel van de rijstrookscheiding is voorkomen dat weggebruikers eenvoudig van rijstrook kunnen wisselen. Een fysieke rijstrookscheiding is noodzakelijk. De rijstrookscheiding bestaat uit een overrijdbare band van maximum 0,07 m hoog en 0,60 m breed in een afwijkende verharding (bijvoorbeeld printbeton). Langs beide zijden van de rijstrookscheiding wordt een witte doorlopende markering aangebracht van 0,15 m breed.

Rijstroken op de aansluitende takken

De configuratie van de turborotonde gaat hand in hand met het aantal rijstroken op de aanvoertakken en afvoertakken. Op de Vlaamse hoofdweg zullen vaak minstens 2 voedende rijstroken nodig zijn op de aanvoertak.

- Bij een Vlaamse hoofdweg ingericht als 2x2 sluiten de 2 rijstroken rechtstreeks aan op de turborotonde.
- Bij een Vlaamse hoofdweg met 2x1 rijstroken zal er een bijkomende rijstrook voorzien moeten worden in aanloop naar de turborotonde. Deze rijstrook kan zowel aan de rechter- als aan de linkerzijde ingericht worden, afhankelijk van de intensiteiten voor de verschillende rijbewegingen.

Op de afvoertak kunnen er ook 2 rijstroken nodig zijn afhankelijk van de intensiteiten. Deze rijstroken moeten invoegen naar 1 rijstrook bij een 2x1 wegprofiel (zie [figuur 12](#)). Hier is invoegen vanaf de rechtse rijstrook aanbevolen tenzij dit gelet op de intensiteiten tot een onnodig hoog aantal rijstrookwissels zou leiden.

Indien de aanvoertak in een stijgende helling ligt naar de rotonde, moet de aanvoertak over een lengte van minstens 18 m horizontaal aansluiten op de rotonde. Dit verbetert het zicht van het oprijdend verkeer en zware voertuigen zullen vlotter de rotonde kunnen oprijden.

Lengte bijkomende rijstrook

Voor het bepalen van de minimumlengte van een bijkomende voedende rijstrook worden dezelfde principes gevolgd als bij een afslagstrook aan een lichtengeregeld kruispunt. De lengte van een afslagstrook is de som van de verwachte maximale wachtrij, de benodigde deceleratielengte en de helft van de overgangscurve.

De bijkomende rijstrook start met een overgangscurve vanaf de doorgaande rijstrook. De lengte van de overgangscurve bedraagt 30 m. De lengte van de overgangscurve kan voor de helft meegerekend worden voor de deceleratielengte op de bijkomende rijstrook. De ontwerpmaat van de bijkomende rijstroken houdt rekening met een deceleratie van 70 km/h naar 0 km/h. Dit komt overeen met een deceleratielengte van ongeveer 75 m ([zie formule](#)). Bijgevolg is de minimale lengte van een bijkomende rijstrook 90 m plus de verwachte maximale wachtrijlengte.

De bijkomende rijstrook wordt standaard links van de doorgaande rijstrook voorzien. De bijkomende rijstrook kan rechts van de doorgaande rijstrook voorzien worden wanneer de bijkomende rijstrook fungeert als een afslagstrook naar een bypass of wanneer de verkeersintensiteiten en -stromen op het kruispunt een andere configuratie vragen.

4.5.2.2 Passeersnelheid

De rijstrookbreedte is van grote invloed op de passeersnelheid van personenauto's. Deze snelheid moet lager zijn dan 40 km/h en kan in de ontwerpfase worden getoetst. Om deze snelheid te beperken, wordt de rijstrookbreedte op turborotondes gelimiteerd tot 5,35 m (minimum 4,70 m) en worden turborotondes voorzien van rijstrookscheidingen. De snelheden worden berekend op eenzelfde manier als bij een eenstrooksrotonde.

4.5.2.3 Capaciteit

De afwikkelingscapaciteit van een turborotonde is sterk afhankelijk van de configuratie en belasting van de rotonde. De capaciteit van een turborotonde kan 3 500 pae/h bedragen en meer. Een capaciteitsanalyse op basis van vuistregels zal meestal onvoldoende zijn vanwege de complexiteit van de inrichting. Voor de analyse van de afwikkelingscapaciteit van een turborotonde is daarom een microsimulatie aangewezen.

4.6.1 Toepassingsgebied

Ter verhoging van de capaciteit van een lichtengeregeld kruispunt of rotonde kan rechts afslaand verkeer met een bypass langs het kruispunt worden geleid.

Een bypass verhoogt de capaciteit van een kruispunt wanneer een aanzienlijke verkeersstroom deze rechtsafbeweging maakt.

Een bypass is niet gewenst binnen de bebouwde kom vanwege de extra conflictpunten met voetgangers en fietsers. Buiten de bebouwde kom wordt een bypass niet aanbevolen wanneer er conflicten zijn met voetgangers en fietsers. Wanneer een bypass buiten de bebouwde kom toch noodzakelijk is, wordt het conflict tussen het gemotoriseerd verkeer en voetgangers en fietsers geregeld met verkeerslichten.

4.6.2 Verschijningsvormen

De aansluiting van een bypass kan op verschillende manieren (zie [figuur 24](#)) gebeuren en is afhankelijk van de relatie tussen de Vlaamse hoofdweg en de onderliggende weg:

- Een bypass van een Vlaamse hoofdweg naar een onderliggende weg zal meestal vormgegeven worden als een voorrangsgeregelde aansluiting met de bypass uit de voorrang ter hoogte van de aansluiting met de onderliggende weg. Op de Vlaamse hoofdweg zelf vertrekt de bypass vanaf een rechtsafstrook om turbulentie op de Vlaamse hoofdweg te beperken (zie [figuur 24A](#)).
- Een bypass van een onderliggende weg naar een Vlaamse hoofdweg wordt ingericht met een invoegstrook (zie [figuur 24B](#)) of met een samenvoegende rijstrook (zie [figuur 24C](#)) om de turbulentie te beperken.

4.6.3 Ontwerp

De bypass dient fysiek gescheiden te zijn van de rotonde of het lichtengeregeld kruispunt. De buitenboogstraal of straal van de ontwerpas van de bypass is minimaal 30 m. De straal van de ontwerpas van de bypass ligt aan de buitenzijde van de bocht of de linkerkant van de weg. De gewenste snelheid bepaalt de vorm van de bypass.

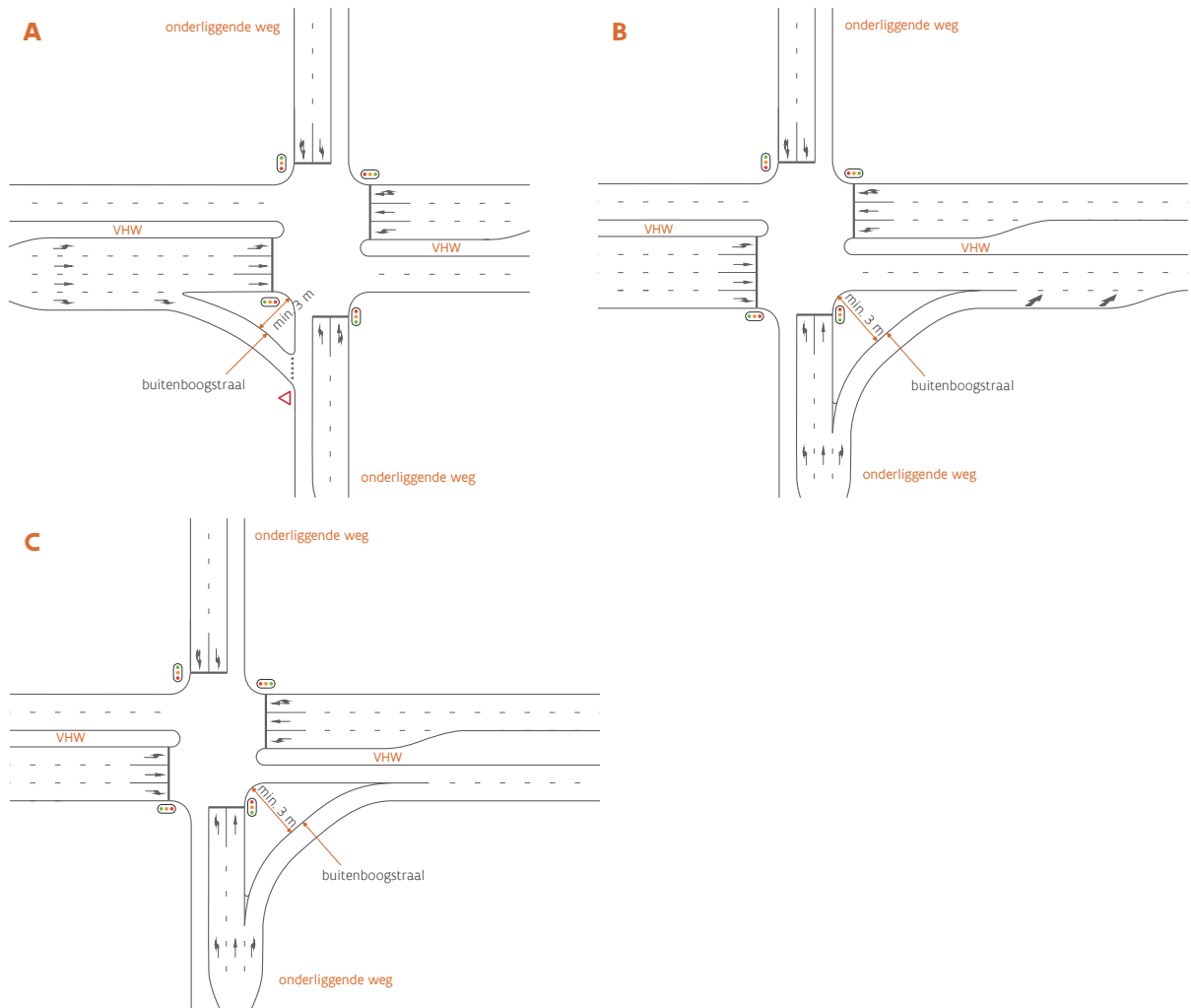
De ontwerpsnelheid van een bypass bedraagt 30 of 50 km/h. De lengte van de invoegstrook naar de Vlaamse hoofdweg moet toereikend zijn voor de acceleratie naar 75% van de ontwerpsnelheid op de aansluitende rijbaan. De lengte van de invoegstrook bedraagt voor een verkeerslichtengeregeld kruispunt minimaal 75 m, voor een rotonde minimaal 50 m (omwille van een lagere snelheid).

Een uitvoegstrook naar de bypass is vereist op de Vlaamse hoofdweg om te vermijden dat er te sterk gedecelereerd wordt op de doorgaande rijstrook. Op de hoofdbaan is een deceleratie van maximum 20 km/h toegelaten. Bij een hoofdbaan met een snelheidsregime van 90 km/h moet op de uitvoegstrook gedecelereerd kunnen worden van 70 km/h naar 50 of 30 km/h (afhankelijk van de ontwerpsnelheid van de bypass). Dit komt overeen met een deceleratielengte van 37 m, respectievelijk 62 m ([zie formule](#)).

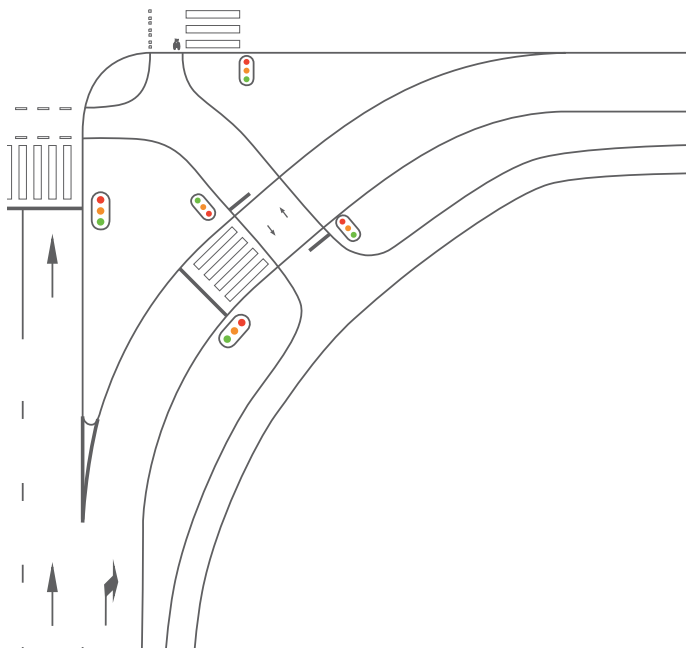
Een langere uitvoegstrook kan gewenst zijn indien de wachtrij voor het kruispunt de aansluiting met de bypass hindert. De vorm van de bypass is afhankelijk van de plaatsgesteldheid en de gewenste snelheid.

4.6.4 Bypass en actieve weggebruikers

Binnen de bypass vanaf een Vlaamse hoofdweg wordt een conflict tussen gemotoriseerd verkeer en actieve weggebruikers niet getolereerd. Wanneer een ongelijkvloerse oplossing niet mogelijk is, dan is een regeling door verkeerslichten noodzakelijk. (zie [figuur 25](#)).

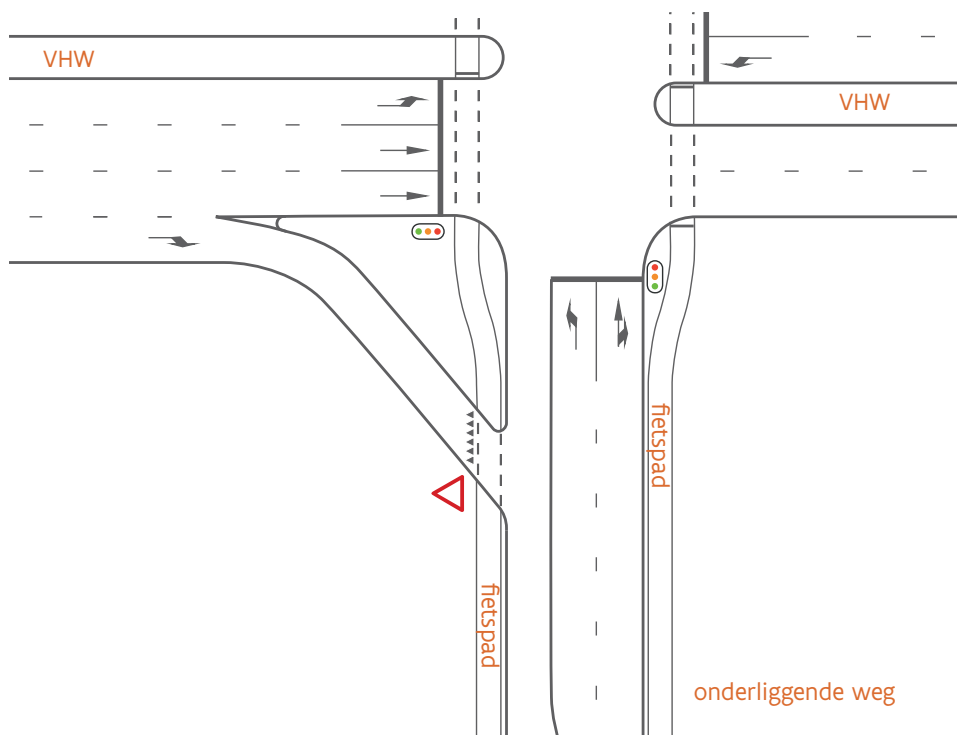


figuur 24: Verschijningsvormen bypass



figuur 25: Gelijkvloerse oversteekplaats in de bypass met VRI

Een gelijkvloerse kruising van een bypass met een fietspad zonder verkeerslichten is enkel toegelaten wanneer het een aanliggend doorlopend eenrichtingsfietspad betreft langsheen de onderliggende weg, weglegend van het kruispunt. De bypass mag dan niet aansluiten via een invoegstrook of doorgaande rijstrook.



figuur 26: Gelijkvloerse oversteekplaats in de bypass met VRI

4.7 Oversteekvoorzieningen

4.7.1 Ongelijkvloerse oversteekplaats

Het dwarsen van de Vlaamse hoofdweg door voetgangers en fietsers gebeurt bij voorkeur ongelijkvloers. Voor de concrete uitvoering wordt verwezen naar het [“Vademecum fietsvoorzieningen”](#).

4.7.2 Verkeerslichtengeregeld kruispunt

Vormgeving

Naast een ongelijkvloerse kruising kan men in tweede instantie ook opteren voor een lichtengeregeld kruispunt waarbij fietsers en voetgangers conflictvrij kunnen oversteken. Oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers ter hoogte van een lichtengeregeld kruispunt worden op de Vlaamse hoofdweg voorzien van een duidelijke oversteekplaats. Dit betekent dat men op de onderliggende weg in geval van gemengd verkeer, een fietspad moet inrichten in aanloop naar het kruispunt met de Vlaamse hoofdweg. Deze overgang van gemengd verkeer naar fietspad bevindt zich voldoende ver van het kruispunt zodat fietsers de wachtrij van voertuigen kunnen voorbijrijden.

Het [“Vademecum fietsvoorzieningen”](#) reikt standaardbreedtes aan voor de fietsvoorzieningen (inclusief de oversteekplaatsen). De breedte is afhankelijk van het type fietspad en de verwachte fietsintensiteiten. Ook aanbevelingen om de opstelruimte voor fietsers ter hoogte van het kruispunt vorm te geven en te optimaliseren, zijn in het [“Vademecum fietsvoorzieningen”](#) opgenomen.

Boogstraal

Indien het fietspad ter hoogte van het kruispunt een (90°-)bocht maakt, dan moet een minimale boogstraal worden gerespecteerd inclusief een bochtverbreding. Voor de concrete maatvoering wordt verwezen naar het [“Vademecum fietsvoorzieningen”](#).

Markering

Richtlijnen rond markeringen van fietsoversteekplaatsen zijn opgenomen in de [Dienstorder MOW/AWV/2017/06 “Gekleurde wegoppervlakken voor fietsvoorzieningen”](#).

4.7.3 Rotonde

Oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers worden op de Vlaamse hoofdweg ter hoogte van een rotonde ongelijkvloers gerealiseerd. Op de onderliggende wegen is een gelijkvloerse oversteek toegelaten op een afstand van 10 m van de buitenstraal van de rotonde. Een middengeleider moet niet voorzien worden maar is wel aanbevolen.

Richtlijnen rond het ontwerp van fietsvoorzieningen ter hoogte van rotondes en ongelijkvloerse kruisingen zijn opgenomen in het [“Vademecum fietsvoorzieningen”](#).

4.7.4 Turborotonde

Oversteekvoorzieningen voor fietsers en voetgangers worden op de Vlaamse hoofdweg ter hoogte van een turborotonde ongelijkvloers gerealiseerd. Op de onderliggende wegen is een ongelijkvloerse oversteek eveneens noodzakelijk wanneer de turborotonde twee rijstroken per rijrichting omvat.

4.7.5 Solitaire oversteekvoorzieningen

Solitaire oversteekvoorzieningen van fiets- en voetgangersoversteekplaatsen buiten een kruispunt worden bij voorkeur op een Vlaamse hoofdweg ongelijkvloers gerealiseerd. Richtlijnen rond het ontwerp van ongelijkvloerse kruisingen zijn opgenomen in het "[Vademecum fietsvoorzieningen](#)". In tweede instantie kan men ook opteren voor een lichtengeregeld kruispunt waarbij fietsers en voetgangers conflictvrij kunnen oversteken.

4.8 Verzorgingsplaatsen langs Vlaamse hoofdweg

De behoefte aan verzorgingsplaatsen langs Vlaamse hoofdwegen is doorgaans beperkt. Alleen in uitgestrekte (plattelands)gebieden kan die behoefte aanwezig zijn.

Een verzorgingsplaats ligt altijd vrij van de hoofdweg. Een tweezijdige ligging heeft de voorkeur. Hiermee worden linksafbewegingen vanaf de hoofd- en zijweg voorkomen. De problematiek van de eenzijdige of tweezijdige ligging treedt vooral op bij benzinestations.

5 Wegvak

Een wegvak is een samenstelling van een alignement en een dwarsprofiel voor één rijrichting. Het wegvak vormt een geheel waarbinnen een continu wegontwerp aanwezig is. In dit hoofdstuk zijn de volgende relevante onderwerpen voor het ontwerp van een wegvak belicht:

- Zicht
- Alignement
- Dwarsprofiel
- Ruimtelijke helling
- Wegbeeld

Het uitgangspunt van de richtwaarden in dit hoofdstuk is een verkeersveilig ontwerp.

Zicht is aan het begin van dit hoofdstuk beschreven omdat zicht betrekking heeft op het gehele wegvak en in alle situaties relevant is. Eisen vanuit zicht bepalen de dimensionering van veel ontwerpelementen.

Wegbeeld is aan het einde van dit hoofdstuk beschreven omdat het de verschillende ontwerpelementen combineert. Eisen vanuit wegbeeld hebben tot doel een verkeersveilig en duidelijk wegontwerp te waarborgen. Ze worden op het einde gebruikt als een (iteratieve) toetsing.

5.1 Zicht

Een bestuurder moet zicht hebben op het verloop van de weg om de dwarspositie van het voertuig te kunnen beheersen en om veilig en comfortabel te kunnen inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg. Veiligheid heeft betrekking op het tijdig identificeren van onverwachte gebeurtenissen, zoals stilstaande voertuigen en voorwerpen op de weg. Comfort heeft betrekking op zicht op het verloop van de weg om tijdig en comfortabel de nodige manoeuvres uit te kunnen voeren. Hiervoor moet enerzijds de langsmarkering van de rijbaan over voldoende afstand zichtbaar zijn en anderzijds moeten veranderingen in het alignement, zoals bogen of rijstrookbeëindigingen, tijdig geïdentificeerd kunnen worden.

Het zicht op een lichtengeregeld kruispunt of rotonde moet gegarandeerd zijn. Het wegbeeld moet benadrukken wanneer er een kruispunt nadert. Het ontwerp is zelfverklarend door bijvoorbeeld de verlichting aan te passen, het middeneiland bij een rotonde te verhogen of ruimtelijke elementen toe te voegen. Het hoofdstuk "Zicht" is onder te verdelen in zicht bij continue situaties en zicht bij discontinue situaties. Binnen continue situaties blijft het aantal rijstroken gelijk. Daar waar het aantal rijstroken wijzigt (als gevolg van een discontinuïteit) wordt gesproken over discontinue situaties. Dit hoofdstuk beperkt zich tot zicht in continue situaties. Discontinue situaties hebben betrekking op gecombineerde elementen en worden besproken bij het wegbeeld. De richtlijnen met betrekking tot wegbeeld zijn beschreven in [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#).

Zowel voor continue als discontinue situaties moet worden nagegaan of het ontwerp nood heeft aan een visuele wegbeeldanalyse. Een dergelijke controle op basis van een driedimensionale visualisatie van de weg is nodig wanneer op voorhand niet duidelijk is of de visuele kwaliteit voldoende is.

5.1.1 Zichtcriteria

De zichtcriteria die op alle onderdelen van een wegvak betrekking hebben, zijn:

- Anticipatiezicht: zicht op het samenspel van elementen die bepalend zijn voor de herkenning van het verloop van de weg.
- Wegverloopzicht: zicht op het verloop van de weg in continue situaties.
- Stopzicht: zicht op stilstaand verkeer stroomafwaarts.

5.1.1.1 Zichtlengte

De maatgevende factor voor zicht is de zichtlengte. Zichtlengte is de afstand waarover de bestuurder het direct voor hem liggende deel van de weg kan overzien. Dit is de afstand tussen het waarneempunt en het zichtpunt:

- Een waarneempunt is het punt waar het oog van de bestuurder zich bevindt.
- Een zichtpunt is het punt waar de bestuurder naar kijkt.

Het waarneempunt in horizontale bogen bevindt zich in alle gevallen op de binnenste rijstrook van de boog. De ooghoogte van een autobestuurder is 1,10 m en is maatgevend. Een vrachtwagen is niet maatgevend omdat die in de meeste gevallen een grotere ooghoogte (2,50 m) heeft. Hierdoor wordt veelal over een zichtbelemmerend voorwerp heen gekeken. Op basis van personenwagens bevindt het waarneempunt zich:

- Bij een linkse bocht: 1,10 m uit de binnenkant van de randlijn links
- Bij een rechtse bocht: 2,10 m uit de binnenkant van de randlijn rechts

Het zichtpunt verschilt per zichtcriterium. Hierop wordt ingegaan in de volgende hoofdstukken. De zichtlengte wordt sterk beïnvloed door de snelheid:

- Hoe hoger de snelheid, hoe verder de bestuurder naar voren kijkt (rijzicht)
- Hoe hoger de snelheid, hoe kleiner de waarnemingshoek (gezichtsveld)

Een overzicht van de maatgevende zichtlengtes per zichtcriterium is opgenomen in onderstaande tabel. Hierbij geldt dat altijd voldaan moet worden aan de eisen voor wegverloopzicht en stopzicht. Een goed wegontwerp voldoet ook aan de eisen voor anticipatiezicht, maar bij uitzondering mag hiervan onderbouwd worden afgeweken. In de hoofdstukken "[5.1.2 Anticipatiezicht](#)" tot en met "[5.1.4 Stopzicht](#)" zijn deze zichtlengtes nader toegelicht.

ontwerpsnelheid (km/h)	zichtlengte (m) (afgeronde waardes)		
	anticipatiezicht	wegverloopzicht	stopzicht
90	230	120	135
70	165	80	80
50	110	40	40
30	65	20	25

tabel 4: Overzicht maatgevende zichtlengte per zichtcriterium bij hellingspercentage van 0%

5.1.1.2 Opbouw zichtlengte

Voor alle zichtcriteria geldt dat de maatgevende zichtlengtes zijn opgebouwd uit de volgende drie onderdelen:

- Herkenningslengte: de lengte waarover de bestuurder vooruit moet kunnen kijken om een gebeurtenis of object bij ongunstige omstandigheden zoals regen, duister of mist eenduidig te kunnen herkennen.
- Perceptie-reactietijd (prt-lengte): de lengte die wordt afgelegd tijdens de perceptie-reactietijd (prt).
- Operationele taak: de lengte die volgt uit de tijd die nodig is voor een operationele taak.

De herkenningslengte is dat deel van het wegvak dat de bestuurder moet kunnen waarnemen om de situatie te kunnen herkennen en in te schatten.

De perceptie-reactietijd (prt) is de tijdsduur die nodig is om achtereenvolgens een waarneming te doen, de waarneming te verwerken en een eventueel noodzakelijke handeling te bepalen. De prt is sterk afhankelijk van de wijze waarop de bestuurder op een bepaald moment zijn rijtaak uitvoert. Naarmate de rijsnelheid hoger wordt, wordt de prt langer omdat de bestuurder dan zijn blik meer op de horizon richt. Hierdoor wordt zijn gezichtsveld smaller en is hij minder gevoelig voor prikkels rondom hem.

De operationele taak is de tijd die nodig is om de benodigde handeling uit te voeren. Deze tijd varieert voor elk type handeling. Hierdoor zijn ook de mogelijkheden voor corrigerende acties per handeling verschillend.

Aandachtspunt

Het dimensioneren van horizontale en verticale bogen met [tabel 4](#) leidt niet per se tot de kleinst toepasbare boogstraal. Hierin spelen zichtbelemmerende voorwerpen in de binnenboog, zoals de afscherpende constructies, ook een rol. Een inschatting van deze maat is weergegeven in [figuur 27](#). Voor de berekening van deze maat wordt verwezen naar hoofdstuk "[5.1.5 Waarnemen, inschatten en herkennen van horizontale \(krappe\) bogen](#)".

5.1.2 Anticipatiezicht

5.1.2.1 Definitie

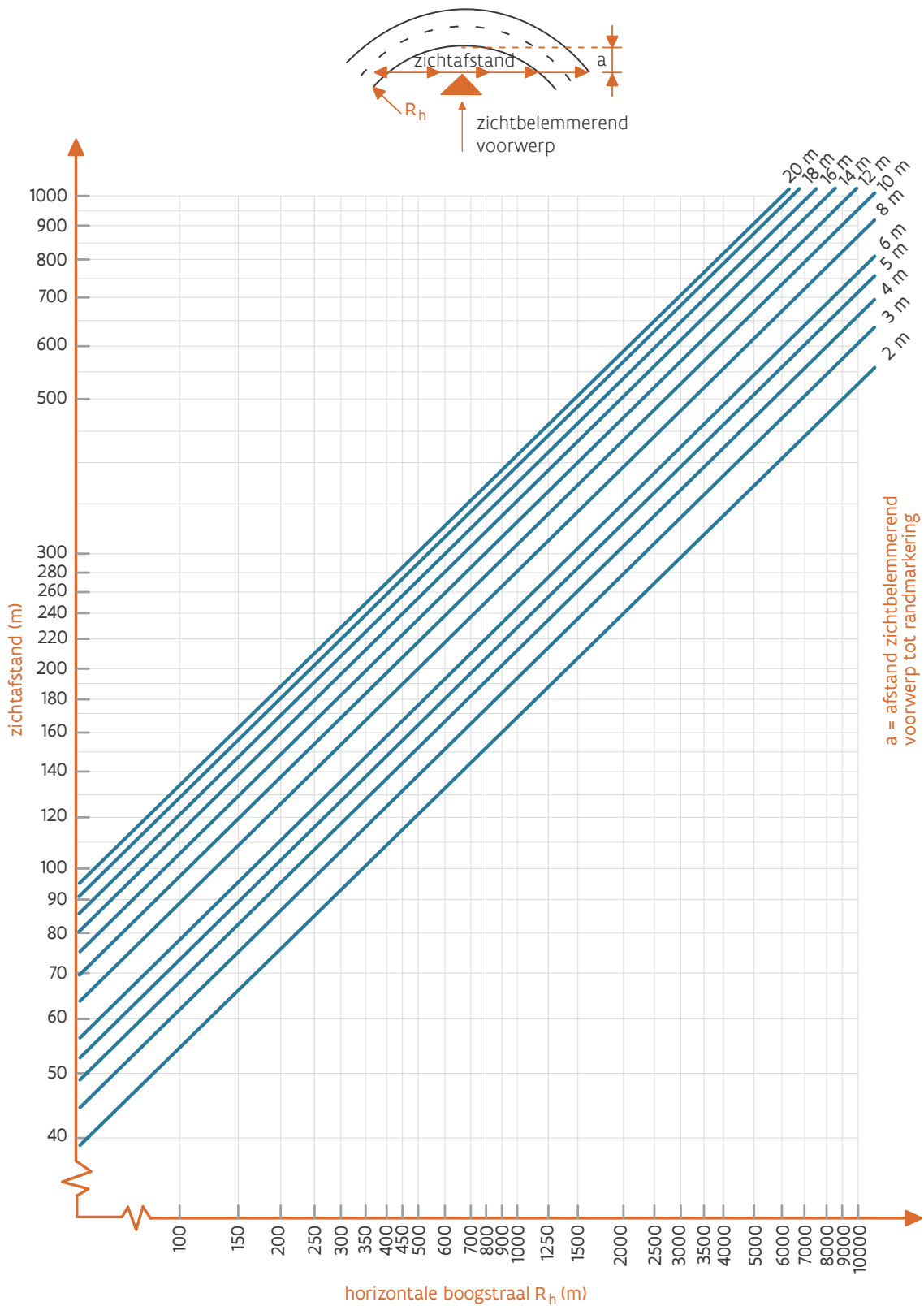
Anticipatiezicht is het zicht op het samenspel van elementen die bepalend zijn voor de herkenning van het verloop van de weg. De zichtlengte is de benodigde lengte waarover een bestuurder deze elementen moet kunnen waarnemen om deze informatie comfortabel te kunnen verwerken en indien nodig hierop te reageren. Bij onvoldoende anticipatiezicht heeft de bestuurder niet voldoende tijd om een potentieel gevaar te kunnen waarnemen en herkennen. De bestuurder wordt dan onzeker over het wegverloop en zal onverwacht en onveilig rijgedrag vertonen.

5.1.2.2 Opbouw zichtlengte

De zichtlengte voor anticipatiezicht is als volgt opgebouwd:

- Herkenningslengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Prt-lengte: is niet van toepassing.
- Operationele taak: is niet van toepassing, de laterale regeltaak en het inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg vinden plaats binnen de herkenningslengte.

Het zichtpunt moet zichtbaar zijn over de som van deze lengtes.



figuur 27: Zichtafstanden in horizontale bogen met zichtbelemmerend voorwerp

5.1.2.3 Maatgevende situatie

Uitgangspunten bij het bepalen van de zichtlengte voor anticipatiezicht zijn:

- Waarneempunt:
 - Bij een linkse bocht: 1,10 m uit de binnenkant van de randlijn links
 - Bij een rechtse bocht: 2,10 m uit de binnenkant van de randlijn rechts
 - 1,10 m boven de verharding (ooghoogte)
- Zichtpunt: wegmarkering of elk continu herhalend element met een hoogte groter dan 0,50 m ten opzichte van de dichtstbijzijnde kant verharding van de betreffende rijbaan:
 - Bij één of twee rijstroken: randlijn buitenbocht
 - Bij meer dan twee rijstroken: de tweede rijstrookmarkering (gezien vanaf eigen rijstrook)
 - Afscherpende constructies
 - Openbare verlichting
 - Signalisatie
 - Bewegwijzering
 - Begroeiing hoger dan 1,0 m
 - Geluidswerende voorzieningen
 - Tunnelwand
 - ...

Indien een bestuurder minimaal één van de bovenstaande elementen binnen zijn zichtlengte kan herkennen, herkent hij hiermee het verloop van de weg en kan hij indien nodig hierop anticiperen.

5.1.2.4 Minimale zichtlengte

De minimale zichtlengtes voor anticipatiezicht zijn per ontwerpsnelheid weergegeven in onderstaande tabel.

ontwerpsnelheid (km/h)	herkennings- lengte		prt		operationele taak		maatgevende zichtlengte (m) anticipatiezicht (afgeronde waardes)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
90	9,20	230	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	230
70	8,60	167	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	165
50	8,00	111	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	110
30	7,50	63	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	65

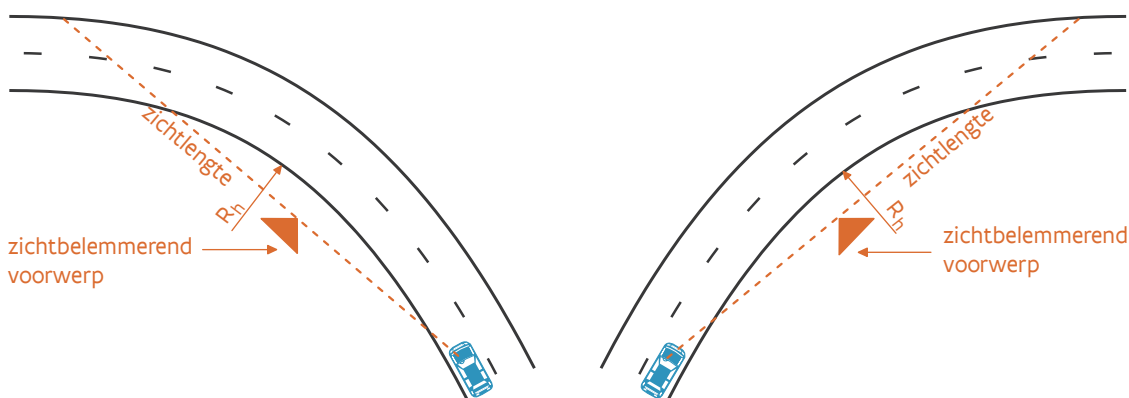
tabel 5: Minimale zichtlengte anticipatiezicht

5.1.3 Wegverloopzicht

5.1.3.1 Definitie

De zichtlengte op het verloop van de weg in continue situaties (wegverloopzicht) is de benodigde lengte waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om zijn rijtaak veilig en comfortabel uit te voeren. Wegverloopzicht is noodzakelijk om:

- De dwarspositie van het voertuig te kunnen beheersen
- Veilig en comfortabel te kunnen inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg



figuur 28: Schematisering zichtlengte wegverloopzicht

5.1.3.2 Opbouw zichtlengte

De zichtlengte voor wegverloopzicht is als volgt opgebouwd:

- Herkenninglengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Prt-lengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Operationele taak: niet van toepassing, de laterale regeltaak en het inspelen op gebeurtenissen in de lengterichting van de weg vinden plaats binnen de herkenninglengte.

Het zichtpunt moet zichtbaar zijn over de som van deze lengtes.

5.1.3.3 Maatgevende situatie

Uitgangspunten bij het bepalen van de zichtlengte voor wegverloopzicht zijn:

- De maatgevende situatie is zicht op een gecombineerde horizontale boog in een verticale boog.
- Waarneempunt:
 - Bij een linkse bocht: 1,10 m uit de binnenkant van de randlijn links
 - Bij een rechtse bocht: 2,10 m uit de binnenkant van de randlijn rechts
 - 1,10 m boven de verharding (ooghoogte)
- Zichtpunt:
 - Bij één of twee rijstroken: randlijn buitenbocht moet over de volledige zichtlengte volledig en continu zichtbaar zijn.
 - Bij meer dan twee rijstroken: de tweede langsmarkering aan de buitenboogzijde (gezien vanaf eigen rijstrook) moet over de volledige zichtlengte volledig en continu zichtbaar zijn.
- Onderbreking: bij uitzondering incidenteel gedurende 2 rijseconden, bijvoorbeeld als gevolg van een seinbrug.

Een voertuig op de linkerrijstrook in een boog naar links is maatgevend omdat de bestuurder links in de auto zit en zich bijgevolg het dichtst bij de randlijn bevindt. Deze situatie heeft de meeste kans op zichtbelemmering door zichtbelemmerende voorwerpen naast de rijbaan. Het zien van de eigen rijstrook en de eventuele naastgelegen rijstrook biedt dan voldoende wegverloopzicht om de rijtaak veilig en comfortabel uit te kunnen voeren.

5.1.3.4 Minimale zichtlengte

De minimale zichtlengtes voor wegverloopzicht zijn per ontwerpsnelheid weergegeven in onderstaande tabel. Deze waarden zijn van toepassing op situaties met een constante ontwerpsnelheid.

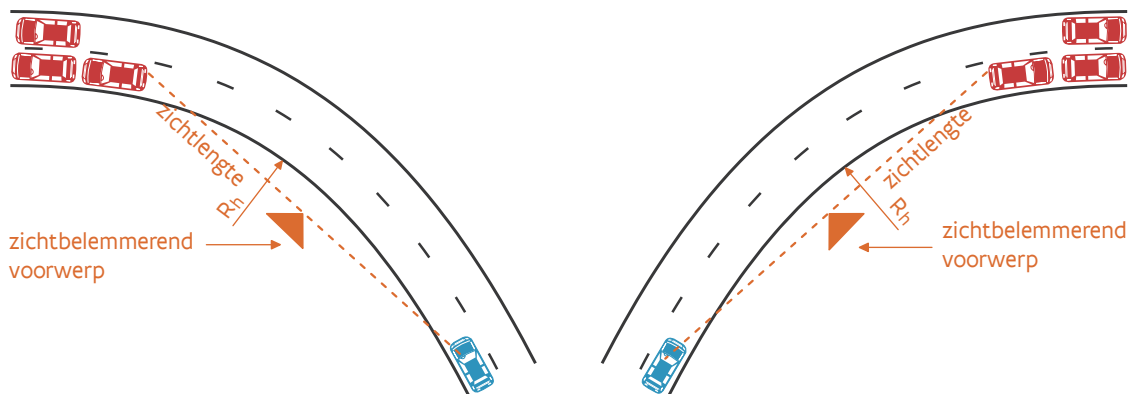
ontwerpsnelheid (km/h)	herkennings- lengte		prt		operationele taak		maatgevende zichtlengte (m) wegverloopzicht (afgeronde waarden)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
90	3,00	75	1,75	44	n.v.t.	n.v.t.	120
70	2,50	49	1,50	29	n.v.t.	n.v.t.	80
50	2,00	28	1,00	14	n.v.t.	n.v.t.	40
30	1,50	13	1,00	8	n.v.t.	n.v.t.	20

tabel 6: Minimale zichtlengte wegverloopzicht

5.1.4 Stopzicht

5.1.4.1 Definitie

Het stopzicht of de zichtlengte op stilstaand verkeer stroomafwaarts is de afstand waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om een eventueel aanwezige file of wachtrij (over de volledige rijbaan) te kunnen waarnemen, te herkennen en tijdig zijn voertuig tot stilstand te brengen.



figuur 29: Schematisering zichtlengte stopzicht

5.1.4.2 Opbouw zichtlengte

De zichtlengte voor stopzicht is als volgt opgebouwd:

- Herkenningslengte: is verwaarloosbaar.
- Prt-lengte: deze lengte moet als zichtbare lengte aanwezig zijn.
- Operationele taak: de lengte benodigd voor de comfortabele remhandeling tot stilstand moet als zichtbare lengte aanwezig te zijn.

Het achterlicht van het voorgaande voertuig moet zichtbaar zijn over de som van deze lengtes.

5.1.4.3 Maatgevende situatie

Uitgangspunten bij het bepalen van de zichtlengte voor stopzicht zijn:

- Waarneempunt:
 - Bij een linkse bocht: 1,10 m uit de binnenkant van de randlijn links
 - Bij een rechtse bocht: 2,20 m uit de binnenkant van de randlijn rechts
 - 1,10 m boven de verharding (ooghoogte)
- Zichtpunt: gehele buitenste achterlicht (0,2 m x 0,2 m) op de binnenste rijstrook, onderzijde op 0,50 m boven het wegdek en buitenzijde op 2,15 m uit binnenkant randlijn
- Daglicht
- Comfortabele vertraging
- Prt: gebaseerd op onverwachte gebeurtenis
- Verwaarloosbaar effect ten gevolge van reductie langswrijving in horizontale bogen
- Voor het berekenen van de benodigde remweg wordt een langswrijvingscoëfficiënt gehanteerd die uitgaat van net niet geblokkeerde wielen (85% wielslip) bij nat wegdek, gecorrigeerd met een veiligheidsfactor. De gehanteerde waarden voor de langswrijvingscoëfficiënt zijn vermeld in [tabel 7](#).

5.1.4.4 Minimale zichtlengte

Vermits de herkenninglengte verwaarloosbaar is, is de stopzichtlengte gelijk aan de som van de prt-lengte en de operationele taak-lengte. De minimum zichtlengte voor stopzicht wordt berekend met onderstaande formule.

$$\text{Stopzichtlengte} = \left[\text{prt} * \frac{v_0}{3,6} \right] + \left[\left(\frac{v_0}{3,6} \right)^2 * \frac{1}{2g \left(f_1 + \frac{p}{100} \right)} \right]$$

Hierin is:

- prt : perceptie-reactietijd (s);
- v_0 : ontwerpsnelheid (km/h);
- g : zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²);
- f_1 : gemiddelde wrijvingscoëfficiënt in langsricting;
- p : percentage van de langshelling (negatief bij daling, positief bij stijging).

In [tabel 7](#) zijn de minimale stopzichtlengtes gegeven bij een langshellingspercentage van 0%.

In [tabel 8](#) zijn de minimale stopzichtlengtes vermeld, berekend met bovenstaande formule, wanneer de rijbaan een langshelling heeft. Het aan te houden hellingspercentage moet minimaal het gemiddelde hellingspercentage tussen het zichtpunt en het waarneempunt zijn. Dit gemiddelde percentage mag niet te veel afwijken van het maximum hellingspercentage bij het zichtpunt of het waarneempunt aangezien een voertuig tijdig tot stilstand moet kunnen komen.

ontwerpsnelheid (km/h)	herkennings- lengte		prt		operationele taak		wrijvings- coëfficiënt f_1	maatgevende zichtlengte (m) stopzicht (afgeronde waardes)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)		
90	n.v.t.	n.v.t.	2,00	50	7,00	84	0,38	135
70	n.v.t.	n.v.t.	1,75	34	5,00	44	0,44	80
50	n.v.t.	n.v.t.	1,50	21	3,00	20	0,48	40
30	n.v.t.	n.v.t.	1,25	10	2,00	14	0,52	25

tabel 7: Minimale zichtlengte stopzicht bij een langshellingspercentage van 0%

ontwerpsnelheid (km/h)	percentage langshelling (p)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
90			147	144	141	138	136	134	132	130	128	126	124		
70		85	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	73	
50	45	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40	40	39	39	39
30	27	27	26	26	25	25	25	25	24	24	24	24	23	23	23

tabel 8: Minimale zichtlengte (m) stopzicht (niet afgeronde waardes) bij verschillende standaardwaardes van hellingspercentages

5.1.5 Waarnemen, inschatten en herkennen van horizontale bogen

Om een horizontale (krappe) boog goed in te bedden in het samengestelde ontwerp moet het zicht op drie plaatsen worden gecontroleerd:

- Voorafgaand aan de boog
- In de boog
- Bij het eind van de boog

Het voorgaande weggedeelte moet voldoende zicht bieden om de horizontale boog te kunnen waarnemen en herkennen. Een juiste inschatting van de boog kan worden belemmerd door onvoldoende zicht op de boog door een onjuiste combinatie met het verticale alignment of doordat de boog niet past in het verwachtingspatroon van de bestuurder. In een horizontale boog moet een bestuurder voldoende zicht hebben om te kunnen reageren op situaties die zich stroomafwaarts voordoen. Tijdige waarneming van het einde van de horizontale boog en het opvolgende ruimtelijke element is noodzakelijk.

Zicht op de boog voorafgaand aan de boog

Bij het naderen van een boog moet er voldoende zichtlengte aanwezig zijn om de boog te kunnen waarnemen en inschatten. Omdat een bestuurder voldoende zicht op bogen moet hebben, moeten bogen:

- Binnen het centrale deel van het gezichtsveld beginnen (problemen kunnen ontstaan bij een krappe boog ingeleid door een lange overgangsboog)
- Niet direct voor of na een kunstwerk beginnen
- Niet direct na een verticale topboog beginnen

Bij bogen waarvan de ontwerpsnelheid lager is dan de ontwerpsnelheid van het voorliggende wegvak en snelheidsaanpassing bijgevolg noodzakelijk is, hebben bestuurders voldoende zichtlengte nodig om de benodigde handelingen tijdig te kunnen verrichten. Het maatgevende zichtcriterium voor dergelijke bogen is wegverloopzicht waarbij de randlijn van de buitenbocht over de volledige zichtlengte volledig en continu zichtbaar moet zijn. In tegenstelling tot continue situaties (zie [hoofdstuk "5.1.3 Wegverloopzicht"](#)) is er echter wel sprake van lengte voor de operationele taak.

Uitgangspunten bij de bepaling van de zichtlengte ten behoeve van zicht op een krappe horizontale boog zijn:

- Prt: verlaagde prt gebaseerd op alertere rijhouding op op- en afritten
- Remvertraging van 2,0 m/s²
- Langshelling van 0%

In onderstaande tabel staan de maatgevende zichtlengtes voor zicht op een krappe horizontale boog per ontwerpsnelheid weergegeven. Bij een afrit bedraagt de lengte van de afrit minimaal de lengte voor de operationele taak. De tabel is niet van toepassing op een bypass aangezien er bij een boog in een bypass geen verschil in ontwerpsnelheid is.

ontwerpsnelheid (km/h)		herkenningslengte		afstand afgelegd tijdens prt		operationele taak (vertraging)		totale zichtlengte (m) (afgerond)
voor boog	in boog	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
90	70	3,0	75	1,0	25	2,8	61	160
90	50	3,0	75	1,0	25	5,5	107	205
70	50	2,5	49	1,0	19	2,8	46	115

tabel 9: Standaardwaardes voor zicht op een krappe horizontale boog op doorgaande weg

Horizontale bogen met een ontwerpsnelheid die lager is dan de ontwerpsnelheid van het voorgaande wegvak, moeten bovendien worden geaccentueerd om een betere boogherkenning te krijgen. Herkenning van bogen is te verbeteren door:

- Het wegverloop te verduidelijken door het aanbrengen van verticale elementen of achtergrondinformatie aan de buitenkant van de boog (in de berm).
- Een grotere verkanting toe te passen dan voertuigdynamisch gezien noodzakelijk is.
- Bebakening te voorzien van reflectoren.

Zicht in de boog

Zicht in de horizontale boog is noodzakelijk om het verloop van de boog juist in te schatten. Het zicht op het verloop van de randlijn van de binnenboog is daarbij bepalend. Bij kans op het 'wegduiken' van de randlijn in verkantingsovergangen is het aangewezen de randlijn van de binnenboog als wentelingsas voor de verkantingsovergang te kiezen. Een wentelingsas meer naar het midden van de rijbaan kan ervoor zorgen dat de randlijn van de binnenboog plaatselijk niet zichtbaar is (zie ook [hoofdstuk "5.4.12.3 Verkantingsovergang"](#)). Dit is niet acceptabel.

Naast zichtproblemen als gevolg van het alignment, kunnen er ook zichtproblemen ontstaan als gevolg van zichtbelemmerende voorwerpen naast de rijbaan. Voor zichtbelemmerende voorwerpen geldt een minimale afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het element. Deze afstand is bedoeld om voldoende zichtlengte in de boog te verkrijgen en is gerelateerd aan de boogstraal. De minimale boogstraal behorende bij de afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het zichtbelemmerend voorwerp wordt bepaald met onderstaande formule.

$$\text{Minimale boogstraal} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{d_z + d_w} + \sqrt{d_z + d_c})^2}$$

Hierin is:

- L_z : zichtlengte (m), [zie hoofdstuk "5.1.1.1 Zichtlengte"](#)
- d_z : afstand tussen binnenkant randlijn en zichtbelemmerend voorwerp (m)
- d_w : afstand tussen binnenkant randlijn en waarneempunt bestuurder (m)
- d_c : afstand tussen binnenkant randlijn en controleobject (m)

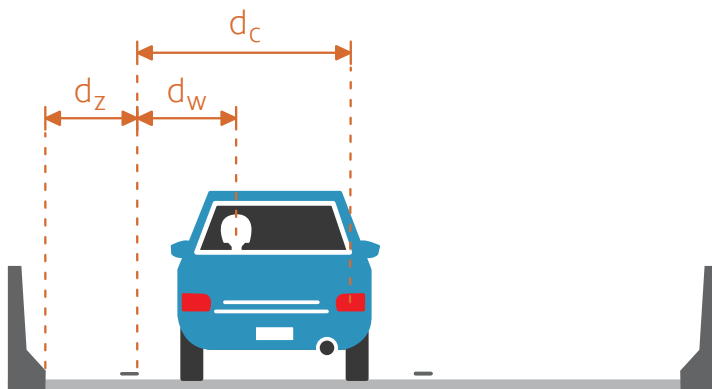
De resultaten van de berekening voor standaardsituaties staan weergegeven in [tabel 10](#). In [figuur 30](#) staat de maatgevende situatie afgebeeld. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- In standaardsituaties conform [tabel 10](#) en [figuur 30](#) is stopzicht maatgevend boven wegverloopzicht. Anticipatiezicht kan afhankelijk van de situatie grotere boogstralen vereisen. Dit moet per situatie onderzocht worden.
 - De gegeven waarden voor stopzicht gelden bij een langshelling van 0%. Bij een neergaande langshelling geldt een grotere zichtlengte en daarmee een grotere minimale boogstraal.
 - Bij de bepaling van de afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het zichtbelemmerend voorwerp (d_z) is de afscherpende constructie als maatgevend zichtbeperkend element aangemerkt. Er is van uitgegaan dat de situatie aan de (standaard) middenbermzijde maatgevend is vanwege de smallere berm en het feit dat de bestuurder links in de auto zit. In afwijkende situaties moet een berekening met een andere waarde voor d_z worden verricht.
 - De afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het waarneempunt (bestuurder) (d_w) is op basis van een rijstrookbreedte van 3,20 m bepaald. Een afwijkende rijstrookbreedte heeft een lineair effect op de grootte van d_w .

afstand	d_z (m)	d_w (m)	d_c (m)	boogstraal (m) (afgerond)			
				90 km/h	70 km/h	50 km/h	30 km/h
stopzicht (bij 0% langshellingspercentage)	0,75	1,10	2,15	850	290	80	30

tabel 10: Minimale horizontale boogstralen bij kans op zichtproblemen

Wanneer de waarden uit [tabel 10](#) worden aangehouden bij linksdraaiende bogen, wordt een extra zekerheid geboden dat de boog voldoende zichtlengte biedt voor stopzicht. Voor een uitgebreidere beschrijving van het bepalen van horizontale boogstralen bij kans op zichtproblemen wordt verwezen naar [hoofdstuk "8 Tunnels"](#).



figuur 30: Schematiseringen voor bepaling stopzicht in horizontale bogen met een zichtbelemmerend voorwerp

Om de afstand tussen de binnenkant van de randlijn tot het zichtbelemmerend voorwerp (d_z) te benaderen op basis van stopzicht kan onderstaande formule gebruikt worden. Deze formule is niet toepasbaar voor toetsing op anticipatie- en wegverloopzicht. Deze formule heeft een benadering van +/- 10 cm.

$$d_z = R_h - \sqrt{R_h^2 - \left(\frac{L_z}{2}\right)^2} - \frac{d_c + d_w}{2}$$

Hierin is:

- R_h : horizontale boogstraal (m)
- L_z : zichtlengte (m), [zie hoofdstuk "5.1.4.2 Opbouw zichtlengte"](#)
- d_z : afstand tussen binnenkant randlijn en zichtbelemmerend voorwerp (m)
- d_w : afstand tussen binnenkant randlijn en waarneempunt bestuurder (m)
- d_c : afstand tussen binnenkant randlijn en controleobject (m)

Zicht op het einde van de boog

In een horizontale boog moet het eind van de boog zichtbaar zijn om de booghoek juist in te schatten en de verkeerssituatie stroomafwaarts tijdig te herkennen. Bij grotere booghoeken wordt de boogstraal te ruim ingeschat waardoor de kans bestaat dat de boog met een te hoge snelheid wordt bereden. Een bestuurder moet voldoende zicht hebben om te kunnen reageren op situaties die zich stroomafwaarts voordoen, zoals gelijkvloerse kruisingen en eventuele wachtrijen.

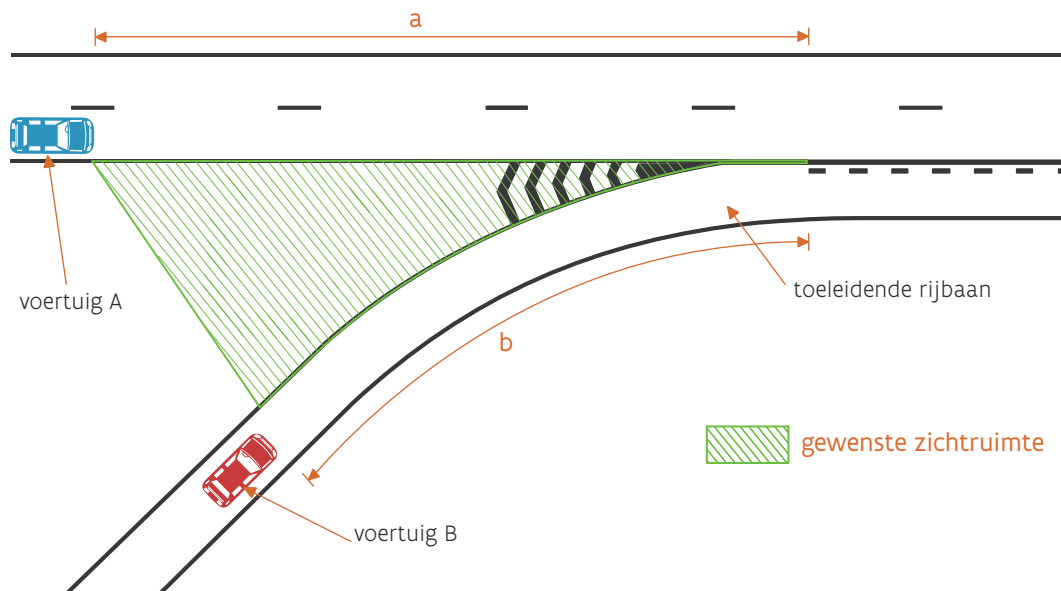
Het zicht op het einde van een horizontale boog is te verbeteren door:

- Lussen en krappe horizontale bogen in op- en afritten aan de binnenzijde open te houden door beplanting, afscherpende constructies of andere zichtbelemmerende voorwerpen zoveel mogelijk te vermijden.
- Het weghalen of afschermen van eventuele misleidende voorwerpen (voorkeursmateriaal bij een afscherpende constructie is groenblijvende beplanting).

5.1.5.1 Zicht op invoegend of wevend verkeer

De zichtlengte op invoegend of wevend verkeer is de afstand waarover een bestuurder de weg en de (andere) toeleidende weg moet kunnen overzien om de juiste relatieve positie en snelheid te kiezen om het invoegen of weven vlot te laten verlopen.

Een schematische voorstelling van een invoegsituatie is weergegeven in [figuur 31](#). Dit is van toepassing op opritten maar geldt niet voor een bypass bij een lichtengeregeld kruispunt of rotonde. Voor specifieke richtlijnen rond een bypass wordt verwezen naar [hoofdstuk "4.6 Bypass"](#). In theorie zijn de afstanden a en b in de figuur op te delen in twee delen waarbinnen de bestuurder de tijd krijgt om de situatie waar te nemen en hier vervolgens op te anticiperen. Het eerste deel dient om waar te nemen of er voertuigen op de andere rijbaan rijden. Het tweede deel dient om de snelheid van het waargenomen voertuig in te schatten en hierop te anticiperen. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat beide voertuigen A en B aan 3 rijseconden voldoende hebben om waar te nemen en te anticiperen. De 3 rijseconden worden gebaseerd op de ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan. De snelheid op de toeleidende rijbaan bedraagt nagenoeg 75% van deze waarde en is in [tabel 11](#) afgerond.



figuur 31: Schematisering zicht op invoegend verkeer

In onderstaande tabel staan de maatgevende zichtlengtes ten behoeve van zicht op invoegend of wevend verkeer per ontwerpsnelheid weergegeven. De totale zichtlengte is de afstand stroomopwaarts van de spitse punt van het puntstuk waarbinnen verkeer op de toeleidende rijbanen elkaar moet kunnen zien.

ontwerpsnelheid (km/h)		zicht		
doorgaande rijbaan	toeleidende rijbaan	tijd (s)	lengte a (m) (afgerond)	lengte b (m) (afgerond)
90	70	3,0	75	60
70	50	3,0	60	40

tabel 11: Standaardwaarden zichtlengte ten behoeve van zicht op invoegend of wevend verkeer

5.1.5.2 Zicht op een rijstrookbeëindiging

Een rijstrookbeëindiging is een beëindiging van de linker rijstrook. Het uitgangspunt is dat de bestuurder tijdig anticipeert op de bebording en de rijstrookverminderingsspijlen die de rijstrookbeëindiging aankondigen. Mocht de bestuurder om welke reden dan ook hierop niet (tijdig) anticiperen, moet voorkomen worden dat de daadwerkelijke rijstrookbeëindiging (verdrijvingsvlak) onverwacht komt. De bestuurder moet de aanzet van het verdrijvingsvlak zodanig goed kunnen overzien (gegeven het alignment en de inrichting en uitrusting van de weg), dat hij aan het begin van het verdrijvingsvlak tot stilstand kan komen op de eindigende rijstrook. Om dit te waarborgen, is een zichtlengte voorgeschreven. Uitgangspunten bij de bepaling van de zichtlengte ten behoeve van zicht op een rijstrookbeëindiging zijn:

- Zichtpunt: aanzet van de verdrijvingsvlakken bestaande uit de eerste 50 m van de afstreping
- Daglicht
- Herkenningslengte: deze lengte dient als zichtbare lengte aanwezig te zijn
- Prt: verlengde prt van 2,0 s vanwege het onverwachte karakter van deze discontinuïteit
- Operationele taak: deceleratie tot stilstand voor personenwagen (conform berekening stopzicht, zie [hoofdstuk "5.1.4 Stopzicht"](#))

Het zichtpunt moet continu en volledig zichtbaar zijn over de som van deze lengtes. In onderstaande tabel staan de maatgevende zichtlengtes voor zicht op een rijstrookbeëindiging per ontwerpsnelheid weergegeven. Rijstrookbeëindigingen bij een ontwerpsnelheid van 30 km/h komen niet voor.

ontwerpsnelheid (km/h)	herkenningslengte		prt		operationele taak		totale zichtlengte (m) (afgerond)
	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	tijd (s)	lengte (m)	
90	3,0	75	2,0	50	7,0	84	210
70	3,0	58	2,0	39	5,0	45	140
50	3,0	42	2,0	28	2,0	21	90

tabel 12: Standaardwaarden voor zicht op een rijstrookbeëindiging

5.1.5.3 Zicht op (een wachtrij aan) een kruispunt

Zicht op (een wachtrij aan) een kruispunt is gelijk aan zicht op stilstaande voertuigen in een file of stopzicht. Meer informatie over stopzicht is opgenomen in [hoofdstuk "5.1.4 Stopzicht"](#).

5.2 Horizontaal alignement

Het horizontale alignement is het horizontale verloop van de weg in grondplan. Het horizontale alignement is opgebouwd uit de volgende elementen:

- Horizontale rechtstand
- Horizontale (cirkel)boog
- Overgangsboog

De ontwerpsnelheid bepaalt in eerste instantie de maatvoering van deze ontwerpelementen.

5.2.1 Horizontale rechtstand

De horizontale rechtstand is een rechte lijn in het horizontale alignement.

5.2.1.1 Functie

De horizontale rechtstand verbindt twee horizontale (overgangs)bogen.

5.2.1.2 Ontwerpparameters

Horizontale rechtstanden worden in het horizontale alignement hoofdzakelijk toegepast bij aansluitingen of bij een bundeling met andere infrastructuur als spoorwegen of kanalen. In overige wegvakken worden geen horizontale rechtstanden toegepast. Een bestuurder fixeert zijn blik bij lange rechtstanden eerder op de horizon en is daardoor minder alert op prikkels vanuit het wegbeeld rondom hem. Bovendien is er bij een horizontale rechtstand in combinatie met een verticale rechtstand zonder helling, slecht zicht op het verkeer stroomafwaarts. Lange rechtstanden worden daarom vervangen door ruime bogen met boogstralen groter of gelijk aan 10 000 m.

Waar rechtstanden toch worden toegepast, moet gestreefd worden naar een beperkte lengte. Als richtlijn geldt voor een maximumlengte van de rechtstand in meters: 20 keer de ontwerpsnelheid in km/h. Aan de andere kant mag de horizontale rechtstand ook niet te kort zijn opdat deze wordt herkend als zelfstandig element en opdat er geen fouten (knikken) in het wegbeeld ontstaan. De minimale lengte van de rechtstand bedraagt 4 keer de ontwerpsnelheid in km/h tussen gelijkgerichte bogen en 2 keer de ontwerpsnelheid in km/h tussen tegengesteld gerichte bogen. Korte rechtstanden tussen twee gelijkgerichte bogen zijn te vermijden (zie ook [hoofdstuk "5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement"](#)).

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale lengte (m)		maximale lengte (m)
	tussen gelijkgerichte bogen	tussen tegengesteld gerichte bogen	
90	360	180	1 800
70	280	140	1 400
50	200	100	1 000
30	120	60	600

tabel 13: Minimale en maximale lengte horizontale rechtstand

5.2.2 Horizontale boog

De horizontale boog is een cirkelboog met een bepaalde straal in het horizontale alignement.

5.2.2.1 Functie

De horizontale boog heeft meerdere functies:

- Faciliteren van een verandering in horizontale richting
- Verbinden van wegen met verschillende richtingen
- Bieden van een afwisselend wegbeeld ter verhoging van de concentratie op de rijtaak
- Bieden van een verbeterd zicht op het verkeer stroomafwaarts

5.2.2.2 Ontwerpparameters

De belangrijkste parameters bij het toepassen van een horizontale boog zijn de lengte van de boog (de booglengte) en de straal van de boog (de boogstraal).

De keuze voor een boogstraal moet voldoen aan eisen met betrekking tot comfort en zicht. Daarnaast moet rekening gehouden worden met boogdetectie, inschatting van bogen en consistentie van het wegbeeld (zie [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#)). Voor de boogstralen wordt onderscheid gemaakt tussen bogen in hoofdbanen en bogen in niet-hoofdbanen.

5.2.2.3 Minimale booglengte

Er wordt een minimale booglengte voorgeschreven op basis van 3 rijseconden om de horizontale boog als zelfstandig element te kunnen herkennen. Bij de keuze van de booglengte moet bovendien voldaan worden aan de eisen met betrekking tot het wegbeeld (zie [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#)).

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale booglengte (m)
90	75
70	60
50	40
30	25

tabel 14: Minimale booglengte

5.2.2.4 Minimale boogstralen hoofdbanen

De horizontale boogstraal op een hoofdbaan wordt gemeten in de wegas. In principe ligt de wegas op de linker randlijn maar het staat de ontwerper vrij om een gepaste afwijkende ligging te kiezen.

De minimale boogstralen op hoofdbanen zijn weergegeven in [tabel 15](#). Voor gebogen tracégedeelten wordt onderscheid gemaakt in bogen met en zonder verkanting. In hoofdbanen is de verkanting van een boog gelijk aan de benodigde standaard dwarshelling waarbij het water afstroomt van de buitenzijde naar de binnenzijde van de boog. Deze verkanting bedraagt 2,5%. De richtlijnen voor verkanting en standaard dwarshelling zijn beschreven in [hoofdstuk "5.4.12 Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering"](#).

	minimale boogstraal (m)
rechte tracégedeelten	
toe te passen ter vervanging van rechtstanden	10 000
gebogen tracégedeelten	
standaard dwarshelling (2,5%)	700
bij knooppunten en aansluitingen	
toe te passen ter vervanging van rechtstanden	10 000
ter voorkoming parallax bij waarneming informatie boven rijbaan (zie hoofdstuk "5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement")	3 000
oprit of afrit bij linksdraaiende boog ten behoeve van overzichtelijkheid en spiegelgebruik en ter voorkoming van misleiding	700
oprit of afrit bij rechtsdraaiende boog ten behoeve van overzichtelijkheid en spiegelgebruik en ter voorkoming van misleiding	700

tabel 15: Minimale horizontale boogstraal in hoofdbanen

5.2.2.5 Minimale boogstralen op- en afritten

De horizontale boogstraal op op- en afritten wordt gemeten in de binnenkant van de boog, aan de buitenzijde van de randlijn. Dit hoofdstuk is niet van toepassing op een bypass bij een lichtengeregeld kruispunt of rotonde. Voor specifieke richtlijnen rond een bypass wordt verwezen naar [hoofdstuk "4.6 Bypass"](#).

De minimale boogstralen voor gebogen tracégedeelten op op- en afritten zijn berekend met onderstaande formule en zijn weergegeven in [tabel 17](#).

$$R_{\min} = \frac{v_0^2}{127 * (n * f_d + \frac{i}{100})}$$

Hierin is:

- R_{\min} : de minimum horizontale boogstraal (m)
- v_0 : ontwerpsnelheid (km/h)
- f_d : dwarswrijvingscoëfficiënt
- n : reductiefactor
- i : verkanting in %

Voor de berekening van de toe te passen minimale horizontale boogstralen wordt uitgegaan van de volgende dwarswrijvingscoëfficiënten f_d gebaseerd op comfort.

v_0 (km/h)	90	70	50
f_d	0,13	0,16	0,18

tabel 16: Dwarswrijvingscoëfficiënten f_d

Uit verkeersveiligheidsoogpunt wordt in de berekening van R_{\min} op deze wrijvingscoëfficiënten bijkomend een reductiefactor n toegepast. Deze reductiefactor varieert van ongeveer 0,50 (bij tegenverkanting en bij de standaard dwarshelling van 2,5%) tot 1,00 (bij een verkanting van 5% en hoger).

De ervaring leert dat boogstralen kleiner dan 300 m onvoldoende vergevingsgezindheid hebben om de gevolgen van een foutieve inschatting door de weggebruiker te beperken. Om de herkenbaarheid voor de weggebruiker te vergroten, moeten bogen met een straal kleiner dan 300 m voorzien worden van een minimale verkanting van 5,0%. Boogstralen in het tussengebied ($R < 300$ m, verkanting $< 5,0\%$) worden niet toegepast.

Bij toepassing van krappere bogen dan de standaard boogstralen zoals in [tabel 15](#) gaat ook aandacht uit naar zicht op en in de boog. Samen met andere wegbeeldeisen staat dit beschreven in [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#).

situatie dwarshelling	minimale boogstraal per ontwerpsnelheid voor niet-hoofdbanen (m)		
	90 km/h	70 km/h	50 km/h
-2,5% (tegenverkanting)	n.v.t. **	n.v.t. **	n.v.t. **
2,5% verkanting	700	350	n.v.t. *
3,0% verkanting	630	315	n.v.t. *
3,5% verkanting	560	n.v.t. *	n.v.t. *
4,0% verkanting	490	n.v.t. *	n.v.t. *
4,5% verkanting	420	n.v.t. *	n.v.t. *
5,0% verkanting	350	180	85
5,5% verkanting	340	175	85
6,0% verkanting	330	170	85
6,5% verkanting		165	80
7,0% verkanting		160	80

* Voor bogen met een straal kleiner dan 300 m geldt een minimale verkanting van 5,0%.

*** Theoretisch kan een tegenverkanting ook worden toegepast bij een ontwerpsnelheid van 90 km/h ($R \geq 2000$ m), 70 km/h ($R \geq 800$ m) en 50 km/h ($R \geq 300$ m) maar weggebruikers schatten deze tegenverkanting niet correct in. Omwille van het zelfverklarend wegbeeld wordt dit in principe dan ook niet toegelaten (tenzij bijvoorbeeld in uitzonderlijke situaties zoals een werksituatie waar de aandacht hoger is).

tabel 17: Minimale horizontale boogstraal niet-hoofdbanen in relatie tot de verkanting

Samengestelde gelijkgerichte bogen

Bij onevenwichtige verhoudingen tussen opeenvolgende afnemende gelijkgerichte boogstralen, neemt de onveiligheid aanzienlijk toe omdat de overgang tussen de bogen voor bestuurders dan zeer moeilijk te detecteren is. Om dit te voorkomen, worden de boogstralen van opeenvolgende gelijkgerichte horizontale bogen op elkaar afgestemd zoals weergegeven in [figuur 32](#).

Niet alleen de straal van de horizontale boog maar ook de hoekverdraaiing (en dus de lengte van de horizontale boog als resultante) is hierbij van belang. Bij een geringe hoekverdraaiing in de eerste horizontale boog is er namelijk nog geen sprake van een introductie van het bogenstelsel.

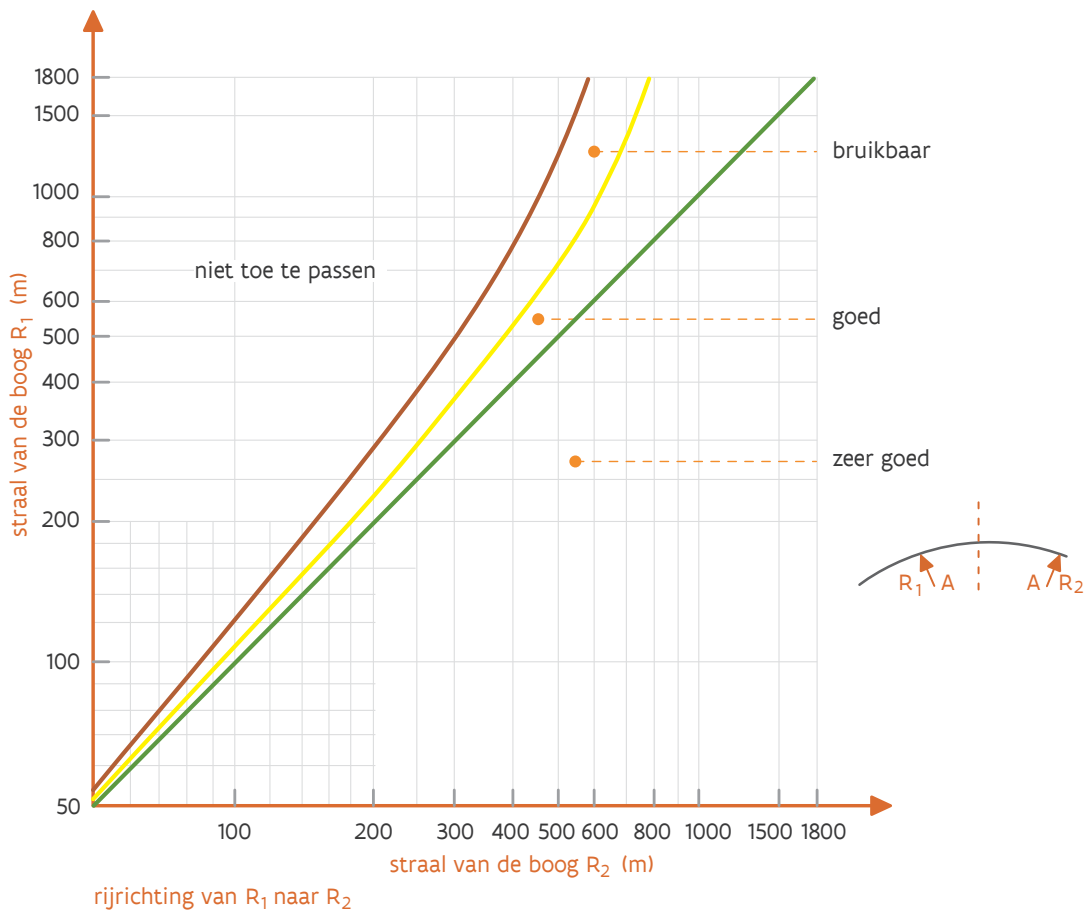
Stappentheorie

De stappentheorie ondersteunt een natuurlijke snelheidsafbouw op uitvoeringen door de ontwerpsnelheid van de opeenvolgende ontwerpcomponenten stapsgewijs af te bouwen. De samenhang van de opeenvolgende bogen is nodig om de snelheidsvermindering geleidelijk en beheerst te laten verlopen en een duidelijk wegbeeld te creëren. De stappentheorie is een aanvulling op de toelaatbare stralen in [figuur 32](#).

Bij opeenvolgende horizontale bogen met afnemende boogstralen in uitvoeringen gaat extra aandacht uit naar de samenhang van de opeenvolgende bogen. De benodigde deceleratie dient op een verkeersveilige manier te worden afgedwongen door een duidelijk wegbeeld waarin misleiding wordt voorkomen. Hiertoe dient in het ontwerp rekening gehouden te worden met de stappentheorie. De stappentheorie houdt in dat de ontwerpsnelheid van opeenvolgende ontwerpelementen in uitvoeringen stapsgewijs afneemt.

De stappentheorie is van toepassing op:

- Uitvoeringen in aansluitingen die zijn voorzien van een S-boog
- Indirecte uitvoeringen (richtingsverandering circa 180°)



figuur 32: Toelaatbare stralen bij opeenvolgende gelijkgerichte horizontale bogen in niet-hoofdbanen (rijrichting van R_1 naar R_2)

De standaard ontwerpcomponenten in de stappentheorie zijn horizontale bogen en uitvoegingen. Bij een uitvoeging geldt de uitvoegstrook als eerste stap zodat bij het puntstuk een ontwerpsnelheid van 70 km/h gehanteerd kan worden voor de eerste horizontale boog. Bij eventueel volgende horizontale bogen wordt de ontwerpsnelheid verder stapsgewijs afgebouwd naar 50 km/h en 30 km/h. Indien de overgang één stap betreft, kan de overgang naar een andere ontwerpsnelheid plaatsvinden zonder extra voorzieningen, uitgezonderd een eventueel benodigde overgangsboog. De weggebruiker wordt dan 'vanzelf' tot een geleidelijk lagere snelheid gestimuleerd. De stap moet wel goed herkenbaar zijn: een boog met een kleine booglengte/hoekverdraaiing wordt niet herkend als een stap en zal daarom de volgende boog onvoldoende introduceren (zie minimale booglengte).

In voornoemde standaardsituaties volgen de bogen elkaar op totdat de gewenste ontwerpsnelheid van de uitvoeging is bereikt. De locatie van de eerste horizontale boog is vrij aangezien die geen grote deceleratie vereist. De locatie van de vervolgbogen vraagt wel extra aandacht. Mogelijke knelpunten zijn:

- Een te hoge aanvangssnelheid bij de opvolgende horizontale boog door een grote afstand met een te royaal alignment tussen de beide horizontale bogen
- Een te allen tijde te voorkomen nabochteffect veroorzaakt door twee gelijkgerichte horizontale bogen die direct op elkaar aansluiten en waarbij de straal van de eerste horizontale boog groter is dan de straal van de tweede horizontale boog (zie [figuur 32](#))
- Slecht zicht op de opvolgende horizontale boog door het horizontale en/of verticale alignment

Vanuit verkeersveiligheid ligt de optimale stapgrootte voor S-bogen tussen 20 km/h en 30 km/h. Dit sluit aan bij de stapgrootte in de verdeling van ontwerpshnelheden. Een kleinere of grotere stapgrootte leidt tot een significant hoger ongevalsrisico als gevolg van onderschatting door enerzijds onvoldoende introductie en anderzijds een onjuiste verwachting. Bij indirecte uitvoeringen is het hogere ongevalsrisico alleen geconstateerd bij een grotere stapgrootte aangezien deze uitvoeringen vanwege de vorm geen introductie nodig hebben. Zeer krappe lussen die volgen op een rechtstand zijn daarmee inherent onveilig. Voor aanvullende informatie wordt verwezen naar "The Step Theory - a valid vision on traffic safety or just a myth?".

Het kan voorkomen dat een stapsgewijze afname van de ontwerpshnelheid niet mogelijk is. Bij één of meer horizontale bogen heeft de eerste horizontale boog in dat geval noodzakelijk de meest kritische straal. Deze straal kan een veel lagere ontwerpshnelheid hebben dan het voorafgaande wegvak waardoor een of twee stappen worden overgeslagen. De volgende situaties zijn hierbij te onderscheiden:

- Deceleratie van 90 km/h naar 50 km/h
- Deceleratie van 70 km/h naar 30 km/h

De geleidelijke snelheidsafname vindt in deze afwijkende situaties plaats vóór de eerste horizontale boog, wat eisen stelt aan de benodigde deceleratielengte (zie [hoofdstuk "6.1.2 Deceleratielengte"](#)). De eerste horizontale boog moet zichtbaar en herkenbaar gesitueerd zijn in het totale ontwerp. Dat kan door:

- Extra aandacht voor bebakening, verlichting, achtergrond (berminrichting) en landschappelijke inpassing
- Een goed herkenbare situering van de horizontale boog in het wegbeeld door toepassing van een verkanting van minimaal 5% en toepassing van een minimale clothoïdeparameter

Deze maatregelen compenseren de verminderde verkeersveiligheid van de boog maar het is geen volledige compensatie voor het overslaan van een stap. De verkeersveiligheid van de boog is lager met een verhoogd ongevalsrisico.

5.2.3 Overgangsboog

De overgangsboog is een geleidelijke overgang tussen een horizontale rechtstand en een horizontale boog of tussen twee horizontale bogen.

5.2.3.1 Functies

Een overgangsboog heeft de volgende functies:

- Mogelijkheid bieden voor geleidelijke stuurverdraaiing
- Vloeiend verbinden horizontale bogen met horizontale rechtstanden en/of horizontale bogen
- Beheersbaar houden zijdelingse voertuigkrachten
- Vloeiende vormgeving van het wegontwerp in bogen zodat bestuurders de situatie beter kunnen inschatten en zodat knikken in het wegbeeld voorkomen worden
- Plaats bieden aan de verkantingsovergang
- Geleidelijk aanbrenge van de benodigde bochtverbreding

5.2.3.2 Functies

Als overgangsboog wordt de clothoïde toegepast. Deze kromme is de baan die wordt doorlopen indien de snelheid van het voertuig en de snelheid waarmee het stuur wordt gedraaid, constant zijn. Hiermee ontstaat een vloeiende overgang tussen twee ontwerpcomponenten. De clothoïde wordt gekenmerkt door de clothoïdeparameter A.

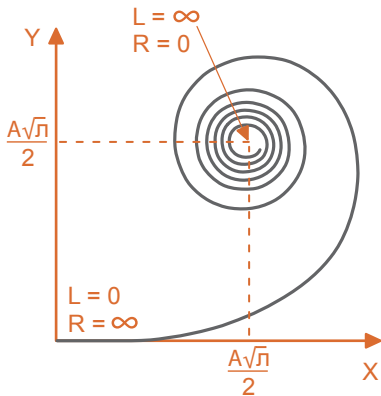
De clothoïde is een spiraal waarvan de boogstraal R omgekeerd evenredig is met de lengte gerekend vanaf het nulpunt (waar geldt dat $R = \text{oneindig}$). Dit wordt weergegeven door de volgende formule:

$$A^2 = R_x \cdot L_x$$

Hierin is:

- A : clothoïdeparameter (m)
- R_x : straal van clothoïde op punt x (m)
- L_x : lengte clothoïde tussen punt x en nulpunt ($R = \text{oneindig}$) (m)

Deze formule is grafisch weergegeven op onderstaande figuur. Van de clothoïde wordt slechts een klein deel gebruikt.



figuur 33: Standaard clothoïde

5.2.3.3 Toepassing

Een overgangsboog wordt toegepast in de volgende gevallen:

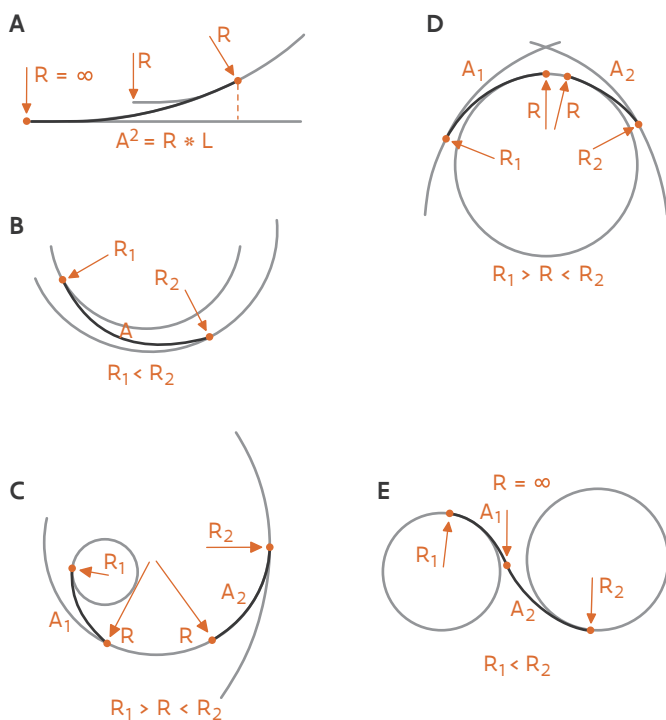
- Tussen een rechtstand en een cirkelboog: toepassen als de horizontale boogstraal (R) kleiner is dan de waarden genoemd in [tabel 18](#) (zie [figuur 34A](#)).
- Tussen twee gelijkgerichte bogen (met stralen R_1 en R_2): voor de keuze van parameter A is de kleinste aangrenzende boogstraal (R_1) maatgevend boven de straal van de grotere boog (R_2). De overgangsboog verloopt dan van R_1 naar R_2 , waarmee het gedeelte van R_2 tot $R = \text{oneindig}$ komt te vervallen (zie [figuur 34B en C](#)). Aaneensluiting van overgangsbogen waarbij de lengte van de cirkelbogen in de top tot nul gereduceerd wordt, moet vermeden worden in verband met knikken in het wegbeeld. In geval dat een cirkelboog is gelegen tussen twee overgangsbogen, moet de minimale booglengte gehanteerd worden (zie [tabel 18](#) en [figuur 34D](#)).
- Tussen twee tegengesteld gerichte cirkelbogen (met stralen R_1 en R_2): hierbij is in het punt van de overgang van de ene naar de andere overgangsboog geen kromming aanwezig en zijn, afhankelijk van de aansluitende boogstralen, twee tegengesteld gerichte overgangsbogen vereist (zie [figuur 34E](#)). In deze situatie kunnen bijgevolg dezelfde stappen worden gevolgd als bij een overgangsboog tussen een rechtstand en een cirkelboog.

ontwerpsnelheid (km/h)	overgangsboog (m) noodzakelijk indien
90	$R_{1,2} < 2\ 000$
70	$R_{1,2} < 800$
50	$R_{1,2} < 300$
30	$R_{1,2} < 100$

tabel 18: Bovengrenzen toepassing overgangsboog

Een overgangsboog wordt niet toegepast indien:

- Een rechtstand aansluit op een cirkelboog met een boogstraal boven de waarden van [tabel 18](#).
- Beide aansluitende horizontale bogen een boogstraal hebben die boven de waarden van [tabel 18](#) ligt.



figuur 34: Overgangsbogen in verschillende situaties

5.2.3.4 Ontwerpeisen

Aan de clothoïdeparameter A worden de volgende eisen gesteld:

- Eisen vanuit zicht
- Eisen vanuit comfort
- Eisen vanuit wegbeeld
- Eisen vanuit dynamica
- Eisen vanuit afwatering

De waarden die volgen uit deze eisen staan samengevat in onderstaande tabel. De hoogste waarde is maatgevend voor de minimale waarde voor A.

ontwerpsnelheid (km/h)	ondergrens clothoïdeparameter A		bovengrens
	zichtbaarheid	comfort (m)	
90	1/3 R ₁	175	R ₁
70	1/3 R ₁	95	
50	1/3 R ₁	60	
30	1/3 R ₁	25	

tabel 19: Richtwaarden clothoïdeparameter A

Eisen vanuit zicht

De clothoïdeparameter A moet zo klein mogelijk zijn omwille van de boogherkenning. Volgende grenswaarden worden daarbij aangehouden:

- Waar zicht op de boog nodig is in verband met snelheidsaanpassing, moet een deel van de cirkelboog binnen het functionele gezichtsveld liggen ($A \leq R$).
- De overgangsboog moet de richtingsverandering duidelijk inleiden. Hiervoor is een hoekverdraaiing van minimaal $3,5^\circ$ gewenst ($A \geq 1/3 R$).

Eisen vanuit comfort

Vanuit het oogpunt van comfort moet de toename van de zijdelingse krachten bij het doorrijden van de overgangsboog beperkt worden. De minimale waarden voor clothoïdeparameter A worden bekomen via onderstaande formule en zijn opgenomen in [tabel 20](#).

$$A_{\min} = 0,146 \sqrt{\frac{V_0^3}{C_{\text{toelaatbaar}}}}$$

Hierin is:

- V_0 : ontwerpsnelheid (km/h)
- $C_{\text{toelaatbaar}}$: factor voor de toelaatbare verandering van de versnelling in zijdelingse richting (m/s^3)

ontwerpsnelheid (km/h)	$C_{\text{toelaatbaar}}$ (m/s^3)	$A_{\text{min, comfort}}$ (m)
90	0,5	175
70	0,8	95
50	0,8	60
30	0,8	25

tabel 20: $C_{\text{toelaatbaar}}$

Eisen vanuit wegbeeld

Het toepassen van de clothoïdeformule $A^2 = R_x * L_x$ levert een vloeiende vormgeving op die niet misleidend of hinderlijk is. Vanuit wegbeeld zijn er geen aanvullende eisen voor de clothoïdeparameter.

Bij een boogstraal met een lagere ontwerpsnelheid dan het voorgaande weggedeelte wordt de richtingsverandering geaccentueerd middels een zo klein mogelijke clothoïdeparameter ($A = 1/3 R$).

Eisen vanuit dynamica

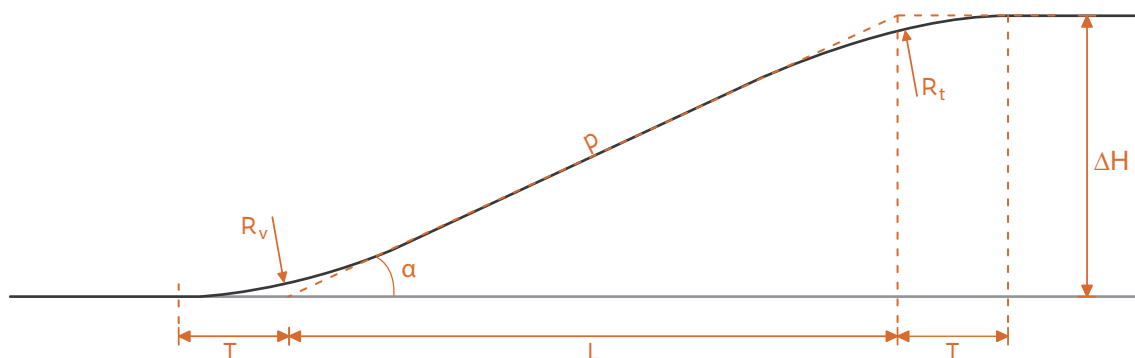
Wanneer in elk punt van de verkantingsovergang is voldaan aan de clothoïdeformule $A^2 = R_x * L_x$, levert de zijdelingse wrijvingsweerstand geen problemen op (dynamische evenwichtseis).

Eisen vanuit afwatering

Een eventuele verkantingsovergang in functie van afwatering moet bij voorkeur binnen de clothoïde plaatsvinden. De minimumlengte van de clothoïde kan daarom worden bepaald door de lengte van de eventuele verkantingsovergang (zie ook [hoofdstuk "5.4.12.3 Verkantingsovergang"](#)).

5.3 Verticaal alignement

Het verticale alignement is een verticale doorsnede langs de ontwikkelde wegas van een weg en bepaalt de wijze waarop hoogteverschillen worden overwonnen. In het verticale alignement worden verticale rechtstanden en verticale cirkelbogen toegepast. De bogen zijn hetzij topbogen hetzij voetbogen. De algemene eigenschappen van de verticale rechtstanden en cirkelbogen zijn weergegeven in onderstaande figuur.



figuur 35: Langshelling, hellingspercentage, hellingslengte

- ΔH : hoogteverschil
- P : hellingspercentage ($\Delta H/L * 100$)
- α : hellingshoek
- R_v : verticale straal voetboog
- R_t : verticale straal topboog
- T : 1/2 tangenslengte
- L : hellingslengte

5.3.1 Verticale rechtstand

De verticale rechtstand is een rechte lijn in het verticale alignement.

5.3.1.1 Functies

Een verticale rechtstand heeft de volgende functies:

- Verbinden van twee verticale bogen
- Overwinnen hoogteverschillen (ondergeschikte functie voor de Vlaamse situatie)

5.3.1.2 Ontwerpparameters

De verticale rechtstand wordt gekenmerkt door de volgende ontwerpparameters:

- Hellingspercentage: verhouding tussen het hoogteverschil en de hellingslengte.
- Hellingshoek: hoek tussen de as van de weg en de horizontaal. De langshelling is de tangens (tan) van deze hoek. De langshelling is eigenlijk dezelfde grootte als het hellingspercentage maar is uitgedrukt in een andere eenheid.
- Hellingslengte: horizontale afstand tussen de snijpunten van de raaklijnen aan onder- en bovenafrondingen.

In het ontwerp van een verticaal alignement voor een Vlaamse hoofdweg worden hoogteverschillen bij voorkeur overbrugd door een voetboog direct aan te sluiten op een topboog, dus zonder tussenkomst van een verticale rechtstand. Dit bevordert een vloeiend verloop van de weg en vermindert de kans op fouten in het wegbeeld (zie [hoofdstuk "5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement"](#)). In deze voorkeursituatie wordt het maximale hellingspercentage met de volgende benaderingsformule berekend:

$$p = \frac{2 * \Delta H}{\sqrt{2 * \Delta H * (R_v + R_t)}} * 100$$

Hierin is:

- p : maximaal hellingspercentage (%)
- ΔH : te overbruggen hoogteverschil (m)
- R_v : verticale straal voetboog (m)
- R_t : verticale straal topboog (m)

Er zijn echter ook situaties waarbij een verticale rechtstand toegepast moet worden tussen de voet- en topboog:

- Wanneer een voet- en topboog samen te weinig hoogteverschil genereren:
 - Voor hoofdbanen geldt dat rechtstanden pas worden toegepast bij hoogteverschillen van 10 m of meer om fouten in het wegbeeld te voorkomen.
 - Voor niet-hoofdbanen kunnen verticale rechtstanden algemeen worden toegepast, negatieve gevolgen voor het wegbeeld zijn hier niet te verwachten.
- Bij een lange helling

Het snelheidsverloop van voertuigen op hellingen heeft invloed op de verkeersafwikkeling, de verkeersveiligheid en het brandstofverbruik. Het gewenste hellingspercentage moet in samenhang met verschillende andere wegkenmerken en verkeerskenmerken worden bepaald. De ontwerpsnelheid, de lengte van de helling, het horizontale verloop, de ligging ten opzichte van aansluitingen, de kosten, de verkeerssamenstelling en de verkeersintensiteit kunnen van invloed zijn op het te kiezen hellingspercentage.

De combinatie van hellingspercentage en hellingslengte heeft invloed op de snelheid van het verkeer en in het bijzonder het vrachtverkeer. Bij toenemende helling(lengte) van een opgaande helling valt de snelheid van vrachtverkeer terug. Bij toenemende helling(lengte) van een neergaande helling nemen de snelheid en de remweg toe. Dit heeft een negatief effect op de verkeersafwikkeling en de verkeersveiligheid. Beide aspecten spelen ook een rol bij in- en uitvoeringen en bij opstelvakken. Hiervoor wordt verwezen naar [hoofdstuk "6.2 Invoeging"](#) en [hoofdstuk 6.3 "Uitvoeging"](#).

Wanneer bij het ontwerpen een langshelling wordt toegepast, geldt dat de snelheidsterugval van vrachtverkeer als gevolg van de langshelling maximaal 20 km/h mag bedragen. Wanneer een langshelling resulteert in een snelheidsterugval van minder dan 20 km/h dan voldoet de langshelling. Wanneer de helling niet voldoet, moet de helling aangepast worden of moeten compenserende maatregelen getroffen worden zoals het toepassen van een extra rijstrook of kruipstrook (zie [hoofdstuk "6.6 Rijstrookvermeerdering"](#)).

Als richtlijn voor maximale hellingspercentages en maximale hellingslengtes voor verschillende ontwerpsnelheden, kunnen de waarden worden aangehouden die zijn weergegeven in [tabel 21](#). Bij grote kunstwerken mogen grotere hellingspercentages worden toegepast, om zo op kunstwerk lengte en daarmee kosten te besparen. Indien men onder de waarden uit de tabel blijft, is de snelheidsterugval aanvaardbaar. Indien men toch afwijkt van de waarden, dient de resulterende snelheidsterugval gecontroleerd te worden met een geëigend softwarepakket.

ontwerpsnelheid (km/h)	standaardwaarden		bij grote kunstwerken	
	maximaal hellings- percentage (%)	maximale lengte (m)	maximaal hellings- percentage (%)	maximale lengte (m)
90	3	1 000	5	450
70	4	600	6	300
50			7	200
30				

tabel 21: Richtwaarden maximale hellingspercentages en hellingslengtes bij verticale rechtstand

5.3.2 Topboog

Een topboog (bolle boog) is een cirkelvormige bovenafronding in het verticale alignment. Bij hoogteverschillen kleiner dan 10 m wordt de topboog zonder tussenkomst van een verticale rechtstand direct op de voetboog aangesloten, tenzij dit leidt tot een overschrijding van het maximum hellingspercentage rond het overgangspunt tussen beide bogen.

5.3.2.1 Functies

Een topboog heeft de volgende functies:

- Overwinnen hoogteverschil
- Faciliteren geleidelijke hellingwijziging verkeer
- Beperken van de verticale versnelling (comfort) van voertuigen

5.3.2.2 Ontwerpparameters

Bij topbogen is de zichtlengte het maatgevende criterium voor de dimensionering. Het vereiste comfort bij het berijden van een topboog is op Vlaamse hoofdwegen niet maatgevend.

De verticale boogstraal wordt berekend met volgende formule:

$$R_{\text{top,min}} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{h_o} + \sqrt{h_h})^2}$$

Hierin is:

- $R_{\text{top,min}}$: verticale boogstraal (m)
- L_z : maatgevende zichtlengte (m)
- h_o : ooghoogte van de bestuurder
- h_h : hoogte van het waar te nemen voorwerp (m)

De waarden voor de parameters L_z , h_o en h_h in deze formule zijn, voor verschillende ontwerpsnelheden, weergegeven in onderstaande tabel. Voor een ontwerpsnelheid van 30 km/h wordt geen waarde opgenomen.

ontwerpsnelheid (km/h)	L_z anticipatiezicht (m)	L_z wegverloopzicht (m)	L_z stopzicht (m)
90	230	120	135
70	165	80	80
50	110	40	40
ooghoogte h_o	1,1	1,1	1,1
objecthoogte h_h	variabel	0	0,5

tabel 22: Waarden van parameters voor topbogen

Uit bovenstaande formule vloeien de minimale boogstralen voor verticale topbogen voort (tabel 23). Voor een ontwerpsnelheid van 30 km/h wordt geen waarde opgenomen. De vermelde waarden zijn van toepassing bij wegverloopzicht. Echter, het wegverloopzicht is slechts onder voorwaarden maatgevend. Per situatie moet er, op basis van de rond de weg aanwezige zichtpunten, geanalyseerd worden of anticipatiezicht niet maatgevend is boven het wegverloopzicht. Dit is afhankelijk van de objecthoogte van het voor anticipatiezicht maatgevende zichtpunt (zie hoofdstuk "5.1.2 Anticipatiezicht").

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale straal (m) topboog (afgerond)	maatgevend zichtcriterium	maatgevende zichtlengte (m)
90	6 600	wegverloopzicht	120
70	3 000	wegverloopzicht	80
50	750	wegverloopzicht	40

tabel 23: Minimale boogstralen topboog

Het kan voorkomen dat bij geringe hoogteverschillen en/of zeer flauwe hellingen de zichtlengte groter is dan de totale lengte van de boog. In dat geval mag een kleinere verticale boogstraal worden toegepast. Bij een dergelijke aaneenschakeling van verticale ontwerpcomponenten wordt de bepaling van de zichtlengte grafisch (met gebruik van software) gedaan, waarna de minimale verticale boogstraal van de topboog te bepalen is.

5.3.3 Voetboog

Een voetboog (holle boog) is een cirkelvormige onderafronding in het verticale alignement. Bij hoogteverschillen kleiner dan 10 m wordt de voetboog zonder tussenkomst van een verticale rechtstand direct op de topboog aangesloten, tenzij dit leidt tot een overschrijding van het maximum hellingspercentage rond het overgangspunt tussen beide bogen.

5.3.3.1 Functies

Een voetboog heeft volgende functies:

- Overwinnen hoogteverschil
- Faciliteren geleidelijke hellingwijziging verkeer
- Beperken van de verticale versnelling (comfort) van voertuigen

5.3.3.2 Standaardwaarden voetboog

Het gewenste criterium voor de dimensionering van voetbogen is de duidelijkheid van het wegbeeld zodat de indruk van tegenbogen of knikken vermeden wordt. Hiertoe is het meestal voldoende om uit te gaan van een boogstraal van $R_{\text{voet}} = 2 * R_{\text{top}}$, zie ook hoofdstuk "5.4.13.1 Voetbogen bij onsamenhangend wegbeeld". Indien dit niet mogelijk blijkt, wordt minimaal voldaan aan $R_{\text{voet}} \text{ min } \geq 1/2 R_{\text{top}}$. Voor een ontwerpsnelheid van 30 km/h wordt geen waarde opgenomen.

ontwerpsnelheid (km/h)	straal voetboog (m)	
	gewenste waarden	minimale waarden
90	13 200	3 300
70	6 000	1 500
50	1 500	375

tabel 24: Gewenste en minimale waarden voetboog

5.3.3.3 Voetboog in onderdoorgangen

Het wegbeeld is niet maatgevend in onderdoorgangen en aquaducten waar de wegas zich onder het maaiveld bevindt. In dat geval gelden eisen die gebaseerd zijn op comfort: de toename van de verticale versnelling mag niet meer dan $1,0 \text{ m/s}^2$ bedragen. De minimaal toepasbare boogstralen op basis van comfort zijn weergegeven in onderstaande tabel. Voor een ontwerpsnelheid van 30 km/h wordt geen waarde opgenomen.

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale straal (m) voetboog
90	700
70	400
50	200

tabel 25: Minimale waarden voetboog in onderdoorgangen op basis van comfort

Aandachtspunt bij het ontwerpen van voetbogen in onderdoorgangen is de zichtbelemmering door het plafond van de onderdoorgang in combinatie met eventuele voorwerpen als signalisatie, bewegwijzering en installaties. Een kleine boogstraal voor de voetboog in combinatie met een lage plafondhoogte kan leiden tot problemen met betrekking tot wegverloopzicht en stopzicht voor het vrachtverkeer. In dit geval is niet comfort maar zicht maatgevend. Voor de zichteisen met betrekking tot het verticale alignement in tunnels en onderdoorgangen wordt verwezen naar het [hoofdstuk "8 Tunnels"](#).

5.3.4 Opeenvolging van bogen

Omwille van comforteisen (zie "[Standaardbestek 250](#)") dient bij een opeenvolging van verticale bogen op wegvakken waar de ontwerpsnelheid 70 km/h of hoger is, voldaan te zijn aan een minimale koordlengte van 40 m. Deze eis is niet van toepassing bij onderdoorgangen.

5.4 Dwarsprofiel

5.4.1 Bouwvrije strook

Voor de Vlaamse hoofdwegen die op basis van de wet van 12 juli 1956 tot vaststelling van het statuut der autosnelwegen bij de categorie autosnelwegen werden ingedeeld, geldt er een wettelijke bouwvrije strook van 30 m. De richtlijnen zijn opgenomen in het [“Besluit van de Vlaamse Regering betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen van 25 januari 2019”](#).

5.4.2 Indeling en maatvoering dwarsprofiel

Een dwarsprofiel is de verticale doorsnede loodrecht op de as van de weg. Het dwarsprofiel geeft de inrichting van de weg in dwarsrichting, bestaande uit de afmeting, hoogteligging en dwarsligging van de dwarsprofielonderdelen.

Het dwarsprofiel van een Vlaamse hoofdweg wordt opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Rijbaan:
 - Rijstrook
 - Markering
 - Bochtverbreding
- Verharde zijstrook:
 - Redresseerstrook
 - Pechstrook
 - Overrijdbare berm
- Wegberm:
 - Middenberm
 - Buitenberm
- Taluds

De plaats van bovengenoemde begrippen in het dwarsprofiel is weergegeven in [figuur 36](#).

De verhardingsbreedte van een Vlaamse hoofdweg bedraagt per rijrichting minstens 6 m. Bij een calamiteit moeten 2 voertuigen elkaar kunnen kruisen. De verhardingsbreedte wordt bepaald door de rijbaan en eventueel de verharde zijstrook of de overrijdbare berm.

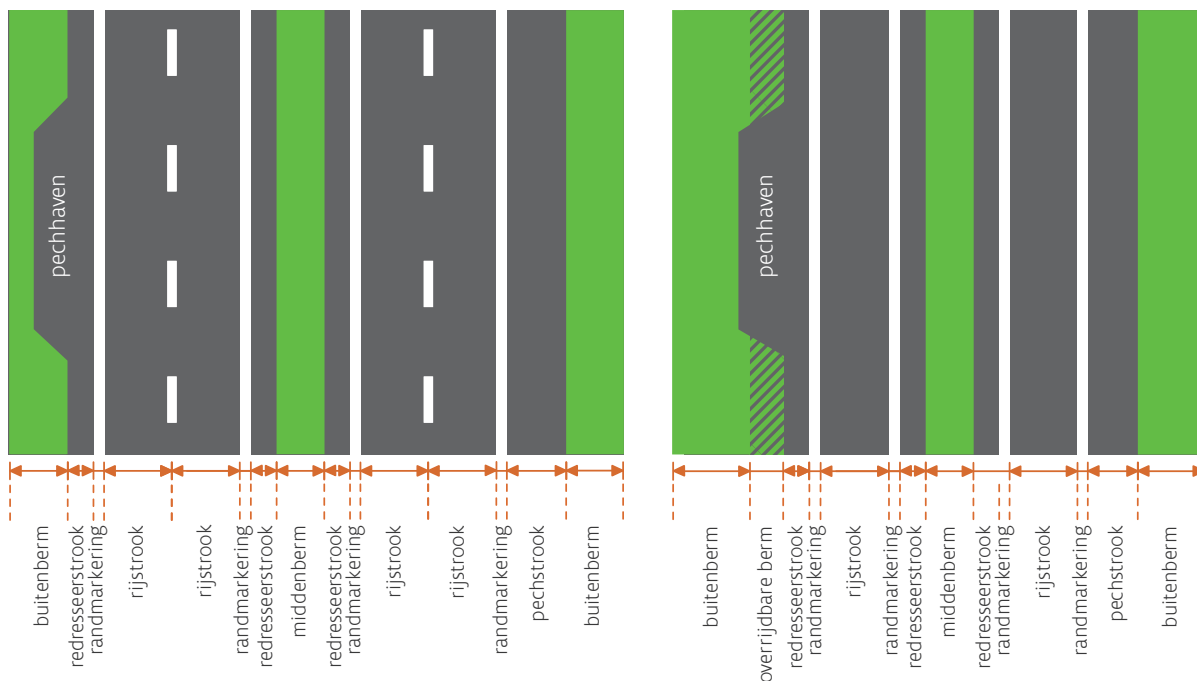
De maatvoering van de verschillende onderdelen binnen het dwarsprofiel is gebaseerd op de profielen van de ruimte van de verschillende ontwerpvoertuigen en de daarbij behorende veiligheidsmarges. De ontwerper moet altijd nagaan welk ontwerpvoertuig maatgevend is. De profielen van ruimte strekken zich uit in de breedte en in de hoogte en zijn op te splitsen in:

- Profielen van minimumruimte
- Profielen van vrije ruimte

5.4.2.1 Profiel van minimumruimte

Het profiel van minimumruimte in het dwarsprofiel is noodzakelijk voor de bestuurder van een rijdend voertuig voor het uitvoeren van zijn rijtaak. Het profiel van minimumruimte wordt verkregen door de som van:

- De ruimte die het maatgevende ontwerpvoertuig vanwege zijn afmetingen in beslag neemt.
- De ruimte die het maatgevende ontwerpvoertuig nodig heeft voor de horizontale en verticale bewegingen tijdens het rijden.



figuur 36: Opbouw dwarsprofiel: voorbeeld 2x2 (links) en voorbeeld 2x1 (rechts)

Horizontale bewegingen

De horizontale bewegingen van een voertuig staan ook bekend onder de term vetergang. De vetergang wordt veroorzaakt door versturende aspecten als zijwind en koerscorrecties en is afhankelijk van de ontwerpsnelheid en de restbreedte die bovenop de voertuigbreedte beschikbaar is:

- Bij een hogere ontwerpsnelheid neemt de vetergang toe aangezien een stuurafwijking bij een hogere snelheid tot een grotere koersafwijking leidt.
- Bij een afnemende restbreedte neemt de vetergang toe als gevolg van krampachtige stuurbewegingen.
- Bij een toenemende restbreedte neemt de vetergang toe als gevolg van een lager attentieniveau en hogere rijnsnelheden.

Om de vetergang te beperken, moeten brede of kleine restbreedtes vermeden worden. De standaardafmetingen van dwarsprofiel-elementen waarbij de vetergang beperkt blijft, zijn weergegeven in onderstaande tabel.

ontwerpsnelheid (km/h)	ontwerpvoertuig	minimumruimte stilstaande voertuigen (breedte ontwerpvoertuig) (m)	minimumruimte rijdende voertuigen (breedte ontwerpvoertuig + restbreedte) (m)
90	personenwagen	1,90	2,90
	vrachtwagen	2,55	3,05
70	personenwagen	1,90	2,65
	vrachtwagen	2,55	3,05
50	personenwagen	1,90	2,40
	vrachtwagen	2,55	2,80
30	personenwagen	1,90	2,30
	vrachtwagen	2,55	2,70

tabel 26: Horizontale minimumruimte

Verticale bewegingen

De verticale bewegingen van een voertuig worden veroorzaakt door oneffenheden in de verharding in combinatie met het veersysteem van een voertuig. Deze bewegingen zijn onafhankelijk van de ontwerpsnelheid. De vrachtwagen is het maatgevende ontwerpvoertuig.

ontwerpsnelheid (km/h)	ontwerpvoertuig	minimumruimte (m) stilstaande voertuigen	minimumruimte (m) rijdende voertuigen
90	personenwagen	4,00	4,20
	vrachtwagen		
70	personenwagen		
	vrachtwagen		
50	personenwagen		
	vrachtwagen		
30	personenwagen		
	vrachtwagen		

tabel 27: Verticale minimumruimte

5.4.2.2 Profiel van vrije ruimte

Het profiel van vrije ruimte is de ruimte binnen het dwarsprofiel waar geen obstakels mogen voorkomen. Het is samengesteld uit het horizontale en het verticale profiel van vrije ruimte.

Horizontaal profiel van vrije ruimte

Het horizontale profiel van vrije ruimte wordt verkregen door aan het horizontale profiel van minimumruimte tijdens het rijden de horizontale objectafstand toe te voegen. De objectafstand is de afstand die bestuurders aanhouden tot voorwerpen langs de eigen rijstrook.

Het horizontale profiel van vrije ruimte wordt bepaald op basis van de veiligheidsmarge die bestuurders van voertuigen aanhouden ten opzichte van te passeren obstakels. Bij het ontwerp van het dwarsprofiel moet daarom in relatie met de ontwerpsnelheid, rekening gehouden worden met een vrije ruimte in functie van de gewenste plaats van voertuigen op de weg. Op die manier kan een veilig en ongehinderd passeermanoeuvre gefaciliteerd worden. Hierbij zijn twee maatgevende situaties denkbaar:

- Vrije en ongehinderde verkeersafwikkeling: maatgevend is het inhaalmanoeuvre waarbij een vrachtwagen wordt ingehaald door een personenwagen. De benodigde ruimte bij een inhaalmanoeuvre tussen vrachtwagens is kleiner omdat een dergelijke inhaalmanoeuvre plaatsvindt bij lagere snelheden, kleinere snelheidsverschillen en door meer ervaren bestuurders. Tussen twee personenwagens is eveneens minder ruimte nodig vanwege de geringere voertuigbreedtes.
- Eén of meer voertuigen op de pechstrook.

ontwerpsnelheid (km/h)	ontwerpvoertuig	passeermanoeuvre stilstaande voorwerpen (m)	inhaalmanoeuvre rijdende voorwerpen (m) *
90	personenwagen	1,00	1,50
	vrachtwagen	1,00	1,00
70	personenwagen	1,00	1,00
	vrachtwagen	1,00	1,00
50	personenwagen	0,50	0,50
	vrachtwagen	0,50	0,50
30	personenwagen	0,50	0,50
	vrachtwagen	0,50	0,50

* Een rijdend voorwerp is een voorwerp met vergelijkbare massa en snelheid.

tabel 28: Horizontale objectafstanden

Verticaal profiel van vrije ruimte

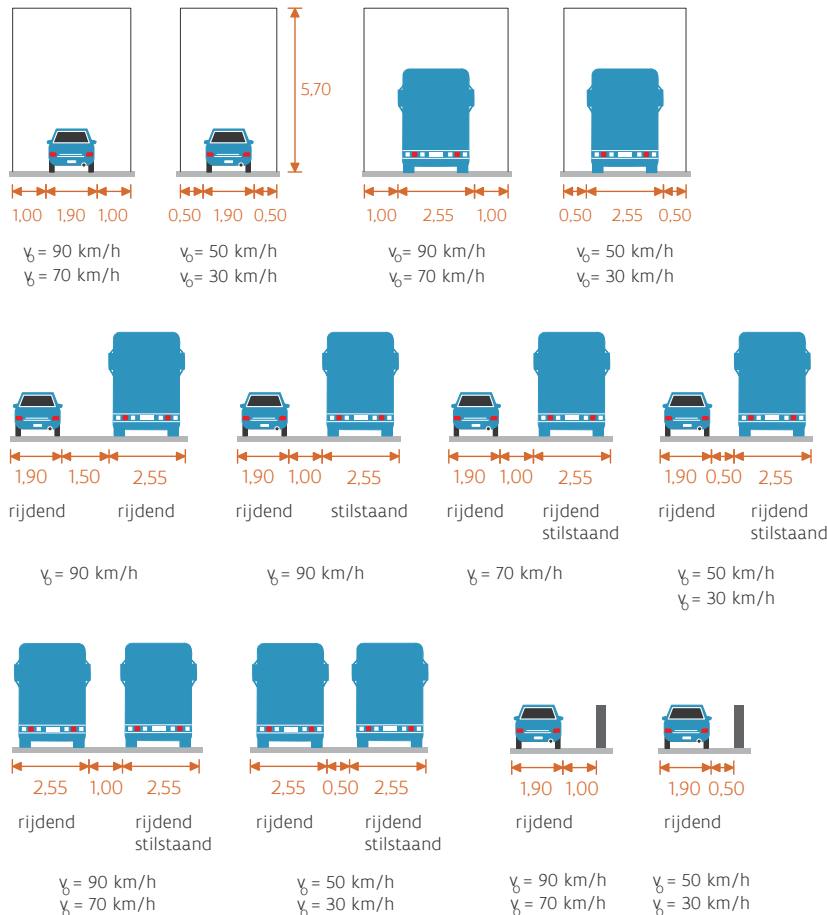
Op de Vlaamse gewestwegen wordt het uitzonderlijk transport als maatgevend beschouwd voor het bepalen van de vrije hoogte. Het verticale profiel van vrije ruimte bij aanleg bedraagt 5,70 m. Enkel in samenspraak met het team Zwaar Vervoer van het Agentschap Wegen en Verkeer (zwaarvervoer@mowvlaanderen.be) kan afgeweken worden van de waarde van 5,70 m. Voor het verticale profiel van vrije ruimte onder seinbruggen, galgpalen ... wordt verwezen naar het "[Standaardbestek 270, hoofdstuk 51](#)".

ontwerpvoertuig	minimumruimte (m) stilstaand voertuig	marge (m)	verticaal profiel van vrije ruimte (m)
vrachtwagen	5,50	0,20	5,70

tabel 29: Verticaal profiel van vrije ruimte

Op alle locaties waar een maatgevend voertuig kan komen, moet het verticaal profiel van vrije ruimte beschikbaar zijn. Waar geen afschermdende constructie aanwezig is, betekent dit de volledige breedte van de veiligheidsstrook. Op locaties waar er wel een afschermdende constructie aanwezig is, moet het verticaal profiel van vrije ruimte aanwezig zijn over de volledige breedte van de afschermdende constructie, inclusief zijn werkingsbreedte. Daarnaast moet, indien van toepassing, rekening gehouden worden met de voertuigoverhellingsindex (VI). Het opleggen van eisen voor de VI is vooral van belang als er net buiten de werkingsbreedte obstakels staan die hoger zijn dan 1,5 m. Wanneer een dergelijk obstakel zich achter de afschermdende constructie bevindt (brugpijler, geluidsscherm, ...) kan deze immers door de cabine of oplegger van een (hellende) vrachtwagen geraakt worden. Voor details hierover wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer](#)".

Als het maatgevend voertuig een trein of tram is, moeten de betreffende vervoersmaatschappijen gecontacteerd worden voor het bepalen van de vrije hoogte.



figuur 37: Objectafstanden

5.4.3 Rijbaan

Een rijbaan is een verhard gedeelte van de kruin bestemd voor het verkeer van voertuigen en omvat een rijstrook, langsmarkeringen en een eventuele bochtverbreding.

Indien de Vlaamse hoofdweg een route voor uitzonderlijk vervoer is, kunnen er specifieke ontwerpisen van toepassing zijn. Het team Zwaar Vervoer van het Agentschap Wegen en Verkeer (zwaarvervoer@mowvlaanderen.be) moet steeds bij het ontwerp betrokken worden wanneer de Vlaamse hoofdweg gelegen is op een route voor uitzonderlijk vervoer.

5.4.3.1 Rijstrook

Een rijstrook is een strook van de rijbaan die voldoende breed is voor het verkeer van één rij voertuigen. Een rijstrook kan voorbehouden worden voor bepaalde weggebruikers of voor een bijzondere bestemming (bijvoorbeeld een busbaan met volle lijn (F18)) en als zodanig worden aangeduid. Een rijstrook heeft als functie het afwikkelen van rijdend verkeer op de rijbaan.

Standaard rijstrookbreedtes

In functie van een constant en herkenbaar wegbeeld, het scheppen van duidelijkheid en het minimaliseren van fouten in het ontwerp, wordt een breedte van 3,20 m voorgeschreven voor alle Vlaamse hoofdwegen en dit voor alle ontwerpsnelheden.

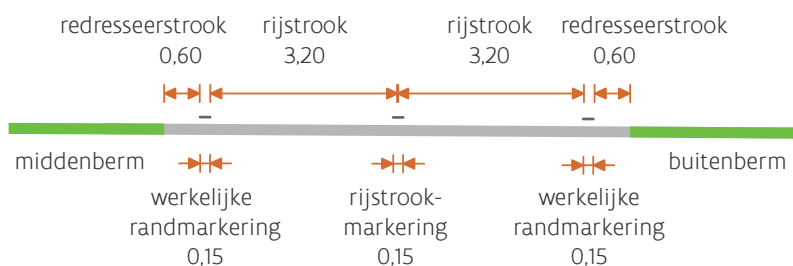
ontwerpsnelheid (km/h)	breedte (m)
90	3,20
70	
50	
30	

tabel 30: Standaard rijstrookbreedte

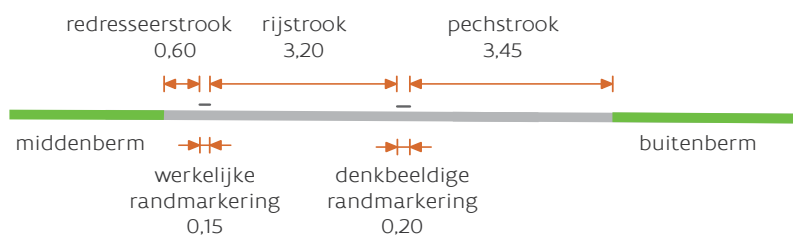
De rijstrookbreedte wordt gemeten:

- Exclusief randlijn
- Inclusief de helft van eventuele naderingsmarkering, spitsstrookmarkering, rijstrookmarkering

Een nadere toelichting op de standaard rijstrookbreedte is weergegeven in onderstaande figuren.



figuur 38: Maatvoering 2x2 wegprofiel (1 rijrichting, zonder pechstrook)



figuur 39: Maatvoering 2x1 wegprofiel (1 rijrichting, met pechstrook)



figuur 40: Maatvoering 2x1 wegprofiel (1 rijrichting, zonder pechstrook)

De rijstrookbreedte op een rotonde vormt een uitzondering op bovenstaande maatvoering. Meer informatie over de ontwerpelementen van een rotonde is opgenomen in [hoofdstuk "4.5.1.1. Ontwerpelementen"](#).

Invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook, afslagstrook

Invoegstroken, uitvoegstroken, weefstroken en afslagstroken zijn bijzondere rijstroken met een beperkte lengte. Ze dienen als overgang op locaties waar verschillende rijbanen op elkaar aansluiten en grenzen aan een doorgaande rijstrook.

Een invoegstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen van rijdend verkeer in functie van het invoegen naar de hoofdbaan
- Ruimte bieden aan verkeer om een hiaat te vinden alvorens de doorgaande rijbaan op te gaan

Een uitvoegstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen van rijdend verkeer in functie van het uitvoegen van de hoofdbaan
- Bieden van de benodigde lengte voor comfortabele deceleratie (gas loslaten: circa $1,5 \text{ m/s}^2$) naar de ontwerpnelheid van de afbuigende rijbaan

Een weefstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen en uitwisselen van rijdend verkeer met gelijke snelheid afkomstig van verschillende rijbanen en gaande naar verschillende rijbanen
- Bij ongelijkwaardige verkeersstromen: bieden van de benodigde lengte voor comfortabele deceleratie (gas loslaten: circa $1,5 \text{ m/s}^2$) naar de ontwerpnelheid van de afbuigende rijbaan
- Ruimte bieden aan verkeer om een hiaat te vinden alvorens de andere rijbaan op te gaan

Een afslagstrook heeft de volgende functies:

- Afwikkelen van rijdend verkeer in functie van een afslaande beweging aan een kruispunt
- Bieden van de benodigde lengte voor comfortabele deceleratie om de afslaande beweging te kunnen maken
- Opdelen van stromen ter hoogte van een kruispunt om de afwikkelingscapaciteit van het kruispunt te verhogen en/of om een conflictvrije lichtenregeling mogelijk te maken

Voor de dimensionering van invoegstroken, uitvoegstroken, weefstroken en afslagstroken gelden dezelfde eisen als voor standaard rijstroken. De breedte van een invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook en afslagstrook wordt gemeten as op as, exclusief randlijn. Bij toeleidende en/of afbuigende rijbanen die uit twee of meer rijstroken bestaan, worden de rijstrookbreedtes gemeten inclusief (de helft van) de rijstrookmarkering. De standaardbreedtes voor invoegstroken, uitvoegstroken, weefstroken en afslagstroken zijn weergegeven in [tabel 31](#)

ontwerpsnelheid (km/h)	breedte (m) invoegstroken, uitvoegstroken, weefstroken en afslagstroken die starten op de hoofdbaan
90	3,20
70	
50	
30	

tabel 31: Standaard rijstrookbreedtes invoegstrook, uitvoegstrook, weefstrook, afslagstrook.

5.4.3.2 Rijstrook- en langsmarkeringen

Een langsmarkering is een doorlopende of onderbroken lijn die op of in het oppervlak van de verharding is aangebracht.

Een langsmarkering zorgt in eerste instantie voor een afbakening van de rijstroken of duidt de rand van de rijbaan aan. Samen met bebording en bebakening zorgt een langsmarkering voor een verkeersveilige geleiding van het verkeer.

Er zijn verschillende soorten langsmarkeringen op Vlaamse hoofdweg (niet-autosnelwegen):

- Werkelijke/denkbeeldige randmarkering
- Onderbroken streep/rijstrookmarkering
- Naderingsmarkering
- Naast elkaar getrokken doorlopende en onderbroken streep
- Afbakening van de busbaan

element	breedte (m)
werkelijke randmarkering	0,15
denkbeeldige randmarkering bij 1 rijstrook	0,20
denkbeeldige randmarkering met meerdere rijstroken	0,25
rijstrookmarkering	0,15
naderingsmarkering	0,15
naast elkaar getrokken doorlopende en onderbroken streep	0,15
afbakening busbaan	0,20

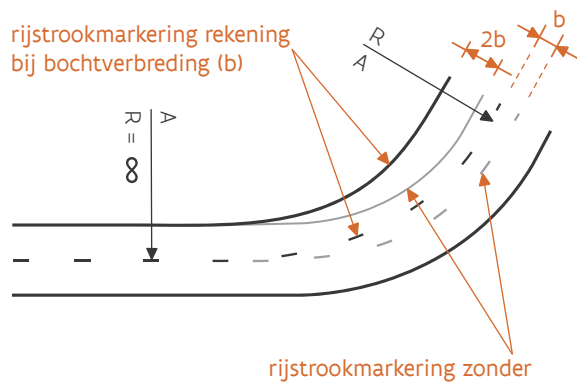
tabel 32: Breedte langsmarkering

Voor aanvullende richtlijnen wordt verwezen naar de [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#).

5.4.3.3 Bochtverbreding

Een bochtverbreding is het verbrede gedeelte van een rijstrook in een horizontale boog. Een bochtverbreding wordt toegepast in krappe horizontale bogen, voornamelijk omdat de achterwielen van een voertuig bij het doorlopen van de boog een meer naar binnen gelegen baan beschrijven dan de voorwielen. Bij krappe horizontale bogen (boogstraal 300 m of minder) is het verschil tussen de boogstraal van de voor- en achterwielen significant. De bochtverbreding is geen deel van de redresseerstrook.

De bochtverbreding vindt geleidelijk plaats in de overgangsboog zodat bij het begin van de horizontale boog de benodigde breedte volledig aanwezig is (zie [figuur 41](#)). Na de horizontale boog moet de bochtverbreding geleidelijk aan worden afgebouwd in de overgangsboog. De bochtverbreding mag zowel aan de binnenzijde als buitenzijde van de boog of symmetrisch worden gerealiseerd, visueel is dit niet te onderscheiden.



figuur 41: Geleidelijke opbouw bochtverbreiding in overgangsboog

Een bochtverbreiding is nodig bij boogstralen kleiner of gelijk aan 300 m. Bij grotere boogstralen wordt het verschil tussen de andere baan van de voor- en achterwielen opgevangen binnen de rijstrookbreedte van 3,20 m en is een bochtverbreiding niet meer noodzakelijk. Een bochtverbreiding kan echter wel wenselijk zijn bij (frequente) bijzondere transporten.

De nodige bochtverbreiding per rijstrook is weergegeven in onderstaande tabel. Dit is zowel van toepassing op hoofdbanen als niet-hoofdbanen.

horizontale boogstraal binnenboog (m)	bochtverbreiding b (m) per rijstrook
25	1,60
30	1,35
35	1,20
50	0,85
60	0,70
70	0,60
80	0,55
90	0,50
100	0,45
120	0,40
150	0,30
170	0,25
200	0,25
250	0,20
300	0,15

tabel 33: Minimale bochtverbreiding per rijstrook

5.4.4 Verharde zijstrook

Een verharde zijstrook is een speciaal verhard deel van de kruin dat aansluit tegen de rijbaan.

Men onderscheidt:

- Redresseerstrook
- Pechstrook
- Overrijdbare berm

5.4.4.1 Redresseerstrook

Een redresseerstrook is een verharde strook van beperkte breedte, naast de rijbaanbreedte, bedoeld om weggebruikers gelegenheid te geven hun koers te corrigeren. Dit betekent dat de redresseerstrook absoluut vrij dient te zijn van obstakels en dat er geen niveauverschil mag zijn ten opzichte van de aanliggende wegverharding. Op Vlaamse hoofdwegen en in tunnels wordt de redresseerstrook best geaccentueerd met een geprofileerde markering (ribbelmarkering of gestructureerde markering) die de bestuurder er op attendeert dat hij van zijn rijstrook afwijkt. Door de extra geluidsproductie van geprofileerde markering kan een geprofileerde markering niet toegepast worden in bebouwde gebieden.

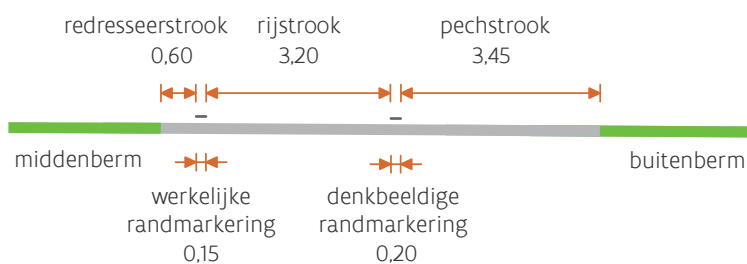
Een redresseerstrook is, gemeten vanaf de buitenzijde van de randlijn, 60 cm breed op de hoofdbanen en niet-hoofdbanen (op- en afritten, bypassen) van Vlaamse hoofdwegen. Bij een Vlaamse hoofdweg met een 2x1 wegprofiel wordt er naast de redresseerstrook een overrijdbare berm voorzien om een totale verhardingsbreedte van 6 m te bekomen. De verhardingsbreedte wordt gedefinieerd als de breedte van de verharding tussen de lijnvormige elementen (kantstroken, greppels, ...) of bij afwezigheid hiervan tot de rand van de verharding. Gelet op het feit dat er hier slechts zeer sporadisch verkeer gebruik zal maken van de verhardingsbreedte kan er afgeweken worden van deze definitie. Meer informatie over een overrijdbare berm is opgenomen in [hoofdstuk "5.4.4.3 Overrijdbare berm"](#).

5.4.4.2 Pechstrook

Een pechstrook is een verharde strook rechts van de rijbaan waarop, uitsluitend in bijzondere gevallen of in geval van nood, mag worden gereden of kortstondig gestopt. Indien de Vlaamse hoofdweg niet het statuut heeft van een autosnelweg (afgebakend met de verkeersborden F5/F7) geldt er geen parkeerverbod op de pechstrook. In dat geval moet de weg het statuut krijgen van een autoweg (afgebakend met de verkeersborden F9/F11) of moet het parkeerverbod aangeduid worden via het verkeersbord E1 (Parkeerverbod) zodat het niet toegelaten is op deze strook te parkeren.

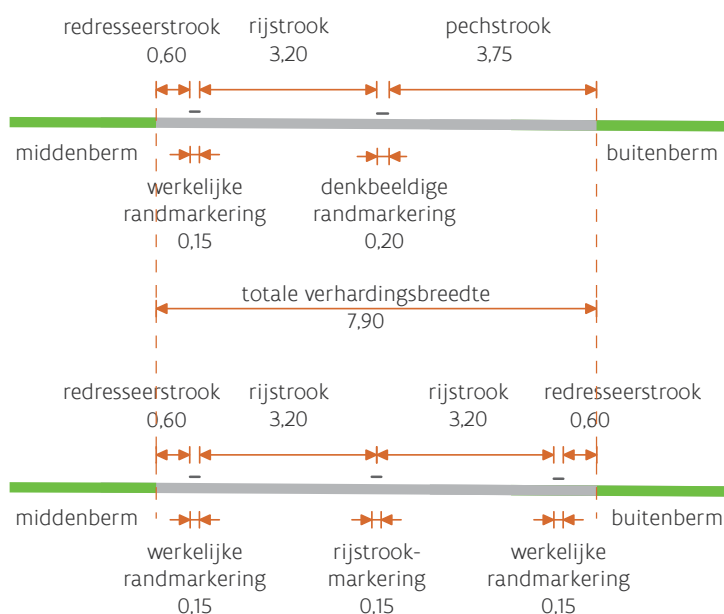
Een pechstrook heeft de volgende functies:

- Gelegenheid voor koerscorrectie: op Vlaamse hoofdwegen doet de pechstrook dienst als redresseerstrook.
- Vlucht- en bergingsplaats voor gestrande voertuigen.
- Eventuele ruimtereservering door extra verhardingsbreedte, bijvoorbeeld ten behoeve van tijdelijke (onderhouds)situaties.



figuur 42: Dwarsprofiel met minimale pechstrookbreedte

Een pechstrook is wenselijk langs alle wegvakken van een Vlaamse hoofdweg maar niet noodzakelijk. Een pechstrook op een Vlaamse hoofdweg heeft een breedte van minimum 3,45 m (excl. randmarkering). Een eventuele goot mag deel uitmaken van de pechstrook indien deze aan de rand van de verharding wordt voorzien.



figuur 43: Dwarsprofiel met bredere pechstrook ifv een toekomstige volwaardige rijstrook

Een bredere pechstrook op een Vlaamse hoofdweg geeft de mogelijkheid om de pechstrook later om te vormen tot een volwaardige rijstrook met redresseerstrook. Voor richtlijnen omtrent de rijstrookbreedte of redresseerstrook wordt verwezen naar de betreffende onderdelen (zie [hoofdstuk "5.4.3.1 Rijstrook"](#) en ["5.4.4.1 Redresseerstrook"](#)). Omwille van het vooruitzicht voor het gebruik van de pechstrook als volwaardige rijstrook of in het kader van toekomstige ontwikkelingen is het aanbevolen een breedte van 3,75 m toe te passen, exclusief randmarkering en goot (aangezien deze bij het toekomstig gebruik anders in de redresseerstrook zou komen te liggen).

5.4.4.3 Overrijdbare berm

Om te komen tot een totale verhardingsbreedte van 6 m per rijrichting bij een 2x1 profiel zodat kruisingen bij calamiteiten mogelijk zijn, wordt een overrijdbare berm voorzien aansluitend op de redresseerstrook. De overrijdbare berm kan ofwel links ofwel rechts ofwel verdeeld over beide kanten van de rijbaan voorzien worden. Er is geen overrijdbare berm noodzakelijk wanneer er een pechstrook aanwezig is aangezien de totale verhardingsbreedte dan meer dan 6 m bedraagt.

5.4.5 Vergevingsgezindheid

5.4.5.1 Concept vergevingsgezindheid

Het dwarsprofiel moet ontworpen worden volgens de filosofie van zelfverklarende wegen waarbij ongevallen in eerste instantie zoveel mogelijk worden voorkomen. Vervolgens is een vergevingsgezinde weg een weg die zodanig wordt ontworpen dat door de bestuurder gemaakte fouten 'vergeven' worden. Dit concept is erop gericht om de voertuigen die van de rijstrook zijn afgeraakt, op een veilige wijze:

- Hetzij terug op de rijstrook te brengen door middel van een gecontroleerde stuurcorrectie op de redresseerstrook;
- Hetzij gecontroleerd te laten stoppen door het voorzien van een veiligheidsstrook die voldoende breed is.

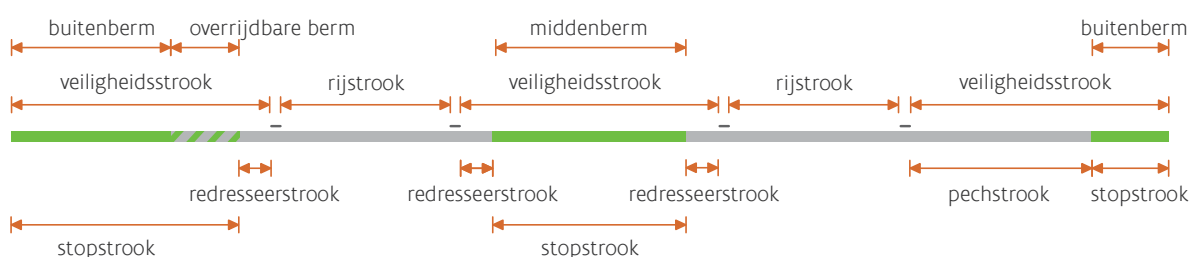
Voor details over de principes en realisatie van vergevingsgezinde wegen wordt verwezen naar het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#). In de rubrieken hierna zijn de belangrijkste vereisten met betrekking tot het dwarsprofiel uit dit vademecum opgenomen.

5.4.5.2 Veiligheidsstrook algemeen

Een veiligheidsstrook is een zone waarin een voertuig dat van de rijbaan is geraakt, gecontroleerd tot stilstand kan komen. De veiligheidsstrook bestaat uit de redresseerstrook en de stopstrook.

De redresseerstrook is beschreven in [hoofdstuk "5.4.4.1 Redresseerstrook"](#).

De stopstrook is een (onverhard) gedeelte van de wegberm naast de redresseerstrook. In deze strook zal de bestuurder zich niet meer kunnen corrigeren maar zal hij toch zonder al te veel risico's gecontroleerd tot stilstand kunnen komen. Indien de berm onverhard is, moet deze de nodige draagkracht hebben om de kans op kantelen of rollen te verkleinen. Er moet getracht worden deze strook zoveel mogelijk obstakelvrij te houden. Wanneer dit niet mogelijk is, moeten maatregelen genomen worden om de gevolgen van een eventueel ongeval te beperken.



figuur 44: Veiligheidsstrook

Een obstakel is een vast voorwerp dat voor uit koers geraakte voertuigen bij aanrijding aanzienlijke voertuigvertragingen oplevert en daardoor ernstige schade aan het voertuig en/of een grotere kans op ernstig (dodelijk) letsel aan de inzittenden of derden kan veroorzaken.

Het begrip "obstakel" moet hier in zijn ruimste betekenis in relatie met het begrip "schade" beschouwd worden als:

- obstakels die zich op minimum 10 cm boven het normale maaiveld bevinden (bijvoorbeeld brugpijlers, steunen van seinbruggen, allerhande andere zware steunpalen van constructies ...);
- obstakels die zich onder het normale maaiveld bevinden (bijvoorbeeld kopmuren in grachten);
- alles wat een risico van afvallen (bijvoorbeeld brugrand) of van kantelen (bijvoorbeeld steile talud, grachten...) inhoudt.

In de veiligheidsstrook mogen geen obstakels voorkomen. Wel mogen voorwerpen worden geplaatst, mits deze buiten het profiel van vrije ruimte voorkomen en mits deze botsvriendelijk zijn. Indien het voorwerp niet botsvriendelijk kan worden gemaakt, moet het worden beveiligd met een afschermende constructie.

5.4.5.3 Dimensionering veiligheidsstrook

De breedte van de veiligheidsstrook is afhankelijk van de hierna volgende factoren.

- Snelheid:
 - Voor bestaande wegen wordt de effectief gereden snelheid v_{85} als basis genomen.
 - Voor nieuwe projecten wordt de ontwerpsnelheid als basis genomen.
- Situering in het dwarsprofiel (buitenberm, middenberm):
 - De breedte van de veiligheidsstrook wordt bepaald op basis van de kans om een vast obstakel aan te rijden.
 - In Vlaanderen wordt, ter hoogte van de buitenberm op een Vlaamse hoofdweg, een theoretische kans van 20% als aanvaardbaar beschouwd. Want een obstakel bereiken, betekent niet altijd dat er ernstige schade of letsel zal zijn. Indien de gevolgen van een ongeval groot kunnen zijn (bijvoorbeeld verdrinking ...) dient men goed te overwegen om deze 20% kans dat een voertuig toch het obstakel bereikt, te verkleinen en er dus te voorzien in een bredere veiligheidsstrook.

- Voor een middenberm geldt er een andere benadering omdat er een verschil is in risico's ten opzichte van de buitenberm. Naast het risico op aanrijding met een vast obstakel in de middenberm, heb je ook het risico op aanrijding met een mobiel obstakel (tegenligger).
- Aanwezigheid van bogen:
 - Hoe kleiner de kromtestraal van een boog, hoe groter de kans dat een auto verder van de rijbaan tot stilstand zal komen.
 - De breedte van de veiligheidsstrook wordt bepaald door een verhogingsfactor toe te passen op de breedtes afgeleid voor doorgaande wegvakken.
- Aanwezigheid van taluds:
 - Hoe steiler het talud, hoe strenger de eisen.
 - Naargelang de grootte van de helling van het talud wordt al dan niet een verhogingsfactor toegepast.

Voor details over de bepaling van de breedte van de veiligheidsstrook en het toepassen van verhogingsfactoren wordt verwezen naar het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#).

5.4.6 Wegberm

De wegberm is het gedeelte van het wegplatform dat buiten de rijbaan ligt. Een wegberm kan grachten en bijzonder ingerichte onderdelen bevatten.

Er komen twee types wegbermen voor op een Vlaamse hoofdweg:

- Middenberm
- Buitenberm

5.4.6.1 Middenberm

Een middenberm bevindt zich tussen twee rijbanen met een tegengestelde rijrichting. De middenberm bevindt zich ter hoogte van de veiligheidsstrook tussen beide rijbanen, die bestaat uit de stop- en redresseerstroken.

Een middenberm heeft volgende functies:

- Scheiden hoofdbanen
- Reduceren ongevalsrisico
- Ruimte voor voorwerpen of afgeschermd obstakels (onder andere seinbruggen, bebording, beplanting...)
- Vermijden van inhalen op tegenovergestelde rijrichting
- Ruimte voor passage in geval van calamiteit (de eventuele overrijdbare zone van de middenberm)
- Verhogen van de interventiemobiliteit: hulpdiensten krijgen de mogelijkheid andere (stilstaande) voertuigen te passeren

Obstakelvrije middenberm

Middenbermen vormen een specifiek aandachtspunt op het vlak van vergevingsgezindheid. Er is niet alleen het risico van een aanrijding met een vast obstakel dat in de middenberm kan staan maar er is ook het risico op een secundair ongeval (aanrijding met een tegenligger). Ten opzichte van vaste obstakels in de middenberm gelden dezelfde bepalingen voor de nodige breedte van de veiligheidsstrook als bij een buitenberm.

Ten opzichte van de linkerrijstrook van de tegengestelde rijrichting (nodige breedte van de volledige middenberm), wordt een andere benadering gevolgd. Enerzijds betekent het bereiken van de tegengestelde rijrichting niet dat er zeker schade zal zijn. Een tegenligger is niet altijd aanwezig, waardoor het voertuig dat afwijkt van zijn rijrichting veilig tot stilstand kan komen. Anderzijds, wanneer er wel een tegenligger aanwezig is, kunnen de gevolgen voor de inzittenden van beide voertuigen snel zeer groot worden. Hoe groter de kans op ernstige gevolgen, hoe kleiner de restkans is die men kan tolereren dat een voertuig de tegengestelde rijrichting bereikt.

De kans op ernstige gevolgen gaat omhoog bij:

- Een hogere snelheid;
- twee rijstroken per rijrichting in plaats van één.

Dit laatste wordt verklaard door:

- Er wordt meer verkeer verwacht. Hierdoor is er een grotere kans op een voertuig dat van zijn rijrichting afwijkt. Bovendien is er een grotere kans op een tegenligger.
- Meer rijstrookwissels en meer kans op een primair ongeval met een voertuig op dezelfde rijrichting. Dit verhoogt de kans dat een voertuig uit koers geraakt.

De aanvaardbare theoretische kans op het bereiken van de tegengestelde rijrichting, voor een uit koers geraakt voertuig, wordt weergegeven in [tabel 34](#).

ontwerpsnelheid (km/h)	1 rijstrook per rijrichting	2 rijstroken per rijrichting
90	20%	0%
70	nvt	20%
50	nvt	20%

tabel 34: Kans op het bereiken van de tegengestelde rijrichting

Door rekening te houden met de theoretische kans op het bereiken van de tegengestelde rijrichting, is de minimum breedte van de veiligheidsstrook ter hoogte van de middenberm bepaald en weergegeven in [tabel 35](#). De breedtes zijn obstakelvrij tussen de buitenkant van de randlijnen van de tegengestelde rijrichtingen met daarin twee keer een redresseerstrook van 60 cm breed. Een uitzondering op deze obstakelvrije eis is er voor de brede middenberm van 16,0 m bij 90 km/h en twee rijstroken. Hier is ruimte voor obstakels, indien ze voor beide rijrichtingen buiten de veiligheidsstrook staan die wordt gedefinieerd ten opzichte van vaste obstakels (zie obstakelvrije buitenberm).

ontwerpsnelheid (km/h)	1 rijstrook per rijrichting	2 rijstroken per rijrichting
90	4,9 m	16,0 m
70	*	3,0 m
50	*	1,5 m

* Niet-overrijdbare fysieke scheiding zonder obstakels plus twee redresseerstroken van 60 cm

tabel 35: Minimum breedte veiligheidsstrook ter hoogte van de middenberm

Indien aan deze minimum breedte niet kan voldaan worden, wordt er een geleideconstructie voorzien met een kerend vermogen type H2. Langs beide zijden van de constructie komt een redresseerstrook van 60 cm breed. Voor meer informatie over het kerend vermogen wordt verwezen naar het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#).

[Tabel 36](#) geeft weer hoe een veiligheidsstrook op de middenberm moet vormgegeven worden.

middenberm Vlaamse hoofdweg	$v_0 = 90 \text{ km/h}$	$v_0 = 70 \text{ km/h}$	$v_0 = 50 \text{ km/h}$
1 rijstrook per rijrichting	4,9 m obstakelvrij tussen de buitenkant van de randlijnen van de tegengestelde rijrichtingen (met daarin 2 x 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 20% kans dat een voertuig toch de tegengestelde rijrichting bereikt</i> OF 1 x H2 (met 2 x 60 cm redresseerstrook)	fysiek gescheiden/moeilijk overrijdbare scheiding* zonder obstakels plus 2 x 60 cm redresseerstrook	Fysiek gescheiden/moeilijk overrijdbare scheiding* zonder obstakels plus 2 x 60 cm redresseerstrook
2 rijstroken per rijrichting	16 m obstakelvrij tussen de buitenkant van de randlijnen van de tegengestelde rijrichtingen (met daarin 2 x 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 0% kans dat een voertuig toch de tegengestelde rijrichting bereikt</i> OF 1 x H2 (met 2 x 60 cm redresseerstrook)	3 m obstakelvrij tussen de buitenkant van de randlijnen van de tegengestelde rijrichtingen (met daarin 2 x 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 20% kans dat een voertuig toch de tegengestelde rijrichting bereikt</i> OF 1 x H2 (met 2 x 60 cm redresseerstrook)	1,5 m obstakelvrij tussen de buitenkant van de randlijnen van de tegengestelde rijrichtingen (met daarin 2 x 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 20% kans dat een voertuig toch de tegengestelde rijrichting bereikt</i> OF 1 x H2 (met 2 x 60 cm redresseerstrook)

* onder een moeilijk overrijdbare scheiding wordt bijvoorbeeld een licht verhoogde boordsteen verstaan die inhalen ontmoedigt maar die bij calamiteiten overreden kan worden

tabel 36: Veiligheidsstrook middenberm

Middenberm met obstakels

De realisatie van een obstakelvrije middenberm, overeenkomstig de uitgangsprincipes van vergevingsgezinde wegen, heeft uit het oogpunt van verkeersveiligheid de voorkeur boven het afschermen van obstakels. Een afschermdende constructie geeft immers bij een aanrijding ook een zeker risico op letsel. Vanwege het ruimtebeslag is het echter vaak niet mogelijk om in middenbermen de minimum breedte van de veiligheidsstrook te realiseren of om obstakels te voorkomen.

Indien er toch obstakels voorkomen die binnen de nodige veiligheidsstroken liggen, dan moeten deze afgeschermd worden. De breedte van een middenberm met obstakels is afhankelijk van de (werkings) breedte van de afschermdende constructies en de breedte van eventuele obstakels binnen de afschermdende constructies. Voor de richtlijnen met betrekking tot afschermdende constructies wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer](#)".

5.4.6.2 Buitenberm

Een buitenberm is een wegberm gelegen tussen de grens van het wegplatform en de buitenzijde van de verharde zijstrook (inclusief overrijdbare berm), of van de rijbaan als er geen verharde zijstrook is.

Bij het inrichten van een buitenberm kan worden gekozen voor een obstakelvrije inrichting of voor een inrichting met een afschermende constructie. Uit het oogpunt van verkeersveiligheid heeft het realiseren van een obstakelvrije buitenberm de voorkeur boven het afschermen van obstakels met afschermende constructies.

Een buitenberm heeft volgende functies:

- Realisatie van de stopstrook
- Ruimte voor voorwerpen (onder andere seinbruggen en bebording)
- Geleidelijke overgang naar wegomgeving
- Infiltratie van hemelwater
- Onderhoudsruimte
- Ruimte voor passage in geval van calamiteit (de eventuele overrijdbare zone van de buitenberm)
- Verhogen van de interventiemobiliteit: hulpdiensten krijgen de mogelijkheid andere (stilstaande) voertuigen te passeren

Obstakelvrije buitenberm

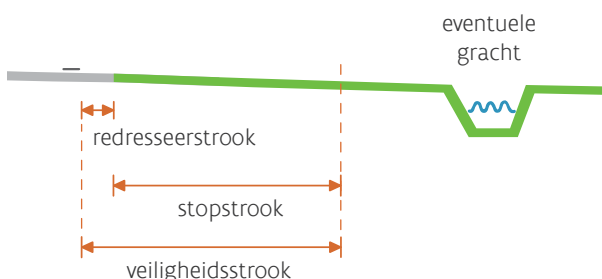
De obstakelvrije buitenberm dient om de risico's voor derden en voor inzittenden van het voertuig dat uit koers is geraakt, te beperken dan wel te voorkomen. In [hoofdstuk "5.4.7 Talud"](#) is toegelicht waaraan de berm moet voldoen om bij aanwezigheid van een talud als onderdeel van de veiligheidsstrook te kunnen worden beschouwd.

Voor de buitenberm op rechte vakken van Vlaamse hoofdwegen wordt voor alle ontwerpsnelheden en voor zowel een één- als een tweestrooks Vlaamse hoofdweg uitgegaan van een theoretische kans op het bereiken van een obstakel van 20%. Op basis hiervan worden de minimumwaarden van de veiligheidsstrook bepaald zoals vermeld in onderstaande tabel. De breedtes zijn obstakelvrij met daarin een redresseestrook van 60 cm breed.

ontwerpsnelheid (km/h)	minimale breedte veiligheidsstrook
90	4,90 m
70	3,00 m
50	1,50 m

tabel 37: Minimum breedte veiligheidsstrook buitenberm op doorgaande wegvakken

De veiligheidsstrook (obstakelvrije zone) wordt gemeten vanaf de buitenkant van de randlijn. Indien hieraan niet kan voldaan worden, moeten de principes van de vergevingsgezinde wegen gevolgd worden. Er wordt dan een afschermende constructie voorzien met een "hoog kerend vermogen" klasse H2 met een redresseestrook van 60 cm breed. Voor details hierover wordt verwezen naar het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#).



figuur 45: Buitenberm zonder obstakels in de veiligheidsstrook bij een ontwerpsnelheid van 90 km/h

Wanneer de gangbare waterdiepte van de gracht >1m is, kunnen de gevolgen ook bij lage snelheid zeer groot zijn (kans op verdrinking). In dat geval gelden er grotere afstanden voor de veiligheidsstrook (zie [hoofdstuk "5.4.7.3 Waterpartijen \(grachten, vijvers ...\)"](#)).

Buitenberm met obstakels

Wanneer een obstakel binnen de veiligheidsstrook niet kan worden vermeden, moet dit botsvriendelijk uitgevoerd worden. Indien dit onmogelijk is, moet het worden beveiligd met een afschermdende constructie. Voor meer informatie over de keuze van het type afschermdende constructie wordt verwezen naar het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#).

Onderstaande tabel geeft weer hoe een veiligheidsstrook op de buitenberm moet vormgegeven worden (minimale eisen).

buitenberm Vlaamse hoofdweg	$v_0 = 90 \text{ km/h}$	$v_0 = 70 \text{ km/h}$	$v_0 = 50 \text{ km/h}$
1 rijstrook per rijrichting	4,9 m obstakelvrij (met daarin 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 20% kans dat een voertuig toch het obstakel bereikt</i>	3 m obstakelvrij (met daarin 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 20% kans dat een voertuig toch het obstakel bereikt</i>	1,5 m obstakelvrij (met daarin 60 cm redresseerstrook) <i>Aanname: 20% kans dat een voertuig toch het obstakel bereikt</i>
2 rijstroken per rijrichting	<u>OF</u> afschermen met het juiste type afschermdende constructie (met 60 cm redresseerstrook)	<u>OF</u> afschermen met het juiste type afschermdende constructie (met 60 cm redresseerstrook)	<u>OF</u> afschermen met het juiste type afschermdende constructie (met 60 cm redresseerstrook)

tabel 38: Veiligheidsstrook buitenberm

5.4.7 Talud

Een talud is een hellend vlak van een ingraving of ophoging. Taluds kunnen op drie manieren voorkomen:

- Neergaand talud
- Opgaand talud
- Grachten en beken

Een talud heeft de volgende functies:

- Overwinnen hoogteverschil tussen weg en omgeving
- Afvoeren van hemelwater
- Inpassing weg/lichaam in landschap

Tussen de rand van de verharding van de pechstrook of redresseerstrook met eventueel overrijdbare berm en het begin van een talud, is standaard een afwaarts hellende berm voorzien ten behoeve van de afwatering. Deze berm is minimum 1,00 m breed, heeft een dwarshellingspercentage van 5% en ligt binnen de veiligheidsstrook. Per type talud zijn er verschillende combinaties mogelijk met een pechstrook, redresseerstrook en overrijdbare berm. In de voorbeeldfiguren die volgen is telkens een andere combinatie toegepast om de verschillende situaties in beeld te brengen zonder alle combinaties te tonen.

Als de helling van een talud te groot is, ontstaat er kantelgevaar voor een uit koers geraakt voertuig. Wanneer een talud binnen de veiligheidsstrook gelegen is, gelden er daarom specifieke eisen voor de hellingen en de taludaf rondingen waardoor het talud al dan niet geïnclassificeerd hoeft te worden als obstakel.

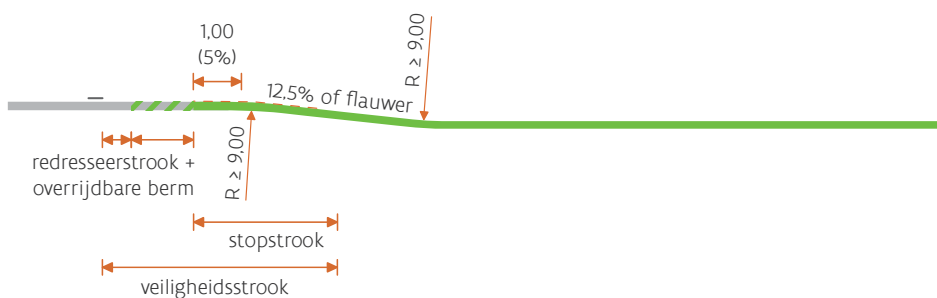
Er bestaat ook kantelgevaar voor het materieel voor groenbeheer op een talud waarvan de helling te groot is. Voor het ontwerpen van een talud dat goed beheerd kan worden en met aandacht voor de (natuurlijke) omgeving wordt verwezen naar "Fiche 1 Inrichting van bermen" van het "[Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#)".

Indien een talud onvoldoende overrijdbaar is, wordt deze altijd als obstakel beschouwd.

5.4.7.1 Neergaand talud

Een neergaand talud wordt niet als obstakel beschouwd indien aan volgende eisen wordt voldaan:

- Een dwarshellingspercentage van 12,5% of flauwer
- Een straal van de boven- en onderafronding van minimum 9 m



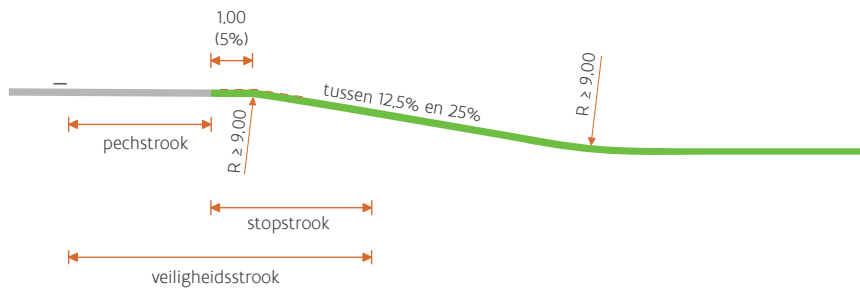
figuur 46: Neergaand talud 12,5% of flauwer zonder pechstrook maar met redresseerstrook en overrijdbare berm (geen obstakel)

Voorbeeld

- Doorgaande hoofdweg met een ontwerpsnelheid van 90 km/h
- Breedte redresseerstrook: 0,60 m + overrijdbare berm 1,3 m
- Eerste deel talud: 1 m breed, 5% dwarshelling
- Tweede deel talud: 10% dwarshelling

Voor een vlakke berm is een breedte van de veiligheidsstrook van 4,9 m nodig. Deze 4,9 m bevat reeds 0,6 m van de redresseerstrook, plus 1,30 m van de overrijdbare berm en 1 m van het eerste deel van het talud. Er is dus nog een strook nodig van 3,00 m in het tweede deel van het talud dat een dwarshelling van 10% heeft. De totale breedte in deze omstandigheden voor de veiligheidsstrook bedraagt de normale 4,90 m en is samengesteld uit 0,6 m redresseerstrook, + 1,3 m overrijdbare berm + 1,00 m talud aan 5% + 3,00 m talud aan 10%.

Bij neergaande taluds steiler dan 12,5% en minder steil dan 25% wordt bij het vastleggen van de nodige breedte van de veiligheidsstrook het gedeelte van de veiligheidsstrook steiler dan 12,5% met een factor 2 vermenigvuldigd. Dit betekent in feite dat de vertraging van een uit koers geraakt voertuig slechts half zo groot wordt geacht voor deze strook. Speciale aandacht dient ook hier te gaan naar de overgangsbogen tussen een vlak stuk en een talud (of een gracht). Voor een aflopende talud dient deze in principe een minimale straal te hebben van 9 m.



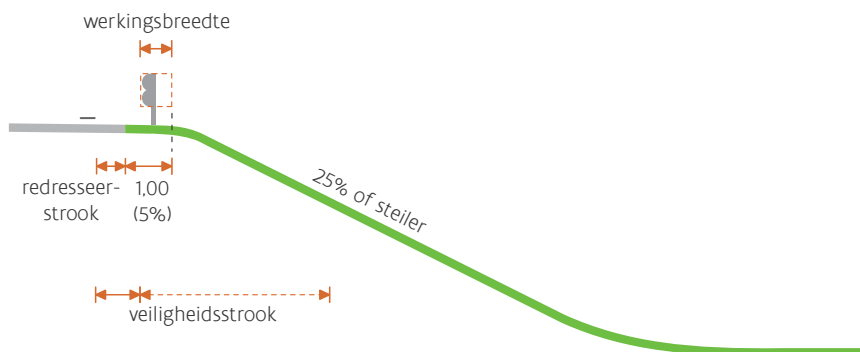
figuur 47: Neergaand talud tussen 12,5% en 25% met pechstrook

Voorbeeld

- Doorgaande hoofdweg met een ontwerpsnelheid van 90 km/h
- Pechstrookbreedte: 3,45 m
- Eerste deel talud: 1 m breed, 5% dwarshelling
- Tweede deel talud: 20% dwarshelling

Voor een vlakke berm is een breedte van de veiligheidsstrook van 4,9 m nodig. Deze 4,9 m bevat reeds 3,45 m van de pechstrook, en 1 m van het eerste deel van het talud. Er is nog een strook nodig van 1,45 m, maar omdat de dwarshelling zich bevindt tussen 12,5% en 25% moet deze breedte van 1,45 m voor een vlakke berm verdubbeld worden. De totale breedte in deze omstandigheden voor de veiligheidsstrook bedraagt: $3,45 \text{ m} + 1,00 \text{ m} + (2 * 1,45 \text{ m}) = 7,35 \text{ m}$.

Neergaande taluds steiler dan 25% worden als obstakel beschouwd. Indien het talud onvoldoende draagkrachtig is, worden taluds reeds vanaf een helling van 12,5% als obstakel beschouwd.



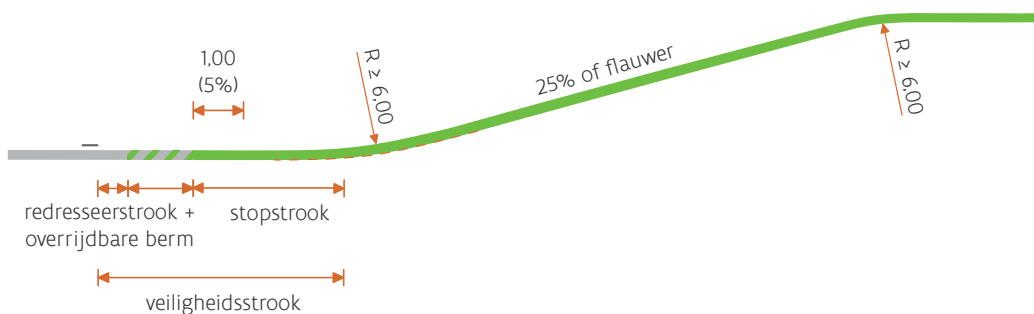
figuur 48: Neergaand talud steiler dan 25% als obstakel zonder pechstrook met redresseerstrook

Voor aanvullende richtlijnen over neergaande taluds wordt verwezen naar het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#).

5.4.7.2 Opgaand talud

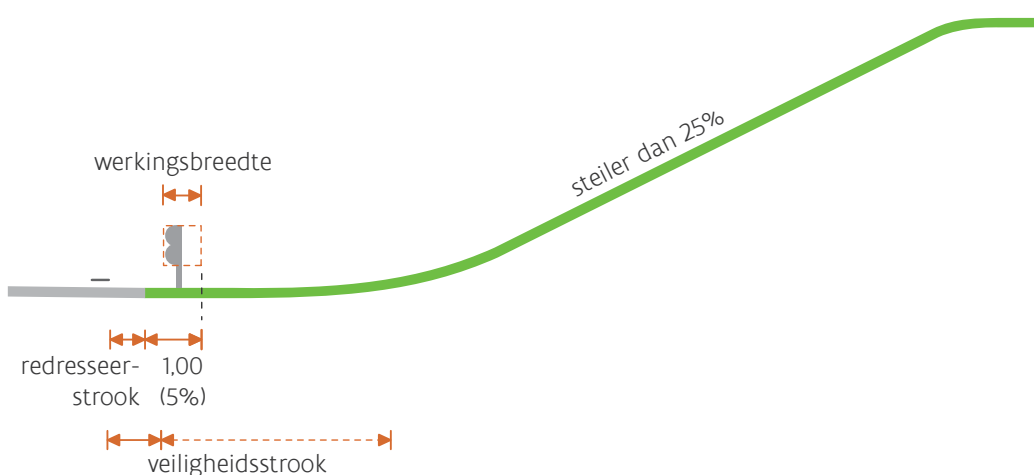
Een opgaand talud, gelegen binnen de veiligheidsstrook, wordt niet als obstakel beschouwd indien aan volgende eisen wordt voldaan:

- Een helling van 25% of flauwer
- Een straal van de onder- en bovenafronding van minimum 6 m



figuur 49: Opgaand talud 25% of flauwer zonder pechstrook maar met redresseerstrook en overrijdbare berm (geen obstakel)

Indien aan hogervermelde eisen voor een opgaand talud niet is voldaan, moet het talud als obstakel worden beschouwd overeenkomstig de bepalingen voor taludhellingen in het [“Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer”](#).



figuur 50: Opgaand talud steiler dan 25% als obstakel zonder pechstrook met redresseerstrook

5.4.7.3 Waterpartijen (grachten, vijvers ...)

Waterpartijen vormen een risico als ze diep zijn (verdrinking), te steile hellingen hebben (kantelen van het voertuig) of als ze niet aangepaste kopmuren bevatten.

Waterpartijen met een verwachte maximale waterdiepte groter dan 1 m worden altijd als obstakel beschouwd en dit onafhankelijk van de geometrie. Men dient in dit geval goed te overwegen of de aangenomen 20% kans dat een voertuig toch de waterpartij bereikt voldoende veilig is, of dat een verruimde veiligheidsstrook gedefinieerd moet worden wegens het risico op verdrinking.

Bij waterpartijen met een kleinere waterdiepte en parallel aan de rijbaan is de geometrie wel belangrijk. Diepte, breedte en taludhellingen zijn daarbij doorslaggevend. De taluds horen te voldoen aan de eerder vermelde criteria om kantelen te vermijden, zo niet moet de waterpartij als een gevarezone worden aangestipt. In de praktijk betekent dit dat de meeste sloten, kopmuren, grachten en beken binnen de veiligheidsstrook een obstakel vormen. Zo zijn ook open watergangen loodrecht op de rijbaan en binnen de veiligheidsstrook als een obstakel te beschouwen.

Waterpartijen kunnen een meerwaarde betekenen voor de biodiversiteit. Hiervoor wordt verwezen naar “Fiche 2 Waterbeheer” van het [“Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek”](#).

5.4.8 Andere voorwerpen versus vergevingsgezindheid

Afhankelijk van de omstandigheden kunnen andere voorwerpen obstakels zijn:

- Bruggen
- Steunpalen (verlichtingsmasten, palen en verkeersborden ...)
- Bomen - groen (zie ook "Fiche 1 Inrichting van bermen" van het ["Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek"](#)).
- Geluidswerende constructies en andere verticale doorlopende voorwerpen van een zekere hoogte
- Elektrische installaties
- Afscherpende constructies
- Verkeerslichten

Verkeerslichten worden niet botsvriendelijk uitgevoerd, ook al staan ze vaak in de stopstrook. Hier heeft de bedrijfszekerheid voorrang op de individuele veiligheid. Het oogpunt moet zijn om te vermijden dat deze constructies zich binnen de stopstrook bevinden, maar dit blijkt niet altijd mogelijk. Een botsvriendelijke steun zou bij aanrijding de verkeerslichten immers op knipperstand laten vallen waardoor niet aan de veiligheid van de inzittenden van één voertuig wordt geraakt, maar aan de veiligheid van alle verkeersdeelnemers op het kruispunt.

Hoe met dergelijke obstakels moet worden omgegaan binnen het concept van vergevingsgezindheid, wordt nader toegelicht in het ["Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer"](#).

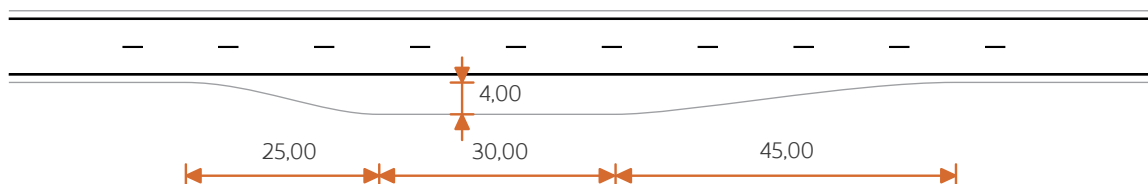
5.4.9 Pechhavens

Indien de Vlaamse hoofdweg een pechstrook heeft, worden er geen pechhavens aangelegd. Bij het ontbreken van een pechstrook moet men bij autopech (deels) stilstaan op de rijbaan van de Vlaamse hoofdweg. Dit is zeer gevaarlijk voor weggebruikers (bij autopech of bij een noodgeval). Om die reden worden op Vlaamse hoofdwegen pechhavens voorzien wanneer er geen pechstrook beschikbaar is.

Pechhavens bevinden zich bij het ontbreken van een pechstrook op een Vlaamse hoofdweg standaard op 2 000 m van elkaar. Voor de locatie van de pechhavens moet wel rekening gehouden worden met specifieke locaties in functie van beheer, onderhoud of bediening zoals bijvoorbeeld ter hoogte van seinbruggen, landhoofden, duikers ...

De volgende afmetingen gelden voor een pechhaven:

- breedte: 4 m (vanaf de rechter rand van de redresseerstrook);
- lengte: 100 m (25 m overgangscurve als inleiding + 30 m parallel aan de rijbaan + 45 m overgangscurve als uitleiding).



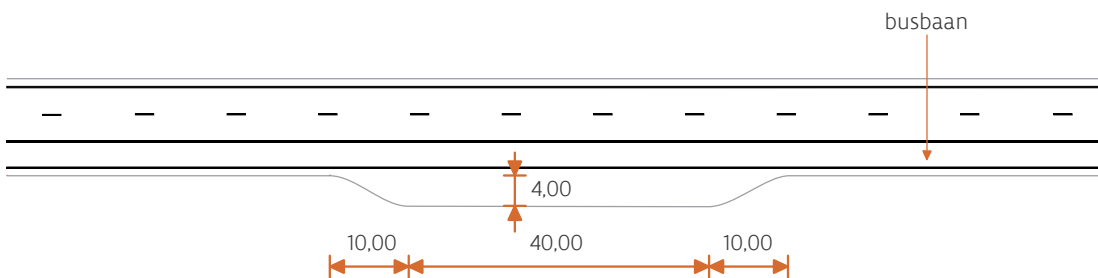
figuur 51: Pechhavens op Vlaamse hoofdwegen indien er geen pechstrook is

Pechhavens langs een busbaan worden om de 2 000 m voorzien, rekening houdend met specifieke locaties in functie van beheer, onderhoud of bediening zoals bijvoorbeeld ter hoogte van seinbruggen, landhoofden ...

De volgende afmetingen gelden voor een pechhaven naast een busbaan:

- breedte: 4 m (vanaf de buitenzijde van de rand van de busbaan);
- lengte: 60 m (10 m overgangscurve als inleiding + 40 m parallel aan de rijbaan + 10 m overgangscurve als uitleiding).

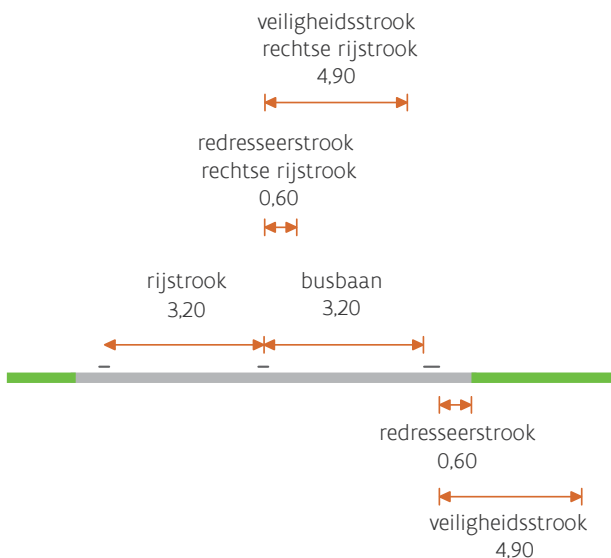
Indien er geleideconstructies naast de pechhaven staan, volgen deze een meer geleidelijke uitbuiging (1/10) aan de stroomafwaartse zijde.



figuur 52: Pechhaven langs busbaan op Vlaamse hoofdwegen

5.4.10 Busbaan

Een busbaan is een deel van de openbare weg dat voor openbaar vervoer is voorbehouden door middel van wegmarkeringen. Een busbaan met volle lijn (F18) maakt geen deel uit van de rijbaan en is exclusief voorbehouden voor openbaar vervoer en hulpdiensten. Een busbaan met onderbroken lijn (F17) maakt geen deel uit van de rijbaan maar mag wel ter hoogte van een kruispunt als afslagstrook voor het gewoon wegverkeer gebruikt worden. De standaardbreedte voor een busbaan op Vlaamse hoofdwegen bedraagt 3,20 m. Deze breedte gaat uit van een ontwerpsnelheid van 90 km/h voor de busbaan. Dit komt overeen met de standaardbreedte en ontwerpsnelheid van de Vlaamse hoofdweg.

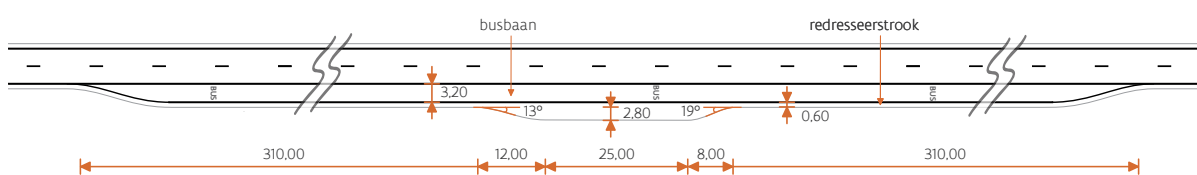


figuur 53: Dwarsprofiel busbaan

5.4.11 Bushalte

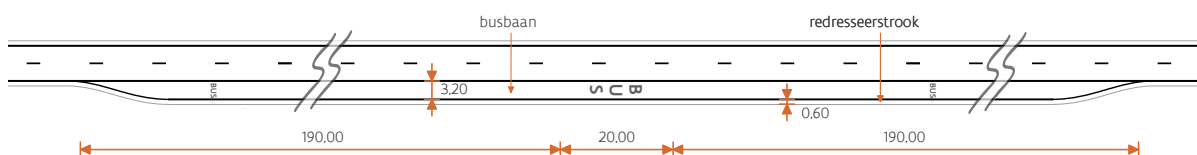
Een bushalte op een Vlaamse Hoofdweg met een ontwerpsnelheid van 90 km/h kan enkel ingericht worden als een haltehaven. De haltehaven heeft een minimale breedte van 2,80 m (excl. redresseerstroom) en een minimale lengte van 25 m. Langs de bushalte ligt een redresseerstroom van 0,60 m. De minimumlengte van de aanloopstrook bedraagt 12 m onder een maximale inrijhoek van 13°. De minimumlengte van de wegstrook bedraagt 8 m onder een maximale uitrijhoek van 19°.

Om het snelheidsverschil met het doorgaand verkeer bij het afremmen naar de halte en het wegrijden vanaf de halte te overbruggen, is een busbaan met volle lijn (F18) noodzakelijk met een breedte van 3,20 m plus een redresseerstroom van 0,60 m. De busbaan heeft een totale lengte van 665 m waarvan 310 m voor en na de halte. Dat geeft de bus voldoende ruimte om respectievelijk te vertragen tot stilstand en te versnellen vanuit stilstand (bij een aangenomen constante deceleratie/acceleratie van 1 m/s^2) van/tot de toegelaten maximumsnelheid van 90 km/h. De busbaan zorgt ook voor een veiligheidsstrook tussen de stilstaande bus en het doorgaand verkeer.



figuur 54: Bushalte langs Vlaamse hoofdwegen 90 km/h

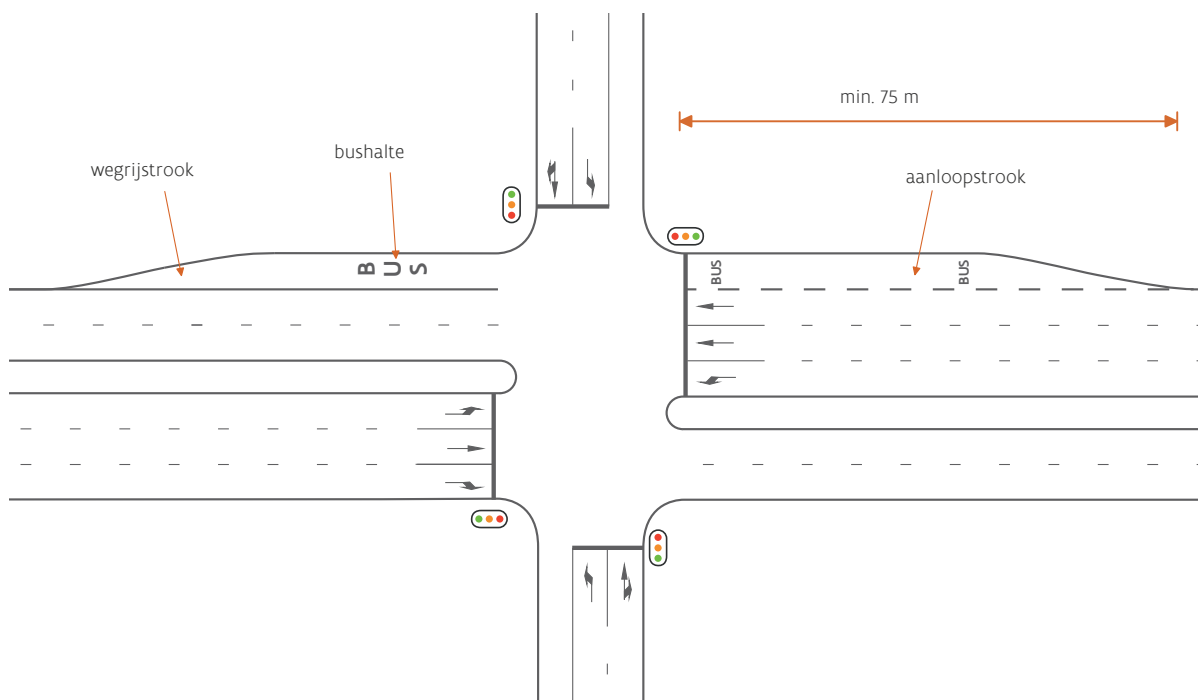
Bij een bushalte op een Vlaamse Hoofdweg met een ontwerpsnelheid van 70 km/h is een aparte haltehaven niet noodzakelijk. De bus kan halteren op de rijbaan, meer bepaald op een busbaan met volle lijn (F18). De busbaan heeft een breedte van 3,20 m. De totale lengte bedraagt 400 m waarvan 190 m voor en na de halte. Dat geeft de bus voldoende ruimte om respectievelijk te vertragen tot stilstand en te versnellen vanuit stilstand (bij een aangenomen constante deceleratie/acceleratie van 1 m/s^2) van/tot de toegelaten maximumsnelheid van 70 km/h.



figuur 55: Bushalte langs Vlaamse hoofdwegen 90 km/h

Indien de haltes ter hoogte van een kruispunt met verkeerslichten komen te liggen, is de voorkeur om de haltes voorbij het kruispunt te voorzien. De aanloopstrook start dan voor het kruispunt en loopt verder tot aan de halte. Op die manier kan de afstand tussen de halte en het kruispunt beperkt worden. Vanaf de halte wordt opnieuw een wegstrook voorzien. De aanloop- en wegstrook zijn voorzien in de vorm van een busbaan, vóór het kruispunt met onderbroken lijn (F17) en na het kruispunt met volle lijn (F18).

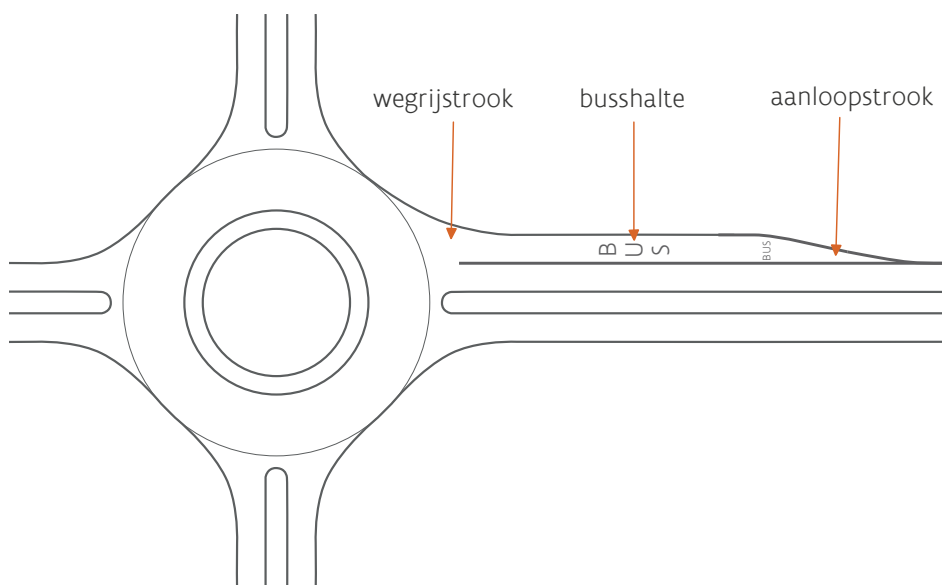
Een afwijking van de locatie van de halte is mogelijk, gemotiveerd vanuit het reizigersperspectief in functie van de dominante looplijnen. De lengte van de aanloopstrook vóór het kruispunt is afhankelijk van de verkeersintensiteit op het kruispunt, meer bepaald van het aantal rechts afslaanende voertuigen die de busbaan gebruiken. De minimale lengte bedraagt 75 m conform de minimale lengte van een afslagstrook (zie hoofdstuk "4.4.2.2. Lengte afslagstrook"). Het moet te allen tijde mogelijk zijn voor een bus om in één beweging door de groenfase te kunnen rijden. Bij voorkeur ligt de aanmeldlus vóór de aanloopstrook en bij een conflictvrije regeling aan het begin van de aanloopstrook.



figuur 56: Bushalte ter hoogte van een lichtengeregeld kruispunt

Indien de haltes ter hoogte van een rotonde komen te liggen, worden de haltes bij voorkeur vóór de rotonde voorzien. Er wordt een aanloopstrook ingericht naar de halte zoals hiervoor beschreven. De wegrijstrook sluit idealiter rechtstreeks aan op de rotonde zodanig dat de bus niet eerst terug moet invoegen op de doorgaande rijbaan net voor de rotonde. De aanloop- en wegrijstrook zijn voorzien in de vorm van een busbaan met volle lijn (F18). De lengte is afhankelijk van de intensiteit naar de rotonde toe. De aanloopstrook moet starten waar de fileopbouw doorgaans start. De haltes kunnen afwijkend na de rotonde gelegd worden, gemotiveerd vanuit het reizigersperspectief in functie van de dominante looplijnen.

Voor de specifieke ontwerpprincipes van een halte op een Vlaamse Hoofdweg, wordt verwezen naar de "[Bushaltegids](#)". Hierbij is op te merken dat de vereiste maatstaven (perronhoogte, gebruikte boordstenen bij overgang voetpad naar verhoogd perron ...) eerder in lijn liggen met die van rijbaanhaltes, hoewel de halte zelf hier niet op de rijbaan ligt. Door het toepassen van een aanloop- en wegrijstrook komt de bushalte namelijk naast de doorgaande rijbaan te liggen maar is de perroninrichting wel onmiddellijk aanliggend aan de aanloop- en wegrijstrook.



figuur 57: Bushalte ter hoogte van een rotonde

5.4.12 Dwarshelling, ruimtelijke helling en afwatering

De dwarshelling is de helling van een rijbaan loodrecht op de rijrichting. De dwarshelling vormt in combinatie met de langshelling de ruimtelijke helling. Binnen de dwarshelling is onderscheid te maken in een standaard dwarshelling en verkanting. Al deze aspecten hebben invloed op de afwatering (zie ook "Fiche 2 Waterbeheer" van het ["Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek"](#)).

5.4.12.1 Standaard dwarshelling

De standaard dwarshelling van het oppervlak van de verharding of wegberm is de dwarshelling die voorzien wordt ten behoeve van de afvoer van hemelwater. Voor een goede waterafvoer is een standaard dwarshelling van minimaal 2,5% nodig. De standaard dwarshelling van de wegberm bedraagt 5% (minstens 1 m), onafhankelijk van de dwarshelling van de verharding. De weg watert bij voorkeur af naar de zijberm. De zijberm mag niet naar de weg toe afwateren.

Bij een verhardingsbreedte groter dan 18 m per rijbaan moet een gesplitst profiel voor de afwatering voorzien worden. Een gesplitst profiel heeft voorzieningen voor waterafvoer langs beide zijden van de rijbaan. De linkse stroken wateren af naar de linkerzijde, de rechtse stroken wateren af naar de rechterzijde. Ter hoogte van afslagstroken, waar de snelheid beperkt is, kan van een gesplitst profiel worden afgeweken als hiertoe een noodzaak is en er vermeden wordt dat er water op de rijbaan blijft staan.

ontwerpsnelheid (km/h)	standaard dwarshelling (%)	
	verharding	wegberm
90	2,5	5,0
70		
50		

tabel 39: Standaard dwarshelling

5.4.12.2 Verkanting

Verkanting is de verhoogde dwarshelling van het oppervlak van de verharding die voorzien wordt als compensatie voor de middelpuntvliedende kracht op rijdende voertuigen in horizontale bogen. Verkanting wordt toegepast indien de horizontale boogstraal onder een bepaalde grenswaarde komt. Naarmate de horizontale boogstraal kleiner wordt, wordt een grotere verkanting toegepast om de weggebruiker te ondersteunen bij het uitvoeren van zijn rijtaak. Het oppervlak van de verharding heeft een oplopende hoogte naar de buitenzijde van de boog.

Daarnaast vervult de verkanting ook een functie in het wegbeeld door de zichtbaarheid van een boog te verbeteren. De verkanting bevordert de continuïteit van het wegbeeld door bij een gekozen ontwerpsnelheid aan een krappere boog een evenredig grotere verkanting te geven. Op die manier wordt de inschatting van de boog ondersteund.

De verkanting neemt de waterafvoerende functie van de standaard dwarshelling over, waardoor de ondergrens voor de verkanting 2,5% bedraagt. Voor bogen met een minimale boogstraal van 4 000 m hoeft geen verkanting te worden toegepast.

Op hoofdbanen bedraagt de maximale verkanting 2,5%. De verkanting in horizontale bogen kan op niet-hoofdbanen naar maximaal 7,0% verhoogd worden. Voor meer details over de relatie tussen horizontale bogen en verkanting wordt verwezen naar [hoofdstuk "5.2.2 Horizontale boog"](#).

rijbaan	verkanting (%)
hoofdbaan	2,5
niet-hoofdbaan	7,0

tabel 40: Maximale verkanting in bogen

5.4.12.3 Verkantingsovergang

Een verkantingsovergang is het gedeelte van de rijbaan waar de dwarshelling (verkanting) verandert. Bij een gelijkgerichte verkantingsovergang wordt de helling vergroot of verkleind zonder dat de afwateringsrichting verandert. Bij een wentelende verkantingsovergang vindt er een richtingsverandering van de verkanting plaats.

Verkantingsfiguren

Voor de vormgeving van de verkantingsovergang kan onderscheid gemaakt worden tussen de rechte en cirkelvormige verkantingsfiguur.

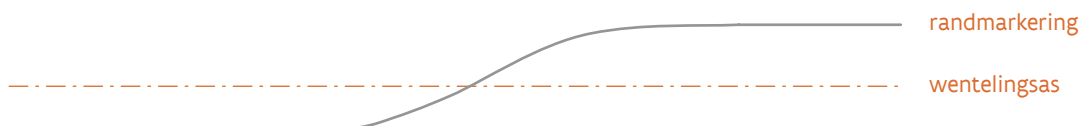
Bij een rechte verkantingsfiguur is het verticale alignement van de randlijn recht, waardoor de dwarshelling lineair verandert. Aangezien in de overgangsboog de verandering van de boogstraal ook lineair verloopt, is er steeds een lineair verband tussen de straal in het horizontale alignement en de verkanting in een bepaald punt van de verkantingsovergang.

Een cirkelvormige verkantingsfiguur is opgebouwd uit twee cirkelsegmenten waardoor een vloeiende verkantingsovergang ontstaat. De randlijn doorloopt daarbij twee tegengesteld gerichte cirkelbogen. Er bestaat geen lineair verband tussen de verandering van de straal in het horizontale alignement en de verkanting in een bepaald punt van de verkantingsovergang. Een cirkelvormige verkantingsfiguur biedt voordelen ten opzichte van een rechte:

- Afwatering: de cirkelvormige verkantingsfiguur heeft ter plaatse van het verkantingsnulpunt een grotere relatieve langshelling.
- Esthetiek: een rechte en een cirkelvormige verkantingsfiguur met dezelfde wentelingslengte hebben nagenoeg dezelfde visuele kwaliteit. Voor een vergelijkbare prestatie wat betreft waterafvoer moet de rechte verkantingsfiguur echter de helft korter zijn dan een cirkelvormige verkantingsfiguur.

Comfort is niet maatgevend bij verkantingsovergangen. Metingen hebben aangetoond dat de verticale versnelling als gevolg van de verkantingsovergang wegvalt tegen verticale versnellingen door oneffenheden in de weg en trillingen in het chassis van het voertuig.

Voor het ontwerp van Vlaamse hoofdwegen worden cirkelvormige verkantingsfiguren toegepast. De ontwerper moet hierbij altijd waarborgen dat de weg(markering) zichtbaar blijft.



figuur 58: Cirkelvormige verkantingsfiguur (geschematiseerd)

Locatie wentelingsas

De locatie van de wentelingsas moet afhankelijk van de situatie geoptimaliseerd worden. Hierbij spelen de volgende aspecten mee:

- Wegbeeld:
 - Wegverloopzicht en inschatting van horizontale bogen
 - Fraaiheid (knikken)
- Afwatering

De volgende overwegingen spelen bij deze aspecten een rol:

- Wenteling om de randlijn van de binnenboog biedt voordelen wanneer de boog aansluit op een (nagenoeg) recht wegvak. De boog is dan goed te overzien omdat de randlijn van de binnenboog niet 'wegduikt'. Het verloop van de horizontale boog is zo beter in te schatten.
- In gebogen tracés wordt vaak de rijbaanas als wentelingsas gekozen (S-bogen).
- Bij een verkantingsovergang in combinatie met een verticale boog zal bij wenteling om de randlijn van de binnenboog vooral gelet moeten worden op het verloop van de randlijn van de buitenboog in het wegbeeld. Naarmate de wentelingsas meer naar de rijbaanas verschoven wordt, ontstaat er meer kans op een afwijkende vorm van de randlijn van de binnenboog (knikken). Deze kan zo ver wegduiken dat hij plaatselijk aan het zicht onttrokken wordt, wat niet acceptabel is. De uiteindelijke locatie van de wentelingsas is situatieafhankelijk en moet daarom per situatie geoptimaliseerd te worden.
- Wenteling om de randlijn van de binnenboog kan voordelen bieden in verband met de drainage van het weglichaam en afwatering van het wegdek bij hoge grondwaterstanden.
- De zijkant van de verharding is geen gewenste locatie van de wentelingsas vanwege de grotere kans op fouten in het wegbeeld.

Lengte verkantingsovergang

In het geval van een wentelende verkantingsovergang kunnen er afwateringsproblemen optreden. Bijzondere aandacht is nodig bij een langshelling tussen -2,0% en 2,0%. Ergens in de verkantingsovergang zal een dwarsdoorsnede voorkomen waar de dwarshelling nul is (het verkantingsnulpunt). Afhankelijk van de ruimtelijke helling leidt dit tot een afwateringsprobleem. Waterafvoerproblemen treden niet op indien de langshelling groter is dan 1%. De relatief grote stroomsnelheid van het water zorgt dan voor een beperking van de waterlaagdikte.

Om afwateringsproblemen te minimaliseren, moet een maximum opgelegd worden aan de lengte voor de verkantingsovergang. De maximale lengte voor de verkantingsovergang wordt berekend met de volgende formule:

$$L_{v,max} = 2 * \frac{i_e - i_b}{\Delta S_{min}} * B$$

Hierin is:

- $L_{v,max}$: maximale lengte (m) van de verkantingsovergang met het oog op afwatering
- i_e : verkanting aan het eind van de verkantingsovergang (%)
- i_b : verkanting aan het begin van de verkantingsovergang (%)
- ΔS_{min} : ondergrens relatieve helling (%), af te lezen uit [tabel 41](#)
- B : rijbaanbreedte tussen de randlijnen (m)

ontwerpsnelheid (km/h)	ondergrens relatieve helling (ΔS_{min}) (%)			
	1 rijstrook	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken
90				
70	0,50	1,00	1,80	2,60
50				

* Wenteling om de binnenboog is niet altijd mogelijk/inpasbaar, met name rond discontinuïteiten.

tabel 41: Ondergrens relatieve helling

De minimale lengte voor de verkantingsovergang wordt bepaald op basis van wegverloopzicht aangezien de rijbaanmarkering zichtbaar moet blijven tijdens de verkantingsovergang. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen de wentelingsas op de linkerrijstrook en de wentelingsas op de rechterrijstrook, met name bij enkelvoudige bogen. De minimale lengte voor de verkantingsovergang wordt berekend met volgende formule:

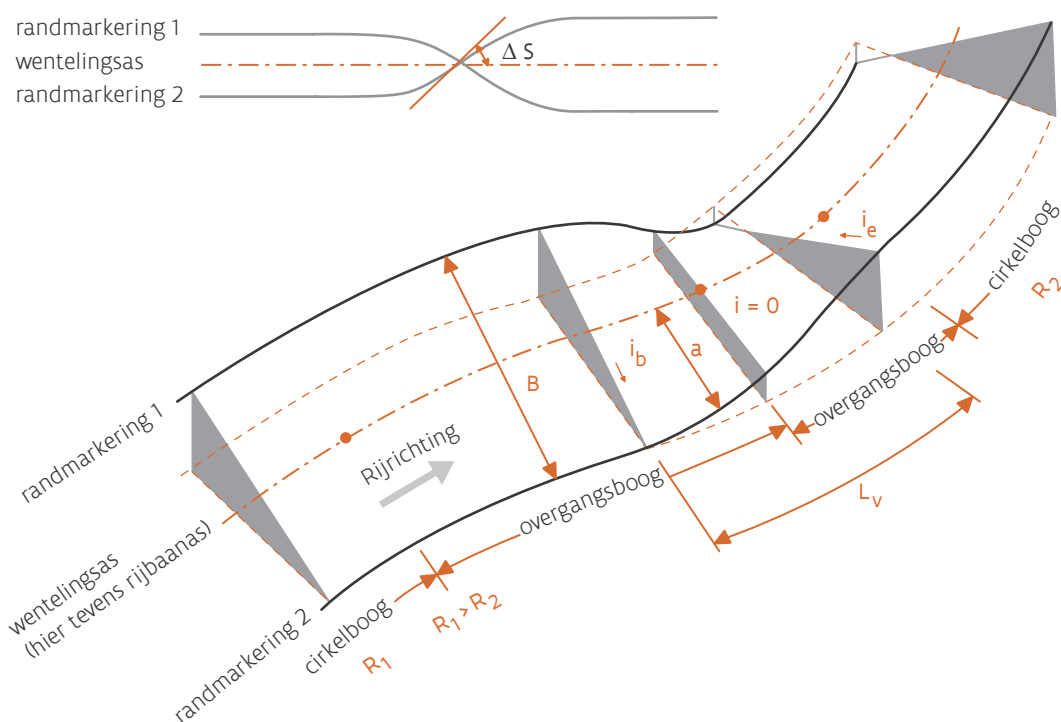
$$L_{v,\min} = 2 * \frac{i_e - i_b}{\Delta S_{\max}} * a$$

Hierin is:

- $L_{v,\min}$: minimale lengte (m) van de verkantingsovergang met het oog op wegverloopzicht
- i_e : verkanting aan het eind van de verkantingsovergang (%)
- i_b : verkanting aan het begin van de verkantingsovergang (%)
- ΔS_{\max} : bovengrens relatieve helling (%), af te lezen uit [tabel 42](#)
- a : afstand tussen de wentelingsas en de verst gelegen randlijn met een maximum van 3 rijstroken (m)

ontwerpsnelheid (km/h)	bovengrens relatieve helling (ΔS_{\max}) (%)
90	2,00
70	2,50
50	3,00

tabel 42: Bovengrens relatieve helling



figuur 59: Verkantingsovergang met illustratie van gebruikte symbolen en begrippen

Het is aanbevolen de lengte van de verkantingsovergang ruimer te ontwerpen dan het vereiste minimum zonder hierbij het maximum voor de waterafvoer te overschrijden, met name bij 3 of meer rijstroken. Dit leidt tot een fraaier wegbeeld.

Indien een krappe boog geaccentueerd moet worden, zal juist een kleine lengte voordelen bieden. Met een dergelijke 'geforceerd' opgebouwde overgang wordt de bestuurder immers indringend met de boog geconfronteerd zodat deze zijn rijnsnelheid voldoende zal reduceren. Hierbij is het van belang dat de rijbaan omhoog komt (en niet wegduikt). Dit is mogelijk door de wentelingsas op de randlijn van de binnenboog te leggen.

Locatie verkantingsovergang

Een verkantingsovergang is vereist tussen twee aansluitende rijbanen met een verschillende verkanting of standaard dwarshelling. Verkantingsovergangen moeten zodanig geplaatst worden dat in de horizontale boog de benodigde verkanting volledig aanwezig is. Hiervoor wordt de overgangsboog gebruikt.

Indien de benodigde lengte voor de verkantingsovergang kleiner is dan de lengte van de overgangsboog gelden de volgende eisen:

- Indien de boog geaccentueerd moet worden, wordt de verkantingsovergang voorin de overgangsboog aangebracht.
- Indien de boog niet geaccentueerd hoeft te worden, is het wegbeeld maatgevend. De verkantingsfiguur begint dan stroomafwaarts in de overgangsboog, maar zodanig dat de lengte tussen het begin van de overgangsboog en het begin van de verkantingsovergang kleiner is dan 25% van de lengte van de overgangsboog. Bij wenteling om de randlijn aan de binnenzijde moet de aandacht uitgaan naar het wegbeeld omdat dan in overgangsbogen naar een rechtstand in de buitenste randlijn een verzakking kan ontstaan.

Indien de benodigde lengte voor de verkantingsovergang groter is dan de lengte van de overgangsboog, gelden de volgende eisen:

- Bij een aansluiting van een rechtstand op een stroomafwaartse boog begint de verkantingsovergang vóór de aanvang van de overgangsboog.
- Bij een aansluiting van twee tegengesteld gerichte bogen wordt de overgangsboog verlengd (of worden de overgangsbogen verlengd).

Met een driedimensionale wegbeeldanalyse kan worden beoordeeld of er als gevolg van de verkantingsovergang geen fouten in het wegbeeld optreden.

5.4.12.4 Ruimtelijke helling

De ruimtelijke helling is de resultante van de langs- en de dwarshelling van de weg en heeft zodoende geen specifieke functie (anders dan de functie van de verkanting en de langshelling). De langshelling komt aan bod in [hoofdstuk "5.3 Verticaal alignement"](#).

De optredende ruimtelijke helling is te berekenen met de formule:

$$\text{Ruimtelijke helling} = \sqrt{i_1^2 + i_2^2}$$

Hierin is:

- i_1 : dwarshelling (verkanting of standaard dwarshelling) (%)
- i_2 : langshelling (%)

Bij de keuze van een boogstraal met bijbehorende verkanting moet overschrijding van de maximale ruimtelijke helling vermeden worden om bij gladheid van de verharding het afglijden van voertuigen te voorkomen. Bij de combinatie van horizontale bogen met verticale hellingen (maar ook horizontale rechtstanden in hellingen) moet op deze relatie gecontroleerd worden.

Daarnaast moet voorkomen worden dat er als gevolg van een te kleine ruimtelijke helling water op de rijbaan blijft staan. Dit kan optreden bij wentelende verkantingsovergangen. Op deze locaties bedraagt de dwarshelling 0%, wat wil zeggen dat er een minimale langshelling moet voorzien worden van 2,5%.

rijbaan	bovengrens (%)	ondergrens (%)
hoofdbaai	9,0	2,5
niet-hoofdbaai	9,0	2,5

tabel 43: Grenswaarden ruimtelijke helling (de waarden voor de ondergrens van de ruimtelijke helling zijn niet van toepassing binnen verkantingsovergangen)

5.4.12.5 Afwatering

Indien ten gevolge van een verkantingsovergang (lokaal) niet aan de standaard dwarshelling in het dwarsprofiel voldaan kan worden, moet de langshelling zorg dragen voor voldoende ruimtelijke helling en daarmee voldoende waterafvoer. Het ontstaan van waterlaagdikten van 2 à 3 mm en meer, moet voorkomen worden omwille van de vermindering van het zicht (voornamelijk ten gevolge van spat- en sproeiwater) en omwille van de geringere wrijving tussen de band en het natte wegdek. De regenintensiteit en regenduur zijn naast andere factoren bepalend voor de optredende waterlaagdikte en de lengte van de plassen op de weg.

Specifiek voor de vormgeving en de dimensionering van de verkantingsovergang is uitgegaan van de hierna volgende waarden. Voor de maatgevende regenintensiteit en regenduur voor het ontwerp van het afwateringssysteem zelf zijn andere waarden van toepassing (zie verder).

- Maatgevende regenintensiteit: 100 l/s/ha
- Maatgevende regenduur: 5 minuten
- Waterlaagdikte: maximaal 2 à 3 mm
- Plaslengte: maximaal circa 10 m in één van de rijsporen

De volgende ontwerpaspecten zijn van belang bij de toetsing aan deze uitgangspunten:

- Relatieve langshelling ΔS in het verkantingsnulpunt
- Verticaal alignement
- Keuze van de wentelingsas
- Verhardingsbreedte (aantal rijstroken)
- Ruimtelijke helling
- Concept van het afwateringssysteem

Relatieve langshelling ΔS

De relatieve langshelling ΔS in het verkantingsnulpunt bepaalt de lengte van de verkantingsovergang. Het verband tussen de lengte van de verkantingsovergang en de hoeveelheid water op de verharding is lineair.

Langshelling en ruimtelijke helling

Bij een toenemende langshelling (gemeten ter plaatse van de wentelingsas) neemt de omvang van de waterlagen dikker dan 2,5 mm af. Bij welk hellingspercentage deze vermindering optreedt, is afhankelijk van de situatie.

langshelling	ruimtelijke helling (%)	
	ingaaende overgangsboog	uitgaande overgangsboog
stijgend	$\geq + 1,5$	$\geq + 2,0$
dalend	$\leq - 2,0$	$\leq - 1,5$

tabel 44: Grenswaarden ruimtelijke helling afhankelijk van de langshelling

In situaties met een ruimtelijke helling zoals in [tabel 44](#), blijkt een aanzienlijke reductie van de waterlaagdikte op te treden. Er moet vermeden worden dat de verkantingsovergang onderaan een voetboog wordt gesitueerd.

De verhouding tussen de langshelling en de dwarshelling (verkanting) in elk punt bepaalt de stroomrichting van het water. De waterlaagdikte en de stroomrichting van het water bij verkantingsovergangen moet gecontroleerd worden door middel van een geëigend softwarepakket.

Bij horizontale bogen met toepassing van (grotere) verkanting, wordt op eenzelfde verhardingsbreedte de relatieve langshelling van de wegas vergroot om zo de verdeling van de hoeveelheid water over de weg gelijk te houden (behoud van dezelfde stroomlijnen). Het doel hiervan is te waarborgen dat een vermindering van de hoeveelheid water op de ene locatie niet tot een grotere (te grote) waterlaagdikte op een andere locatie leidt.

Keuze van de wentelingsas

Bij de keuze van de wentelingsas moet het zadelpunt altijd buiten de verharding liggen. Het zadelpunt is het punt op een gekromd vlak dat in de ene richting (langsrichting of dwarsrichting) een maximum en in de andere een minimum heeft.

De verplaatsing van de wentelingsas is pas van invloed wanneer deze buiten de verharding wordt gekozen. Om enig resultaat te verwachten, moet de wentelingsas over grote afstanden verschoven worden (15 m of meer). Een dergelijke verschuiving leidt in het algemeen tot praktische bezwaren bij het wegontwerp waardoor deze optie meestal niet toepasbaar is.

Verhardingsbreedte

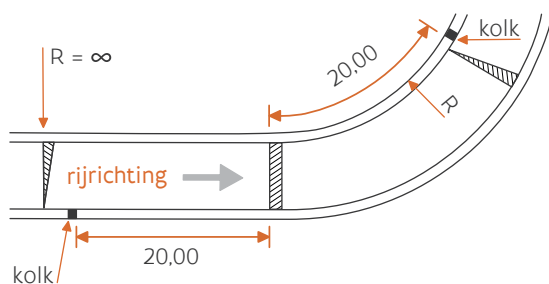
Hoe groter de verhardingsbreedte, des te langer zal het water op de weg aanwezig zijn. Om de hoeveelheid water op de weg te beperken, zal de stroomsnelheid moeten worden verhoogd. Dit kan door de relatieve langshelling ΔS van de wentelingsas te vergroten zodat de lengte van de verkantingsovergang kleiner wordt.

Afwateringssysteem

Na de afwatering van de rijbaan moet het water verder afgevoerd worden. Bij voorkeur gebeurt de afwatering door middel van bermfiltratie of door middel van vrije afvoer over de bermen naar de bermgracht. De afvoer kan ook plaatsvinden via goten en kolken met aansluitleidingen of taludgoten rechtstreeks op de bermgrachten. Een dergelijk afwateringssysteem zal echter niet altijd mogelijk zijn, bijvoorbeeld wanneer de rijbaan naar een niet-obstakelvrije middenberm afwatert. In dergelijke situaties moet een afwateringssysteem gerealiseerd worden bestaande uit langsgoten, kolken en rioleringen. Het ontwerp van het afwateringssysteem moet gemaakt worden op basis van de ["Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen"](#).

Plaatsing kolken en kolkafstanden

De kolken worden gedimensioneerd aan de hand van de Belgische norm NBN B 52-011. De maximale kolkafstand bedraagt 40 m voor open wegvakken. In tunnels en onderdoorgangen geldt een maximale kolkafstand van 10 m op opgaande hellingen en 20 m voor andere gesloten tunneldelen om op die manier brandbare vloeistoffen sneller af te voeren. Bij het gekozen gootprofiel kan de kolkafstand bij een gegeven zijdelings invoerdebiet per m weglengte en een gegeven langshelling worden bepaald. Het profiel van de goot wordt door de ontwerper vastgesteld en is onder andere afhankelijk van de situatie, de beschikbare ruimte en de verkeersveiligheid. Hiervoor wordt verwezen naar de gespecialiseerde vakliteratuur.



figuur 60: Situering kolken

De plaats van de goten en kolken bij een verkantingsovergang kan worden bepaald uit een stromingsbeeld dat tijdens het ontwerp is aangemaakt. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met andere factoren zoals wind en verspreiding van het water in de rijrichting van het verkeer. Met het oog hierop wordt een bijkomende lengte van 20 m goot, inclusief een kolk voorzien zoals schematisch is weergegeven op onderstaande figuur. De locatie van de kolk is afhankelijk van de langshelling. Bij hellingen moet worden voorkomen dat water voorbij de kolken stroomt.

5.4.13 Wegbeeld

Na het ontwerpen van de verschillende individuele ontwerpcomponenten moet de samenhang van de (gecombineerde) elementen gecontroleerd worden op basis van overkoepelende randvoorwaarden. De weggebruiker herkent en anticipeert namelijk op het verloop van de weg op basis van vooral visuele waarnemingen en ervaring. Bij het bepalen van de vorm van de weg speelt, naast de rijtechnische eisen, bijgevolg ook het wegbeeld een rol.

Eventuele gebreken aan het ontwerp worden aangepast door de maatvoering van bepaalde individuele elementen te wijzigen. Na het doorvoeren van aanpassingen wordt het ontwerp opnieuw gecontroleerd.

Een goed wegbeeld ofwel goede visuele kwaliteit betekent dat de beeldelementen goed op elkaar aansluiten. Dit komt tot uiting in een rustig wegbeeld met voldoende rijcomfort zodat de weggebruiker voldoende tijd heeft om de beelden op te nemen en te verwerken. De visuele kwaliteit heeft betrekking op het gehele wegbeeld van de weg met omgeving. Daarnaast heeft (de visuele kwaliteit van) het wegbeeld betrekking op een tijdige waarneming en inschatting van veranderingen in het alignement zoals horizontale en verticale bogen.

Een goed wegbeeld is niet te verkrijgen door het strikt toepassen van ontwerprichtlijnen. Er moet daarom altijd worden nagegaan of het ontwerp een controle door middel van visuele wegbeeldanalyse behoeft. Een dergelijke controle op basis van een driedimensionale visualisatie van de weg is nodig wanneer op voorhand niet duidelijk is of de visuele kwaliteit voldoende is. Voor een goede visualisatie moeten in ieder geval de volgende onderdelen gevisualiseerd worden:

- Wegontwerp inclusief weguitrusting:
 - Rijbaan met markering
 - Afschermende constructies
 - Verlichting
 - Bewegwijzering, bebording, bebakening
 - Dynamische verkeersmanagementvoorzieningen (DVM-voorzieningen)
 - Geluidswerende voorzieningen
 - Beplanting
 - Verkeerslichten
- Omgeving

Gebreken die in het ontwerp kunnen optreden, zijn:

- Een niet vloeiend verloop van de weg
- Misleiding in het wegbeeld
- Te druk of saai wegbeeld
- Onvoldoende waarneming en/of consistentie van horizontale bogen
- Onvoldoende zicht op verkeerssituatie stroomafwaarts

Wegbeeldaspecten die bijzondere aandacht vragen, zijn:

- Voetbogen bij grotere hoogteverschillen ($\Delta h > 3$ m)
- Ruimtelijk alignement
- Waarneming, inschatting en herkenning van horizontale bogen
- Zicht op invoegend of wevend verkeer
- Zicht op een rijstrookbeëindiging
- Zicht op kruispunten (VRI-seinen, rotonde ...)

5.4.13.1 Voetbogen bij onsamenhangend wegbeeld

Omwille van de visuele kwaliteit van het wegbeeld is zicht over de minimale zichtlengte niet altijd voldoende. Bij meerdere aaneensluitende verticale bogen is het aangewezen dat de bestuurder bij het bereiken van de top van de topboog volledig zicht heeft op het voorliggende wegvak. Bij de dimensionering van de straal van de voetboog moet hiervoor rekening gehouden worden met het hoogteverschil want bij een te kleine straal ontstaat er een knik in het wegbeeld. Dit is echter niet wenselijk voor hoofdbanen. Om die reden worden aanvullende eisen gesteld aan de straal van de voetboog in hoofdbanen, op basis van het te overbruggen hoogteverschil.

ontwerpsnelheid (km/h)	$\Delta h \leq 3,0$ m	$\Delta h = 4,5$ m	$\Delta h = 6,0$ m	$\Delta h = 7,5$ m	$\Delta h \geq 9,0$ m
90	$2 * R_{top}$	$3 * R_{top}$	$4,5 * R_{top}$	$6 * R_{top}$	$7 * R_{top}$
70					
50					

tabel 45: Voetbogen hoofdbanen ter voorkoming van knik in wegbeeld

5.4.13.2 Ruimtelijk alignement

Het ruimtelijke alignement is de samenstelling van het horizontale en verticale alignement van de Vlaamse hoofdweg. Een harmonisch rustig wegbeeld waarbij alle beeldelementen goed op elkaar aansluiten en elkaar aanvullen, biedt de weggebruiker de mogelijkheid de beelden op te nemen en te verwerken.

Bij het gelijktijdig toepassen van ontwerpcomponenten moet enerzijds voorkomen worden dat het wegbeeld saai wordt en anderzijds dat het te druk wordt. Een saai wegbeeld leidt tot concentratieverlies bij de weggebruiker en een te druk wegbeeld tot vermoeiing en een verhoogde kans op verkeerde detectie en inschatting van de weg. Het wegbeeld moet vloeiend zijn en misleiding voorkomen.

De volgende randvoorwaarden gelden met betrekking tot drukte in het wegbeeld:

- Saaie wegbeelden moeten voorkomen worden door in het wegontwerp minimaal één gekromd element (horizontale boog, overgangsboog, verticale boog) toe te passen.
- Drukke wegbeelden moeten voorkomen worden door in het wegontwerp het aantal gelijktijdig toe te passen ruimtelijke elementen te beperken tot maximaal drie.
- Tangentpunten van horizontale en verticale bogen in hoofdbanen vallen bij voorkeur samen.

In [tabel 46](#) zijn de verschillende mogelijkheden weergegeven voor het toepassen van gecombineerde componenten uit het horizontale en het verticale alignement. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de verschillende combinaties nader toegelicht.

Ruimtelijke rechtstand

De ruimtelijke rechtstand is een rechte lijn in het horizontale alignment gecombineerd met een rechte lijn zonder langshelling in het verticale alignment. De toepassing van een ruimtelijke rechtstand moet beperkt blijven tot de volgende situaties:

- Een ruimtelijke rechtstand kan noodzakelijk zijn omdat er externe dwangpunten zijn (bijvoorbeeld in de vorm van bundeling van infrastructuur).
- Een ruimtelijke rechtstand kan gewenst zijn in complexe wegsituaties waarbij het gevaar van parallax aanwezig is (bijvoorbeeld bij knooppunten en aansluitingen).

Ruimtelijke rechtstanden moeten niet langer zijn dan voor de twee voorgaande doelen noodzakelijk is omwille van volgende nadelen:

- Bij de toepassing over grote lengtes bestaat het gevaar van monotonie.
- Als gevolg van de gefixeerde achtergrond en het staren in de verte kan de bestuurder sneller vermoeid raken. Hij heeft minder mogelijkheden om zijn aandacht te richten en zal ook een langere perceptie-reactietijd nodig hebben.
- Er is slecht zicht op verkeer stroomafwaarts, met name bij een lagere kwaliteit van de afwikkeling. Dit beperkte zicht draagt bij aan een rijgedrag met veel (te) korte volgafstanden. Stroomafwaarts gegeven waarschuwingen (remlichten) worden namelijk onvoldoende waargenomen en daarom niet goed vertaald in (een correctie van) de volgafstand. Deze situatie is te vergelijken met die bij mist of een nat wegdek waarbij bestuurders dikwijls de snelheden niet aanpassen omdat zij potentieel gevaar niet voldoende onderkennen. Indien een weg wordt ontworpen als een samenstel van flauwe horizontale en verticale bogen, is er geregeld zicht op de voorrijdende verkeersstroom en de waarschuwingssignalen in die stroom. Bestuurders van voertuigen in de stroom kunnen dan tijdig en meer beheerst reageren waardoor het verkeersbeeld rustiger en dus veiliger wordt.
- Bij de aansluiting van andere elementen op een (lange) ruimtelijke rechtstand ontstaan knikken in het wegbeeld.
- De korte ruimtelijke rechtstand heeft als nadeel dat tussen gelijkgerichte horizontale bogen de indruk van een tegenboog wordt gewekt.

situatie	toepasbaarheid					
	horizontale rechtstand	horizontale rechtstand	horizontale rechtstand	horizontale boog	horizontale boog	horizontale boog
	verticale rechtstand	topboog	voetboog	verticale rechtstand	topboog	voetboog
gestrekte tracé-gedeelten	vermijden (tenzij dwangpunten)	bruikbaar (tenzij rijstrook-beëindiging)	vermijden (tenzij onderdoorgang)	goed bruikbaar bij zeer royale bogen	goed bruikbaar	goed bruikbaar
gebogen tracé-gedeelten	vermijden	bruikbaar (tenzij rijstrook-beëindiging)	vermijden (tenzij onderdoorgang)	bruikbaar	goed bruikbaar	goed bruikbaar
hoofdbanen bij aansluitingen	vermijden (tenzij parallax)	vermijden	vermijden	bruikbaar	bruikbaar bij zeer royale bogen	goed bruikbaar bij royale horizontale bogen
op- en afritten op verbindingswegen	bruikbaar	bruikbaar	bruikbaar	vermijden	goed bruikbaar	goed bruikbaar bij royale horizontale bogen

tabel 46: Toepassingen van gecombineerd horizontaal en verticaal alignment

Horizontale boog in verticale rechtstand

De horizontale boog in een verticale rechtstand is een combinatie van een boog in het horizontale alignement met een rechte lijn in het verticale alignement (al dan niet onder een langshelling). De horizontale boog is het basiselement van het wegontwerp van Vlaamse hoofdwegen. Er zijn drie klassen stralen van horizontale bogen te onderscheiden, elk met een eigen toepassingsgebied:

- Zeer ruime stralen worden toegepast ter vervanging van rechte tracégedeelten.
- Standaard stralen worden toegepast in gebogen tracégedeelten.
- Krappe stralen buiten de hoofdbaan worden toegepast ter plaatse van aansluitingen.

Een horizontale boog heeft een aantal voordelen:

- Bogen geven een afwisselend wegbeeld.
- Een royale horizontale boog biedt een goede oriëntatie op de weg en op het verkeer op die weg.
- Een (royale) horizontale boog is goed aan te sluiten op de andere ontwerpcomponenten in de lengte.

Bij afnemende stralen van de horizontale boog ontstaan de volgende nadelen:

- Een horizontale boog met een straal kleiner dan 2 000 m is geen geschikte locatie voor de convergentie- en divergentiepunten van aansluitingen.
- Bij afscherpende constructies, wanden en obstakelbeveiligers in de binnenbocht kunnen problemen ontstaan met betrekking tot benodigde zichtlengtes.

Verticale boog in horizontale rechtstand

De verticale boog in een horizontale rechtstand is een combinatie van een rechte lijn in het horizontale alignement met een voetboog of een topboog in het verticale alignement. Deze combinatie wordt ook wel verticaal gekromde horizontale rechtstand genoemd.

Een topboog is toepasbaar in rechte weggedeelten. In een topboog in een horizontale rechtstand is het zicht op het verloop van de weg gering. De straal van de topboog wordt dan ook bepaald door de minimaal vereiste zichtlengte. Door het beperkte zicht is bij de aansluiting van een discontinuïteit (uitvoeging of rijstrookbeëindiging) of horizontale boog op een topboog veel aandacht vereist tijdens het ontwerpproces.

De voetboog in een horizontale rechtstand is een ruimtelijk element waarbij het zicht op het verloop van de weg zeer goed is. Een nadeel van dit element is dat bij toepassing van stralen kleiner dan 10 000 m, een knik in het wegbeeld ontstaat. Een voetboog in een horizontale rechtstand wordt daarom alleen in onderdoorgangen toegepast. Voor het overwinnen van een hoogteverschil in andere situaties wordt een samengestelde boog toegepast.

Verticale boog in horizontale boog (samengestelde boog)

De verticale boog in een horizontale boog (ook wel de samengestelde boog genoemd) is de combinatie van een top- of voetboog met een horizontale boog. Voor een duidelijk wegbeeld moeten de lengtes van de toegepaste samengestelde horizontale en verticale boog gelijk zijn.

Het toepassen van een topboog in een horizontale boog is mogelijk wanneer de eisen voor de zichtlengte dit toelaten. Als de horizontale boog samenvalt met de topboog, wordt de horizontale boog doorgaans krapper ingeschat dan deze in werkelijkheid is. Tegengesteld draaiende horizontale bogen kunnen niet op de samengestelde topboog worden aangesloten.

De voetboog in een horizontale boog geeft goed zicht op zowel het verloop van de weg als het verkeersbeeld. Als een horizontale boog samenvalt met de voetboog wordt de horizontale boog ruimer ingeschat dan deze in werkelijkheid is, vooral bij toepassing van krappe horizontale bogen. Nadeel is dat een te ruim ingeschatte horizontale boog een te hoge snelheid kan uitlokken en tot onveilige situaties leidt. Om de negatieve gevolgen van de te ruime inschatting van de horizontale boog tegen te gaan, moet de straal van de voetboog ten minste vijfmaal zo groot zijn als die van de horizontale boog. Indien de straal van de voetboog kleiner is dan vijf maal de straal van de horizontale boog, overheerst de voetboog in het wegbeeld. Er is perspectivisch onderzoek van het wegbeeld ter plaatse noodzakelijk als deze verhouding van boogstralen niet haalbaar is. Bij uitvoeringen met een dergelijk samengesteld alignement wordt, om misleiding te voorkomen, een zo kort mogelijke clothoïde toegepast ($A = R$).

Andere ontwerpcomponenten laten zich goed aansluiten op de combinatie van een voetboog in een horizontale boog. Indien in aansluitingen een voetboog nodig is, zal niet dit element maar de aansluitende vlakke horizontale boog het beeld van de bocht moeten bepalen (de voetboog moet dus zo groot mogelijk gekozen worden om niet misleidend te zijn). Deze vlakke horizontale boog levert minder inschattingsproblemen op.

5.4.13.3 Fouten in het ruimtelijk alignement

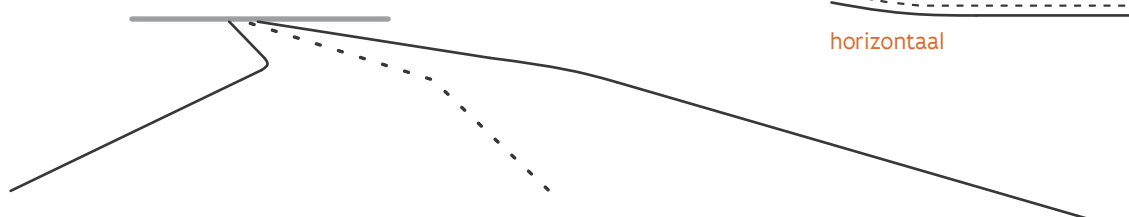
Er kunnen fouten in het wegbeeld ontstaan indien de samenhang van de gecombineerde elementen niet wordt gecontroleerd na het ontwerpen van de individuele elementen:

- Geen vloeiend verloop van de weg, veroorzaakt door foute keuzes in het ruimtelijke alignement:
 - Horizontale knik
 - Verticale knik
 - Horizontale S-vorm
 - Verticale S-vorm
 - Dubbele horizontale S-vorm
 - Dubbele verticale S-vorm
- Misleiding in het wegbeeld, veroorzaakt door ongelukkige combinaties van individuele ontwerpcomponenten, zoals de grootte van een richtingsverandering en de aard ervan, waardoor rijgedrag kan ontstaan dat niet overeenkomt met wat de weg toelaat:
 - Overschatting van horizontale bogen in topbogen
 - Onderschatting van horizontale bogen in voetbogen
 - Parallax
 - Verwarring over de richtingsverandering

Horizontale knik

Een horizontale knik ontstaat bij een geringe horizontale richtingsverandering tussen twee horizontale rechtstanden (minder dan 6°) of een korte horizontale rechtstand tussen twee gelijkgerichte horizontale bogen. De vervanging van een korte horizontale rechtstand tussen twee gelijkgerichte horizontale bogen door een horizontale boog geeft een fraaier beeld.

horizontale knik bij een geringe horizontale richtingsverandering tussen twee horizontale rechtstanden



horizontale knik bij een korte rechtstand tussen twee gelijkgerichte horizontale bogen

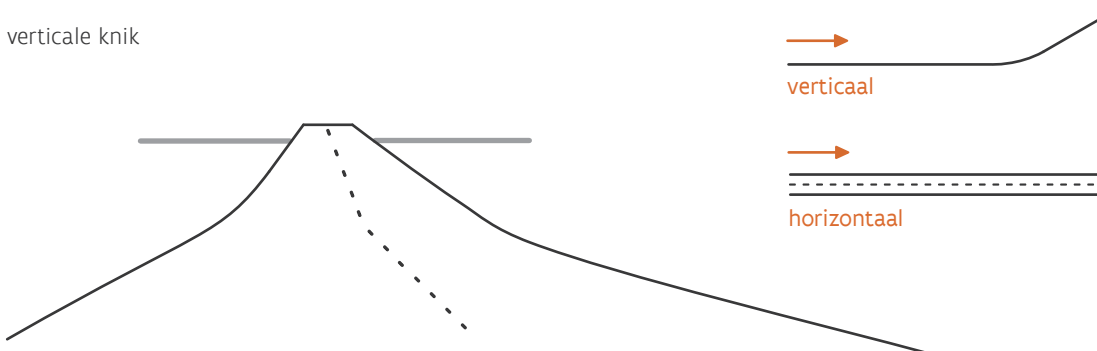


figuur 61: Horizontale knik

Verticale knik

Een verticale knik ontstaat bij de nadering van een verticale voetboog vanuit een horizontale rechtstand of een zeer flauwe horizontale boog. De knik verdwijnt pas bij toepassing van zeer grote stralen voor de voetboog. De knik in het wegbeeld kan verminderen als hij in een horizontale boog is gelegen of als een geringe verticale rechtstand vóór de verticale boog wordt toegepast.

verticale knik



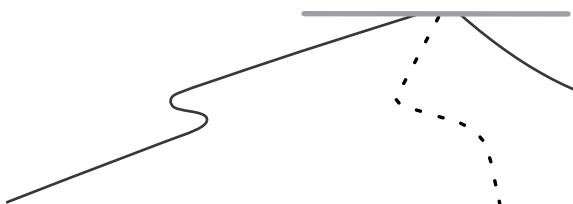
figuur 62: Verticale knik

Horizontale S-vorm

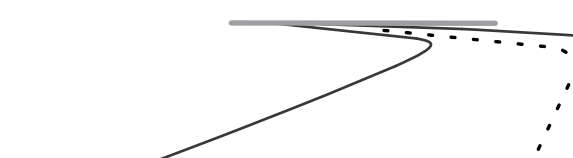
Bij een horizontale verschuiving van de as van een rijbaan worden de stralen zo ruim mogelijk gekozen. Een verschuiving over een geringe lengte geeft een ongeloofwaardig beeld. De verschuiving moet verwerkt worden in een zwak gebogen tracé.

Een verkantingsovergang kan ook storend zichtbaar zijn in de vorm van een horizontale S-boog wanneer de verkantingsovergang direct aan het begin van de overgangsboog wordt gesitueerd. Indien de verkantingsovergang is vormgegeven met twee aansluitende tegengesteld gerichte verticale S-bogen, wordt een eventueel optredende tegenboog verzacht. Bij verhoudingsgewijs kleine stralen kan dit wel een bezwaar geven vanuit voertuigdynamica.

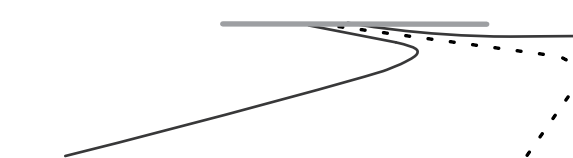
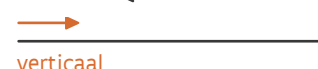
korte horizontale S-vorm waardoor de wegas abrupt verschuift



horizontale S-vorm waarbij de verkanting aan het begin van een boog zichtbaar is als S-boog



horizontale S-vorm waarbij de verkanting aan het einde van een boog zichtbaar is als S-boog



figuur 63: Horizontale S-vorm

Verticale S-vorm

Verhogingen of verlagingen rond ooghoogte of iets lager kunnen korte verticale S-vormen veroorzaken waarbij de voetboog niet domineert. Een verticale rechtstand met een helling van circa 0,5% blijkt storend te zijn in het wegbeeld, pas bij 0,1 à 0,2% valt deze niet meer op. Een zo flauw mogelijke verticale rechtstand wordt gerealiseerd door een verticale rechtstand in combinatie met kleine onder- en bovenaf rondingen. Desondanks mag de langshelling niet groter zijn dan de helft van de maximale helling die wordt bereikt wanneer een voetboog en een topboog in elkaar overgaan (overgangspunt voet-top).

een korte S-vorm in het verticale vlak als de weg omhoog gaat

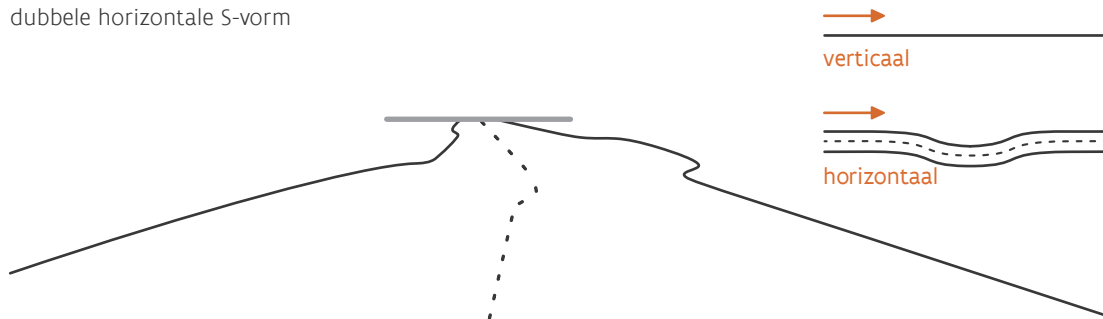


figuur 64: Verticale S-vorm met langshelling $\geq 0,5\%$

Dubbele horizontale S-vorm

Een geringe zijwaartse verschuiving, die binnen de zichtlengte weer hersteld wordt, geeft op betrekkelijk rechte gedeelten een storend beeld, ook al worden voor de verschuiving ruime stralen toegepast. Een dergelijke korte zijwaartse verschuiving moet om die reden opgenomen worden in één duidelijk gebogen gedeelte, bijvoorbeeld door een aaneenschakeling van bogen.

dubbele horizontale S-vorm



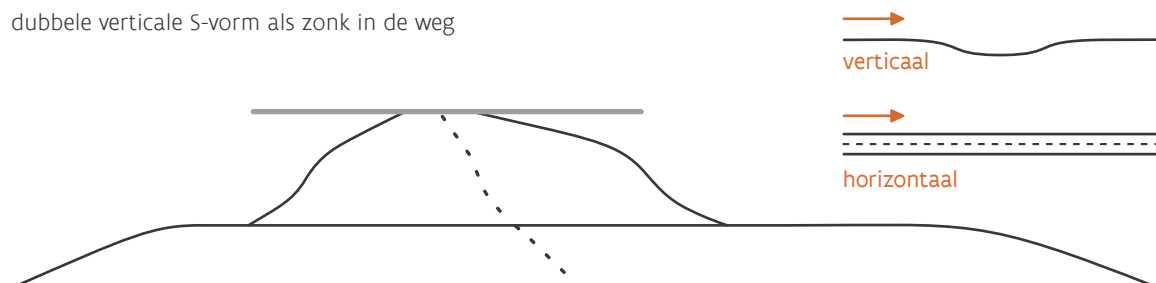
figuur 65: Dubbele horizontale S-vorm

Dubbele verticale S-vorm

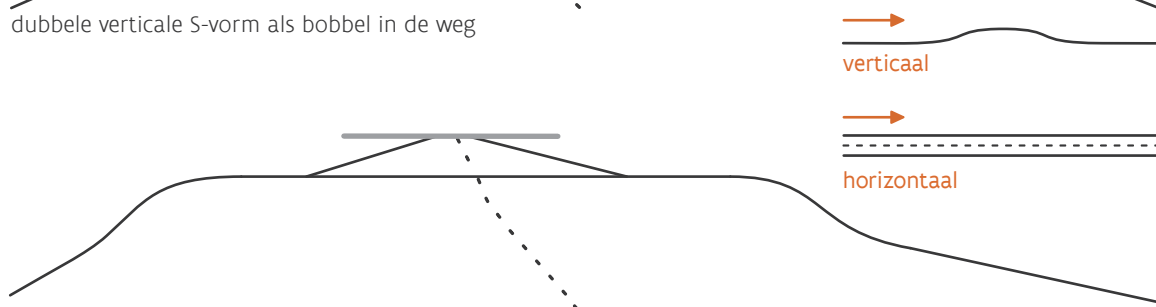
Een kuilvormige plaatselijke verlaging van geringe diepte ($\leq 1,5$ m) is alleen onder een viaduct toe te passen. Een plaatselijke verlaging van meer dan 1,5 m vraagt om de toepassing van één grote voetboog om een geknikt beeld te voorkomen. Een vergroting van de straal van de bogen verbetert het beeld niet. Een plaatselijke verlaging wordt bij voorkeur vermeden. Een terras (twee niveaueverschillen achter elkaar) is eveneens geen acceptabele oplossing.

Een plaatselijke verhoging levert tot 1,5 m een hobbel op in het wegbeeld, die een plaatselijke versmalling kan suggereren. Met name gelegen in horizontale stralen levert dit een knik in het wegbeeld op. Dit valt te compenseren door het toepassen van zeer ruime verticale bogen.

dubbele verticale S-vorm als zink in de weg



dubbele verticale S-vorm als bobbel in de weg



figuur 66: Dubbele verticale S-vorm

Onderschatting van de horizontale boog

Als de horizontale boog samenvalt met een topboog, schat een bestuurder hem krappere in dan hij in werkelijkheid is. Een krap geschatte horizontale boog blijkt in de praktijk veiliger te zijn dan een horizontale boog in een vlak lengteprofiel en kan daarom zonder bezwaren worden toegepast.

Overschatting van de horizontale boog

Een bestuurder schat de horizontale bocht ruimer in dan deze in werkelijkheid is wanneer de horizontale boog samenvalt met een voetboog. In een dergelijk geval is het aanbevolen de straal van de voetboog ten minste vijf à tien maal zo groot te kiezen als die van de horizontale boog. Wanneer de verticale boogstraal kleiner is dan vijf keer de waarde van de horizontale boogstraal, overheerst de voetboog in het wegbeeld. In de praktijk blijkt dat een te ruim ingeschatte horizontale boog onveilig is dan een horizontale boog in een vlak lengteprofiel.

Parallax

Parallax is het verschijnsel dat de schijnbare positie van een voorwerp ten opzichte van een ander voorwerp en/of de achtergrond varieert als het vanuit verschillende posities bekeken wordt. Wanneer, voorbij het punt waar een horizontale boog eindigt, elementen zichtbaar zijn die bij een parallel lopende rijbaan horen (verlichting, bewegwijzering...) kan de bestuurder die opvatten als behorend tot zijn eigen rijbaan. Indien er geen zicht is op het vervolg van de eigen rijbaan, terwijl er wel zicht is op een 'vreemde' rijbaan in het verlengde van de eigen rijbaan, zal de bestuurder die 'vreemde' rijbaan als het vervolg van zijn eigen baan opvatten. Een bocht wordt dan mogelijk te ruim ingeschat of er wordt een verkeerde richting van de bocht gesuggereerd.

Vegetatie of bomen die een horizontale rechtstand volgen terwijl de weg een bocht volgt, kunnen een bestuurder eveneens misleiden. Dit geldt ook als een spoorweg met verticale elementen erlangs het alignement van de weg volgt, maar de weg en het spoor op een gegeven moment uit elkaar gaan.

Parallax moet altijd worden voorkomen. Met een driedimensionale wegbeeldanalyse is na te gaan of en waardoor er parallax optreedt. Middels aanvullende geleidings-elementen ([zie hoofdstuk "7 Wegaanhorigheden"](#)) kan de eigen rijbaan beter geaccentueerd worden waardoor misleiding wordt voorkomen.

Verwarring over de richtingsverandering

Verwarring over (de aard van) een richtingsverandering kan ontstaan in volgende situaties:

- Wanneer de verkantingsovergang in het begin van een overgangsboog is gesitueerd, kan de indruk van een tegenboog(je) ontstaan (en daarmee een horizontale S-boog). Wanneer het verdere verloop van de weg op dat moment afgeschermd wordt door bijvoorbeeld een kunstwerk of beplanting, kan in uitzonderingsgevallen verwarring ontstaan over de aard van de werkelijke richtingsverandering van de weg. De weggebruiker wordt dan misleid wat betreft het werkelijke boogverloop. Dit moet voorkomen worden met een overgangsboog van voldoende lengte waarin de verkantingsovergang bij voorkeur aan het einde van de overgangsboog wordt gesitueerd.
- Wanneer de tangentialpunten van een horizontale en een verticale boog niet samenvallen kan de indruk van een tegenboog ontstaan. Indien het onvermijdelijk is om een verheffing of verlaging te laten samenvallen met het tangentialpunt van de horizontale boog of op enige afstand van het tangentialpunt van een horizontale boog te beginnen, dan moet het beeld van een tegenboog worden voorkomen. Voor de voetafronding moet dan een aanmerkelijk grotere straal gekozen worden (ter grootte van minimaal vijfmaal de horizontale boogstraal), of er moet een verticale rechtstand met een helling van maximaal 0,2% toegepast worden.
- Wanneer een uitvoeging gesitueerd is in een linksdraaiende bocht kan verwarring ontstaan, vooral wanneer bij duisternis en/of een nat wegdek de langsmarkering slecht zichtbaar is. Een verwarrend wegbeeld is te vermijden door de uitvoeging een sterk gebogen tracé te geven en het puntstuk een grote hoek te geven.

6 Discontinuïteiten

Een discontinuïteit in het wegontwerp is een overgang tussen twee verschillende wegvakken. Dit kan voorkomen waar rijbanen samenkomen, uit elkaar gaan of elkaar kruisen, en bij de vermeerdering of vermindering van het aantal rijstroken. Er wordt gesproken over convergentie of divergentie.

Bij het convergeren en divergeren van verkeersstromen ontstaan conflicten tussen deze verkeersstromen. Discontinuïteiten worden daarom zodanig vormgegeven dat de gevolgen voor de doorstroming en de verkeersveiligheid beperkt blijven.

De volgende discontinuïteiten zijn te onderscheiden:

- Invoeging (convergentie)
- Uitvoeging (divergentie)
- Weefvak (convergentie en divergentie)
- Rijstrookbeëindiging (convergentie)
- Rijstrookvermeerdering (divergentie)
- Kruispunt (eerder behandeld in [hoofdstuk "4.4 Verkeerslichtengeregeld kruispunt"](#) en [hoofdstuk "4.5 rotonde"](#))
- Bypass (eerder behandeld in [hoofdstuk "4.6 Bypass"](#))

De dimensionering van discontinuïteiten is gebaseerd op algemene eigenschappen van voertuigen en verkeersstromen. Aan de hand van deze eigenschappen zijn de volgende ontwerpparameters te onderscheiden:

- Acceleratielengte
- Deceleratielengte
- Puntstuk
- Gaping
- Turbulentieafstand
- Bewegwijzeringsafstand

Het uitgangspunt is een verkeersveilig ontwerp wanneer discontinuïteiten worden ontworpen volgens de in dit hoofdstuk beschreven richtlijnen. Kruispunten en bypasses worden in eerdere hoofdstukken behandeld. De turbulentieafstand is niet opgenomen in dit hoofdstuk. Turbulentieafstand is minder van toepassing op Vlaamse hoofdwegen en zit vervat in de tussenafstand van 670 m bij kruispunten (conform [hoofdstuk "2.2.2.1. Basisprincipes van Vlaamse hoofdwegen"](#)). Er zijn bijkomend bepalingen opgenomen met betrekking tot rijstrookbeëindiging in [hoofdstuk "4.4.2 Ontwerp kruispunt"](#) en [hoofdstuk "6.5 Rijstrookbeëindiging"](#).

In de volgende hoofdstukken is eerst een algemene verklarende beschrijving gegeven van de bovenstaande ontwerpparameters. Vervolgens zijn de richtlijnen voor dimensionering van de verschillende discontinuïteiten (met uitzondering van kruispunten) beschreven en toegelicht.

6.1 Algemene ontwerpparameters discontinuïteiten

6.1.1 Acceleratielengte

De acceleratielengte is de afstand die nodig is om de snelheid van een voertuig op een comfortabele wijze te verhogen tot een gewenst niveau. Accelereren vindt plaats op de toeleidende rijbaan en de invoegstrook, voorafgaand aan het oprijden van de Vlaamse hoofdweg.

Bij het eindpunt van het accelereren moet een voertuig 75% van de ontwerpsnelheid van de Vlaamse hoofdweg bereikt kunnen hebben om zo verstoringen in de doorgaande verkeersstroom te minimaliseren.

De benodigde acceleratielengte is afhankelijk van de volgende factoren:

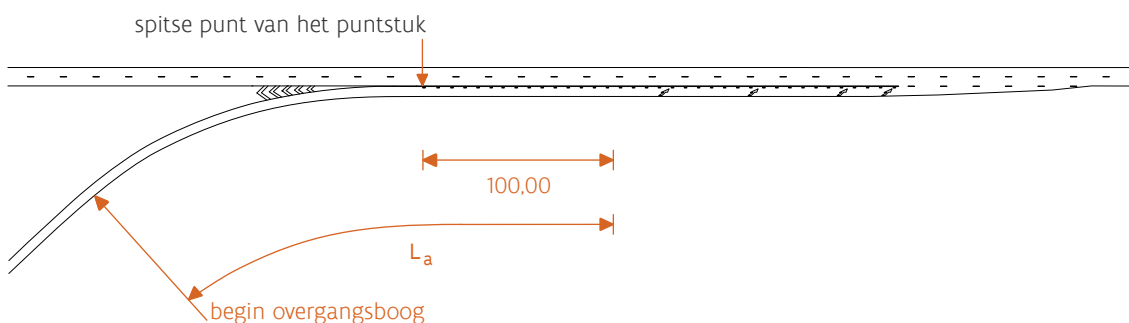
- Snelheid van voertuigen op de Vlaamse hoofdweg
- Snelheid van het voertuig aan het begin van de acceleratielengte
- Versnelling van het accelererende voertuig
- Gemiddeld hellingspercentage van de toeleidende rijbaan

Naast de bovengenoemde primaire invloedsfactoren zijn er een aantal secundaire factoren die bepalend zijn voor de acceleratielengte. Eén van deze factoren is de wijze van accelereren. Dit kan lineair (constant) zijn maar ook fluctuerend, toenemend of afnemend. Daarnaast zijn ook de acceleratie-eigenschappen van het voertuig van invloed op de acceleratielengte. Hoe groter de verhouding vermogen/gewicht, hoe korter de potentiële acceleratielengte. Uiteraard is hierin ook het rijgedrag van de bestuurder van invloed.

6.1.1.1 Situering acceleratielengte

Bij een invoegende beweging wordt ervan uitgegaan dat de invoegstrook voor acceleratie benut wordt door vrachtverkeer maar niet door personenwagens. Er moet bijgevolg voldoende acceleratielengte worden verwerkt in de toeleidende rijbaan, zoals weergegeven op [figuur 67](#). Indien uit de berekening een grotere acceleratielengte nodig blijkt, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een opgaande helling, moet deze gerealiseerd worden met een verlenging van het acceleratiegedeelte van de toeleidende rijbaan en niet met een langere invoegstrook. Op die manier is de verlenging ook effectief voor verkeer dat meteen na het einde van het puntstuk de hoofdrijbaan oprijdt.

Het beginpunt van accelereren is het punt waar de horizontale boog in de toeleidende rijbaan overgaat in de overgangsboog of bij het ingaan van de horizontale boog (boogstraal voldoende ruim nemen zodat overgangsboog niet nodig is). Het eindpunt van accelereren ligt 100 m stroomafwaarts van de spitse punt van het puntstuk.



figuur 67: Acceleratielengte

Bij indirecte (stijgende) toeleidende rijbanen moet extra aandacht besteed worden aan de acceleratielengte omdat de snelheid bij de start van het accelereren hier laag ligt. De maatgevende snelheid is afhankelijk van de combinatie van de horizontale boogstraal en de verkanting. Deze snelheid is af te lezen uit [tabel 17](#) in [hoofdstuk "5.2.2 Horizontale boog"](#).

Bij zeer gestrekte opritten wordt de acceleratielengte berekend vanaf het kruispunt met het onderliggend wegennet. De startsnellheid is dan 20 km/h.

6.1.1.2 Berekening acceleratielengte

In standaard situaties wordt uitgegaan van een lineaire acceleratie (constante versnelling) en wordt aangenomen dat er geen afzonderlijke berekening voor vrachtverkeer nodig is. De acceleratielengte wordt berekend met de volgende formule:

$$L_a = \frac{(0,75 * v_o)^2 - v_b^2}{254 * (\frac{a}{g} - \frac{p}{100})}$$

Hierin is:

- L_a : acceleratielengte (m)
- v_o : ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan (km/h)
- v_b : ontwerpsnelheid aan het begin van de acceleratielengte (km/h)
- a : acceleratie van het voertuig (een comfortabele acceleratie bedraagt 1,0 m/s²)
- g : zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- p : gemiddeld hellingspercentage van de weg (in %), positief bij stijging

ontwerpsnelheid (km/h)		acceleratielengte (m) bij langshelling (afgerond op dichtste vijftal)								
doorgaand	toeleidend	dalend - 4%	dalend - 3%	dalend - 2%	dalend - 1%	0%	stijgend 1%	stijgend 2%	stijgend 3%	stijgend 4%
90	70	n.v.t.								
90	50	55	60	65	70	80	90	100	115	130
90	30	100	110	120	130	140	155	175	200	230
70	50	5	10	10	10	10	10	10	15	15
70	30	50	55	60	65	70	80	90	100	115

tabel 47: Acceleratielengtes bij verschillend hellingspercentage

6.1.1.3 Acceleratielengte bij groot aandeel vrachtverkeer

Indien zwaar vrachtverkeer een aandeel heeft van meer dan 5% bij een maatgevende uurintensiteit, moet de acceleratielengte voor vrachtverkeer afgeleid worden. Het bepalen van de acceleratielengte voor dit vrachtverkeer op hellingen kan met een geschikt simulatiepakket. Voor zwaar vrachtverkeer mag de volledige lengte van de invoegstrook worden meegerekend voor acceleratie naar 75% van de ontwerpsnelheid van vrachtwagens. Bij weefvakken geldt dat op 250 m na het puntstuk deze snelheid dient bereikt te zijn.

6.1.2 Deceleratielengte

De deceleratielengte is de afstand die nodig is om de snelheid van een voertuig te verlagen tot een zodanig niveau dat het direct stroomafwaarts gelegen wegvak verkeersveilig bereden kan worden. De hierna beschreven bepaling van de deceleratielengte heeft betrekking op uitvoegstroken bij een afrit of verkeerswisselaar. Afslagstroken bij gelijkvloerse kruispunten hebben enkele andere uitgangspunten. Hiervoor wordt verwezen naar [hoofdstuk "4.4 Verkeerslichtengeregeld kruispunt"](#) en [hoofdstuk "4.5 Ronde"](#).

Decelereren gebeurt op de uitvoegstrook en de afbuigende rijbaan na het verlaten van de Vlaamse hoofdweg. De aanwezige deceleratielengte bij een uitvoegstrook moet zodanig zijn, dat geen deceleratie noodzakelijk is op de Vlaamse hoofdweg. De lengte van een uitvoeging moet zodanig zijn dat voertuigen vanaf de uitvoeging tot aan de eerste boog van de afrit of de verwachte wachtrij op de afrit voor het kruispunt met het onderliggende wegennet voldoende lengte tot hun beschikking krijgen om te decelereren.

De benodigde deceleratielengte is afhankelijk van de volgende factoren:

- Ontwerpsnelheid van de Vlaamse hoofdweg
- Ontwerpsnelheid van de afbuigende rijbaan
- Vertraging van het decelererende voertuig
- Gemiddeld hellingspercentage van de afbuigende rijbaan

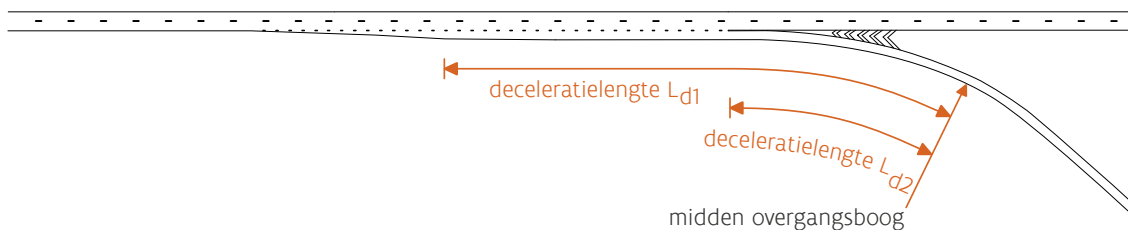
6.1.2.1 Situering deceleratielengte

Er moet in twee scenario's voldoende deceleratielengte aanwezig zijn:

- Scenario 1: een voertuig voegt tijdig uit naar de uitvoegstrook en benut deze voor deceleratie (L_{d1}).
- Scenario 2: een voertuig voegt op het laatste moment uit, vlak voor het puntstuk, en benut de uitvoegstrook niet maar decelereert met een forse vertraging op het eerste deel van de afbuigende rijbaan (L_{d2}).

Voor de situering van de deceleratielengte gelden de volgende uitgangspunten:

- Het begin van de deceleratielengte in het eerste scenario (L_{d1}), bij toepassing van een parallel aanliggende strook is het punt waar de strook op zijn breedst is, zie [figuur 68](#).
- Het begin van de deceleratielengte in het tweede scenario (L_{d2}) is het puntstuk, zie [figuur 68](#). Bij een uitvoegende taper is de deceleratielengte L_{d2} maatgevend.
- Het einde van de deceleratielengte is het midden van de overgangsboog van de afbuigende baan.
- Bij zeer gestrekte afritten wordt de deceleratielengte berekend tot het einde van de verwachte wachtrij. De snelheid is hier 0 km/h. Bij zwaar belaste afritten moet de toets of het mogelijk is te decelereren naar de staart van de wachtrij altijd worden uitgevoerd, ook als de ligging niet gestrekt is.



figuur 68: Deceleratielengte

6.1.2.2 Berekening deceleratielengte

De benodigde deceleratielengte wordt berekend voor beide scenario's. Beide scenario's moeten in het ontwerp passen. De feitelijke verschillen tussen de twee scenario's zijn:

- Remvertraging: circa $1,5 \text{ m/s}^2$ (scenario 1: comfortabel, gas loslaten) en $2,5 \text{ m/s}^2$ (scenario 2: hard, rekening houdend met nat wegdek)
- Start van de beschikbare deceleratielengte (zie [figuur 68](#))

De snelheid aan het begin van de deceleratielengte is gelijk aan de ontwerpsnelheid van de doorgaande rijbaan.

De benodigde deceleratielengte wordt voor beide scenario's berekend met de onderstaande formule:

$$L_d = \frac{v_0^2 - v_a^2}{254 * \left(\frac{d}{g} + \frac{p}{100} \right)}$$

Hierin is:

- L_d : deceleratielengte (m)
- v_0 : maatgevende aanvangssnelheid bij het puntstuk (km/h)
- v_a : ontwerpsnelheid van de afbuigende baan (km/h)
- d : vertraging van het voertuig (comfortabel, gas loslaten: circa 1,5 m/s², hard: 2,5 m/s²)
- g : zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- p : gemiddeld hellingspercentage van de weg (in %), positief bij stijging

ontwerpsnelheid (km/h)		deceleratielengte L_{d1} (m) bij langshelling scenario 1 (afgerond op dichtste vijftal)								
doorgaand	afbuigend	dalend - 4%	dalend - 3%	dalend - 2%	dalend - 1%	0%	stijgend 1%	stijgend 2%	stijgend 3%	stijgend 4%
90	70	110	105	95	90	80	75	75	70	65
90	50	195	180	165	155	145	135	130	120	115
90	30	250	230	210	195	185	175	165	155	145
70	50	85	75	70	65	60	60	55	50	50
70	30	140	125	120	110	100	95	90	85	80

tabel 48: Deceleratielengte L_{d1} bij verschillend hellingspercentage (scenario 1)

ontwerpsnelheid (km/h)		deceleratielengte L_{d2} (m) bij langshelling scenario 2 (afgerond op dichtste vijftal)								
doorgaand	afbuigend	dalend - 4%	dalend - 3%	dalend - 2%	dalend - 1%	0%	stijgend 1%	stijgend 2%	stijgend 3%	stijgend 4%
90	70	60	55	55	50	50	50	45	45	45
90	50	105	100	95	90	85	85	80	75	75
90	30	130	125	120	115	110	105	100	100	95
70	50	45	40	40	40	35	35	35	35	30
70	30	75	70	65	65	60	60	55	55	55

tabel 49: Deceleratielengte L_{d2} bij verschillend hellingspercentage (scenario 2)

6.1.2.3 Aandachtspunt afwatering

Een belangrijk aandachtspunt voor een rijbaan waarop deceleratie plaatsvindt, is de afwatering. Plasvorming op de rijbaan heeft immers een sterke negatieve invloed op de vertraging van een voertuig.

6.1.3 Puntstuk

Bij het invoegen en uitvoegen is het convergentiepunt respectievelijk het divergentiepunt aangeduid door middel van een puntstuk.

Het puntstuk is een met verdrijvingsstrepen gemarkeerde zone ter aanduiding van een convergentiepunt of divergentiepunt van twee rijbanen en ligt op gelijke hoogte als de aanliggende rijbanen. Tussen de convergerende of divergerende randlijnen wordt een verdrijvingsvlak aangebracht zoals verder beschreven in [Dienstorder MOW/AWV/2022/08 "Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie"](#) en dienen de principes uit [MOW/AWV/2019/6 "Bebakening op de divergentiepunten van verkeersknooppunten en uitritten"](#) gevolgd te worden.

Het puntstuk is langwerpig van vorm en heeft een verlopende breedte, startend vanaf de breedte van de randlijn. Aan beide lange zijden wordt het puntstuk begrensd door de aanliggende convergerende of divergerende randlijnen van de rijbanen. De spitse punt van het puntstuk is het punt waar beide randlijnen elkaar voor het eerst volledig overlappen.

Wanneer een puntstuk van een convergerende discontinuïteit en een puntstuk van een divergerende discontinuïteit dicht bij elkaar liggen mag er geen sprake zijn van een aaneengesloten verharding van de rijbanen om te voorkomen dat er over de puntstukken wordt gereden om oneigenlijk van rijbaan te wisselen.

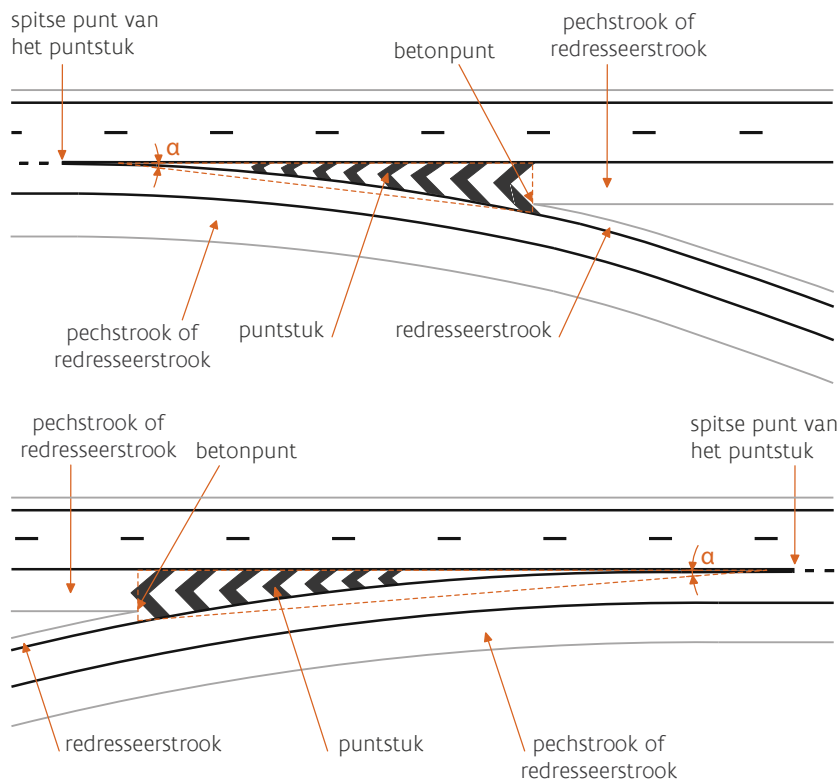
De hoek α waaronder de twee rijbanen convergeren of divergeren is een belangrijke parameter voor de vormgeving van het punt en is afhankelijk van het type discontinuïteit. Deze hoek α is de tophoek van een spitse langwerpige rechthoekige driehoek met de volgende begrenzingen (zie [figuur 68](#)):

- De top van de driehoek is het punt waar de randlijnen elkaar ontmoeten.
- De basis van de driehoek wordt gevormd door de snijpunten van de loodrechte op de doorgaande rijbaan met de buitenzijde van de twee randlijnen ter hoogte van het punt waar de verhardingen van de pechstrook of redresseerstrook van de rijbanen samenkomen (betonpunt).

Het puntstuk moet redresseermogelijkheden bieden, wat wil zeggen dat bestuurders het puntstuk bij een noodzakelijke koerscorrectie veilig moeten kunnen overrijden. Concreet betekent dit dat de principes van een normale redresseerstrook gelden over de volledige breedte en lengte van het puntstuk.

Een puntstuk heeft dezelfde dwarshelling als de aanliggende (linkse) doorgaande rijbaan. Een eventuele (verdere) overgang van de verkanting vindt plaats:

- Bij een toeleidende rijbaan: stroomopwaarts van het punt waarop de verharding van de toeleidende rijbaan samenkomt met de verharding van de Vlaamse hoofdweg
- Bij een afbuigende rijbaan: stroomafwaarts van het punt waarop de verharding van de afbuigende rijbaan los is van de verharding van de Vlaamse hoofdweg



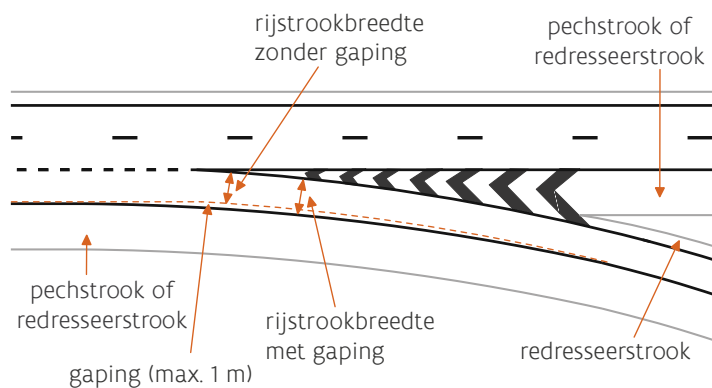
figuur 69: Dimensionering puntstuk

6.1.4 Gaping

Bij uitvoeringen divergeren de rijbanen ter hoogte van de punt van het puntstuk onder een hoek ($\tan \alpha$). Om de opvallendheid van het beslippunt te vergroten, wordt de breedte van de afbuigende rijstrook ter plaatse van de spitse punt van het puntstuk groter genomen dan de standaardbreedte verderop. Dit wordt verwezenlijkt door de rechte rand van de uitvoegende rijstrook een meer gestrekte afronding te geven dan de afronding van het puntstuk. Deze overbreedte wordt 'gaping' genoemd.

De breedte van gaping is nooit breder dan 1 m om inhalen binnen één rijstrook te voorkomen. De lengte van de gaping bedraagt minimaal 80 m en maximaal 150 m. De pechstrook of redresseerstrook met standaardbreedte schuift mee met de verschoven randlijn.

Bij een uitvoering wordt aan elke zijde van het puntstuk een gaping toegepast.



figuur 70: Gaping

6.2 Invoeging

Een invoeging bestaat uit een convergentiepunt waar een rijbaan (de toeleidende rijbaan) door middel van een invoegstrook aansluit op de rechterzijde van een andere rijbaan (de doorgaande rijbaan). Hierbij is sprake van ongelijkwaardigheid tussen beide rijbanen. De toeleidende rijbaan is hierin de ondergeschikte tak.

De invoegstrook wordt gezien als een rijstrookvermeerdering van de doorgaande rijbaan en kan, nadat het verkeer heeft ingevoegd, komen te vervallen.

6.2.1 Onderdelen

Een invoeging bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Toeleidende rijbaan
- Puntstuk (convergentiepunt)
- Invoegstrook

6.2.1.1 Toeleidende rijbaan

Een toeleidende rijbaan is een rijbaan die een aansluitende weg verbindt met de betreffende Vlaamse hoofdweg. Voor het deel van de toeleidende rijbaan tussen het begin van de laatste overgangsboog en de punt van het puntstuk geldt een minimale lengte. Deze lengte wordt benut voor het accelereren van voertuigen. De maatgevende acceleratielengte is beschreven in [hoofdstuk "6.1.1 Acceleratielengte"](#).

6.2.1.2 Puntstuk

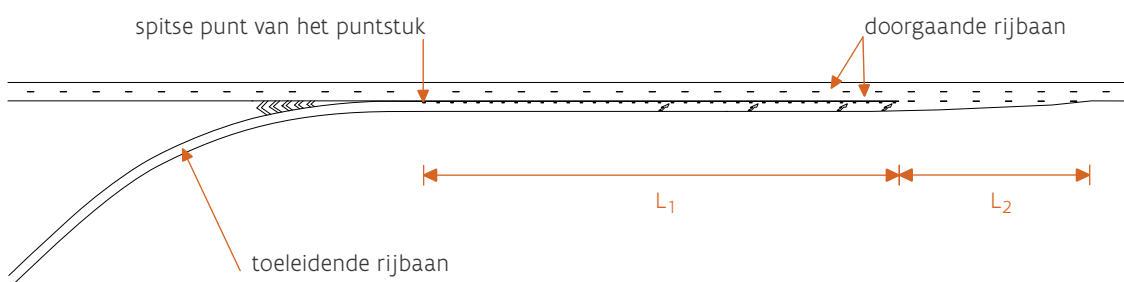
De bepalingen met betrekking tot het puntstuk zijn opgenomen in [hoofdstuk "6.1.3 Puntstuk"](#).

6.2.1.3 Invoegstrook

Een invoegstrook is een rijstrook van een beperkte lengte stroomafwaarts van een convergentiepunt die grenst aan de doorgaande rijbaan. De invoegstrook begint bij de spitse punt van het puntstuk. Om de genoemde functies te vervullen, zijn er eisen aan de dimensionering van de invoegstroken gesteld. De lengte van de invoegstrook is afhankelijk van de ontwerpsnelheid op de doorgaande rijbaan.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte L_1 (m) invoegstrook exclusief overgangscurve	lengte L_2 (m) overgangscurve
90	190	100
70	150	100
50	n.v.t.	n.v.t.

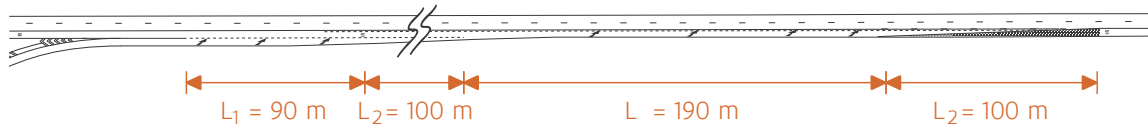
tabel 50: Lengtes van invoegstrook



figuur 71: Standaard invoeging

6.2.2 Invoeging gecombineerd met busbaan

Bij invoegstroken moeten bijzondere maatregelen genomen worden om de kruising tussen de gebruikers van een busbaan en het verkeer dat de hoofdbaan oprijdt of verlaat, op een veilige manier te laten gebeuren. Deze maatregelen zijn schematisch weergegeven op onderstaande figuur.



figuur 72: Invoeging gecombineerd met busbaan

6.3 Uitvoeging

Een uitvoeging is een divergentiepunt waarbij een rijbaan (de afbuigende rijbaan) zich afscheidt van een andere rijbaan (de doorgaande rijbaan) door middel van één rijstrook aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Hierbij is sprake van ongelijkwaardigheid tussen beide rijbanen. De afbuigende rijbaan is hierin de ondergeschikte tak.

Bij een uitvoeging geldt dat de uitvoegstrook als extra rijstrook aansluit op de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Bij het puntstuk gaan de uitvoegstroken over in de afbuigende rijbaan.

6.3.1 Onderdelen

Een uitvoeging bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Uitvoegstrook
- Puntstuk (divergentiepunt)
- Afbuigende rijbaan

6.3.1.1 Uitvoegstrook

De uitvoegstrook is een rijstrook van beperkte lengte ter plaatse van een divergentiepunt die grenst aan een doorgaande rijbaan. De uitvoegstrook eindigt bij de spitse punt van het puntstuk.

Bij voorkeur vormen de minimale lengtes uit de onderstaande tabellen ook de bovengrens. Het verlengen van de uitvoegstrook heeft tot gevolg dat op het eerste gedeelte van deze rijstrook met onverminderde snelheid wordt doorgereden en daarbij voertuigen op de rechterstrook van de doorgaande rijbaan worden ingehaald. Dit kan leiden tot onvoorspelbare situaties en tot ongewenste manoeuvres met negatieve gevolgen voor de verkeersveiligheid.

Bij een linkse boog in de hoofdbaan met een bijpassende (positieve) verkanting wordt de uitvoegstrook in dezelfde verkantingsrichting uitgevoerd omwille van de zichtbaarheid. Bij de volgende verkantingsovergang in de afbuigende rijbaan wordt om dezelfde reden de rechtse randlijn van de rijbaan als wentelingsas gekozen.

6.3.1.2 Puntstuk

De bepalingen met betrekking tot het puntstuk zijn opgenomen in [hoofdstuk "6.1.3 Puntstuk"](#).

6.3.1.3 Afbuigende rijbaan

Een afbuigende rijbaan is het gedeelte van de uitvoeging dat de uitvoegstrook van de betreffende Vlaamse hoofdweg verbindt met een aansluitende weg. Voor het deel van de afbuigende rijbaan tussen de spitse punt van het puntstuk en het midden van de eerste overgangsboog geldt een minimale lengte. Deze lengte is afhankelijk van de benodigde deceleratielengte. Eisen met betrekking tot de benodigde deceleratielengte zijn weergegeven in [hoofdstuk "6.1.2 Deceleratielengte"](#).

Het alignement van de afbuigende rijbaan moet over het eerste gedeelte het alignement van de doorgaande rijbaan volgen. Dit is van belang om de afbuigende rijbaan in te leiden en om een verkantingsovergang mogelijk te maken. Tegenverkanting in afbuigende rijbanen leidt immers veelal tot een verkeersonveilig wegontwerp vanwege de hoge snelheid van het uitvoegende verkeer in combinatie met horizontale bogen in een lager ontwerpsnelheidsregime. Dit stelt de volgende ontwerpeisen aan de eerste tientallen meters van de afbuigende rijbaan:

- Bij een horizontale rechtstand in de hoofdbaan wordt in het eerste gedeelte van de afbuigende rijbaan eveneens een horizontale rechtstand toegepast.
- Bij een horizontale boog in de hoofdbaan wordt in het eerste gedeelte van de afbuigende rijbaan een horizontale boog met dezelfde boogstraal toegepast.

Bij het vervolg van de afbuigende rijbaan moet rekening gehouden worden met de stappentheorie ([zie hoofdstuk "5.2.2.2 Ontwerpparameters"](#)) om te waarborgen dat de snelheidsafname veilig plaats kan vinden.

Indien vlak na het divergentiepunt opnieuw een divergentiepunt gesitueerd is, wordt dit tweede divergentiepunt vormgegeven door middel van een nieuwe uitvoeging.

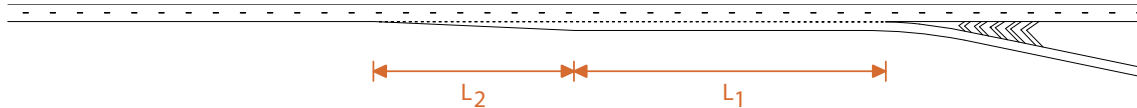
6.3.2 Standaardoplossingen

Op een Vlaamse hoofdweg wordt enkel een éénstrookse uitvoeging toegepast.

De richtlijnen met betrekking tot de standaarddimensionering zijn weergegeven in onderstaande tabel en zijn aangeduid op onderstaande figuur.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte L_1 (m) uitvoegstrook exclusief overgangscurve	lengte L_2 (m) overgangscurve
90	110	100
70	90	100
50	60	55

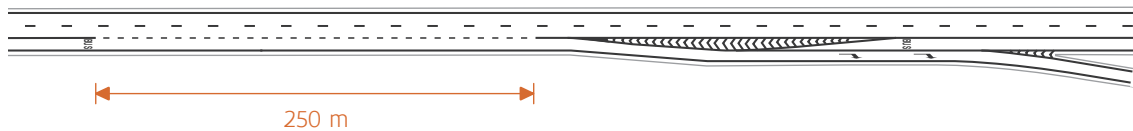
tabel 51: Standaardlengtes van éénstrooks uitvoeging



figuur 73: Standaardoplossingen éénstrookse uitvoeging

6.3.3 Uitvoeging gecombineerd met busbaan

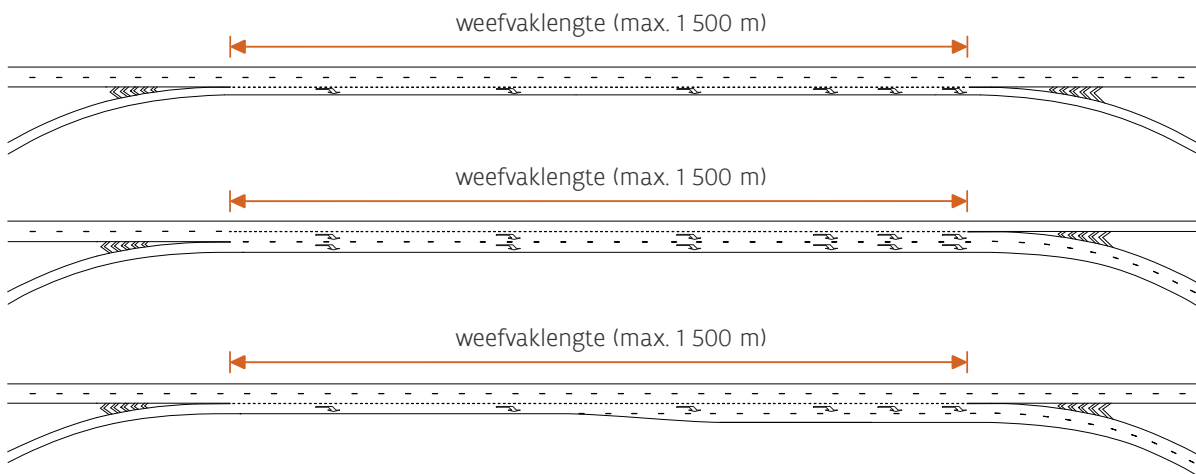
Bij uitvoegstroken moeten bijzondere maatregelen genomen te worden om de kruising tussen de gebruikers van een busbaan en het uitrijdende verkeer op een veilige manier te laten gebeuren.



figuur 74: Uitvoeging gecombineerd met busbaan

6.4 Weefvak

Een weefvak is een wegvak waarbinnen een invoegende rijbaan en een uitvoegende rijbaan direct met elkaar verbonden zijn door middel van één rijstrook aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Bij een weefvak is er een wegvak van beperkte lengte tussen een convergentie- en divergentiepunt dat bedoeld is om te weven. Weven is het onder een zeer kleine hoek en met gering snelheidsverschil kruisen van twee verkeersstromen die zich in dezelfde richting bewegen. Een schematisch voorbeeld is weergegeven in onderstaande figuur. Het weefvak wordt gemeten tussen het einde van het convergentiepuntstuk en het begin van het divergentiepuntstuk.



figuur 75: Enkele schematische voorbeelden weefvak

Het belangrijkste criterium voor de dimensionering van weefvakken is de capaciteit als gevolg van het aandeel wevend verkeer. Te lange weefvakken (> 1 500 m) zijn ongewenst, vanwege het optreden van ongewenst verkeersgedrag. Bij een grotere lengte wordt een invoeging gevolgd door een uitvoeging toegepast.

Wanneer beide doorgaande stromen of beide kruisende stromen het grootst zijn, ligt de keuze voor een symmetrisch weefvak veelal voor de hand. Bij één grote kruisende stroom wordt eerder gekozen voor een asymmetrisch weefvak.

6.4.1 Gelijkwaardigheid van de verkeersstromen

Voor de categorisering van weefvakken wordt onderscheid gemaakt in:

- Weefvakken voor gelijkwaardige verkeersstromen
- Weefvakken voor ongelijkwaardige verkeersstromen
- Weefvakken voor gelijkwaardige en ongelijkwaardige verkeersstromen

Weefvakken voor gelijkwaardige verkeersstromen

Een weefvak voor gelijkwaardige verkeersstromen is een samenstel van een samenvoeging en een splitsing. Het wordt toegepast wanneer er op basis van de netwerkcategorisering geen hiërarchisch onderscheid gemaakt kan worden tussen de rijbanen. Dit betekent in hoofdzaak dat de convergerende/divergerende rijbanen dezelfde ontwerpnelheden hebben, bijvoorbeeld wanneer twee (doorgaande) Vlaamse hoofdwegen over enige lengte parallel lopen.

Weefvakken voor ongelijkwaardige verkeersstromen

Een weefvak voor ongelijkwaardige verkeersstromen is een samenstel van een invoeging en een uitvoeging. Het wordt toegepast wanneer er op basis van de netwerkcategorisering een hiërarchisch onderscheid gemaakt kan worden tussen de rijbanen. Dit betekent in hoofdzaak dat de convergerende/divergerende rijbanen ongelijke ontwerpsnelheden hebben, bijvoorbeeld wanneer een oprit wordt aangesloten op de stroomafwaarts gelegen uitvoeging.

De rijstrook voor de wevende verkeersstroom is gesitueerd aan de rechterzijde van de doorgaande rijbaan. Voor de dimensionering van de puntstukken en van de toeleidende en afbuigende rijbanen worden voor weefvakken met ongelijkwaardige verkeersstromen de eisen zoals omschreven onder invoeging en uitvoeging aangehouden.

Weefvakken voor gelijkwaardige en ongelijkwaardige verkeersstromen

Een weefvak kan bestaan uit een combinatie van gelijkwaardige en ongelijkwaardige verkeersstromen:

- Weefvakken waarbij de ingaande verkeersstromen (convergentiepunt) gelijkwaardig zijn en de uitgaande verkeersstromen (divergentiepunt) ongelijkwaardig.
- Weefvakken waarbij de ingaande verkeersstromen (convergentiepunt) ongelijkwaardig zijn en de uitgaande verkeersstromen (divergentiepunt) gelijkwaardig.

In deze gevallen worden bij het gelijkwaardige convergentie-/divergentiepunt dezelfde eisen aangehouden als bij weefvakken voor gelijkwaardige verkeersstromen. Bij het ongelijkwaardige convergentie-/divergentiepunt worden dezelfde eisen aangehouden als bij weefvakken voor ongelijkwaardige verkeersstromen.

6.4.2 Standaardoplossingen

Voor de dimensionering van weefvakken wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Symmetrische weefvakken
- Asymmetrische weefvakken

Het weefvak moet voldoende ruimte bieden voor de meest kritische manoeuvres of rijstrookwisselingen. De vanuit verkeersafwikkeling vereiste lengte van weefvakken is afhankelijk van de configuratie van het weefvak en de combinatie van het percentage wevend verkeer en de verkeersintensiteit. Een kort weefvak wordt als oncomfortabel ervaren. De combinatie van een kort weefvak en een complex verkeersbeeld, met een beperkte hoeveelheid geschikte hiaten om in te kunnen voegen, kan leiden tot verkeersonveilige situaties en een sterke reductie van de capaciteit. Te lange weefvakken zijn ongewenst, vanwege het optreden van ongewenst verkeersgedrag. Voor alle weefvakconfiguraties geldt een maximale weefvaklengte van 1 500 m.

Symmetrisch weefvak

Standaard worden weefvakken ontworpen als symmetrische weefvakken. Dit geldt zowel voor weefvakken met gelijkwaardige stromen als voor weefvakken met ongelijkwaardige verkeersstromen. Symmetrische weefvakken zijn te herkennen aan:

- Het totale aantal rijstroken van de samenkomende rijbanen is gelijk aan dat van de uit elkaar gaande rijbanen.
- Het convergentie- en divergentiepunt liggen in het verlengde van dezelfde markeringslijn.

Ter indicatie zijn enkele standaardlengtes van weefvakken op basis van verkeersafwikkeling gegeven bij een gemiddeld aandeel vrachtverkeer (15%).

aantal rijstroken					minimale weefvaklengte per ontwerpsnelheid (m)		
samenkomende rijbanen		weefvak	uit elkaar gaande rijbanen		90 km/h	70 km/h	50 km/h
links	rechts		links	rechts			
1-strooks	1-strooks	2-strooks	1-strooks	1-strooks	250	200	n.v.t.
2-strooks	1-strooks	3-strooks	2-strooks	1-strooks	500	400	n.v.t.

tabel 52: Indicatieve weefvaklengte bij 15% vrachtverkeer per ontwerpsnelheid

Asymmetrische weefvak

Asymmetrische weefvakken wijken af van de standaardvormgeving van symmetrische weefvakken. Een asymmetrisch weefvak heeft twee verschijningsvormen:

- Weefvakken waarbij het convergentie- en divergentiepunt niet langs dezelfde markeringslijn ligt.
- Weefvakken met een rijstrookvermeerdering, doordat de twee uit elkaar gaande rijbanen samen uit capaciteitsoverwegingen meer rijstroken nodig hebben dan het weefvak zelf. Dit is een rijstrookvermeerdering over het laatste deel van het weefvak wanneer uit het oogpunt van capaciteit op de splitsende rijbanen meer rijstroken nodig zijn dan op het weefvak. De toegevoegde strook is 450 m stroomafwaarts van het puntstuk op volledige breedte en wordt ingeleid door een overgangcurve van 100 m.

aantal rijstroken					minimale weefvaklengte per ontwerpsnelheid (m)		
samenkomende rijbanen		weefvak	uit elkaar gaande rijbanen		90 km/h	70 km/h	50 km/h
links	rechts		links	rechts			
1-strooks	2-strooks	3-strooks	2-strooks	1-strooks	525	400	n.v.t.
2-strooks	1-strooks	3-strooks	1-strooks	2-strooks	750	600	n.v.t.
2-strooks	1-strooks	3-strooks	2-strooks	2-strooks	575	450	n.v.t.

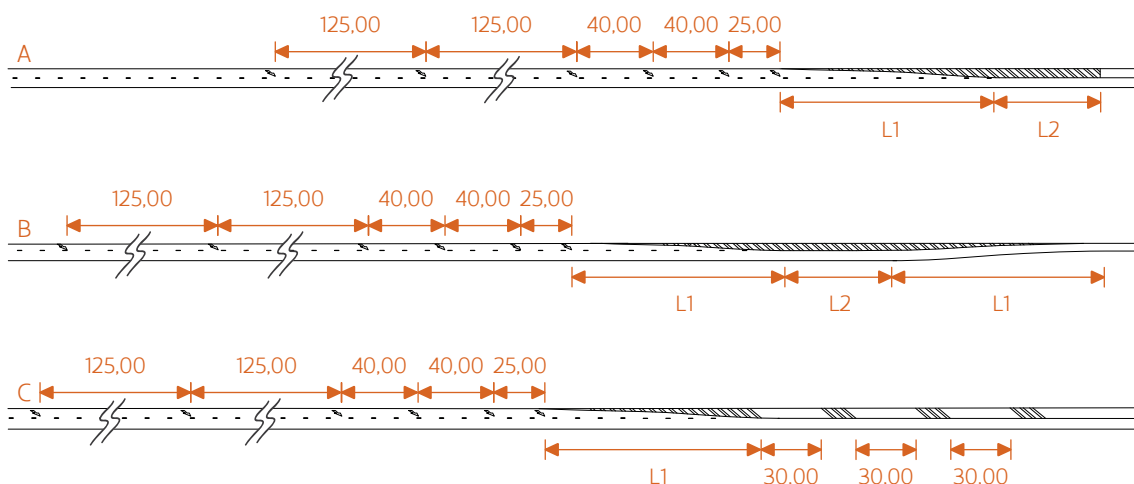
tabel 53: Minimumlengtes asymmetrische weefvakken per ontwerpsnelheid

6.5 Rijstrookbeëindiging

Een rijstrookbeëindiging is de reductie van het aantal rijstroken door de meest linkse rijstrook te laten eindigen. Een rijstrookbeëindiging komt enkel voor langs de linkerzijde van de rijbaan. Hierna wordt de rijstrookbeëindiging beschreven voor een doorgaand wegvak.

Een rijstrookbeëindiging wordt vormgegeven met een afstreping. Deze afstreping bestaat uit:

- Verkeersborden
- Rijstrookverminderingspijlen
- Overgangscurve
- Verdrijvingsvlakken



figuur 76: Standaardoplossing rijstrookbeëindiging bij ontwerpsnelheid > 50 km/h

De rijstrookbeëindiging wordt zodanig ontworpen dat:

- Het einde van de afstreping tijdig zichtbaar is, rekening houdend met het alignment en de inrichting en uitrusting van de weg (zie hoofdstuk "5.1.5.2 Zicht op een rijstrookbeëindiging").
- De opeenvolgende rijstrookverminderingspijlen en de aanzet van de afstreping volledig te overzien zijn zodat een zojuist ingezet inhaalmanoeuvre comfortabel voltooid kan worden (zie hoofdstuk "5.1.5.2 Zicht op een rijstrookbeëindiging").
- De linkerrijstrook uit veiligheidsoverwegingen ook feitelijk fysiek eindigt om te voorkomen dat bestuurders die met de situatie bekend zijn, over de wegmarkering heen rijden in plaats van op de daartoe bestemde plaats van rijstrook wisselen.

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte L1 (m) overgangscurve	lengte L2 (m) verdrijvings-vlakken op volle breedte
90	100	50
70		
50	55	50

tabel 54: Dimensionering rijstrookbeëindiging

De lengte van de overgangscurves bij een rijstrookbeëindiging bedraagt 100 m. Bij één overgangscurve wordt bijkomend op de verharding 50 m als volledig verdrijvingsvlak gemarkeerd (zie figuur 75A). De (gemarkeerde) tussenafstand tussen de twee overgangscurves in een asverschuiving bedraagt 50 m (zie figuur 75B). Als de verdreven rijstrook langer dan 50 m voortloopt, worden gearceerde vlakken om de 30 m aangebracht zodat men steeds vanuit het voertuig het volgende blok arceringen kan zien (zie figuur 75C). Er worden telkens zes rijstrookverminderingspijlen aangebracht met tussenafstanden zoals aangeduid op bovenvermelde figuren. Bovendien moet het verkeersbord F97 worden geplaatst ter hoogte van de start van de overgangscurve en wordt er een vooraankondiging van dit bord geplaatst op 250 m.

6.6 Rijstrookvermeerdering

Een rijstrookvermeerdering is de uitbreiding van het aantal rijstroken op een doorgaand wegvak. Extra rijstroken op Vlaamse hoofdwegen worden altijd aan de linkerzijde toegevoegd (ook bij kruipstroken) omdat deze een betere benutting hebben dan extra rijstroken aan de rechterzijde. Een rijstrookvermeerdering aan de rechterzijde is alleen toegelaten stroomopwaarts van divergentiepunten.



figuur 77: Standaardoplossing rijstrookvermeerdering

ontwerpsnelheid (km/h)	lengte L1 (m) overgangscurve
90	100
70	
50	55

tabel 55: Dimensionering verbreding met rijstrookvermeerdering

Het begin van de rijstrookvermeerdering moet zo gesitueerd zijn dat de extra rijstrook voldoende gevuld is op het punt waar de daadwerkelijke capaciteitsuitbreiding noodzakelijk is. De benodigde afstand tot het naderende convergentie- of divergentiepunt is te bepalen op basis van de benodigde bewegwijzeringsafstanden. Bij een rijstrookvermeerdering voorafgaand aan een divergentiepunt is een grote lengte voor goede bewegwijzering nodig.

De rijstrookvermeerdering zelf wordt ontworpen als een standaard rijstrook.

7 Wegaanhorigheden

De wegaanhorigheden van de rijbaan zijn het geheel van aanvullende voorzieningen ter bevordering van de verkeersveiligheid, het wegbeeld, het managen van het verkeer en de oriëntatie van de weggebruiker. Per tracé worden, indien van toepassing, zoveel mogelijk vergelijkbare (herkenbare) wegaanhorigheden toegepast. Te onderscheiden zijn:

- Afscherpende constructies
- Bewegwijzering, bebording en bebakening
- Openbare verlichting
- Dynamische signalisatievoorzieningen
- Geluidswerende constructies
- Verkeersregelininstallaties

Het aspect beplanting valt buiten de wegontwerppogave en wordt daarom in dit document buiten beschouwing gelaten. Het realiseren van eventuele beplanting moet wel in samenhang met het wegontwerp worden uitgevoerd en dient rekening te houden met de eisen van de hulpdiensten. Andere dan bovengenoemde wegaanhorigheden zijn binnen het dwarsprofiel niet toegestaan.

Wegaanhorigheden kunnen van invloed zijn op de breedte van het benodigde dwarsprofiel en op het ruimtebeslag van de weg. Het is bijgevolg van belang om de wegaanhorigheden al vroeg in het ontwerpproces mee te nemen. Wegaanhorigheden kunnen eveneens van invloed zijn op het wegbeeld en de beschikbare zichtlengte voor bestuurders. De wegaanhorigheid van de weg moet meegenomen worden in de visualisatie om vast te stellen of de beeldkwaliteit voldoende is.

Veel van de bovenstaande wegaanhorigheden hebben ook een relatie met de inpassing van kabels, leidingen en riolering. Bij het ontwerp van het dwarsprofiel moet rekening gehouden worden met de wegaanhorigheden die een directe relatie hebben met de ondergrondse infrastructuur (openbare verlichting, DVM-voorzieningen).

Weguitrusting is een onderdeel van de totale weginrichting. Weginrichting is daarmee een breder begrip dan de wegaanhorigheid omdat het bij de weginrichting ook kan gaan om vormgevingsaspecten van de weg zelf. Weginrichtingsaspecten, niet zijnde wegaanhorigheden, hebben geen directe relatie met het wegontwerp en zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

De weg en de aanhorigheden hebben een belangrijke invloed op de (natuurlijke) omgeving. Specifieke richtlijnen om hiermee rekening te houden werden opgenomen in het "[Vademecum weginfrastructuur, deel Natuurtechniek](#)". In de fiches zijn volgende onderdelen opgenomen:

- Het planproces
- De inrichting van de bermen (fiche 1) met aandacht voor de taluds en groenvoorziening (o.a. bomen)
- Waterbeheer (fiche 2)
- Weguitrusting (fiche 3) over verlichting, geluidschermen en -bermen, stoepranden en straatkolken ...
- Natuurmaatregelen onder de weg (fiches 4 en 5), kleine en grote faunaonderdoorgangen
- Natuurmaatregelen over de weg (fiches 6, 7 en 8), kleine en grote faunamaatregelen over de weg
- Fauna geleidende infrastructuur (fiches 9 en 10) over rasters en landschappelijke geleiding

7.1 Afscherpende constructies

Een afscherpende constructie beschermt voertuigen tegen obstakels naast de rijbaan (die binnen de veiligheidsstrook gelegen zijn) door deze af te schermen. Ze bestaan uit een lijn- of puntvormige constructie langs de weg.

Diverse types zijn te onderscheiden:

- Geleideconstructies, met inbegrip van beginconstructies en eindstukken
- Obstakelbeveiligers
- Overgangsconstructies
- Dilatatie-element bij brugvoegen
- Motorvangplanken

Afscherpende constructies hebben een direct gevolg op de inrichting van de naast de rijbaan gelegen bermen en op het ontwerp van het dwarsprofiel (zie hoofdstuk "5.4 Dwarsprofiel"). Voor meer informatie over de toepassingsmodaliteiten, types, eisen en plaatsingsvoorschriften wordt verwezen naar het "[Vademecum vergevingsgezinde wegen, deel gemotoriseerd verkeer](#)" en het "[Standaardbestek 250](#)".

7.2 Bewegwijzering, bebording en bebakening

De onderdelen bewegwijzering, bebording en bebakening zijn geen op zichzelf staande voorzieningen. Om een onsamenhangend geheel te voorkomen, moeten ze in combinatie met markering integraal worden ontworpen.

7.2.1 Bewegwijzering

Bewegwijzering is het geheel van visuele middelen dat op, langs of boven de weg is aangebracht om de weggebruikers in staat te stellen hun route te bepalen. Het doel van bewegwijzering is een bestuurder met de grootst mogelijke zekerheid, aan de hand van visuele middelen, naar zijn bestemming te geleiden. Bewegwijzering wordt toegepast ter hoogte van discontinuïteiten waar de bestuurder van rijbaan kan wisselen.

7.2.1.1 Functies

Bewegwijzering heeft de volgende functies:

- Het informeren van weggebruikers over weggebonden bestemmingen
- Het bieden van oriëntatie aan weggebruikers
- Het informeren van weggebruikers over de plaats waar ze zich bevinden

7.2.1.2 Aspecten

De aangeboden informatie moet door de weggebruiker gelezen, verwerkt en in actie omgezet kunnen worden zonder dat hij snelheid hoeft te verminderen. Bij de nadering van een actiepoint heeft de weggebruiker tijd nodig om voor te sorteren. Er worden dan ook meerdere voorwegwijzers vóór de afslaanrichting geplaatst, met een afstands aanduiding tot het actiepoint. Bewegwijzering heeft bijgevolg een sterke relatie met de inpassing in het alignement van een weg.

Bewegwijzering moet zodanig aangebracht worden dat de bestuurder:

- De aangeboden informatie kan lezen en verwerken zonder dat hij snelheid vermindert.
- Benodigde manoeuvres op een comfortabele manier kan bepalen en uitvoeren.
- De plaats kan bepalen waar hij zich op een gegeven moment bevindt.
- Informatie tot zich kan nemen over weggebonden bestemmingen zoals verzorgingsplaatsen.

De bewegwijzering heeft een sterke relatie met de vormgeving van Vlaamse hoofdwegen. Bewegwijzering moet daarom integraal in het ontwerpproces meegenomen worden.

Om een bewegwijzeringssysteem te laten functioneren, is het noodzakelijk een consequent systeem toe te passen. De vijf hoofdeisen waaraan bewegwijzering moet voldoen zijn:

- Uniformiteit
- Continuïteit
- Leesbaarheid
- Zichtbaarheid
- Begrijpelijkheid

De bewegwijzering ondersteunt een bestuurder bij de beslissing welke rijstrook of rijbaan hij moet kiezen zodat hij voorafgaand aan een divergentiepunt voldoende gelegenheid krijgt om zijn keuze te maken. Bovendien moet hij voldoende ruimte hebben om de daartoe benodigde rijstrookwisselingen en/of snelheidsaanpassingen te kunnen uitvoeren.

Bij de nadering van een actiepunt heeft een bestuurder tijd nodig om voor te sorteren. Daarom worden meerdere borden voor de afslaanrichting geplaatst met een afstands aanduiding tot het actiepunt. Deze borden stellen eisen aan de minimale afstand tussen twee aansluitingen.

7.2.2 Bebording

Bebording is het geheel aan verkeersborden zowel de wettelijk voorziene verkeersborden, zoals beschreven in het verkeersreglement en het reglement van de wegbeheerder als de borden van het AWV zoals ze voorkomen in dienstorders en het "[Standaardbestek 250](#)".

7.2.2.1 Functies

Bebording heeft de volgende functies:

- Markeren van een actiepunt
- Afdwingen van of aandringen tot bepaald rijgedrag
- Informeren over het wegverloop of over de omgeving

7.2.2.2 Aspecten

Bebording wordt zowel in continue situaties als ter hoogte van discontinuïteiten toegepast. Bebording heeft een beperkte relatie met het dwarsprofiel maar een sterke relatie met de inpassing in het alignement. Bij het ontwerp van het alignement moet rekening gehouden worden met de inpassing van de noodzakelijke bebording.

7.2.3 Bebakening

Onder bebakening wordt verstaan het geheel aan tekens en voorwerpen dat op, in, boven en naast de weg, kunstwerk en tunnel is aangebracht om het verkeer te geleiden.

Wegbebakening zorgt ervoor dat de weggebruiker zowel overdag als 's nachts, bij helder weer en vooral ook in slechtere weersomstandigheden, op ononderbroken wijze het verloop van de weg vroegtijdig over een aanzienlijke lengte kan overzien. De bebakening zorgt, aanvullend op de wegmarkeringen, voor geleiding en behoort samen met de wegverlichting tot de aanvullende wegwijzering.

Indien bepaalde afzonderlijke hindernissen, zoals bijvoorbeeld leuning en borstweringen, pijlers of landhoofden van kunstwerken, bomen en verlichtingspalen, onvoldoende zichtbaar, afgeschermd of beveiligd zijn, dan dienen deze hindernissen duidelijk te worden aangegeven door specifieke bebakening (bijvoorbeeld reflectoren).

De bebakening omvat niet:

- Betonnen of metalen afschermende constructies
- Verticale signalisatie zoals de inwendig verlichte zuilen, retroreflecterende kokers en zuilen
- Wegmarkeringen, namelijk de rijstrookmarkeringen en vooral de overlangse markeringen

Bebakening heeft de volgende functies:

- Verbeteren van de herkenbaarheid van het wegverloop
- Verhogen van het attentieniveau van de weggebruiker.

7.2.3.1 Horizontale bebakening

De horizontale bebakening omvat wegdekreflectoren als horizontale inrichting op het wegdek.

7.2.3.2 Verticale bebakening

Wegbebakening bestemd voor betonnen of metalen afschermende constructies: de belangrijkste technische functie van een afschermende constructie bestaat erin zoveel mogelijk te voorkomen dat er van de weg wordt afgereden. Zij kunnen eveneens als laterale geleiding dienen.

- Reflectorpalen, ook katafoten en afbakeningspalen genoemd: waar er geen afschermende constructies zijn, kan de geleiding gebeuren door witte reflectorpalen die rechtstreeks voorzien zijn van reflectoren.
- Bebakeningsborden met visgraatmarkering: de hierboven aangehaalde soorten bebakening (bebakening op afschermende constructies en reflectorpaaltjes) kunnen in sommige bochten onvoldoende blijken, hetzij omdat zij te laat worden waargenomen, hetzij omdat hun kromtestraal kleiner is dan normaal of om nog andere redenen. Hiervoor wordt verwezen naar de [dienstorder MOW/AWV/2008/16 "Signaleren van bochten"](#).
- Wegmarkeringen, namelijk de rijstrookmarkeringen en vooral de overlangse markeringen

7.2.4 Signaleren van bochten

Bij het signaleren van bochten op Vlaamse hoofdwegen wordt uitgegaan van de (minimum) boogstralen bij het begin van de uitrit, gecombineerd met de mate van overzichtelijkheid van de lus of de uitvoeging.

7.3 Openbare verlichting

De plaatsbepaling van openbare verlichting heeft een sterke relatie met de inrichting van het dwarsprofiel. Bij een plaatsing in de middenberm moet niet alleen ruimte gereserveerd worden voor de verlichtingsvoorzieningen maar ook voor de extra benodigde ruimte voor afscherpende constructies. Voor de zijberm gelden soortgelijke afwegingen. Verder moet er ook aandacht zijn voor de inpassing van (rand) aspecten als kabels en leidingen.

De ontwerper moet altijd nut en noodzaak van openbare verlichting op basis van de vigerende richtlijnen onderzoeken. Voor de vormgeving en inrichting wordt verwezen naar de "[Lichtvisie Vlaamse gewestwegen](#)" van het AWW.

7.4 Dynamische signalisatievoorzieningen

Dynamische signalisatievoorzieningen zijn alle voorzieningen ten behoeve van wegsignalisatie en wegmonitoring. Enkele voorbeelden van voor het wegontwerp relevante dynamische signalisatievoorzieningen zijn:

- Seinbruggen
- Meetlussen
- VMS-borden (Variable Message Signs)
- RVMS-borden (Roadside Variable Message Signs)
- RSS-borden (Rijstrooksignalisatie)
- AID-camera's (Automatische incidentdetectie)
- Camera's

De exacte locatie van de inplanting van de dynamische signalisatievoorzieningen dient afgestemd te worden met het Verkeerscentrum van het Agentschap Wegen en Verkeer.

7.4.1 Functies

Dynamische signalisatievoorzieningen hebben de volgende functies:

- Beheersen van de verkeersstromen
- Vereenvoudigen van het onderhoud
- Verzamelen van statistische gegevens betreffende het verkeer

7.4.2 Aspecten

Dynamische signalisatievoorzieningen hebben een zeer sterke relatie met het ontwerp van het dwarsprofiel en het alignement. De seinbruggen voor verkeerssignalisatie moeten ingepast worden in het dwarsprofiel en er zijn eisen aan de plaatsing van deze portalen in het alignement in relatie tot discontinuïteiten. Verder moet er aandacht zijn voor de inpassing van (rand)aspecten als kabels en leidingen.

7.5 Geluidswerende constructies

Een geluidswerende constructie vormt een obstakel tussen de bron en de ontvanger waardoor geluid afkomstig van wegverkeer zich niet meer vrij kan voortplanten van de bron tot bij de ontvanger.

Er bestaan twee grote groepen:

- Geluidsschermen
- Gronddammen

Geluidsschermen zijn wandvormige constructies. Een niet-gelimiteerd aanbod wordt beschreven in de [“Technische Handleiding voor Geluidswerende Constructies”](#). Gronddammen zijn trapeziumvormige constructies bestaande uit zand, grond en steenachtige materialen.

Meer informatie is terug te vinden in [“Geluidswerende maatregelen: Voorbeeldenboek voor gewestwegen in Vlaanderen”](#).

7.5.1 Functies

Geluidswerende constructies verminderen, vlak achter de geluidswerende constructie, het lawaai afkomstig van wegverkeer.

7.5.2 Aspecten

Voor de technische bepalingen van geluidswerende constructies wordt verwezen naar de [“Technische Handleiding voor Geluidswerende Constructies”](#).

7.6 Verkeersregelininstallaties

Bij een verkeersregelininstallatie aan een kruispunt hoort een bepaalde opstelling van de seinen. Er bestaan verschillende types seinen voor elk type weggebruiker (voetgangers, fietsers/bromfietsers, openbaar vervoer, gemotoriseerd verkeer) en er zijn seinen met volle lenzen en pijllichten. Naast de types lichten, de plaatsing van de seinen, de plaatsing van de palen zijn er ook verschillende paaltypes (standaard paal, boogpaal, portiek ...). De mogelijkheden en richtlijnen hierrond zijn opgenomen in het [“Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020”](#).

De plaatsing van de seinen heeft ook invloed op de plaats van de stopstreep. Om het zicht op het verkeerslicht te kunnen garanderen, moet de stopstreep op 4,50 m van de lichten liggen. Zo ontstaat een juiste hoek om vanuit het oogpunt van de bestuurder het verkeerslicht waar te nemen. Bij plaatsgebrek kan hier (licht) van worden afgeweken. Wanneer pijllichten enkel boven de rijstroken worden aangebracht, dan is een afstand van minstens 5 m wettelijk verplicht (Art. 18.1. van het MB). Bijkomende informatie is terug te vinden in het [“Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020”](#).

8 Tunnels

Dit hoofdstuk beschrijft het geometrisch wegontwerp van tunnels op Vlaamse hoofdwegen. Tenzij anders vermeld, worden de ontwerprichtlijnen met betrekking tot de overeenkomstige ontwerpelementen voor standaard open wegvakken op Vlaamse hoofdwegen als ontwerpnorm voor de tunnels aangehouden. In dit onderdeel komen verschillende voorzieningen en aandachtspunten aan bod die een impact hebben op het wegontwerp in of rond de tunnel. Meer uitgebreide richtlijnen over de verschillende voorzieningen zijn terug te vinden in de ["Vlaamse Tunnelrichtlijn"](#).

De hier beschreven richtlijnen zijn van toepassing op tunnels met een lengte van het gesloten gedeelte vanaf 250 m. Voor korte gesloten constructies (< 250 m) en 'tunnelachtige objecten', zoals verdiepte wegen en gedeeltelijk gesloten constructies, wordt verwezen naar het ["Kader veiligheidsvoorzieningen verdiepte wegen, korte overkappingen en gedeeltelijk gesloten constructies"](#) van Rijkswaterstaat.

Een tunnel is een speciale omstandigheid met specifieke risico's waardoor bijkomende maatregelen vereist zijn met betrekking tot beveiligingsapparatuur, verkeersbeheer, training van de hulpdiensten en interventieprogramma's. Tunnels zijn bijzondere delen in een wegvak omdat een tunnelingang of -uitgang in de beleving van de weggebruiker een onderbreking in het wegbeeld is. Daarnaast zijn er afwijkingen ten opzichte van:

- Lichtomstandigheden
- Zichtbeperkende voorwerpen
- (Openheid) wegbeeld
- Langshelling

In tunnels is sprake van een hoger verkeersveiligheidsrisico. De volgende aspecten liggen hieraan ten grondslag:

- Weggebruikers ervaren een hogere rijtaakbelasting vanwege de bovengenoemde afwijkingen.
- Er ontstaan (grotere) verschillen in de snelheid door de mogelijke aanwezigheid van verticale hellingen, wat tot een minder homogeen verkeersbeeld (turbulentie) leidt.
- De gevolgen van een incident kunnen, in geval van brand of het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, ernstiger zijn door de gesloten constructie.

Het domein van de tunnelveiligheid is er op gericht de extra veiligheidsrisico's voor de weggebruiker ten opzichte van de open weg te beheersen. Elk aanvullend verkeersveiligheidsrisico (als gevolg van het wegontwerp) is zeer ongewenst. Een veilige tunnel begint altijd bij een goede verkeersveiligheid.

Daarom wordt in tunnels voor Vlaamse hoofdwegen minimaal een gelijkwaardige inrichting voorgeschreven als voor standaard open wegvakken, zoals beschreven in dit vademecum. Aanvullend worden tal van veiligheidsvoorzieningen aangebracht in een tunnel om de gevolgen van een ongeval zoveel mogelijk te beperken (ventilatie, vluchtdeuren ...).

In wat volgt wordt nader ingegaan op de verschillen tussen tunnels en standaard open wegvakken. In [hoofdstuk "8.2 Wegbeeld"](#) wordt vervolgens aangegeven welke aanvullende aspecten meespelen bij het wegbeeld in en rond tunnels.

8.1 Verschillen tussen tunnels en standaard open wegvakken

Voor tunnels zijn volgende aanvullende aandachtspunten van toepassing ten opzichte van standaard open wegvakken:

- Brandveiligheid en kans op filevorming: verkeerslichtengeregelde kruispunten en rotondes die zich stroomafwaarts van de tunnel bevinden, verdienen speciale aandacht vanwege mogelijke fileterugslag naar de tunnel toe
- Dwarsprofiel: aanvullende/afwijkende eisen voor de maatvoering en inrichting van het dwarsprofiel
- Profiel van vrije ruimte: raakvlak met tunneltechnische installaties
- Zichtlengte: strengere eisen aan wegverloopzicht en afwijkende eisen aan anticipatiezicht
- Horizontale bogen: de tunnelwand en/of de afschermende constructie als een continu zichtbeperkend obstakel
- Verticale voetbogen: het tunnelplafond in combinatie met tunneltechnische installaties als een continu zichtbeperkend obstakel
- Langshelling en verticale rechtstand: geen grote hellingspercentages
- Convergentie- en divergentiepunten: specifieke eisen voor de locatie van convergentie- en divergentiepunten ten opzichte van de tunnelingang en -uitgang
- De tunnel, het dienstgebouw en de toegang tot beide dienen overal toegankelijk te zijn voor vlot en veilig onderhoud

De aandachtspunten worden hieronder verder toegelicht.

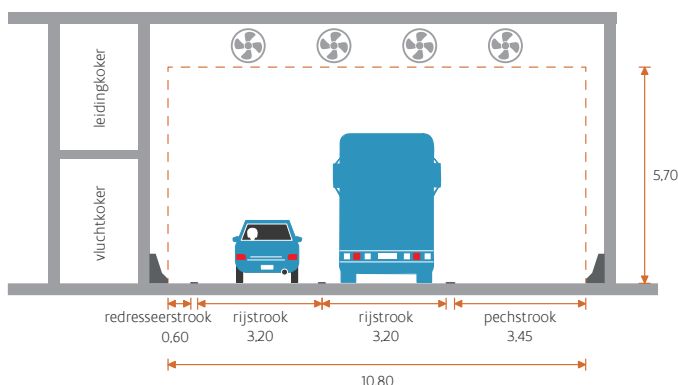
8.1.1 Brandveiligheid en kans op filevorming

Het risico bij brand is in tunnels sterk verhoogd in vergelijking met de open weg. In een lange, gesloten ruimte kan de temperatuur en de dichtheid van rookgassen veel sneller oplopen en al gauw leiden tot omgevingscondities die mogelijk fataal zijn voor de aanwezige tunnelgebruikers. Het is onmogelijk om een tunnel te ontwerpen zonder veiligheidsrisico's. De vuistregel hierbij luidt: hoe langer de tunnel, hoe groter de totale menselijke tol in het geval van een zware brand of een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Bijgevolg is het belangrijk om hier te allen tijde rekening mee te houden bij het ontwerpen van een tunnel.

Aangezien het gebied stroomafwaarts van een incident met brand niet volledig rookvrij kan gehouden worden, moet een tunnel samen met de omliggende weginfrastructuur zodanig ontworpen worden dat er geen structurele file in de tunnel kan ontstaan (zie [hoofdstuk "8.1.8 Verkeerslichtengeregelde kruispunten en rotondes"](#)). Dit moet grondig bestudeerd worden aan de hand van macrosimulaties (filegevoeligheid van het traject waarop de tunnel ligt) en microsimulaties (invloed van afritten, verkeerslichten, ...).

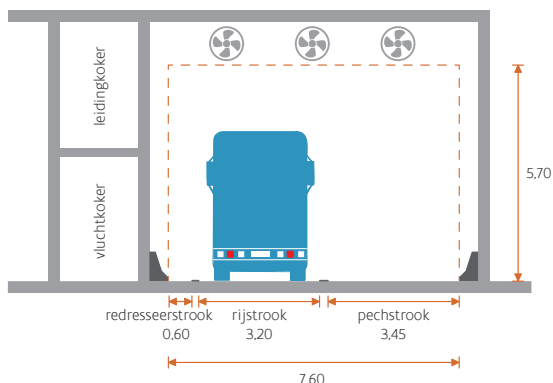
8.1.2 Dwarsprofiel

Een typische opbouw van een doorsnede van een tunnel met twee rijstroken in één richting is weergegeven in [figuur 78](#). De verschillende onderdelen worden in de volgende paragrafen verduidelijkt.



figuur 78: Dwarsprofiel tunnel 2 rijstroken

Indien de tunnel maar één rijstrook in één richting zou hebben, zou de totale breedte geen 10,80 m maar 7,60 m zijn. Dit is weergegeven in [figuur 79](#).



figuur 79: Dwarsprofiel tunnel 1 rijstrook

8.1.2.1 Aparte voertuigkokers

Het Vlaamse hoofdwegenet heeft een gescheiden verkeersafwikkeling waardoor de rijrichtingen bij deze wegen in aparte voertuigkokers worden ondergebracht. In een voertuigkoker op Vlaamse hoofdwegen is uitsluitend eenrichtingsverkeer toegestaan. Naast een voertuigkoker ligt een vluchtkoker om veilig vluchten mogelijk te maken met daarboven een leidingkoker zodat de kabels en leidingen gecompartmenteerd zijn van de voertuigkoker. Indien de voertuigkokers van beide rijrichtingen naast elkaar liggen, ligt de vluchtkoker en leidingkoker vaak in het midden en wordt dit benoemd als middentunnelkanaal.

8.1.2.2 Rijstrook

De breedte van de rijstroken wordt in de tunnels niet aangepast. Ze worden uitgevoerd als rijstroken op open wegvakken. De richtlijnen voor rijstrookbreedte worden beschreven in [hoofdstuk "5.4.3.1 Rijstrook"](#).

Bij het ontwerp van een tunnel moet de ontwerper nagaan in hoeverre er ruimte gereserveerd moet worden voor een toekomstige rijstrookvermeerdering (reserveringsstrook genoemd). Anders dan voor standaard open wegvakken geldt voor tunnels dat een keuze voor een verhardingsbreedte in principe onherroepelijk is.

8.1.2.3 Pechstrook

In een tunnel op een Vlaamse hoofdweg is - in tegenstelling tot een open wegvak - een pechstrook verplicht (zie [hoofdstuk "5.4.4.2 Pechstrook"](#)). Indien de aansluitende open weg een pechstrook heeft, wordt deze ter hoogte van de tunnel niet onderbroken. Deze pechstrook moet een breedte hebben van minimum 3,45 m (excl. randmarkering) en aan de rechterkant gelegen zijn.

De pechstrook aan de rechterkant wordt voorzien voor de veiligheid, de verkeersafwikkeling, de flexibiliteit en het onderhoud van de weg. De pechstrook bevordert voor de hulpdiensten ook de bereikbaarheid van een calamiteit, zowel in als na de tunnel.

8.1.2.4 Veiligheidsstrook

Volgens het principe van vergevingsgezinde wegen wordt een veiligheidsstrook voorzien langs de rijbaan. De veiligheidsstrook bestaat normaal gezien uit een redresseerstrook en een stopstrook. Omwille van de breedte is het echter economisch niet verantwoord een volwaardige veiligheidsstrook in tunnels te voorzien. Er wordt wel steeds een redresseerstrook in tunnels voorzien. De wanden of andere obstakels die binnen de veiligheidsstrook staan die worden afgeschermd met een afschermdende constructie.

8.1.2.5 Redresseerstrook

Er wordt aan beide zijden van de rijbaan een redresseerstrook voorzien. De redresseerstrook moet in tunnels dezelfde breedte hebben als bij een open wegvak, met name minimum 0,60 m (zie ook [hoofdstuk "5.4.4.1 Redresseerstrook"](#)). Een pechstrook doet aan de rechterzijde dienst als redresseerstrook. In tunnels wordt de redresseerstrook steeds geaccentueerd met een geprofileerde markering die de bestuurder waarschuwt dat hij van zijn rijstrook afwijkt.

8.1.2.6 Pechhavens

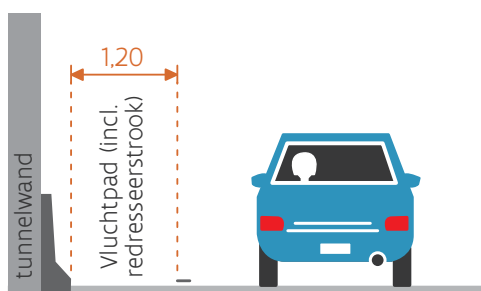
In een tunnel worden op Vlaamse hoofdwegen geen pechhavens voorzien.

8.1.2.7 Ruimtereservering voor personen die hun voertuig verlaten bij brand

In een tunnel kunnen incidenten en calamiteiten voorkomen die de tunnelgebruiker dwingen het voertuig te verlaten. Voor incidenten wordt een pechstrook voorzien aan de rechterzijde. Voor calamiteiten wordt een vluchtpad voorzien aan de linkerzijde.

Wanneer er zich een incident (pech of een kleine aanrijding) voordoet en het voertuig de tunnel niet meer kan verlaten, dient de bestuurder het voertuig zo ver mogelijk aan de rechterzijde van de voertuigkoker te plaatsen en het voertuig te verlaten. Personen blijven op dat moment in de voertuigkoker waar ze zich bevinden en kunnen gebruik maken van de pechstrook.

Wanneer er zich een calamiteit (brand of gevaarlijke stoffen) voordoet, dienen voorzieningen geïmplementeerd te worden om vluchtende tunnelgebruikers naar een veilige locatie te loodsen. Een middentunnelkanaal of vluchtkoker is hiervoor de voorkeursoplossing zowel voor veiligheid, beschikbaarheid als onderhoud. Indien toch geen vluchtkoker voorzien is, wordt een extra vluchtpad voorzien aan de linkerzijde van de voertuigkoker. Zo kunnen vluchtende tunnelgebruikers veiliger naar de ondersteunende koker vluchten, zijnde de koker waar zich geen calamiteit voordoet. Het vluchtpad is bij voorkeur niet verhoogd (ten behoeve van mensen met beperkte mobiliteit en personen met een handicap) en dient een minimale vrije ruimte te hebben van minstens 1,20 m op eenzelfde niveau. Indien het vluchtpad niet verhoogd is, mag de redresseerstrook er deel van uitmaken (zie [figuur 80](#)). Indien het vluchtpad verhoogd is, mag de redresseerstrook er geen deel van uitmaken (zie [figuur 81](#)). Een eventuele verbreding ten behoeve van de zichtlengte kan een onderdeel van het vluchtpad vormen, zolang er zich geen zichtbelemmerende objecten in bevinden.

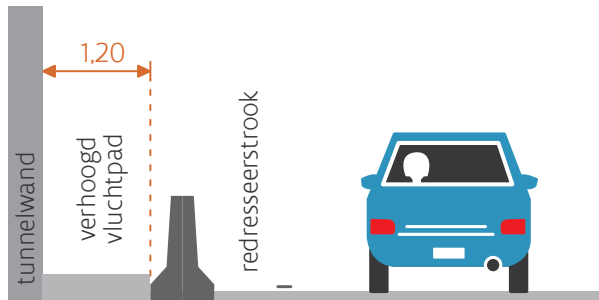


figuur 80: Niet verhoogd vluchtpad aan linkerzijde tunnel

Indien ein vluchtpad verhöht ist, dient dies von der rijbaan gescheiden zu werden durch eine geleideconstructie (siehe [figuur 81](#)). Das Niveau von kerend vermogen ist minimal H2 und die schokindex mag maximal klasse B sein. Das verhöht vluchtpad moet buiten die werkingsbreedte van der geleideconstructie liggen. Enkel geleideconstructies mit ein dynamische deflectie van 0,00 m mogen tot tegen der verhöht pad geplaatst werden. Die onderbreking van der betonnen geleideconstructie mag enkel ter hoogte van der vluchtdeuren voorzien sein, teneinde der werking van der geleideconstructie te kunnen blijven garanderen. Tussen der vluchtdeuren werden wel om der 50 m telkens stapgaten in der geleideconstructie voorzien om voetgangers toe te laten der verhöht voetpad te bereiken.

8.1.2.8 Calamiteitendoorsteek in middenberm

Een calamiteitendoorsteek is het geheel van maatregelen (verplaatsbare afschermdes constructies in de middenberm, verharding op de middenberm ...) die hulpdiensten de mogelijkheid moet geven om de middenberm te kruisen buiten de tunnel. De calamiteitendoorsteek maakt deel uit van het wegplatform en is verhard. De doorgang moet minimaal 10 m breed zijn en moet getoetst worden aan de draaicirkel van de voertuigen van de hulpdiensten.



figuur 81: Verhoogd vluchtpad aan linkerkant indien geen vluchtkokervoorzien is

8.1.3 Verticaal profiel van vrije ruimte

Op Vlaamse gewestwegen moet een minimale vrije hoogte van 5,70 m worden voorzien. Enkel indien in samenspraak met het team Zwaar Vervoer van AWV (zwaar.vervoer@mow.vlaanderen.be) een volwaardig alternatieve route voor uitzonderlijk vervoer kan bepaald worden, is het mogelijk de minimale vrije hoogte te verlagen tot minstens 5,10 m.

In tunnels moet boven de vrije hoogte nog ruimte voorzien worden voor eventuele tunneluitrusting zoals verlichting, signalisatie en ventilatoren. Bij een variabele vrije hoogte bevindt het laagste punt zich bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de tunnelingang om klemrijden diep in de tunnel te vermijden.

Er wordt met aandring op gewezen dat de vrije hoogte aanwezig moet zijn voor het volledige gedeelte van de verharding waarover gereden kan worden. Dit is dus inclusief de zone welke dienst doet als redresseerstrook en de pechstrook. Daarnaast moet de vrije hoogte ook aanwezig zijn op de plaats van de afschermdes constructie inclusief de werkingsbreedte ervan.

8.1.4 Zichtlengte

In tunnels gelden op het gebied van zichtlengte twee afwijkingen ten opzichte van standaard open wegvakken:

- Het wegverloopzicht mag niet onderbroken worden.
- Er hoeft niet voldaan te worden aan anticipatiezicht, behalve bij discontinuïteiten en bij de tunnelportalen.

Bij standaard open wegvakken is het in uitzonderlijke gevallen toegestaan dat het wegverloopzicht gedurende 2 rijseconden afwezig is. In tunnels is dit niet toegestaan.

Bij het wegontwerp in tunnels moet evenals bij standaard open wegvakken voldaan worden aan de minimale lengtes voor stopzicht en wegverloopzicht. Bij voorkeur wordt ook voldaan aan anticipatiezicht, maar behalve buiten bij discontinuïteiten en bij de tunnelportalen is dit geen vereiste. Anticipatiezicht heeft immers meer met comfort te maken. Bovendien is anticipatiezicht in tunnels minder relevant omdat de tunnelconstructie reeds zorgt voor een goede geleiding van de weggebruiker.

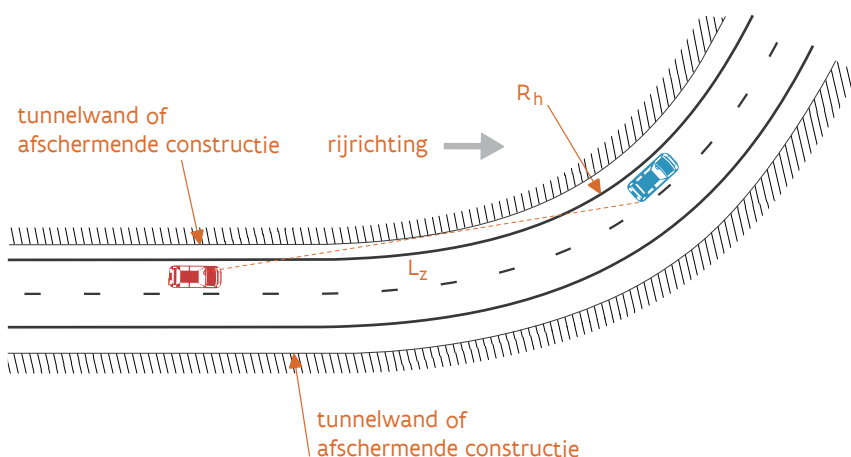
8.1.5 Horizontaal alignement

8.1.5.1 Horizontale rechtstand

De richtlijnen voor de uitvoering van horizontale rechtstanden op Vlaamse hoofdwegen worden beschreven in [hoofdstuk "5.2.1 Horizontale rechtstand"](#). Er moet wel aandacht besteed worden aan de oriëntatie van de portalen in een tunnel. Bij oost-westoriëntatie kunnen bestuurders verblind worden door de opkomende en ondergaande zon. Als maatregel kan gewerkt worden met lichtroosters aan het einde van de tunnel of kan het tracé aangepast worden.

8.1.5.2 Horizontale bogen

De richtlijnen voor de minimale bochtstraal worden beschreven in [hoofdstuk "5.2.2 Horizontale boog"](#). Bij de bepaling van de minimale horizontale boogstraal in een tunnel gelden dezelfde uitgangspunten voor het zichtpunt en het waarneempunt als bij standaard open wegvakken. In afwijking van standaard open wegvakken moet in een tunnel altijd gecontroleerd worden of de benodigde zichtlengte aanwezig is. De wandconstructie en/of afschermende constructie vormt namelijk een continu zichtbelemmerend voorwerp (zie [figuur 82](#)). Een vrachtwagen kan daarbij maatgevend zijn boven een personenwagen; zeker bij discontinuïteiten (met lagere snelheden) kan dit relevant zijn.



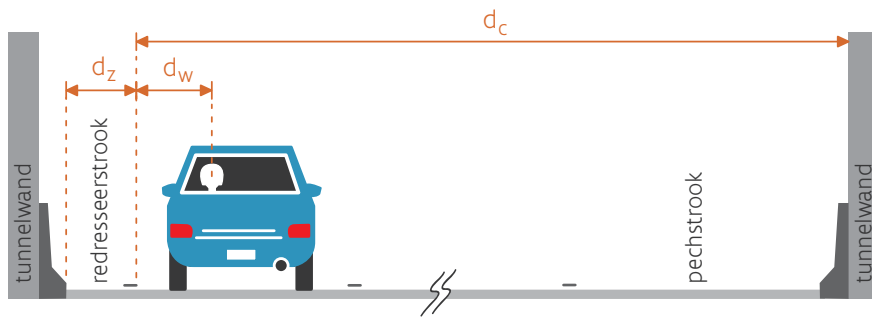
figuur 82: Zichtbeperking (stopzicht) in horizontale boog in een tunnel

De minimale boogstraal wordt als volgt berekend:

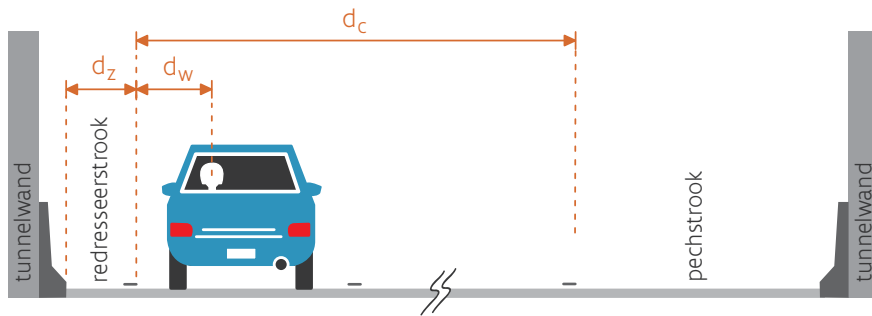
$$R_{h,\min} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{d_z + d_w} + \sqrt{d_z + d_c})^2}$$

Hierin is:

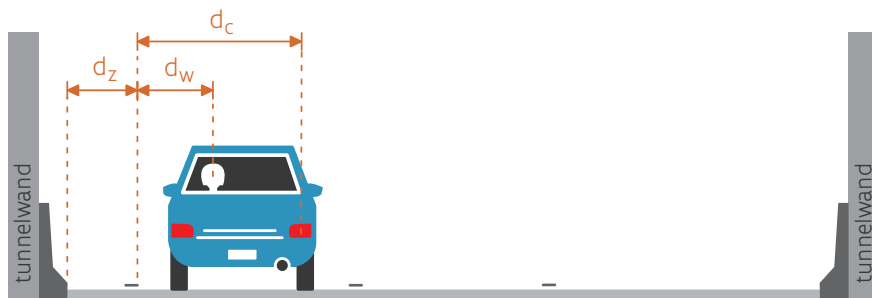
- L_z : zichtlengte (m)
- $R_{h,\min}$: minimale horizontale boogstraal (m)
- d_z : afstand tussen binnenkant randlijn en zichtbelemmerend voorwerp (m)
- d_w : afstand tussen binnenkant randlijn en waarneempunt bestuurder (m)
- d_c : afstand tussen binnenkant randlijn en controleobject (m)



figuur 83: Schematiseringen voor bepaling anticipatiezicht;



figuur 84: Schematiseringen voor bepaling wegverloopzicht



figuur 85: Schematiseringen voor bepaling stopzicht

type zicht	d_z (m)	d_w (m)	d_c (m)			
			1 rijstrook	2 rijstroken	3 rijstroken	4 rijstroken
anticipatiezicht	0,75	1,10	7,55	11,05	14,45	18,05
wegverloopzicht			3,80	7,30	7,10	7,10
stopzicht			2,30			

tabel 56: Standaard maatgevende parameters voor de bepaling van horizontale boogstralen

Voor de standaard weginrichting in tunnels (tabel 56) worden volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij de bepaling van de afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het zichtbelemmerend voorwerp (d_z) is de afschermende constructie als maatgevend zichtbeperkend element aangemerkt. De situatie aan de (standaard) middenbermzijde is als maatgevend beschouwd vanwege de smallere berm en het feit dat de bestuurder links in de auto zit. In afwijkende situaties moet een berekening met een andere waarde voor d_z worden uitgevoerd.
- Een voertuig op de linkerrijstrook in een linksdraaiende boog is maatgevend omdat de bestuurder links in de auto zit en de middenbermzijde smaller is vormgegeven.
- De stopzichtlengte wordt berekend op basis van de wrijvingscoëfficiënt, zoals bij standaard open wegvakken.
- De afstand tussen de binnenkant van de randlijn en het waarneempunt (bestuurder) (d_w) is op basis van een rijstrookbreedte van 3,20 m bepaald. Een afwijkende rijstrookbreedte heeft een lineair effect op de grootte van d_w .

Een andere inrichting van het dwarsprofiel zal resulteren in andere boogstralen. De berekening moet dan uitgevoerd worden met de van toepassing zijnde dimensies. Indien een wegvak in een horizontale boog van een tunnel onvoldoende zichtlengte biedt, moet een ruimere boogstraal worden toegepast. Een alternatief is het vergroten van de afstand tussen het zichtbelemmerend voorwerp en de randlijn door het voorwerp verder van de verharding af te plaatsen of door het dwarsprofiel anders in te delen. Een verlaging van de ontwerpsnelheid is geen optie wanneer dit niet overeenkomt met de aansluitende wegvakken of met de functie van de weg in het netwerk.

Bovenstaande berekeningsprincipes kunnen ook gebruikt worden bij horizontale bogen op of nabij bruggen/viaducten en bij krappe bogen op op- en afritten met zichtbeperkende elementen.

8.1.6 Verticaal alignement

In tunnels gelden specifieke eisen aan voetbogen, verticale rechtstanden en hellingspercentages.

8.1.6.1 Verticale bogen

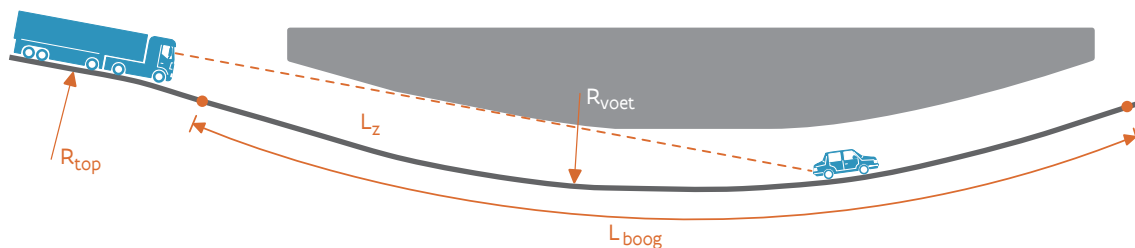
In vergelijking met een open wegvak vergen voetbogen in tunnels bijkomende aandacht. Net zoals bij een topboog wordt de minimale straal van de voetboog (R_v) bepaald door de gewenste zichtlengte (L_z). De zichtafstand wordt echter beïnvloed door de hoogte van de tunnel en de eventuele signalisatie en installaties. In de meeste situaties zal niet het tunnelplafond maatgevend zijn voor de zichtlengte, maar de zichtbelemmering als gevolg van de tunneltechnische installaties. In [figuur 86](#) en [figuur 87](#) is een vereenvoudigde weergave van die werkelijkheid weergegeven.

Een vrachtwagen is als voertuig maatgevend omdat dit voertuig de grootste ooghoogte heeft. De eigenlijke zichtbaarheid in het verticale vlak is in functie van de ooghoogte van de chauffeur en de objecthoogte. De minimale boogstraal van de voetboog wordt bepaald met behulp van volgende formule:

$$R_{v,\min} = \frac{L_z^2}{2 * (\sqrt{h_t - h_o} + \sqrt{h_t - h_n})^2}$$

Hierin is:

- L_z : zichtlengte (m)
- $R_{v,\min}$: minimale verticale boogstraal voetboog (m)
- h_t : hoogte van het zichtbelemmerende voorwerp boven het wegdek (m): profiel van vrije ruimte blijft aangehouden omdat zichtbelemmerende voorwerpen hierbuiten toegepast mogen worden.
- h_o : ooghoogte van de vrachtwagenbestuurder (2,50 m)
- h_n : hoogte van het waar te nemen voorwerp = 0,25 m in geval van een obstakel op de weg. Indien er wordt uitgegaan van een stilstaande file, wordt $h_n = 0,50$ m genomen.

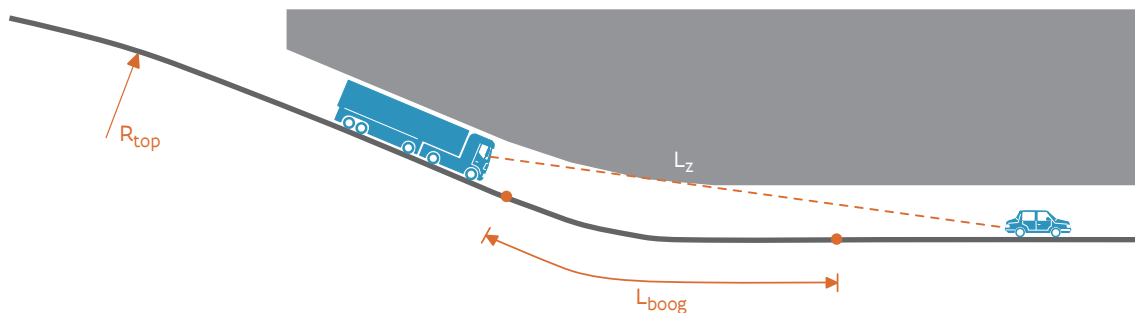


figuur 86: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog

Voor de maatgevende zichtlengte worden de minimaal benodigde lengtes voor stopzicht gebruikt. Wegverloopzicht is in tegenstelling tot bij open wegvakken niet maatgevend. De bovenstaande formule houdt geen rekening met wegbeeldeisen. Er moet daarom nagegaan worden of bij de toepassing van deze boogstralen geen onwenselijk wegbeeld ontstaat. Bij het bepalen van voetbogen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Anticipatiezicht is niet maatgevend bij voetbogen in of nabij tunnels.
- De stopzichtlengte wordt berekend op basis van de wrijvingscoëfficiënt, zoals bij standaard open wegvakken.
- Bij 70 km/h en 50 km/h zijn voor de grootte van de verticale boogstraal de comforteisen maatgevend boven de zichteisen, [zie hoofdstuk "5.3.3 Voetboog"](#).

Bovenstaande formule gaat uit van situaties waarbij de lengte van de voetboog groter is dan de benodigde zichtlengte. Het gaat dan om ondiep gelegen tunnels (landtunnels) bestaande uit een aaneenschakeling van topboog-voetboog-topboog (top-voet-top). Bij diepgelegen tunnels komt er meestal een verticale helling tussen de bogen waardoor de lengte van de voetboog doorgaans kleiner wordt dan de benodigde zichtlengte (zie [figuur 87](#)). Bovenstaande rekenmethode is op dat vlak wel toepasbaar maar leidt tot overgedimensioneerde boogstralen. Om te controleren of er aanzienlijke overdimensionering is, kan de zichtlengte grafisch (met gebruik van software) bepaald worden.



figuur 87: Schematisering zichtlengte (stopzicht) in voetboog met kleine booglengte

8.1.6.2 Langshelling en verticale rechtstand

Vanuit veiligheidsoogpunt zijn in tunnels lage hellingspercentages gewenst. Bij het ontwerp van tunnels moet extra aandacht uitgaan naar de capaciteit en de verkeersveiligheid als gevolg van die langshelling.

Hellingen van meer dan 5% zijn in nieuwe tunnels niet toegestaan, tenzij er vanuit geografisch oogpunt geen andere oplossing mogelijk is. In tunnels met hellingen van meer dan 3% worden aanvullende of strengere maatregelen genomen om de veiligheid te verhogen op basis van een risicoanalyse. Dit principe is overgenomen uit Artikel 5 van KB van 6 november 2007 en wordt gehanteerd voor alle tunnels gelegen op Vlaamse en Europese hoofdwegen.

Afhankelijk van het hellingspercentage wordt de hellingslengte ([zie hoofdstuk "5.3.1.2 Ontwerpparameters"](#)) beperkt. Bij toenemende hellingen resulteert een snelheidsreductie in snelheidsverschillen, wat vervolgens tot turbulentie en verkeersonveiligheid leidt. Hellingen tot maximaal 2% kunnen voor onbeperkte lengte worden aangehouden. Een verticale rechtstand met een langshelling groter dan 2% moet beperkt worden in lengte. De aanbevolen maximale waarde voor de hellingslengte, afhankelijk van het hellingspercentage, is weergegeven in [tabel 57](#). De snelheidsterugval van vrachtwagens bedraagt bij deze hellingslengte niet meer dan 20 km/h. Indien men toch afwijkt van deze waarde, dient de resulterende snelheidsterugval gecontroleerd te worden met een geëigend softwarepakket.

hellingspercentage (%)	hellingslengte (m)
tot 2	onbeperkte helling
3	≤ 1000
4	≤ 600
5	≤ 450

tabel 57: Aanbevolen maximale hellingslengte bij verticale rechtstand, afhankelijk van het hellingspercentage

8.1.7 Convergentie- en divergentiepunten

Bij het ontwerp van convergentie- en divergentiepunten in en rond tunnels in Vlaanderen moet volgende aanpak gehanteerd worden:

- Ontwerp de discontinuïteit op voldoende afstand buiten het tunnelportaal (dan wel het in- of uitgangsportaal).
- Onderzoek, bij onvoldoende ruimte tussen de discontinuïteit buiten de tunnel en het tunnelportaal, of het ontwerp kan worden aangepast. Indien dit niet mogelijk is, onderzoek of met compenserende maatregelen alsnog een acceptabel veiligheidsniveau verkregen wordt.

Voor alle tunnels moet voldaan zijn aan de eisen volgens "[Wegontwerp in tunnels Convergentie- en divergentiepunten in en nabij tunnels](#)" uitgegeven door Rijkswaterstaat.

Indien compenserende maatregelen vereist zijn, moet een deskundige beoordelen of en met welke combinatie van maatregelen alsnog een acceptabel ontwerp verkregen kan worden.

8.1.8 Verkeerslichtengeregelde kruispunten en rotondes

Aangezien het gebied stroomafwaarts van een incident met brand niet rookvrij kan gehouden worden, moet een tunnel samen met de omliggende weginfrastructuur zodanig ontworpen worden dat er geen structurele file in de tunnel kan ontstaan. Kruispunten en rotondes stroomafwaarts van een tunnel mogen geen aanleiding geven tot een wachtrij of file in de tunnel.

De afstand tussen het tunnelportaal en de staart van de wachtrij of file is minimaal gelijk aan de stopzichtlengte. Daarbovenop moet de afstand tussen het tunnelportaal en het kruispunt of rotonde minimaal gelijk zijn aan de anticipatiezichtlengte.

Ook stroomopwaarts van de tunnel moet de nodige aandacht gegeven worden aan kruispunten en rotondes, daar deze tot weefbewegingen in de tunnel en een verhoogde taakbelasting kunnen leiden.

8.2 Wegbeeld

In tunnels moet bovenop de in [hoofdstuk "5.4.13 Wegbeeld"](#) genoemde wegbeeldaspecten extra aandacht uitgaan naar het volgende:

- Samengestelde boog in de tunnel
- Overgang van de open naar de gesloten situatie
- Omgeving van de tunnelingang en -uitgang

8.2.1 De samengestelde boog

Een samengestelde boog is een combinatie van een horizontale en verticale boog. De afzonderlijke minimale bochtstralen kunnen echter niet zonder meer gecombineerd worden. Er moet per situatie een inschatting gemaakt worden of de desbetreffende combinatie al dan niet tot gewenst rijgedrag leidt. De maatgevende zichtlengtes moeten steeds aanwezig zijn. Een deskundige moet aan de hand van een wegbeeldanalyse bepalen of het ontwerp al dan niet voldoet. Hierbij speelt niet enkel het alignement een bepalende rol maar bijvoorbeeld ook de vormgeving van de tunnelingang.

8.2.2 Overgang van de open naar de gesloten situatie

Een tunnel is in de beleving van de weggebruiker een onderbreking in het wegbeeld. Om nadelige effecten op het rijgedrag van bestuurders te voorkomen, is aandacht noodzakelijk voor de vormgeving van de overgang van de open naar de gesloten situatie en omgekeerd, en voor de vormgeving van tunnelelementen (zoals de tunnelwanden). Het is gunstig als autobestuurders kunnen anticiperen op het binnenrijden van de tunnel. Dit kan door de invoeringen in een ruime horizontale boog te leggen waardoor de afstand tot het tunnelportaal (en voorliggende auto's) goed kan worden ingeschat. De wegontwerper moet per project een inschatting maken van het wegbeeld dat bestuurders zullen ervaren.

8.2.3 Omgeving van de tunnelingang en -uitgang

Naast de kenmerken van de weg en de tunnel zelf, is ook de omgeving van de tunnelingang en -uitgang van invloed op het rijgedrag van bestuurders. De wegontwerper moet per project een inschatting maken van het wegbeeld dat de bestuurders zullen ervaren. Bij het ontwerpen moet rekening gehouden worden met de in het landschap aanwezige elementen. Enkele aandachtspunten zijn:

- De omgeving ter hoogte van het uitgangsportaal dient zodanig ontworpen te worden (kruispunten, afritten, kruisingen) dat geen structurele file terugslaat tot in de tunnel.
- Omgevingselementen, zoals kruisende infrastructuur en beplanting, kunnen voor geleiding of misleiding zorgen. De ingang van de tunnel en het verloop van de weg er naartoe moeten daarom goed opvallen tegen de omgeving.
- Bij het naderen van de ingang van een tunnel en het verlaten van een tunnel moet verblinding door de (laagstaande) zon worden voorkomen, met name bij de overgang van donker naar licht. Het oog moet geleidelijk aan de nieuwe lichtsituatie kunnen wennen.
- Bij lange tunnels moet voorkomen worden dat het uitgangsportaal ruim vóór het uitrijden van de tunnel reeds in zicht is. Bestuurders gaan zich hier anders teveel op fixeren en minder alert reageren op prikkels rondom hen.
- In de buurt van de tunnel dient voldoende ruimte gereserveerd te worden voor het dienstgebouw.

- De tunnel, het dienstgebouw, en de toegang tot beide dienen overal toegankelijk te zijn voor vlot en veilig onderhoud.
- De tunnel moet vlot bereikbaar zijn voor de hulpdiensten.
- Op voldoende afstand van de tunnelingang dient opstelruimte voor de hulpdiensten, en verzamelruimte voor vluchtende tunnelgebruikers voorzien te worden.
- Tunnels worden vaak voorzien van slagbomen voor de tunnelingang. Bij tunnels langer dan 500 m is dit verplicht, bij kortere tunnels kan dit noodzakelijk zijn op basis van een risicoanalyse.
- Voor tunnels met ADR-categorie A dienen de slagbomen op minimaal 150 m van het ingangsportaal te staan vanwege de extra risico's buiten de tunnel bij een explosie.
- Bij de inplanting van de tunnel dient mogelijk ook rekening gehouden te worden met de inplanting van rookmuren of het uitspringen van het middentunnelkanaal ten opzichte van de verkeerskokers.
- De afwatering dient afgestemd te worden op de komst van een tunnel.

Begrippenlijst

begrip	definitie
afrit	verbindingsweg tussen de Vlaamse hoofdweg en het onderliggend wegennet, vaak ter hoogte van een ongelijkvloerse kruising.
afschermende constructie	constructie geïnstalleerd langs de weg om een kerend vermogen te bieden aan een dwalend voertuig.
alignement	horizontaal en/of verticaal verloop van een weg, spoorweg of waterweg.
anticipatiezicht	zicht op het samenspel van de elementen die bepalend zijn voor de herkenning van het verloop van de weg
autosnelweg	Europees verdrag inzake wegverkeer: een openbare weg die speciaal is ontworpen voor het verkeer met motorvoertuigen en waarop aanpalende eigendommen geen uitweg hebben en die: <ul style="list-style-type: none">• behalve op bepaalde plaatsen of tijdelijk, is voorzien van gescheiden rijbanen voor de beide verkeersrichtingen, welke rijbanen van elkaar gescheiden zijn hetzij door een berm die niet voor het verkeer is bestemd, hetzij bij uitzondering op andere wijze• geen andere openbare weg, spoor- of tramweg of pad voor voetgangers op hetzelfde niveau kruist• door verkeersborden speciaal als autoweg is aangeduid. Wegcode: de openbare weg waarvan het begin of de oprit aangeduid is met het verkeersbord F9 en het einde met het verkeersbord F11.
bebakening	geheel aan tekens en voorwerpen dat op, in, boven en naast de weg, kunstwerk en tunnel is aangebracht om het verkeer te geleiden.
bochtverbreding	verbreed gedeelte van de rijbaan in een horizontale boog.
bypass	verbindingsweg ter hoogte van een kruispunt (VRI of rotonde) die rechts afslaand verkeer afwikkelt buiten het kruispunt.
convergentiepunt	punt of gebied waar verkeersstromen met dezelfde rijrichting al dan niet verspreid over meerdere rijbanen onder een kleine hoek samenkomen en overgaan in minder rijbanen dan wel minder rijstroken.
divergentiepunt	punt of gebied waar verkeersstromen met dezelfde rijrichting op een rijbaan onder een kleine hoek uit elkaar gaan en zich verspreiden over meer rijbanen dan wel meer rijstroken.
dwarshelling	tangens van de hoek die de horizontaal in een dwarsprofiel maakt met de lijn tussen de zijkant en de kruin van het verhardingsoppervlak.
dwarsprofiel	verticale doorsnede loodrecht op de as van de weg, spoorweg of waterweg.
hoofdbaai	rijbaan, bestemd voor doorgaand verkeer.
interventiemobiliteit	de mogelijkheid die de hulpdiensten aangereikt krijgen om zich op een vlotte wijze doorheen het verkeer te bewegen bij dringende opdrachten in reguliere verkeersomstandigheden, maar ook bij wegenwerken.
invoeging	convergentiepunt waar een rijbaan door middel van een of meer invoegstroken wordt ingevoerd in de doorgaande rijbaan.
invoegstrook	rijstrook van beperkte lengte ter plaatse van een convergentiepunt, die grenst aan een doorgaande rijstrook van een rijbaan en in rijrichting gezien begint bij de spitse punt van het puntstuk. Een invoegstrook is bedoeld om verkeer afkomstig van een toeleidende rijbaan in de gelegenheid te stellen zijn snelheid te verhogen alvorens de doorgaande rijstrook op te rijden.

knooppunt	ongelijkvloers kruispunt van twee verschillende hoofdwegen waartussen uitwisseling mogelijk is.
kruiptrook	rijstrook die ter plaatse van een steile helling bergop wordt toegepast als extra rijstrook voor het tragere (vracht)verkeer.
middenberm	wegberm tussen twee hoofdbanen met tegengestelde rijrichtingen of strook tussen de aanvoertak en afvoertak van een (turbo)rotonde.
middeneiland	gebied in het midden van de (turbo)rotonde. Dit gebied bestaat uit een rammelstrook (bestrating) voor de sleeplijn van vrachtwagens en een niet overrijdbaar deel, waar bebordingen beplanting kan worden aangebracht.
midentunnelkanaal	indien de voertuigkokers van beide rijrichtingen naast elkaar liggen, ligt de vluchtkoker en leidingkoker vaak in het midden en wordt dit benoemd als midentunnelkanaal.
natuurtechniek	maakt gebruik van civiele en ecologische technieken bij het ontwerpen, bouwen en herstellen van infrastructuur met een meerwaarde voor de natuurlijke omgeving.
objectafstand	door bestuurders aangehouden afstand tot voorwerpen langs de eigen rijstrook.
obstakel	vast voorwerp dat voor uit koers geraakte voertuigen bij aanrijding aanzienlijke voertuigvertragingen oplevert, ernstige schade aan het voertuig en/of een grotere kans op ernstig (dodelijk) letsel aan de inzittenden of derden veroorzaakt.
op- en afrittencomplex	ongelijkvloers knooppunt waarbij de verkeersuitwisseling gebeurt via op- en afritten aansluitend op het onderliggend wegennet.
ophoging	gedeelte van de grondconstructie tussen de onderzijde van het zandbed en het oorspronkelijke maaiveld.
oprit	verbindingsweg tussen de Vlaamse hoofdweg en het onderliggend wegennet, vaak ter hoogte van een ongelijkvloerse kruising.
overgangsboog	geleidelijke overgang tussen een rechtstand en een cirkelboog of tussen twee cirkelbogen.
parallax	verschijnsel dat de schijnbare positie van een voorwerp ten opzichte van een ander voorwerp en/of de achtergrond varieert als het vanuit verschillende posities bekeken wordt.
passeersnelheid	snelheid waarmee het gemotoriseerde verkeer de (turbo)rotonde volledig kan passeren. Deze snelheid dient lager te zijn dan 40 km/h en kan in de ontwerpfasen worden getoetst.
pechhaven	korte, verharde strook langs de rijbaan/pechstrook/busbaan waarop uitsluitend in bijzondere gevallen of in geval van nood mag worden gestopt.
pechstrook	verharde strook langs een rijbaan van een Vlaamse hoofdweg, waarop uitsluitend in bijzondere gevallen of in geval van nood mag worden gereden of gestopt.
puntstuk	wegmarkering ter aanduiding van een convergentiepunt of divergentiepunt.
rammelstrook	strook langs het middeneiland van een (turbo)rotonde die is voorzien van basaltblokken en waarover vrachtwagens met de achterwielen kunnen rijden (sleeplijn).
rammelstrookband	betonnen band die wordt toegepast als de rand van het middeneiland de overgang vormt tussen het asfalt van de binnenste rotondestrook en de bestrating van het middeneiland.
randlijn	wegmarkering die de rand van de rijbaan aanduidt.
rechtstand	rechte lijn in een alignement. Men onderscheidt horizontale en verticale rechtstanden.

redresseerstrook	een verharde strook van beperkte breedte, naast de rijbaanbreedte, bedoeld om weggebruikers de gelegenheid te geven hun koers te corrigeren.
reserveringstrook	ruimte die gereserveerd kan worden voor een toekomstige rijstrookvermeerdering in een tunnel.
rijbaan	deel van de openbare weg ingericht voor het voertuigverkeer.
rijbaanbreedte	breedte van de buitenkant van de randlijn tot de buitenkant van de tegenoverliggende randlijn. Bij afwezigheid van een randlijn is de rijbaanbreedte gelijk aan de verhardingsbreedte. De goot maakt geen deel uit van de verhardingsbreedte van een rijbaan.
rijcurve	de bereden baan van het voertuig, inclusief de sleeplijn van de achterwielen.
rijstrook	strook van de rijbaan die voldoende breed is voor het verkeer van één rij voertuigen.
rijstrookmarkering	overlangse markeringen die de rijstroken aanduiden zijn wit en kunnen bestaan uit : <ul style="list-style-type: none"> • een doorlopende streep • een onderbroken streep • een naast elkaar getrokken doorlopende en onderbroken streep
rijstrookscheiding	De rijstrookscheiding benadrukt dat weggebruikers op de (turbo)rotonde of rijbaan een 'eigen' rijstrook hebben en gaat weven op de rotonde tegen. De rijstrookscheiding is goed overrijdbaar door lange voertuigen en bij calamiteiten.
rotondeboog	straal van de buitenste rijstrook op de turborotonde.
rotondestrook	rijstrook op de turborotonde.
samenvoeging	convergentiepunt van twee rijbanen met ongeveer dezelfde ontwerpsnelheid: van elk van de samenkomende rijbanen loopt ten minste één rijstrook door.
splitsing	divergentiepunt waar een rijbaan overgaat in twee rijbanen met ongeveer dezelfde ontwerpsnelheid: beide rijbanen bevatten ten minste één rijstrook van de oorspronkelijke rijbaan.
standaard dwarshelling	dwarshelling in een dwarsprofiel ten behoeve van de afwatering.
stopstrook	zone naast de redresseerstrook, bijvoorbeeld een (onverharde) berm. In deze strook is het niet meer de bedoeling dat de bestuurder zich nog kan corrigeren, maar zou hij toch gecontroleerd tot stilstand moeten kunnen komen.
stopzicht	afstand waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om een eventueel aanwezige file (over de volledige rijbaan) te kunnen waarnemen, deze als zodanig te herkennen en om tijdig zijn voertuig tot stilstand te brengen.
tegenverkanting	dwarshelling in de boog van een weg, die afloopt naar de buitenzijde van een boog en die geen compensatie biedt aan de middelpuntvliedende kracht op rijdende voertuigen.
topboog	cirkelvormige bovenafronding in een lengteprofiel.
tracé	verschillende types (rijbanen binnen de) wegvakken, kruispunten en aansluitingen.
traject	een belangrijke doorgaande route voor grote aandelen verkeer.
uitvoeging	divergentiepunt waar een rijbaan door middel van een of meer uitrijstroken wordt afgeleid van de doorgaande rijbaan.

uitvoegstrook	rijstrook van beperkte lengte ter plaatse van een divergentiepunt, die grenst aan een doorgaande rijstrook van een rijbaan en, in rijrichting gezien, eindigt bij de spitse punt van het puntstuk. Een uitvoegstrook is bedoeld om verkeer afkomstig van de doorgaande rijstrook/rijstroken in de gelegenheid te stellen zijn snelheid te verminderen alvorens de afbuigende rijbaan op te rijden.
v_{85} -snelheid	de v_{85} -snelheid komt overeen met de 85-percentiel snelheid. Dit is de snelheid die door 85% van de bestuurders niet wordt overschreden in normale weersomstandigheden. Ze weerspiegelt de snelheid die een ruime meerderheid (85%) van bestuurders als redelijk en veilig beschouwt in ideale omstandigheden.
veiligheidsstrook verdriftpijl	stopstrook + redresseerstrook. wegmarkering die het verkeer naar een aangrenzende rijstrook geleidt, uitgevoerd als een onder een bepaalde hoek aangebrachte pijl (rijstrookverminderingspijl).
verdriftingsvlak	deel van de openbare weg dat niet voor het verkeer toegankelijk wordt gemaakt door middel van markeringen
verkanting	dwarshelling in de boog van een weg of spoorweg, die ten doel heeft de middelpuntvliedende kracht van rijdende voertuigen geheel of gedeeltelijk te compenseren.
verkantingsovergang vetergang	gedeelte van de verkeersbaan waar de dwarshelling van richting verandert. van de rechte lijn afwijkende koers van voertuigen ten gevolge van storende krachten en koerscorrecties.
voetboog wachtzone	cirkelvormige onderafronding in een lengteprofiel. een strook in een tunnel waar personen, nadat ze het voertuig verlaten hebben, kunnen wachten op hulp.
weefstrook	rijstrook die behoort tot die rijstroken in een weefvak die minimaal vereist zijn om te kunnen weven.
weefvak	rijbaangedeelte van beperkte lengte tussen convergentiepunt en divergentiepunt, dat bedoeld is om te weven.
wegberm	gedeelte van een weg tussen rijbanen of tussen een buitenste rijbaan en de naastgelegen weggrens.
wegmarkering in lengterichting	wegmarkering waarvan de lengterichting in beginsel evenwijdig loopt aan de as van de weg
wegvak	een samenstelling van een alignement en een dwarsprofiel voor één rijrichting. Het wegvak vormt een geheel waarbinnen een continu wegontwerp aanwezig is.
wegprofiel	het wegprofiel beschrijft de indeling van de weg in rijbanen en rijstroken en wordt genoteerd door middel van 2 getallen, gescheiden door een "x". Het eerste getal staat voor het aantal rijbanen en het tweede voor het aantal rijstroken per rijrichting. Voorbeeld: een 2x1 is een weg die bestaat uit 2 rijbanen met elk 1 rijstrook.
wegverloopzicht	benodigde lengte waarover een bestuurder de weg moet kunnen overzien om zijn rijtaak veilig en comfortabel uit te voeren
zichtlengte	afstand waarover de bestuurder het direct voor hem liggende deel van de weg kan overzien.

Afkortingenlijst

afkorting	betekenis
ADR	Vervoer van gevaarlijke goederen over de weg (Accord européen relatif au transport international de marchandises Dangereuses par Route)
AGR	European Agreement on Main International Traffic Arteries
AID	Automatische incidentdetectie
AWV	Agentschap Wegen en Verkeer
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek
DVM	Dynamisch Verkeersmanagement
EU	Europese Unie
I/C-verhouding	Intensiteit/capaciteit-verhouding
ITS	Intelligent Transport Systems
KB	Koninklijk Besluit
mvt	Motorvoertuigen
OV	Openbaar vervoer
pae	Personenauto-equivalent
prt-lengte	Perceptiereactietijd-lengte: de lengte die wordt afgelegd tijdens de perceptie-reactietijd
ROA	Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen
RSS	Rijstrooksignalisatie
RVMS	Roadside Variable Message Signs
tan	tangens
TEN-V	Trans-Europees vervoersnetwerk
VI	Voertuigoverhellingsindex
VMS	Variable Message Signs
VRI	Verkeersregelininstallatie

Referentielijst

CROW publicatie 126 – Eenheid in rotondes

CROW publicatie 257 - Turborotondes

Federale Overheid. (12 juli 1956). Wet tot vaststelling van het statuut der autosnelwegen.

Federale Overheid. (KB 4 juni 1958). Koninklijk Besluit betreffende de vrije stroken langs autosnelwegen.

Federale Overheid. (KB 6 november 2007). Koninklijk Besluit betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans-Europese wegennet.

Kroon L. (TU Delft), Verspuij J. (Witteveen+Bos), van Loon A. (Rijkswaterstaat). (2012). The Step Theory - a valid vision on traffic safety or just a myth?

Rijkswaterstaat. (2007). Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen (NOA).

Rijkswaterstaat. (2008). Wegontwerp in tunnels Convergentie- en divergentiepunten in en nabij tunnels

Rijkswaterstaat. (2014). Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA).

Rijkswaterstaat. (2017). Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA).

Rijkswaterstaat. (2019). Kader veiligheidsvoorzieningen verdiepte wegen, korte overkappingen en gedeeltelijk gesloten constructies.

Rijkswaterstaat. (2019). Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA).

United Nations. Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee. (1975). European Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR).

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2008). Dienstorder MOW/AWV/2008/24. Verkeerstunnels op het grondgebied van het Vlaams Gewest.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2010). Geluidswerende maatregelen: Voorbeeldenboek voor gewestwegen in Vlaanderen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2014). Dienstorder MOW/AWV/2014/2. Aanduiding verkeersknooppunten en uitritten op autosnelwegen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2014). Dienstorder MOW/AWV/2014/6. Plaatsingsvoorwaarden bebakening.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2015). Technische handleiding voor geluidswerende constructies.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2017). Standaardbestek 270 (versie 4). Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2019). Lichtvisie op autosnelwegen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Basisprincipes inrichting robuust wegennet: Europese hoofdwegen & Vlaamse hoofdwegen

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Dienstorder MOW/AWV/2020/12. Maatregelen ter preventie van spookrijden.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Standaardbestek 250 voor de wegenbouw (versie 4.1).

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Vademecum vergevingsgezinde wegen (VWV), deel gemotoriseerd verkeer.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2022). Dienstorder MOW/AWV/2022/08. Algemene omzendbrief nopens de wegsignalisatie

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2023). Vademecum weginfrastructuur (VWI), deel Europese hoofdwegen.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2023). Vademecum weginfrastructuur (VWI), deel Natuurtechniek.

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2020). Handboek Ontwerp verkeerslichtenregelingen 2020

Vlaamse Overheid, Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2012). Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen.

Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken. (2023). Afwegingskader voor conflictvrij regelen in Vlaanderen

Vlaamse Overheid, Verkeerscentrum. (2015). Studierapport Fileproblematiek op afritten snelwegen Vlaanderen 2014-2015.



AGENTSCHAP WEGEN EN VERKEER
EXPERTISECENTRUM

Koning Albert II Laan 15 bus 420 - 1210 Brussel
www.wegenenverkeer.be - ec@mow.vlaanderen.be