

Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen

GCW-2012



© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

CROW is het nationale kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte. Deze not-for-profit-organisatie ontwikkelt, verspreidt en beheert praktisch toepasbare kennis voor beleidsvoorbereiding, planning, ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud. Dit gebeurt in samenwerking met alle belanghebbende partijen, waaronder Rijk, provincies, gemeenten, adviesbureaus, uitvoerende bouwbedrijven in de grond-, water- en wegenbouw, toeleveranciers en vervoersorganisaties. De kennis, veelal in de vorm van richtlijnen, aanbevelingen en systematieken, vindt haar weg naar de doelgroepen via websites, publicaties, cursussen en congressen.

CROW heeft zijn activiteiten gebundeld in zes domeinen:

- Leefomgeving
- Milieu
- Verkeer & Vervoer
- Infrastructuur
- Aanbesteden & Contracteren
- Bouwprocesmanagement

CROW

Galvanistraat 1, 6716 AE Ede
Postbus 37, 6710 BA Ede
Telefoon (0318) 69 53 00
Fax (0318) 62 11 12
E-mail crow@crow.nl
Website www.crow.nl

Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen

GCW-2012

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

Maart 2012

ISBN: 978 90 6628 597 2

CROW en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan.

CROW sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor de schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van de gegevens.

De inhoud van deze publicatie valt onder bescherming van de auteurswet.

De auteursrechten berusten bij CROW.

Woord vooraf

Het actueel houden van kennis en richtlijnen is een belangrijke taak van CROW. Dit geldt zeker ook voor de 'Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen', beter bekend als de GCW. Deze vierde uitgave, CROW-publicatie 298, vervangt de derde editie uit 2007 (CROW-publicatie 251).

In deze nieuwe uitgave zijn de laatste inzichten over akoestische modellering en dimensionering van geluidbeperkende constructies opgenomen. Ook wordt op tal van plaatsen verwezen naar de meest recente (Europese) normen en richtlijnen. Verder is in deze uitgave de plaats van de GCW in het ontwerp- en bouwproces beter beschreven.

Nog een belangrijke wijziging ten opzichte van de vorige uitgave is dat in de tekst duidelijk wordt aangegeven welke elementen van de GCW als harde eis moeten worden gezien, bij welke elementen er keuzes gemaakt moeten worden en welke elementen als toelichtende tekst dienen.

Met de diverse wijzigingen wil CROW de toepassing van de GCW verder verbeteren. De GCW-2012 is mogelijk gemaakt door financiële steun van de Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat.

Ik dank allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van deze publicatie.

CROW
dr. ir. I.W. Koster, directeur

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

De werkgroep 'GCW-2012' was bij het afronden van deze publicatie als volgt samengesteld:

ing. W.J.A. van Vliet, *RWS Dienst Verkeer en Scheepvaart* (voorzitter)
ir. M.J. Eijbersen, *CROW* (secretaris)
ir. D.M. Alsem, *Royal Haskoning*
ing. E.T. Benjert, *Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam*
ir. E. Hofschreuder, *LBP Sight*
ing. J.G. Kamer, *Royal Haskoning*
ir. L.J. Oostlander, *BAM Infraconsult*
ir. F. de Roo, *TNO Industrie en Techniek*
ing. C.M.N. van de Sanden, *RWS Dienst Infrastructuur*
ing. P.C. Vos, *ProRail*
E. Zuur, *Heijmans Techniek en Mobiliteit b.v.*

De tekst van de publicatie is opgesteld door ir. D.M. Alsem, Royal Haskoning. Deze uitgave is mogelijk gemaakt door financiële steun van de Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat.

Inhoud

Inleiding 8

1 Akoestische aspecten 13

- 1.1 Definities 13
- 1.2 Akoestische ontwerpspecificaties 14
- 1.3 Geluidsisolatie 14
 - 1.3.1 Eisen geluidsisolatie 14
 - 1.3.2 Productgegevens geluidsisolatie 15
 - 1.3.3 Bepalingsmethode geluidsisolatie, met en zonder meting 16
- 1.4 Geluidsabsorptie 16
 - 1.4.1 Eisen geluidsabsorptie 17
 - 1.4.2 Productgegevens geluidsabsorptie 18
 - 1.4.3 Geluidsabsorptie en effect op geluidsreflecties 18
- 1.5 Akoestische effecten bij schermonderdelen en schermtypen 19
 - 1.5.1 Openingen, voegen, spleten 19
 - 1.5.2 Doorbrekingen of sluizen in een geluidbeperkende constructie 21
 - 1.5.3 Schermtoppen 22
 - 1.5.4 Middenbermschermen 23
 - 1.5.5 Hellende schermen 24
 - 1.5.6 Geïntegreerde geluidsschermen 25

2 Esthetische vormgeving 27

- 2.1 Ontwerpproces 27
 - 2.1.1 Thematische Aanpak Geluidbeperkende constructies 28
 - 2.1.2 Visueel-Ruimtelijke Analyse 28
 - 2.1.3 Routeontwerp 29
 - 2.1.4 Communicatie in het ontwerpproces 29
 - 2.1.5 Verificatie van het ontwerp 30
- 2.2 Vormgevingsaspecten 30
 - 2.2.1 Beleving 31
 - 2.2.2 Landschap 33
 - 2.2.3 Ecologie 38
 - 2.2.4 Meervoudig ruimtegebruik 38
 - 2.2.5 Sociale veiligheid 39
 - 2.2.6 Kunst 39
- 2.3 Materialen in verband met vormgeving 39
 - 2.3.1 Beton en houtvezelbeton 39
 - 2.3.2 Hout 39
 - 2.3.3 Kunststof en glas 39
 - 2.3.4 Metaal 40
 - 2.3.5 Metselsteen 40
 - 2.3.6 Schanskorven 40
- 2.4 Vormen van geluidbeperkende constructies 40
 - 2.4.1 Schermvormen 40
 - 2.4.2 Begroeide constructies 41
 - 2.4.3 Samengestelde schermen 42
 - 2.4.4 Geluidsschermen in verband met luchtkwaliteit 44
- 2.5 Detaillering 45
 - 2.5.1 Basiselementen 45
 - 2.5.2 Begin en einde van schermen 45
 - 2.5.3 Overgangen tussen verschillende typen geluidbeperkende constructies 46
 - 2.5.4 Lokaal afwijkende vormen 46

3 Veiligheid 47

- 3.1 Verkeersveilig ontwerp 47
 - 3.1.1 Plaatsing in het dwarsprofiel 47
 - 3.1.2 Plaatsing in het lengteprofiel 48
 - 3.1.3 Afwerking van geluidbeperkende constructies 49
 - 3.1.4 Verkeersgeleiding en -misleiding 49
 - 3.1.5 Licht- en beeldreflecties 50
 - 3.1.6 Flikkering 50
 - 3.1.7 Geïntegreerde geluidsschermen 50
 - 3.1.8 Doorsteken middenbermscherm 51
- 3.2 Vluchtdeuren en vluchtwegen 51
- 3.3 Brandveiligheid 54

4 Dimensionering en detaillering 56

- 4.1 Dimensionering 56
 - 4.1.1 Permanente belastingen 57
 - 4.1.2 Windbelasting 57
 - 4.1.3 Bijzondere belastingen: botsbelasting 60
 - 4.1.4 Bepaling referentiehoogte schermen op speciale locaties 62
 - 4.1.5 Zuiging en druk ten gevolge van voorbij rijdend (spoor)verkeer 63
 - 4.1.6 Wateraccumulatie 63
 - 4.1.7 Funderingen 63
 - 4.1.8 Omvang en diepte geotechnisch grondonderzoek 64
 - 4.1.9 Ontgraving 64
 - 4.1.10 Corrosie 65
 - 4.1.11 Vervormingen 65
 - 4.1.12 Vermoeiing 67
- 4.2 Detaillering 68
 - 4.2.1 Ingelijmde of ingestorte staven of ankers 68
 - 4.2.2 Voetplaten 68
 - 4.2.3 Toleranties 68
 - 4.2.4 Waterindringing 69
 - 4.2.5 Temperatuurwerking 69
 - 4.2.6 Pop-out 69
 - 4.2.7 Kieren 69
 - 4.2.8 Afwatering 69
 - 4.2.9 Maatvoering 70
- 4.3 Bestendigheid 70
 - 4.3.1 Materiaalkeuze 70
 - 4.3.2 Bescherming tegen corrosie 71
 - 4.3.3 Problemen door contact tussen materialen 71
 - 4.3.4 Weerstand tegen steenslag 71
 - 4.3.5 Brand 71
- 4.4 Bouwstoffen 72
 - 4.4.1 Gekleurd beton 72
 - 4.4.2 Glas 73
 - 4.4.3 Hout 75
 - 4.4.4 Kunststoffen 76
 - 4.4.5 Aluminium 76
 - 4.4.6 Staal 77
 - 4.4.7 Rubber 78

4.4.8	Metselwerk	78
4.4.9	Absorptie- en dempingsmaterialen	79
4.5	Keuring	79
4.5.1	Systeemkeuringen	79
4.5.2	Productnorm CE	79
4.6	Duurzaamheid	81
4.6.1	Demonteren en verwijderen	81
4.6.2	Hergebruik	81
4.7	Voorzieningen ter bescherming van vogels	82
4.7.1	Markeringen	82
4.7.2	Typen markeringen	82
4.7.3	Kwaliteitseisen in verband met markeringen	83
4.7.4	Beplanting	83
4.7.5	Stand van het scherm	83
4.8	Detailtering constructies met beplanting	84
4.8.1	Beplanting	84
4.8.2	Constructie	84
4.8.3	Aanvullende watervoorzieningen	84
4.8.4	Groeiplaatsomstandigheden	85
4.8.5	Mechanische beschadigingen	87
4.8.6	Ziekten en plagen	87
4.8.7	Windgevoeligheid	87
4.8.8	Luchtverontreiniging	88
4.8.9	Soortenkeuze	88
4.9	Geluidswallen	88
4.9.1	Vorm	88
4.9.2	Inrichting	89
4.9.3	Zettingen	89
4.9.4	Samenstelling en afwerking	90
4.9.5	Hemelwaterafvoer	90
4.9.6	Milieuhygiënische regels	90

5	Beheer en onderhoud	91
5.1.1	Reiniging	91
5.1.2	Verantwoordelijkheid	91
5.1.3	Beheer en onderhoud begroeide schermen	91

Literatuur en websites	95
-------------------------------	-----------

Bijlagen

I	Begrippen	96
II	Afkortingen	97
III	Overzicht normen	98

Inleiding

De ‘Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen’, hierna verder aangeduid als GCW-2012, zijn bedoeld als handleiding bij het uitwerken van geluidbeperkende constructies in het vervolg op akoestisch onderzoek bij onder meer milieueffectrapportages (m.e.r.’s) en ontwerp-tracébesluiten (OTB’s). De GCW-2012, hierna GCW genoemd, geeft aan met welke eisen en randvoorwaarden op grond van actuele normen en richtlijnen rekening moet worden gehouden.

Omgekeerd geeft de GCW ook aanwijzingen waar al bij m.e.r.’s en OTB’s rekening mee kan worden gehouden. Een voorbeeld betreft de plaats van geluidbeperkende constructies. Om de kans op aanrijdingen te beperken, moet er voldoende afstand tot de rijbaan zijn. Dit kan betekenen dat in een m.e.r. of OTB de mogelijkheden om geluidsschermen te plaatsen worden beperkt. In dat geval kunnen ter plaatse andere maatregelen nodig zijn om de gewenste reductie van het verkeerslawaai te behalen.

Behalve voor de plaatsing van geluidbeperkende constructies geeft de GCW ook aanwijzingen voor diverse andere aspecten van geluidbeperkende constructies, zoals:

- de vormgeving, zowel in relatie tot de omgeving en de gebruikers (automobilisten, bewoners, beheerders) als in relatie tot de akoestische eigenschappen;
- de detaillering, met name in verband met een veilig gebruik van de weg (voorkomen van zonlichtweerskaatsing, schadebeperking bij calamiteiten);
- constructieve aspecten van de standzekerheid;
- veilig beheer en onderhoud.

De GCW biedt een basis om in overleg de (minimum)-eisen aan geluidbeperkende constructies te bepalen en deze in bouwcontracten vast te leggen.

De GCW is bedoeld voor:

- akoestisch adviseurs, om meer gedetailleerde informatie en randvoorwaarden te geven over het middel geluidsscherm als geluidbeperkende maatregel. Daarmee wordt de overgang tussen het resultaat van akoestisch onderzoek in een m.e.r. en het uiteindelijke ontwerp kleiner.
- vormgevers en constructeurs, om informatie te geven over de gevolgen van ontwerpkeuzes voor het akoes-

tisch resultaat. Dit om te vermijden dat met ontwerpkeuzes de vereiste geluidbeperking mogelijk negatief wordt beïnvloed.

- opdrachtgevers, zoals Rijkswaterstaat, ProRail, provincies en gemeenten, om met de GCW wensen en eisen te specificeren voor bouwcontracten.
- bouwers en leveranciers, voor de uitwerking en detaillering van geluidsschermen.

Context

In figuur 1 is schematisch de context van de GCW in het bouwproces aangegeven. Het uitgangspunt bij dit schema is dat er behoefte bestaat aan een geluidbeperkende maatregel als gevolg van de aanleg of reconstructie van een weg.

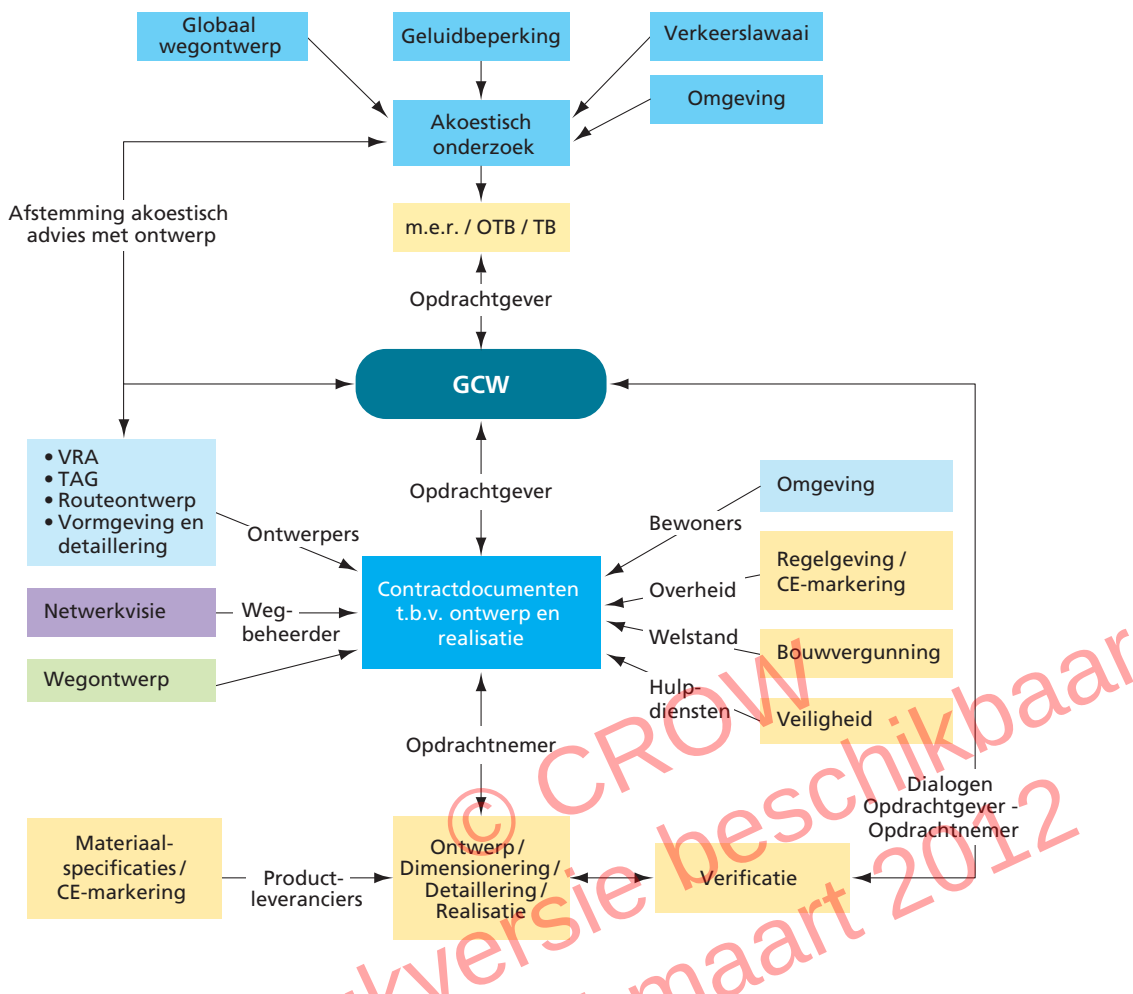
Het schema geeft het proces weer voor het realiseren van geluidbeperkende constructies met behulp van de GCW. Hierbij zijn twee toepassingen te onderscheiden:

- Bij het initiatief en de planvorming voor de aanleg van een geluidbeperkende constructie worden op basis van de globale gegevens de eerste randvoorwaarden vastgesteld in een m.e.r. of OTB. De GCW geeft hierbij aanwijzingen voor de mogelijkheden en onmogelijkheden. Er is hier sprake van de eerste wisselwerking tussen het akoestisch onderzoek en de GCW.
- Voor de uitwerking in contracten, voor het maken van het gedetailleerde ontwerp of voor de aanleg formuleert de GCW eisen die overgenomen kunnen worden in contracten met de opdrachtnemer. De GCW vormt nu een basis voor dialoog tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Bij de detaillering is sprake van de laatste wisselwerking tussen de GCW en het akoestisch onderzoek.

Input voor de realisatie

Voor de uitwerking van het ontwerp of voor de realisatie van geluidbeperkende constructies zijn eisen en randvoorwaarden nodig uit het akoestisch onderzoek (zie ‘Handleiding akoestisch onderzoek wegverkeer’ [23] op www.stillerverkeer.nl) of rechtstreeks van de opdrachtgever. Deze kunnen als volgt worden ingedeeld.

Figuur 1. Context van de GCW



• Eisen:

- globale afmetingen, zoals lengte en hoogte van een scherm, en de referentiële ten opzichte waarvan de schermhoogte is berekend;
- locatie van het scherm langs de weg (van - tot) en de horizontale en verticale positie ten opzichte van de rijbaan waar bij de akoestische berekening van is uitgegaan;
- akoestische eigenschappen van de constructie, zoals de mate van absorptie en de geluidsisolatie;
- vormgeving, waaronder transparantie, helling van het scherm, vorm en kleurgebruik;
- materiaalkeuze in verband met onderhoud;
- lichtreflecties en eventuele hinderlijke flikkering van zonlicht;
- locaties van vluchtdeuren en vluchtwegen bij het scherm in verband met de bereikbaarheid voor hulpdiensten;
- levensduur;
- verkeershinder tijdens de realisatie.

• Randvoorwaarden:

- bebouwing omgeving tijdens de levensduur in verband met te rekenen windbelasting 'onbebouwd' of 'bebouwd' en eventuele extra winddruk ten gevolge van (toekomstige) hoogbouw nabij het scherm;
- aansluiting van de hemelwaterafvoer op de omgeving;
- afspraken over de maatvoering van de schermhoogte;
- aspecten met betrekking tot kruisende infrastructuur:
 - o materiaalkeuze in verband met veiligheid van kruisende infrastructuur bij brand;
 - o voorzieningen voor de hemelwaterafvoer boven kruisende infrastructuur.

Met deze input en de begeleidende normen en richtlijnen zoals in deze GCW beschreven, kan de geluidbeperkende constructie worden uitgewerkt.



Leeswijzer

In deze GCW-2012 is als volgt aangegeven hoe de verschillende teksten (of delen daarvan) moeten worden opgevat:

- ❗ **Tekst in rood, voorafgegaan door een uitroepteken-symbool en een verticale rode lijn, heeft betrekking op (minimum)eisen.**
- 🔊 **Tekst in blauw, voorafgegaan door een weegschaal-symbool en een verticale blauwe lijn, heeft betrekking op keuzemogelijkheden; de informatie kan aanleiding geven eisen te veranderen of aan te vullen.**

Overige tekst, in zwart, heeft betrekking op onder meer inleidende, toelichtende en achtergrond-achtige informatie.

Hoofdstuk 1 geeft informatie over de akoestische eigenschappen van geluidbeperkende constructies. Er wordt ingegaan op aspecten die van belang zijn voor de vormgeving en de uitwerking van de constructies. Deze informatie vormt de basis waarop ontwerpen uiteindelijk moeten worden getoetst. In hoofdstuk 2 wordt de achter-

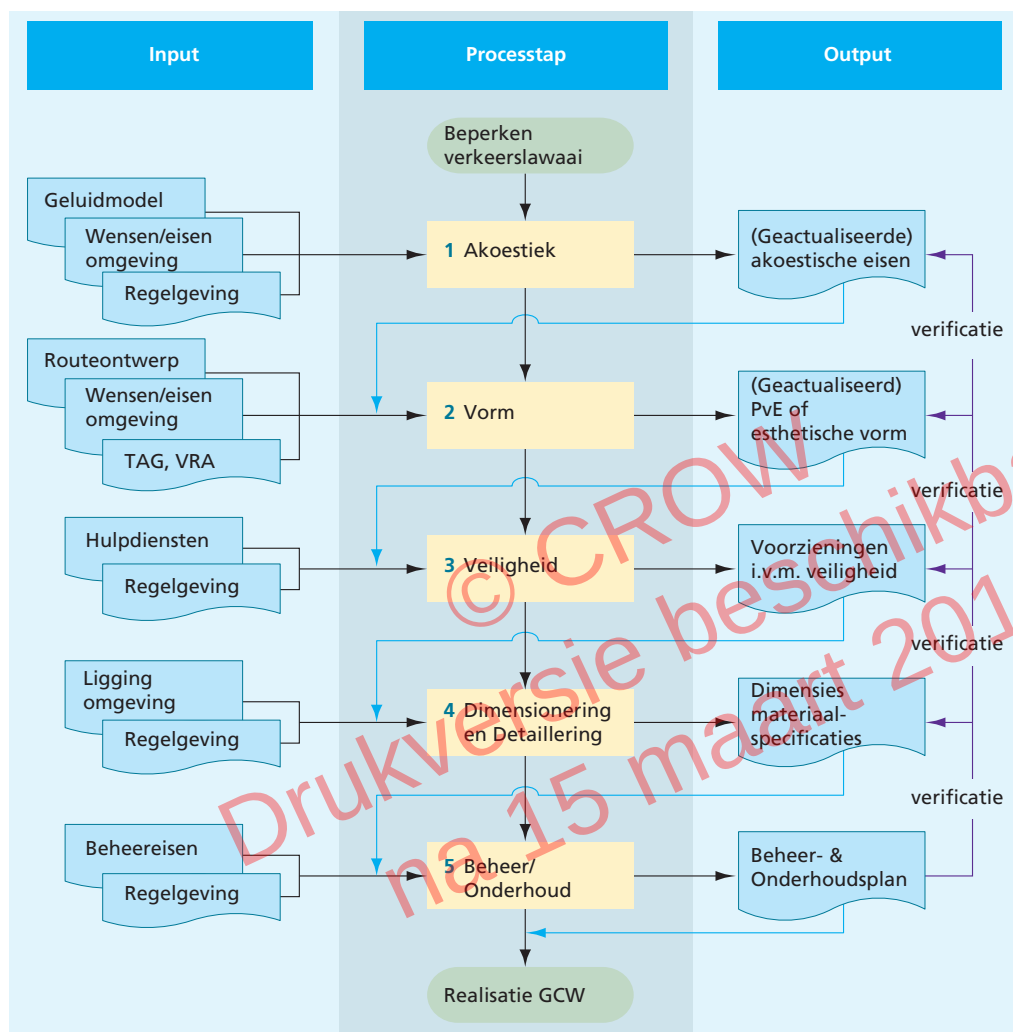
grond van vormkeuzen toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de veiligheid met betrekking tot geluidbeperkende constructies langs wegen. Hoofdstuk 4 geeft aanwijzingen voor de dimensionering van geluidbeperkende constructies. Aan de orde komen de belastingen waarop de constructies berekend moeten zijn. Ook wordt ingegaan op de detaillering. In hoofdstuk 5 wordt kort ingegaan op het beheer en onderhoud.

In figuur 2 is de hoofdstukindeling van de GCW schematisch gekoppeld aan het ontwerpproces. Het schema geldt als leeswijzer voor het realiseren van geluidbeperkende constructies.

Geluidbeperkende constructies langs spoorwegen

De richtlijnen in deze publicatie zijn geschreven uit de optiek van autowegen en niet uit de optiek van spoorwegen. Hoewel er grote overeenkomsten zijn tussen geluidbeperkende constructies langs wegen en langs spoorwegen, zijn er ook belangrijke verschillen. De overeenkomsten betreffen vooral de draag-

Figuur 2. Ontwerpproces en hoofdstukindeling GCW



constructies. De verschillen hebben te maken met de waarneming (reiziger, machinist), de belasting (windzuiging ten gevolge van treinen die een geluidbeperkende constructie op korte afstand met hoge snelheid passeren), de veiligheid, de bereikbaarheid en de vorm.

Voor specifieke richtlijnen voor geluidbeperkende constructies langs spoorwegen wordt verwezen naar het ProRail-ontwerpvorschrift OVS00058 'Geluidbeperkende constructies bij spoorwegen' [1] en naar de uitgave 'Geluidsschermen langs het spoor. Visie op de vormgeving als handreiking voor ontwerpers' [2].



Wijzigingen GCW-2012 ten opzichte van GCW-2007

Ten opzichte van de GCW-2007 zijn de volgende inhoudelijke wijzigingen doorgevoerd:

Onderdeel	Wijzigingen ten opzichte van GCW-2007
Hele publicatie	• Verwijzingen naar normen en Eurocodes geactualiseerd • Door middel van de opmaak van de tekst is onderscheid gemaakt in (minimum)-eisen, keuzemogelijkheden en toelichtende tekst
Inleiding	• Doel, plaats en context GCW in het ontwerp- en bouwproces zijn aangegeven • Leeswijzer is aangevuld met processtappen
Hoofdstuk 1 Akoestische aspecten	• Actualisatie in verband met regelgeving en normen met betrekking tot verkeerslawaai en notatie in dB in plaats van dB(A) conform de normen • Verwijzingen en toelichting op geluidsabsorptie aangevuld naar aanleiding van Europese normen
Hoofdstuk 2 Esthetische vormgeving	• 2.1 Het proces is beschreven met TAG, VRA en routeontwerp. Daarna is dit uitgewerkt voor de verschillende vormgevingsaspecten, uitgaande van de belangen van de 'gebruikers' van de geluidbeperkende constructie (automobilisten, bewoners, beheerder) • 2.2 Het belanghebbendenoverzicht is aangevuld; van hieruit wordt de vormgeving verder toegelicht • 2.3.3 Toepassing glas en kunststof nader aangevuld • 2.3.4 Toepassing metaal geactualiseerd
Hoofdstuk 3 Veiligheid	• De tekst is geactualiseerd met betrekking tot de regelgeving • Er zijn eisen toegevoegd voor vluchtwegen
Hoofdstuk 4 Dimensionering	• Actualisatie naar nieuwe Eurocodes met gevolgklasse en betrouwbaarheidsklasse • 4.1 en 4.1.2 Wat betreft de windbelasting wordt voor geluidbeperkende constructies uitgegaan van de categorie 'onbebouwd' • 4.1.2 Vereenvoudiging van de winddrukberekening • 4.1.3 Botsbelasting op geïntegreerde schermen op kunstwerken en op wegverharding toegelicht • 4.1.10 Corrosie uit de Eurocode aangegeven • 4.2.2 Figuur 35 lasdetail voetplaten is vervallen • 4.2.9 Aanwijzingen voor de maatvoering toegevoegd • 4.4.2 Aangevuld met informatie over verhard en halfverhard glas • 4.4.4 Bij toepassing van kunststof is de vertekening genoemd als aandachtspunt maar (nog) niet als toetscriterium • 4.5.2 De CE-productnorm is toegelicht
Hoofdstuk 5 Beheer en onderhoud	• Geen essentiële wijzigingen
Bijlagen	• Bijlage I Begrippen toegevoegd • Bijlage II Afkortingen aangevuld • Bijlage III Verwijzing naar normen toegevoegd met Eurocodes • Bijlage 'Systems Engineering' is vervallen

1 Akoestische aspecten

In dit hoofdstuk wordt aangegeven welke akoestische aspecten bij de uitwerking en vormgeving van geluidbeperkende constructies van belang zijn om de gewenste geluidbeperking te behalen. Er wordt algemene informatie gegeven over de werking van geluidbeperkende constructies bij het beperken van verkeerslawaaï.

Daarnaast wordt er ingegaan op de eisen en keuzen die volgen uit de normen voor geluidsisolatie en geluidsabsorptie en op akoestische effecten bij de verschillende vormen van geluidbeperkende constructies.

1.1 Definities

Het doel van een geluidbeperkende constructie is het verminderen van geluidhinder langs de weginfrastructuur. De geluidsreductie die wordt gerealiseerd hangt primair af van de positie van de geluidbeperkende constructie in het dwarsprofiel van de weg, de hoogte en lengte van de constructie, de hoogte van de bestemming en de afstand tussen de bestemming en de weg. Daarnaast zijn de vormgeving en de akoestische eigenschappen van de constructie van invloed op het effect op de geluidbelasting.

Geluidsgolven kunnen op drie manieren achter een geluidbeperkende constructie terechtkomen, namelijk door (zie figuur 3):

- transmissie: het geluid gaat dóór de afschermdende constructie heen;

- diffractie: het geluid buigt zich over de constructie heen;
- reflectie: het geluid weerkaatst tegen een constructie aan de overzijde van de weg en gaat vervolgens over de afschermdende constructie heen.

De mate waarin deze verschijnselen optreden is afhankelijk van de akoestische eigenschappen en de vorm van de geluidbeperkende constructies.

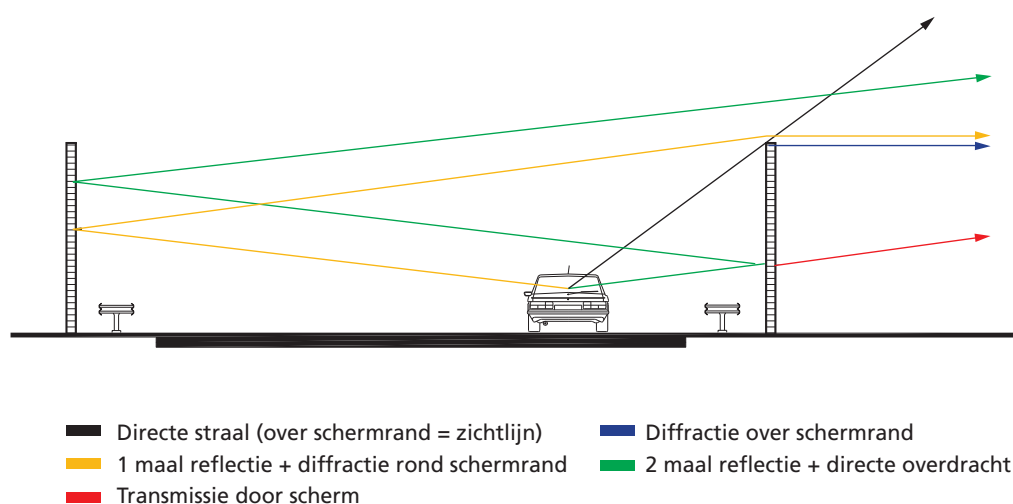
In een akoestisch onderzoek wordt de geluidbelasting bepaald volgens de rekenregels van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 (bijlage III) [3]. Hierin zijn aannamen gedaan voor de transmissie, diffractie en reflectie van verkeersgeluid.

Transmissie

Om te voldoen aan de berekende geluidbelasting zal de transmissie van geluid verwaarloosbaar klein moeten zijn. In de praktijk wordt dit gerealiseerd als de geluidsisolatie van de constructie minimaal 10 dB groter is dan de berekende schermwerking.

Diffractie

Bij dit aspect wordt onderscheid gemaakt tussen constructies met een scherpe (geluidsschermen) en met een stompe top (geluidswallen). Door het toepassen van een zogenoemde T-top op een geluidsscherm wordt extra schermwerking verkregen.



Figuur 3. Schematische weergave van geluidstransmissie, -diffractie en -reflectie

Reflectie

Reflectie van geluidsgolven door een geluidsscherm kan leiden tot een hogere geluidbelasting langs de weg. De bijdrage van reflecties is te beperken door constructies geluidsabsorberend uit te voeren. Ook de vorm en de helling van de constructie zijn van invloed op het effect van geluidsreflecties.

1.2 Akoestische ontwerpspecificaties

Uitgangspunt voor het ontwerp van een geluidbeperkende constructie is de beschrijving van de afschermdende maatregelen in het akoestisch onderzoek, inclusief de daarmee te bereiken geluidsreductie zoals berekend met het reken- en meetvoorschrift. In het akoestisch onderzoek dient de reeds beschikbare informatie over vormgeving en materiaalgebruik te worden meegenomen bij het modelleren van de geluidsschermen.

- ! In het akoestisch onderzoek moeten de volgende zaken voor de geluidbeperkende constructie worden beschreven:
- locatie langs de weg (zie 4.2.9.);
 - locatie in het dwarsprofiel (zie 4.2.9.);
 - hoogte ten opzichte van de weg;
 - type constructie (scherm, wal of combinatie);
 - vorm en helling van de constructie;
 - toepassing van een T-top;
 - te bereiken schermwerking, als maat voor de geluidsisolatie;
 - mate van geluidsabsorptie.

Bovengenoemde zaken gelden als uitgangspunt voor de uitwerking van de vormgeving en de verdere dimensionering van de geluidbeperkende constructie.

1.3 Geluidsisolatie

De geluidsisolatie van een geluidbeperkende constructie wordt voornamelijk bepaald door:

- het eigen gewicht van de constructie;
- het materiaal van de constructie;
- de uitvoering van dilatatievoegen, spleten en aansluitingen;
- de aanwezigheid van deuren, luiken en andere elementen.

In de praktijk levert een gesloten constructie met een gewicht van circa 10 kg/m^2 een geluidsisolatie van 15 dB of meer op. De geluidsisolatie is dan voldoende voor een afschermend effect van 5 dB. Als een groter afschermend effect moet worden bereikt, zal veelal een zwaardere constructie nodig zijn. Een geluidsisolatie van 25 dB zal voor de meeste situaties voldoende zijn.

Openingen in de geluidwerende constructie, zoals dilatatievoegen, spleten en aansluitingen, en de aanwezigheid van deuren, luiken en andere elementen, kunnen de geluidsisolatie lokaal sterk doen afnemen. Met een juiste detaillering is het in de meeste gevallen mogelijk om voldoende geluidsisolatie te realiseren.

In een akoestisch onderzoek wordt geen rekening gehouden met de bouwkundige dimensionering van de geluidbeperkende constructie op bovenstaande punten. Uitgangspunt bij realisatie is dat de geluidsisolatie van een geluidbeperkende constructie vooraf moet worden aangetoond aan de hand van de akoestische producteigenschappen zoals deze moeten worden bepaald in het kader van CE-markering.

Toetsing van de gerealiseerde geluidsisolatie van een geluidbeperkende constructie is mogelijk met insitumetingen zoals beschreven in de richtlijn NPR-CEN/TS 1793-5:2003 'Beproevingmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 5: Intrinsieke eigenschappen – In-situwaarden voor geluidsreflectie en geluidsisolatie'. Bij deze meting wordt het effect van een afwateringsspleet buiten beschouwing gelaten omdat de spleet geen deel uitmaakt van de constructie.

1.3.1 Eisen geluidsisolatie

De geluidsisolatie van een geluidbeperkende constructie wordt uitgedrukt in de eengetalsaanduiding DL_R . Dit is de niveaureductie door isolatie voor geluid van wegverkeer, die moet worden bepaald conform NEN-EN 1793-2.

De te bereiken schermwerking ΔL_{sw} , zoals beschreven in het akoestisch onderzoek, is bepalend voor de vereiste mate van geluidsisolatie van de constructie. Uitgangspunt bij het berekenen van de schermwerking is dat de transmissie van geluid door de constructie verwaarloos-

baar klein is. Dit wordt bereikt indien de geluidsisolatie minimaal 10 dB groter is dan de berekende schermwerking.

! De geluidsisolatie van een geluidbeperkende constructie DL_R moet minimaal 10 dB groter zijn dan de te bereiken schermwerking ΔL_{SW} .

$$DL_R \geq \Delta L_{SW} + 10 \text{ dB} + \text{extra waarde i.v.m. levensduur}$$

De te bereiken schermwerking volgt uit het akoestisch onderzoek en zal het grootst zijn bij woningen op korte afstand van de weg. Indien de ruimte tussen het scherm en de woningen een bestemming heeft waar mensen kunnen verblijven en waar afscherming van het wegverkeerslawaai van belang is, dan kan de eis worden gebaseerd op de daar te bereiken schermwerking.

! Bij verificatie van deze eis moet een afname van de geluidsisolatie gedurende de technische levensduur van een constructie worden gecompenseerd met een hogere waarde in nieuwe staat.

Als uitgangspunt kan worden uitgegaan van 3 dB extra.

Bij de productgegevens volgens de CE-markering wordt per product aangegeven welke waarden voor dat product gelden.

Ook een afname van de geluidsisolatie als gevolg van voegen en afwateringsspleten in de constructie moet worden gecompenseerd; hiervoor wordt verwezen naar tabel 5 in paragraaf 1.5.1.

1.3.2 Productgegevens geluidsisolatie

! In de EU-productregelgeving voor geluidbeperkende constructies (NEN-EN 14388) is vastgelegd dat de geluidsisolatie van een geluidbeperkende constructie moet worden vastgesteld door meting in een isolatiekamer volgens de beproevingsmethode voor geluidsisolatie zoals beschreven in NEN-EN 1793-2.

Volgens deze norm moet het scherm tijdens de meting in akoestisch opzicht gelijkwaardig zijn aan de opleveringsklare versie van de bewuste constructie. Dit betekent dat de proefopstelling behalve scherm-elementen ook andere essentiële onderdelen moet bevatten, zoals afdichtingsmaterialen, koppelingen en een stijl.



Dilatatievoegen, toegangsdeuren en afwateringsspleten kunnen tijdens de meting niet worden ingebouwd; hun invloed kan via uitvoeringsvoorwaarden voldoende worden beperkt.

Het resultaat van de metingen dient te worden samengevat in de eengetalsaanduiding DL_R , de niveaureductie door isolatie voor geluid van wegverkeer. De waarde van de geluidsisolatie DL_R en de te verwachten afname gedurende de technische levensduur dienen te worden aangegeven als informatie bij de CE-markering.

In de norm NEN-EN 1793-2 is een categorie-indeling gegeven voor de geluidsisolatie; zie tabel 1.

Tabel 1. Categorieën voor de geluidsisolatie volgens NEN-EN 1793-2, annex A, tabel A.1 'Categories of airborne sound insulation'

Category	DL_R [dB]
B0	Not determined
B1	< 15
B2	15 to 24
B3	25 to 34
B4	> 35

1.3.3 Bepalingsmethode geluidsisolatie, met en zonder meting

⚠ Voor gesloten (niet-poreuze) constructiematerialen met een oppervlaktegewicht van meer dan 40 kg/m^2 op de lichtste plaats geldt dat de beproevingsmethode voor geluidsisolatie volgens NEN-EN 1793-2 niet noodzakelijk is.

❗ Wanneer er echter twijfel bestaat of de geluidsisolatie uitsluitend door de massa wordt bepaald, zoals in het geval van poreuze materialen of schanskorven, of wanneer de bepaling van het oppervlaktegewicht problemen oplevert, moet de geluidsisolatie wel door metingen worden bepaald.

⚠ Als er geen meting wordt uitgevoerd, kunnen voor de geluidsisolatie de waarden uit tabel 2 worden aangehouden.

Het specificeren van een product blijft te allen tijde de verantwoordelijkheid van de leverancier / realisator.

Tabel 2. Aan te houden geluidsisolatie op basis van oppervlaktegewicht

$40 \text{ kg/m}^2 < \text{oppervlaktegewicht} < 100 \text{ kg/m}^2$	$DL_R \geq 25 \text{ dB}$
$\text{oppervlaktegewicht} \geq 100 \text{ kg/m}^2$	$DL_R \geq 30 \text{ dB}$

Geluidswallen

Bij geluidswallen kan de bepaling van de geluidsisolatie achterwege blijven, omdat het oppervlaktegewicht meer is dan 100 kg/m^2 . Als waarde voor de geluidsisolatie voor geluidswallen geldt ten minste 30 dB.

Stapelconstructies

Bij stapelconstructies met een vulling van bijvoorbeeld grond moet het oppervlaktegewicht worden bepaald op basis van het betreffende vulmateriaal en een vullingsgraad die representatief is voor de normale gebruikstoestand.

Schanskorven

Bij schanskorven gevuld met stenen moet altijd de geluidsisolatie worden gemeten. In de vulling kunnen namelijk grote openingen voorkomen, die leiden tot een geringere geluidsisolatie. Indien schanskorven zijn voorzien van een dichte kern die het geluid volgens de vereisten isoleert, kan een meting achterwege blijven.

1.4 Geluidsabsorptie

De bijdrage van geluidsreflecties aan de geluidbelasting is te beperken door grote reflecterende oppervlakken, zoals een geluidbeperkende constructie of de wanden van een tunnelbak, geluidsabsorberend uit te voeren. Het effect van geluidsabsorptie is afhankelijk van de verkeerssamenstelling en van de overige geluidsmaatregelen die worden toegepast, zoals stille wegdekken en geluidbeperkende constructies.

Het effect van geluidsmaatregelen is het grootst bij de hoge frequenties. Bij de lage frequenties is de geluidsreductie veelal kleiner. Dit is ook het geval bij het toepassen van geluidsabsorptie voor het beperken van geluidsreflecties. De absorptie van geluidsenergie is het meest efficiënt bij hoge frequenties. Het resultaat hiervan is dat in situaties met veel zwaar verkeer en met veel geluidsmaatregelen, een grotere geluidsabsorptie nodig is voor het beperken van de bijdrage van geluidsreflecties. Een nadere beschrijving van het effect van het toepassen van geluidsabsorptie wordt gegeven in paragraaf 1.4.3.

De mate waarin een geluidbeperkende constructie als geluidsabsorberend mag worden beschouwd, is afhankelijk van:

- de materiaalsoort en de laagdikte van de constructie;
- de mate van vlakheid van het oppervlak;
- de oriëntatie van het absorberende oppervlak ten opzichte van andere (reflecterende) objecten.

De toepassing van geluidsabsorptie in concrete situaties moet volgen uit het akoestisch onderzoek.

1.4.1 Eisen geluidsabsorptie

De mate van geluidsabsorptie van een geluidbeperkende constructie wordt uitgedrukt in de eengetalsaanduiding DL_{α} . Dit is de geluidsniveaureductie door absorptie in dB voor het geluid van wegverkeer, die moet worden bepaald conform NEN-EN 1793-1.

! Indien in het akoestisch onderzoek is gerekend met een geluidsabsorberende uitvoering van een geluidbeperkende constructie, dan dient deze een geluidsabsorptiewaarde DL_{α} in dB te bezitten die ten minste gelijk is aan de rekenwaarde die bij de berekening is gehanteerd.

Het akoestisch onderzoek zal deze informatie op ondubbelzinnige wijze moeten verschaffen. Voor standaard-situaties zijn waarden aangegeven in paragraaf 1.4.3.

Als in het rapport aan de mate van geluidsabsorptie geen expliciete eisen zijn gesteld, dan mag worden uitgegaan van een reflecterende constructie.

! Bij verificatie van de eis moet een afname van de geluidsabsorptie gedurende de technische levensduur van een constructie worden gecompenseerd met een hogere waarde in nieuwe staat.



1.4.2 Productgegevens geluidsabsorptie

! De geluidsabsorptie van een geluidbeperkende constructie dient te worden vastgesteld door meting in een nagalmkamer volgens de beproevingsmethode uit NEN-EN 1793-1.

Volgens deze norm moet de constructie tijdens de meting in akoestisch opzicht gelijkwaardig zijn aan de opleveringsklare versie van het bewuste schermtype. Begroeiing van schermen wordt geacht geen deel uit te maken van de constructie en wordt dan ook niet bij de meting betrokken.

Constructie-elementen kunnen vaak op verschillende wijzen tot een complete constructie worden samengesteld. Er is een grote variatie in de uitvoering van stijlen, koppelingen en afdichtingen. De variaties zullen alleen een merkbare (negatieve) invloed op de geluidsabsorptie hebben als het aandeel van de absorberende elementen in de totale oppervlakte wezenlijk verandert. Als bij verschillende uitvoeringen van een constructie de oppervlakten van de absorberende delen van de schermen niet meer dan 5% verschillen, dan worden de uitvoeringen wat geluidsabsorptie betreft als akoestisch gelijkwaardig beschouwd.

! Het resultaat van de meting moet worden samengevat in de eengetalsaanduiding DL_α , de geluidsniveaureductie door absorptie voor geluid van wegverkeer. De waarde van de geluidsabsorptie DL_α en de verwachte afname gedurende de technische levensduur dienen te worden vermeld bij de CE-markering.

In de norm NEN-EN 1793-1 is een categorie-indeling gegeven voor de mate van geluidsabsorptie; zie tabel 3.

1.4.3 Geluidsabsorptie en effect op geluidsreflecties

Het effect van het toepassen van geluidsabsorptie is afhankelijk van de verkeerssamenstelling en van de overige geluidsmaatregelen die worden toegepast, zoals stille wegdekken en geluidbeperkende constructies. Het effect van de maatregelen is het grootst bij de hoge frequenties. Bij de lage frequenties is de geluidsreductie veelal kleiner. Dit is ook het geval bij het toepassen van geluidsabsorptie voor het beperken van geluidsreflecties. De absorptie van geluidsenergie is het meest efficiënt bij hoge frequenties.

Tabel 3. Categorieën voor de mate van geluidsabsorptie volgens NEN-EN 1793-1, annex A, tabel A.1 'Categories of absorptive performance'

Category	DL_α [dB]
A0	Not determined
A1	< 4
A2	4 to 7
A3	8 to 11
A4	12 to 15
A5	> 15

Het gevolg hiervan is dat in situaties met veel geluidsmaatregelen een grotere mate van geluidsabsorptie nodig is voor het beperken van de bijdrage van geluidsreflecties. Om dit inzichtelijk te maken, is in tabel 4 voor een aantal situaties aangegeven welke mate van geluidsabsorptie nodig zal zijn om een toename van het geluidsniveau ten gevolge van reflecties tegen te gaan. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen situaties met verschillende typen wegdekken en met een geluidbeperkende constructie aan een zijde van de weg, en constructies aan beide zijden van de weg.

Voor geluidsabsorberende schermen wordt in een geluidonderzoek normaliter een vaste waarde van 80% aangehouden voor de mate van geluidsabsorptie.

Als vuistregel moet bij 80% absorptie van de volgende specificatie worden uitgegaan:

- in een situatie met schermen aan slechts een zijde van de weg een waarde van DL_α van minimaal 8 dB;
- in een situatie met schermen aan twee zijden van de weg een waarde van DL_α van minimaal 10 dB;
- bij een combinatie van tweezijdige schermen met een wegdek van tweelaags zoab een waarde van DL_α van minimaal 12 dB.

Uit de tabel blijkt dat met deze waarden een redelijke beperking van de invloed van geluidsreflecties zal worden gerealiseerd. De toename van het geluidsniveau door reflecties zoals aangegeven in tabel 4 is slechts indicatief. De toename in een concrete situatie volgt uit het akoestisch onderzoek en is daarmee verdisconteerd in de berekende geluidbelastingen. Nader onderzoek naar de mate van geluidsabsorptie kan nodig zijn in geval van complexe schermvormen, die buiten het toepassingsbereik van het reken- en meetvoorschrift vallen.

Tabel 4. Mate van geluidsabsorptie DL_{α} , bepaald volgens NEN-EN 1793-1, en de toename van het geluidsniveau voor verschillende combinaties van maatregelen

Toename van het geluidsniveau door reflecties	Geluidsabsorptie DL_{α} in dB, afhankelijk van type wegdek			
	dab ¹⁾	dgd ¹⁾	zoab ¹⁾	2L-zoab ¹⁾
enkelzijdig scherm				
$\leq 1,5$ dB	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
$\leq 1,0$ dB	≥ 6	≥ 8	≥ 8	≥ 10
$\leq 0,5$ dB	≥ 8	≥ 10	≥ 15	$20 + lf^{(2)}$
tweezijdig scherm				
$\leq 1,5$ dB	≥ 4	≥ 8	≥ 8	≥ 10
$\leq 1,0$ dB	≥ 8	≥ 10	≥ 10	≥ 15
$\leq 0,5$ dB	≥ 15	$20 + lf^{(2)}$	$20 + lf^{(2)}$	$20 + lf^{(2)}$

¹⁾ dab: dicht asfaltbeton

dgd: dunne geluidreducerende deklaag

zoab: zeer open asfaltbeton

2L-zoab: tweelaags zeer open asfaltbeton

²⁾ $20 + lf$: vereiste waarde 20 dB, aangevuld met een extra eis voor laagfrequent absorptie (lf)

1.5 Akoestische effecten bij scherm-onderdelen en schermtypen

1.5.1 Openingen, voegen, spleten

Geluidbeperkende constructies moeten akoestisch gesloten worden uitgevoerd. Openingen, spleten en onvoldoende dichte voegen in schermen doen afbreuk aan de geluidsisolatie en zorgen voor een toename van het geluidsniveau achter de constructie.

Openingen

Openingen kunnen opzettelijk aangebracht zijn, voor bijvoorbeeld vluchtwegen. Ze kunnen echter ook onbedoeld ontstaan, door bijvoorbeeld zettingen. Onder bepaalde voorwaarden kunnen beperkt openingen worden toegestaan. Hierna wordt daarop ingegaan. Openingen die niet opzettelijk zijn aangebracht, worden hierna aangeduid als kieren. Deze zijn niet toegestaan, omdat zij ervoor zorgen dat de constructie niet langer akoestisch gesloten is. In paragraaf 4.2.7 wordt nader ingegaan op kieren.

Deuren

De geluidsisolatie van deuren met inbegrip van de afdichtingen mag niet meer dan 5 dB lager zijn dan de geluidsisolatie van het scherm. Als een deur zich op een kritische positie bevindt, moet de geluidsisolatie ervan minstens gelijk zijn aan die van het scherm.



Er is sprake van een kritische positie als zich binnen 5 m vanaf de deur een waarneempunt bevindt waar de berekende afscherming ten opzichte van de minimaal vereiste afscherming geen enkele overmaat (minder dan 1 dB) bezit. Uitgangspunt is hierbij dat een deur voor waarneempunten op korte afstand tot iets meer geluidstransmissie mag leiden; die extra geluidstransmissie wordt op deze wijze op 5 m afstand reeds beperkt tot ten hoogste 1 dB.

Voegen

Voegen en spleten kunnen ontstaan als gevolg van zettingen en temperatuursinvloeden in een geluidbeperkende constructie. Bij het ontwerp en de detaillering moet daarmee rekening worden gehouden.

- ! De voegen tussen elementen onderling moeten op een zodanige wijze worden afgedicht met daartoe geschikte afdichtingsmaterialen dat de akoestische dichtheid van de constructie onder alle (weers)omstandigheden gewaarborgd blijft.

Dilatatieconstructies

- ! Dilatieconstructies moeten zodanig worden ontworpen en uitgevoerd dat geen kieren ontstaan zonder voldoende akoestische afdichting.

Voorwaarden voor voldoende afdichting zijn:

- Een dilatatievoeg leidt op 5 m afstand niet tot meer geluidstransmissie dan 1 dB.
- DL_R ten gevolge van dilataties is niet meer dan 5 dB lager dan de geluidsisolatie van het scherm.

Voor schermen met een geluidsisolatie $DL_R > 20$ dB is afdichting van dilataties noodzakelijk om te voldoen aan bovenstaande voorwaarden. Voor schermen met een geluidsisolatie $DL_R \leq 20$ dB kunnen dilataties worden toegepast zonder afdichting, onder de voorwaarde dat:

- de breedte van de spleet minder is dan 50 mm;
- de afstand tot andere 'zwakke' plekken (deur, sluis of open dilatatievoeg) meer is dan 50 m;
- de afstand van de dilatatievoeg tot het dichtstbijzijnde waarneempunt meer is dan 25 m.

Afwateringsspleten

Een spleet aan de onderzijde van een geluidbeperkende constructie kan gewenst zijn in verband met afwatering en/of faunapassage. Een spleet kan ook voordelen bieden voor het onderhoud en de levensduur van een constructie. Een spleet tussen berm en constructie kan doorlopend of onderbroken worden uitgevoerd.

- ! Een spleet tussen berm en constructie is toelaatbaar als de geluidstransmissie door de spleet verwaarloosbaar klein is ten opzichte van het geluid dat door buiging over de constructie de waarneempunten bereikt. Aan deze voorwaarde wordt voldaan als uitgegaan is van de eisen uit tabel 5.

Tabel 5. Toepassingsvoorwaarden voor afwateringsspleten

Afstand tussen scherm en het dichtstbijzijnde waarneempunt	Lengte van de spleet	Verzwarend van de eis aan de geluidsisolatie (zie paragraaf 1.3.1)	Maximale hoogte van de spleet*
≥ 25 m	doorlopend (behalve bij stijlen)	n.v.t.	0,20 m
< 25 m	onderbroken (minstens helft van de scherm lengte gesloten)	3 dB beter dan vereiste minimum	0,20 m
	doorlopend (behalve bij stijlen)	3 dB beter dan vereiste minimum	0,10 m

* Uitgangspunt bij deze tabel is dat toepassing van een afwateringsspleet op korte afstand weliswaar tot een iets grotere geluidstransmissie leidt, maar dat deze op het dichtstbijzijnde waarneempunt na afronding niet meer van invloed mag zijn. Dit betekent dat de invloed van de spleet op de geluidstransmissie kleiner moet zijn dan 0,5 dB.

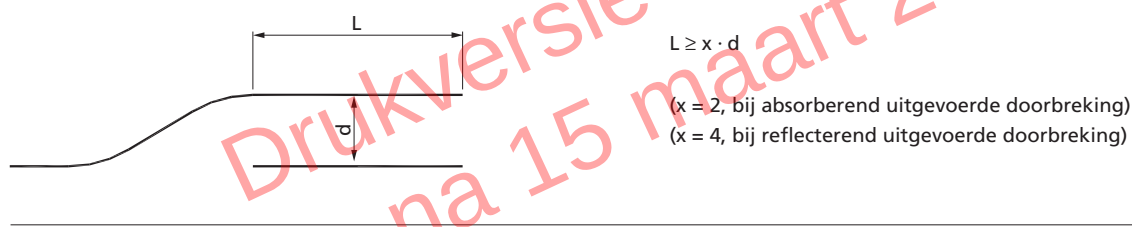
In het geval van waarneempunten op een afstand groter dan 25 m zal een doorlopende afwateringsspleet met een hoogte van maximaal 20 cm niet leiden tot een hoger geluidniveau. In het geval van waarneempunten op een afstand kleiner dan 25 m zal een doorlopende afwateringsspleet wel kunnen leiden tot een hoger geluidniveau. De extra geluidstransmissie door de spleet kan dan worden gecompenseerd door het toepassen van een constructie met een grotere geluidsisolatie (+3 dB, zie tabel 5). Het is ook mogelijk om in plaats van een doorlopende spleet een halfopen spleet aan te brengen (2 of 3 m dicht respectievelijk 2 of 1 m open), of een constructie toe te passen met een zekere overhoogte.

1.5.2 Doorbrekingen of sluizen in een geluidbeperkende constructie

Het kan noodzakelijk zijn een geluidbeperkende constructie te doorbreken voor bijvoorbeeld een wegaansluiting, een vluchtweg of bij de overgang naar een viaduct. Het is dan van belang dat de doorbreking de geluidbeperkende functie van de constructie niet vermindert. Hiertoe moet de geluidbeperkende constructie ter plaatse van de doorbreking worden uitgevoerd en gedimensioneerd zoals weergegeven in de figuren 4, 5 en 6. De doorbreking in het geluidsscherm wordt hierin uitgevoerd in de vorm van een sluis.

Bepalend voor de vormgeving van dergelijke doorbrekingen of sluizen is de akoestische uitvoering van de overlappende gedeelten van de geluidbeperkende constructies aan de naar elkaar toe gekeerde zijden.

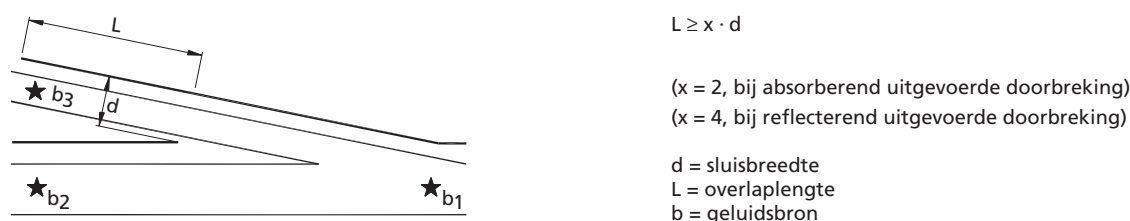
Figuur 4. Doorbreking evenwijdig aan de geluidbeperkende constructie



Figuur 5. Doorbreking evenwijdig aan de geluidbeperkende constructie (met naastliggend fietspad zonder geluidsbron)



Figuur 6. Aansluiting/afsplitsing onder een niet-loodrechte hoek. De constructiehoogte is afhankelijk van de geluidsbronnen b_1 , b_2 en b_3



- ! Bij een geluidsabsorberende uitvoering van de sluis moet de overlappende lengte L tweemaal zo groot zijn als de sluisbreedte d . De geluidsabsorptie DL_α van de naar elkaar toegekeerde zijden van de constructies moet daarbij ten minste 5 dB bedragen.

Dit geldt ook wanneer de geluidsabsorberend uitgevoerde sluis in een verder reflecterende constructie is opgenomen.

- ! Bij een reflecterende uitvoering van de sluis moet de overlappende lengte L viermaal zo groot zijn als de sluisbreedte d .

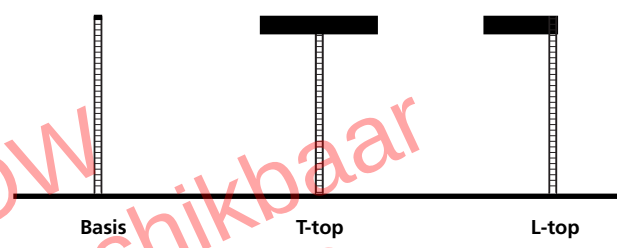
Uitgangspunt hierbij is dat een doorbreking direct zicht op de weg beperkt en verder alleen voor waarneempunten op korte afstand tot enige geluidsniveauperhoging mag leiden. Indien uitgegaan wordt van de hiervoor aangegeven uitwerking, zal de geluidsverhoging op circa 5 m afstand van de opening rekenkundig beperkt blijven tot ongeveer 1 dB.



1.5.3 Schermtoppen

Een schermtop is een product dat bovenop een (bestaand) scherm kan worden gemonteerd en dat de akoestische werking van dat scherm verbetert. Vooral een geluidsabsorberende T-top resulteert in een zeer effectieve oplossing voor beperking van het geluid. Een schermtop kan verschillende vormen en afmetingen hebben (zie figuur 7).

Figuur 7. Schermtoppen



De akoestische werking van T-toppen is toe te schrijven aan de volgende fysische mechanismen (zie figuur 9):

- De eerste diffractierand wordt verplaatst naar de bronzijde. De positie van de eerste diffractierand van de T-top ligt dichterbij de bron dan de diffractierand van het basisscherm. Hierdoor wordt het schaduwgebied achter het scherm vergroot. Ontvangerposities, die bij het basisscherm al in het schaduwgebied vallen, zullen door het verschuiven van de diffractierand dieper in het schaduwgebied vallen, waardoor de schermwerking sterker is.
- Er ontstaat een tweede diffractierand. De T-top heeft twee randen. De tweede diffractierand werpt een tweede schaduwgebied.
- In de T-top tussen de twee diffractieranden treedt geluidsabsorptie op. Tussen de twee diffractieranden lopen geluidsgolven heen en weer. Het absorberend materiaal zorgt voor demping van deze geluidsgolven.
- De effecten van de tweede diffractierand en de geluidsabsorptie nemen toe bij een grotere afstand tussen de eerste en de tweede diffractierand.

Vergelijking van de effecten laat zien dat een T-top rondom de zichtlijn akoestisch gelijkwaardig is met een schermverhoging van 0,5 m. Dieper in de geluidsschaduw is een T-top akoestisch gelijkwaardig met 1 tot 2 m schermverhoging (of meer voor locaties diep in de geluidsschaduw, direct achter het geluidsscherm).

Figuur 8a en -b. Voorbeelden van T-topschermen (artist impressions)



! Voor de absorberende T-top is een rekenregel ontwikkeld die is opgenomen in het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 [3]. Met deze rekenregel kan het extra akoestische effect van de T-top worden berekend.

! Consequentie van het toepassen van een T-top op een bestaande constructie is een grotere schermwerking van ca. 3 dB, met het gevolg dat de geluidsisolatie van het basisscherm evenredig groter moet zijn. Bij het opstellen van de eis voor de geluidsisolatie van het basisscherm moet dus rekening worden gehouden met een uitbreiding van het scherm met een T-top.

Een hogere eis voor de geluidsisolatie is ook van toepassing voor schermen die in de toekomst zullen worden opgehoogd. Als vuistregel kan hier een verhoging van 2 dB per m ophoging worden aangehouden.

! De T-top bestaat uit horizontaal geplaatste panelen en heeft een breedte van 2 m. De top wordt gecentreerd geplaatst op het basisscherm. De geluidsisolatie van de T-toppanelen moet minimaal $DL_R \geq 20$ dB zijn, bepaald volgens NEN-EN 1793-2. De bovenzijde van de T-top moet geluidsabsorberend worden uitgevoerd.

De initiële geluidsabsorptie van een nieuwe T-top dient minimaal $DL_\alpha \geq 9$ dB te zijn, bepaald volgens NEN-EN 1793-1.

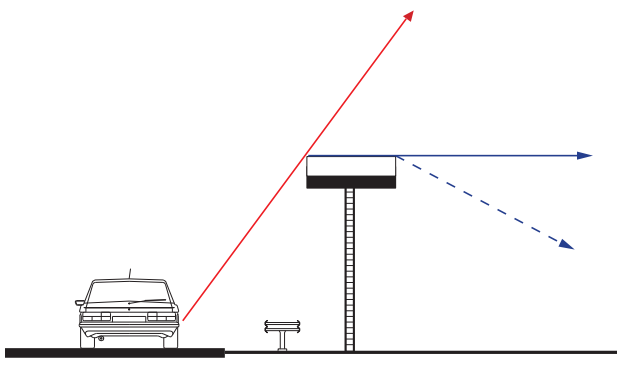
De vereiste initiële geluidsabsorptie is hoger gesteld dan de minimale geluidsabsorptie $DL_\alpha = 6$ dB. De reden hiervoor is dat de geluidsabsorptie zal teruglopen als gevolg van veroudering en/of vervuiling.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de T-top wordt verwezen naar de rapportage die is opgesteld binnen het Innovatieprogramma Geluid (IPG). Belangrijke aspecten in de beschrijving zijn de geometrie en vormvastheid, alsook de mate van geluidsabsorptie aan de bovenzijde van de T-top.

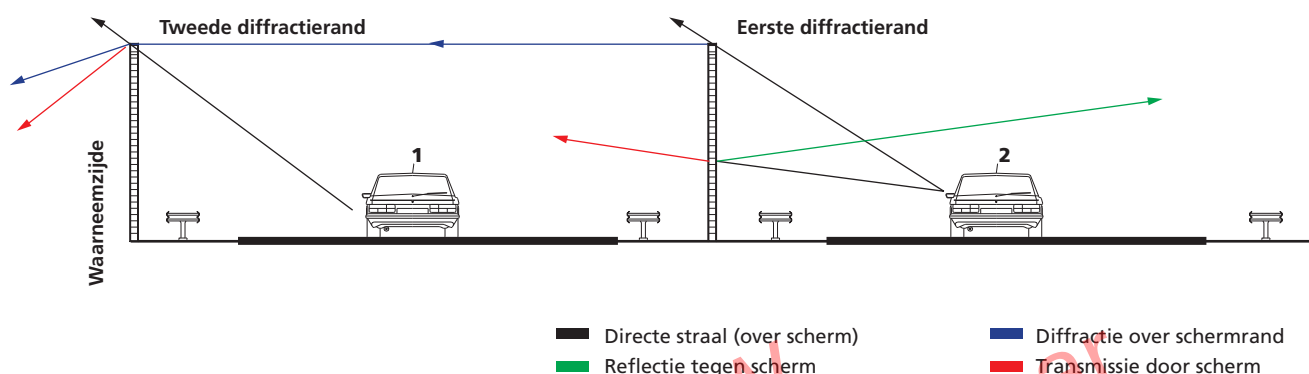
1.5.4 Middenbermschermen

Een middenbermscherm is een geluidbeperkende constructie die in de middenberm is geplaatst. Plaatsing van een middenbermscherm heeft een positief effect op de totale geluidsreductie. Met een middenbermscherm worden de verst gelegen rijstroken effectiever afgeschermd voor de waarnemer. Daarnaast wordt een

Figuur 9. Akoestische werking van T-topschermen



Figuur 10. Akoestisch effect van een middenbermscherm



tweede diffractierand geïntroduceerd, waarover het geluid wordt afgebogen. Dit heeft eveneens een positief akoestisch effect voor de waarnemer.

! Voor het middenbermscherm is een rekenregel ontwikkeld die is opgenomen in het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 [3]. Met deze rekenregel kan het extra akoestische effect van het middenbermscherm worden berekend.

Met een middenbermscherm als extra geluidbeperkende maatregel zal het negatieve effect van geluidsreflecties op de schermwerking toenemen. Bij het akoestisch ontwerp moet hiermee rekening worden gehouden.

! Om in de praktijk het effect van geluidsreflecties te beperken, moet een middenbermscherm geluidsabsorberend worden uitgevoerd.

Geadviseerd wordt om een absorptiewaarde DL_{α} van 10 dB of meer aan te houden.

1.5.5 Hellende schermen

Een alternatief voor een geluidsabsorberend scherm is een scherm dat onder een hoek naar de bewonerszijde is geplaatst, met een minimale helling van 10 graden. Deze reflecterende, hellende schermen absorberen het geluid niet, maar reflecteren het geluid in een andere richting. Er bestaat altijd een kleine kans dat geluidsreflecties aan hellende schermen kunnen leiden tot

een hogere geluidbelasting. De kans daarop neemt toe in gevallen met hoge bebouwing zeer dicht bij de weg, of als een hellend scherm tussen rijbanen en/of op- en afritten wordt geplaatst.

! Vanwege het risico van mogelijke geluidsreflecties verdient het de voorkeur om hellende schermen alleen dan toe te passen als er vanuit architectonische overweging wordt gekozen voor een optisch transparante vormgeving.

! Bij een mogelijke keuze voor een hellende vormgeving van schermen dient aanvullend akoestisch onderzoek te worden uitgevoerd om de gevolgen van geluidsreflecties in beeld te brengen.

Het akoestische effect van hellende schermen wordt beschreven in de Richtlijnen geluidsschermen langs autowegen (DWW-2003-086) [4]. Voor specifieke situaties is het effect van geluidsreflecties te berekenen met het softwareprogramma Overhel (DWW-2003-087) [5], dat bij de richtlijn hoort. Aanvullend onderzoek is ook mogelijk met andere programma's.

In situaties met ruimtegebrek kan een hellend scherm ook worden gerealiseerd door de panelen te potdekselen (zie figuur 11). Met deze bouwwijze kan eenzelfde effect worden verkregen als met een hellend scherm. Wel kunnen in dit geval extra geluidsreflecties optreden tegen de uitstekende smalle onderzijden van de gepot-

dekselde delen aan de wegzijde. Hiermee moet rekening worden gehouden bij het vaststellen van de absorptie van het scherm.

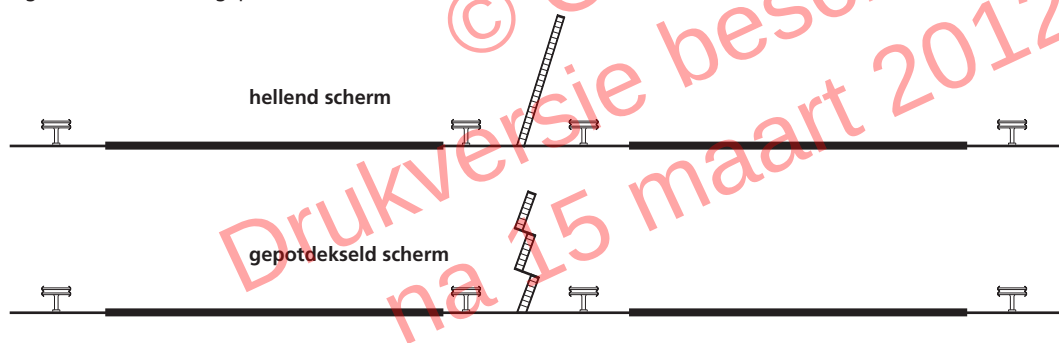
! Voor gepotdekselde schermen geldt dat de hoogte van de panelen ten minste groter moet zijn dan de golflengte van de voor het dB-niveau bepalende frequentie. In de praktijk zal hieraan worden voldaan als de paneelhoogte circa 1 m is.

1.5.6 Geïntegreerde geluidsschermen

Een geïntegreerd geluidsscherm (ook wel geluidsbarrier genoemd) is een combinatie van een geleidebarrier en een geluidsscherm. De functies ‘verkeer geleiden’ en ‘geluid beperken’ zijn hierin geïntegreerd (zie figuur 12).



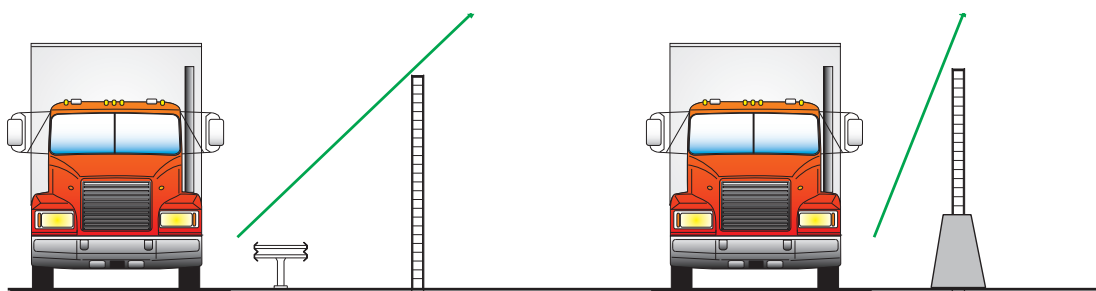
Figuur 11. Hellend en gepotdekseld scherm



Figuur 12. Voorbeeld van een geïntegreerd geluidsscherm



Figuur 13. Akoestisch effect van een geïntegreerd geluidsscherm met barrier



Geïntegreerde geluidsschermen kunnen dicht op het verkeer worden geplaatst dan een conventioneel geluidsscherm, dat achter een geleiderail moet staan. Hierdoor wordt het wegverkeerslawaai door een geïntegreerd geluidsscherm effectiever afgeschermd. Dit kan een extra geluidsreductie (bij een zelfde schermhoogte) van circa 1 dB opleveren (zie figuur 13).

Uit het oogpunt van veiligheid gaat de voorkeur altijd uit naar een conventioneel geluidsscherm, al dan niet achter een flexibele geleiderail. Alleen in gevallen waar dit wegens ruimtegebrek niet mogelijk is, kan een geïntegreerd geluidsscherm worden toegepast.

2 Esthetische vormgeving

In dit hoofdstuk wordt de vormgeving van geluidbeperkende constructies beschreven. Het ontwerpproces wordt toegelicht aan de hand van de volgende stappen:

- 1 Thematische Aanpak Geluidbeperkende constructies (TAG);
- 2 Visueel-Ruimtelijke Analyse (VRA);
- 3 Routeontwerp als ontwerpresultaat van TAG en VRA;
- 4 Uitwerking van de vormgeving.

Deze vormgevingsaspecten worden behandeld uit het oogpunt van de belanghebbenden (weggebruikers, omwonenden, wegbeheerder). De materiaalkeuzen worden beschreven in samenhang met de vormgeving. Tot slot wordt stilgestaan bij de schermvormen en de vormdetaillering, met onder meer aandacht voor modulaire geluidsschermen.

2.1 Ontwerpproces

Het ruimtelijk ontwerp van een geluidbeperkende constructie komt tot stand via een complex proces. Deze complexiteit is een direct gevolg van de fysieke vorm: langgerekt, met veel raakvlakken met de omgeving. Hierdoor zijn er veel belanghebbenden en is er weinig bouwruimte tussen de weg en de omgeving. Er ontstaan gemakkelijk conflicten met de hemelwaterafvoer van de

weg en met ondergrondse infrastructuur, waaronder kabels en leidingen voor de openbare verlichting en voor telecommunicatie. Ook kunnen geluidbeperkende constructies als barrière werken voor een ecologische (hoofd)structuur.

De volgende aspecten spelen een rol:

- akoestiek: de eisen die de grondslag vormen voor het realiseren van de geluidbeperkende constructie zoals toegelicht in het vorige hoofdstuk;
- verkeersveiligheid: voorwaarden gesteld tijdens en na de realisatie;
- technische/constructieve mogelijkheden;
- fysieke ruimte: mogelijkheden tot aankoop van grond;
- beschikbaar budget voor zowel de aanleg als het beheer en onderhoud;
- wensen vanuit de omgeving: uitzicht en het vermijden van de geluidbeperkende constructie als 'muur' langs de weg;
- ruimtelijke visie op de geluidbeperkende constructies langs de route, langs een bepaald traject en op de projectlocatie;
- koppeling aan gebiedsopgaven: geluidbeperkende constructies gecombineerd met woningbouw, bedrijfs- of kantoorlocatie.



Het ruimtelijk ontwerp van de geluidbeperkende constructies moet al deze aspecten tot een evenwichtig, samenhangend geheel smeden.

 Voor de ontwikkeling en de borging van deze inhoudelijke samenhang wordt veelal het onderstaande stappenplan gehanteerd:

- 1 Thematische Aanpak Geluidbeperkende constructies (TAG). Deze aanpak staat borg voor een trajectmatige aanpak op netwerkniveau van geluidbeperkende constructies in een afgebakend traject.
- 2 Visueel-Ruimtelijke Analyse (VRA). De VRA formuleert op basis van de TAG en een locatiegerichte analyse de uitgangspunten voor het ontwerp.
- 3 Een vormgevings- en inpassingsplan waarbij op routeniveau (routeontwerp), trajectniveau en projectniveau naar de ruimtelijke opgave wordt gekeken en een ruimtelijke visie wordt ontwikkeld, van conceptueel naar operationeel.

De TAG en VRA kunnen ook geïntegreerd worden uitgevoerd. Het resultaat is een Visueel-Ruimtelijke Analyse met een visie op de wijze waarop in een groter traject samenhang in vormgeving wordt verkregen.

2.1.1 Thematische Aanpak Geluidbeperkende constructies

In nationaal en internationaal verband, op netwerkniveau, kunnen met behulp van een Thematische Aanpak Geluidbeperkende constructies (TAG) de vormgeving en de inpassing van geluidbeperkende constructies worden geanalyseerd. Binnen een traject moeten de constructies zichtbaar samenhang vertonen. De samenhang kan zich uiten door een bestaande hoofdvorm door te zetten, door een visuele verbinding tussen twee bestaande constructies tot stand te brengen of door een bepaald thema toe te passen.

De vraag die bij een TAG centraal staat, is of er reeds een karakteristiek voorhanden is, of er een karakteristiek te herleiden valt of dat er een nieuwe karakteristiek moet worden gedefinieerd. Een karakteristiek is een weloverwogen en verantwoorde visie op de beeldkwaliteit van de geluidbeperkende constructie.

Bij een TAG wordt gekeken naar de ruimere omgeving van het tracé (landschapstype, al of geen stedelijk

gebied), de onmiddellijke wegomgeving (categorie wegingdeling, knooppunten, dimensionering, aansluitingen/kruisingen/verzorgingsplaatsen), de samenhang met andere visuele elementen (bijvoorbeeld verlichting, bermen) en de beleving van de omgeving. Hoe een traject wordt afgebakend en hoe hierin onderlinge samenhang kan worden verkregen, staat niet vast.

In een TAG worden keuzes gemaakt met betrekking tot de vraag of de voorziening karakteristiek onderdeel is van de infrastructurele lijn of onderdeel is van de omgeving. Beide keuzes komen voor in Nederland, dus bij uitbreiding en/of aanpassing van geluidbeperkende constructies is een zorgvuldige en verantwoorde afweging geboden.

In een TAG worden de volgende fasen doorlopen:

- 1 analyseren bestaande situatie/karakteristiek;
- 2 analyseren toekomstige situatie(s): actueel en (verdere/nadere) toekomst;
- 3 opstellen aspectcriteria;
- 4 opstellen geïntegreerde visie/inclusief uitgangspunten en randvoorwaarden;
- 5 nader uit te voeren onderzoeken (bijvoorbeeld op VRA-niveau).

2.1.2 Visueel-Ruimtelijke Analyse

Een Visueel-Ruimtelijke Analyse (VRA) richt zich op het lokale niveau. De vormgeving van de geluidbeperkende constructie wordt geanalyseerd en tevens wordt de beleving hiervan door de weggebruiker, de gebruiker van het landschap en de omwonenden nader beschouwd. Er wordt ook een vergelijking gemaakt met de bestaande situatie, vaak nog zonder geluidbeperkende constructie. Op basis van deze analyses worden de keuzes voor de karakteristiek van de vormgeving en het materiaal gemaakt en worden de bijzondere elementen, de accenten en de mate van transparantie van een geluidbeperkende constructie bepaald.

Onderkend wordt dat een geluidbeperkende constructie zowel een weg- als een bewonerszijde heeft en dat beide vormgeving behoeven. Vanuit zowel de weg- als de bewonerszijde worden op grond van de locatie eisen gesteld aan de verschijningsvorm van een geluidbeperkende constructie.

In een VRA wordt een visueel-ruimtelijke ontwerpstructuur voor de geluidbeperkende constructie opgesteld, waarbij meestal het uitgangspunt is dat de visuele hinder tot een minimum wordt beperkt.

In een VRA worden de volgende fasen doorlopen:

- 1 analyseren van de bestaande situatie zonder geluidbeperkende constructie;
- 2 analyseren van de toekomstige situatie met nieuwe geluidbeperkende constructies; hierbij wordt onderscheid gemaakt in dynamische aspecten (beleving door weggebruikers) en statische aspecten (beleving door bewoners en gebruikers van het landschap);
- 3 opstellen van aspectcriteria. Uit de eerder vermelde aspecten komen eisen naar voren waaraan de geluidbeperkende constructie moet voldoen aan zowel de weg- als de bewonerszijde, omdat beide qua karakter wezenlijk van elkaar kunnen verschillen;
- 4 opstellen van geïntegreerde ontwerpcriteria met weloverwogen keuzes; uiteindelijk moeten deze leiden tot één set geïntegreerde ontwerpcriteria;
- 5 vertalen van de geïntegreerde ontwerpcriteria in een plattegrond van de locatie en de plaats van de geluidbeperkende constructie daarin; hierbij wordt tevens vastgesteld aan welke randvoorwaarden de geluidbeperkende constructie moet voldoen wat betreft de inpassing in de omgeving.



2.1.3 Routeontwerp

De TAG en de VRA komen samen in het routeontwerp. Hierin worden bij het ontwerp en de toepassing van de geluidbeperkende constructie onderstaande basisprincipes gehanteerd:

- continuïteit in de lengterichting op routeniveau: door de geluidbeperkende constructie te ontwerpen als een vormfamilie ontstaat een samenhangend en rustig wegbeeld;
- continuïteit in de breedterichting op gebiedsniveau: door het leggen van een relatie met het type gebied (bijvoorbeeld stad, bos, weide) draagt het ontwerp van de geluidbeperkende constructie bij aan de identiteit van de gebieden waar de weg doorheen voert;
- continuïteit in de tijd op routeniveau: door toepassing van een modulair systeem kan flexibel worden omgegaan met veranderende eisen in de toekomst.

2.1.4 Communicatie in het ontwerpproces

In de loop van een proces zijn diverse partijen betrokken bij de totstandkoming van het ontwerp. Vooral bij aanbesteding met een geïntegreerde contractvorm (Design & Construct) wordt het ontwerp in fasen opgebouwd, steeds door andere ontwerpers. Voor de communicatie over het ontwerp is het daarom belangrijk om bij aanvang van een proces de volgende aspecten duidelijk vast te stellen en eventueel tijdens het proces naar inzicht bij te stellen:

- het beeld van het integrale proces;
 - de betrokken partijen (belanghebbenden) met de belangen van de betrokken partijen en de beslismomenten;
 - het afstemmen van de vormgeving met betreffende partijen, zoals stedenbouwkundige en landschappelijke diensten, betrokken ontwerpers of supervisor en welstand, inclusief het vaststellen van documenten, bijvoorbeeld een Beeldkwaliteitsplan (BKP), ook wel 'Ambitienota Ruimtelijke Kwaliteit' genoemd;
 - het bewaken van de consistentie en de continuïteit;
 - de communicatie met de omgeving, inclusief de mate van inspraak en de wijze waarop de inspraak wordt behandeld en resultaten bekend worden gemaakt.
- Voor een succesvol ontwerp- en bouwproces is de medewerking van de directe omgeving als 'hoofd-belanghebbende' van groot belang. Een goede relatie met de directe omgeving biedt de kans om snel te beschikken over gedetailleerde informatie van de

lokale omgeving, waardoor risico's in het verdere verloop van het proces beter beheerst kunnen worden. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de omgeving en de partijen en belangen die in dit verband een rol spelen.

2.1.5 Verificatie van het ontwerp

De vormgeving wordt ten slotte getoetst aan de eisen. De uitwerking van de esthetische vormgeving kan leiden tot lokale afwijkingen op het akoestisch advies. Het ontwerp of de eisen aan het ontwerp moeten in dat geval lokaal aangepast worden in overleg met de akoestisch adviseur om de vereiste geluidbeperking te kunnen blijven garanderen.

2.2 Vormgevingsaspecten

De vormgevingsaspecten worden beschouwd vanuit het oogpunt van de belanghebbenden. In tabel 6 zijn de belanghebbenden en hun belangen aangegeven.

De (vormgevings)aspecten komen aan de orde in het vervolg van deze paragraaf:

- 1 beleving;
- 2 landschap;
- 3 ecologie;
- 4 meervoudig ruimtegebruik;
- 5 sociale veiligheid;
- 6 kunst.

Tabel 6. Overzicht belanghebbenden en belangen

Belanghebbenden	Belangen
Initiatiefnemer/opdrachtgever	beperking verkeerslawaa netwerkvisie routeontwerp kunst
Adviseurs akoestiek en vorm	uitwerking naar eisen akoestiek, vorm en raakvlakken
Omwonenden	omgevingseisen, waaronder beperking van het verkeerslawaa inpassing in het landschap gebruik van het landschap behoud van ecologie sociale veiligheid kunst
Weggebruikers	beleving van de weg veilige berijdbaarheid oriëntatie vluchtwegen bij calamiteiten kunst
Recreanten	gebruik van het landschap
Wegbeheerder	veilige berijdbaarheid beschikbaarheid (veiligheid bij) beheer en onderhoud
Hulpdiensten	voorzieningen voor hulp bij calamiteiten toegankelijkheid
Overheid	regelgeving veiligheid algemeen ecologie en landschap meervoudig ruimtegebruik
Bouwers	uitwerking ontwerp realisatie
Leveranciers	materiaalspecificaties

2.2.1 Beleving

Voor de beleving van geluidbeperkende constructies is het belangrijk om onderscheid te maken naar de waarnemingen van de verschillende belanghebbenden.

- De *weggebruiker* ziet de geluidbeperkende constructies vanaf de wegzijde. De waarneming is voortdurend vanuit een bepaald standpunt op de weg, waarbij de omgeving doorgaans met hoge snelheid gepasseerd wordt. Door het alignement van de weg (bochten en hoogteverschillen) wordt de constructie vanuit diverse perspectieven gezien.
- De *gebruiker van het landschap* (bijvoorbeeld een recreant) ziet de constructie aan beide zijden, zowel stilstaand als met wisselende snelheid en vanuit wisselende perspectieven. Hij ziet de geluidbeperkende constructie in vele gedaanten.
- De *bewoner* neemt voortdurend vanuit een vaste positie de geluidbeperkende constructie waar. De bewoner is de hoofdbelanghebbende omdat de geluidbeperkende constructie voor de bewoners wordt geplaatst.

Gemeenschappelijke belevingen in de waarnemingen zijn de geluidbeperkende constructie, het landschap en de seizoenswisselingen. Niet gemeenschappelijk zijn het fragment van het landschap, de snelheid waarmee de constructie wordt gepasseerd en de intensiteit van de beleving.

Beleving door de weggebruiker

De weggebruiker moet wat hij ziet moeiteloos op een juiste wijze kunnen interpreteren. Een geluidbeperkende constructie is een element dat het wegbeeld zodanig kan verstoren dat hierdoor het rijgedrag van de automobilist wordt beïnvloed. Het is daarom vanuit de weggebruiker belangrijk om rekening te houden met de variatie, de oriëntatie, de hoogte, de stijlen en de kleur van de constructie.

Variatie

Variaties in het wegbeeld zijn nodig om het attentieniveau van de automobilist op peil te houden. Te veel variatie in typen geluidbeperkende constructies langs een tracé kan echter leiden tot verlies aan aandacht voor het wegverkeer en een minder goede oriëntatie van de weggebruiker, en daardoor de verkeersveiligheid in het gedrang brengen. De balans in het wegbeeld wordt vooral bepaald door de afmetingen van de geluid-

beperkende constructie, het alignement van de weg en de voorkomende kruisingen. De benodigde variatie kan in belangrijke mate worden gerealiseerd via de uiteinden van de voorzieningen, de hoogte van de overgangen, de kruisingen en de andere elementen zoals vluchtvoorzieningen. Rekening houdend met de rijnsnelheid van de weggebruikers is enige variatie per 300 tot 400 m afstand voldoende.



Oriëntatie

Een automobilist moet zich kunnen oriënteren. Elementen in het landschap (bijvoorbeeld kerktorens) vervullen daarbij een essentiële rol. Het is daarom belangrijk een analyse te maken van het effect van nieuwe voorzieningen op bestaande oriëntatiepunten. Enkele manieren om te zorgen voor voldoende oriëntatiemogelijkheden zijn:

- de geluidbeperkende constructie zelf als (nieuw) oriëntatiepunt laten fungeren;
- een belangrijk bestaand oriëntatiepunt zichtbaar houden;
- toepassing van kunst.

Hoogte

De hoogte van een geluidbeperkende constructie speelt een belangrijke rol in de beleving. Zo kunnen constructies tot een hoogte van circa 2 m achter de bermvegetatie wegvallen en constructies vanaf 4 m hoog zeer nadrukkelijk aanwezig zijn. De benauwende werking van een hoge constructie kan optisch worden verminderd door:

- de constructie onder een hoek te plaatsen of te laten wijken;
- te kiezen voor een horizontale opbouw, eventueel gebruikmakend van aanaarden;
- beplanting aan te brengen;
- transparante elementen toe te passen;
- de kleuren van beneden naar boven te laten verlopen van donker naar licht;
- een detaillering en materialisering te gebruiken die een horizontale expressie opleveren.

Stijlen

De vorm, de onderlinge afstand, de detaillering en de kleur van de stijlen geven een zeker ritme in de constructie. Door het dimensioneren van de stijlafstand kan bijvoorbeeld worden aangesloten op de snelheidsbeleving vanaf de wegzijde.

Kleur

Bij het ontwerp van een constructie wordt kleur toegepast voor de geleiding, de variatie, de oriëntatie, de hoogte en de informatie (bijvoorbeeld bij vluchtdeuren). De kleur kan worden ontleend aan het gebied of aan het routeontwerp. Om verwarring te voorkomen, moeten kleuren die in verkeerskundige zin functioneel zijn, zoals het blauw van bewegwijzeringsborden, worden vermeden.

Beleving vanuit het landschap

De beleving van een geluidbeperkende constructie door de gebruiker van het landschap wordt vooral bepaald door de samenhang van de constructie met het landschap, de constructie van kruisingen en kleur.

Samenhang

Voor een goede landschappelijke inpassing van de geluidbeperkende constructie is een integrale en breed georiënteerde aanpak van het ontwerp noodzakelijk. Vooral het ruimtebeslag, de lange lijnen en de grondwerken spelen in samenhang met het landschap en de achtergronden een belangrijke rol in de beleving van het landschap.

Kruisingen

Bij kruisingen maken constructies duidelijk wat bij elkaar hoort en dragen hierdoor bij aan de herkenbaarheid van de infrastructuur en het landschap.

Kleur

Kleur speelt een grote rol in de mate van aanwezigheid van de constructie en de samenhang met het landschap en heeft invloed op de beleving van verhoudingen.

Beleving door bewoners

Alhoewel de reductie van geluid de primaire doelstelling van een geluidbeperkende constructie is, is er doorgaans ook veel aandacht nodig voor de verschijningsvorm. Voor de bewonerszijde gelden in eerste instantie dezelfde aandachtspunten als voor de gebruikerszijde. De invulling is echter anders, omdat bijvoorbeeld verkeersveiligheid bij de bewonerszijde geen rol speelt, maar wel de sociale veiligheid. Enkele aspecten die een afwijkende rol spelen, zijn stijlen en kleur. Aanvullende aspecten zijn expressie, de bouwfase en de inrichting van de restruimte.

Bij het toepassen van hoge hellende schermen moet als aandachtspunt worden aangegeven het kunnen optreden van geluidsreflecties aan de achterzijde van het geluidsscherm. Reflecties van geluiden uit de woonwijk zelf kunnen het woongenot in ernstige mate negatief beïnvloeden. Bij woningen op korte afstand van een hoog geluidsscherm wordt een reflecterend achterover hellende vormgeving daarom afgeraden.

Stijlen

De bewonerszijde van een geluidbeperkende constructie heeft doorgaans een geheel andere schaal dan de wegzijde. Dat betekent ook dat er aan de bewonerszijde andere middelen voor de inrichting worden toegepast dan aan de wegzijde.

Kleur

In principe geldt hetzelfde als wat hiervoor staat bij de beleving door de weggebruiker. Er zullen vanwege de andere beleving voor de bewonerszijde echter andere keuzes worden gemaakt dan voor de wegzijde.

Expressie

Voor de herkenbaarheid kan overwogen worden om beelden uit de omgeving in de expressie tot uitdrukking te brengen.

Bouwfase

Door een juiste wijze van bouwen kan de overlast tijdens de uitvoering worden beperkt. De bouwkeuze kan doorwerken in de detaillering van het ontwerp.

Inrichting restruimte

De inrichting van restruimten kan in belangrijke mate bijdragen aan de juiste verhoudingen tussen de constructie en de omgeving. Een goede inrichting, wat betreft vormgeving en functie, zal bijdragen aan de acceptatie van de constructie door de bewoners.

2.2.2 Landschap

Karakteristiek

Het Nederlandse landschap kenmerkt zich door een grote diversiteit. Naast vele soorten cultuurlandschappen komen ook (min of meer) natuurlijke landschappen voor. De diversiteit is het resultaat van een lange historie. Vooral in de negentiende en twintigste eeuw hebben diverse ontwikkelingen tot een volledig verkaveld landschap geleid. Het hoofdwegennet heeft een fijnmazige structuur en kruist veelvuldig met hoofdvaarwegen en spoorlijnen. Bovendien zijn er veel aansluitingen op de lokale infrastructuur.

Beleid

De rijksoverheid streeft in algemene zin en dus ook voor geluidbeperkende voorzieningen naar:

- duurzame instandhouding en, waar mogelijk, versterking van de verscheidenheid en de identiteit

van het Nederlandse landschap op basis van de landschapstypen;

- instandhouding en ontwikkeling van patronen en elementen die op nationale schaal bepalend zijn voor de identiteit van het landschap;
- behoud en herstel van de bestaande landschappelijke kwaliteit in gebieden waar sprake is van bijzondere cultuurhistorische of aardkundige waarden;
- waarborging en versterking van de landschapskwaliteit in de Stedenring Centraal-Nederland;
- realisatie van een ecologische hoofdstructuur (EHS);
- terugdringing van de versnippering.

Dit geeft voor de bovenregionale infrastructuur onderstaande handreikingen:

- benutten van de ordenende werking die bovenregionale infrastructuur op regionaal schaalniveau kan hebben voor de ontwikkeling en de versterking van de landschapsstructuur;
- bundelen van, zo mogelijk, bestaande en nieuwe infrastructuren;
- in de vormgeving van de infrastructuur tot uitdrukking laten komen met welke landschapspatronen wel en met welke geen samenhang bestaat;
- aandacht hebben voor het opheffen van negatieve effecten van de barrièrewerking (voor mens, flora en fauna) en benutten van nieuwe kansen;
- benadrukken van de eigen vormkarakteristieken van het infrastructuurelement om zo het contrast tussen de bestaande landschapspatronen en het nieuwe technische element zichtbaar te maken.

Gevolg

Het landelijke landschapsbeleid is voor deze publicatie vertaald naar geluidbeperkende constructies. Het landschapsbeleid werkt door op twee niveaus.

- Op het eerste niveau staat het grotere landschappelijk verband, waaruit algemene aanbevelingen voor een tracé volgen.
- Op het tweede niveau staan de lokale invalshoeken: het omringende landschap, de weggebruiker en de aanwonenden.

Keuzes gemaakt op het eerste niveau zijn richtinggevend voor het tweede niveau. De uitgangspunten van het eerste niveau mogen echter geen afbreuk doen aan kwaliteitseisen gesteld vanuit het tweede niveau. Hierna worden beide niveaus beschreven.

Het grotere landschappelijke verband

Op landelijk niveau speelt de problematiek van de identiteit en de ontwikkeling van het Nederlandse landschap. Er is niet alleen sprake van verandering van de verschillen tussen de landschapstypen, maar ook van een verandering aan de schaaluiters. De vormgeving van autosnelwegen als bovenregionale verbinding speelt hierin een rol. Een projectgebonden aanpak kan versnippering van het wegbeeld en het landschap veroorzaken en maakt overkoepelende planvorming voor een geheel traject noodzakelijk.

Op nationaal niveau moet een ordening plaatsvinden. Over het algemeen geldt dat geluidbeperkende constructies terughoudender en meer op elkaar afgestemd vormgegeven moeten worden. Om het landelijk beleid concreter en effectiever te maken, zijn de volgende aanbevelingen opgesteld:

- 1 In de lengte ontwerpen: definiëren van het wegbeeld waar de geluidbeperkende constructie van toepassing is.
- 2 In de breedte ontwerpen: vaststellen van de interactie tussen de geluidbeperkende constructie en het omringende landschap.
- 3 Karakteristieke kenmerken definiëren van de te ontwerpen geluidbeperkende constructie.

- 4 Een landschapplan (routeontwerp) vaststellen waarin de karakteristieke kenmerken van de geluidbeperkende constructie, inclusief de weg en het wegbeeld waarvan ze deel uitmaakt, in relatie tot het landschap worden gedefinieerd.

1 In de lengte ontwerpen

Geanalyseerd en gedefinieerd moet worden wat precies het wegbeeld is van de betreffende weg, inclusief de betreffende geluidbeperkende constructie. Hierbij is speciale aandacht nodig voor het aspect tijd. Door ontwikkelingen in de tijd zullen ontwerpen vroeg of laat gedateerd raken; dat neemt echter niet weg dat het van belang is steeds zo goed mogelijk vooruit te kijken naar toekomstige plannen en ontwikkelingen. Sterker nog, het is een extra reden om grondige analyses te doen en op een hoog abstractieniveau kenmerkende karakteristieken te definiëren. Ook is het wenselijk om in een wat groter verband te analyseren. Dit betekent dat de analyse een grensoverschrijdend karakter kan krijgen en er meer afstemming vereist is.

Het wegbeeld wordt bepaald door het geheel van beeldbepalende elementen, waaronder de weg zelf en de voorzieningen zoals verlichting en geleiderails. Afhankelijk van de resultaten van de analyse kan gekozen



worden voor de volgende ontwerprichtingen:

- aansluiten op de bestaande situatie, als dit het meest in de rede ligt of als een landschapsplan daar reeds in voorziet;
- niet aansluiten op de bestaande situatie, als er goede argumenten zijn om een andere koers in te slaan;
- een nieuwe ontwerpogave maken, als de ingreep nieuw is en deze geen referentie heeft in de bestaande situatie.

Welke ontwerprichting wordt gekozen, zal in hoge mate bepaald worden door reeds uitgezette en vigerende plannen en door de vraag welke optie tot het beste resultaat leidt. Op hoofdlijnen zijn er twee ontwerpopvattingen met betrekking tot de vraag 'Wat hoort bij wat?'. Deze opvattingen zijn:

- Alle onderdelen in het wegbeeld moeten een zelfde vormgeving hebben, ook de kunstwerken waar de betreffende weg onderdoor gaat en die tot de kruisende weg behoren. In deze opvatting staan de helderheid en de eenduidigheid van de weg voorop.
- De onderdelen van de betreffende weg moeten een eigen vormgeving hebben.

Er moeten keuzes worden gemaakt met betrekking tot de vraag of een voorziening een karakteristiek onderdeel is van de infrastructurele lijn of onderdeel is van de omgeving.

2 In de breedte ontwerpen

Ontwerpen in de breedte houdt in dat de interactie tussen de geluidbeperkende constructie(s) en het omringende landschap (of de landschappen) wordt vastgesteld. Over deze interactie bestaan op hoofdlijnen de volgende opvattingen:

- Geluidbeperkende constructie inpassen (compensatie) Getracht wordt de constructie zodanig vorm te geven dat deze als zodanig herkend wordt en aansluit bij de omgeving. Geluidbeperkende constructies ontnemen zowel de bewoners als de weggebruiker het zicht op de wereld achter de constructie. Het kan hierbij gaan om bebouwing, maar ook om belangrijke oriëntatiepunten zoals een kerktoeren of een reclamemast. Met compensatie wordt getracht in de constructie iets terug te brengen van wat karakteristiek is voor wat zich achter de constructie bevindt. Het zicht op de geluidbeperkende constructie biedt hierbij compensatie voor het verloren uitzicht.

- Geluidbeperkende constructie aanpassen (visuele ontkenning)

In dit geval wordt geprobeerd de aanwezigheid van de geluidbeperkende constructie visueel zoveel mogelijk te ontkennen en/of te verhullen. Vanuit het oogpunt van de bewoners is dit vaak zeer gewenst. Dit effect kan op twee manieren worden vormgegeven. De eerste manier is het transparant uitvoeren van de constructie, waardoor de bewoners zicht houden op de weg. De tweede manier is de geluidbeperkende constructie zodanig vorm te geven dat deze nauwelijks opvalt in de (directe) omgeving. De geluidbeperkende constructie gaat dan bijvoorbeeld schuil achter beplanting of krijgt het aanzien van een stadsmuur. Ook een geluidswal is hiervan een goed voorbeeld.

- Geluidbeperkende constructie verzelfstandigen In deze variant wordt de geluidbeperkende constructie als zelfstandig object gezien. De constructie hoeft niet aan te sluiten bij de omgeving of duidelijk als geluidbeperkende constructie herkenbaar te zijn, maar heeft een geheel eigen karakter. De constructies hebben een eigen identiteit en zeggingskracht. Door de constructie bewust een unieke vorm te geven, kan een zeer herkenbaar wegtracé ontstaan, waardoor de automobilist weet waar hij zich bevindt. Deze variant heeft vaak de voorkeur van de gemeente. Het overgrote deel van de huidige constructies valt onder deze categorie.

3 Karakteriseren kenmerken

De karakteristieke kenmerken van de te ontwerpen geluidbeperkende constructie moeten worden gedefinieerd, bijvoorbeeld door een TAG en een VRA.

4 Opstellen van een landschapsplan

In een (ontwerp-)landschapsplan moeten de karakteristieke kenmerken van de geluidbeperkende constructie, inclusief het wegbeeld waarvan deze deel uitmaakt, in relatie tot het (omringende) landschap worden gedefinieerd. De uitwerking op niveau van een ontwerp heet een routeontwerp.

De lokale invalshoeken

Invalshoek weggebruiker

Om te bereiken dat weggebruikers geluidbeperkende constructies op een positieve manier beleven, kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan.

Maak onderscheid in constructies langs wegen door de centrale stad, constructies langs wegen in de periferie en constructies langs wegen door het landelijk gebied. De centrale stad kent kleinere maten dan de periferie. Het landelijk gebied kenmerkt zich door een nog grotere maatvoering (dan wel het ontbreken ervan). Deze kenmerken kunnen vertaald worden in de maatvoering van de constructie. Bij de vormgeving van de geluidbeperkende constructie moet rekening worden gehouden met de functie van de weg: snelweg, autoweg, provinciale weg of stedelijke uitvalsweg.

Een geluidbeperkende constructie moet het verkeer zo goed mogelijk geleiden. Deze aanbeveling wordt vooral ingegeven door de eis van verkeersveiligheid.

Vanuit de behoefte aan continuïteit en een rustig wegbeeld is het van belang de diversiteit in materialen te beperken, te zorgen voor rustige vlakverdelingen, patronen en ritmes, de nadruk te leggen op horizontale belijning, zorg te dragen voor vloeiende overgangen en de hoeveelheid visuele informatie te beperken. Tegelijk moet een geluidbeperkende constructie voldoende visuele kwaliteit bezitten, afgestemd op de snelheid van de weggebruiker.

Vanuit het wegbeeld is een vloeiende en continue voortzetting van de geluidbeperkende constructie gewenst. De overgangen naar kunstwerken geven vaak een verstoring van dit beeld. Dit is een specifiek ontwerp-probleem dat vaak veronachtzaamd wordt. Ook kan het leiden tot overaccentuering van gegevens die voor de weggebruiker niet van belang zijn. Daarom is steeds speciale aandacht nodig voor overgangen tussen geluidbeperkende constructies op de baan (in bermen) en constructies op kunstwerken.

Transparante onderbrekingen bij viaducten zijn veelal te klein om de weggebruiker een beeld van de achterliggende omgeving te geven. Hiervoor is het noodzakelijk aan de transparante onderbreking een grotere oppervlakte te geven. De bijzondere eigenschappen van doorzichtig materiaal (glad, spiegelen oppervlak) kunnen op deze wijze ook beter worden benut. Doorzichtige delen verlangen intensief onderhoud. Als dit uitblijft, loopt de transparantie terug (door vuil, algen en graffiti).

Bij hoge geluidbeperkende constructies, waar de achterliggende omgeving niet meer zichtbaar is, is een zekere mate van eigenheid ('expressie') gewenst. Hoe hoger een geluidbeperkende constructie, des te meer deze als zelfstandig gebouwd element wordt ervaren. Een eigen expressie verhoogt de beeldende waarde van de constructie, maar vraagt extra zorgvuldigheid bij de vormgeving. Er zijn talrijke opties om de constructie optisch te verlagen: vlakverdeling, horizontale lijnvoering, kleurgebruik en toepassing van een transparant bovendeel.

Uit onderzoek blijkt dat de achtergrond waartegen men een geluidbeperkende constructie beleeft, van grote invloed is op de waardering ervan: constructies tegen een begroeide achtergrond worden positiever gewaardeerd dan constructies met een achtergrond van bebouwing of lucht. Groen staat vriendelijk. Een hogere beplanting achter een constructie geeft deze een 'achtergrond'. Ze



maakt duidelijk dat er achter de constructie nog een andere wereld is en verzacht de harde overgang constructie-lucht. Een strook beplanting kan de continuïteit van een (te) variabele constructie vergroten; een grillige beplanting kan een te saaie constructie doorbreken.

De combinatie met beplanting kan bijdragen tot een betere inpassing van de geluidbeperkende constructie in de omgeving. Een begroeid scherm is eigenlijk altijd goed inpasbaar. De beplanting verzacht over het algemeen het contrast met de omgeving. Groen wordt door veel mensen hoog gewaardeerd. De ervaringen met gestapelde begroeibare constructies zijn niet overwegend positief (verdroging, vergrassing). De ervaringen met klimplanten die in de bodem wortelen en het scherm begroeien zijn beter. De mogelijkheden met beplanting zijn: laten begroeien van een constructie ('groei-scherm'), plaatselijk groenaccenten geven, hoge beplanting achter een constructie laten groeien of een constructie geheel in de (opgaande) beplanting opnemen.

Invalshoek omringend landschap

Tot de invalshoek van het omringend landschap wordt ook de structuur van het stedelijk gebied gerekend. Voor deze invalshoek zijn kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan.

Houd rekening met de zichtbaarheid van geluidbeperkende constructies vanuit het landschap. Hierbij zijn vooral de aspecten materiaalgebruik, kleur, belichting, maatvoering en schaal van belang. Een constructie kan door schaal en eenduidige vormgeving een bijdrage leveren aan de maatvoering van het omringende gebied. Bij een zelfstandige inpassing van een constructie moet gezocht worden naar een 'harmonieus contrast' met de omgeving.

Met beplanting kan een geluidbeperkende constructie wat maatvoering betreft in een kleinschalig landschap ingepast worden. Daarnaast is beplanting een belangrijk middel om het kunstmatige karakter van de schermen te verzachten ten opzichte van de omgeving, zonder hierbij het karakter van de schermen aan te tasten.

Vanuit de behoefte aan oriënteringsmogelijkheden binnen het stedelijk gebied kunnen snelwegviaducten worden gemarkeerd door een verbijzondering in de geluid-

beperkende constructie. Dit middel moet alleen toegepast worden bij belangrijke kruisende wegen in de stedelijke structuur en mag geen afbreuk doen aan de uitgangspunten voor de vormgeving van de snelweg.

Invalshoek aanwonenden

Een geluidbeperkende constructie vormt voor aanwonenden een onderdeel van hun dagelijkse woon- en leefmilieu. Plaatsing van een geluidbeperkende constructie betekent veelal een verlies aan visuele belevingswaarde van het woon- en leefmilieu. Dit moet in de vormgeving van de voorziening zoveel mogelijk gecompenseerd worden. Voor de invalshoek van de aanwonenden gelden de volgende aanbevelingen.

Een geluidbeperkende constructie heeft twee voor- en achterkanten. Wat voor weggebruikers de achterzijde is, is voor bewoners immers de voorzijde, en omgekeerd. Daarom moet aan de vormgeving van beide zijden evenveel zorg worden besteed. Het gaat hierbij in het bijzonder om maatvoering, transparantie, afwerking, kleurgebruik, beplanting en gebruiksmogelijkheden. De beleving is statisch: de constructie hoeft niet op te vallen. Een rustige lijn, lichte kleuren en/of beplanting hebben de voorkeur.

Vooraf bewoners van bovenetages betreuen het verlies van uitzicht. Een bepaalde mate van transparantie kan bijdragen aan een hogere acceptatie. Bewoners houden dan een indruk van wat er achter de constructie op de weg gebeurt.

Bij onderdoorgangen onder de snelweg moet er rekening mee worden gehouden dat er geen sociaal onveilige situaties ontstaan. Belangrijke middelen zijn overzicht, lichttoetreding en gebruik van lichte, frisse kleuren.

Lichttoetreding draagt bij aan de sociale veiligheid van de zone aan de bewonerszijde. In dit verband is het ook van belang het scherm vandalismebestendig uit te voeren. Dat betekent onder meer dat de materiaalkeuze moet worden afgestemd op brandveiligheid en breuk. Dit kan door het toepassen van veiligheidsglas. Van de kunststoffen is polycarbonaat (PC) vandalismebestendiger en brandveiliger dan polymethyl-methacrylaat (PMMA). Het toepassen van een antigraffiticoating zal het reinigen van schermen vergemakkelijken en daarmee bijdragen aan een sociaal veilige omgeving.

De zones aan de bewonerszijde kunnen belangrijke gebruiksruimten opleveren. Van de multifunctionaliteit van deze zones en de voorzieningen zelf wordt, zoals ook in het landschapsbeleid vermeld, nog onvoldoende gebruikgemaakt. Toewijzing van deze ruimte aan de aanwonenden levert een belangrijke bijdrage aan de acceptatie van de constructie.

Beplanting kan bijdragen aan het creëren van een goede recreatieruimte op korte afstand van de snelweg. Daarnaast kunnen de zone tussen de geluidbeperkende constructie en de bebouwing en ook de voorziening zelf betekenis hebben voor natuurontwikkeling. Hierbij moet niet alleen gedacht worden aan beplante wallen, maar ook aan de combinatie van een geluidbeperkende constructie met moerassystemen of watergebonden systemen. De natuurontwikkeling dient zoveel mogelijk aan te sluiten bij ecosystemen in de omgeving.

2.2.3 Ecologie

Als een geluidbeperkende constructie een ecologisch gebied beschermt, dan moet bij de vormgeving van de constructie rekening worden gehouden met de bestaande landschapsecologische relaties en landschapstypen en de invloed die de constructie daarop heeft. Zo nodig moeten mitigerende maatregelen worden getroffen.

De bouw van een geluidbeperkende constructie hoeft overigens niet altijd een bedreiging voor de ecologie te zijn, maar kan ook nieuwe kansen bieden. Zo wordt door de aanleg van een geluidbeperkende constructie de nestvorming in bomen aan de bewonerszijde van het scherm sterk bevorderd.

Aandachtspunten voor het ontwerp zijn:

- Door een geluidbeperkende constructie verandert het micromilieu aan beide zijden van de constructie. Dit kan een reden zijn om transparante delen toe te passen. Bij het gebruik van transparante delen moeten de aanbevelingen voor vogelstrepen worden opgevolgd.
- In de langsrichting moeten de constructies doorlopend zijn, ook bij viaducten.
- In de dwarsrichting moeten barrières opgeheven worden.
- Tijdens de bouw moet rekening worden gehouden met broedseizoenen en andere activiteiten en ontwikkelingen van de flora en de fauna.

2.2.4 Meervoudig ruimtegebruik

Een geluidbeperkende constructie kan gelijktijdig nog andere functies vervullen dan het reduceren van verkeersgeluid. Zo worden geluidbeperkende constructies wel voorzien van zonnepanelen voor energieopwekking.



Een goed voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik zijn de zogeheten geluidsschermwoningen en -kantoren, waarbij de gebouwen tevens dienen als geluidbeperkende voorziening.

2.2.5 Sociale veiligheid

Sociale veiligheid heeft onder meer te maken met de uitstraling van de geluidbeperkende constructies, (openbare) restgebieden en de kwaliteit van kruisingen en onderdoorgangen. Aspecten als zicht, overzicht, licht, verlichting en afwerkingsniveau spelen hier een rol.

Van belang zijn een goede uitstraling, voldoende vluchtwegen, het voorkómen van donkere openbare plekken, maximaal open en overzichtelijke onderdoorgangen, een attractief afwerkingsniveau en het voorkómen van plaatsen waar mensen zich kunnen ophouden. Een actief antigrafittibeleid kan ook bijdragen aan een goede uitstraling.

2.2.6 Kunst

Kunst kan bijdragen aan de kwaliteit, de attractiviteit en de sociale veiligheid van de omgeving. Belangrijk is dat kunst niet zo dominant is dat de aandacht voor verkeersrelevante zaken verloren gaat. Een kunstobject en een geluidbeperkende constructie kunnen los van elkaar staan, maar moeten wel in samenhang met elkaar ontworpen zijn. Een andere mogelijkheid is om de geluidbeperkende constructie als kunstobject te ontwerpen.

2.3 Materialen in verband met vormgeving

In deze paragraaf wordt ingegaan op verschillende materialen die in geluidbeperkende constructies worden toegepast en hun invloed op de verschijningsvorm van het ontwerp. De constructieve eigenschappen van de materialen worden beschreven in hoofdstuk 4. De materialen die in de volgende subparagrafen aan de orde komen, zijn:

- 1 beton en houtvezelbeton;
- 2 hout;
- 3 kunststof en glas;
- 4 metaal;
- 5 metselsteen;
- 6 schanskorven.

2.3.1 Beton en houtvezelbeton

Van alle toepasbare materialen biedt beton de meeste mogelijkheden voor vormgeving. De maatschappelijke acceptatie van beton is echter minder positief: het gladde grijze uiterlijk wordt veelal als niet aantrekkelijk ervaren. Er zijn diverse mogelijkheden om het uiterlijk van beton te beïnvloeden. Zo kan met rubberen structuurmatten of absorberend houtvezelbeton de textuur worden gewijzigd. Ook zijn er diverse producten op de markt waarmee beton door en door gekleurd kan worden. Het kleurenschaal is echter beperkt. Het is ook mogelijk om beton te schilderen.

2.3.2 Hout

Een geluidbeperkende constructie van hout heeft niet per definitie een natuurlijke verschijningsvorm. Doordat gewerkt wordt met planken zijn de mogelijkheden voor een afwijkende vormgeving, behoudens het variëren in richting en dikte van de planken, zeer beperkt. Noord-Europees grenen kleurt na verloop van jaren vaal en is dan te behandelen met een transparante of dekkende houtolie. Bij toepassing van donkere kleuren valt vervuiling niet of nauwelijks op.

2.3.3 Kunststof en glas

Kunststof wordt over het algemeen toegepast in transparante schermen. Acrylaat plexiglas (polymethyl-methacrylaat of PMMA) en polycarbonaat (PC) worden door het thermoplastische karakter van het materiaal in tal van vormen toegepast en zijn in vele kleuren en kleurgradaties leverbaar. De textuur kan worden uitgevoerd als glanzend, mat, granité of translucet (matglas, melkglas). De kwaliteit van PC kan per soort sterk verschillen.

Aandachtspunten zijn de zichtbaarheid van de verticale productiestrepen (dikteverschillen) en de transparantie tijdens de levensduur. Verder is aandacht nodig voor de brandbaarheid van kunststofplaten; zie hiervoor paragraaf 5.4.4.

Kunststof wordt ook toegepast voor niet-transparante platen, soms in de vorm van gerecycled kunststof voor bijvoorbeeld geluidabsorberende sandwich-schermplaten.



Glas wordt als gelamineerd veiligheidsglas toegepast bij geluidsschermen. Het voordeel van glas is dat de transparantie niet gevoelig is voor zonlicht. Het nadeel is de gevoeligheid voor vandalisme.

2.3.4 Metaal

Geluidbeperkende constructies in staal bestaan uit thermisch verzinkte platen, gecoat staalplaat of weervast cortenstaal. De draagconstructie is veelal van staal in de vorm van gewalste of gelaste staalprofielen. Aluminium wordt in diverse vormen toegepast, geprofileerd en als vlakke plaat. Ook worden van dit materiaal cassettes gemaakt voor absorberende schermen. Door middel van een coating kunnen op metalen schermen alle (RAL-/NSC-)kleuren worden aangebracht. In hoeverre metalen schermen vervuilen, hangt sterk af van de textuur. Van vlakke schermen is het zelfreinigend vermogen hoger dan van geprofileerde schermen.

2.3.5 Metselsteen

De soorten metselsteen die kunnen worden toegepast zijn baksteen, betonsteen, kalkzandsteen en glazen bouwstenen. Daarnaast kan natuursteen worden toegepast, bijvoorbeeld in samengestelde metselwerken. De oppervlaktestructuur van bakstenen is meestal ruw. Het aanzien van een gemetselde geluidbeperkende constructie wordt bepaald door de kleur, de soort en het formaat van de gebruikte stenen, de wijze van verwerking (het metselverband), de voegen en de vormgeving van het geheel.



2.3.6 Schanskorven

Schanskorfconstructies bestaan doorgaans uit kooien van roestvast of thermisch verzinkt staal, gevuld met steenachtig materiaal. Dit kan natuursteen zijn, maar ook gebakken of keramisch materiaal of puin. Ook een combinatie van materialen is mogelijk. Het aanzien van de constructie wordt vooral bepaald door de kleur, de soort en het formaat van de vulling.

2.4 Vormen van geluidbeperkende constructies

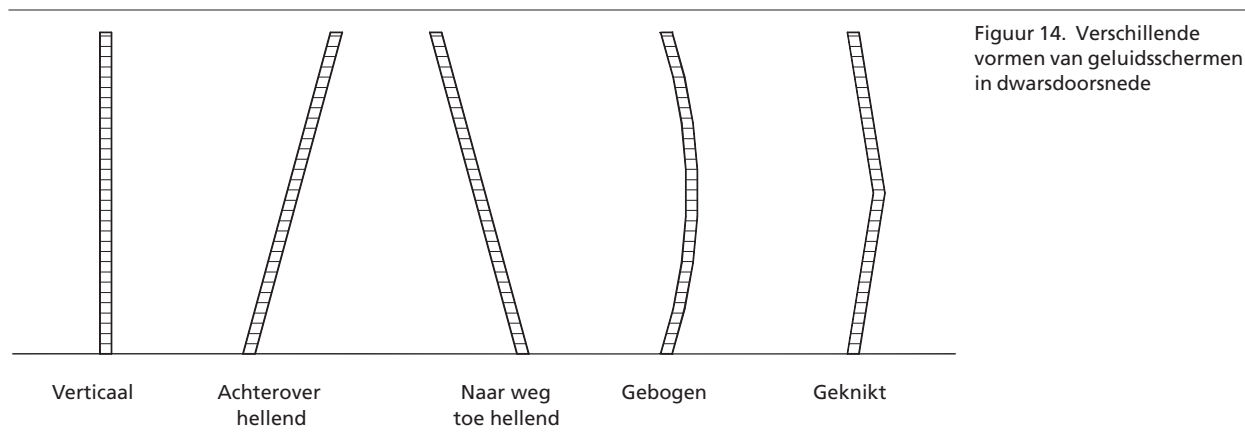
Geluidbeperkende constructies komen in verschillende verschijningsvormen voor. Om inzicht te kunnen verschaffen in de voorkomende typen en hun karakteristieken, zijn ze geordend naar de volgende hoofdgroepen:

- 1 schermvormen;
- 2 begroeide constructies;
- 3 samengestelde, bijzondere schermen.

2.4.1 Schermvormen

In eerste instantie springt vaak de vorm van het scherm in het oog. In figuur 14 is een overzicht gegeven van een aantal mogelijke vormen.

Verticale, rechtop staande schermen vormen de traditionele verschijningsvorm. Hellende schermen hebben een positief effect op de beleving aan de zijde van de constructie waar deze een meer dan haakse hoek maakt met het maaiveld. Een van de weg afhellend scherm heeft dus een positief effect op de beleving van de automobi-



list, maar een negatief effect op de beleving voor de bewoner. Gebogen en geknikte vormen worden vaak gekozen vanuit inpassingsoverwegingen.

Bij de keuze voor een specifieke vormgeving moet ook rekening worden gehouden met de akoestische gevolgen zoals het kunnen optreden van reflecties van verkeersgeluid aan de wegzijde, en het kunnen optreden van geluidsreflecties aan de achterzijde van het geluidsscherm. Reflecties van geluiden uit de woonwijk zelf kunnen het woongenot in ernstige mate negatief beïnvloeden. Bij woningen op korte afstand van een hoog geluidsscherm wordt een reflecterend achterover hellende vormgeving daarom afgeraden.

2.4.2 Begroeide constructies

Begroeide geluidbeperkende constructies ontlelen hun uiterlijk aan levend plantmateriaal. Karakteristiek voor deze constructies is de doorgaans hoge waardering door de bewoners en de positieve bijdrage aan de ecologie en het microklimaat. Wegbeheerders streven overigens naar meer onderhoudsvrije niet-begroeide schermen.

Er wordt onderscheid gemaakt in:

- geluidswallen;
- begroeide schermen (waaronder schanskorven);
- stapelconstructies.

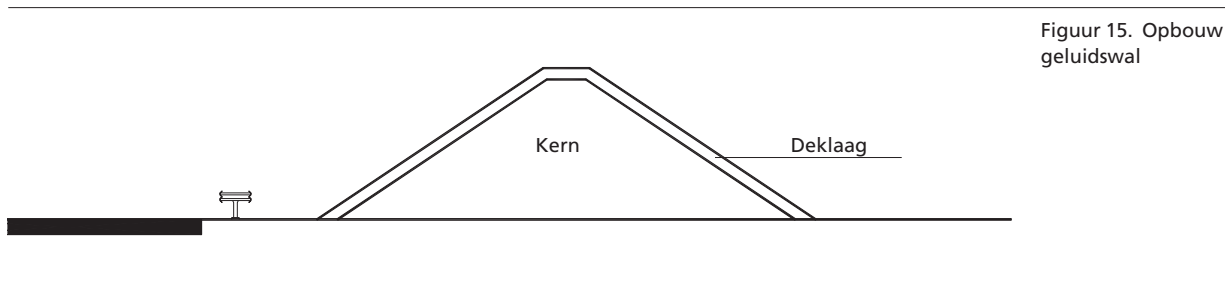
Het is niet gegarandeerd dat de constructies uiteindelijk een volledig begroeid aanzien verwerven. Uitgangspunt bij begroeide schermen moet dan ook zijn dat ook als de constructie niet (volledig) begroeid is, ze wel een esthetisch beeld biedt.

Geluidswallen

Een geluidswal bestaat uit een kern van zand, grond of steenachtig materiaal die is afgedekt met gebiedseigen grond die geschikt is voor de gewenste vegetatie. De dikte van de laag dekgrond is mede afhankelijk van de toe te passen vegetatie. Geluid- en onderhoudsaspecten bepalen de helling van de taluds en de breedte van de kruin.

Met het oog op meervoudig grondgebruik en toegevoegde waarde is het mogelijk de wal aan bewonerszijde zodanig vorm te geven dat deze door middel van wandelpaden toegankelijk is.





Figuur 15. Opbouw geluidswal

Door de taluds steiler uit te voeren, kan het ruimtegebruik van geluidswallen worden beperkt. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van materialen als:

- geotextiel, bij hellingen tot 75 graden;
- schanskorven en samengestelde constructies, bij hellingen tot 90 graden.

Wel blijkt dat vooral bij steile hellingen de begroeiing niet altijd aanslaat.

Begroeiide schermen

In principe is elke wand die vervaardigd is van beton, staal of hout begroeibaar. Tegen een scherm kan beplanting worden aangebracht. Wel zijn er verschillen in de mate van begroeibaarheid. Deze wordt onder meer bepaald door het materiaal, de oppervlaktestructuur en de detaillering van het scherm. Afhankelijk van de ondergrond en van de beplanting (zelfhechtende of niet-hechtende soorten) moet tegen de wand een hulpconstructie in de vorm van matten of een raamwerk worden aangebracht.

Stapelconstructie

Bij een stapelconstructie wordt beplanting aangebracht in het grondbegroeiingsmengsel waarmee de stapelementen zijn gevuld. De gestapelde elementen zijn van beton of staal. Essentieel voor een goede ontwikkeling van deze begroeiing zijn een goede grondkwaliteit en een adequate watervoorziening. Regel is dat deze constructies niet zonder waterinstallatie kunnen. Tevens moet het toe te passen beplantingsassortiment zorgvuldig op de groeiomstandigheden worden afgestemd. In hoofdstuk 4 wordt nader op deze aspecten ingegaan.

2.4.3 Samengestelde schermen

Hierna wordt ingegaan op achtereenvolgens combinaties van geluidswal met scherm, bakconstructies en luifelconstructies.

Combinaties van geluidswal met scherm

Als een geluidswal de voorkeur verdient, kan om het ruimtebeslag te beperken worden gekozen voor een wal met daarop een scherm (zie figuur 16). Als er ruimtegebrek is en de wens van een geluidswal geldt voor slechts één zijde (weggebruikers of bewoners), kan ook worden gekozen voor een geluidswal die geheel of gedeeltelijk tegen een scherm aanligt (zie figuur 17). Het scherm krijgt in dit geval een grondkerende functie, wat uiteraard constructieve consequenties heeft. Ook als langs een tracé waar een geluidswal gewenst is, op slechts één of enkele plaatsen sprake is van ruimtegebrek, kan de combinatie met een scherm uitkomst bieden. Op de plaatsen waar onvoldoende voetbreedte beschikbaar is, wordt de geluidswal dan onderbroken door een geluidsscherm (zie figuur 18).

De verschijningsvorm van alle combinaties kan speels zijn. Tegelijk is het meestal gewenst dat het scherm geen afbreuk doet aan het natuurlijke karakter van de geluidswal.

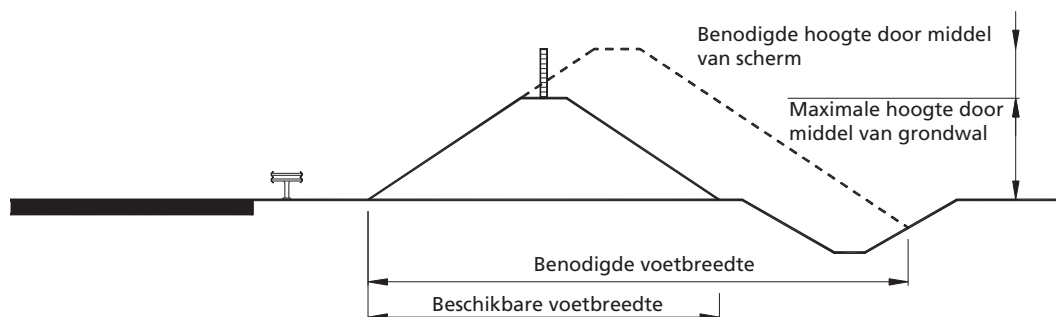
Bakconstructies

De bakconstructie is een civieltechnisch bouwwerk dat een weg onder een kruisende wegverbinding doorvoert. De geluidbeperkende constructie wordt op de bak geplaatst. Vanaf de wegzijde is een dergelijke geluidbeperkende constructie niet als zelfstandig object te ervaren. De constructie is integraal opgenomen in de vormgeving van het civiele kunstwerk (zie figuur 19).

Luifelconstructies

Een luifelconstructie is als het ware een geknikte schermwand en levert meer geluidbeperking op met minder hoogte (zie figuur 20 op pagina 44).

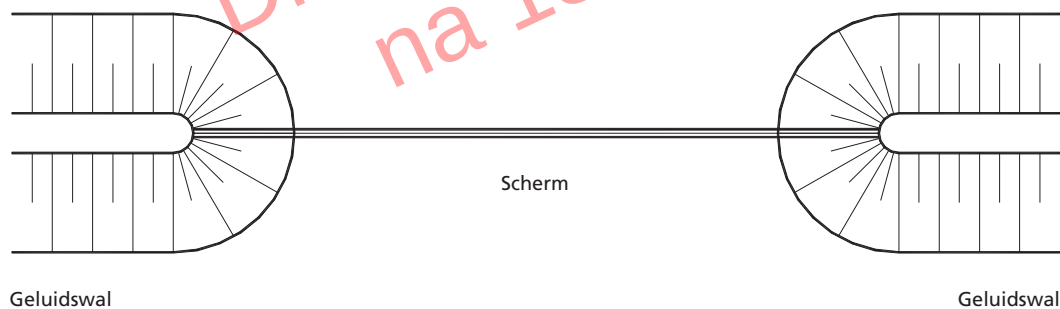
Figuur 16. Combinatie van scherm en geluidswal



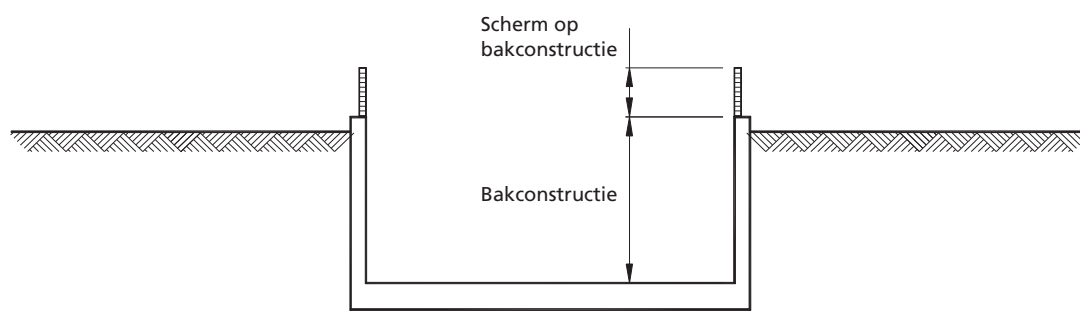
Figuur 17. Combinatie van scherm tegen geluidswal

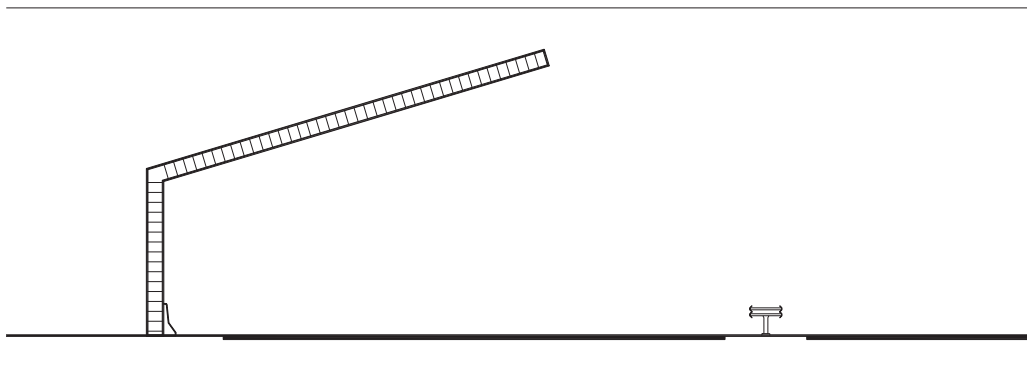


Figuur 18. Geluidswal onderbroken door een scherm



Figuur 19. Bakconstructie (dwarsdoorsnede)





Figuur 20. Principe van een betonnen luifelconstructie

2.4.4 Geluidsschermen in verband met luchtkwaliteit

In het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) [6] is met praktijkmetingen aangetoond dat schermen een positief effect kunnen hebben op de concentraties NO_2 en PM_{10} . De aanduiding PM_{10} voor fijn stof is een verzamelnaam voor zwevende, inhaleerbare deeltjes in de omgeving van de weg. PM_{10} betekent deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 micrometer. PM is de afkorting van ‘particulate matter’.

Het voorgaande betekent dat schermen, waar noodzakelijk en effectief, kunnen worden toegepast om de luchtkwaliteit te verbeteren. In deze gevallen moet de luchtkwaliteit worden berekend met methode II uit de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit (RBL) [7].

Uit het onderzoek Proeftuin Schermen van IPL is verder gebleken dat (de beproefde) geoptimaliseerde schermen geen significante extra werking laten zien voor de weg-bijdrages NO_2 en PM_{10} . Omdat het extra effect van verschillende schermoptimalisaties in de onderzoeken nog niet is aangetoond, is het advies om met het ontwerp van het scherm, ook als dit (mede) dient ter verbetering van de luchtkwaliteit, zo dicht mogelijk bij de ontwerpeisen van een geluidsscherm te blijven. Dit betekent dat het scherm:

- gelijkwaardig is aan een standaard geluidsscherm (akoestisch dicht, scherpe hoek, niet poreus, etc.);
- verticaal wordt geplaatst (niet onder een hoek);
- een minimale lengte heeft van bijvoorbeeld 100 m; dit om te voorkomen dat luchtstromen gemakkelijk om de zijkant van het scherm kunnen buigen;
- aan dezelfde constructieve en veiligheidseisen voldoet als elk ander geluidsscherm.



2.5 Detaillering

Nadat de hoofdvorm van de geluidbeperkende constructie is bepaald, vindt de detaillering van het ontwerp plaats. Hierbij moet aandacht worden besteed aan de volgende elementen:

- 1 basiselementen;
- 2 begin en einde van schermen;
- 3 overgangen tussen verschillende typen geluidbeperkende constructies;
- 4 lokaal afwijkende vormen.

Het verdient aanbeveling deze elementen vroegtijdig te inventariseren en vast te stellen hoe daarmee om te gaan. Vormen zij een onderdeel van een samenhangend ontwerp of is bewust gekozen voor uitzonderingen?

2.5.1 Basiselementen

Doorgaans worden geluidbeperkende constructies als een bouwdoos opgebouwd uit modules, repeterende elementen (stijlen en planken en/of regels en platen). Deze opbouw is meestal ook bepalend voor de algemene expressie en de karakteristiek van de geluidbeperkende constructie. Dit geldt voor vrijwel alle geluidbeperkende constructies, behalve grondwallen en begroeide schermen. De basiselementen leveren een belangrijke bijdrage aan de samenhang in een route, zoals bepleit bij de routeontwerpen.

Het routeontwerp zoals dat door Rijkswaterstaat wordt gehanteerd, pleit voor een modulaair systeem dat flexibel kan worden ingezet. Dit systeem bestaat uit een beperkt aantal gestandaardiseerde en industrieel geoptimaliseerde onderdelen die op verschillende manieren kunnen worden gecombineerd. Van belang zijn de uitwisselbaarheid van de panelen (door gestandaardiseerde maten van momenteel 6 m), de aanpasbaarheid in de hoogte (zowel hoger als lager) en de standaarddetailering van de panelen en de aansluitingen op de staanders.

Modulaire geluidsschermen kunnen een belangrijke rol spelen in routeontwerpen; niet alleen esthetisch, maar ook wat betreft beheer en onderhoud (kostenbeheersing en snel herstel in geval van schade). Meer informatie over modulaire geluidsschermen en het Toepassingsadvies Modulaire Geluidsschermen [8] is te vinden op www.stillerverkeer.nl.

2.5.2 Begin en einde van schermen

 Het begin en het einde van een geluidbeperkende constructie kan een geleidelijk verticaal verloop hebben.

Een geleidelijke overgang in het wegbeeld heeft minder invloed op het rijgedrag dan een abrupte overgang. Verder ondervindt de weggebruiker door een geleidelijke fysieke overgang in de constructie bij zijwind een gelijkmatig toenemende of afnemende zijdelingse windbelasting. Een geleidelijk verloop is een verloop van (minimaal) 1:10 vanaf de geleiderailhoogte in een open gebied en een verloop van (minimaal) 1:8 in de overige situaties.

Inleidingen of beëindigingen van geluidbeperkende constructies kunnen op diverse manieren worden vormgegeven. Zo kunnen de op- en afbouw van de constructie, in het horizontale vlak gezien, evenwijdig aan de weg worden ontworpen. Maar het is ook mogelijk de beëindigingen te laten uitbuigen.

In het verticale vlak kunnen de op- en de afbouw (functioneel) getrapt of vloeiend worden vormgegeven. Er zijn echter ook architectonische oplossingen denkbaar waarbij de op- en de afbouw een bijzonder element vormen.





De te kiezen vorm hangt sterk af van de analyse en de geformuleerde ontwerpogave (TAG/VRA/route-ontwerp).

2.5.3 Overgangen tussen verschillende typen geluidbeperkende constructies

Als in een geluidbeperkende constructie een of meer overgangen voorkomen tussen verschillende delen van de constructie en deze overgangen moeten een bijzondere vormgeving hebben, dan moet daar wel een zekere samenhang in zijn. Verschillende typen constructies moeten visueel op een logische wijze verbonden of juist te onderscheiden zijn. Verder is het van belang dat niet te veel constructietypen worden toegepast.

2.5.4 Lokaal afwijkende vormen

Als door ruimtegebrek bij bijvoorbeeld kunstwerken of portalen de afstand tussen een geluidbeperkende constructie en de weg plaatselijk verkleind wordt, dan moet in verband met de beleving van de weggebruiker de hierdoor ontstane vernauwing met een (visueel) geleidelijke overgang worden opgebouwd.

- ▶ Dit kan door een separaat schermdeel meer naar buiten te plaatsen (bajonetoplossing) met voldoende akoestische afdichting door overlapping, of door een vloeiende overgang aan te brengen waarbij de schermen in horizontale zin een verloop hebben van maximaal 1:30.

Vernauwing van de weg bij kunstwerken kan ongewenst zijn voor het wegbeeld van de weggebruiker, maar is wel wenselijk voor het onderdoorgaande kruisende verkeer, omdat bij een smallere weg de onderdoorgang korter is. Een korte, heldere, lichte onderdoorgang is sociaal veiliger.

Bij geluidbeperkende constructies onder hoogspanningsleidingen moet worden nagegaan of een beperking van de hoogte nodig is.

Voorzieningen als kasten voor kabels en leidingen zijn doorgaans niet bepalend voor de vorm van een geluidbeperkende constructie. Wel heeft de ervaring geleerd dat het belangrijk is om vroegtijdig de inpassing van de kasten in het ontwerp te betrekken.

3 Veiligheid

Veiligheid is een belangrijk onderwerp binnen de samenleving. Enkele verkeersincidenten met geluidbeperkende constructies (aanrijdingen, brand) hebben aangetoond dat het zeer relevant is om ongevallen zoveel mogelijk te voorkomen. In dit hoofdstuk worden de veiligheidsaspecten rond geluidbeperkende constructies behandeld.

De veiligheid van geluidbeperkende constructies heeft betrekking op:

- 1 een verkeersveilige plaatsing van de constructie in het dwarsprofiel en het lengteprofiel;
- 2 vluchtvoorzieningen en de toegang voor hulpdiensten;
- 3 brandveiligheid.

In de volgende drie paragrafen wordt nader op deze onderwerpen ingegaan.

3.1 Verkeersveilig ontwerp

3.1.1 Plaatsing in het dwarsprofiel

Geluidbeperkende constructies in bermen van wegen kunnen een obstakel vormen voor eventueel van de weg geraakte voertuigen. Voor een verkeersveilig weg-

ontwerp moet de constructie dan ook als een obstakel worden beschouwd, tenzij in de constructie een geleidend/kerend vermogen is ingebouwd.

Wanneer het geluidsscherm buiten de obstakelvrije zone wordt geplaatst, is er geen afscherming nodig.

Het plaatsen van een geluidbeperkende constructie buiten de obstakelvrije zone kan (vanuit de noodzaak van geluidbeperking gezien) leiden tot hoge, wellicht (wat betreft veiligheid) onaanvaardbare schermconstructies. Per situatie moet worden afgewogen of de geluidbeperkende constructie binnen of buiten de obstakelvrije zone wordt geplaatst.

Voor de plaatsing van een geluidbeperkende constructie binnen de obstakelvrije zone worden uit het oogpunt van verkeersveiligheid de volgende eisen gesteld:

1 Afschermen van de geluidbeperkende constructie

- ! Geluidbeperkende constructies zonder geleidend/kerend vermogen die worden geplaatst binnen de obstakelvrije zone van de weg, moeten worden afgeschermd.



2 Toepassen van een flexibele geleiderailconstructie

- Als een geluidbeperkende constructie moet worden afgeschermd met een geleiderail, gaat in verband met de verkeersveiligheid de voorkeur uit naar een zo flexibel mogelijke geleiderailconstructie. Hoe flexibeler de constructie, hoe kleiner de kans op letsel bij de inzittenden. In situaties waarin, door ruimtegebrek, het standaard dwarsprofiel met een flexibele geleiderailconstructie niet inpasbaar is, kan ruimte worden gewonnen door het verkleinen van de uitbuigingsruimte (dit betekent verstijving van de geleiderailconstructie) dan wel het beperken van de bergingszone of vluchtruimte.

Effecten die optreden bij verstijving van de geleiderailconstructie zijn: grotere voertuigvertragingen (een hogere letselkans voor inzittenden); grotere uitrijhoeken (terugkaatsen in de eigen verkeersstroom); een toename van het kantelgevaar voor voertuigen met een hoog zwaartepunt. Als laatste optie kan voor een stijf dan wel een star type geleideconstructie, zoals een geleidebarrier, worden gekozen.

3 Vermijden conflict met het profiel van vrije ruimte (PVR) bij schermtoppen

- Om te vermijden dat de T-top op een geluidsscherm in het PVR komt, geldt dat de T-top buiten de verticale lijn van de binnenzijde van de geleide(rail)constructie na uitbuiging van de constructie moet blijven.

De uitbuigingsruimte volgt uit het testrapport van de geleiderailconstructie.

Dit laatste geldt nog meer bij toepassing van een verstijfde constructie, wegens de toename van het kantelgevaar voor voertuigen met een hoog zwaartepunt.

4 Vermijden obstakelvrees

Bij wegen zonder vluchtstrook staan geluidbeperkende constructies veelal dicht op de weg. Obstakelvrees is dan een van de aspecten waaraan tijdens het ontwerp aandacht moet worden besteed. Door obstakelvrees gaan mensen meer naar het midden van de weg rijden, waardoor de afstand tussen voertuigen in het dwarsprofiel wordt verkleind. De kans op ongelukken wordt hierdoor groter.

- Obstakelvrees is te beperken door een constructie in elk geval buiten het profiel van vrije ruimte te plaatsen en een niet te massief aanzien te geven. Gebruik van lichte vormen en kleuren kan hierbij helpen. De constructie kan eventueel ook transparant worden uitgevoerd.

3.1.2 Plaatsing in het lengteprofiel

Voor de plaatsing van een geluidbeperkende constructie in het lengteprofiel gelden de volgende eisen:

1 Zorg voor voldoende stopzicht

- Bij plaatsing van een geluidbeperkende constructie in horizontale bogen moeten de consequenties voor het rijzicht, het inhaalzicht en het stopzicht worden nagegaan.

- In horizontale bogen kunnen geluidbeperkende constructies een belemmering vormen voor de gewenste en/of de vereiste zichtafstanden. Als hiervan sprake is, kunnen de correcte zichtafstanden worden gerealiseerd door de afstand tussen de geluidbeperkende constructie en de rijbaan te vergroten of door een grotere horizontale hoogstraal toe te passen.

Zie voor meer informatie hierover hoofdstuk 8 van CROW-publicatie 164b 'Handboek Wegontwerp – Stroomwegen' [9] en hoofdstuk 7 van CROW-publicatie 164c 'Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen' [10]. Voor meer informatie over zichtafstanden op autosnelwegen wordt verwezen naar de 'Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen' (NOA) [24].

2 Zorg voor voldoende zicht op op- en afritten

- Bij het plaatsen van geluidbeperkende constructies langs op- en afritten en langs in- en uitvoegstroken van aansluitingen moet rekening worden gehouden met de vereiste zichtafstanden.

Geluidbeperkende constructies bij aansluitingen kunnen ertoe leiden dat voorwerpen en het op de aansluiting aanwezige verkeer niet tijdig zichtbaar zijn.

- De vereiste zichtafstanden bij aansluitingen kunnen worden gerealiseerd door de afstand tussen de geluidbeperkende constructie en de rijbaan te vergroten en/of door de vormgeving van de op- en afritten te wijzigen.

Zie voor meer informatie hierover hoofdstuk 8 van CROW-publicatie 164b 'Handboek Wegontwerp – Stroomwegen' [9] en hoofdstuk 7 van CROW-publicatie 164c 'Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen' [10]. Voor meer informatie over zichtafstanden op autosnelwegen wordt verwezen naar de 'Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen' (NOA) [24].

3 Zorg voor voldoende zicht bij kruisingen

- ! Bij geluidbeperkende constructies in de nabijheid van gelijkvloerse kruisingen moet rekening worden gehouden met het vereiste rijzicht, stopzicht en oprijzicht. Kruispunten moeten als zodanig tijdig door het naderende verkeer kunnen worden waargenomen en herkend.

Het is gewenst dat het naderende verkeer de aanwezigheid van een kruispunt en eventueel de daarvoor opgestelde voertuigen op rijzichtsafstand kan waarnemen. In elk geval moet het naderende verkeer het kruispunt op stopzichtsafstand kunnen waarnemen. Bij het kruispunt aangekomen, moet het verkeer over voldoende (oprij)zicht beschikken om te kunnen bepalen of de gewenste verkeersbeweging veilig kan worden uitgevoerd.

Zie voor meer informatie hierover hoofdstuk 7 van CROW-publicatie 164c 'Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen' [10].

3.1.3 Afwerking van geluidbeperkende constructies

Voor de afwerking van geluidbeperkende constructies voor het verkeer gelden de volgende eisen:

1 Zorg voor een veilige afwerking

Geluidbeperkende constructies die buiten de obstakelvrije zone worden geplaatst en die niet verder hoeven

te worden afgeschermd door een geleiderail, moeten verkeersveilig worden uitgevoerd.

- ! De geluidbeperkende constructie moet bestaan uit een nagenoeg vlakke wand waar een voertuig bij aanrijding niet achter kan blijven haken.

⚠ Het is raadzaam om geluidbeperkende constructies ook vlak uit te voeren als deze achter een geleide(rail)-constructie staan.

2 Houd rekening met botsveiligheid

Voor botsveiligheid van geluidsschermen wordt verwezen naar het rapport 'Botsveiligheid Geluidsschermen' [11], uitgebracht door de Raad voor de Transportveiligheid, en naar CROW-publicatie 202 'Handboek Veilige inrichting van bermen – Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom' [12]. De aan te houden botsbelastingen staan beschreven in paragraaf 4.1.3.

3.1.4 Verkeersgeleiding en -misleiding

Geluidbeperkende constructies kunnen een verkeersgeleidende functie vervullen, aanvullend op de belijning. Ze moeten daarom het liefst parallel lopen met het alignement van de rijbaan, zowel horizontaal als verticaal.



Als de hoogte van de constructie wordt gerelateerd aan de as van de weg, kunnen ten gevolge van overgangen in de verkanting onnodige fluctuaties in de constructiehoogte optreden. De weggebruiker zal, zeker wanneer het wegverloop niet goed is te overzien, proberen dit verloop aan de bovenlijn van een geluidbeperkende constructie af te lezen. Als juist op een onoverzichtelijk punt de hoogte van de constructie verandert, kan dit voor de weggebruiker misleidende informatie geven. Dit kan voorkomen worden door duidelijk te maken dat de bovenlijn van de geluidbeperkende constructie afwijkt van het alignement, door bijvoorbeeld hoogteverschillen trapsgewijs te laten verlopen of de stijlen boven een geluidsscherm te laten uitsteken. Voor de detaillering van de maatvoering met betrekking tot de bovenkant van het scherm wordt verwezen naar paragraaf 4.2.9.

Ook zal de weggebruiker aan de positionering van een geluidbeperkende constructie het wegverloop in horizontale zin willen aflezen. Als een constructie met een afrit van de hoofdrijbaan mee afbuigt, kan dit ‘zuigend’ werken. Dit kan voorkomen worden door de geluidbeperkende constructie bij de afrit afwijkend vorm te geven en wel zodanig dat deze ondergeschikt is aan de geluidbeperkende constructie langs de hoofdrijbaan.

3.1.5 Licht- en beeldreflecties

! Bij de materiaalkeuze van het scherm moet rekening worden gehouden met mogelijke hinder door lichtreflecties van zonlicht, voertuigverlichting en wegverlichting.

Toepassing van gladde materialen (vooral transparante en aluminium) en bepaalde typen coatings kan onder specifieke condities leiden tot hinderlijke optische reflecties voor verkeersdeelnemers. Vooral bij een oost-westgeoriënteerde transparante constructie is het gevaar aanwezig dat verkeersdeelnemers worden verblind door gereflecteerd zonlicht of dat relevante informatie wordt overstraald. Met dit verschijnsel moet rekening worden gehouden bij een oriëntatie van de weg tussen NO en ZO (55° - 140°) of tussen NW en ZW (220° - 305°).

In hoeverre reflectie tot verblinding kan leiden, is nog de vraag. Voor het bepalen van de ernst van de situatie is bij TNO Defensie en Veiligheid een rekenmodel ontwikkeld dat de oncomfortabele verblinding kwantifi-

ceert aan de hand van de parameters verblindingsverlichtingssterkte, verblindingshoek, achtergrondluminantie en dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie [13]. Op basis van de modelresultaten kan besloten worden of de situatie acceptabel is of dat bij het ontwerp van het scherm expliciet rekening moet worden gehouden met het voorkomen van lichtreflecties.

Bij scherm lengtes korter dan circa 50 m met een verblindingsduur van maximaal 1,5 s, is het risico van verblinding door lichtreflecties acceptabel, zowel uit het oogpunt van verkeersveiligheid als uit het oogpunt van weggebruikers.

3.1.6 Flikkering

Als gevolg van een frequente flikkering van licht met een constante lichtsterkte door (spleetvormige) openingen is er kans op epileptische verschijnselen bij de weggebruiker. Als een dergelijke ritmische slag-schaduw een frequentie heeft van 3,5 tot 15 maal per seconde, kan bij weggebruikers het zogenoemde flikker-effect optreden. Dit is het sterkst bij 6,5 tot 8,5 pulsen per seconde.

Het effect kan vooral ontstaan bij constructies uitgevoerd in transparant materiaal, die zodanig zijn geplaatst dat de schaduw van de stijlen de lichtflikkering versterkt. Ook halfopen constructies of constructies met zogenoemde doorgetrokken stijlen moeten op dit punt worden getoetst.

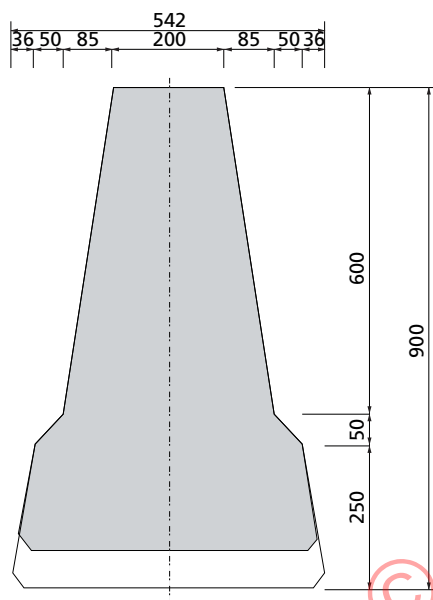
Eventuele maatregelen tegen flikkering zijn:

- een andere hart-op-hartafstand van de stijlen kiezen om de frequentie aan te passen;
- de vormgeving van de geluidbeperkende constructie aanpassen, bijvoorbeeld door gebruik van holle of bolle schermelementen;
- verticale coulissen tussen de platen toepassen;
- geen optisch reflecterende materialen gebruiken, zoals beton, hout en matglas.

3.1.7 Geïntegreerde geluidsschermen

! Als voor een geïntegreerd geluidsscherm wordt gekozen, kan voor het geleidende gedeelte van de voorziening een profiel worden aangehouden dat voor geleidebarriers wordt toegepast (zie figuur 21).

Figuur 21. Voorbeeld van een barrier (STEP-barrier); eenheden in mm



- ! Minimaal moet worden voldaan aan prestatieniveau H2 van NEN-EN 1317. Na een botsing mogen geen delen uit het scherm breken en mogen geen delen uitsteken die zich in het voertuig kunnen boren of waarachter een (deel van het) voertuig kan blijven haken. Voor het aspect botsveiligheid wordt verwezen naar paragraaf 4.1.3.

3.1.8 Doorsteken middenbermscherm

- ! Als een middenbermscherm langer is dan 3 km, zijn doorsteekmogelijkheden in het scherm voor hulpdiensten noodzakelijk.
4. Voor autosnelwegen geldt dat er om de circa 1,5 km een calamiteitendoorsteek (CADO) moet zijn waardoor auto's van hulpdiensten kunnen rijden. De doorsteek moet ongeveer 6 m lang zijn en een vrije doorrijhoogte hebben van 4,5 m.

Bij de aanleg van een weg of voor onderhoud is soms al voorzien in doorsteken ten behoeve van tijdelijke 4-0- of 3-1-systemen. Als het om een nieuw tracé gaat, is het raadzaam om het samenvallen van een middenbermscherm en een dergelijke doorsteek te vermijden. Wanneer een middenbermscherm moet worden geplaatst in een bestaande weg met doorsteekmogelijkheden, moet de keuze worden gemaakt of deze voorzieningen moet

blijven bestaan of dat er elders nieuwe doorsteekmogelijkheden worden gecreëerd. In het geval van een geïntegreerd middenbermscherm (scherm met barrier) bestaan er mogelijkheden om deze doorsteken te handhaven.

3.2 Vluchtdeuren en vluchtwegen

In het geval van calamiteiten moeten weggebruikers de weg kunnen verlaten dan wel van buiten de weg bereikt kunnen worden voor hulpverlening. Hiertoe moeten in geluidbeperkende constructies van grote lengte doorgangen worden aangebracht. Deze doorgangen kunnen worden uitgevoerd als:

- doorbrekingen (bijvoorbeeld in de vorm van bajonet-aansluitingen);
- vluchtdeuren (die zo mogelijk ook kunnen functioneren als servicedeur).

Vluchtmogelijkheden worden behandeld in bijlage D van NEN-EN 1794-2 (Verkeersgeluidbeperkende constructies – Niet-akoestische eigenschappen – Deel 2: Algemene veiligheids- en milieueisen).

Voor elk project moet in overleg met de lokale hulpdiensten afzonderlijk worden vastgesteld in welke mate



er vlucht- en/of servicedeuren moeten worden aangebracht, omdat de noodzaak hiertoe sterk afhankelijk is van de lokale situatie.

! Met betrekking tot doorgangen worden de volgende eisen gesteld:

- Doorgangen moeten op een onderlinge afstand van maximaal 400 m worden aangebracht.
- Bij afschermingen aan twee zijden van de weg moeten de doorgangen tegenover elkaar worden geplaatst.
- Doorgangen mogen niet leiden tot een vermindering van de geluidbeperking van de totale constructie, tenzij hiermee in het akoestisch onderzoek rekening is gehouden (zie paragraaf 1.5.2).
- De bereikbaarheid van doorgangen moet zowel voor de wegzijde als de bewonerszijde gewaarborgd zijn.
- Doorgangen moeten vanaf de weg goed zichtbaar zijn en de route naar de doorgang moet duidelijk zijn aangegeven.
- Vluchtdoors moeten voldoen aan onderstaande eisen:
 - Vluchtdoors moeten van de wegzijde af draaien.
 - Aan de wegzijde moeten vluchtdoors door iedereen te openen zijn door middel van panieksluitingen.
 - Aan de andere zijde mogen de deuren slechts door daartoe bevoegde personen geopend kunnen worden.
 - De deuren moeten zelfsluitend zijn, bijvoorbeeld door deurdrangers, door een hellende stand van de deuren of door zelfsluitende paumellen.
 - De constructie van de deuren, de scharnieren en het sluitmechanisme moeten van een zodanige kwaliteit zijn dat de deuren onderhoudsvrij langdurig goed blijven functioneren.
 - De dagafmetingen van de opening van een vluchtdoors moeten zijn:
 - hoog minimaal 2100 mm;
 - breed minimaal 900 mm.

- Pictogrammen waarmee wordt aangegeven waar de dichtstbijzijnde vluchtdoors of doorgang zich bevindt, moeten op een onderlinge afstand van maximaal 100 m worden aangebracht.
 - De plaats van vluchtdoors moet worden aangegeven door een pictogram (type A), loodrecht op het scherm geplaatst, dat bij duisternis oplicht bij aanstralen.
 - De vluchtroute moet met pictogrammen (type B) worden aangegeven. Deze pictogrammen moeten vlak tegen de geluidbeperkende constructie worden aangebracht.

Servicedoors

Wanneer de vluchtdoors tevens als servicedoors wordt gebruikt, moet in verband met de afmetingen worden nagegaan voor welke voertuigen en/of onderhoudsmaterieel de doors wordt gebruikt. Hierbij valt te denken aan maaimachines, schoonmaakapparatuur en dergelijke.

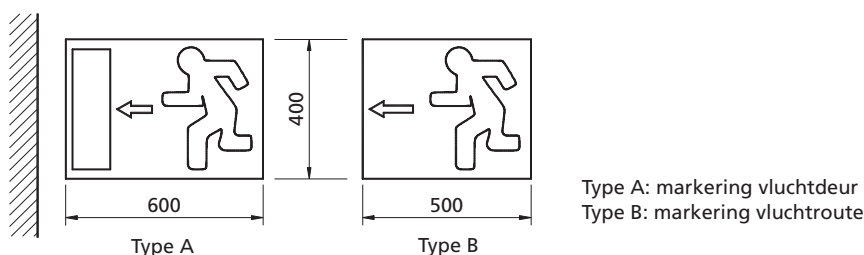
! Aan de wegzijde van de vluchtdoors moet een waarschuwing worden aangebracht in de vorm van de tekst: 'DEUR IS ALLEEN VANAF DEZE ZIJDE TE OPENEN!'

De pictogrammen moeten worden uitgevoerd zoals weergegeven in figuur 22. Deze uitvoering is conform NEN 3011 en NEN 6088, waarbij NEN 3011 de pictogrammen beschrijft en NEN 6088 de kleur en de tekens aangeeft.

De hoogte waarop de pictogrammen moeten worden aangebracht zijn per geluidsscherm verschillend. Deze hoogte is afhankelijk van de hoogte van het scherm.

! In figuur 22 zijn de minimale afmetingen van de pictogrammen weergegeven.

Figuur 22. Standaard pictogrammen voor vluchtdoors. Type A wordt loodrecht op het scherm aangebracht, type B vlak op het scherm. Eenheden in mm.



Vluchtroute

Behalve aan de vluchtdeuren moet aandacht worden besteed aan de vormgeving en de uitvoering van de vluchtroute achter de vluchtdeuren.

❗ De eisen aan vluchtwegen moeten in overleg met de wegbeheerder en de hulpdiensten worden vastgesteld.

🛠 Als eisen kunnen worden aangehouden:

- De route moet leiden naar een hulpplaats waar de weggebruikers verzameld kunnen worden bij calamiteiten.
- De route moet beloopbaar zijn.
- De route moet veilig kunnen worden onderhouden.
- De vluchtroute achter een voorziening die geen licht doorlaat, moet vanwege de sociale veiligheid in bewoond gebied verlicht zijn. Het toepassen van verlichting van vluchtroutes vanwege sociale veiligheid is in een onbewoond gebied niet nodig. Voor het zicht voor de vluchtroute in onbewoond gebied wordt volstaan met het zicht in de nacht.



Taludtrappen

🛠 Met betrekking tot de beloopbaarheid van taluds geldt dat er bij hellingen van meer dan 30 graden taludtrappen moeten worden toegepast. In de 'Richtlijn taludtrappen' van ProRail [14] worden hiervoor de volgende eisen gehanteerd:

- 1 De helling van de trap is minimaal 30 graden en maximaal 45 graden ten opzichte van de horizontaal.
- 2 De breedte van de trap is minimaal 1,20 m exclusief de eventueel benodigde breedte voor andere voorzieningen zoals de leuning.
- 3 De op- en aantreden moeten over de gehele trap gelijk zijn:
 - a De hoogte van de optreden (opstaphoogte) is minimaal 185 mm en maximaal 210 mm;
 - b De breedte van de aantreden is minimaal 230 mm en maximaal 250 mm.
- 4 De taludtrap is aan de bovenzijde voorzien van een bordes met een breedte gelijk aan de breedte van de trap en een minimale lengte van 1,00 m.
- 5 De breedte van het bordes is aan beide zijden 0,50 m breder dan de breedte van de trap in het geval de trap aansluit op de vluchtdeuren in geluidsschermen.
- 6 De bovenkant van het bordes is:
 - a gelijk aan de bovenkant van het talud;
 - b gelijk aan de bovenkant van de dorpel van een vluchtdeur indien aangesloten wordt op geluidsschermen.
- 7 Het bordes bij vluchtdeuren is bevestigd aan de dorpel van vluchtdeuren.
- 8 De trappen en bordessen zijn aan minimaal één zijde voorzien van een leuning met een hoogte van minimaal 800 mm en maximaal 1000 mm.
- 9 De leuning wordt, gezien vanaf het geluidsscherm, bij voorkeur aan de rechterzijde van de trap geplaatst.
- 10 Na een hoogteverschil van maximaal 3,2 m wordt de trap voorzien van een horizontaal bordes met een minimale lengte van 1,0 m en dezelfde breedte als de trap.
- 11 Als het hoogteverschil tussen de bovenkant van het talud en het aanliggende terrein minder is dan 1 m, hoeft geen leuning te worden aangebracht.
- 12 Bij het toepassen van betonwaren als loopvlak heeft de stroefheid van dit vlak een waarde van minimaal 65, gemeten met het toestel van Leroux volgens NEN 2873. De genoemde waarde is vergelijkbaar met de stroefheid van nieuwe betonnen stoeptegels.

- 13 Bij het toepassen van een stalen taludtrap wordt het loopvlak met voldoende stroefheid uitgevoerd. De voorkeur gaat uit naar veiligheidsroosterprofielen.
- 14 Aan de vluchtzijde van een taludtrap wordt een gesloten of halfopen verharding aangebracht over de breedte van de taludtrap met aan weerszijden 1 m extra en een lengte van 2 m.

3.3 Brandveiligheid

Voor een optimale brandveiligheid is het van belang verschillende brandscenario's en de bijbehorende (preventieve) maatregelen te bepalen. Een bekend

voorbeeld van een brandscenario is een in brand staande personenauto naast een geluidbeperkende constructie.

Tabel 7 toont diverse brandscenario's voor verschillende locaties. Tabel 8 geeft een aantal maatregelen weer om de brandveiligheid te bevorderen.

Op basis van de te beschouwen brandscenario's kunnen per situatie de maatregelen worden vastgesteld in overleg met de opdrachtgever en de brandweer.

Informatie over materiaalkeuze in relatie tot brandveiligheid is te vinden in paragraaf 4.3.5.

Tabel 7. Brandscenario's

Scenario	Locatie
Ongeval met een of meer in brand staande voertuigen	Op weg in het vrije veld Op kunstwerk met kruisende infrastructuur
Bermbrand	Op weg in stedelijk gebied nabij woningen Langs weg of spoorweg
Explosie van gevaarlijke stoffen	Op weg in het vrije veld Op weg in stedelijk gebied nabij woningen
Spoorongeval met brand	Spoor



Tabel 8. Mogelijke maatregelen voor bestrijding en voorkomen van brand

Maatregelen	Toelichting
Aanbrengen van vluchtdeuren	De vluchtdeuren zijn enerzijds bedoeld voor weggebruikers om zich te kunnen verwijderen van de brand, anderzijds zijn zij bedoeld om hulpdiensten toegang te geven tot de brand. In stedelijk gebied de deuren bij voorkeur situeren op plaatsen nabij brandkranen.
Aanbrengen van vluchtroutes	Vaststellen tot hoever vluchtroutes doorlopen (tot aan de openbare weg, tot verzamelplaatsen voor hulpdiensten).
Aanbrengen van brandkranen, aanleggen van sloten om bluswater aan te kunnen onttrekken	Bepaal de naar verwachting benodigde hoeveelheid bluswater en de wijze waarop het bluswater beschikbaar moet zijn.
Voorzieningen treffen voor de bereikbaarheid door hulpdiensten	Parkeerhavens, overstapinrichtingen, CADO's, goede aanduidingen vluchtdeurlocaties op basis van hectometeraanduiding rijksweg of straatnamen in stedelijk gebied.
Aanbrengen van brandwerende stroken in geluidbeperkende constructies	In geluidbeperkende constructies met brandbaar materiaal kunnen brandwerende stroken worden aangebracht. Dit voorkomt verdere verspreiding van de brand. De stroken dienen daarvoor wel een bepaalde minimale breedte te hebben. De stroken worden op regelmatige afstand aangebracht.
Materiaalkeuze afstemmen op brandveiligheid (PC gebruiken in plaats van PMMA, beton, glas)	Zie paragraaf 4.3.5.
Achterwege laten of laag houden van begroeiing	-
Maatregelen treffen om brand snel te signaleren	-

4 Dimensionering en detaillering

In dit hoofdstuk wordt eerst de dimensionering van geluidbeperkende constructies behandeld, met daarbij aandacht voor de verschillende belastingen. Daarna wordt ingegaan op de detaillering, de bestendigheid, de bouwstoffen en de keuring van geluidbeperkende constructies. Vervolgens komen het aspect duurzaamheid en de voorzieningen voor de bescherming van vogels aan de orde. In de laatste twee paragrafen wordt ingegaan op twee specifieke constructies, namelijk schermen met beplanting en geluidswallen. Vanwege de regelgeving bevat dit hoofdstuk veel minimumeisen voor de dimensionering.



4.1 Dimensionering

Een geluidbeperkende constructie is een bouwwerk waarvoor een bouwvergunning is vereist.

! Het gevolg hiervan is dat de constructie moet voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit. Binnen het Eurocode-normenstelsel moeten geluidbeperkende constructies worden beschouwd als gebouwen.

Op basis van gevolgklasse, betrouwbaarheidsklasse en ontwerplevensduurklasse geeft dit normenstelsel de uitgangspunten op basis waarvan een nieuw te bouwen constructie moet worden gedimensioneerd.

! Als sprake is van aanpassing van een bestaande geluidbeperkende constructie (bijvoorbeeld verhoging en/of plaatsing van een T-top) moet de constructieve veiligheid beoordeeld worden op basis van het Eurocode-normenstelsel aangevuld met de bepalingen in NEN 8700.

Ontwerplevensduur

! Voor geluidsschermen geldt ontwerplevensduurklasse 4 overeenkomstig NEN-EN 1990 bijlage A.1 tabel 2.1. Hieruit volgt een ontwerplevensduur van minimaal 50 jaar. Deze periode moet ook worden aangehouden bij constructies die voor kortere periodes worden ontworpen. De reden hiervoor is dat de windbelasting die gemiddeld eenmaal per 50 jaar optreedt maatgevend is voor de dimensionering van de constructie.

Gevolgklassen

Met betrekking tot de gevolgklassen zijn de volgende eisen van toepassing:

- ! • Voor geluidbeperkende constructies geplaatst op kunstwerken geldt minimaal gevolgklasse CC2.
- Voor geluidbeperkende constructies met een geïntegreerde voertuigkerende functie geldt minimaal gevolgklasse CC2.
- Voor luifelconstructies die reiken tot boven het profiel van vrije ruimte van de weg geldt gevolgklasse CC3.
- Voor geluidbeperkende constructies geplaatst in de aardebaan, waarbij de kleinste afstand tussen de voet van de constructie en de kant verharding kleiner is dan of gelijk is aan de hoogte van de constructie, geldt minimaal gevolgklasse CC2.
- Voor geluidbeperkende constructies geplaatst in de aardebaan, waarbij de kleinste afstand tussen de voet van de constructie en de kant verharding groter is dan de hoogte van de constructie, geldt minimaal gevolgklasse CC1.

- De minimale gevolgklasse moet bepaald worden op de te verwachten toekomstige situatie (bijvoorbeeld in het geval van rijbaanverbreding).

Betrouwbaarheidsklassen

- ! Om misverstanden in de toepassing van de betrouwbaarheidsklassen (RC) volgens bijlage B3.2 van NEN-EN 1990:2002 te voorkomen, moet RC1 in verband met CC1, RC2 in verband met CC2 en RC3 in verband met CC3 worden gelezen.

Niveau van supervisie van ontwerp en berekening

- ! Indien door een opdrachtgever toetsing van het ontwerp volgens bijlage B4 van NEN-EN 1990:2002 wordt voorgeschreven, moet het te kiezen DSL-niveau in overeenstemming zijn met de gekozen gevolg- en betrouwbaarheidsklasse; een aldus vastgesteld DSL-niveau kan echter nooit een hogere betrouwbaarheidsindex opleveren.

4.1.1 Permanente belastingen

Eigen gewicht

- ! Voor het bepalen van het eigen gewicht moet gebruik worden gemaakt van NEN-EN 1991-1-1 met bijbehorende Nationale Bijlage.

In deze normen is het volumegewicht van gebruikelijke bouwmaterialen aangegeven. Als vochtabsorptie mogelijk is, is hiervoor twintig volumeprocent van het betreffende onderdeel aangehouden.

Opgelegde vervormingen

Extra belasting kan ontstaan door zetting en/of beweging in de ondergrond (bijvoorbeeld zetting van het weglichaam of de verticale en de horizontale vervorming van een viaduct). De groottes van deze opgelegde vervormingen en van de belasting die daardoor wordt veroorzaakt, moeten per situatie afzonderlijk worden bepaald.

4.1.2 Windbelasting

- ! De grootte van de windbelasting moet worden bepaald volgens NEN-EN 1991-1-4 inclusief Nationale Bijlage, met de nettodrukcoëfficiënten volgens tabel 9.

De nettodrukcoëfficiënt van schermzone B wijkt in tabel 9 af van de waarde in NEN-EN 1991-1-4 op basis van TNO-onderzoek [15].

- ! Het in rekening brengen van de bouwwerkfactor voor dynamische invloed moet plaatsvinden overeenkomstig NEN-EN 1991-1-4.

Er mag met een omhullende waarde worden gerekend, mits aan de norm wordt voldaan.

Indien de geluidbeperkende constructie op een kunstwerk staat, geldt deze windbelasting uitsluitend voor de windbelasting tegen de geluidbeperkende constructie en niet voor de windbelasting tegen het kunstwerk. De opmerking 'Voor leuningen en geluidsschermen op bruggen, zie hoofdstuk 8.' in NEN-EN 1991-1-4, hoofdstuk 7.4 onder (1), geldt dus niet voor het berekenen van het geluidsscherm zelf.



Onbebouwd

! Voor de dimensionering van geluidsschermen moet worden uitgegaan van 'onbebouwd', tenzij gegarandeerd kan worden dat de bebouwing gedurende de gehele levensduur van het geluidsscherm aanwezig blijft.

De opdrachtgever geeft expliciet de randvoorwaarden op met betrekking tot de bestaande bebouwing en de toekomstige bebouwing of in de toekomst te slopen bebouwing rond het geluidsscherm tijdens de levensduur van het geluidsscherm.

Zones

Voor de bepaling van de nettodrukcoëfficiënten wordt het geluidsscherm verdeeld in een aantal zones, conform

NEN-EN 1991-1-4. De zones A, B en C komen aan alle einden van het geluidsscherm voor. Zone A is het dichtst bij de rand gelegen. Zone D is de 'middenzone' en vormt bij een geluidsscherm verreweg de grootste lengte (zie figuur 23).

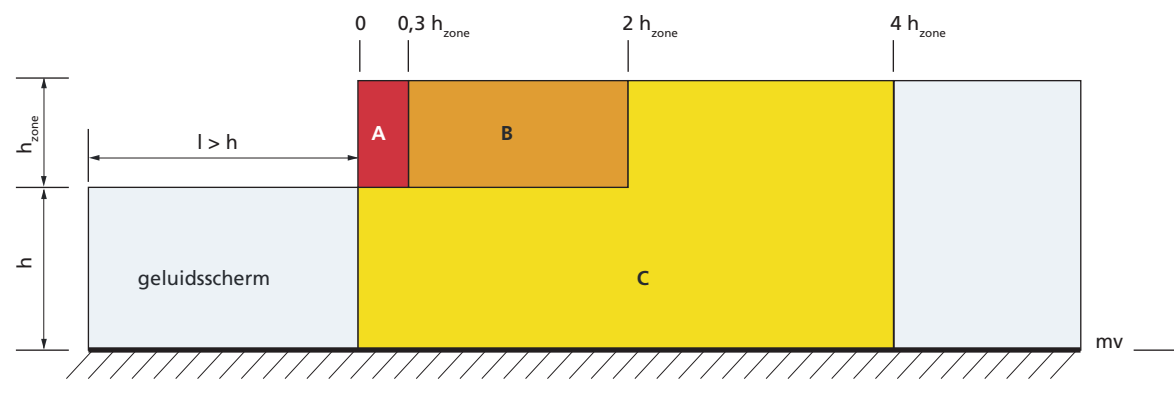
Bij sprongen in de schermhoogtes worden de afmetingen van de zones A, B en C gebaseerd op het hoogteverschil ter plaatse van de sprong volgens figuur 24.

De hoogte van zones A en B ter plaatse van de sprong is gelijk aan de hoogte van de sprong. Zone C loopt over de gehele hoogte van het scherm door, zoals in figuur 24 is aangegeven.

Figuur 23. Randzones conform NEN-EN-1991-1-4 voor de bepaling van de windbelasting



Figuur 24. Randzones bij een sprong in de schermhoogte



Als de in figuur 24 weergegeven lengte l tussen het schermeinde en de sprong kleiner is dan de hoogte van het scherm h , dan moet met de totale hoogte $h + h_{\text{zone}}$ rekening worden gehouden.

Schermbegrenzingslijnen

- Als het einde van het scherm afloopt volgens een helling die kleiner is dan $h : l = 1 : 4$, dan hoeven geen randzones A en B te worden aangehouden.
- Bij het stapsgewijs aflopen van het scherm aan de uiteinden moeten de principes van de figuur worden gehanteerd.

! Voor verticale geluidsschermen en voor geluidsschermen die onder een hoek met de verticaal zijn geplaatst, gelden per zone de waarden van de nettodrukcoëfficiënten overeenkomstig tabel 9.

Deze waarden zijn gebaseerd op windtunnelonderzoek met schaalmodellen van geluidsschermen. De resultaten zijn gerapporteerd in het TNO-rapport 2006-D-R0010, d.d. 21 maart 2006 [15] waarbij de $C_{p,\text{net}}$ -waarde in schermzone B afwijkt van NEN-EN 1991-1-4.

Toelichting bij tabel 9:

- De nettodrukcoëfficiënten zijn nettowaarden. Dit betekent dat de nettodrukcoëfficiënt de combinatie van de overdruk aan de windopwaartse kant en de onderdruk aan de windafwaartse kant in rekening brengt.
- De waarde voor de nettodrukcoëfficiënt voor een hellend scherm wordt bepaald door bij de waarde van een verticaal scherm de relevante toeslagen op te tellen.
- Een verticaal scherm is gedefinieerd als een scherm met een hoek α ten opzichte van de verticaal van maximaal 5 graden.

Tabel 9. Nettodrukcoëfficiënt $C_{p,\text{net}}$ en toeslagen voor verticale en hellende schermen

Schermzone	$C_{p,\text{net}}$ voor verticale schermen		Toeslagen op $C_{p,\text{net}}$ voor schuin geplaatste schermen (voor $\alpha \leq 5^\circ$ geldt $C_{p,\text{net}} = 0$)	
	$\alpha \leq 5^\circ$		$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 20^\circ$
A	3,4	0,1	0,2	
B	2,8			
C	1,7			
D	1,2			

Diagram illustrating the relationship between the angle α and the net pressure coefficient $C_{p,\text{net}}$. The graph shows the correction factor (Toeslag op $C_{p,\text{net}}$) versus α . The correction factor is 0 for $\alpha \leq 5^\circ$, 0.1 for $\alpha = 10^\circ$, 0.15 for $\alpha = 15^\circ$, and 0.2 for $\alpha = 20^\circ$.

- Voor hellingshoeken tussen 5 en 10 graden en voor hellingshoeken tussen 10 en 20 graden mag rechtlijnig worden geïnterpoleerd.
- Voor schermen onder een hoek van meer dan 20 graden is deze tabel niet van toepassing. Hiervoor moet aanvullend onderzoek worden uitgevoerd.
- De nettodrukcoëfficiënten zijn van toepassing op zowel onbegroeide als begroeide schermen, mits de begroeiing niet boven het scherm uitkomt.

! Als de begroeiing boven het scherm uitkomt, moet gerekend worden met een hoger scherm. Dit betekent dat een hogere referentiehoogte moet worden aangehouden.

De extra hoogte wordt bepaald door de afstand waarmee de begroeiing maximaal boven het scherm uitsteekt; de wegbeheerder moet kunnen garanderen dat deze afstand niet wordt overschreden.

- Bij toepassing van schermen op viaducten of bruggen gelden dezelfde nettodrukcoëfficiënten.

Windbelasting bij vluchtdeuren en openingen

Een vluchtdeur wordt niet als opening gerekend. Daar geldt de windbelasting van het scherm rond de deur.

! Bij een opening over de volledige hoogte van het scherm, zoals toegelicht in paragraaf 2.5.2, moet de windbelasting gerekend worden als bij een schermbeëindiging met een verhoogde winddruk zoals hiervoor beschreven volgens de norm.

Windbelasting T-top

De windbelasting op een scherm met T-top is hoger dan die op een scherm zonder T-top.

! De grootte van de windbelasting moet worden bepaald volgens NEN-EN 1991-1-4, met een extra toeslag op nettodrukcoëfficiënt $C_{p,net}$ voor de T-top, volgens tabel 10.

Tabel 10. Extra toeslag op $C_{p,net}$ voor T-top

Schermsone	Extra toeslag op $C_{p,net}$ T-top
A	0,1
B	
C	
D	

Toelichting

- De nettodrukcoëfficiënten zijn nettowaarden. Dit betekent dat de nettodrukcoëfficiënt de combinatie van de overdruk aan de windopwaartse kant en de onderdruk aan de windafwaartse kant in rekening brengt.
- De waarde voor de nettodrukcoëfficiënt wordt bepaald door bij de waarde van een verticaal scherm de relevante toeslagen (bijvoorbeeld voor een hellend scherm of T-top) op te tellen.
- De breedte van de T-top is maximaal 2 m, waarbij de uitkragingen aan beide zijden van het verticale deel maximaal 1 m bedragen.
- Bij toepassing van schermen op viaducten of bruggen gelden dezelfde nettodrukcoëfficiënten.

! Bij toepassing van een T-top moet tevens rekening worden gehouden met de nettodrukcoëfficiënten op de T-top zelf.

Er zijn verschillende nettodrukcoëfficiënten van toepassing voor de windopwaartse en de windafwaartse helft van de T-top. Dit zijn de nettodrukcoëfficiënten $C_{p,net;1}$ voor de windopwaartse helft en $C_{p,net;2}$ voor de windafwaartse helft. De waarden voor $C_{p,net;1}$ en $C_{p,net;2}$ zijn gegeven in tabel 11.

Voor de controle van de maximale opwaartse kracht moet $C_{p,net;1opwaarts}$ tezamen met de waarde voor $C_{p,net;2opwaarts}$ worden toegepast. Bij toetsing van het moment is $C_{p,net;1opwaarts}$ samen met $C_{p,net;2neerwaarts}$ van toepassing (zie figuur 25).

Het aangrijpingspunt van de resulterende krachten per halve T-top ligt in het midden van de betreffende helft.

4.1.3 Bijzondere belastingen: botsbelasting

In principe wordt een geluidbeperkende constructie niet berekend op een aanrijbelasting, tenzij sprake is van een geïntegreerde voertuigkerende geleidefunctie.

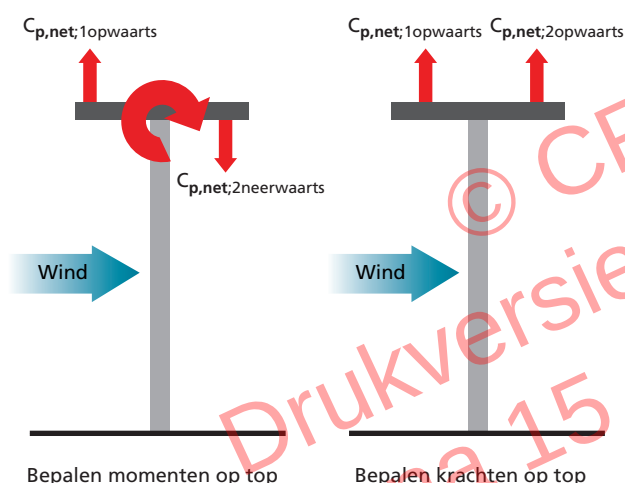
! Geïntegreerde geluidbeperkende constructies met een combinatie van barriers en schermen moeten berekend zijn op een botsbelasting zoals beschreven in NEN-EN 1991-2.

! De belasting als gevolg van een aanrijding door een voertuig met een starre (niet verplaatsbare) barriër mag als een zijdelingse kracht worden verondersteld, gelijk aan 300 kN/m over een lengte van 3 m, die aangrijpt op een hoogte van 0,06 m boven het wegdek. Deze kracht

Tabel 11. Nettodrukcoëfficiënten $C_{p,net;1}$ en $C_{p,net;2}$ voor de T-top

Schermzone	$C_{p,net;1}$	$C_{p,net;2}$	
	opwaarts	opwaarts	neerwaarts
A	-3,0	-2,4	0,8
B	-2,2	-1,6	0,4
C	-1,8	-1,2	0,2
D	-1,6	-1,0	0,1

Figuur 25. Windbelasting van de T-top



wordt overgedragen aan de ondersteunende constructie-elementen. Men mag aannemen dat de belasting zich spreidt onder een hoek van 45° . Gelijktijdig met de aanrijdkracht moet, indien ongunstig werkend, een verticale verkeersbelasting ter grootte van $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$ in rekening worden gebracht.

Een dergelijke gecombineerde constructie is alleen toegestaan als de functies 'verkeer geleiden' en 'geluid beperken' vanwege ruimtegebrek fysiek niet te scheiden zijn.

Als op zo'n locatie een aanrijding plaatsvindt met grotere voertuigen, zoals vrachtauto's of autobussen, zal er een kanteling optreden naar de barriertoe. Een zo vlak mogelijk oppervlak van het daarboven geplaatste geluidsscherm is dan gunstig voor de afloop van de aanrijding. Voorkomen moet worden dat de voertuigen blijven 'haken' en hierdoor grote vertragingen ondervinden. Voor de afmetingen van het aangrijpingsoppervlak

moet worden uitgegaan van 0,25 m hoogte en 1,00 m breedte op 100 mm onder de bovenkant van de barriertoe.

! Er moet zo geconstrueerd worden dat het rijdek en/of de fundering niet hersteld hoeft te worden in geval van een aanrijding.

Het incidenteel repareren of vervangen van een barriertoe na een aanrijding is acceptabel. Voor botsveiligheid van geluidsschermen wordt verwezen naar het rapport 'Botsveiligheid geluidsschermen' van de Raad voor de Transportveiligheid [11].

Bij de uitwerking van de botsbelasting op geïntegreerde geluidsschermen is het volgende van belang:

- Op kunstwerken is de voertuigkering vormvast verbonden met de ondergrond. De botsbelasting is beschreven in NEN-EN 1991-2.
- Voertuigkeringen op een wegverharding vallen onder het wegmeubilair en zijn in de Europese regelgeving ingedeeld bij CEN/TC 226 'Road equipment'. Voertuigkeringen worden behandeld door de commissie CEN/TC 226/WG1 'Road restraint systems' en in Nederland door de normcommissie 353 052 'Geleiderail', die hiervan de Nederlandse spiegelcommissie is. In NEN-EN 1317-2 'Prestatieklassen voor botsproeven en beproevingsmethoden voor geleiderail' zijn de uitvoeringsvarianten en eisen beschreven. Met een botsproef wordt aangetoond of aan de eisen wordt voldaan. Tijdens deze proef verschuift de barriertoe over de wegverharding zoals beschreven in NEN-EN 1317-2:1998 artikel 5.1.

! Aangetoond moet worden dat bij geïntegreerde geluidsschermen op een wegverharding aan de hand van NEN-EN 1317 de samenhang is gewaarborgd en de opgetreden horizontale verplaatsing van de barriertoe en de gemeten versnelling in het voertuig voldoen aan de eisen van de betreffende prestatieklasse.

In NEN-EN 1794-1 is in artikel 5.4 vermeld dat bij combinatie van een geluidsscherm met een voertuigkering moet worden voldaan aan Annex D 'Safety in collision'. In Nederland is wegmeubilair niet vergunningplichtig volgens het Bouwbesluit. Dit betekent dat voor het plaatsen van een barrier langs een weg geen bouwvergunning nodig is. Uit veiligheidsoverwegingen worden barriers vaak ook voorzien van antiverblindingschermen (coulissen). Ook dan is geen vergunning nodig.

4.1.4 Bepaling referentiehoogte schermen op speciale locaties

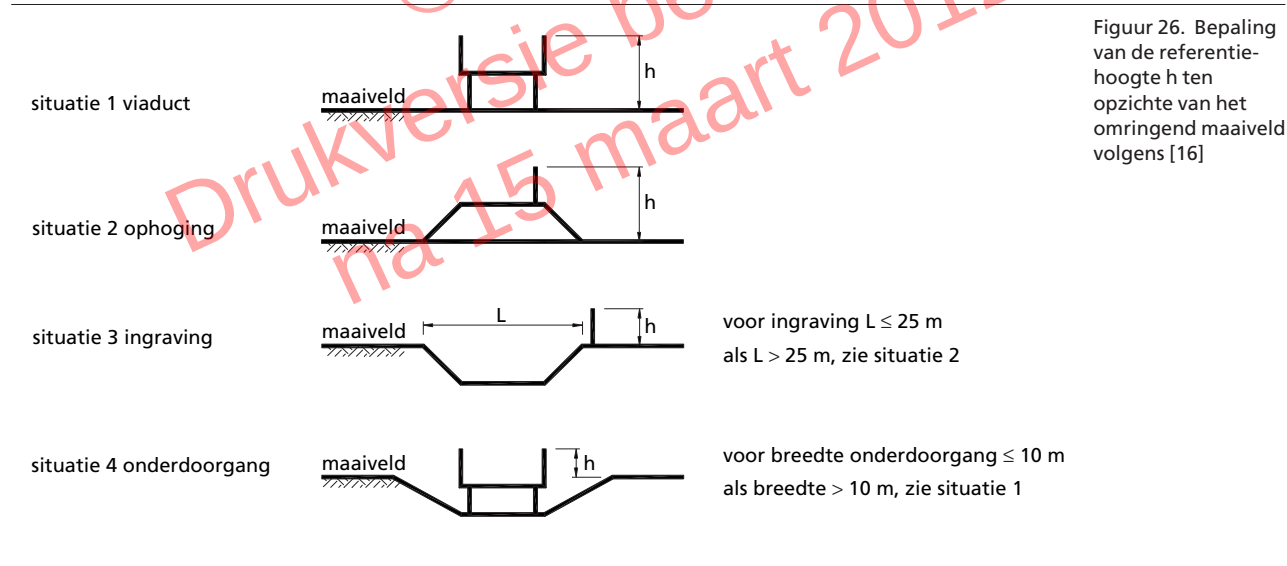
In situaties waarbij het geluidsscherm niet direct op het maaiveld is geplaatst, is de bepaling van de referentiehoogte afhankelijk van de lokale situatie.

! Als referentiehoogte moet de afstand tussen de top van het scherm en het maaiveld worden aangehouden; in figuur 26 is te zien hoe deze in diverse situaties wordt bepaald.

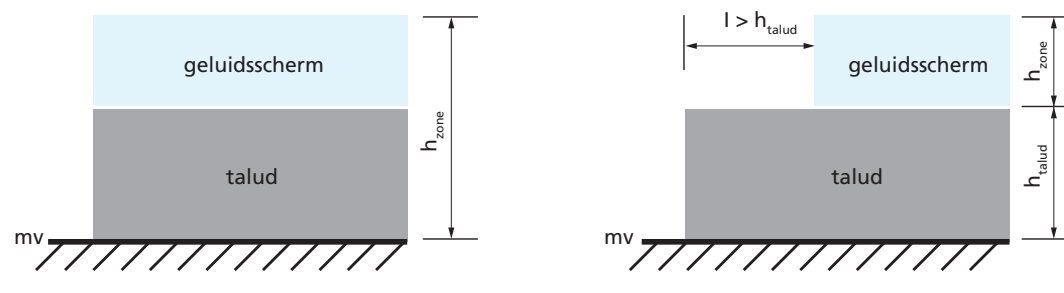
Beëindigingen en overgangen

De afmetingen van de zones voor de schermbeëindigingen (zie paragraaf 4.1.2) worden bepaald aan de hand van de werkelijke hoogte van het geluidsscherm en de positie op het talud. In figuur 27 is te zien dat bij schermen op taluds twee situaties kunnen worden onderscheiden.

Als het geluidsscherm gelijk eindigt met het talud, moet de totale hoogte van talud en geluidsscherm worden meegerekend bij het bepalen van de zones. Als het



Figuur 27. Zone hoogte geluidsschermen op taluds



geluidsscherm terugligt en de lengte l groter is dan de hoogte van het talud, hoeft alleen gerekend te worden met de hoogte van het geluidsscherm. Als de lengte l kleiner is dan de hoogte van het talud, moet met de totale hoogte worden gerekend.

4.1.5 Zuiging en druk ten gevolge van voorbij rijdend (spoor)verkeer

Voor de dimensionering van geluidsschermen moet in een aantal gevallen rekening worden gehouden met zuiging of druk van voorbij rijdend (spoor)verkeer. De zuiging door voertuigen voor wegverkeer hoeft niet gecombineerd te worden met de windbelasting. Zelden zal het belastingsgeval 'zuiging' maatgevend zijn voor de dimensionering van een geluidsscherm. Dit is mogelijk alleen het geval wanneer de rijlijn dichtbij het scherm ligt.

! Voor de bepaling van zuiging of druk ten gevolge van passerend wegverkeer geldt NEN-EN 1794-1.

In NEN-EN 1794-1 (Verkeersgeluidbeperkende constructies – Niet-akoestische eigenschappen – Deel 1: Mechanische prestaties en stabiliteitseisen) is de grootte van de representatieve belasting (inclusief nettodrukcoëfficiënt en bouwwerkfactor voor de dynamische invloed) als volgt aangegeven:

- 1 $q = 0,65 \text{ kN/m}^2$ in geval van een scherm op 1,0 m afstand van verkeer dat met een maximale snelheid rijdt van 100 km/h;
- 2 $q = 0,8 \text{ kN/m}^2$ in geval van een scherm op 3,0 m afstand van verkeer dat met een maximale snelheid rijdt van 120 km/h.

Wanneer de mogelijkheid aanwezig is van tijdelijke situaties met afwijkende tussenafstanden in het dwarsprofiel, zoals bij toepassing van een 4-0-systeem, dan moet ook de afstand tussen verkeer en scherm in die situatie bij de berekeningen worden betrokken.

Voor de effecten van winddruk of zuiging ten gevolge van voorbij rijdend spoorverkeer wordt verwezen naar NEN-EN 1991-2.

4.1.6 Wateraccumulatie

! Bij de berekening van de horizontale en de scheefstaande elementen moet rekening worden gehouden met de belasting ten gevolge van wateraccumulatie.

4.1.7 Funderingen

! Funderingen van geluidbeperkende constructies moeten voldoen aan NEN-EN 9997-1.

Dit is een compilatienorm van NEN-EN-1997-1, de bijbehorende nationale bijlage en NEN 9097-1 (aanvullingsnorm op NEN-EN-1997-1).

Funderingen op palen

! Voor paalfunderingen is NEN-EN 9997-1 van toepassing. Bij enkelvoudige paalfunderingen moet de paalinklemming worden berekend volgens CUR-rapport 166 'Damwandconstructies' [17]. Bij meervoudige paalfunderingen moeten trekpalen worden berekend volgens CUR-rapport 2001-4 'Ontwerpregels voor trekpalen' [18].



Funderingen op staal

Bij funderingen op staal moeten de optredende funderingsdrukken worden getoetst aan het evenwichts- en het vormveranderingsdraagvermogen. Voor de constructies moeten de volgende aspecten worden beschouwd:

- de vervorming (zetting) en de funderingsdrukken onder invloed van de maatgevende belastingen, rekening houdend met de mogelijke aanwezigheid van een nabijgelegen talud en/of een tijdelijke ontgraving;
- de verticale vervormingen door de deformaties van de aardebaan;
- de veiligheid ten aanzien van het afglijden over de funderingsgrondslag of over een hooggelegen slappe laag;
- de veiligheid tegen kantelen van de constructie;
- de veiligheid tegen afschuiven van grond en de constructie (totale stabiliteit).



4.1.8 Omvang en diepte geotechnisch grondonderzoek

- ! Het vaststellen en uitvoeren van grondonderzoek dient plaats te vinden overeenkomstig NEN-EN-9997-1. Het is vereist om een betrouwbaar onderzoek te doen op de locatie van de fundering. Er moet rekening worden gehouden met effecten ten gevolge van bijvoorbeeld nabijgelegen taluds ter plaatse van de geluidbeperkende constructie.

De sonderingen, inclusief kleefmeting, moeten bij voorkeur in de as en anders op maximaal 2,50 m uit de aslijn van de constructie worden gedaan; dit om het risico van effecten ten gevolge van onverwachte onregelmatigheden in de ondergrond in zijbermen te verminderen.

In het grondmechanisch rapport moeten de grondgegevens ten behoeve van funderingsberekeningen worden vermeld; dit zijn bijvoorbeeld de horizontale beddingsconstanten en de elasticiteitsmoduli van de grondlagen voor korte en langdurende belastingen.

- ! Sonderingen voor een geluidsscherm worden gedaan op een onderlinge afstand van maximaal 50 m (hart-op-hart); de werkelijke afstanden worden afgestemd op de verwachte geotechnische onregelmatigheid van de ondergrond.

4.1.9 Ontgraving

- ! Voor de fundering van geluidbeperkende constructies moet conform CUR-rapport 166 'Damwandconstructies' [17] rekening worden gehouden met een van de gevolgtklasse afhankelijke maaiveldverlaging. Behalve met deze algemene maaiveldverlaging moet met een eenzijdige ontgraving van het maaiveld (bijvoorbeeld voor kabels en leidingen) worden gerekend.

In de uiterste grenstoestand moet hiervoor als een tijdelijke situatie een ontgravingsdiepte van 0,8 m worden aangehouden. Dit geldt zowel bij een fundering op palen als bij een fundering op staal. De vervormingen hoeven in deze tijdelijke fase niet te worden gecontroleerd.

- ⚠ Indien het aannemelijk is dat in de gegeven situatie (bijvoorbeeld bij topschermen op een geluidswal) geen kabels en leidingen voor het scherm aanwezig zullen zijn gedurende de levensduur, kan de controle met ontgravingsdiepte achterwege blijven.

4.1.10 Corrosie

Als een stalen paal of damwand niet geconserveerd wordt, zal deze aan corrosie onderhevig zijn. Door een iets grotere wanddikte te kiezen dan feitelijk noodzakelijk is, kan in het algemeen conservering achterwege worden gelaten. Voor de corrosie waarmee gerekend moet worden, wordt verwezen naar NEN-EN 1993-5. Voor de corrosiesnelheid gelden indicatief (per zijde) de in tabel 12 gegeven waarden.

! Voor de corrosiesnelheid boven het maaiveld van stalen onderdelen kunnen de gegevens van ISO 12944-2 gehanteerd worden.

4.1.11 Vervormingen

! De maximaal toegestane elastische vervormingen ten gevolge van de representatieve permanente en veranderlijke belastingen, steeds loodrecht op het betreffende onderdeel beschouwd, moeten voldoen aan de criteria in tabel 13.

Als een geluidbeperkende constructie onder een helling tussen 0 (verticaal) en 90 (horizontaal) graden staat, dan moet de verplaatsing worden ontbonden in een horizontale en een verticale component. De verticale ontbondene moet voldoen aan de in tabel 13 vermelde waarde bij 'horizontale' geluidsschermen en de horizontale ontbondene aan de waarde vermeld bij verticale geluidsschermen. Een voorbeeld van de uitwerking van een onder een helling staande constructie is weergegeven in figuur 28. In dit voorbeeld is de uitbuiging van het element ontbonden in een horizontale en een verticale vervorming.

Bij verticale geluidsschermen wordt voor de dimensionering van stijlen en elementen alleen de windbelasting beschouwd. Voor de dimensionering van de regel moet ook het eigen gewicht worden beschouwd. Bij 'horizontale' constructies moeten steeds de belastingen ten gevolge van het eigen gewicht en ten gevolge van

Tabel 12. Snelheid roestvorming in de grond

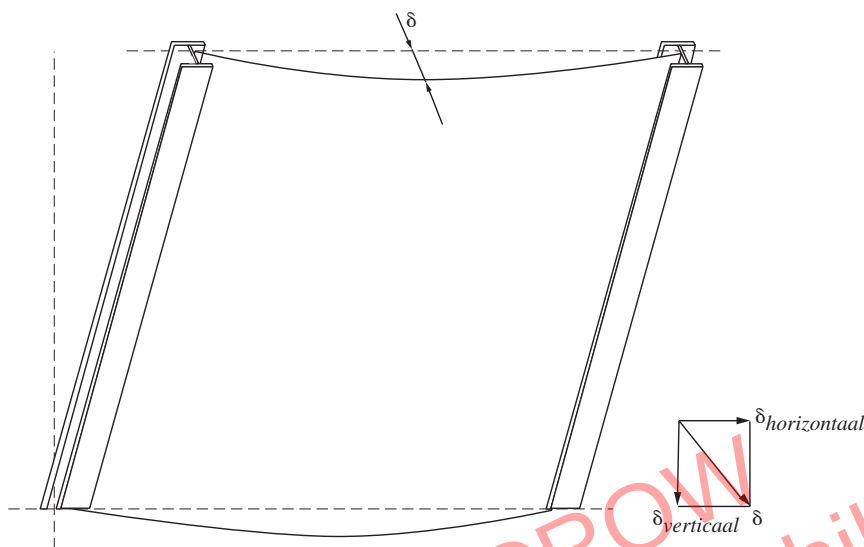
Omgeving	Snelheid roestvorming in mm/jaar
Neutraal milieu (zoet water)	0,01
Gematigd agressief milieu	0,02
Agressief milieu (waaronder zeewater)	0,05
Zeer agressief milieu	> 0,05

Tabel 13. Maximaal toegestane elastische vervormingen van stijlen, schermelementen en regels

Onderdeel	Verticale geluidsschermen	'Horizontale' geluidsschermen
Stijl ¹⁾	exclusief vervorming fundering: $L_s / 150$ inclusief vervorming fundering: $L_s / 75$ of $L_s / 50$ ²⁾	exclusief vervorming fundering: $L_s / 300$ inclusief vervorming fundering: $L_s / 150$ of $L_s / 100$ ²⁾
Element	$L / 40$ en maximaal 50 mm	$L / 200$
Regel	Horizontaal $L / 300$ Verticaal $L / 800$	Horizontaal $L / 300$ Verticaal $L / 800$
waarin:	$L_s =$ bij verticale schermen: de werkelijke lengte van de stijl, ter plaatse van de aardebaan, gerekend vanaf maaiveld als de onderkant van de stijl onder het maaiveld ligt en anders vanaf de onderkant van de voetplaat; bij 'horizontale' schermen: de lengte loodrecht op de overspanning van de elementen.	
	$L =$ kleinste overspanning van de elementen	

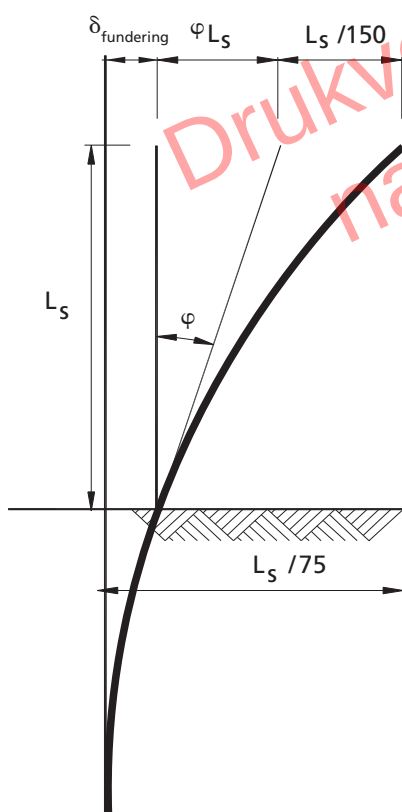
¹⁾ Met de term stijl wordt bedoeld het constructieonderdeel dat bij een verticaal geluidsscherm de belastingen naar de ondergrond afdraagt.

²⁾ Bij verplaatsingen van de top van de stijl inclusief fundering betreft het de som van alle bijdragen aan de vervorming van de stijl bij de betreffende belastingen, waaronder de vervorming van de verbinding stijl-fundering, de fundering en de vervorming ten gevolge van de translatie en de rotatie van de fundering, het zogenoemde kwispeleffect ($\varphi \cdot L_s$); een en ander volgens figuur 29. Voor schermen met een hoogte kleiner dan 1,50 m mag $L_s / 50$ respectievelijk $L_s / 100$ worden aangehouden.



Figuur 28. Ontbinden van de vervorming

Figuur 29. Vervorming van een stijl met kwispeleffect



sneeuw worden beschouwd. De elementen die water afvoeren, moeten van een zodanige zeeg/afschot worden voorzien dat ook bij doorbuiging in de eindtoestand – ten gevolge van het eigen gewicht, sneeuw, eventuele krimp en kruip en dergelijke – elk punt van het element water kan blijven afvoeren naar de aanwezige afvoerpunten.

Bij optredende vervormingen hoeven de horizontale vervormingen ten gevolge van deformaties van de aardebaan niet te worden gesuperponeerd. Wel moet bij de detaillering van de bovenbouw van het scherm rekening worden gehouden met het horizontale en het verticale vervormingsgedrag van de aardebaan. Dit geldt vooral bij de overgang van de aardebaan naar een kunstwerk. Verder mogen de totale vervormingen niet van dien aard zijn dat de samenhang van de constructie niet meer gewaarborgd is. In de praktijk betekent dit dat er door de vervormingen van de ondergrond geen spleten en dergelijke mogen ontstaan.

De horizontale vervorming en de rotatie van de fundering van het scherm kunnen vooral invloed hebben bij hoge geluidsschermen op slappe ondergronden.

Bij de berekening van deze vervorming in de Bruikbaarheids Grens Toestand (BGT) mag rekening worden gehouden met de kortdurende aard van de windbelasting, waarbij de ondergrond stijver reageert.



4.1.12 Vermoeiing

! Voor de berekening van vermoeiing bij staal moet worden uitgegaan van NEN-EN 1993-1-9. Er moet een controle plaatsvinden op vermoeiing van de gehele draagconstructie.

Dit betekent dat alle onderdelen en verbindingen, waaronder draadeinden, voetplaten, ankers en lussen, moeten worden gecontroleerd op vermoeiing. Volgens de norm moet de controleberekening voor alle onderdelen worden uitgevoerd volgens Miner met de juiste kromme met het aantal lastwisselingen 'n' bij de bijbehorende parameter 'α'. De materiaalfactor komt uit Eurocode NEN-EN 1993-1-9, tabel 3.1. Er moet worden gekozen voor de opties 'safe life' en al of niet 'damage tolerant'. In de regel zal de keuze voor geluidsschermen niet 'damage tolerant' zijn, omdat geluidsschermen dicht bij de weg staan en het omvallen van een geluidsscherm op de weg niet moet worden toegelaten. Als een geluidsscherm verder van de weg afstaat, kan een andere keuze worden gemaakt. De keuze voor 'safe life' of 'high consequence' levert een hogere materiaalfactor op.

🔧 Ter vereenvoudiging in verband met vermoeiing mag bij de dimensionering van ankers en bouten worden uitgegaan van een verlaagde toelaatbare staalspanning van 250 N/mm² (klasse 8.8) of van 100 N/mm² (klasse 4.6) in gebruikstoestand.

Als vermoeiingsbelasting moet een belasting worden aangehouden die varieert tussen nul en $\alpha \cdot F_w$. Hierbij is F_w de karakteristieke windkracht volgens NEN-EN 1991-1-4 inclusief nationale bijlage. De relatie tussen

Tabel 14. Lastwisselingen

Waarde α	Aantal lastwisselingen n
1,00	1
0,85	6
0,73	60
0,60	600
0,48	6.000
0,26	60.000
0,12	600.000
0,03	6.000.000

de waarde α en het aantal lastwisselingen is gegeven in tabel 14.

Het aantal lastwisselingen geldt voor elke windrichting op zich. Slechts de windrichting loodrecht op de constructie hoeft in rekening te worden gebracht. Het aantal in rekening te brengen lastwisselingen is hiermee:

$$2 \cdot (1+6+60+600+6.000+60.000+600.000+6.000.000) = 13.333.334$$

Men moet het effect van dat aantal lastwisselingen in rekening brengen door met de som van $1+6+60+600+6.000+60.000+600.000+6.000.000 = 6.666.667$ lastwisselingen te rekenen. Daarbij wordt elke lastwisseling gedefinieerd als lopend van 'geen spanning door wind' (geen wind) naar 'maximum wind' (wind van één kant) via 'geen spanning door wind' naar 'maximum wind' (wind van de andere kant) en weer terug naar 'geen spanning door wind'. De in rekening te brengen spanningsrimpel is dan steeds het verschil tussen de zo berekende maximale en minimale spanning. Deze wijze van tellen is in overeenstemming met de normen.

Men stelt steeds twee (eventueel in de tijd niet aansluitende) gelijksoortige halve golven samen tot één golf, net zoals dat behoort te gebeuren bij de spanningsrimpel door verkeer in het rijdek van een statisch onbepaald kunstwerk:

- beginstand: 'geen verkeer op de brug';
- maximum- of minimumspanning bij verkeer ter plaatse van maximumordinaat van de invloedslijn;
- 'geen verkeer op de brug';

- minimum- of maximumspanning bij verkeer ter plaatse van minimumordinaat van de invloedslijn;
- ‘geen verkeer op de brug’.

Het totaal geldt dan als één wisseling of één golf.

- ! Het aantal lastwisselingen is gebaseerd op een referentieperiode van 50 jaar. Bij een andere referentieperiode dient het aantal lastwisselingen (n) evenredig te worden aangepast.

Voor aluminiumconstructies gelden voor vermoeiing NEN-EN 1999-1-1 en NEN-EN 1999-1-3.

4.2 Detaillering

4.2.1 Ingelijmde of ingestorte staven of ankers

- ! De berekening van de verankeringslengte van ingelijmde staven of ankers moet worden uitgevoerd overeenkomstig het principe van ingestorte staven volgens NEN-EN 1992-1-1 met inbegrip van onderstaande opmerkingen.

Het hierna gestelde geldt alleen voor staven die met kunstharsgietmortels of met cementgebonden ‘krimp-arme’ gietmortels worden verlijmd. Bij chemisch verlijmde staven mag steeds van de certificaten van de betreffende fabrikant of leverancier worden uitgegaan. Bij de berekening van de verankeringslengte van ingelijmde, op normaalkracht belaste staven wordt ervan uitgegaan dat het schuifvlak tussen de gietmortel en het bestaande beton maatgevend is. Door de hoge kwaliteit en de uit veel fijne deeltjes bestaande samenstelling van de gietmortel is het schuifvlak tussen staaf en gietmortel niet maatgevend.

Het verdient de voorkeur om de kwaliteit van de gietmortel steeds circa 20 N/mm² hoger te kiezen dan de kwaliteit van het omringende beton.

Bij de berekening van de verankeringslengte van ingestorte staven die op normaalkracht en/of afschuiving worden belast, blijkt in de praktijk dat draadeinden nagenoeg altijd als gladde staven moeten worden beschouwd.

- ! Ingelijmde staven moeten steekproefsgewijs niet-destructief worden beproefd vanwege de uitvoeringsgevoeligheid.

4.2.2 Voetplaten

Om problemen met de passing te voorkomen, moet de diameter van gaten in de voetplaten circa 5 mm groter zijn dan de diameter van het anker. De voetplaten en de lasverbindingen moeten worden gecontroleerd op vermoeiing zoals hiervoor aangegeven. Bij uitsluitend op sterkte gedimensioneerde stijlen wordt de lasverbinding stijl-voetplaat in de regel zwaar belast. Dit is mede een gevolg van het feit dat de lasverbinding flens-voetplaat doorgaans ter plaatse van de zwaarstbelaste zone van de voetplaat wordt gemaakt.

- ! De lassen moeten voldoen aan NEN-EN-1993-1-8 met bijbehorende Nationale Bijlage alsmede aan NEN 2062.

4.2.3 Toleranties

De verbindingen tussen regels en stijlen moeten zodanig worden uitgevoerd dat maatverschillen kunnen worden opgevangen. Maatverschillen ontstaan door toleranties in de hart-op-hartmaten van de stijlen.



4.2.4 Waterindringing

- ! Doosvormige elementen moeten zodanig geconstrueerd zijn dat binnendringend water direct en snel wordt afgevoerd, waarbij het water niet in het onderliggende element mag lopen.

Afwatering moet geschieden in de richting van de stijlen. Bij messing- en groefsystemen mag geen waterophoping plaatsvinden. De elementen mogen geen bovenliggende groef hebben.

- ! Geluidsabsorptie- en dempingsmateriaal dat in holle elementen wordt aangebracht, moet blijvend minimaal 20 mm worden vrijgehouden van zowel de geperforeerde alsook van de niet-geperforeerde zijde van het element.

Deze eis houdt verband met de afwatering en het voorkomen van vervuiling en beschadigingen door vogels.

De eis van een minimale ruimte van 20 mm aan de achterzijde is bedoeld om schade ten gevolge van condensvorming te voorkomen.

- ! Afstandhouders en profileringen mogen de waterafvoer niet hinderen, niet tot ophoping van vuil leiden en niet de corrosie bevorderen.

4.2.5 Temperatuurwerking

Elementen die aan de bovenzijde open zijn, moeten met afdekprofielen worden afgesloten. De bevestiging van deze profielen aan de stijlen moet zodanig zijn dat de lengteveranderingen die door temperatuurschommelingen worden veroorzaakt, kunnen worden opgevangen.

- ! De verbindingen tussen afdekprofielen, platen, regels en stijlen moeten zodanig zijn dat maatverschillen die ontstaan door temperatuurwerking, kunnen worden opgevangen.

4.2.6 Pop-out

Bij het vaststellen van de minimale afmetingen van de elementen moet rekening worden gehouden met fenomenen als doorbuiging, temperatuurwerking, vochtigheidsgraad en toleranties van de stijlen. Bij de maximaal mogelijke verplaatsing van de elementen zal de resterende oplegging voldoende moeten zijn om 'pop-out' van de elementen te voorkomen en moet de maximale lastafdracht nog worden gewaarborgd.

4.2.7 Kieren

In een geluidbeperkende constructie kunnen onder voorwaarden openingen worden toegestaan. Deze voorwaarden zijn beschreven in paragraaf 1.5.1. Kieren zijn onbedoelde en ongewenste openingen in een geluidbeperkende constructie, die de akoestische werking van de constructie nadelig beïnvloeden.

- ! Er mogen geen kieren voorkomen in geluidbeperkende constructies. Waar noodzakelijk mag zich aan de onderzijde van de constructie wel een afwateringsspleet bevinden.

In tabel 5 (zie paragraaf 1.5.1) zijn de maximaal toelaatbare afmetingen en overige voorwaarden voor (afwaterings)spleten opgenomen.

Kieren tussen elementen kunnen worden voorkomen door er tijdens de uitvoering op toe te zien dat de elementen goed aansluiten, zo nodig volgens een voorgescreven aansluitingssysteem.

- ! Onbedoelde openingen aan de onderzijde kunnen worden voorkomen door bijvoorbeeld de aan vulgrond tot boven de onderzijde van het onderste element aan te brengen of door het toepassen van plinten met variabele maatvoering, aangepast aan het verloop van het maaiveld onder het scherm.

Bij aansluiting op een kunstwerk is vaak een flexibele oplossing gewenst omdat de opening niet van constante grootte zal zijn en nastellen mogelijk moet zijn.

4.2.8 Afwatering

Voor het in stand houden van de waterafvoer van weg en berm kan onder een geluidbeperkende constructie een spleet worden vrijgehouden. Hiermee kan een grindkoffer voor waterafvoer worden uitgespaard. Er kan worden gekozen voor een doorlopende of voor een (op regelmatige afstand) van stijl tot stijl onderbroken spleet, conform de akoestische voorwaarden. Een voordeel van een doorlopende spleet is dat de onderzijde van de constructie niet in direct contact staat met het maaiveld. Dit leidt tot minder onderhoud en een langere levensduur van de constructie.

Vooraf bij wegen in ophoging kan gronderosie optreden. Zeker bij steilere taluds kan dit leiden tot een ontoelaatbare toename van de spleethoogte onder de constructie

op de bovenkruinlijn van een talud. In dat geval moeten voorzieningen worden getroffen om het uitspoelen van grond tegen te gaan.

4.2.9 Maatvoering

De werkelijke ligging van een geluidsscherm moet overeenkomen met de ligging waar in het akoestisch advies van is uitgegaan. In het akoestisch advies is het mogelijk aan te geven binnen welke grenzen hiervan mag worden afgeweken zonder extra akoestische maatregelen.

- De hoogte van het scherm moet het verticaal alignement van de weg volgen. Met betrekking tot de maatvoering van de schermhoogte geldt dat er afspraken moeten worden gemaakt over het verloop van de bovenkant van het scherm in het akoestisch advies ten opzichte van het verticaal alignement van de weg.

Bovenkant scherm

- Met betrekking tot het verloop van de bovenkant van het scherm geldt dat duidelijk moet worden vanuit welke referentielijn gemeten moet worden, bijvoorbeeld het hart van de buitenste rijstrook of de binnenkant kantstreep (zie als voorbeeld figuur 30). Om een onrustig hoogteverloop van het scherm te vermijden, kan het verloop van de bovenkant van het scherm afgevlakt worden, rekening houdend met de minimaal vereiste hoogte van het scherm.

Onderkant scherm

De onderkant van het scherm wordt bepaald door de afwerking van de berm.

- De maatvoering van de onderkant van het scherm en die van de mogelijk aanwezige afwateringsspleet onder het scherm moeten worden afgestemd op de toelaatbare spleethoogte voor de hemelwaterafvoer zoals weergegeven in tabel 5.

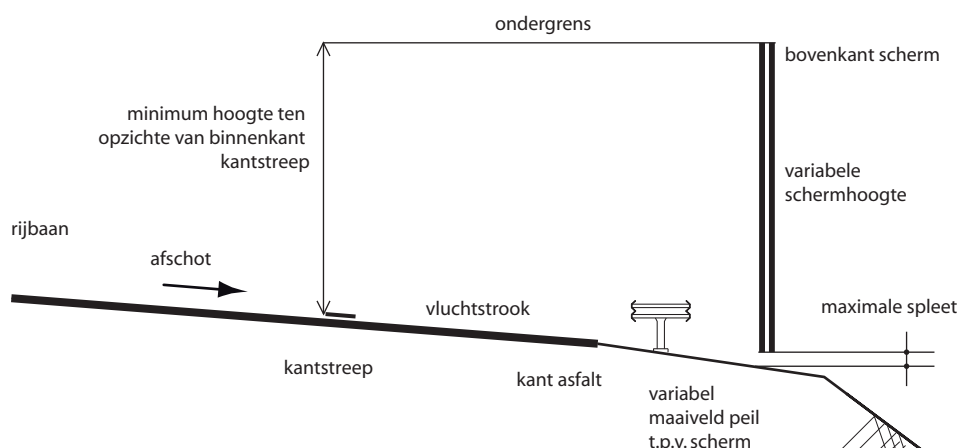
4.3 Bestendigheid

4.3.1 Materiaalkeuze

- Het materiaal voor geluidbeperkende constructies, met inbegrip van bevestiging en conservering, moet zodanig zijn dat de voorziening gedurende ten minste de voorgeschreven levensduur voor de afzonderlijke onderdelen, zonder ingrijpende onderhoudsmaatregelen, voldoet aan de hieraan gestelde eisen.

Constructies en bouwmaterialen moeten in hoge mate bestand zijn tegen verouderingsprocessen en ongevoelig zijn voor allerlei schadelijke stoffen. Welk materiaal er moet worden gekozen, hangt af van de plaatselijke omstandigheden. Factoren waarmee mogelijk rekening moet worden gehouden, zijn:

- (zee)zouten;
- gladheidbestrijdingsmiddelen;
- sneeuwophoping;



Figuur 30. Voorbeeld van de maatvoering in het dwarsprofiel

- opspattend en verontreinigd hemelwater;
- uitlaatgassen en roet;
- dauwvorming (laag bij de grond);
- motorolie;
- ultraviolet licht;
- lage en hoge temperaturen (-20 tot +60 °C);
- detergents (oppervlakteactieve reinigingsmiddelen);
- ozon (van belang voor rubber afdichtingsstroken);
- het maaien en het verwijderen van gewassen;
- graffiti;
- het ontvreemden van elementen en bevestigingsmiddelen.

De laatste twee verschijnselen kunnen zoveel mogelijk worden voorkomen door het aanbrengen van een anti-graffiticoating, het toepassen van grote afmetingen en door de bevestigingsmiddelen aan de bewonerszijde niet demontabel uit te voeren of in elk geval van een borging te voorzien.

☞ Het ontwerp en de materialen moeten bij voorkeur zo worden gekozen dat de constructie niet gevoelig is voor vervuiling en in hoge mate zelfreinigend is. Hiermee wordt verkeershinder door onderhoudswerkzaamheden verminderd. Daarnaast wordt voorkomen dat de constructie, door gevoeligheid voor vervuiling en graffiti, snel een verwaarloosde indruk geeft. Bij de materiaalkeuze moet ook met eventuele milieu-belastende effecten rekening worden gehouden. Bovendien moeten de materialen aan het einde van hun levensduur bij sloop terugneembaar zijn en zoveel mogelijk voor hergebruik geschikt (te maken) zijn.

4.3.2 Bescherming tegen corrosie

Verzinken, coaten en andere corrosiebeschermende handelingen moeten in een daartoe goed geoutilleerd bedrijf plaatsvinden overeenkomstig de gestelde normen.

4.3.3 Problemen door contact tussen materialen

! Wanneer er een kans bestaat op spanningscorrosie of contactcorrosie, moeten er maatregelen worden genomen ter voorkoming daarvan.

Spanningscorrosie is een scheurvormende corrosievorm onder invloed van de gelijktijdige inwerking van een corrosief medium en trekspanningen. Tussen materialen kan spanningscorrosie ontstaan, waardoor het materiaal dat het laagste in de spanningsreeks staat, versneld

wordt afgebroken. Dit kan voorkomen worden door tussen de twee materialen een isolerende laag aan te brengen.

! Wanneer er een kans bestaat op chemische compatibiliteit, moeten er maatregelen genomen worden ter voorkoming daarvan. Chemische compatibiliteit is een maat voor hoe stabiel een stof wordt vermengd met een andere stof.

De soort en de kwaliteit van de diverse materialen moeten op elkaar zijn afgestemd, zodat de levensduur van de materialen niet negatief wordt beïnvloed. Bekend zijn in dit verband versnelde verouderingsprocessen bij kunststofelementen en bepaalde rubbersoorten op de plaats waar het element in het rubber is gevat.

4.3.4 Weerstand tegen steenslag

! Bij daarvoor gevoelige materialen, zoals kunststof en glas, is het gewenst dat de elementen bestand zijn tegen steenslag. Dit moet worden aangetoond met de proef zoals beschreven in NEN-EN 1794-1, bijlage C: Steeninslag.

Glas zal, hoewel aan de proef wordt voldaan en het materiaal dus toelaatbaar is, in de praktijk toch vaak stervorming vertonen. Vanuit esthetische overwegingen kan dit een probleem vormen. In dat geval moeten de proefisen worden uitgebreid met de voorwaarde dat er geen sterren mogen ontstaan.

4.3.5 Brand

Materialen zoals beschreven in paragraaf 2.3 kunnen bij brand eigenschappen vertonen waardoor de veiligheid van een geluidbeperkende constructie en/of de omgeving niet gewaarborgd is (zie ook paragraaf 3.3.1). Ontwerpers van geluidbeperkende constructies dienen in verband met de brandveiligheid bij de materiaalkeuze rekening te houden met onderstaande aspecten, eisen en afwegingen.

Onbrandbaarheid van materialen

Tijdens het traject van vergunningverlening wordt door hulpdiensten in het kader van brandveiligheid vaak de voorkeur uitgesproken voor toepassing van onbrandbare materialen. Het behoeft geen betoog dat deze materialen bij brand beter presteren dan brandbare materialen. Een geconstateerde moeilijkheid bij vooral kunststoffen is echter het vaststellen van de (on)brandbaarheid.

- ! **Bepaling van de onbrandbaarheid van bouw materiaal (-combinaties) dient plaats te vinden volgens NEN 6064:1991 en NEN 6064:1991/A2:2001.**

Vlamuitbreiding en vlamoverslag van materialen

Als in geluidbeperkende constructies brandbare materialen worden toegepast, dienen eisen te worden gesteld aan de vlamuitbreiding en vlamoverslag. Dit kan met behulp van materiaaleisen en/of compartimenterings-eisen. De te stellen eisen zijn medeafhankelijk van de vereiste gevolgklasse voor een geluidbeperkende constructie.

- ! **Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van bouw materiaal (combinaties) dient plaats te vinden volgens NEN 6065:1991 en NEN 6065:1991/A1:1997.**

⚙ **Indien gelijkwaardigheid wordt nagestreefd, mag de bepaling ook plaatsvinden volgens NEN-EN 13501-1:2007+A1:2009.**

- ! **Minimale materiaaleisen voor brandvoortplanting in relatie tot gevolgklasse zijn:**
 - Klasse 4 conform NEN 6065 voor geluidbeperkende constructies in gevolgklasse CC1 en CC2;
 - Klasse 2 conform NEN 6065 voor geluidbeperkende constructies in gevolgklasse CC3;
 - Klasse 3 conform NEN-EN 1794-2, bijlage A 'Bestandheid tegen bermbrand', voor geluidbeperkende constructies in gevolgklasse CC1, CC2 en CC3.
- ! **Voor de minimale materiaaleisen met betrekking tot brandveiligheid langs het spoor wordt verwezen naar de OVS00058 'Geluidbeperkende constructies bij spoorwegen' van ProRail [1].**

Bij het toepassen van spleten bij geluidbeperkende constructies langs spoorwegen wordt verwezen naar OVS00058 voor Spleet in verband met plasbranden.

Wanneer een geluidbeperkende constructie dicht bij bebouwing staat, moeten er strengere eisen worden gesteld en zo nodig andere materialen worden toegepast. Behalve de afstand tot de bebouwing spelen ook de hoogte van het scherm (inclusief eventuele ophoging van het maaiveld) en de hoogte van de bebouwing een rol.

⚙ **Geadviseerd wordt om, in overleg met opdrachtgever en hulpdiensten, strengere eisen te stellen als de afstand**

van de bebouwing tot het scherm kleiner is dan vijf maal de hoogte van het scherm inclusief een eventuele ophoging van het maaiveld.

- ! **Eisen met betrekking tot compartimentering dienen in overleg met de opdrachtgever en hulpdiensten vastgesteld te worden.**

Van effectieve compartimentering is sprake als de onbrandbare banen dusdanig breed zijn dat vlamoverslag tussen de brandbare vlakken aan weerszijden hiervan niet mogelijk is.

Rookontwikkeling van materialen

Bij brand ontstaat rook. De rookontwikkeling bij brand is materiaalafhankelijk. Materialen die bij brand een intensieve rookontwikkeling hebben, zijn minder geschikt voor toepassing in geluidbeperkende constructies omdat hierdoor de verkeersveiligheid in gevaar kan worden gebracht.

⚙ **Geadviseerd wordt om, in overleg met opdrachtgever en hulpdiensten, eisen te stellen aan de rookontwikkeling van te gebruiken materialen en het ontwerp van geluidbeperkende constructies hierop af te stemmen.**

- ! **Bepaling van de rookproductie bij brand van bouw materiaal (combinaties) dient plaats te vinden volgens NEN 6066:1991 en NEN 6066:1991/A1:1997.**

Concentraties van giftige stoffen die bij brand kunnen ontstaan en een gevaar vormen voor de volksgezondheid zijn onder alle omstandigheden ontoelaatbaar.

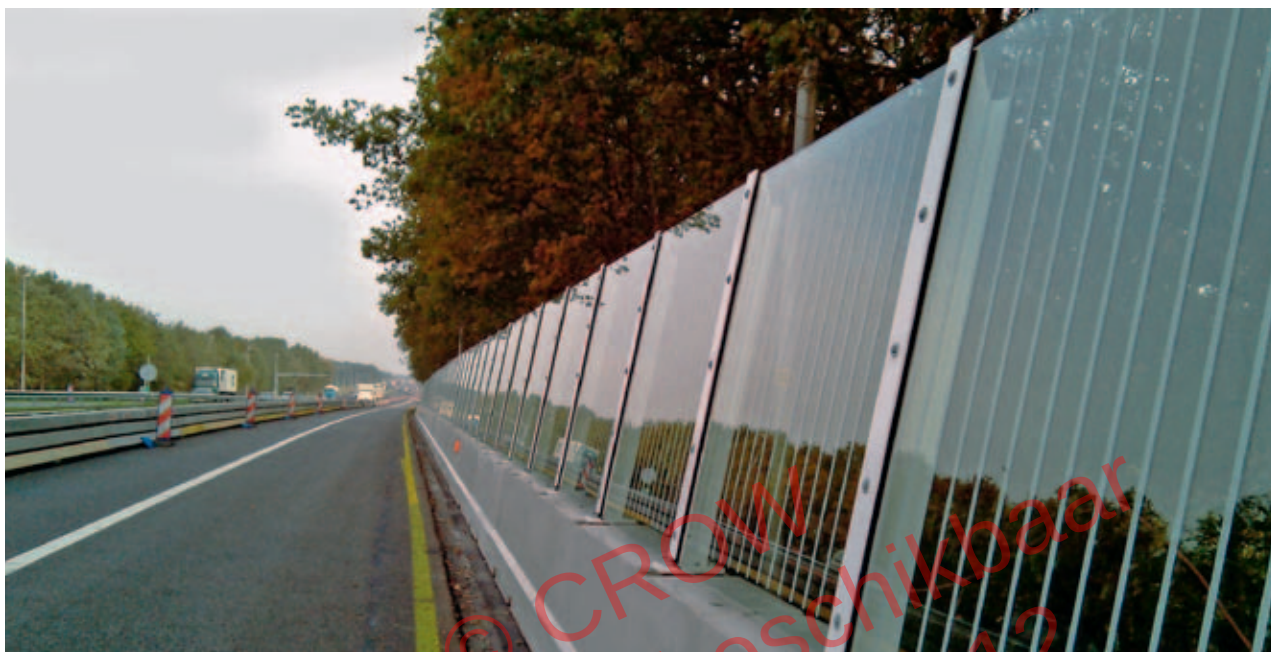
- ! **Het vrijkomen van giftige stoffen bij brand moet worden voorkomen. Materialen moeten worden geleverd met een beschrijving van de samenstelling conform NEN-EN 1794-2, bijlage C: Milieubescherming.**

4.4 Bouwstoffen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de meest voorkomende bouwstoffen voor geluidbeperkende constructies. Andere bouwstoffen dan in deze paragraaf beschreven kunnen ook worden toegepast, mits uiteraard wordt voldaan aan de regelgeving voor die bouwstoffen.

4.4.1 Gekleurd beton

Voor geluidbeperkende constructies kan gebruik worden gemaakt van betonnen delen die op basis van pigmentstoffen zijn gekleurd. Hierbij is echter slechts een beperkt kleurenschaal mogelijk. Bovendien wordt de uiteindelijke kleur niet alleen bepaald door de soort en



de hoeveelheid pigment, maar ook door het toegepaste cement en de toeslagmaterialen. Vanwege het beperkte kleurenscale, de verkleuring die na verloop van tijd kan optreden en de extra aandacht die nodig is om kleurverschillen te vermijden (tussen verschillende betonnen onderdelen en binnen een betonnen onderdeel), is op basis van pigmentstoffen gekleurd beton minder geschikt voor geluidbeperkende constructies waarbij hoge eisen aan de kleur worden gesteld. In dat geval zijn betonnen delen die door een coating van de gewenste kleur zijn voorzien een betere optie.

4.4.2 Glas

! Voor glas bij geluidbeperkende constructies gelden de normen voor constructief glas in NEN 2608. De definities van glassoorten zijn beschreven in NEN-EN 1863-1:2000. Glas voor geluidbeperkende constructies moet gelamineerd veiligheidsglas zijn, opgebouwd uit twee of drie lagen glas die onderling door middel van een of meer lagen folie van polyvinylbutyral (PVB) aaneen gehecht zijn.

Gelamineerd veiligheidsglas voor geluidbeperkende constructies moet volgens het samensmeltingsprocédé zijn vervaardigd. Het gelamineerde veiligheidsglas moet:

- een zeer grote lichtdoorlatendheid hebben;
- blijvend doorzichtig zijn;
- weerbestendig zijn;

- UV- en pekelbestendig zijn;
- een glad oppervlak hebben, wat wil zeggen geen scherpe randen of kerven.

4.4.2 Uit het oogpunt van arbeidsomstandigheden wordt aanbevolen om de randen van de glaspalen vóór de montage, op de bouwplaats of in de fabriek, te ontscherpen.

Dimensionering

4.4.2 Voor de sterkteberekening van verticaal bevestigd veiligheidsglas kan worden uitgegaan van een ligger op twee steunpunten. Afhankelijk van de ontworpen of gerealiseerde oplegglengte kan een mate van inklemming worden toegekend aan de wijze van bevestiging/inklemming.

Voor de berekening van het traagheidsmoment mag voor de veranderlijke belasting worden uitgegaan van een homogene doorsnede. Voor de toelaatbare spanningen in het veiligheidsglas moet worden uitgegaan van de opgave van de fabrikant. Veiligheidsglas heeft de eigenschap dat bij glasbreuk de losse delen aan de PVB-folie blijven kleven. Door deze eigenschap leveren de losse glasdelen geen gevaar op voor mens en verkeer. Deze eigenschap is bij drielaags veiligheidsglas nog sterker dan bij tweelaags veiligheidsglas. Op gelamineerd veiligheidsglas zijn NEN-EN-ISO 12543 en NEN-EN 14449 van toepassing.

Uitvoeringseisen

- ! Bij gelamineerd veiligheidsglas moet voor de bevestiging rekening worden gehouden met de volgende aspecten:
- De klemdruk moet gelijkmatig zijn.
 - Bij de inklemming van het glas moet rekening worden gehouden met mogelijke torsie in het glas bij de oplegblokjes op rubber.
 - De minimale klemdruk is afhankelijk van de overspanning en het toegepaste glastype; de oplegconstructie moet bij voorkeur in overleg met de fabrikant worden bepaald.
 - De minimale opleglengte moet bij voorkeur door de leverancier of fabrikant worden opgegeven. De minimale opleglengte is onder andere afhankelijk van het toegepaste type glas.
 - Ter plaatse van de oplegging moeten rubberstrips, neopreen A75 of EPDM, dik 4 mm, worden aangebracht.

Soorten veiligheidsglas

Glas is erg gevoelig voor vandalisme. De breukvormen ten gevolge van een slagbelasting zijn afhankelijk van het soort glas:

- *Gehard veiligheidsglas.* Bij schade door een slagbelasting verbrijzelt het geluidsscherm in korrels, die vervolgens naar beneden vallen.
- *Gelamineerd veiligheidsglas bestaande uit een halfgeharde glasplaat en een normale glasplaat.* Bij een slagbelasting scheuren de glasplaten, maar door de PVB-folie blijft de samenhang bestaan. Omdat de scheuren niet doorlopen, blijft de stijfheid behouden.
- *Gelamineerd veiligheidsglas bestaande uit een volledig geharde glasplaat en een normale glasplaat.* Bij impact scheurt de geheel geharde glasplaat in zijn geheel. De korrels blijven aan de PVB-folie hangen. Door de korrelvorming neemt het volume toe en omdat de korrels blijven hangen aan de PVB-folie, wordt de overgebleven ruit extra op buiging belast. In de overgebleven ruit kunnen ook scheuren ontstaan. Door de aanwezigheid van de PVB-folie blijft de samenhang bestaan. De stijfheid is echter met minimaal 50% afgenomen.
- *Gelamineerd veiligheidsglas bestaande uit twee halfgeharde glasplaten.* Bij impact scheuren de glasplaten, maar door de PVB-folie blijft de samenhang bestaan. Omdat de scheuren niet doorlopen, blijft de stijfheid behouden.

- ! Het toepassen van de combinatie van (half)gehard glas met normaal floatglas in geluidsschermen wordt uitgesloten vanwege het grote risico van glasbreuk op lange termijn.

Het toepassen van een combinatie van (half)gehard glas met normaal floatglas levert een groot risico op van glasbreuk binnen de verwachte levensduur van de panelen. Dit risico wordt veroorzaakt door het optreden van spanningscorrosie van het ongeharde floatglas met als gevolg dat het glas gevoelig wordt voor o.a. thermische breuk bij het toepassen van anti-vogelstrepen en markeringen of door de aanwezigheid van graffiti.

Het voordeel van halfgehard glas ofwel thermisch versterkt glas ten opzichte van normaal glas is tevens dat de mechanische treksterkte drie keer zo groot is. De treksterkte van normaal glas is 40 N/mm^2 , die van halfgehard glas 120 N/mm^2 . Dit kan een voordeel opleveren bij de dimensionering van de benodigde dikte van de glaspanelen.

- 4! Geadviseerd wordt om bij gevaarlijke situaties, zoals boven onderdoorgangen of boven kruisend verkeer of bij kans op vandalisme, geen volledig gehard ofwel thermisch gehard veiligheidsglas toe te passen. Als dit bij breuk van het glas versplintert, kan het namelijk de veiligheid van het onderdoorgaand kruisend verkeer in gevaar brengen. Daarom wordt geadviseerd om in de genoemde situaties halfgehard ofwel thermisch versterkt glas toe te passen.

Hellende schermen van glas

Voor verticaal glas geplaatst onder een hoek tot 10 graden uit de verticaal geldt NEN 2608-1. Bij de dimensionering van verticaal glas wordt het eigen gewicht verwaarloosd als permanente belasting.

Gelamineerd glas wordt op windbelasting gedimensioneerd. Daarbij wordt de invloed van het PVB-folie op de buigstijfheid verwaarloosd. Het argument hiervoor is dat de windbelasting kortdurend is en de PVB-folie geen bijdrage levert aan de buigstijfheid. Bij de dimensionering van het glas wordt uitgegaan van buiging als ligger op twee steunpunten of als plaat bij drie- of vierzijdige vrije oplegging.

Voor verticaal glas geplaatst onder een hoek groter dan 10 graden uit de verticaal geldt de richtlijn voor constructief glas volgens NEN 2608-2. In deze berekening wordt het eigen gewicht beschouwd als permanente belasting en wordt de bijdrage van de PVB-folie verwaarloosd.

4.4.3 Hout

! Hout voor geluidbeperkende constructies moet voldoen aan de kwaliteitseisen voor hout (KVH) en moet zijn voorzien van een KOMO-certificaat.

4.4.3 Voor geluidbeperkende constructies mogen uitsluitend de volgende houtsoorten worden toegepast:

- a houtsoorten van ten minste duurzaamheidsklasse II volgens NEN-EN 350-1 en NEN-EN 350-2;
- b Europees grenen volgens NEN 5466, mits geïmpregneerd;
- c gevingerlast hout dat voldoet aan de onder a of b vermelde kwaliteitseisen en dat is voorzien van een KOMO-certificaat voor zowel de houtkwaliteit als het vingerlassen. Het gevingerlaste hout moet van sterkteklasse A zijn en er moeten uitsluitend thermohardende kunstharlijmen zijn gebruikt volgens THK 1965 (Thermohardende kunstharlijmen voor houtconstructies);

d gelamineerd hout dat voldoet aan de onder a of b vermelde kwaliteitseisen. Bij gelamineerd hout moet de fabrikant een beproevingsrapport overleggen waaruit blijkt dat het materiaal aan de constructieve eisen voldoet, met als uitgangspunt ontwerp NEN-EN 386, NVN-EN 387, NEN-EN 390, NEN-EN 391, NEN-EN 392 en NEN-EN 408;

e watervast, in één vezelrichting verlijmd triplex of multiplex volgens NEN-EN 313-2, NEN-EN 314-1, NEN-EN 314-2, NEN-EN 315, NEN-EN 335-3, NEN-EN 635-1, NEN-EN 635-2, NEN-EN 635-3, NEN-EN 636-1, NEN-EN 636-2 en NVN-ENV 1099. Als gebruiksdoel moet worden voorgeschreven constructietriplex, exterieurklasse 1.

In een geluidbeperkende constructie mag het hout van de onderdelen alleen direct in contact zijn met de grond als er voldoende garantie bestaat dat de levensduur van het hout gelijk is aan de verwachte levensduur van de gehele geluidbeperkende constructie. Als dit niet kan worden gegarandeerd, moeten er voorzieningen worden aangebracht om (biologische) aantasting van het hout te voorkomen. Horizontale naden moeten worden vermeden, tenzij er voorzieningen worden getroffen om vochtophoping of capillaire vochtopzuiging te voorkomen.



4.4.4 Kunststoffen

! Bij kunststofplaten gaat de voorkeur uit naar platen van polymethyl-methacrylaat (PMMA), omdat deze voor de toepassing in geluidbeperkende constructies over goede eigenschappen beschikken.

Kwaliteitseisen polymethyl-methacrylaat (PMMA)

- ! Transparante PMMA-platen moeten, voor zover van toepassing, voldoen aan de volgende normen:
- NEN-EN-ISO 7823-1: voor gegoten platen van polymethyl-methacrylaat PMMA;
 - NEN-EN-ISO 7823-2: voor geëxtrudeerde platen (in norm 'gekalanderde' platen genoemd) van polymethyl-methacrylaat PMMA.

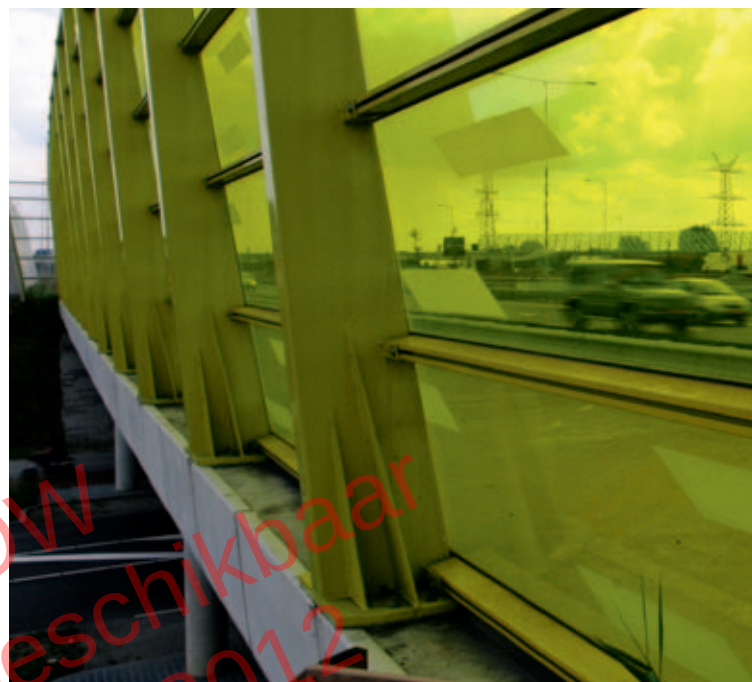
Bij PMMA is de gegoten uitvoering voor een deel verdron- gen door de extrusie-uitvoering. Geëxtrudeerde platen zijn aanzienlijk goedkoper, maar hebben ten gevolge van het productieproces rillen in het oppervlak. Als de plaat zodanig wordt aangebracht dat de rillen als horizontaal worden ervaren, dan is het storend effect ervan geringer. Voor de extrusierillen is geen genormeerde meetmethode voor- handen voor het bepalen van de visuele vervorming. Bij kunststofplaten moet men bedacht zijn op de relatief grote toleranties in de plaatdikte en maatvoering.

Kwaliteitseisen polycarbonaat (PC)

Wanneer brandvoortplantingsklasse 2 conform NEN 6065 is vereist of klasse 2 volgens NEN-EN 1794-2 Bijlage A, bijvoorbeeld langs spoorwegen, dan is polycarbonaat (PC) een mogelijke materiaalkeuze. De E-modulus van PC is kleiner dan die van PMMA en de optische kwaliteiten zijn ook minder. Een voordeel is de grotere slagvastheid. Voor polycarbonaat gelden leveringsvoorwaarden en afmetingen volgens NEN-EN-ISO 11963. Er kunnen nadere eisen worden gesteld in verband met de optische kwaliteit van polycarbonaat (DIN 52305/AZ) en met betrekking tot de rookproductie bij brand volgens NEN 13501-1.

Helderheid en kleurvastheid

Kunststofplaten van PMMA en PC moeten glashelder zijn. Dit wil zeggen dat ze zuiver moeten zijn en zonder strepen, insluitsels en andere onvolkomenheden. Het plaatoppervlak moet gesloten zijn om delamineren te voorkomen. De lichtdoorlatendheid moet bij levering minimaal 90% en na tien jaar minimaal 88% zijn.



De lichtdoorlatendheid is afhankelijk van de mate van inkleuring van de kunststofplaten; daarom worden hieraan geen specifieke eisen gesteld. Gekleurde transparante kunststofplaten moeten door en door zijn ingekleurd met kleurvaste pigmenten. Nadat de toe te passen kleur definitief is vastgesteld, stelt de leverancier de kleurcoördina- ten van de kleur ter beschikking aan de opdrachtgever.

Vertekening

Voor de meetbaarheid van dioptrie, of eigenlijk de ver- tekening door transparante kunststofplaten voor geluids- schermen, kan worden uitgegaan van de meting van de vertekening volgens DIN 52380 Meting en DIN 52305 Polycarbonaat. Voor de vertekening zijn (nog) geen toetscriteria geformuleerd.

Uitvoeringseisen

Bij toepassing van kunststofplaten van PMMA mag als afdichtingsprofiel alleen EPDM-rubber worden toe- gepast met een hardheid van 60 Shore A.

4.4.5 Aluminium

Kwaliteitseisen

- ! Aluminiumlegeringen en verbindingsmiddelen moeten voldoen aan het gestelde in Eurocode 9: NEN-EN 1999-1-1 tot en met NEN-EN 1999-1-5.



⚠ In aanvulling hierop geldt dat uitsluitend aluminiumlegeringen mogen worden toegepast die volgens DIN 1725, Teil 1 geschikt zijn voor statisch belaste constructies en die minstens zeewaterbestendig en goed lasbaar zijn. Verder mogen uitsluitend bevestigingsmiddelen van RVS-kwaliteit A4 (type 316L) worden toegepast. De bouten moeten zijn voorzien van een gerolde draad.

Uitvoeringseisen

- ⚠ Alle scherm delen uit aluminium moeten zijn voorzien van een bescherm laag tegen corrosie, met uitzondering van de inwendige plaat delen die niet in contact komen met andere scherm delen en waarbij geen gevaar voor vervuiling en/of vuilophoping aanwezig is.

4.4.6 Staal

Kwaliteit

- ⚠ Stalen onderdelen van geluidbeperkende constructies moeten voldoen aan de kwaliteitseisen zoals vermeld in tabel 15.

Tabel 15. Kwaliteitseisen aan stalen onderdelen van geluidbeperkende constructies

Omschrijving	Kwaliteit
Constructiestaal	NEN-EN 10025 minimaal S235 JR
Gelaste buis	NEN-EN 10210 -1 en -2
Naadloze buis	NEN-EN 10210 -1 en -2
Vierkante en rechthoekige buis	NEN-EN 10210 -1 en -2
Continu-dompelverzinkte plaat en breedband van laag koolstofstaal voor koud dieptrekken en zetwerk	NEN-EN 10142 - DX51 + Z350 -M -B - O of NEN-EN 10142 - DX51 + Z350 -M -C - O. De kwaliteit moet in overleg met de verfproducent worden gekozen.
Bevestigingsmiddelen van corrosievast staal	NEN-EN 10088, werkstofnummer 1.4401
Ankers	NEN-EN 10025, minimaal S235 JRG2

Tabel 16. Bepaling van de vereiste vervaardigingsklasse (execution class)

Constructieonderdeel	Gevolgklasse		
	CC1	CC2	CC3
Hoofddraagconstructie (onder meer ankers, voetplaat, verbinding voetplaat-stijl, stijl)	EXC2	EXC3	EXC3
Overige constructieonderdelen (niet ontworpen voor vermoeiingsbelastingen)	EXC2	EXC2	EXC3

Toelichting

Deze tabel is tot stand gekomen in aansluiting op NEN-EN-1090, Annex B, tabellen B.1 tot en met B.3.

Uitvoering

Voor de uitvoering van stalen onderdelen is NEN-EN-1090 van toepassing. De eisen aan de uitvoering zijn daarin gekoppeld aan vervaardigingsklassen. In tabel 16 zijn de vereiste vervaardigingsklassen vermeld in relatie tot de gevolgklasse en het constructieonderdeel.

4.4.7 Rubber

Rubber voor beglazingsprofielen, afdichtingen en dergelijke moet voldoen aan ISO 3934 'Gevulcaniseerde en thermoplastische rubber – Voorgevormde pakkingen gebruikt in gebouwen – Classificatie, specificaties en beproevingsmethoden' en ISO 5892 'Rubber building gaskets – Materials for preformed solid vulcanized structural gaskets – Specification'.

4.4.8 Metselwerk

Kwaliteitseisen

! **Metselbaksteen voor geluidbeperkende constructies moet zijn buitenmuursteen van ten minste toepassingsklasse I conform CUR-Aanbeveling 61 'Het voegen van metselwerk' [19]. Het metselbaksteen moet voldoen aan de NEN-EN 771-1 'Specificaties voor metselstenen – Deel 1: Baksteen'.**

Voor de constructieve veiligheid wordt verwezen naar onderstaande delen van Eurocode 6 – Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk:

- EN 1996-1-1 + NB: Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk
- EN 1996-1-2 + NB: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand
- EN 1996-2: Ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk
- EN 1996-3: Vereenvoudigde berekeningsmethoden voor constructies van ongewapend metselwerk



Uitvoeringseisen

Het voegwerk moet worden uitgevoerd met de doorstrijktechniek, zoals beschreven in SBR/CUR 299 'De kwaliteit van voegen in metselwerk' [20].

4.4.9 Absorptie- en dempingsmaterialen

Kwaliteitseisen

Als absorptie- en dempingsmateriaal kan minerale wol of glaswol worden toegepast die:

- een dusdanige persing heeft dat uitzakken ervan onmogelijk is;
- wat betreft de absorberende en geluiddempende werking niet wordt beïnvloed door weersinvloeden en verouderingsverschijnselen;
- vochtstabiël (vochtstabiliteit maximaal 98%) en waterafstotend is;
- niet hygroscopisch of capillair werkt;
- vrij is van corrosiebevorderende stoffen en chemisch volkomen stabiel en neutraal is (dat wil zeggen dat het materiaal bestand moet zijn tegen verrotting, schimmelvorming, ongedierte, benzine, oliën, vetten, basen, zuren, zouten en dergelijke);
- geen toxische stoffen bevat en volkomen reukloos is;
- niet tot ontbinding overgaat, dat wil zeggen dat het bindmiddel niet mag verdampen en dat er ook geen gassen en/of vaste bestanddelen van in de atmosfeer terecht mogen komen.

Als geluidabsorberende en -dempende materialen kunnen ook absorberende betonsoorten worden toegepast, zoals poriënbeton, lichtgewichtbeton en houtvezelbeton. Ook voor deze materialen geldt de eis van het functiebehoud: de vereiste geluidsabsorptie moet de gehele levensduur in stand blijven. In de CE-markering zijn de gegarandeerde producteigenschappen opgenomen.

Uitvoeringseisen

- ! Absorptie- en dempingsmateriaal moet zodanig worden bevestigd dat wegglijden of inzakken ervan onmogelijk is.

De oorspronkelijke hoogte van de platen moet te allen tijde gehandhaafd blijven.

- Ter bescherming van minerale wol mag glasvlies worden toegepast, mits dit geen negatieve invloed heeft op de vereiste absorptiewaarde.

Aan het glasvlies moeten, voor zover dit mogelijk is in verband met de aard van het materiaal, dezelfde eisen worden gesteld als aan minerale wol.

Als glasvlies wordt toegepast moet dit, door middel van verlijming, gelijkmatig en strak op de minerale wol worden aangebracht. De hechting en de egaliteit van het oppervlak mogen niet afnemen ten gevolge van ouderdomsverschijnselen (geen blaasvorming).

4.5 Keuring

De belangrijkste keuringsaspecten zijn: de geluidsabsorptie, de geluidsisolatie, de bestandheid tegen steeninslag en, in verband met de levensduur, de kwaliteit van de conservering.

4.5.1 Systeemkeuringen

Geluidsisolatie en geluidsabsorptie

- ! De geluidsisolatie van geluidbeperkende constructies moet worden bepaald conform NEN-EN 1793-2.

Wanneer een constructie geluidabsorberend moet zijn, moet de geluidsabsorptie worden bepaald conform NEN-EN 1793-1. Met beproevingsrapporten moet worden aangetoond of aan de gestelde akoestische eisen wordt voldaan.

Bestandheid tegen steeninslag

- ! Geluidbeperkende constructies die gevoelig zijn voor steeninslag moeten worden beproefd op hun weerstand tegen opspattende steentjes conform NEN-EN 1794-1. Het beproevingsrapport moet aantonen of de weerstand voldoende is.

Metaalconservering

- ! Voor de beproefing van de metaalconservering wordt verwezen naar de Standaard RAW Bepalingen. Het beproevingsrapport moet aantonen of het verfsysteem aan de systeemeisen voldoet.

4.5.2 Productnorm CE

De CE-markering voor bouwproducten vindt zijn oorsprong in de Europese Richtlijn Bouwproducten. Deze richtlijn heeft als doel handelsbelemmeringen tussen lidstaten weg te nemen. Bouwproducten die aan de Europese eisen voldoen, moeten op de Europese markt vrij verhandelbaar zijn. De CE-markering is verplicht voor bouwproducten.

De CE-markering is door de Standing Committee on Construction (SCC) voorgeschreven in de Construction

Products Directive (CPD), gepubliceerd in de Official Journal of the European Communities L 40 Volume 32 d.d. 11 februari 1989.

Voor geluidsschermen gelden de volgende in annex A opgenomen leden:

- lid 4. Safety in use
 - resistance in horizontal loads
 - resistance in fire loads
- lid 5. Protection against noise
 - absorption
 - airborne sound insulation

Op basis hiervan is, met het mandaat CEN M/111 d.d. 1997-11-19, NEN-EN 14388 uitgewerkt en vervolgens de ondersteunende normen NEN 1794 en NEN 1793.

Tevens geldt voor bouwproducten die worden toegepast in geluidbeperkende constructies langs wegen dat deze moeten zijn voorzien van een CE-markering. Wat betreft de bovenbouwproducten gaat het onder meer om beplating, stijlprofielen en beplating met stijlen indien deze als gecombineerd product op de markt worden

Tabel 17. Voorbeeld van de in de CE-markering aangegeven eigenschappen van geluidsschermen

Droog gewicht en gereduceerd nat gewicht van een akoestisch element:

• Droog gewicht	kN
• Gereduceerd nat gewicht	kN

Weerstand tegen belastingen:

• Maximale verticale belasting die een element kan weerstaan	kN/m
• Loodrechte belasting (90°) die een akoestisch element kan weerstaan (windbelasting en statische belasting)	kN/m ²
• Loodrechte belasting (90°) die een structureel element kan weerstaan (windbelasting, statische belasting en eigen gewicht):	
- Schermhoogte: 3 m	kN/m
- Schermhoogte: 4 m	kN/m
• Buigmoment dat een structureel element kan weerstaan (dynamische belasting ten gevolge van sneeuwruimen)	kNm
• Normale belasting (90°) die een akoestisch element kan weerstaan (dynamische belasting ten gevolge van sneeuwruimen)	kN / 2 m x 2 m

Geluidsabsorptie DL_{α}	dB
--	----

Geluidsisolatie DL_R	dB
--	----

Reflectie	No performance determined
------------------	---------------------------

Beschadiging door impact	Class 3
---------------------------------	---------

Verwachte duurzaamheid van de akoestische elementen:

• Wijziging van de reflectie DL_{Ri} na 5, 10, 15 en 20 jaar:	
- normale blootstellingsklasse	-3, -5, -5, -6 dB
- blootstellingsklasse 4K3	-3, -5, -6, -8 dB
• Wijziging van de geluidsisolatie DL_{Si} na 5, 10, 15 en 20 jaar:	
- normale blootstellingsklasse	0, 0, 0, -2 dB
- blootstellingsklasse 4K3	-1, -2, -2, -3 dB

Verwachte duurzaamheid van de niet-akoestische kenmerken:

• Levensduur	30 jaar
--------------	---------

Gevaarlijke bestanddelen	Arseen, Kwik < 'x' ppm
---------------------------------	------------------------

gebracht. Wat betreft de onderbouwproducten gaat het onder meer om prefab betonpalen, stalen buisprofielen en staalprofielen.

De CE-markering geldt alleen voor producten zoals deze op de markt zijn of worden gebracht en niet voor werken. Bij werken worden producten samengesteld. Dat betekent dat er geen CE-markering is voor bijvoorbeeld in het werk gestorte betonpalen, betonpoeren en andere betonelementen. En evenmin voor gelaste staalconstructies, zoals een stalen paal met opgelaste voetplaat.

Voor werken geldt dat als alle afzonderlijke producten die in de constructie zijn aangebracht CE-gecertificeerd zijn, en het werk goed wordt uitgevoerd, het geheel voldoet aan de CPD. Met deze werkwijze bestaat het risico dat de gerealiseerde constructie uiteindelijk niet zal voldoen aan de gestelde eisen voor geluidisolatie en geluidabsorptie. Bijvoorbeeld de aanwezigheid van spleten en voegen tussen stijlen en panelen kan resulteren in onvoldoende geluidsisolatie. Bij het realiseren van een geluidsscherm als een werk, dient door middel van systeemkeuring (4.5.1) in het ontwerp extra aandacht besteed te worden aan het voldoen aan geluidseisen.

Voor geluidsschermen gelden bij de CE-markering de volgende ondersteunende normen: NEN-EN-14388, NEN-EN ISO 9001, CEN/TS 1793-4, NEN-EN 14389-1 en 2, NEN-EN 1793-1 en 2, en NEN-EN 1794-1 en 2.

4.6 Duurzaamheid

Een slechte technische staat van een geluidbeperkende constructie of onvoldoende functioneren ervan plaatst de wegbeheerder voor het vraagstuk van verwijdering van de constructie. Ook ontwikkelingen in de ruimtelijke ordening die leiden tot een landschappelijke herinrichting en reconstructie van aanwezige infrastructuur kunnen het noodzakelijk maken een geluidbeperkende constructie te verwijderen.

Sloopafval vormt net als bouwafval steeds meer een belasting van het milieu. Het verwijderen van schermen en geluidswallen moet daarom zo worden uitgevoerd dat zo min mogelijk wordt bijgedragen aan de groei van de afvalberg.

! De producenten van de (onderdelen van) geluidbeperkende constructies moeten eventuele beperkingen in hergebruik van de materialen aangeven conform NEN-EN 1794-2, bijlage C.

4.6.1 Demonteren en verwijderen

Voor het verantwoord afbreken van een geluidbeperkende constructie uit het oogpunt van milieu en arbeidsomstandigheden gelden de volgende aandachtspunten:

- Een constructie moet zodanig worden ontworpen dat deze optimaal demontabel is en blijft.
- Bij het slopen van een scherm moet de noodzaak van verspanende werkzaamheden op de locatie zoveel mogelijk worden voorkomen.
- De constructie moet zo worden opgebouwd dat bij demontage hanteerbare en te transporteren modules overblijven.
- Bij het afbreken van een scherm en het afgraven van een geluidswal moet worden vermeden dat de (directe) omgeving op enigerlei wijze wordt belast door het vrijkomen van milieuschadelijke stoffen zoals zinkslijpsel, residuen van vergaan (hulp)materiaal (zoals afdichtings- en isolatiemateriaal) en verontreinigde grond.
- Bij demontage van schermen moet speciale aandacht worden geschonken aan het isolatiemateriaal en aan chemisch minder resistent materiaal.
- Tijdens het afbreken van schermen en het afgraven van geluidswallen moet er rekening mee worden gehouden dat deze constructies tijdelijk in minder stabiele toestand verkeren.
- Alle regels met betrekking tot de verkeersveiligheid moeten in acht worden genomen.
- Voorafgaande aan de demontage van schermen gebouwd vóór 1994 moet een asbestinventarisatie worden uitgevoerd.
- Voor het demonteren moet worden nagegaan of er asbest aanwezig is.

4.6.2 Hergebruik

Met betrekking tot het hergebruik van vrijgekomen materiaal van afgebroken schermen of afgegraven geluidswallen gelden de volgende aandachtspunten:

- De constructie moet zodanig worden ontworpen dat bij het juiste onderhoud ervan een optimale duurzaamheid wordt verkregen van het geheel en van de afzonderlijke delen. In dit kader wordt gewezen op hetgeen

in paragraaf 4.3 ‘Bestendigheid’ is aangegeven ten aanzien van (contact)corrosie, (herstel van) corrosiebescherming en onderlinge beïnvloeding van materialen op contactvlakken (degeneratie).

- De materialen moeten zoveel mogelijk worden afgestemd op hoogwaardig hergebruik.
- De modules van een scherm moeten afzonderlijk zoveel mogelijk van gelijksoortig, scheidingsvriendelijk materiaal worden vervaardigd. In dit opzicht is plaatmateriaal van kunststof laminaat minder gewenst (moeilijk scheidbaar, laagwaardig).
- Bij het ontwerp, de bouw en het beheer van schermen moeten voor de conservering en het herstel van een constructie zo milieuvriendelijk mogelijke middelen worden toegepast. Verder moet het materiaal zo min mogelijk gevoelig zijn voor uitloging van milieu-belastende stoffen.
- Geluidbeperkende constructies van categorie 1 en categorie 2 ‘grond’ en ‘bijzondere categorie bouwstoffen’ moeten voldoen aan de regelgeving in verband met de bodemkwaliteit.

4.7 Voorzieningen ter bescherming van vogels

- ! Bij de materiaalkeuze van geluidbeperkende constructies moet rekening worden gehouden met het vermijden van aanvliegen door vogels. Voor voorzieningen ter bescherming van vogels gelden de richtlijnen uit DWW-wijzer 104 [21].

In genoemde DWW-wijzer worden aanwijzingen gegeven over markeringen, kwaliteitseisen van transparante schermen en beplanting nabij transparante schermen in verband met vogels.

4.7.1 Markeringen

Als geluidbeperkende constructies een risico kunnen vormen voor vogels, is het raadzaam de kans op aanvliegen zo klein mogelijk te maken. Dit houdt het volgende in.

In gebieden waar de natuur richtinggevend is wat betreft bestemming en beleid worden bij voorkeur geen transparante geluidbeperkende constructies toegepast. Denk hierbij aan gebieden die behoren tot de (Provinciale) Ecologische Hoofdstructuur ((P)EHS), Vogel- en Habitatrichtlijngebieden (de zogeheten Speciale Beschermingszones) en natuureservaten.

Ook bij kruisingen van wegen met wateren die breder zijn dan 10 m, worden nieuwe geluidsschermen bij voorkeur niet transparant uitgevoerd. Indien toch gekozen wordt voor transparant materiaal, moeten markeringen worden aangebracht.

Op transparante panelen kleiner dan 30 x 30 cm is het aanbrengen van markeringen niet verplicht. De kans op vogelslachtoffers is hier zodanig laag dat markering niet nodig is.

Tot slot kan het raadzaam zijn markeringen aan te brengen op transparante geluidwerende constructies buiten de genoemde gebieden, wanneer bekend is dat hier veel vogelslachtoffers (kunnen) vallen. In dit geval geldt evenwel geen verplichting om markering aan te brengen.

4.7.2 Typen markeringen

In het verleden werden roefvogelsilhouetten toegepast om botsingen van vogels tegen transparante oppervlakken te vermijden. Deze silhouetten blijken echter niet effectief te zijn, omdat vogels de vorm niet herkennen. De transparante ruimte tussen deze markeringen is bovendien vaak te groot.

Uit onderzoek is gebleken dat een markering van verticale lijnen van 2 cm breed op 10 cm hart-op-hart van elkaar zeer effectief zijn, terwijl het scherm er voor een passerende automobilist nagenoeg transparant uitziet. Dit patroon geniet dus de voorkeur.

Ook andere patronen en kleuren kunnen werkzaam zijn, zolang de transparantie (voor vogels) voldoende doorbroken wordt. Dat biedt dus een zekere vrijheid in het ontwerp. Hierbij geldt dat minimaal 20%, gelijkmatig verdeeld over het scherm, van het transparante materiaal is afgedekt door de markering.

Hoewel er geen onderzoek beschikbaar is naar de effecten van getint transparant materiaal, is het uitgangspunt dat dit voor vogels zichtbaar is indien het voldoende donker is, en daardoor contrasteert met de omgeving. Dit betekent dat het materiaal een Lichttoetreding Absoluut (LTA) moet hebben van maximaal 50%, onafhankelijk van de kleur. Aan de Zontoetreding Absoluut (ZTA) worden geen eisen gesteld.



Voorbeeld van een effectieve markering om aanvliegen door vogels te voorkomen

Naar het oordeel van deskundigen zijn de voor vogels nadelige effecten van een spiegelend oppervlak vermoedelijk gering ten opzichte van de effecten van een transparant oppervlak. Daarom worden in dit verband geen nadere eisen gesteld aan de spiegelende eigenschappen van toegepaste transparante materialen. Als er een keuzemogelijkheid is, verdient minder spiegelend transparant materiaal evenwel de voorkeur.

4.7.3 Kwaliteitseisen in verband met markeringen

Er bestaan diverse methoden om een markering op of in het transparante materiaal aan te brengen. Het materiaal en de wijze van aanbrengen van de markeringen zijn niet gespecificeerd zolang wordt voldaan aan de volgende kwaliteitseisen:

- De markering mag de akoestische eigenschappen van het geluidsscherm niet (negatief) beïnvloeden.
- De markering moet een levensduur hebben die minstens even lang is als die van het geluidsscherm.

Met betrekking tot markeringen op glas wordt verwezen naar paragraaf 4.4.2.

4.7.4 Beplanting

Onderzoek heeft uitgewezen dat beplanting in de directe nabijheid van een transparant scherm het risico van vogelslachtoffers vergroot. De reden hiervoor is dat vogels naar de beplanting willen vliegen en het ervoor staande scherm niet (goed) zien. Beplanting bij een transparant scherm is ook onlogisch, omdat de beplanting het doorzicht verhindert, dat het scherm juist mogelijk zou moeten maken. Daarom geldt de aanbeveling transparante schermen niet met (opgaande houtige) beplanting te combineren.

4.7.5 Stand van het scherm

Vooralsnog is er geen kennis beschikbaar over effecten van de stand van het scherm op het risico voor vogels. Daarom gelden deze bepalingen zowel voor verticale als schuin geplaatste schermen.

4.8 Detaillering constructies met beplanting

Voor begroeide geluidbeperkende constructies gelden dezelfde constructieve bepalingen als voor andere geluidbeperkende constructies, voor zover toepasbaar. In deze paragraaf wordt ingegaan op de detaillering van geluidbeperkende constructies met begroeiing.

4.8.1 Beplanting

De borging van de beplanting wordt in eerste instantie bepaald door de plaats van worteling. Dat kan de bodem direct naast de basisconstructie zijn, maar ook de (stapel)constructie zelf kan voorzien zijn van wortelbedden. Ook van belang is de mate waarin de basisconstructie mogelijkheden biedt voor het ingroeien (doorvlechten), beklimmen of aanhechten van de beplanting. De basisconstructie (inclusief grondvulling, exclusief beplanting) is bepalend voor de duurzaamheid, de sterkte, de vervorming, de stabiliteit en de akoestische werking. De begroeiing kan, afhankelijk van het schermtype, bijdragen aan de borging van de vulgrond. De begroeiing heeft ook een visuele (decoratieve) en ecologische functie.

- ! Rekening houdend met de bodemgesteldheid en overige relevante groeiplaatsomstandigheden moet het constructief verband tussen de constructie en de beplanting zodanig zijn dat ook onder ongunstige omstandigheden (storm, droogte) de verkeersveiligheid door de toestand van het totaal niet in gevaar wordt gebracht.

4.8.2 Constructie

- ! Voor begroeide constructies moet rekening worden gehouden met belastingen veroorzaakt door (de schurende werking van) de beplanting en het onderhoud daaraan. De kwaliteit van de verduurzaming van de basisconstructie moet daarnaast worden afgestemd op het relatief vochtige klimaat van de begroeiing.

Voor de maattoleranties bij begroeide constructies is bepalend dat de elementen altijd goed moeten sluiten en in elkaar passen. Dit voorkomt vervorming ten gevolge van beworteling en grondtransport (uitspoeling) onder invloed van wind en water.

- ! Voor constructies die met aarde of ander (vul)materiaal zijn gevuld, is het gezien het eigen gewicht hiervan noodzakelijk om grondmechanisch advies in te winnen voor het draagvermogen van de ondergrond. Bij stapelconstructies moet niet alleen aandacht worden besteed aan

de normale constructieve eisen met betrekking tot windbelasting en vervorming, maar ook aan de eis dat elementen van de constructie niet 'losgewerkt' mogen worden.

Als taludafwerking zal een stapeling op zich stabiel zijn, maar de toegepaste taludhelling moet voldoen aan de stabiliteitscriteria die bij de ondergrond horen. Ook zullen, afhankelijk van de toe te passen materialen, voorzieningen moeten worden getroffen die het uitspoelen van grond en/of het loswerken en corroderen van eventuele verankeringen tegengaan.

- ! Ook moet rekening worden gehouden met waterverzadiging van de vulgrond, met inklinking op termijn en daardoor met grondaanvulling.

4.8.3 Aanvullende watervoorzieningen

- ! Om de beplanting van voldoende water te kunnen voorzien, moet bij relatief hoge constructies een bevoeiingsvoorziening worden aangebracht. Het systeem moet eenvoudig te vervangen zijn als voor de beplanting gedurende de gehele levensduur van de constructie bevoeiing nodig is. Verder moet aandacht worden besteed aan de kwetsbaarheid van vooral volautomatische systemen.

Gezien de vereiste betrouwbaarheid wordt afgeraden systemen toe te passen die op basis van meting van het vochtgehalte van de grond (met behulp van voelers) automatisch vocht doseren (dit betreft dus ook het toevoeren van zogenoemde zweetslangen). De capaciteit van de pomp en het aantal leidingen (waterslangen en druppeladerslangen) moeten zijn gebaseerd op de meest ongunstige omstandigheden (droogte).

- ! Conform de voorschriften van de Nederlandse waterleidingbedrijven moet tussen de pomp en de aansluiting op het (drink)waternet een buffer of terugslagklep worden geplaatst.

Voor een gelijkmatige waterafgifte is handhaving van een juiste werkdruk noodzakelijk. De doseerelementen in de druppeladerslangen moeten drukgecompenseerd functioneren om plotseling optredende drukgolven in het leidingsysteem op te vangen. De druppeladerslangen moeten in drainageleidingen worden gelegd om het uitzakken van deze aders te voorko-

men. Bij het uitzakken van deze slangen verzamelt het water zich in het laagste punt. Dit zorgt lokaal voor overvloedige vochtafgifte, wat kan leiden tot gronduitspoeling. Ook bestaat het gevaar dat water achterblijft in de aders, die hierdoor kunnen bevriezen. Bovendien bevorderen de drainageleidingen de uitwisselbaarheid van de druppeladerslangen. De uiteinden van de druppeladerslangen en de verzamelpunten van de groepsleidingen moeten zijn voorzien van eindkappen; door deze weg te nemen is het mogelijk aders en leidingen door te spoelen (bijvoorbeeld na lokale verstopping of slangbreuk).

De beplanting moet bij voorkeur gelijkmatig over de tijd worden besproeid.

! Het toegevoerde water (grondwater, oppervlaktewater, leidingwater) moet van voldoende kwaliteit zijn. Grondwater kan te veel ijzer bevatten waardoor de bevoeiingsdrains verstopt raken. Oppervlaktewater is over het algemeen te voedselrijk. Leidingwater geeft geen problemen.

4.8.4 Groeiplaatsomstandigheden

Het is uiteraard de bedoeling dat de gekozen beplanting 'aanslaat' op de groeiplaats, zich vervolgens goed ontwikkelt en uiteindelijk de toebedachte functies vervult. Hiervoor is het van groot belang dat de gekozen beplanting en de groeiplaatsomstandigheden goed op elkaar zijn afgestemd. Beide variabelen zijn te beïnvloeden. Er is een grote keuze aan beplantingssoorten voor zeer uiteenlopende groeiplaatsomstandigheden. Daarnaast zijn er diverse maatregelen mogelijk om de groeiplaatsomstandigheden geschikt te maken voor (een bepaald type) beplanting. Dit kan erg belangrijk zijn omdat juist ter plaatse van geluidbeperkende constructies de basisomstandigheden vaak niet optimaal zijn voor begroeiing.

Na aanplant kan de ontwikkeling van het groen nog aanzienlijk worden beïnvloed door beheer- en onderhoudsmaatregelen, maar wel op voorwaarde dat beplanting en groeiplaats voldoende op elkaar zijn afgestemd.

Voorafgaande aan het planten kan een bodemonderzoek uitsluitsel geven over zaken als bodemvruchtbaarheid, zuurgraad, zoutgehalte, vochtvoorziening, droogtegevoeligheid en eventuele verontreinigingen van de

bestaande bodem. Afhankelijk van de uitkomst van dit onderzoek kan worden besloten of grondverbetering nodig is.

Bodemvruchtbaarheid

De bodemvruchtbaarheid is een van de belangrijkste factoren die de groei van planten beïnvloeden.

Bodemvruchtbaarheid kan omschreven worden als 'de geschiktheid van de bodem om als groeimedium voor beplanting te fungeren'. Dit betekent dat de bodem het vermogen moet hebben om voedingsstoffen, water en zuurstof te leveren in passende hoeveelheden en verhoudingen. Uit de ervaringen met begroeide constructies is gebleken dat een zorgvuldige samenstelling van het grondmengsel van groot belang is voor het eindresultaat. Het is vaak nodig een speciaal grondmengsel in de constructie aan te brengen dat is afgestemd op de soort constructie en de soorten beplantingen. Maar ook als de beplanting direct in het maaiveld wortelt, is aandacht voor de bodemvruchtbaarheid vereist.



Bij constructies op korte afstand van de weg bestaat de groeiplaats (de wegberm) doorgaans uit een zandlichaam (de verdichte aardebaan van de weg), afgedekt met een 0,10 - 0,30 m dikke laag grond. Voor een goede groei, een stevige verankering en behoud van met name houtige gewassen gelden voor dit type groeiplaatsen de volgende eisen:

- een goed doorwortelbaar profiel tot 0,70 - 0,80 m beneden maaiveld;
- een voldoende voedselrijke bodem; hiervoor moet mogelijk een plantsleuf met grondverbetering (samenstelling voedselrijke bodem) worden toegepast;
- een gegarandeerde vochtvoorziening waarbij geen sprake is van brak of zout grondwater.

Een scherpe scheiding van bodemlagen of een verdichting in bodemlagen kan belemmerend werken voor de groei van planten. Zo kunnen bij een scherpe laag-scheiding ongewenste fluctuerende grondwaterstanden optreden en kan bij verdichte bodemlagen de indringingsweerstand te hoog zijn voor een goede doorworteling. Als er een speciaal grondmengsel moet worden aangebracht, dan moet dit uit verschillende componenten worden samengesteld naar de eisen van het gekozen plantmateriaal. Hiermee moet de bodemvruchtbaarheid zodanig geoptimaliseerd worden dat er goede voorwaarden ontstaan voor een gezonde en langdurige groei van de beplanting.

Zuurgraad

De groei van planten wordt mede bepaald door de zuurgraad van de grond. Het is daarom belangrijk na te gaan wat de zuurgraad in de bodem of het grondmengsel is en welke zuurgraad het te kiezen plantmateriaal verlangt. Voor aanpassing van de zuurgraad is grondverbetering te verkiezen boven bemesting. Bij grondverbetering is de wijziging van de zuurgraad namelijk langduriger van aard en krijgt het plantmateriaal meer kans om aan te slaan. Bij bemesting is de verbetering vaak van korte duur en is herhaling noodzakelijk.

Vocht

De droogtegevoeligheid van de beplanting en de vochtvoorziening van de bodem zijn allebei van erg grote betekenis. Dit geldt gedurende de gehele levensduur, maar vooral in de beginperiode. Op plaatsen waar een grondmengsel wordt aangebracht, is vrijwel altijd een systeem voor vochtvoorziening noodzakelijk, waarbij de blijvende werking van het systeem bijzondere aandacht vergt. In situaties waar de beplanting in het maaiveld wortelt, is dit meestal niet nodig.

Overwogen kan worden om minder droogtegevoelige soorten toe te passen. Door een aangepaste beplantingskeuze kan de noodzaak van water geven worden beperkt. Bij begroeide schermen is optimale groei van de beplanting niet nodig. Wel moet de beplanting vitaal



blijven. Als er toch sprake is van tijdelijke droogte, kan 'vochtstress' optreden. Bij herhaling hiervan zijn bladverlies en een vermindering van de groei mogelijk. Bij houtige beplanting met een regelmatig terugkerende snoei hoeft dit niet ernstig te zijn. Wel moet rekening worden gehouden met een verminderde vitaliteit, waardoor de kans op aantasting door plagen en ziekten wordt vergroot.

Wilgenschermen gedijen het best in een vochtige omgeving en zijn als droogtegevoelig aan te merken. Sommige wilgenschermen worden geplaatst in een ophoging of langs een weg die in ophoging ligt. Het blijkt dat dergelijke locaties droogtegevoelig kunnen zijn. In droge tijden moet dan extra water worden aangevoerd. Op droogtegevoelige plaatsen moet daarom bij voorkeur een andere plantensoort worden gebruikt.

Het vochtopnemend vermogen van de bodem moet groot zijn, zodat na een langere periode van droogte de bodem in staat is snel regenwater te binden. Ook het vochthoudend vermogen van de bodem moet groot zijn, zodat er een voldoende vochtvoorraad is om normale perioden van droogte in het zomerseizoen te overbruggen. Beide aspecten, vochtopnemend en vochthoudend vermogen, zijn met name afhankelijk van de bodemsamenstelling. Naarmate zand meer humus of klei bevat, is het vermogen om vocht vast te houden groter. Ondanks het feit dat het wateropnemend vermogen van humus ongeveer vier keer zo groot is als dat van klei, wordt toepassing van grond met een hoog humusgehalte afgeraden. Na een periode van grote droogte vertonen zowel veengrond als zware klei onomkeerbare verschijnselen van indroging. Het vochtopnemend vermogen van de bodem is dan sterk afgenomen.

Zout

Verschillende planten die in geluidbeperkende constructies kunnen worden toegepast, zijn gevoelig voor zout. Opspattend dooiwater is de belangrijkste zoutbron. Daarom is de afstand van de constructie tot de weg van belang. Wanneer beplanting in het maaiveld wortelt, is het bijna altijd mogelijk een grindkoffer tussen de weg en de constructie toe te passen; hierdoor wordt de zoutbelasting van de beplanting geminimaliseerd.

Ruimte

Planten hebben ruimte nodig om tot ontwikkeling te komen. Is deze ruimte beperkt, dan ontstaat een onderlinge strijd om voedsel, water en licht. In dat geval is er sprake van wortel-, vocht- en lichtconcurrentie. Naarmate de plantafstand kleiner is, neemt de concurrentie en daarmee de sterfte toe. Waarschijnlijk is vochttekort in de aanlegfase de voornaamste reden waarom plantmateriaal niet goed wil gaan groeien. Pas in een later stadium gaat lichtconcurrentie een rol spelen. Concurrentie tussen planten kan worden tegengegaan door het aantal planten per strekkende meter beperkt te houden.

4.8.5 Mechanische beschadigingen

Bij begroeide schermen kan zowel beschadiging plaatsvinden van de beplanting als van de ondersteuningsconstructie voor de beplanting.

Bij beplanting in kooiconstructies kunnen planten elkaar onderling beschadigen wanneer zij te dicht tegen elkaar aan staan. Ook kunnen planten tegen de stalen onderdelen van de kooiconstructies schuren en daardoor bijvoorbeeld de corrosiehuide van de cortenstalen onderdelen aantasten.

Verder kunnen de metalen bandjes waarmee bleeslatten aan het staal worden bevestigd al na enkele groeiseizoenen zijn doorgeroest of gebroken. Als gevolg van het wegvallen van de bleeslatten neemt het risico van uitbuigende en schurende beplanting toe, met name bij veel wind. Bleeslatten moeten daarom ter voorkoming van beschadigingen van beplanting en constructie goed aan de constructie worden vastgemaakt en op tijd worden vervangen.

4.8.6 Ziekten en plagen

Ziekten treden met name op waar een eenzijdig sortiment is toegepast (monocultuur). Hiernaast is er kans op ziekten en plagen wanneer de beplanting zwak is en moeilijk tot groei komt, bijvoorbeeld als gevolg van een gebrek aan vocht of door sterke wortelconcurrentie. De ziekten en plagen worden doorgaans veroorzaakt door schimmels en insecten.

4.8.7 Windgevoeligheid

Schade door wind kan bijvoorbeeld zijn: scheefgroei, bladval, schuurschade, takbreuk of windworp (omvallen

van bomen). In hoeverre schade door wind voorkomt, is uiteraard afhankelijk van het plantmateriaal, de soort constructie en de windkracht. Als de constructies dicht bij de weg staan kan ook turbulentie, veroorzaakt door het wegverkeer, van invloed zijn op de beplanting. Dit kan vooral in de beginperiode het geval zijn, wanneer de beplanting kwetsbaar is omdat ze dan nog onvoldoende wortels heeft gevormd. Wanneer beplanting een zekere omvang heeft en grotendeels buiten de constructie ‘hangt’ kan de wind er gemakkelijker vat op krijgen. Dit betekent dat, zeker bij geluidbeperkende constructies die dicht tegen de verharding staan, de bevestiging van de beplanting aan de constructie essentieel is en dat er regelmatig gesnoeid moet worden.

4.8.8 Luchtverontreiniging

Aangezien geluidbeperkende constructies dicht bij wegen staan, kan de luchtverontreiniging effecten hebben op de toegepaste plantensoorten. Het is aannemelijk dat het plantmateriaal langs wegen aan een hogere luchtverontreiniging wordt blootgesteld dan op een optimale groeiplaats. De invloed van luchtverontreiniging op beplanting is onder meer afhankelijk van: de afstand ten opzichte van de weg; de overheersende windrichting; de intensiteit, samenstelling en snelheid van het verkeer; en de gevoeligheid van de soort beplanting.

4.8.9 Soortenkeuze

Zoals vermeld functioneren monoculturen meestal minder goed vanwege hun relatieve gevoeligheid voor ziekten en plagen. Een gevarieerd assortiment planten heeft daarom de voorkeur. Toepassing van inheemse soorten heeft over het algemeen een hogere landschapsecologische waarde dan gebruik van exotische soorten. In een landelijke omgeving past het gebruik van exoten ook minder goed dan in een stedelijke omgeving.

Op basis van wat hiervoor aan de orde is geweest, zijn aan de keuze van de toe te passen beplanting de volgende eisen te stellen:

- De beplanting moet blootstelling aan dooizout en een zekere toename van het zoutgehalte in de bodem kunnen verdragen.
- De waterbehoefte moet zo laag mogelijk zijn.
- Het plantmateriaal moet weinig gevoelig zijn voor luchtverontreiniging in de vorm van uitlaatgassen.

- Beplanting aan de zonkant moet sterke verhitting en grote temperatuurschommelingen kunnen verdragen.
- Afhankelijk van de expositie van de constructie en de aanwezigheid van andere beplanting, moet de beplanting meer of minder schaduw kunnen verdragen.
- Het plantmateriaal moet tegen een grote winddruk en tegen luchtturbulentie bestand zijn.
- Het plantmateriaal moet bij voorkeur geen generfde of behaarde bladeren hebben, omdat hierop meer stof wordt afgezet dan op gladde bladeren.
- Het loof mag niet te snel beschadigd raken als gevolg van de winddruk van auto's.
- Het plantmateriaal moet weinig ziektegevoelig zijn.
- De beplanting moet regelmatige snoei goed verdragen.

4.9 Geluidswallen

Geluidswallen zijn trapeziumvormige gewichtsconstructies die bestaan uit een kern van zand, grond of steenachtige materialen, afgedekt met een laag grond waarop begroeiing mogelijk is. Voor de kern en voor de afdekking die op de taluds en de kruin wordt aangebracht, worden specifieke eisen gesteld aan de kwaliteit en de samenstelling van de materialen. Afhankelijk van de grondmechanische kwaliteit ter plekke kan de onderkant van de geluidswal direct op het maaiveld worden aangebracht of op een vooraf aangebrachte grondverbetering. Geluidswallen onderscheiden zich van geluidbeperkende schermen en stapelconstructies door hun hoge eigen gewicht. Door het gewicht van de ophoging vindt samendrukking van de ondergrond plaats. Bij het ontwerpen van de fundering ligt de nadruk dan ook op de verticale vervorming. De windbelasting speelt in het ontwerpen van geluidswallen geen rol.

4.9.1 Vorm

De vormgeving van geluidswallen wordt, behalve door economische en esthetische eisen, voor een belangrijk deel bepaald door de mogelijkheid tot gemakkelijk onderhoud. Dit laatste stelt eisen aan de taludhelling, inclusief de toe te passen begroeiing, en de breedte en de afwerking van de kruin.

 Over het algemeen wordt ernaar gestreefd taluds met een grasachtige begroeiing niet steiler te maken dan 1:2.



Met speciale apparatuur is mechanisch onderhoud bij steilere taludhellingen mogelijk, maar het onderhoud is dan moeilijker en duurder.

- ☞ Voor effectief onderhoud is het wenselijk om voor de breedte van de kruin indien mogelijk minimaal 1 m aan te houden.

De kruin kan op dezelfde wijze worden afgewerkt als de taluds.

- ☞ Als een geluidswal in combinatie met een geluidbeperkend scherm wordt toegepast, is het verstandig om in verband met het onderhoud, indien mogelijk, een kruin van 2 m breedte toe te passen met daarop een steenachtige afwerking.

4.9.2 Inrichting

Geluidswallen wijken door hun opbouw en samenstelling vaak af van de omgeving en kunnen daardoor een interessante ecologische meerwaarde toevoegen. Door de grote verschillen in expositie en de geringe toevoer van grondwater kunnen er op kleine schaal verschillende biotopen ontstaan, waardoor de verscheidenheid aan planten en dieren langs de weg kan toenemen.

Een geluidswal is een kunstmatige ophoging. De vocht-huishouding, in ieder geval boven op de wal, is vaak minder geschikt voor veel bomen en struiken. Het grondwater reikt over het algemeen niet tot in het bovenste deel van de wal. De vegetatie is daardoor afhankelijk van het door neerslag gevoede hangwater.

Schrale kruidachtige vegetaties kunnen zich hier goed ontwikkelen. Als niet wordt uitgegaan van begroeiing die bestand is tegen droogte, zal bij de keuze van de afwerklaag rekening moeten worden gehouden met het vermogen van de grondsoort om vocht vast te houden. Voor het goed aanslaan van boomsoorten is grond met een betrekkelijk hoge klei-, humus- of leemfractie in een laag van minstens 1 m noodzakelijk. Bij grond met een hoge kleifraction moet erop worden gelet dat het humusgehalte niet groot is. Een grondsoort met klei én humus (een zogenaamd klei-humuscomplex) bindt water namelijk zo sterk dat dit maar moeilijk vrijkomt voor de beplanting.

- ☞ Beplanting hoeft niet te worden aangebracht omdat deze geen geluidbeperkende functie heeft. Vanuit ecologische overwegingen is spontane vegetatieontwikkeling op (een deel van) de geluidswal wenselijk. Verder is een goede begroeiing dringend gewenst om erosie tegen te gaan. Hiertoe kan een B3-grasmengsel (35 kg/ha) worden ingezaaid.

4.9.3 Zettingen

Bij het dimensioneren van een geluidswal kunnen twee situaties worden onderscheiden, te weten:

- de geluidswal wordt aangebracht naast een bestaande weg;
- de geluidswal is integraal onderdeel van de aardebaan van de weg.

- ! Als de geluidswal deel uitmaakt van de aardebaan van de weg, moet bij het ontwerp van het dwarsprofiel van de weg rekening worden gehouden met mogelijke zettingen van de weg ten gevolge van de geluidswal.

4.9.4 Samenstelling en afwerking

Een geluidswal is opgebouwd uit een kern bestaande uit zand, grond of steenachtige materialen (waaronder puin) en een taludafdekking met grond of bestrating.

- ! Zand en klei moeten voldoen aan de eisen uit de Standaard RAW Bepalingen [22].

- ⚙ Voor zand geldt de eis van 'zand in aanvulling of ophoging'.

De eisen aan de samenstelling van de grond zijn afhankelijk van het gebruiksdoel, te weten de kern of de afdekking van de taluds. In het laatste geval speelt de aard van de aan te brengen begroeiing een belangrijke rol. Algemeen kan worden gesteld dat grasbegroeiing geen hoogwaardige grond als voedingsbodem nodig heeft. Het toepassen van uitsluitend veengrond als taludbekleding is niet veilig. Deze grondsoort droogt namelijk snel uit, waarbij potentieel brandgevaar ontstaat.

4.9.5 Hemelwaterafvoer

- ! De hemelwaterafvoer moet zodanig worden ingericht dat de geluidswal in stand blijft en er dus geen lokale uitspoeling plaatsvindt.
- ⚙ Zo nodig kan aan de voet van het talud van een geluidswal (aan de wegkant) een drainagesysteem worden aangebracht. Hierin moet op regelmatige afstanden de mogelijkheid aanwezig zijn om afstromend water af te voeren naar de voorzieningen voor de waterhuishouding van de weg. Een dergelijke voorziening is niet nodig als kan worden aangetoond dat het regenwater voldoende in de berm kan infiltreren.

4.9.6 Milieuhygiënische regels

De kern van een geluidswal kan zijn opgebouwd uit grond, zand of steenachtige bouwstoffen. In veel gevallen worden bij voorkeur secundaire bouwstoffen toegepast. De toepassing van deze bouwstoffen in of op de bodem is gebonden aan regelgeving in verband met de bodemkwaliteit.

5 Beheer en onderhoud

De levensduur van geluidbeperkende constructies wordt in hoge mate bepaald door de aard en de kwaliteit van de gebruikte materialen, de constructie en (waar van toepassing) de corrosiebescherming. Daarnaast geldt dat een goed onderhouden scherm bijdraagt aan de sociale veiligheid van de directe omgeving aan de bewonerszijde. Voor het beheer en onderhoud zijn in dit hoofdstuk functionele en minimale esthetische eisen geformuleerd.

5.1.1 Reiniging

- ❗ Toegepaste reinigingsmiddelen mogen niet de constructie en eventuele beplanting aantasten en het milieu verontreinigen.

Graffiti is een visuele verontreiniging; de eigenaar beoordeelt de toelaatbaarheid hiervan.

- 🔧 Als onderhoudsmaatregel wordt op geluidsschermen wel een antigraffiti-coating aangebracht, tot een hoogte van 2,50 m. Bij transparante schermen kunnen eisen worden gesteld aan de transparantie van deze coating op korte en langere termijn; dit om de transparantie van het scherm niet nadelig te beïnvloeden.

5.1.2 Verantwoordelijkheid

- ❗ Voorafgaand aan de aanleg van een geluidbeperkende constructie moet worden vastgesteld wie verantwoordelijk is voor het beheer en het onderhoud hiervan.

Als er niets is geregeld, wordt de kadastrale eigenaar van de grond automatisch de juridische eigenaar van het bouwwerk. Dit hoeft niet te betekenen dat de juridische eigenaar ook de economische eigenaar wordt.

- ❗ Tevens moet worden vastgesteld hoe het beheer en het onderhoud geschieden en voor wiens rekening.

- 🔧 Een beheer- en onderhoudsplan kan bijdragen aan verlenging van de levensduur van een constructie. In een dergelijk plan moeten, naast onder meer de inspectiefrequentie, ook de eventuele onderhoudsaanwijzingen van de leverancier zijn opgenomen. Ook moet worden aangegeven onder welke voorwaarden tijdelijke gaten in de geluidwerende constructie acceptabel zijn. Tijdelijke gaten kunnen ontstaan door calamiteiten of vervanging van schermonderdelen.

Als het onderhoud niet wordt uitgevoerd volgens het beheer- en onderhoudsplan, zijn de eventuele gevolgen daarvan voor de eigenaar van de voorziening

5.1.3 Beheer en onderhoud begroeide schermen

Het beheer en het onderhoud bij begroeide schermen zijn vanwege de aanwezigheid van beplanting voor een deel anders dan bij standaardconstructies.





Voor de bereikbaarheid bij het onderhoud aan een groen scherm wordt bij voorkeur aan weerszijden een werkruimte van 1,5 m gereserveerd, in overleg met de toekomstige beheerder van het scherm.

Ter plaatse moet de bodem voldoende vlak en draagkrachtig zijn met het oog op gebruik van (mobiele) onderhoudsapparatuur.

Voor doelmatig en gestructureerd onderhoud moet in overleg met de leverancier van de beplanting een beheerplan worden opgesteld. Hierin moeten in hoofdlijnen de beheerwerkzaamheden zijn aangegeven, dat de vereiste levensduur van de constructie en de beplanting is verzekerd.

In het beheerplan kunnen de volgende zaken worden opgenomen:

- Het bevoeiingssysteem moet jaarlijks bij het ingaan van de winter worden afgetapt en na de winter opnieuw worden gevuld en ingeregeld. Hierbij moeten ook de diverse systeemonderdelen op hun werking worden gecontroleerd (voor zover dit relevant is).
- Periodiek snoeien van de beplanting (binnen het gewenste dwarsprofiel van het scherm als geheel) is nodig, vooral bij schermen dicht langs de weg. Dit voorkomt dat de wind het onderlinge verband in de

begroeiing en de borging tussen begroeiing en scherm via uitwaaiende takken te veel belast. Ook beplanting die (incidenteel) boven het scherm uitgroeit en waarvan het gebladerte niet goed aansluit op het eigenlijke basisscherm, moet worden gesnoeid.

- De stormvastheid van het scherm moet worden geïnspecteerd.
- De invloed van de beplanting (vochtigheid) op de conservering van de constructie vraagt extra aandacht. Bij inwendig aangebrachte cortenstaalplaten moeten deze regelmatig worden gecontroleerd op plaatsen die langdurig vochtig blijven. Dit om doorroesten van deze plekken vóór te zijn. Ook moet het scherm gecontroleerd worden op mechanische schade door de beplanting, zoals aantasting van de conservering door schuring en schadelijke werking van wortels in naden van de constructie. Verder moet geïnspecteerd worden op beschadiging van het scherm ten gevolge van (mechanisch) onderhoud van de beplanting.
- Bij ziekte- en plaagbestrijding moet de conservering van het basisscherm worden gecontroleerd op de mogelijke agressieve inwerking van bestrijdingsmiddelen.
- Bladafval moet in het najaar op tijd worden verwijderd. Dit is nodig om slipgevaar te voorkomen, om het draineringsvermogen van de bodem of van het weg-

dek nabij het scherm te behouden en om verstopping van een eventueel aanwezige afwateringsspleet tegen te gaan.

- De zichtbaarheid en de toegankelijkheid van vluchtsluizen en -corridors moeten regelmatig worden geïnspecteerd. Het betreft het onderhoud van de vluchtwegaanwijzingen voor zover deze op of direct nabij het scherm zijn aangebracht. Eventueel overwoekerende begroeiing moet worden gesnoeid.
- Het onderhoud aan de beplanting omvat het inboeten (vervangen van afgestorven beplanting), het snoeien of het terugzetten van beplanting, het verwijderen van niet gewenste planten en (eventueel) het water en mest geven.
- Er moet worden gecontroleerd of het percentage afgestorven beplanting beneden 50% blijft. Hiervoor is dus ook regelmatige controle van de werking van het bevoeiingssysteem van belang.
- Chemische bestrijdingsmiddelen moeten op begroeide geluidbeperkende constructies bij voorkeur niet en anders zo min mogelijk worden toegepast uit oogpunt van milieu. Eventuele toepassing moet in ieder geval in overleg met de beheerder plaatsvinden.

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

Literatuur en websites

Nummers tussen vierkante haken in de tekst – bijvoorbeeld [1] – verwijzen naar de nummers in onderstaande literatuurlijst.

Literatuur

- 1 Ontwerpvoorschrift Geluidbeperkende constructies bij spoorwegen. Documentnummer OVS00058. Utrecht, ProRail, 2005
- 2 Geluidsschermen langs het spoor. Visie op de vormgeving als handreiking voor ontwerpers. Utrecht, ProRail, februari 2010
- 3 Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 (bijlage III). Nr. LMV 2006 332519. Den Haag, ministerie van VROM, december 2006
- 4 Richtlijnen geluidsschermen langs autowegen. DWW-2003-086. Delft, RWS-DWW, 2003
- 5 Softwareprogramma Overhel. DWW-2003-087. Delft, RWS-DWW, 2003
- 6 Toepassingsadvies Schermen ter verbetering van de luchtkwaliteit. Rapport IPL-1b. Delft, RWS-DWW, november 2009
- 7 Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit. Nr. LMV 2007.109578. Den Haag, ministerie van VROM, november 2007
- 8 Toepassingsadvies Modulaire Geluidsschermen. DWW-2006-38. Delft, RWS-DWW, 2006
- 9 Handboek Wegontwerp – Stroomwegen. CROW-publicatie 164b. Ede, CROW, 2002
- 10 Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen. CROW-publicatie 164c. Ede, CROW, 2002
- 11 'Botsveiligheid geluidsschermen'. Raad voor de Transportveiligheid, november 2004
- 12 Handboek Veilige inrichting van bermen – Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom. CROW-publicatie 202. Ede, CROW, 2004
- 13 Lichthinder van geluidsschermen: Fase 3 Verdere ontwikkeling model, ing. J.W.A.M. Alferdinck & dr. M.H. Martens, TNO-DV 2009 C603R, mei 2010
- 14 Richtlijn taludtrappen in de baan RLN00251. Utrecht, ProRail
- 15 Wind loads on noise barriers. TNO-rapport 2006-D-R0010. Delft, TNO, 21 maart 2006
- 16 Achtergronden van de windbelasting volgens NEN 6702, bijlage A. TNO-Bouw rapport B-90-483. Delft, TNO-Bouw
- 17 Damwandconstructies. CUR-rapport 166. Gouda, CUR, 2005
- 18 Ontwerpregels voor trekpalen. CUR-rapport 2001-4. Gouda, CUR, 2001
- 19 Het voegen van metselwerk. CUR-Aanbeveling 61. Gouda, CUR, 1997
- 20 De kwaliteit van voegen van metselwerk. SBR-publicatie 299. Rotterdam, SBR, 1998
- 21 Minder vogelslachtoffers door markeringen op transparante geluidsschermen. DWW-wijzer nummer 104. Delft, RWS-DWW, 2004.
- 22 Standaard RAW Bepalingen 2010. CROW-publicatie 470. Ede, CROW, 2010
- 23 Handleiding Akoestisch Onderzoek Wegverkeer. DVS-2007-010. Delft, RWS-DVS, 2009
- 24 Nieuwe ontwerprichtlijn Autosnelwegen. Rotterdam, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2007

Websites

www.stillerverkeer.nl

Bijlage I Begrippen

Geluidbeperkende constructie

Voorziening tussen een weg en een gebied om te voorkomen dat het van de weg afkomstige geluid het gebied in volle omvang bereikt. De volgende hoofdvormen worden onderscheiden:

- *Geluidswal*
Constructie bestaande uit een kern van zand of een ander vulmateriaal, afgedekt met een laag grond waarop begroeiing mogelijk is.
- *Geluidsscherm*
Veelal wandvormige constructie bestaande uit constructie-elementen, zoals stijlen en regels, waartussen geluidbeperkende elementen zijn aangebracht.
- *Stapelconstructie*
Constructie die is samengesteld uit gestapelde elementen waartussen of waarin grond of een ander vulmateriaal is aangebracht, en waarop begroeiing mogelijk is.

Geluidsabsorptie

Mate waarin de energie van de op een oppervlak invallende geluidsgolven wordt omgezet in warmte. De mate van geluidsabsorptie wordt uitgedrukt met de absorptiecoëfficiënt. Deze is afhankelijk van de frequentie van het geluid en heeft een waarde tussen 0 (geen absorptie; al het geluid wordt gereflecteerd) en 1 (volledige absorptie; er wordt geen geluid gereflecteerd).

Geluidsisolatie

Mate waarin het geluid door een constructie wordt tegengehouden.

Isolatiewaarde

Verskil tussen het geluidsniveau van het op een constructie 'invallende geluid' en het door de constructie 'doorgelaten geluid'.

Milieueffectrapport (MER)

Rapport waarin de resultaten van de milieueffectrapportage zijn weergegeven.

Milieueffectrapportage (m.e.r.)

Onderzoek naar de effecten van beleidsvoornemens op het milieu.

Reken- en Meetvoorschrift

In deze publicatie: het 'Reken- en Meetvoorschrift Geluidhinder 2006' [3].

Bijlage II Afkortingen

BKP

Beeldkwaliteitsplan

CAD

Calamiteitendoorsteek in geleiderail

CROW

Nationaal kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte

dB

Decibel: logaritmische schaal om geluidsniveaus mee aan te duiden.

dB(A)

Decibel, maar dan gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijk oor, die voor de verschillende frequenties van het geluid niet gelijk is.

DL_α

Geluidsniveaureductie door isolatie voor geluid van wegverkeer, die moet worden bepaald conform NEN-EN 1793-2.

DL_R

Geluidsniveaureductie door absorptie in dB voor het geluid van wegverkeer, die moet worden bepaald conform NEN-EN 1793-1.

DVS

Dienst Verkeer en Scheepvaart Rijkswaterstaat

EHS

Ecologische Hoofdstructuur

GCW

Geluidbeperkende Constructies langs Wegen

IPG

Innovatieprogramma Geluid

IPL

Innovatieprogramma Luchtkwaliteit

MER

Milieueffectrapport

m.e.r.

Milieueffectrapportage

MGS

Modulaire Geluidsschermen Rijkswaterstaat

NO₂

Stikstofdioxide, een giftig gas dat ontstaat bij verbrandingsprocessen

OTB

Ontwerp-tracébesluit

OVS

Ontwerpvoorschriften ProRail

PC

Polycarbonaat

PM₁₀

Zwevende, inhaleerbare deeltjes ('Particulate Matter') met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 micrometer

PMMA

Polymethyl-methacrylaat (plexiglas)

PVR

Profiel van vrije ruimte

RBL

Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit

RMV

Reken- en Meetvoorschrift Geluidhinder 2006

RWS

Rijkswaterstaat

TAG

Thematische Aanpak Geluidbeperkende constructies

TB

Tracébesluit

VRA

Visueel-Ruimtelijke Analyse

Bijlage III Overzicht normen

Tabel 18. Overzicht van de in deze publicatie opgenomen algemene en materiaal (NEN- en NEN-EN) normen. Met de aanduiding NEN-EN wordt bedoeld de Europese normen samen met de Nationale Bijlage en eventuele wijzigingsbladen.

Algemeen	NEN	NEN-EN
Algemeen	6702 (ingetrokken)	1990
Belastingen	NEN	NEN-EN
Eigen gewicht	6702 (ingetrokken)	1991
Gronddruk	6740 (ingetrokken)	1997-1
Wind	6702 (ingetrokken)	1991-1-4
Stuwdruk	6706 (ingetrokken)	1991-2
Aanrijdingen	6706 (ingetrokken)	1991-1-7 / 1991-2
Betonconstructies	NEN	NEN-EN
Algemeen	6720 (ingetrokken)	1992-1-1
Staalconstructies	NEN	NEN-EN
Algemeen	6770 (ingetrokken)	1993-1-1
Staalsoorten	NEN-EN 10025 / NEN-EN 10113	10025 / 10113
Sterkte en stabiliteit	6770 / 6771 (ingetrokken)	1993-1-6
Verbindingen	6772 (ingetrokken)	1993-1-8
Vermoeiing	2063	1993-1-9
Houtconstructies	NEN	NEN-EN
Algemeen	6760 / 6761 (ingetrokken)	1995-1-1
Aluminium	NEN	NEN-EN
Algemeen	6710 / 6761 (ingetrokken)	1999-1-1
Vermoeiing		1999-1-3
PMMA	NEN-EN-ISO	
Algemeen	8257-1	Materiaalspecificaties
Afmetingen en eigenschappen	7823-1	Eigenschappen gegoten platen
Afmetingen en eigenschappen	7823-2	Eigenschappen geëxtrudeerde platen
Afmetingen en eigenschappen	7823-3	Eigenschappen continu gegoten platen
PC	NEN-EN-ISO	
Algemeen	7391-1	Materiaalspecificaties
Afmetingen en eigenschappen	11963	Eigenschappen van platen

Tabel 19. Europese normen met betrekking tot geluid

NEN-EN	Omschrijving
14388	Verkeersgeluidbeperkende constructies – Specificaties
1793-1	Geluidbeperkende constructies langs wegen – Beproevingsmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 1: Intrinsieke waarden voor de geluidabsorptie
1793-2	Geluidbeperkende constructies langs wegen – Beproevingsmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 2: Intrinsieke waarden voor de geluidisolatie
1793-3	Geluidbeperkende constructies langs wegen – Beproevingsmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 3: Standaard-geluidsspectrum voor wegverkeer
NPR-CEN/TS 1793-4	Verkeersgeluidbeperkende constructies – Beproevingsmethoden voor de bepaling van de akoestische prestatie – Deel 4: Intrinsieke karakteristieken – In-situwaarden van de geluids-diffractie
NPR-CEN/TS 1793-5:2003	Verkeersgeluidbeperkende constructies – Beproevingsmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 5: Intrinsieke eigenschappen – In-situwaarden voor geluidreflectie en luchtgeluidisolatie
NEN-EN 1794	Geluidbeperkende constructies langs wegen – Niet-akoestische eigenschappen. Deel 1: Mechanische prestaties (Steeninslag) en stabiliteitseisen. Deel 2: Algemene veiligheids- en milieueisen (vrijkomen giftige stoffen bij brand). Deel 3: Standaard-geluidsspectrum voor wegverkeer. Deel 5: bepaling isolatiewaarde
13501-1	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen – Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag

Tabel 20. Overige normen en publicaties die in deze publicatie zijn genoemd

Norm	Omschrijving
DIN 1725, Teil 1	Aluminiumlegeringen
DIN 52305/AZ	Polycarbonaat
EN 1991-1-4	Eurocode 1 Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting, ICS 91.010.30, april 2005
ISO 12944-2	Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments
NEN 2608	Vlakglas voor gebouwen – Weerstand tegen windbelasting – Eisen en bepalingsmethode
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte
NEN 5466	Kwaliteitseisen voor hout (KVH 2010) – Op uiterlijke kenmerken gesorteerd Europees naaldhout
NEN 6065	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van bouw materiaal (combinaties)
NEN 6066	Bepaling van de rookproductie bij brand van bouw materiaal (combinaties)
NEN 6088	Brandveiligheid van gebouwen – Vluchtwegaanduiding – Eigenschappen en bepalingsmethoden
NEN-EN 314	Triplex – Kwaliteit van de lijmverbinding – Deel 1: Beproevingsmethoden. Deel 2: Eisen
NEN-EN 315	Triplex – Toelaatbare maatafwijkingen
NEN-EN 335-3	Duurzaamheid van hout en op hout gebaseerde producten – Definitie van risicoklassen voor biologische aantasting – Deel 3: Toepassing bij op hout gebaseerde plaatmaterialen

Tabel 20. Overige normen en publicaties die in deze publicatie zijn genoemd (vervolg)

Norm	Omschrijving
NEN-EN 350	Duurzaamheid van hout en op hout gebaseerde producten – Natuurlijke duurzaamheid van massief hout – Deel 1: Richtlijn voor de principes van het beproeven en het classificeren van de natuurlijke duurzaamheid van hout. Deel 2: Richtlijn voor de natuurlijke duurzaamheid en behandelbaarheid van geselecteerde, voor Europa belangrijke houtsoorten
NEN-EN 386	Gelijmd gelamineerd hout – Prestatie-eisen en minimale eisen voor de vervaardiging
NEN-EN 390	Gelijmd gelamineerd hout – Afmetingen – Toelaatbare maatafwijkingen
NEN-EN 391	Gelijmd gelamineerd hout – Beproeving van de delaminatie van lijmvoegen
NEN-EN 392	Gelijmd gelamineerd hout – Beproeving van lijmvoegen op afschuiving
NEN-EN 408	Houtconstructies – Hout voor houtconstructies en gelijmd gelamineerd hout – Bepaling van een enkele fysische en mechanische eigenschappen
NEN-EN 635-1	Triplex – Classificatie door beoordeling van het uiterlijk van het oppervlak – Deel 1: Algemeen
NEN-EN 635-2:1995	Triplex – Classificatie door beoordeling van het uiterlijk van het oppervlak – Deel 2: Loofhout
NEN-EN 635-3:1995	Triplex – Classificatie door beoordeling van het uiterlijk van het oppervlak – Deel 3: Naaldhout
NEN-EN 636	Triplex – Specificaties
NEN-EN 771-1	Specificaties voor metselstenen – Deel 1 Baksteen
NEN-EN 1317	Afschermdende constructies voor wegen – Delen 1 t/m 3, 5 en 6
NEN-EN 1863-1:2000	Glas voor gebouwen – Thermisch versterkt natronkalkglas – Deel 1: Definitie en beschrijving
NEN-EN 1993-1-9:2006/ NB:2011 nl	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-9 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-9: Vermoeiing
NEN-EN 1993-1-9	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-9: Vermoeiing
NEN-EN 1993-5: 2008 en	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 5: Palen en damwanden
NEN-EN 10025-1:2004	Warmgewalste producten van ongelegeerd constructiestaal. Deel 1: Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10025-2:2004.	Warmgewalste producten van constructiestaal. Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd constructiestaal
NEN-EN 10025-3:2004.	Warmgewalste producten van constructiestaal. Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor normaalgegleeid/normaliserend gewalst fijnkorrelig constructiestaal
NEN-EN 10025-4:2004.	Warmgewalste producten van constructiestaal. Deel 4: Technische leveringsvoorwaarden voor lasbaar thermomechanisch gewalste korrelige constructiestaal
NEN-EN 10025-5:2004	Warmgewalste producten van constructiestaal. Deel 5: Technische leveringsvoorwaarden van weervast constructiestaal
NEN-EN 10025-6:2004 +A1:2009 en	Warmgewalste producten van constructiestaal. Deel 6: Technische leveringsvoorwaarden voor platte producten van constructiestaal met hoge vloeigrens in veredelde conditie
NEN-EN 10088-1:2005	Roestvaste staalsoorten – Deel 1: Lijst van roestvaste staalsoorten
NEN-EN 10088-2:2005	Roestvaste staalsoorten – Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor plaat en band van corrosievaste staalsoorten voor algemeen gebruik

Tabel 20. Overige normen en publicaties die in deze publicatie zijn genoemd (vervolg)

Norm	Omschrijving
NEN-EN 10088-3:2005	Roestvaste staalsoorten – Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor half-producten, staven, draad, walsdraad, profielen en blanke producten van corrosie-vaste staalsoorten voor algemeen gebruik
NEN-EN 10346:2009 en	Continu-dompelbeklede platte staalproducten – Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 13501-1	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen
NEN-EN 14388	Verkeersgeluidbeperkende constructies: Specificaties
NEN-EN 10210-1:2006 nl	Warmvervaardigde buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig staalsoorten – Deel 1: Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10210-2:2006 nl	Warmvervaardigde buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerde en fijnkorrelige staalsoorten – Deel 2: Toleranties, afmetingen en profieleigenschappen
NEN-EN-ISO 11963:1995 en	Kunststoffen – Polycarbonaatplaten – Typen, afmetingen en eigenschappen
NEN-EN-ISO 7823-1: 2003 en	Kunststoffen – Poly(methylmethacrylaat) platen – Typen, afmetingen en eigenschappen – Deel 1: Gegoten platen
NEN-EN-ISO 7823-2: 2003 en	Kunststoffen – Polymethylmethacrylaatplaten – Typen, afmetingen en eigenschappen – Deel 2: Geëxtrudeerde platen
ISO 3934	Gevulcaniseerde en thermoplastische rubber – Vorgevormde pakkingen gebruikt in gebouwen – Classificatie, specificaties en beproevingsmethoden
ISO 5892	Rubber building gaskets – Materials for preformed solid vulcanized structural gaskets – Specification
NOA	Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, versie 1, januari 2007
NEN-EN 387: 2001 en	Gelijmd gelamineerd hout – Grote vingerlassen – Prestatie-eisen en minimale eisen voor de vervaardiging
NPR-CEN/TS 1099:2007 en	Triplex – Biologische duurzaamheid – Leidraad voor de beoordeling van triplex voor toepassing in verschillende gebruiksklassen
SPC00238	ProRail, Productspecificatie 'Geluidsschermen'

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

Relevante CROW-uitgaven

Hieronder vindt u een overzicht van CROW-uitgaven die direct of indirect een relatie hebben met deze publicatie. De uitgaven kunt u via de webshop bij CROW bestellen. Actuele verkoopprijzen staan op www.crow.nl/shop. Daar treft u ook informatie aan van alle andere producten die CROW uitgeeft op het gebied van infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte.

Publicaties

289	Handboek specificeren	2011
287	Stille wegdekken	2010
239	Karakteriseren van dunne asfaltdekken	2007
229	Leidraad aanbesteden van geïntegreerde contracten	2006
218a	Wegen naar een schonere lucht	2005
215	Handboek lichtmasten	2005
213	Handboek verkeerslichtenregelingen	2006
202	Handboek Veilige inrichting van bermen – Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom	2004
200	De methode C_{wegdek} 2002 voor wegverkeersgeluid	2004
165	Hulpdiensten snel op weg	2002
164a	Handboek Wegontwerp – Basiscriteria	2002
164b	Handboek Wegontwerp – Stroomwegen	2002
164c	Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen	2002
164d	Handboek Wegontwerp – Erftoegangswegen	2002

Overigen

720	ASVV 2004, Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom	2004
470	Standaard RAW Bepalingen 2010	2010

© CROW
Drukversie beschikbaar
na 15 maart 2012

Colofon

‘Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen – GCW-2012’

Uitgave: CROW, Ede
Artikelnummer: 298
Tekst: ir. D.M. Alsem, Royal Haskoning
Eindredactie: Rik de Groot, Herwijnen
Fotografie: CROW, Ede
Ballast Nedam, Nieuwegein
Dura Vermeer, Zoetermeer
Heijmans N.V., Rosmalen
Holland Scherm, Rotterdam
Redubel, Geldermalsen
Strukton, Utrecht
Vormgeving: Inpladi bv, Cuijk
Druk: Drukkerij Ten Brink, Meppel
Productie: CROW Media

Abonnementeninformatie

Publicatie 298 maakt deel uit van de CROW-abonnementen ‘Algemeen’ en ‘Openbare ruimte & Infrastructuur’. Abonnementhouders ontvangen deze publicatie automatisch. Voor informatie, aanmelding, adreswijziging of opzegging kunt u contact opnemen met CROW, afdeling Uitgeverij.

Voor informatieaanvragen en adreswijzigingen kunt u ook e-mailen naar abonnementen@crow.nl.

Opzeggen kan alleen schriftelijk voor 1 december. Zie ook www.crow.nl/abonnementen.

Bestellen

Deze uitgave is via de webshop bij CROW te bestellen. Zie voor de actuele verkoopprijs www.crow.nl/shop



CROW heeft zijn activiteiten gebundeld in de volgende zes domeinen:

-  **Leefomgeving**
Ondersteunt de (her)ontwikkeling, het ontwerp en het beheer van stedelijke openbare ruimte.
-  **Milieu**
Biedt ondersteuning bij het vinden van milieuplossingen voor leefbaarheids-effecten van bouw en mobiliteit.
-  **Verkeer & Vervoer**
Houdt zich bezig met bereikbaarheid, leefbaarheid en verkeersveiligheid voor personen- en goederenvervoer en met de vormgeving, inrichting en uitrusting van de weg en omgeving.
-  **Infrastructuur**
Zorgt voor technische hulpmiddelen voor de constructeur en beheerder van infrastructuur.
-  **Aanbesteden & Contracteren**
Biedt administratief-juridische en technische hulpmiddelen voor het aanbesteden, het opstellen van contracten en het uitvoeren van werken en schept zo kaders en voorwaarden voor aanbestedingen, kostenramingen en risicoverdelingen.
-  **Bouwprocesmanagement**
Schept voorwaarden voor de projectorganisatie en de communicatie tussen bouwpartners, brengt hier structuur in en verhoogt daarmee de efficiency.

Wilt u meer informatie over deze domeinen, ga dan naar www.crow.nl.



kennisplatform voor
infrastructuur, verkeer, vervoer
en openbare ruimte

Praktische kennis direct toepasbaar