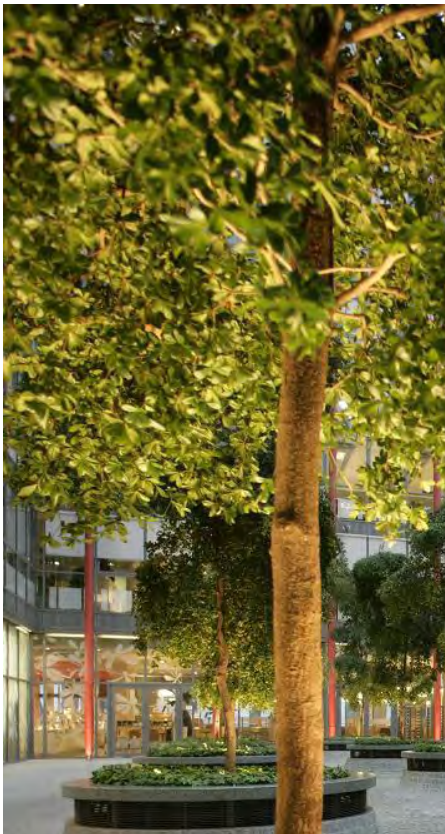


Finaal rapport

Het opstellen van aanbevelingen en richtlijnen rond milieuvriendelijke
weginrichting

Vlaamse Overheid - Departement Leefmilieu, Natuur en Energie- Afdeling LHRMG

Projectnummer BE0112000867 | versie C | 15-07-2013





Opdrachtgever Vlaamse Overheid -
 Departement Leefmilieu, Natuur
 en Energie- Afdeling LHRMG
 Koning Albert II-laan 20 bus 8
 1000 Brussel

Lieslotte Wackenier

Tel +32 2 553 11 26

Projectomschrijving

De studie formuleert richtlijnen en aanbevelingen over de manier waarop bij de inrichting van wegen rekening kan gehouden worden met de aspecten luchtkwaliteit en geluidshinder met vermelding van (1) een onderbouwing van de richtlijn/aanbevelingen waarbij de effecten op lucht en geluid worden weergegeven; (2) de integratiemogelijkheden binnen de bestaande vademecums en dienstorders; (3) mogelijke neveneffecten



Opdrachtnemer ARCADIS Belgium nv/sa
Maatschappelijke zetel
 Koningsstraat 80
 B-1000 Brussel

Postadres
 Kortrijksesteenweg 302
 B-9000 Gent

Contactpersoon Annick Van Hyfte

Telefoon +32 9 241 77 28

Telefax +32 9 244 44 45

E-mail a.vanhyste@arcadisbelgium.be

Website www.arcadisbelgium.be

Revisie		
Versie	Datum	Opmerking
A	08/03/2013	Eerste draft
B	10/04/2013	Tweede draft
C	15/07/2013	Finaal rapport
Opgesteld		
Afdeling/discipline	Functie	Naam
Strategisch Milieu-advies	Erkend Deskundige Geluid	Ann Himpens
Infrastructuur, Ruimte en Verkeer	Verkeersdeskundige	Dominique Gillis
Strategisch Milieu-advies	Erkend Deskundige Lucht	Annick Van Hyfte
Infrastructuur	Expert weginfrastructuur	Johan Maeck
Milieu en leefomgeving – ARCADIS Nederland	Team leader – expert lucht en geluid	Hannes Sanders
Geverifieerd		
Afdeling/discipline	Functie	Naam
Strategisch Milieu-advies	Team leader	Hilde De Lembre

Inhoudsopgave

1	Inleiding	11
2	Inventariseren van maatregelen	12
2.1	Aanpak	12
2.2	Resultaat	12
2.2.1	Screening van de bestaande instrumenten binnen AWV en MOW	12
2.2.2	Lijst van maatregelen	13
2.2.3	Vastleggen van referentiesituaties	15
2.2.4	Keuze wegverharding	18
2.2.5	Dimensionering	20
2.2.6	Doorstroming bij kruispunten	21
2.2.7	Doorstroming bij obstakels	22
2.2.8	Doorstroming bij fietsers- en voetgangersoversteken	25
2.2.9	Overdrachtsmaatregelen	26
3	Multi Criteria Analyse van maatregelen.....	29
3.1	Aanpak	29
3.1.1	Algemeen beoordelingskader	30
3.1.2	Algemene toepasbaarheid	30
3.1.3	Maatregelcategorie	31
3.1.4	Impact op luchtkwaliteit en geluid	31
3.1.5	Kosten	37
3.1.6	CO ₂	38
3.1.7	Doorstroming/verkeersveiligheid/randvoorwaarden	38
3.3	Resultaat van de MCA	39
3.3.1	Focus op impact op luchtkwaliteit en geluidshinder	39
3.3.2	Integratie van alle criteria (exclusief 'kosten')	44
4	Voorstel tot opnemen van maatregelen	50
5	Integratie van de aspecten luchtkwaliteit en geluidshinder in richtlijnen rond weginrichting in Nederland.....	53
5.1	Implementatie in de praktijk	53
5.1.1	Wettelijke normen voor geluidsbelasting en luchtkwaliteit.....	53
5.1.2	Publieksparticipatie	54
5.1.3	Bewustwording.....	54
5.2	Kansrijk en innovatief voorbeeld: Vegetatie als maatregel voor luchtkwaliteit en geluid ..	55
6	Formulieren van richtlijnen/aanbevelingen die in relevante instrumenten kunnen worden opgenomen.....	60
6.1	Huidige invloed van Vademecums, bouwverordening, dienstorders in het mobiliteitsbeleid	60
6.2	Voorstel integratie van geselecteerde maatregelen in de bestaande instrumenten	61
6.2.1	Algemene opbouw van bestaande instrumenten	61
6.2.2	Voorstel integratie van maatregelen	61
6.2.3	Online tool	62
6.2.4	Beslissingsboom	63
6.2.5	Beoordelingskaders	64
6.2.6	Beknopte analyse van de opties	65
7	Referenties	67
8	Geraadpleegde websites.....	71

9	BIJLAGE 1: Maatregelenfiches (MCA)	73
10	BIJLAGE 2: Long-list van maatregelen	75
11	BIJLAGE 3: Groene toolbox	77

Lijst van figuren

Figuur 2.1 : Wegtypes uit CAR Vlaanderen (bron : TML, 2010).....	17
Figuur 2.2: Mogelijk legverband van betonnen straatstenen (BIM, vademecum voor wegverkeerslawaaai in de stad, wegverhardingen)	20
Figuur 2.3 : Een verticale snelheidsremmer (vooraan op de foto) (AWV, Werkboek schoolomgeving)	23
Figuur 2.4 : Een horizontale snelheidsremmer (AWV, Werkboek schoolomgeving)	24
Figuur 2.5 : Een aantal mogelijke configuraties voor parkeerplaatsen (langsparkeren, haaks of schuin op de weg) (Vademecum duurzaam parkeerbeleid: deel 7: parkeersystemen).....	24
Figuur 2.6 : Bushalte naast de weg (bron: Vademecum veilige wegen en kruispunten)	25
Figuur 2.7 : Een voetgangers- en fietstunnel in Zweden (AWV, Werkboek schoolomgeving).....	26
Figuur 3.1 : Emissiefactoren voor NO ₂ uit het CAR Vlaanderen model (in g/vkm)	33
Figuur 3.2 : Gewogen NOx-emissiefactoren personenauto's 2008, per wegtype en afwikkelingsniveau (bron : Lucht in onderzoek, nr. 5, oktober 2012), onderaan: verhouding van de EF ten opzichte van de situatie 'vrije doorstroming'	34
Figuur 3.3 : Overzicht van de MCA voor Verbindingswegen.....	40
Figuur 3.4 : Overzicht van de MCA voor Buitenwegen (gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom)	41
Figuur 3.5 : Overzicht van de integrale MCA voor Stedelijke wegen (gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom)	43
Figuur 3.6 : Overzicht van de integrale MCA voor Verbindingswegen.....	47
Figuur 3.7 : Overzicht van de integrale MCA voor Buitenwegen (gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom)	48
Figuur 3.8 : Overzicht van de integrale MCA voor Stedelijke wegen (gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom)	49
Figuur 5.1 In de bij de kansenkaarten horende "Groene Toolbox" worden groenmaatregelen geschetst maar ook hun werking kort onderbouwd.....	56
Figuur 5.2 : Flowchart om te komen tot kansrijke locaties waar toepassing van de Groene Toolbox kansrijk is.	59
Figuur 6.1 : Screen shot van de SOLVE-maatregelenmix op het CROW kennisnet (http://www.solve-maatregelenmix.nl/)	63
Figuur 6.2 : Beslissingsboom om voorkeursoplossing te bepalen en te toetsen (bron: vademecum veilige wegen en kruispunten)	64

Lijst van tabellen

Tabel 2.1 : Overzicht van maatregelen, die onderworpen worden aan een MCA	15
Tabel 2.2 : Overzicht van de gebruikte parameters voor de beschrijving van de 3 wegtypes	16
Tabel 3.1 : Gebruikt beoordelingskader in de MCA	30
Tabel 3.2 : De snelheidstypen in CAR-Vlaanderen	32
Tabel 3.3 : Geluidsreductie in functie van snelheidsvermindering (bron: DRI, 2004)	35
Tabel 4.1: Maatregelen met duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid bij verbindingswegen	51
Tabel 4.2: Maatregelen met duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid bij buitenwegen	51
Tabel 4.3: Maatregelen met duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid bij stedelijke wegen	51
Tabel 6.1 : Analyse van de implementatie (werklast), gebruiksvriendelijkheid en transparantie van mogelijkheden tot integratie van de resultaten van de studie in bestaande instrumenten.....	65

1 Inleiding

Het doel van de studie is om verschillende richtlijnen en aanbevelingen te formuleren over de manier waarop bij de inrichting van wegen rekening kan gehouden worden met de aspecten luchtkwaliteit en geluidshinder met vermelding van :

- een onderbouwing van de richtlijn/aanbevelingen waarbij de effecten op lucht en geluid worden weergegeven;
- de integratiemogelijkheden binnen de bestaande vademecums en dienstorders;
- mogelijke neveneffecten
- de eventuele (meer)kost

In de studie worden **drie grote stappen** onderscheiden:

- Inventariseren van mogelijke maatregelen
- Multi Criteria Analyse van maatregelen (effect op lucht en geluid vooral, neveneffecten, praktische haalbaarheid, kosten, integreerbaarheid in bestaande instrumenten)
- Formuleren van richtlijnen/aanbevelingen die in de relevante instrumenten kunnen worden opgenomen

2 Inventariseren van maatregelen

2.1 Aanpak

Dit deel van de studie heeft als doel om tot een lijst van potentiële maatregelen en weginrichtingskeuzes (met mogelijk effect op lucht en/of geluid) te komen. Deze lijst van maatregelen wordt dan onderworpen aan een Multi Criteria Analyse (MCA). De maatregelen, die onderworpen worden aan de MCA, werden als volgt geselecteerd:

- Opmaak van een *long-list* van maatregelen op basis van
 - Literatuur
 - Expertise van het projectteam
 - Input van de stuurgroep
 - De bestaande instrumenten
- Eerste filtering op basis van een aantal vastgelegde prioriteiten
- Een samennemen van een aantal maatregelen op basis van gelijkaardige effecten.

Voorafgaand aan de opmaak van een *long-list* worden de vademecums en dienstorders gescreend naar de huidige implementatiegraad van maatregelen specifiek naar luchtkwaliteit en geluidshinder.

2.2 Resultaat

2.2.1 Screening van de bestaande instrumenten binnen AWV en MOW

Het screenen van de bestaande instrumenten binnen AWV en MOW, met name de vademecums en dienstorders heeft als doel om:

- een inzicht te krijgen in de huidige implementatiegraad van maatregelen specifiek naar luchtkwaliteit en geluidshinder
- een idee te vormen van hoe bijkomende maatregelen inpasbaar zijn in deze instrumenten
- de mogelijke impact mee te geven van de reeds neergeschreven richtlijnen/oplossingen (in vademecums en dienstorder) op luchtkwaliteit en geluidshinder.

Voor het bekijken van de implementatiegraad van maatregelen in bestaande instrumenten werden volgende documenten doorgenomen (cf. afspraak startvergadering):

- Vademecums:
 - Veilige wegen en kruispunten
 - Duurzaam Parkeerbeleid
 - Motorrijdersvoorzieningen

- Voetgangersvoorzieningen
- Fietsvoorzieningen
- Alle dienstorders opgemaakt tussen 2007 en 2012

Volgende specifieke maatregelen werden teruggevonden:

- Bij een lichtengeregeld kruispunt is de geluidshinder en luchtverontreiniging hoger dan bij een voorrangsgeregeld kruispunt (Vademecum veilige wegen en kruispunten)
- Er moet slim omgegaan worden met aankomende en vertrekkende auto's bij parkeerplaatsen. Dit kan overlast in de vorm van lawaai, geurhinder, veiligheid, ... terugdringen (Vademecum duurzaam parkeerbeleid)
- De rateltikker (geluidshulp voor blinden en slechtzienden bij verkeerslicht) mag slechts actief zijn tussen bepaalde tijdstippen om geluidshinder naar omwonenden te beperken (Vademecum voetgangersvoorzieningen)

Niettegenstaande richtlijnen rond effecten van weginrichting op luchtkwaliteit en geluidshinder slechts in beperkte mate opgenomen worden in de bestaande instrumenten, die het onderwerp uitmaken van onderliggende studie, zijn er wel andere instrumenten zoals plan-MERs en project-MERs, waarbij luchtkwaliteit en geluidshinder in het huidige afwegingskader worden opgenomen. Bovendien is duurzaam beleid één van de hoofddoelstellingen in het beleidsplan van AWV. AWV houdt zich niet enkel bezig met onderzoek naar geluidsoverlast d.m.v. metingen, studies en het begeleiden van onderzoek. Ook op het terrein zorgt het Agentschap voor zichtbare maatregelen die de geluidsoverlast door wegverkeer beperken, zoals het aanleggen van stillere wegverhardingen en het plaatsen van geluidswerende constructies (bijvoorbeeld geluidsschermen).

2.2.2 **Lijst van maatregelen**

Een aantal richtlijnen, nu reeds opgenomen in de bestaande instrumenten, hebben soms een directe of indirecte impact op luchtkwaliteit of geluid. Het is belangrijk om mee te geven wat die impact is omdat deze impact zowel positief als negatief kan zijn. De maatregelen, die vermoedelijk een link hebben met luchtkwaliteit en/of geluidshinder werden meegenomen in de eerste *long-list* van maatregelen. Deze *long-list* wordt weergegeven in Bijlage 2, alsook in Bijlage 4 (tabblad '*long-list*' in de Excel©-tool), waar een indicatie van het al dan niet voorkomen in de bestaande instrumenten (vademecums en dienstorders) wordt opgenomen.

Door de stuurgroep werden volgende prioriteiten vastgelegd:

- De focus in dit onderzoek ligt op maatregelen die kunnen genomen worden op secundaire en lokale wegen (verder opgenomen als stedelijke wegen en buitenwegen). Een aantal van de geselecteerde maatregelen kan echter ook

worden toegepast op verbindingswegen (hoofdwegen en primaire wegen). Voor die wegen ligt de focus dan vooral op lucht omdat voor maatregelen rond geluidshinder op verbindingswegen gedetailleerde info aanwezig is bij AWV. Voor de volledigheid werden ook de effecten van de verschillende maatregelen op verbindingswegen beschreven en geanalyseerd;

- Maatregelen moeten puur fysieke maatregelen zijn, en dus concreet ingaan op de fysieke weginrichting. Dit heeft als gevolg dat maatregelen zoals parkeergeleiding, verlagen van de snelheid via aanbrengen van verkeersborden, DVM (dynamisch verkeersmanagement, bijv. het dynamisch aansturen van VRI (Verkeersregelinstallaties)), enzovoort, niet worden meegenomen in de MCA;
- Betreffende geluidsschermen is al heel veel expertise beschikbaar bij LNE/AWV, daarom heeft de huidige studie niet als doel om in detail te gaan op de geluidseffecten van alle mogelijke soorten geluidsschermen in verschillende configuraties.

Daarnaast werden ook een aantal gelijkaardige of zelfs dubbel voorkomende maatregelen (met alternatieve benaming) samengevoegd.

Tenslotte werden de overblijvende maatregelen gecategoriseerd. Het resultaat is weergegeven in Tabel 2.1.

In de daaropvolgende tekst wordt steeds een beknopte beschrijving gegeven van de maatregel.

Tabel 2.1 : Overzicht van maatregelen, die onderworpen worden aan een MCA

Keuze wegbedekking	Katalytische weg (straatstenen, asfalt, beton) Stille wegverharding Stille voegovergangen op bruggen Stille straatstenen
Dimensionering	Juiste dimensionering van straten (afstand tot de wegas tov bouwhoogte) Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden)
Doorstroming bij kruispunten	Aanleggen van rotondes Omvorming tot ongelijkvloerse kruising Aanleg afslagstroken op kruispunten Aanleggen van voorrangspointjes op kruispunten
Doorstroming bij obstakels	Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel) Aanbrengen horizontale snelheidsremmers (wegversmalling door bv.: lokale middenberm, asverschuiving, parkeerplaatsen...) Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen) Bushalte op de weg Bushalte langs de weg
Doorstroming bij voetgangers-/fietsersoversteken	Voetgangers- of fietsersoversteken met verkeerslichten Voetgangers- of fietsersoversteken met horizontale snelheidsremmers (bv lokale middenberm met asverschuiving...) Voetgangers- of fietsersoversteken met verticale snelheidsremmers Aanleggen fiets tunnels of bruggen
Overdrachtsmaatregelen	Geluidsschermen Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit) Aanbrengen van een luifel Aanbrengen overkapping of ondertunneling Groenmaatregelen - een bomenrij Groenmaatregelen - een dicht bos

2.2.3

Vastleggen van referentiesituaties

Om verschillende maatregelen binnen eenzelfde categorie ten opzichte van elkaar te beoordelen, definiëren we voor elke categorie een referentiesituatie. Bovendien zijn niet alle maatregelen toepasbaar op alle wegen, denk maar aan het plaatsen van geluidsschermen, een maatregel welke niet geschikt is langs een binnenstedelijke weg. Daarom definiëren we drie wegtypes, geïnspireerd op de indeling zoals die gebruikt wordt in het CAR Vlaanderen model. Dit zijn niet noodzakelijk gemiddelde situaties voor Vlaanderen maar stellen ons in staat om later bij de effectenbeoordeling via CAR het correct type weg in rekening te brengen.

Volgende situaties worden beschreven:

- Verbindingsweg (Hoofdweg of primaire weg)

- Buitenweg
- Stedelijke weg

Tabel 2.2 geeft aan met welke parameters we deze wegen beschrijven. De parameters zijn zo gekozen dat een doorrekening in CAR Vlaanderen mogelijk is. Naast de criteria die rechtstreeks uit het CAR Vlaanderen model overgenomen zijn worden 'verkeersafwikkeling' en 'type wegverharding' als parameters toegevoegd. Op welke manier de invulling van deze parameters gebeurde wordt verder in de tekst toegelicht.

Tabel 2.2 : Overzicht van de gebruikte parameters voor de beschrijving van de 3 wegtypes

Weg	Verbindingsweg	Buitenweg	Stedelijke weg
Snelheidstype (CAR)	Snelweg	Buitenweg	Normaal stadsverkeer
Type weg (CAR) ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	2	3b (street canyon) ⁽²⁾
Bomenfactor ⁽²⁾	1	1	1
Fractie verkeersstagnatie (CAR)	0	0	0
Verkeersafwikkeling (cf. ARTEMIS-model) aan kruispunt	Middelzware congestie		
Verkeersafwikkeling langs de weg	Vrije doorstroming		
Verkeersintensiteit (in motorvoertuigen per etmaal)	15.000	5.000	5.000
Afstand tot de wegas	10	5	5
Fractie lichte voertuigen (personenwagens)	0,92		
Fractie middelzware voertuigen (bestelwagens, lichte vrachtwagens)	0,023		
Fractie Zware voertuigen (vrachtwagens)	0,049		
Autobus	0,008		
Type wegverharding	SMA-C en AB-4C		

(1) de gebruikte wegtypes (cf. CAR Vlaanderen), worden hierna concreet toegelicht

(2) de bomenfactor wordt ingevoerd in het CAR-model om de invloed van begroeiing op de windsnelheid en daarmee ook de verspreiding in rekening te brengen. Een bomenfactor "1" beschrijft een situatie met "hier en daar bomen of in het geheel niet".

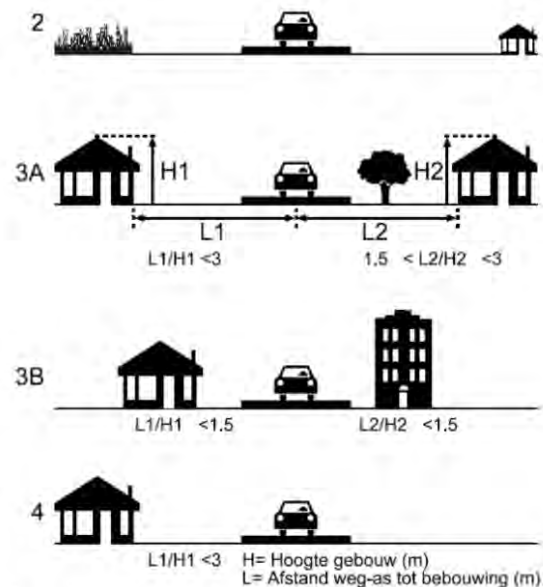
- (3) De definitie van het type verkeersafwikkeling is overgenomen uit het ARTEMIS-model en wordt hierna verder toegelicht

In CAR Vlaanderen worden de volgende relevante wegtypes onderscheiden:

- Type 2: basistype, alle wegen anders dan type 3a, 3b of 4,
- Type 3a: beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 3 maal de hoogte van de bebouwing, maar groter dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing,
- Type 3b: beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing (street canyon),
- Type 4: eenzijdige bebouwing, weg met aan één zijde min of meer aaneengesloten bebouwing op een afstand van minder dan 3 maal de hoogte van de bebouwing.

In Figuur 2.1 worden deze wegtypes visueel voorgesteld.

Figuur 2.1 : Wegtypes uit CAR Vlaanderen (bron : TML, 2010)



Wat betreft de verkeersafwikkeling werd geen gebruik gemaakt van de stagnatiefactor in het CAR-model zelf maar werden de verkeersafwikkelingstypes overgenomen uit het ARTEMIS-model. ARTEMIS is binnen een Europese studie ontwikkeld door onder andere TNO, het Duitse TÜV en het Britse Transport Research Laboratory. ARTEMIS bevat emissiefactoren voor verschillende emissiecomponenten, voertuigcategorieën, wegtypen en voor vier verkeersafwikkelingsniveaus (gedefinieerd aan de hand van de IC-ratio¹), namelijk:

¹ Dat is de verhouding tussen de verkeersintensiteit (I) en de capaciteit (C) van de weg

- free flow: volledig vrije doorstroming (IC <0,6);
- heavy: lichte congestie (IC tussen 0,6 en 0,8);
- saturated/congested: middelzware congestie (IC tussen 0,8 en 1,0);
- stop and go: zware congestie (IC>1,0).

In de hiernavolgende paragrafen worden de maatregelen, die meegenomen worden in de MCA, kort beschreven.

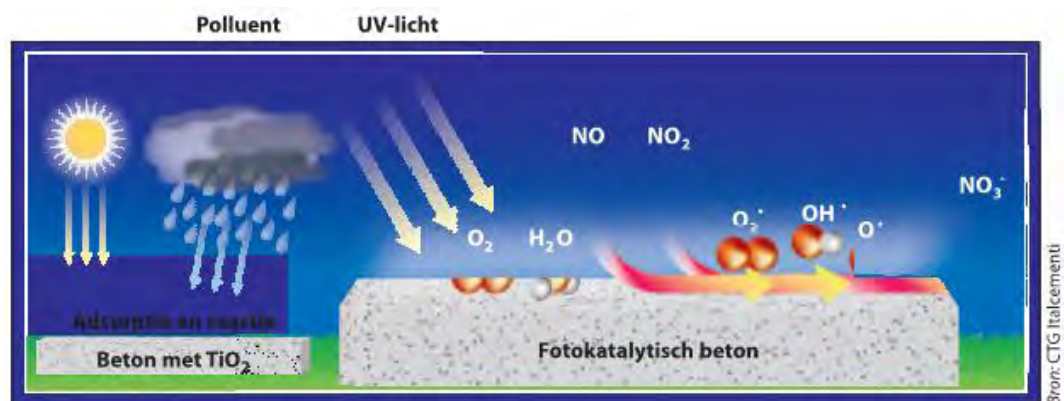
2.2.4 Keuze wegverharding

2.2.4.1 Referentiesituatie

Het referentiewegdek in Vlaanderen is SMA-C en AB-4C en wordt in onderliggende studie ook al referentie beschouwd.

2.2.4.2 Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)

Bij luchtzuiverende wegbedekkingen wordt aan de toplaag een fotokatalytisch materiaal (meestal titaandioxide) toegevoegd, dat onder invloed van zonlicht de stikstofoxides uit de lucht – vooral afkomstig van uitlaatgassen – omzet in het onschadelijke nitraat. Dit nitraat wordt vervolgens met de regen weggespoeld en verdwijnt ten slotte in het riool. De hiernavolgende figuur geeft het werkingsprincipe weer van een fotokatalytische luchtzuiverende betonweg.



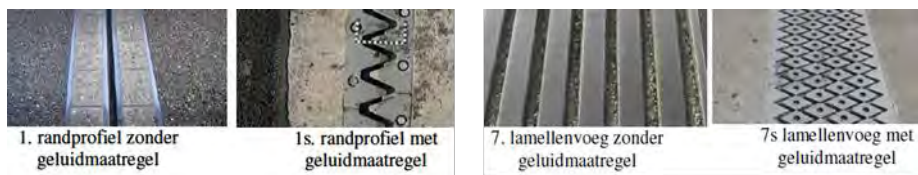
2.2.4.3 Stille wegverharding

Een stille wegverharding kan gedefinieerd worden als een wegverharding met minstens één van de volgende eigenschappen: textuur, absorptie of elasticiteit is geoptimaliseerd om het bandengeluid te reduceren. Een andere definitie die soms gehanteerd wordt is een wegverhardingstype die het wegverkeersgeluid met minstens 3 dB(A) vermindert ten opzichte van een referentiewegverharding. Voorbeelden van stille wegverhardingen (eerste definitie):

- SMA (Steen - Mastiek - Asfalt)
- Zeer open asfalt (ZOA) (een- of tweelaags)
- Dunne geluidsreducerende deklagen (DGD)
- Harsbestrijkingen (fijn granulaat)
- Fijn beton
- Zeer open beton
- Poroelastische wegverhardingen

2.2.4.4 Stille voegovergangen op bruggen

Een voegovergang wordt gebruikt om de overgang tussen de verschillende brugdelen of een brug en het vaste land zo soepel mogelijk te maken. Verder vangt de voegovergang de werkende krachten in het brugdek door weersomstandigheden op en voert het regenwater af zodat dit niet op de onderliggende omgeving valt. Bij kunstwerken met een grote overspanning worden vaak lamellenvoegen toegepast. Beschikbare alternatieven met een lagere geluidemissie zijn de zogenaamde sinusplaten op de lamellen of een vingervoeg constructie. Met sinusplaten wordt een geluidreductie van ca 5 dB bereikt.



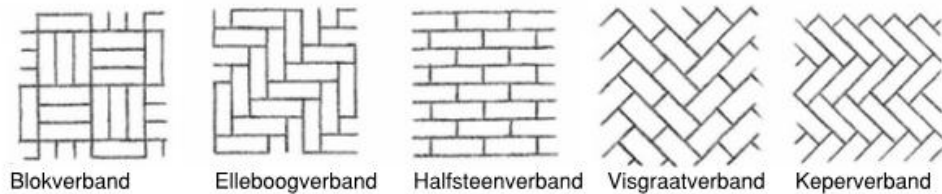
Bij een voeg met randprofiel met een lagere kruisingshoek is vaak ook de geluidemissie lager.



2.2.4.5 Stille straatstenen

Bij het gebruik van straatstenen als wegverharding, spelen niet alleen de structuur en de oppervlaktetextuur van de bovenlaag een belangrijke rol, ook de velling (zo klein mogelijk afgeschuinde kanten), de voeg (zo klein mogelijk), de grootte (zo groot mogelijk) en het legverband zijn bepalend voor een goede geluidsreductie. Met deze maatregel bekijken we enkel het effect van het gebruik van een stille straatsteen in stedelijke omgeving ten opzichte van het gebruik van een referentiewegdek SMA. In de fiche wordt ook het effect van het legverband op zich besproken.

Figuur 2.2: Mogelijk legverband van betonnen straatstenen (BIM, vademecum voor wegverkeerslawaaï in de stad, wegverhardingen)



2.2.5 Dimensionering

2.2.5.1 Referentiesituatie

De referentiesituatie is voor de verschillende types wegen, die zoals weergegeven in Tabel 2.2. Voor een stedelijke weg betekent dit een weg met street canyon effect en dus een afstand tot de wegas/hoogte-verhouding van minder dan 1,5.

Voor de overige types betekent dit een wegtype 2, en dus een weg met hier en daar een huis of begroeiing op voldoende afstand van de weg (met een afstand tot de wegas-hoogteverhouding van meer dan 3). In de referentiesituatie bekijken we het effect op 5m van de wegas.

2.2.5.2 Juiste dimensionering van straten – afstand tot de wegas tov bouwhoogte

Deze maatregel doelt op het vermijden van *street canyon* effecten door een juiste dimensionering van straten, met name een juiste keuze van de afstand tot de wegas ten opzichte van de omliggende gebouwen en is daardoor enkel relevant voor een stedelijke weg. Deze maatregel gaat enkel in op de weginrichting en niet op het ontwerp van de gebouwen naast/rond de weg. Deze maatregel is bovendien enkel in rekening te brengen als configuratie-afweging bij een nieuwe stadsontwikkeling.

2.2.5.3 Juiste dimensionering van straten - ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden

Deze maatregel zoekt naar de beste positionering van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden en bekijkt het effect van het vergroten van de afstand tussen het verkeer (de bron van emissie) en de ontvanger (fietser, voetganger). Dit kan bijvoorbeeld door het aanleggen van een groenstrook of parkeerplaatsen tussen de weg en het fietspad.



2.2.6 Doorstroming bij kruispunten

2.2.6.1 Referentiesituatie

De effecten van de maatregelen, die betrekking hebben op doorstroming bij kruispunten worden bekeken ten opzichte van een kruispunt met lichten. Bij een kruispunt met lichten wordt verondersteld dat er zich een situatie van middelzware congestie voordoet (met een IC verhouding tussen 0,8 en 1,0).

2.2.6.2 Aanleggen van rotondes

Een rotonde is een verkeersplein waarop het verkeer in een rondgaande verplichte rijrichting wordt afgewikkeld, het verkeer op het plein voorrang heeft en waarop de wegen radiaal aansluiten. Er is onderscheid in enkelstrooks- en tweestrooksrotondes. Deze laatste wordt met name aangelegd vanwege de grotere afwikkelingscapaciteit.



Het voorzien van een brede rammelstrook rond het middeneiland moet er voor zorgen dat ook vrachtwagens en bussen de rotonde vlot kunnen gebruiken



2.2.6.3 Omvorming tot ongelijkvloerse kruising

Een kruispunt kan worden omgebouwd tot een ongelijkvloerse kruispunt. Hierbij kan de keuze worden gemaakt tussen een viaduct boven een weg op maaiveldniveau en een sleuf onder maaiveldniveau. Er kan worden besloten geen onderlinge uitwisselingsmogelijkheden aan te brengen tussen de kruisende wegen. Of er kan een uitwisseling van verkeer tussen de elkaar kruisende wegen plaatsvinden middels toe- en afritten. De aansluiting van de toe-/afrit op het onderliggende wegennet kan zowel plaatsvinden door middel van conventionele kruisingen als door middel van rotondes. Deze maatregel heeft enkel betrekking op een ongelijkvloerse kruising zonder aansluitingen. Deze maatregel is verschillend van de aanleg van een tunnel of overkapping zoals gedefinieerd in de Tunnelrichtlijn (Europese richtlijn 2004/54/EG).

2.2.6.4 Aanleg afslagstroken op kruispunten

Het gaat hier om een maatregel waarbij op een hoofdrijbaan een extra rijstrook wordt aangelegd voor linksafslaand of rechtsafslaand verkeer. Deze stroken worden uit het oogpunt van zowel doorstroming als verkeersveiligheid aangelegd. Primair zijn ze bedoeld om de blokkering van de hoofdrijbaan door afslaand verkeer te voorkomen.

2.2.6.5 Aanleggen van voorrangspointjes op kruispunten

Door het inrichten van een voorrangspointje op een kruispunt heeft het verkeer op de hoofdroute ongehinderd doorgang. Kruispunten worden uitgevoerd met een middeneiland zodat de oversteek in etappes uitgevoerd wordt. De twee afslaande stromen passeren elkaar achterlangs in tegenstelling tot normale voorrangskruispunten, waarbij ze elkaar voorlangs passeren.



2.2.7 Doorstroming bij obstakels

2.2.7.1 Referentiesituatie

Om het effect van obstakels te beoordelen wordt er uitgegaan van een situatie van vrije doorstroming (cf. verkeersafwikkeling op basis van IC-verhouding)

2.2.7.2 Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel)

Een plateau of drempel (verticale snelheidsremmer) heeft de bedoeling het gemotoriseerd verkeer te verplichten om snelheid te matigen. Indien zij dit niet of onvoldoende zouden doen ervaren zij dit onmiddellijk fysisch bij zichzelf, de andere inzittenden, de lading of het voertuig.

Een (echt) verhoogd plateau, zoals bepaald in het KB van 9 oktober 1998, gewijzigd door het KB van 3 mei 2002 is bedoeld om te naderen met matige snelheid en te overschrijden aan een snelheid van maximum 30 km/u. Een dergelijk plateau mag slechts aangelegd worden op wegen met een maximum toegelaten snelheid lager dan of gelijk aan 50 km/u.



Figuur 2.3: Een verticale snelheidsremmer (vooraan op de foto) (AWV, Werkboek schoolomgeving)

2.2.7.3 Aanbrengen horizontale snelheidsremmers

Een horizontale snelheidsremmer is een wegversmalling (poort) waardoor men, zelfs onbewust, snelheid zal verminderen. Een horizontale snelheidsremmer kan bestaan uit één van volgende elementen of uit een combinatie ervan:

- Een lokale middenberm
- Een asverschuiving voor minstens één richting
- Een rijstrookversmalling of -vermindering
- Een aandachtportiek, dit is een opvallende constructie die, per rijrichting voor het gemotoriseerde verkeer, minstens bestaat uit een verticaal gedeelte (paal) en een aansluitend horizontaal gedeelte (balk), de zgn. galgpaal

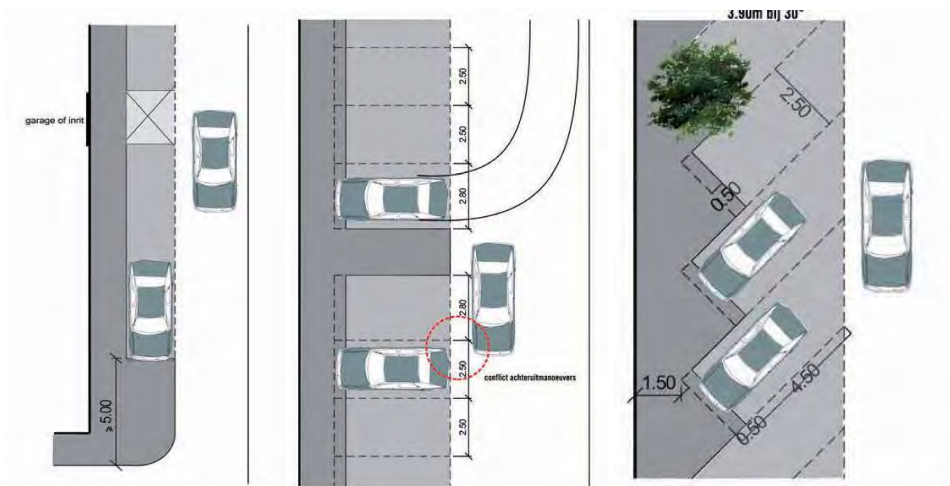


Figuur 2.4 : Een horizontale snelheidsremmer (AWV, Werkboek schoolomgeving)

2.2.7.4 Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen)

Onder ‘straatparkeren’ wordt in het vademecum (R53) verstaan: het parkeren en stallen van motorvoertuigen op maaiveldhoogte, langs en op straat. Straatparkeren kan op verschillende manieren georganiseerd worden:

- Op de rijweg
- Naast de rijweg (langsparkeren)
- Parkeerstrook haaks op de rijweg
- Parkeerstrook voor schuin parkeren.



Figuur 2.5 : Een aantal mogelijke configuraties voor parkeerplaatsen (langsparkeren, haaks of schuin op de weg) (Vademecum duurzaam parkeerbeleid: deel 7: parkeersystemen)

Met deze maatregel beschrijven we het effect van manoeuvrerende wagens uit/in parkeerplaatsen.

2.2.7.5 Bushalte op de weg

Een bushalte kan zich op straat bevinden zodat het achterrijdende verkeer moet halt houden tot de bus opnieuw vertrokken is.

2.2.7.6 Bushalte langs de weg

Een bushalte kan zich naast de weg bevinden zodat het achterrijdende verkeer enkel moet halt houden wanneer de bus de halte in en/of uitrijdt.



Figuur 2.6 : Bushalte naast de weg (bron: Vademecum veilige wegen en kruispunten)

2.2.8 Doorstroming bij fietsers- en voetgangersoversteken

2.2.8.1 Referentiesituatie

De referentiesituatie is voor deze categorie maatregelen deze zoals beschreven in Tabel 2.2, dus vrije doorstroming bij stedelijke wegen en buitenwegen.

2.2.8.2 Fietsers- of voetgangersoversteken met verkeerslichten

Deze maatregel houdt het voorzien van een oversteekplaats voor fietsers en/of voetgangers in aan de hand van lichten. Deze maatregelen zorgen ervoor dat lichten op vraag van de fietsers/voetgangers op rood springen zodat voertuigen moeten stoppen.

2.2.8.3 Fietsers- of voetgangersoversteken met snelheidsremmers

Deze maatregel houdt het voorzien van een oversteekplaats voor fietsers en/of voetgangers aan de hand van verticale of horizontale snelheidsremmers. Het voorzien van snelheidsremmers zorgt ervoor dat de snelheid van voertuigen wordt afgeremd bij het naderen van een oversteekplaats.

2.2.8.4 Aanleggen fietstunnels of -bruggen

Deze maatregel houdt in dat de fietsvoorziening de weg ongelijkvloers kruist via een tunnel of een brug.



Figuur 2.7 : Een voetgangers- en fietstunnel in Zweden (AWV, Werkboek schoolomgeving)

2.2.9 Overdrachtsmaatregelen

2.2.9.1 Referentiesituatie

Voor de gebruikte referentiesituatie verwijzen we naar Tabel 2.2. De effecten worden echter bekeken op 30-50m van de weg omdat vaak wat ruimte naast de weg moet ingenomen worden om de overdrachtsmaatregel te kunnen implementeren, waardoor een beoordeling van de maatregel vlak naast de weg (op 5m van de weg) geen zin heeft.

2.2.9.2 Geluidsschermen

Deze maatregel houdt in dat een geluidsscherm geplaatst wordt langs een weg.

2.2.9.3 Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit)

Deze maatregel behelst het aanbrengen van een titaandioxide coating op een geluidsscherm ten einde door een chemische reactie tussen NO en TiO₂, de NO₂ concentratie langs de weg te verlagen.



(Bron: Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft 2009, Toepassingsadvies TiO₂ coatings)

2.2.9.4 Aanbrengen van een luifel

Een luifelconstructie is een geknikt of gebogen geluidsscherm, waarbij de bovenkant van de luifel zich, afhankelijk van de vereiste afschermende werking, in meer of mindere mate tot boven de rijstroken zal uitstrekken. De luifel kan gedeeltelijk open zijn. Luifels kunnen enkelzijdig of aan beide zijden van de weg voorkomen. De toepassing van een luifel vermindert het geluidsniveau achter het scherm.



2.2.9.5 Aanbrengen overkapping of ondertunneling

De weg wordt met deze maatregel volledig overkapt of er wordt een tunnel aangelegd waarbij de lucht al dan niet behandeld wordt.

2.2.9.6 Groenmaatregelen

“Groenmaatregelen” is een algemeen begrip voor het voorzien van groen op en naast de weg met als doel om de luchtkwaliteit en geluidshinder voor de omwonenden te verbeteren.

Omdat het aantal mogelijkheden en configuraties bij groenmaatregelen heel groot is en de keuze van een al dan niet geschikte maatregel in een specifieke situatie een significante impact heeft op het bedoelde positieve effect van de maatregel, moet in elke specifieke situatie de meest geschikte configuratie gekozen worden. Een gedetailleerde

beschrijving van mogelijke groenmaatregelen is terug te vinden in de “groene toolbox” (ARCADIS Nederland, 2012) bijgevoegd als bijlage 3 bij dit rapport.

In onderliggend rapport beschrijven we het effect van twee type maatregelen:

- Een bomenrij langs de weg
- Een dicht bos of dichte groenstrook langs de weg

Voor elk van deze types werd een fiche toegevoegd.

3 Multi Criteria Analyse van maatregelen

3.1 Aanpak

Om een selectie te kunnen maken van de meest geschikte maatregelen, worden alle maatregelen uit de short-list (zie Tabel 2.1) onderworpen aan een MCA, waarbij **volgende criteria** beoordeeld worden:

- Algemene toepasbaarheid: met dit criterium worden de maatregelen gefilterd volgens hun toepasbaarheid op verschillende wegtypes: (primaire weg of snelweg (verder verbindingsweg genoemd), buitenweg en binnenstedelijke weg);
- Impact op de luchtkwaliteit: welke daling in NO₂-concentraties kan bereikt worden met deze maatregel;
- Impact op geluid: welke daling in geluidsniveau kan bereikt worden, met name de impact op het equivalente geluidsniveau LAeq in dB(A) vanwege het wegverkeer
- Kosten: heeft de maatregel een impact op de totale kost van het weginrichtingsproject²; onder kosten worden enkel directe kosten verstaan, gerelateerd aan bijvoorbeeld het verschil in kosten per type wegverharding, de kost voor de infrastructuur zelf en dus niet bijvoorbeeld de kost voor eventuele extra onteigeningen en dergelijke.
- Beoordeling van neveneffecten:
 - CO₂: wat is de impact op de CO₂-uitstoot, m.a.w. op het energieverbruik van het verkeer?
 - Doorstroming: heeft de maatregel impact op de doorstroming van het verkeer?
 - Verkeersveiligheid: heeft de maatregel impact op de verkeersveiligheid?
 - Belang van randvoorwaarden: zijn er nog specifieke effecten of randvoorwaarden bij de implementatie van de maatregel, bijvoorbeeld ruimtegebruik, effecten op andere milieucompartimenten (water, bodem, ...)?
- Type weginrichting: kan de maatregel toegepast worden bij een herinrichting van een bestaande weg of enkel bij een nieuw aan te leggen weg of beide.

Een meer gedetailleerde beschrijving van deze criteria wordt weergegeven in hoofdstuk 3.1.4 tot en met 3.1.7.

² Er dient hierbij opgemerkt dat het inschatten van de kosten van de beschreven maatregelen in die mate onzeker is dat 'kosten' uiteindelijk niet als criterium werden meegenomen in de eindbeoordeling. De ruwe beoordeling wordt echter wel meegegeven in de fiches.

3.1.1 Algemeen beoordelingskader

De eigenlijke beoordeling van de maatregelen per criterium gebeurt aan de hand van een **beoordelingskader**. Algemeen ziet het beoordelingskader er uit als weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Gebruikt beoordelingskader in de MCA

CRITERIUM	SCORE				
	-2	-1	0	1	2
Effect (lucht)	Significant negatief	matig negatief	Verwaarloosbaar effect	matig positief	Significant positief
Effect (geluid)	Significant negatief	matig negatief	Verwaarloosbaar effect	matig positief	Significant positief
CO ₂	Significant negatief	matig negatief	Verwaarloosbaar effect	matig positief	Significant positief
Doorstroming	Overwegend negatief	matig negatief	Verwaarloosbaar effect	matig positief	Overwegend positief
Verkeersveiligheid	Overwegend negatief	matig negatief	Verwaarloosbaar effect	matig positief	Overwegend positief
Bijkomende kosten	Hoge meerkost	Matige meerkost	Beperkte meer- of minkost	Matige minkost	Hoge minkost
Belang van randvoorwaarden	Overwegend negatief	matig negatief	Verwaarloosbaar effect	matig positief	Overwegend positief

Algemene toepasbaarheid en type weginrichting nemen we niet op in de beoordeling omdat deze niet als uitsluitingscriteria voor de mogelijke implementatie van een maatregel worden aanzien.

Om de verschillende criteria concreet te beoordelen volgens het beoordelingskader werd gebruik gemaakt van:

- Literatuur (zie literatuurlijst in het tabblad 'referenties' van de Excel©-tool)
- Via expertise bij de medewerkers van ARCADIS BE en NL
- Informatie over kostprijzen werd, naast info uit de literatuur, meegenomen op basis van bij ARCADIS uitgevoerde weginrichtingsprojecten.

3.1.2 Algemene toepasbaarheid

Met dit criterium wordt aangegeven op welk wegtype de maatregel van toepassing is. Met onderscheid tussen:

- Verbindingsweg (Hoofdweg of primaire weg)
- Buitenweg
- Stedelijke weg

3.1.3 Maatregelcategorie

In hoofdstuk 2 werd aangegeven dat de verschillende maatregelen worden gecategoriseerd volgens het type maatregel, waarbij een onderscheid wordt gemaakt in:

- Keuze wegbedekking
- Dimensionering: maatregelen die rekening houden met de dimensionering van straten, positionering van fiets-/voetpaden
- Doorstroming
 - bij kruispunten
 - bij obstakels
 - bij voetgangersovergangen
- Overdrachtsmaatregelen: maatregelen die geen invloed hebben op de emissies van luchtpolluenten of geluid aan de bron (het voertuig) maar wel een effect hebben op de distributie van luchtpolluenten/geluid naar de omgeving.

3.1.4 Impact op luchtkwaliteit en geluid

Het effect op luchtkwaliteit wordt uitgedrukt in verandering in de concentratie NO₂ in µg/m³ en het aandeel van deze verandering ten opzichte van de jaargemiddelde norm voor NO₂ (40µg/m³)

Het effect voor geluid wordt uitgedrukt in verandering van dB(A), namelijk de impact op het equivalente geluidsniveau LAeq in dB(A) vanwege het wegverkeer.

De gekwantificeerde effecten worden, indien beschikbaar, overgenomen uit literatuur. Het is duidelijk dat niet voor alle maatregelen dergelijke informatie beschikbaar is in de literatuur. Dit is vooral het geval voor specifieke fysieke maatregelen, die eigenlijk ontworpen zijn in het kader van verkeersveiligheid en doorstroming en niet met het oog op het verbeteren van luchtkwaliteit en geluidshinder. Hierbij denken we vooral aan de maatregelen, die gecategoriseerd zijn als:

- Doorstroming bij kruispunten
- Doorstroming bij obstakels
- Doorstroming bij voetgangersovergangen

Bovendien zijn de aangegeven effecten uit de literatuur voor verschillende maatregelen niet altijd vergelijkbaar omwille van verschillende basisaannames naar bijvoorbeeld verkeersintensiteit, aandeel zwaar vervoer, afstand van de weg waar de beoordeling gebeurt, ...

Daar waar geen literatuur rond effecten naar lucht en geluid beschikbaar zijn wordt een berekening als alternatief voorgesteld. Hierna wordt toegelicht hoe effecten van deze maatregelen kunnen gekwantificeerd worden.

Waar geen literatuur beschikbaar is, kunnen de effecten op de luchtkwaliteit van verscheidene maatregelen vertaald worden naar effecten als gevolg van:

- Het veranderen van de gemiddelde snelheid langs een traject door de maatregel
- Het veranderen van de ritdynamiek (en dus meer of minder stoppen en accelereren)

3.1.4.1 Impact op luchtkwaliteit

3.1.4.1.1 Impactinschatting snelheid op luchtkwaliteit

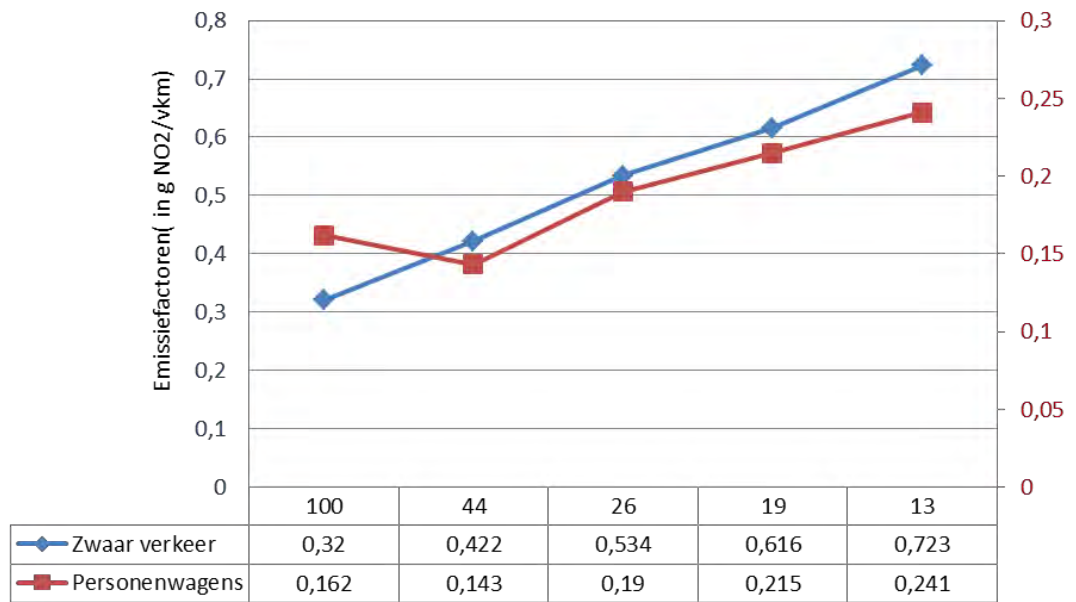
Wat betreft snelheidsveranderingen (dus een weginrichting met als doel om de gemiddelde snelheid van een wegsegment te veranderen zonder hinder in doorstroming) wordt de impact gesimuleerd door gebruik te maken van de verschillende snelheidstypes, beschikbaar in het CAR-model (zie Tabel 3.2).

Tabel 3.2 : De snelheidstypen in CAR-Vlaanderen

Snelheidstype	gemiddelde rijsnelheid
Snelweg	gemiddelde rijsnelheid is 100 km/uur
Buitenweg	weg met een snelheidslimiet van maximaal 70 km/uur (gemiddeld 44 km/uur)
Doorstromend stadsverkeer	doorstromend verkeer binnen de bebouwde kom, stadsstraat (gemiddeld 26 km/uur)
Normaal stadsverkeer	gemiddelde snelheid 19 km/uur
Stagnerend verkeer	de doorstroming van het verkeer wordt belemmerd, gemiddeld 13 km/uur

De EF, die voor het referentiejaar 2015 gebruikt worden, worden weergegeven in Figuur 3.1. Deze figuur toont aan dat, rekening houdend met deze gemiddelde snelheden, de EF het laagst zijn voor respectievelijk zwaar verkeer en personenwagens voor het snelheidstype 'snelweg' en 'buitenweg'. Meer gedetailleerde datasets met EF tonen aan dat de optimum snelheid (d.w.z. met de laagste uitstoot) voor personenwagens bij 70 km/u ligt. Voor een volledige vloot (gerekend met een vlootsamenstelling van ongeveer 90 % licht verkeer en 10 % zwaar verkeer) ligt deze optimumsnelheid bij 80 km/u (VITO).

Figuur 3.1 : Emissiefactoren voor NO₂ uit het CAR Vlaanderen model (in g/vkm)

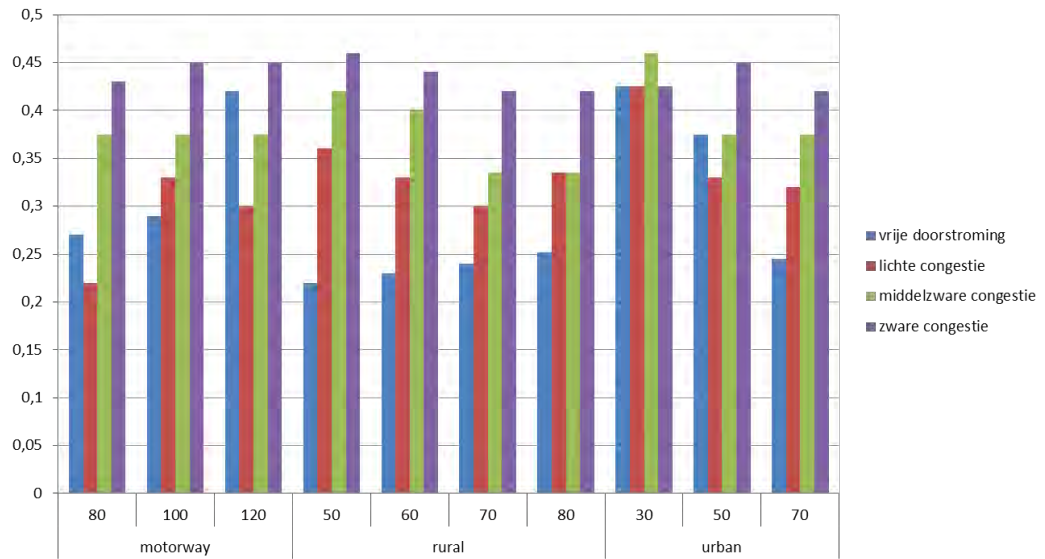


3.1.4.1.2

Impactinschatting ritdynamiek op luchtkwaliteit

Effecten van maatregelen, die een impact hebben op de ritdynamiek (of wijziging in congestie) worden doorgerekend door rekening te houden met de verandering in EF. Het effect van verschillende vormen van congestie wordt weergegeven in Figuur 3.2 en kan helpen bij het beoordelen van het effect. Op basis van deze figuur werd de wijziging in EF door een gewijzigde verkeerssituatie, gaande van vrije doorstroming naar lichte, middelzware congestie en start en stop dynamiek (~zwarte congestie).

Figuur 3.2 : Gewogen NOx-emissiefactoren personenauto's 2008, per wegtype en afwikkelingsniveau (bron : Lucht in onderzoek, nr. 5, oktober 2012), onderaan: verhouding van de EF ten opzichte van de situatie 'vrije doorstroming'



	snellheid (km/u)	zware congestie	middelzware congestie	lichte congestie	vrije doorstroming
Snelweg	80	1,6	1,4	0,8	1,0
	100	1,6	1,3	1,1	1,0
	120	1,1	0,9	0,7	1,0
Landelijk	50	2,1	1,9	1,6	1,0
	60	1,9	1,7	1,4	1,0
	70	1,8	1,4	1,3	1,0
	80	1,7	1,3	1,3	1,0
Stedelijk	30	1,0	1,1	1,0	1,0
	50	1,2	1,0	0,9	1,0
	70	1,7	1,5	1,3	1,0

Effecten naar luchtkwaliteit zullen dus, waar nodig, bepaald worden op basis van het aangeven van verandering in snelheid en/of ritdynamiek. Waar dit enkel kan uitgedrukt worden in emissies kan via CAR Vlaanderen een effect op de bijdrage tot de luchtkwaliteit gesimuleerd worden.

Sommige studies wijzen op het feit dat een verbeterde doorstroming een verhoging van de intensiteit kan veroorzaken en dus een verhoging van de emissies (NCHRP, 2005). Bij het bekijken van doorstroming en ritdynamiek in deze studie wordt echter verondersteld dat de verkeersintensiteit gelijk blijft.

3.1.4.1.3 Beoordelingskader luchtkwaliteit

Voor de beoordeling stellen wij voor om hier het beoordelingskader dat gebruikt wordt voor lijnbronnen in het kader van MERs (volgens het richtlijnenhandboek Lucht):

- Significant effect: NO₂-concentratie wijzigt met > 3% van de norm (> 1,2 µg/m³)
- Matig effect: NO₂-concentratie wijzigt met > 1% van de norm (tussen 0,4 en 1,2 µg/m³)
- Verwaarloosbaar effect: NO₂-concentratie wijzigt met < 1% van de norm (< 0,4 µg/m³)

3.1.4.2 Impact op geluid

3.1.4.2.1 Impactinschatting snelheid op geluid

Tabel 3.3 geeft de geluidsreducties weer die gemiddeld kunnen behaald worden door de snelheid te verlagen. Op een weg waar er door de aanwezigheid van een horizontale snelheidsremmer bijvoorbeeld een snelheidsverandering van 60 km/h naar 50 km/h is, wordt er een geluidsreductie van 2,1 dB(A) verwacht.

Tabel 3.3 : Geluidsreductie in functie van snelheidsvermindering (bron: DRI, 2004)

Snelheidsvermindering (10% zware vracht)	Geluidsreductie (dB(A))
Van 110 naar 100km/u	0,7
Van 100 naar 90km/u	0,7
Van 90 naar 80km/u	1,3
Van 80 naar 70km/u	1,7
Van 70 naar 60 km/u	1,8
Van 60 naar 50km/u	2,1
Van 50 naar 40km/u	1,4
Van 40 naar 30km/u	0

De geluidsreductie werd in DRI (2004) bepaald op basis van de 'Nordic Prediction Method'³ (DG TREN, 2005) van 1996 waarbij er vanuit gegaan wordt dat het geluid van lichte voertuigen onder de 40 km/u bepaald wordt door het motorgeluid. Bij zware voertuigen is het motorgeluid bepalend tot 50 km/u. Het geluid zal bijgevolg gereduceerd worden bij lagere snelheden tot 40 km/u en 50 km/u voor respectievelijk lichte en zware voertuigen. De geluidsreductie werd bepaald op 10 m van de wegas waarbij er slechts 10% zware voertuigen aanwezig zijn. In het kader van onderliggende studie werd gesimuleerd en vastgesteld dat een aandeel van 8% zware voertuigen in plaats van de gebruikte 10% in DRI (2004) geen effect heeft op het resultaat. De resultaten uit Tabel

³ SEL(lichte voertuigen)=73,5 dB(A) + 25 x log (v/50) [met v>40 km/h; voor v<40km/h: SEL = 71,1 dB(A)]

SEL(zware voertuigen)=80,5 dB(A) + 30 x log (v/50) [met v>50 km/h; voor v<50km/h: SEL = 80,5 dB(A)]

SEL = sound exposure level = het constante niveau tijdens een seconde dat over dezelfde geluidsenergie beschikt als het originele geluid dat gedurende een bepaalde duur werd gehoord.

SEL= LAeq,t + 10 * log(t) waarbij t = duur van voorbijrijdend voertuig uitgedrukt in seconden

3.3 werden daarom als representatief beschouwd voor de in onderliggende studie beschouwde referentiesituaties. Er werd ook verondersteld dat de zware voertuigen maximum 90 km/u rijden.

3.1.4.2.2 Impactinschatting ritdynamiek op geluid

De gekwantificeerde effecten worden, indien beschikbaar, overgenomen uit literatuur. Net zoals bij effecten op luchtkwaliteit is er niet voor alle maatregelen dergelijke informatie beschikbaar in de literatuur. Voor het bepalen van effecten van de ritdynamiek op geluid wordt (naar analogie met de impact op luchtkwaliteit) het geluidseffect bij een kruispunt en bij een obstakel berekend volgens de standaardrekenmethode 1 van het reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (Staatscourant, nr. 11810).

3.1.4.2.2.1 Effecten geluid bij kruispunten

In de standaardrekenmethode 1 van het reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (Staatscourant, nr. 11810) wordt de bijkomende geluidsbijdrage ($C_{\text{kruispunt}}$) ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een kruispunt berekend. De correctieterm geeft een toeslag weer ten opzichte van verkeer dat rijdt met een constante snelheid van 50 km/h.

De kruispuntcorrectie $C_{\text{kruispunt}}$ wordt bij met verkeerslichten geregelde kruisingen van wegen toegepast tot 150 meter van het kruispunt als de verkeersintensiteit op de kruisende weg (ten opzichte van de beschouwde weg) groter is dan 1/5 van de verkeersintensiteit op de beschouwde weg en minimaal 500 motorvoertuigen per etmaal bedraagt. Deze correctie, die voor elke rijlijn apart wordt bepaald, wordt op de volgende manier berekend:

$$C_{\text{kruispunt}} = 1,4 + 0,01p - 0,01a$$

met:

- p: de som van het percentage middelzware- en zware motorvoertuigen [%];
- a: de afstand van het waarneempunt tot het midden van het kruispunt [m].

Indien meerdere kruisingen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen de meest dichtstbijzijnde kruising beschouwd.

Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8% middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan wordt er op 50 m van het midden van het kruispunt een toeslag van 1 dB(A) berekend ten gevolge van het kruispunt (t.o.v. doorrijdend verkeer aan 50 km/h op het kruispunt).

3.1.4.2.2.2 Effecten geluid bij obstakels

Het plateau of de drempel is een voorziening die door de snelheidsvermindering globaal het geluidniveau kan verminderen met ca. 2 dB(A) op voorwaarde dat de voorgeschreven

naderingssnelheden nageleefd worden zodat er niet bruusk geremd of overgeschakeld wordt en op voorwaarde dat de vorm van de drempel of het plateau sinusoidaal is (R39). Bij een vlakke (trapezoidale) drempel of plateau kan het geluidsniveau zelfs plaatselijk stijgen tot ca. 6 dB(A).

Kort voor de drempel en juist erachter ontstaat er een kleine geluidsverhoging door toedoen van respectievelijk het remmen en het versnellen van de voertuigen (voornamelijk zware voertuigen).

In de standaardrekenmethode 1 van het reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (R62) wordt de bijkomende geluidsbijdrage (C_{obstakel}) ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt berekend. De correctieterm wordt toegepast tot 100 meter van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als, ten gevolge van de obstakel, de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt.

Deze correctie, die voor elke rijlijn apart wordt bepaald, wordt op de volgende manier berekend:

$$C_{\text{obstakel}} = 0,65 + 0,004p - 0,007a$$

met:

- p: de som van het percentage middelzware- en zware motorvoertuigen [%];
- a: de afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel [m].

Indien meerdere obstakels die de snelheid sterk verlagen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen het meest dichtstbijzijnde obstakel beschouwd.

Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8% middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan wordt er op 50 m van het midden van het obstakel een toeslag van 0,3 dB(A) berekend ten gevolge van het obstakel.

3.1.4.2.3 Beoordelingskader geluid

Voor de beoordeling stellen wij voor om hier het beoordelingskader dat gebruikt wordt in het kader van MERs:

- Significant effect: verlaging/verhoging van het verkeersgeluid > 3 dB(A)
- Matig effect: verlaging/verhoging van het verkeersgeluid > 1 dB(A)
- Verwaarloosbaar effect : verlaging/verhoging van het verkeersgeluid < 1 dB(A)

3.1.5 Kosten

Gemiddelde kostprijzen werden bepaald aan de hand van interne informatie, aanwezig bij ARCADIS op basis van uitgevoerde weginrichtingsprojecten. Waar geen interne informatie beschikbaar, werden cijfers uit de literatuur overgenomen.

Een kwalitatief beoordelingskader werd als volgt opgesteld:

- Hoge meerkost/minkost:
- Matige meerkost/minkost
- Beperkte meerkost/minkost

Noteer dat de inschatting van het effect kost in sterke mate gebaseerd is op *expert judgement*. Omwille van het feit dat kosten heel erg afhankelijk zijn van specifieke projectontwerpen is het moeilijk om (1) een gemiddelde kostprijs van het meerwerk in te schatten en (2) een gemiddelde kost van de nieuwe of gewijzigde inrichting zonder de maatregel in te schatten. Bij deze beoordeling werd enkel rekening gehouden met directe meer- of minkosten als gevolg van materiaalgebruik bij de weginrichting. Kosten voor eventuele onteigeningen bijvoorbeeld werden niet meegenomen. Dit betekent dat de maatregelen in de huidige studie beoordeeld worden in de veronderstelling dat het technisch mogelijk is om deze maatregelen toe te passen zonder dat extra ruimte moet gecreëerd worden door onteigeningen. ***Omwille van de grote marge en onzekerheid bij dit criterium wordt de beoordeling van dit criterium enkel opgenomen in de fiches maar wordt dit criterium niet meegenomen in de uiteindelijke overkoepelende beoordeling van de maatregelen.***

3.1.6

CO₂

Voor de beoordeling stellen wij voor om hier het beoordelingskader toe te passen dat gebruikt wordt voor lijnbronnen in het kader van MERs (volgens het richtlijnenhandboek Lucht):

- Significant negatief/positief effect: stijging/daling van de emissies met > 3%
- Matig negatief/positief effect: stijging/daling van de emissies met > 1%
- Verwaarloosbaar effect: stijging/daling van de emissies met < 1%

3.1.7

Doorstroming/verkeersveiligheid/randvoorwaarden

Deze criteria worden louter kwalitatief ingeschat op basis van *expert judgement* van het expertenteam.

3.3 Resultaat van de MCA

De volledige MCA wordt als bijlage bij dit rapport toegevoegd onder de vorm van maatregelfiches. Deze fiches geven een beschrijving van de verschillende maatregelen voor alle criteria. Daarbovenop worden deze beschrijvingen vertaald naar een eenduidige beoordeling op basis van een vastgelegd beoordelingskader (zie Tabel 3.1).

In de hiernavolgende paragrafen worden de globale resultaten op twee verschillende niveaus besproken (zonder elke maatregel afzonderlijk te bespreken):

- Focus op impact op luchtkwaliteit en geluidshinder
- Integratie van alle criteria (exclusief het criterium 'kosten')

Voor de definitie van verbindingsweg, buitenweg en stedelijk weg, zoals gebruikt in deze studie, verwijzen we naar Tabel 2.2. De beoordeling geeft een score weer per criterium, gelinkt aan het beoordelingskader in Tabel 3.1. Daarnaast wordt een totaalscore weergegeven. Dit is de mathematische som van de scores van de verschillende criteria. Er werd geen wegingsfactor toegepast. Dit betekent dat alle criteria even zwaar doorwegen in de totaalscore. Op basis van een kleurschakering gaande van groen (hoogste score) naar rood (laagste score) wordt visueel aangegeven welke maatregelen het best beoordeeld worden.

3.3.1 Focus op impact op luchtkwaliteit en geluidshinder

De focus van deze studie ligt op het evalueren van mogelijke keuzes bij weginrichting op de luchtkwaliteit en geluidshinder veroorzaakt door het verkeer op de weg. Vanuit deze doelstelling wordt dus eerst de focus gelegd op deze criteria om in het volgende hoofdstuk deze resultaten te nuanceren in het volledige kader van alle in rekening gebrachte criteria.

De resultaten van de beoordeling van de impact op de luchtkwaliteit en de geluidshinder worden weergegeven voor respectievelijk verbindingswegen, buitenwegen en stedelijke wegen in Figuur 3.3, Figuur 3.4 en Figuur 3.5.

Figuur 3.3 : Overzicht van de MCA voor Verbindingswegen

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	TOTAAL
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)	0	0	0
Stille wegverharding	0	2	2
Stille voegovergangen op bruggen	0	1	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	2	1	3
Geluidsschermen	1	2	3
Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit)	1	2	3
Aanbrengen van een luifel	1	2	3
Aanbrengen overkapping of ondertunneling	2	2	4
Groenmaatregelen - bomenrij	-1	0	-1
Groenmaatregelen - dicht bos	0	1	1

Uit Figuur 3.3 kan worden besloten dat voor verbindingswegen, het aanbrengen van een overkapping of ondertunneling, de meest geschikte maatregel is. De reden hiertoe is dat dit de enige maatregel is met een significant positief effect op zowel luchtkwaliteit als geluidshinder. Er dient echter opgemerkt dat het positieve effect naar luchtkwaliteit zich zal voordoen langsheen de tunnel maar dat de luchtkwaliteit aan de tunnelmonden daarentegen mogelijks kan verslechteren. Ook geluidsschermen, een luifel en een omvorming tot ongelijkvloerse kruising hebben zowel een positief effect op luchtkwaliteit als geluidshinder, voor geluidsschermen en een luifel is dit effect voor lucht matig, terwijl een ongelijkvloerse kruising slecht een matig positief effect heeft op geluid. Wat betreft effecten op geluid scoren stille wegverharding, geluidsschermen, overkapping of ondertunneling en een luifel alle significant positief, wat betekent dat deze maatregelen een reductie van meer dan 3 dB(A) kunnen veroorzaken. Hier dient echter opgemerkt dat het verschil in effect tussen deze maatregelen nog erg kan verschillen maar in het kader van de huidige studie, welke vooral maatregelen voor buitenwegen en stedelijke wegen wil in kaart brengen, in dezelfde klasse vallen. Voor overkapping of ondertunneling spreekt de literatuur over een reductie van 15 dB, terwijl voor een scherm een reductie van 10 dB enkel bereikt wordt op 30m van de weg. Een stille wegverharding veroorzaakt een reductie van 3 dB. Het voorzien van een dicht bos als groenmaatregel heeft een matig positief effect op geluid. Hier dient opgemerkt dat het hier een bos van 10-20m breed betreft, terwijl een dicht bos van minstens 100 m breed (groenmaatregelen) een reductie van maximaal 5 dB kan veroorzaken. Een bomenrij heeft een verwaarloosbaar effect op geluid en zelf een matig negatief effect op luchtkwaliteit omdat deze bomenrij kan zorgen voor een verlaagde verdunning van de concentraties.

Figuur 3.4 : Overzicht van de MCA voor Buitenwegen (gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom)

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	TOTAAL
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)	0	0	0
Stille wegverharding	0	2	2
Stille voegovergangen op bruggen	0	1	1
Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden)	1	2	3
Aanleggen van rotondes	-1	2	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	2	1	3
Aanleg afslagstroken op kruispunten	0	0	0
Aanleggen van voorrangspleitjes op kruispunten	0	1	1
Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel)	-2	0	-2
Aanbrengen horizontale snelheidsremmers (wegversmalling door bv.: lokale	-2	0	-2
Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen)	0	0	0
Bushalte op de weg	-2	0	-2
Bushalte langs de weg	-1	0	-1
Voetgangers- of fietsersoversteken met verkeerslichten	-1	0	-1
Voetgangers- en fietsersoversteken met horizontale snelheidsremmers (bv lokale midden	-2	0	-2
Voetgangers- of fietsersoversteken met verticale snelheidsremmers	-2	0	-2
Aanleg fietstunnels en fietsbruggen	0	0	0
Geluidsschermen	1	2	3
Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit)	1	2	3
Aanbrengen van een luifel	1	2	3
Aanbrengen overkapping of ondertunneling	2	2	4
Groenmaatregelen - bomenrij	-1	0	-1
Groenmaatregelen - dicht bos	0	1	1

Voor wat betreft buitenwegen toont Figuur 3.4 dat het aanbrengen van een overkapping of ondertunneling de best beoordeelde maatregel is voor wat betreft lucht en geluid. Deze maatregel scoort significant positief voor beide criteria.

De juiste dimensionering van straten door het verleggen van fietspaden, voetpaden, geluidsschermen en het aanbrengen van een luifel hebben een significant positief effect op geluid maar een matig positief effect op lucht. De omvorming tot een ongelijkvloerse kruising heeft een significant positief effect op lucht maar een matig positief effect op geluid.

De keuze van een wegverharding heeft een verwaarloosbaar effect op luchtkwaliteit. Stille wegverharding is de beste keuze naar effecten op geluid. Uit de fiches (zie bijlage) blijkt echter dat een juist keuze van wegverharding cruciaal is voor het bereiken van 3 dB reductie. Literatuur geeft echter aan dat door het vervangen van een oude wegverharding reeds een reductie van 2-3 dB kan behaald worden.

Bij de maatregelen die inspelen op doorstroming bij kruispunten, is het omvormen tot een ongelijkvloerse kruising de maatregel die als beste naar boven komen uit de beoordeling. Het aanleggen van een rotonde heeft vooral een positief effect op geluidshinder door de verbeterde doorstroming. Het effect op lucht is hier echter negatief omdat bij lucht een

teggengesteld effect speelt van enerzijds, daling van de emissies door betere doorstroming en stijging van de emissies door het verlagen van de snelheid. Wat betreft een omvorming tot ongelijkvloerse kruising dient opgemerkt dat omwille van de onzekerheid van het effect, een eventueel negatieve impact op lucht en geluid vooral door vrachtwagens die de helling moeten oprijden niet werd meegenomen. Dit negatieve effect komt echter enkel voor bij steile hellingen.

Weginrichtingsmaatregelen binnen de categorieën doorstroming bij obstakels en voetgangers- of fietsersoversteken hebben over het algemeen een negatief effect op luchtkwaliteit en geluidshinder omdat obstakels over het algemeen de doorstroming van het verkeer verhinderen. Enkel het voorzien van een fietsbrug- of tunnel heeft een verwaarloosbaar effect op lucht of geluid (de doorstroming van het verkeer verbetert maar niet in die mate dat het effect zichtbaar is). Dit is te wijten aan het feit dat vergeleken wordt met een referentie zonder oversteekplaats en dus met vrije doorstroming. Het is wel duidelijk uit de analyse dat het voorzien van een fietsbrug of – tunnel de meest geschikte maatregel is naar luchtkwaliteit en geluidshinder om een oversteekplaats voor fietsers en voetgangers te voorzien.

Betreffende overgangsmaatregelen was reeds aangegeven dat een overkapping of ondertunneling een significant positief effect heeft zowel op lucht als geluid. Net zoals bij verbindingswegen moet hier aangegeven worden dat de concentraties bij tunnelmonden echter hoger kunnen zijn dan in de referentiesituatie zonder tunnel of overkapping. Dezelfde opmerkingen qua verschil in grootte van effect tussen de verschillende overdrachtsmaatregelen naar geluid toe zijn ook hier geldig. Ook de effecten van een bomenrij en een dicht bos als overdrachtsmaatregel zijn identiek als voor verbindingswegen.

Figuur 3.5 : Overzicht van de integrale MCA voor Stedelijke wegen (gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom)

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	TOTAAL
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)	0	0	0
Stille wegverharding	0	2	2
Stille straatstenen	0	0	0
Juiste dimensionering van straten (breedte tov bouwhoogte)	2	0	2
Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden)	2	2	4
Aanleggen van rotondes	-1	2	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	1	1	2
Aanleg afslagstroken op kruispunten	0	0	0
Aanleggen van voorrangspointjes op kruispunten	0	1	1
Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel)	-2	0	-2
Aanbrengen horizontale snelheidsremmers (wegversmalling door bv.: lokale middenberm,	-2	0	-2
Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen)	0	0	0
Bushalte op de weg	0	0	0
Bushalte langs de weg	0	0	0
Voetgangers- of fietsersoversteken met verkeerslichten	-2	0	-2
Voetgangers- en fietsersoversteken met horizontale snelheidsremmers	-2	0	-2
Voetgangers- of fietsersoversteken met verticale snelheidsremmers	-2	0	-2
Groenmaatregelen - bomenrij	-2	0	-2

Het resultaat voor stedelijke wegen (Figuur 3.5) is analoog aan die voor buitenwegen. Een juiste dimensionering van straten (positioneren van fietspaden/voetpaden) is het meest positief. Indien de mogelijkheid zich aandient om fietspaden en voetpaden verder van de weg te positioneren dan heeft dit een positief effect naar luchtkwaliteit voor de voetganger/fietser. Dit vanuit de wetenschap dat luchtconcentraties en geluid dalen naarmate men zich verder van de weg bevindt. Het omvormen tot een ongelijkvloerse kruising is minder positief beoordeeld naar lucht toe dan voor buitenwegen. De reden hiertoe is dat bij lagere snelheden het effect van doorstroming minder doorweegt. Het voorzien van snelheidsremmers heeft een negatieve impact op de doorstroming en veroorzaakt een lagere rijsnelheid, wat een negatieve impact heeft op de emissies van de wagens en dus op de luchtkwaliteit. De keuze tussen een bushalte op of naast de weg heeft weinig impact op lucht en geluid omdat bij lagere snelheden de impact op emissies naar lucht bij verandering van de ritdynamiek minder is dan bij hogere snelheden (zoals bij buitenwegen). Het voorzien van een bomenrij is significant negatief voor lucht omdat de verdunning van de pollutanten binnen de straat door de aanwezigheid van bomen verlaagd wordt. Richtlijnen rond de juiste keuze van de groenmaatregelen worden uitvoerig beschreven in de groene toolbox (ARCADIS Nederland, 2012; zie in bijlage).

3.3.2 Integratie van alle criteria (exclusief 'kosten')

De resultaten van de integrale beoordeling van alle criteria per maatregel worden weergegeven voor respectievelijk verbindingswegen, buitenwegen en stedelijke wegen in Figuur 3.6, Figuur 3.7 en Figuur 3.8.

Door de integrale beoordeling krijgen we soms een ander beeld doordat verkeersveiligheid, doorstroming en andere randvoorwaarden een rol spelen in de volledige beoordeling.

Bij verbindingswegen (Figuur 3.6) krijgen katalytische wegen en geluidsschermen met katalytische coating een negatieve score voornamelijk omdat deze maatregelen nog in een onderzoeksfase zijn en de effecten ervan nog onvoldoende bewezen zijn, dit komt zowel tot uiting bij de beoordeling van het effect op lucht als bij de randvoorwaarden. Overdrachtsmaatregelen krijgen naar verkeersveiligheid een negatieve score omdat deze maatregelen soms tot obstakelvrees leiden bij de weggebruiker en de kans op ongevallen vergroten. Aan geluidsschermen zijn ook randvoorwaarden verbonden voor de omwonenden met het oog op visuele obstakels. Het aanleggen van een dicht bos naast een weg kan echter wel, in tegenstelling tot een enkele rij bomen, een deel (~2,4%) van de uitgestoten CO₂-emissies op de weg capteren (hierbij werd een simulatie uitgevoerd van de aanleg van een 20m breed bos over een lengte van 500m, in vergelijking met de uitstoot van het verkeer over diezelfde afstand). Algemeen kan gesteld worden dat bronmaatregelen de voorkeur verdienen ten opzichte van overdrachtsmaatregelen omdat overdrachtsmaatregelen niet op alle locaties hetzelfde effect veroorzaken. De omvorming tot ongelijkvloerse kruising komt dus veruit als beste maatregel naar voor. Het kiezen voor een stille wegverharding komt hier ook uit als een van de betere maatregelen omdat de andere criteria het significant positief effect naar geluid toe niet teniet doen, wat wel het geval is bij een aantal van de overdrachtsmaatregelen, die ook naar lucht en geluid significant positief werden beoordeeld.

Bij buitenwegen (Figuur 3.7) komen aanleg van rotondes, omvorming tot ongelijkvloerse kruising ook als beste naar voor.

Binnen de categorie "keuze wegverharding" is de aanleg van een stille wegverharding de best beoordeelde maatregel. Een katalytische weg krijgt een negatieve totaalscore vooral omdat het effect op lucht verwaarloosbaar is (of tot op vandaag onvoldoende aangetoond) en bovendien is deze maatregel nog in onderzoeksfase.

Binnen de categorie "dimensionering van straten" krijgt de juiste plaatsing van fiets- en voetpaden een positieve beoordeling.

Bij het aanleggen van kruispunten kan best gekozen worden voor een ongelijkvloerse kruising. Niettegenstaande de maatregel naar geluid minder goed scoort dan rotondes, komt het effect op brandstofverbruik door verschil in doorstroming dubbel naar boven in

de criteria *effect op lucht* en *effect op CO₂*, terwijl dit effect voor rotondes verwaarloosbaar is en zelfs teniet wordt gedaan door de lagere snelheid waarmee de voertuigen op de rotonde rijden (en hun effect op een verhoging van de uitstoot naar lucht).

Het voorkomen van obstakels op de weg is naar luchtkwaliteit en geluid overwegend negatief omdat deze maatregelen een impact hebben op de doorstroming. Verticale snelheidsremmers, al dan niet bij fiets- of voetgangersoversteken, scoren het meest negatief. Er zijn een aantal negatieve randvoorwaarden aan verbonden zoals het mogelijks voorkomen van trillingshinder voor gebouwen vlak naast de weg en het negatieve effect voor hulpdiensten. Bij het voorzien van een bushalte gaat de voorkeur naar een bushalte langs de weg boven op de weg, vooral op basis van veiligheidsoverwegingen.

Groenmaatregelen kunnen qua verkeersveiligheid een aantal negatieve effecten veroorzaken door bijvoorbeeld het beperken van het zicht, het tunneleffect dat mogelijks uitnodigt tot sneller rijden en als obstakel bij ongevallen. Het aanleggen van een dicht bos naast een weg kan echter wel, in tegenstelling tot een enkele rij bomen, een belangrijk deel (~7%) van de uitgestoten CO₂-emissies op de weg capteren (hierbij werd een simulatie uitgevoerd van de aanleg van een 20m breed bos over een lengte van 500m, in vergelijking met de uitstoot van het verkeer over diezelfde afstand). Randvoorwaarden worden als verwaarloosbaar beoordeeld omdat er zowel positieve als negatieve randvoorwaarden zijn. Zo heb je het positief psychologisch effect bij omwonenden door de aanwezigheid van een buffer. Aan de andere kant is een overdrachtsmaatregel minder verkiesbaar boven een bronmaatregel, omdat deze slechts voor een deel van de omwonenden een positief effect zal hebben op luchtkwaliteit en/of geluidshinder.

Bij stedelijke wegen (Figuur 3.8) zien we een vergelijkbaar resultaat als bij buitenwegen. Een stille wegverharding wordt als beste beoordeeld binnen de categorie "keuze wegverharding". Een stille straatsteen (een specifieke maatregel voor een stedelijke weg) heeft over de ganse lijn een verwaarloosbaar effect omdat deze, naar analogie met de overige maatregelen, beoordeeld wordt ten opzichte van SMA als wegverharding. Het aanleggen van straatstenen heeft een duidelijk negatieve impact naar geluid toe ten opzichte van het gebruik van SMA. Wanneer echter een stille straatsteen wordt gebruikt, dat wijzigt de geluidshinder verwaarloosbaar ten opzichte van SMA. Bij het gebruik van een straatsteen is een stille straatsteen (met dus een specifiek positief legverband) een goede maatregel. Een katalytische weg krijgt een negatieve totaalscore vooral omdat het effect op lucht verwaarloosbaar is en bovendien is deze maatregel nog in onderzoeksfase. Binnen de categorie "dimensionering van straten" krijgt de juiste plaatsing van fiets- en voetpaden de voorkeur boven de juiste keuze van de verhouding afstand tot de wegas/hoogte omliggende gebouwen vooral omwille van het effect op geluid.

Bij het aanleggen van kruispunten kan best gekozen worden voor een ongelijkvloerse kruising. Bij rotondes weegt de impact van doorstroming minder zwaar door op de emissies dan het stijgende verbruik door verlaging van de snelheid (en dus verhoging van CO₂-emissies).

Het voorkomen van obstakels op de weg is naar luchtkwaliteit en geluid overwegend negatief omdat deze maatregelen een impact hebben op de doorstroming. Verticale snelheidsremmers, al dan niet bij fiets- of voetgangersoversteken, scoren het meest negatief door het mogelijks voorkomen van trillingshinder voor gebouwen vlak naast de weg. Een bushalte naast de weg wordt verkozen boven een bushalte op de weg enkel en alleen omdat deze maatregel als beter voor de verkeersveiligheid wordt beoordeeld.

Het voorzien van een bomenrij als groenmaatregel scoort negatief door de negatieve impact op lucht en de bijkomende negatieve impact op verkeersveiligheid (beperken van het zicht en het tunneleffect).

Figuur 3.6 : Overzicht van de integrale MCA voor Verbindingswegen

MAATREGEL	CATEGORIE	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	CO2	DOORSTRO MING	VERKEERS VEILIGHEID	RANDVOO RWAARDE N	TOTAAL
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)	Keuze wegbedekking	0	0	0	0	0	-2	-2
Stille wegverharding	Keuze wegbedekking	0	2	1	0	0	0	3
Stille voegovergangen op bruggen	Keuze wegbedekking	0	1	0	0	0	0	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	Doorstroming bij kruispu	2	1	1	2	2	-1	7
Geluidsschermen	Overdrachtsmaatregelen	1	2	0	0	-1	-1	1
Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit)	Overdrachtsmaatregelen	1	2	0	0	-1	-2	0
Aanbrengen van een luifel	Overdrachtsmaatregelen	1	2	0	0	-1	-1	1
Aanbrengen overkapping of ondertunneling	Overdrachtsmaatregelen	2	2	0	0	-1	-1	2
Groenmaatregelen - bomenrij	Overdrachtsmaatregelen	-1	0	0	0	-1	0	-2
Groenmaatregelen - dicht bos	Overdrachtsmaatregelen	0	1	1	0	-1	0	1

Figuur 3.7 : Overzicht van de integrale MCA voor Buitenwegen (gemeentelijke wegen buiten de bebouwde kom)

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	CO2	DOORSTRO MING	VERKEERSV ELIGHEID	RANDVOOR WAARDEN	TOTAAL
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)	0	0	0	0	0	-2	-2
Stille wegverharding	0	2	1	0	0	0	3
Stille voegovergangen op bruggen	0	1	0	0	0	0	1
Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden)	1	2	0	1	0	-1	3
Aanleggen van rotondes	-1	2	0	1	2	-1	3
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	2	1	1	2	2	-1	7
Aanleg afslagstroken op kruispunten	0	0	1	1	1	0	3
Aanleggen van voorrangspleitjes op kruispunten	0	1	0	2	-1	0	2
Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel)	-2	0	-1	-1	2	-1	-3
Aanbrengen horizontale snelheidsremmers (wegversmalling door bv.: lokale	-2	0	-1	-1	2	0	-2
Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen)	0	0	0	-1	-1	0	-2
Bushalte op de weg	-2	0	0	-1	-1	0	-4
Bushalte langs de weg	-1	0	0	-1	0	0	-2
Voetgangers- of fietsersoversteken met verkeerslichten	-1	0	-1	-1	2	0	-1
Voetgangers- en fietsersoversteken met horizontale snelheidsremmers (bv lokale midden	-2	0	-1	-1	2	0	-2
Voetgangers- of fietsersoversteken met verticale snelheidsremmers	-2	0	-1	-1	2	-1	-3
Aanleg fietstunnels en fietsbruggen	0	0	0	2	2	1	5
Geluidsschermen	1	2	0	0	-1	-1	1
Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit)	1	2	0	0	-1	-2	0
Aanbrengen van een luifel	1	2	0	0	-1	-1	1
Aanbrengen overkapping of ondertunneling	2	2	0	0	-1	-1	2
Groenmaatregelen - bomenrij	-1	0	0	0	-1	0	-2
Groenmaatregelen - dicht bos	0	1	2	0	-1	0	2

Figuur 3.8 : Overzicht van de integrale MCA voor Stedelijke wegen (gemeentelijke wegen binnen de bebouwde kom)

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	CO2	DOORSTRO MING	VERKEERS VEILIGHEID	RANDVOO RWAARDE	TOTAAL
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)	0	0	0	0	0	-2	-2
Stille wegverharding	0	2	1	0	0	0	3
Stille straatstenen	0	0	0	0	0	0	0
Juiste dimensionering van straten (breedte tov bouwhoogte)	2	0	0	0	0	-1	1
Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden)	2	2	0	1	0	-1	4
Aanleggen van rotondes	-1	2	0	1	2	-1	3
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	1	1	1	2	2	-1	6
Aanleg afslagstroken op kruispunten	0	0	1	1	1	0	3
Aanleggen van voorrangspointjes op kruispunten	0	1	0	2	-1	0	2
Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel)	-2	0	-1	-1	2	-1	-3
Aanbrengen horizontale snelheidsremmers (wegversmalling door bv.: lokale	-2	0	-1	-1	2	0	-2
Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen)	0	0	0	-1	-1	0	-2
Bushalte op de weg	0	0	0	-1	-1	0	-2
Bushalte langs de weg	0	0	0	-1	0	0	-1
Voetgangers- of fietsersoversteken met verkeerslichten	-2	0	-1	-1	2	0	-2
Voetgangers- en fietsersoversteken met horizontale snelheidsremmers (bv lokale midden	-2	0	-1	-1	2	0	-2
Voetgangers- of fietsersoversteken met verticale snelheidsremmers	-2	0	-1	-1	2	-1	-3
Groenmaatregelen - bomenrij	-2	0	0	0	-1	0	-3

4 Voorstel tot opnemen van maatregelen

Het voorstel tot selectie uit de lijst van beoordeelde maatregel gebeurt op twee niveaus:

- Schrappen van maatregelen op basis van een duidelijke negatieve totaalscore
- Selectie van maatregelen met een duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid
- Selectie van maatregelen met de minst negatieve impact op lucht en/of geluid

Schrappen van maatregelen met een duidelijk negatieve totaalscore

Het schrappen van dergelijke maatregelen is niet enkel gebaseerd op de negatieve totaalscore maar houdt ook rekening met de redenen aan de basis van het geven van een negatieve score voor verkeersveiligheid en randvoorwaarden. Voor volgende maatregelen wordt voorgesteld om ze niet mee te nemen in de bestaande of in de nabije toekomst op te maken instrumenten voor weginrichters:

- **Katalytische weg:** er is nog geen duidelijk effect aangetoond voor deze maatregel waardoor dit effect onzeker is. De maatregel bevindt zich nog in een onderzoeksfase waardoor hij niet onmiddellijk toepasbaar is.
- **Geluidsschermen met coating:** er is nog geen duidelijk effect aangetoond voor deze maatregel waardoor dit effect onzeker is. De maatregel bevindt zich nog in een onderzoeksfase waardoor hij niet onmiddellijk toepasbaar is.
- **Aanbrengen van een luifel:** Om een duidelijk effect te bekomen blijkt uit de praktijk dat de rijstroken volledig moeten overkapt worden zodat beter de maatregel overkapping of ondertunneling weerhouden wordt
- **Verticale snelheidsremmers:** deze maatregel heeft niet alleen een negatief effect op lucht maar kan ook plaatselijk trillingen veroorzaken waardoor beter gekozen wordt voor horizontale snelheidsremmers

Maatregelen met een duidelijke positieve impact hebben op lucht en/of geluid

Dit zijn maatregelen die in eerste instantie dienen meegenomen te worden in de bestaande instrumenten omdat ze een duidelijk positieve impact hebben op lucht en/of geluid. Praktisch betekent dit een totaalscore voor lucht en geluid samen van 1 of hoger. In Tabel 4.1 tot en met Tabel 4.3 wordt deze selectie weergegeven voor de 3 wegtypes. Hierbij werden de maatregelen met een duidelijk negatieve totaalscore, zoals hierboven aangegeven reeds weggelaten.

Tabel 4.1: Maatregelen met duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid bij verbindingswegen

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	TOTAAL
Stille wegverharding	0	2	2
Stille voegovergangen op bruggen	0	1	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	2	1	3
Geluidsschermen	1	2	3
Aanbrengen overkapping of ondertunneling	2	2	4
Groenmaatregelen - dicht bos	0	1	1

Tabel 4.2: Maatregelen met duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid bij buitenwegen

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	TOTAAL
Stille wegverharding	0	2	2
Stille voegovergangen op bruggen	0	1	1
Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen)	1	2	3
Aanleggen van rotondes	-1	2	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	2	1	3
Geluidsschermen	1	2	3
Aanbrengen overkapping of ondertunneling	2	2	4
Groenmaatregelen - dicht bos	0	1	1

Tabel 4.3: Maatregelen met duidelijke positieve impact op lucht en/of geluid bij stedelijke wegen

MAATREGEL	EFFECT LUCHT	EFFECT GELUID	TOTAAL
Stille wegverharding	0	2	2
Juiste dimensionering van straten (afstand tot wegas tov bouwhoogte)	2	0	2
Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen)	2	2	4
Aanleggen van rotondes	-1	2	1
Omvorming tot ongelijkvloerse kruising	1	1	2
Aanleggen van voorrangspointjes op kruispunten	0	1	1

Selectie van maatregelen met de minst negatieve impact op lucht en/of geluid

Binnen de categorieën rond “doorstroming bij obstakels” krijgen de meeste maatregelen een negatieve beoordeling net omdat obstakels de ritdynamiek verhogen en/of de snelheid van voertuigen afremmen. Het aanbrengen van obstakels is echter nodig in de weginrichting, denk maar aan het verlagen van de snelheid ter hoogte van scholen, fiets- of voetgangersoversteken, ... of het aanleggen van een bushalte. Daarom kan bij dergelijke weginrichting de keuze gemaakt worden voor de optie met het minst negatieve effect op lucht en/of geluid.

Zowel bij buiten- als stedelijke wegen verdienen **horizontale snelheidsremmers** de voorkeur boven verticale snelheidsremmers.

Bij buitenwegen is er een duidelijke voorkeur voor het plaatsen van een **bushalte naast de weg** boven op de weg. Niettegenstaande deze keuze op basis van effecten op lucht en geluid minder duidelijk is bij stedelijke wegen, geldt deze keuze nog steeds omdat het naar verkeersveiligheid de te verkiezen optie is.

Het aanleggen van **fietstunnels of –bruggen** heeft sowieso de voorkeur ten opzichte van fiets- en voetgangersoversteken met lichten of verticale of horizontale snelheidsremmers. Deze optie verdient ook naar doorstroming en verkeersveiligheid de voorkeur.

5 Integratie van de aspecten luchtkwaliteit en geluidshinder in richtlijnen rond weginrichting in Nederland

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de wijze van implementeren van zowel bestaande en bewezen als meer innovatieve fysieke maatregelen ter bevordering van de luchtkwaliteit en beperking van geluidshinder in Nederland. De genoemde voorbeelden zijn toegespitst op wegen en situaties waarin de Nederlandse gemeenten als wegbeheerder optreden.

Hierbij is een splitsing zichtbaar tussen maatregelen met bewezen en ervaren effect en meer innovatieve maatregelen.

5.1 Implementatie in de praktijk

De werkelijke implementatie van maatregelen gebeurt in Nederland vanuit een drietal triggers:

1. (Streng) wettelijke normen en grenswaarden voor de maximale concentraties en geluidsbelasting, waar bij overschrijdingen de verplichting bestaat om maatregelen af te wegen. Zoals verwoord in de Wet geluidshinder en Wet milieubeheer.
2. Via publieksparticipatie, een open plan proces neemt een steeds grotere rol in de Nederlandse Planvorming. Via inspraakavonden en klankbordgroepen wordt aandacht gevraagd voor maatregelen (zowel “wettelijke” maatregelen als voorbeelden van innovatieve maatregelen).
3. Via informatievoorziening en bewustwording naar de wegbeheerders zelf.

5.1.1 Wettelijke normen voor geluidsbelasting en luchtkwaliteit

In artikel 76 en 76a van de Wet Geluidshinder is de verplichting opgenomen om bij de vaststelling van een bestemmingsplan de geldende grenswaarden in acht te nemen. Dit moet plaats vinden op basis van een akoestisch onderzoek zoals beschreven in artikel 77 van de Wet Geluidshinder, dat wordt ingesteld door het college van burgemeester en wethouders.

- In dit onderzoek wordt eerst inzicht verschaft in de te verwachten geluidsbelasting zonder geluidsbeperkende maatregelen.
- Daarnaast moet dit onderzoek inzicht geven in de doeltreffendheid van in aanmerking komende verkeers- en andere geluidsbeperkende maatregelen.

Deze laatste biedt daarmee de verplichting om een afweging te maken tussen geluidsbeperkende maatregelen en haar effect en de kosten die deze met zich mee brengen. Dit zorgt voor een duidelijke aandacht tijdens de planvorming voor vooral geluidsbeperkende maatregelen.

In de Wet milieubeheer zijn de Europese grenswaarden geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving. De gestelde grenswaarden moeten bij ieder besluit van het bevoegd gezag in acht worden genomen, zoals beschreven in Hoofdstuk 5, artikel 2. Hiervoor biedt dit artikel een drietal grondslagen voor het bevoegd gezag om in te kunnen stemmen met het voorliggende besluit. Eén daarvan is dat het besluit past binnen het zogenaamde Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). In dit programma is het plan opgenomen om binnen het gehele Nederlandse grondgebied voor het aflopen van de derogatie te voldoen aan de geldende grenswaarden. In het NSL zijn daarom maatregelen opgenomen die iedere wegbeheerder moet implementeren om langs zijn of haar wegen te voldoen aan de geldende grenswaarden. Hierin spelen zowel beleids- als fysieke maatregelen een belangrijke rol. Omdat voor luchtkwaliteit nog minder ervaring is met de effecten van maatregelen speelt zowel voorlichting als onderzoek naar innovatieve maatregelen hier een grote rol.

5.1.2 Publieksparticipatie

In Nederland heeft het kabinet vijf uitgangspunten vastgesteld voor een passende publieksparticipatie:

1. Ten dienste van de besluitvorming
2. Maatwerk in participatievorm
3. Goed samenspel van bestuurders, ambtenaren en publiek
4. Juiste houding, competenties en kennis
5. Heldere en betrouwbare communicatie

Hiertoe is het Centrum Publieksparticipatie in het leven geroepen. Zij begeleiden planvormingsprocessen hierin en informeren het publiek. Een belangrijk onderdeel hiervan is het in onderdeel 4 genoemde 'competenties'. Om het publiek van goede antwoorden en oplossingsrichtingen te voorzien worden er ook hoge eisen gesteld aan de kennis en kunde van het bevoegd gezag en haar adviseurs. Hierin zijn informatievoorziening en opleiding van het bevoegd gezag een belangrijk doel.

5.1.3 Bewustwording

Ter vergroting van de bewustwording van de positieve effecten van innovatieve maatregelen voor zowel luchtkwaliteit als geluid zijn twee tijdelijke innovatieplatforms opgericht. Deze platforms, één voor lucht⁴ (IPL) en één voor geluid⁵ (IPG) hadden tot doel om tot een overzichtelijke bundeling te komen van de beschikbare maatregelen. Daarnaast brengt het portaal 'stiller op weg' een overzicht van alle maatregelen die kunnen leiden tot een stiller wegverkeer. Voorbeelden van innovatieve maatregelen die in het IPG volwassen zijn geworden:

⁴ <http://www.innovatieprogrammalucht.com/>

⁵ <http://www.stillerverkeer.nl/index.php?section=home&page=stilleropweg>

- Twee laags Zeer Open Asfalt Beton
- Modulaire schermen (sneller, goedkoper, rustig wegbeeld)
- Raildempers
- Akoestisch slijpen van rails (trein, tram)

Voorbeelden van innovatieve maatregelen die in het IPL onder de loep zijn genomen:

- Schermwerking
- Reinigen wegverharding
- Vegetatie
- Katalytische afbraak (TiO₂ coatings)
- Overkappen en luchtbehandeling
- Dynamisch Verkeersmanagement (DVM)

Hoewel beide programma's zijn afgerond is in een nazorgplan voorzien door bestaande organisaties als "stillerverkeer". Hoewel in eerste instantie gericht op rijkswegen en spoorwegen hebben een groot aantal van de maatregelen ook een toepassingsbereik in de meer stedelijke omgeving.

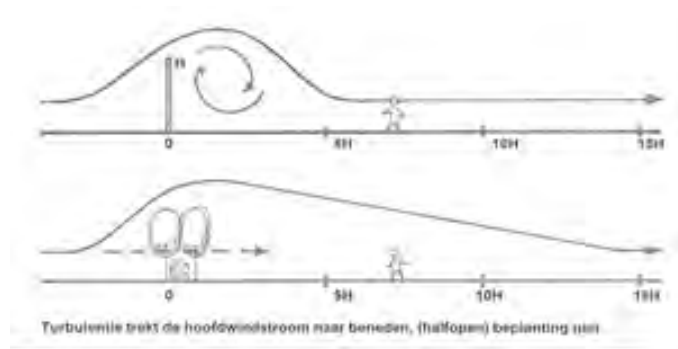
5.2 **Kansrijk en innovatief voorbeeld: Vegetatie als maatregel voor luchtkwaliteit en geluid**

In het volgende voorbeeld wordt een uitgevoerd onderzoek aangehaald. Door kennis laagdrempelig beschikbaar te maken voor wegbeheerders wordt de implementatie van de maatregelen bevorderd zonder dat hier direct een verplichting voor bestaat vanuit Wet- en regelgeving.

Het vergroenen van de binnenstad is voor een groot aantal gemeenten een beleidsthema op zich. Beide invalshoeken bevorderen de leefkwaliteit. Het Interregproject Functioneel Groen combineert beide doelstellingen. Groen als inzet voor de verbetering van de luchtkwaliteit kan de gezondheid verbeteren.

De kanskaart luchtgroen is een onderdeel van dit project en voorziet in de methodiek voor de kanskaart en de eerste uitwerking voor de kansen van luchtgroen, met als voorbeeld de gemeente Tilburg (ARCADIS Nederland, 2012).

In de kanskaart wordt aan wegbeheerders een snel inzicht gegeven in de (on)mogelijkheden van groen voor de verbetering van de luchtkwaliteit. Hiervoor moet het aantal parameters beperkt zijn. Door middel van een overzicht van de werkingsprincipes en bijbehorende vuistregels is het voor de wegbeheerder snel duidelijk waar kansen liggen voor het implementeren van groene oplossingen ter verbetering van de luchtkwaliteit (en geluid) en daarmee van de leefomgeving.



Figuur 5.1 In de bij de kansenkaarten horende “Groene Toolbox” worden groenmaatregelen geschetst maar ook hun werking kort onderbouwd.

Het snelle inzicht wordt gegeven door een simpel te volgen flowchart in combinatie met een “groene toolbox”. Een toolbox gevuld met universele wegprofielen die in de gehele Europese Unie terug te vinden zijn. Voor de herkenbaarheid is daarom ook aangesloten bij de CARII wegtypering.

In Figuur 5.2 is de flowchart weergegeven. Voorafgaand aan de vraag of de inzet van groenstructuren op een specifiek tracé technisch mogelijk is, zijn er een aantal afwegingen die mede de kansrijkheid van de inzet van groen bepalen:

- Worden langs het wegprofiel luchtkwaliteitsnormen (grenswaarden) overschreden?
- Ondanks het feit dat er geen (dreigende) overschrijdingen zijn, levert het verkeer of nabij gelegen puntbron een significante bijdrage aan de concentratie op een specifieke locatie?
- Bevindt zich langs het tracé of in nabijheid van de puntbron een gevoelige bestemming?
- Ruimtelijke aspecten; is er plaats voor beplanting (wegprofiel/gebouwen/kabels en leidingen)?
- Standplaats aspecten; is het aannemelijk dat beplanting zich kan handhaven op locatie van inzet?
- Opeenvolging structuren; staat de inzet van beplanting op een locatie op zich of zijn er binnen het werkingsgebied van de beplanting bestaande groenstructuren aanwezig/gepland?

De technische mogelijkheid om met groen op een specifieke locatie de luchtkwaliteit te verbeteren wordt gekoppeld aan de voorgaande afwegingen. Het is goed mogelijk dat op een specifieke locatie groen een goede bijdrage levert aan de luchtkwaliteit, maar dat nabij het wegtracé zich geen kwetsbare locaties/woonwijken bevinden of gepland zijn. Technisch is de inzet van groen dan kansrijk, maar beleidsmatig minder kansrijk.

De inzet van groen op een dergelijke locatie zal dan als minder kansrijk beoordeeld moeten worden. Het voorgaande leidt tot de volgende afwegingsstructuur/waardering bij

beoordeling voor de kansrijkheid bij de inzet van groen voor verbetering van luchtkwaliteit. In Figuur 5.2 worden de stappen om te komen tot locaties waar de inzet van de groene toolbox kansrijk is om de luchtkwaliteit te verbeteren weergegeven:

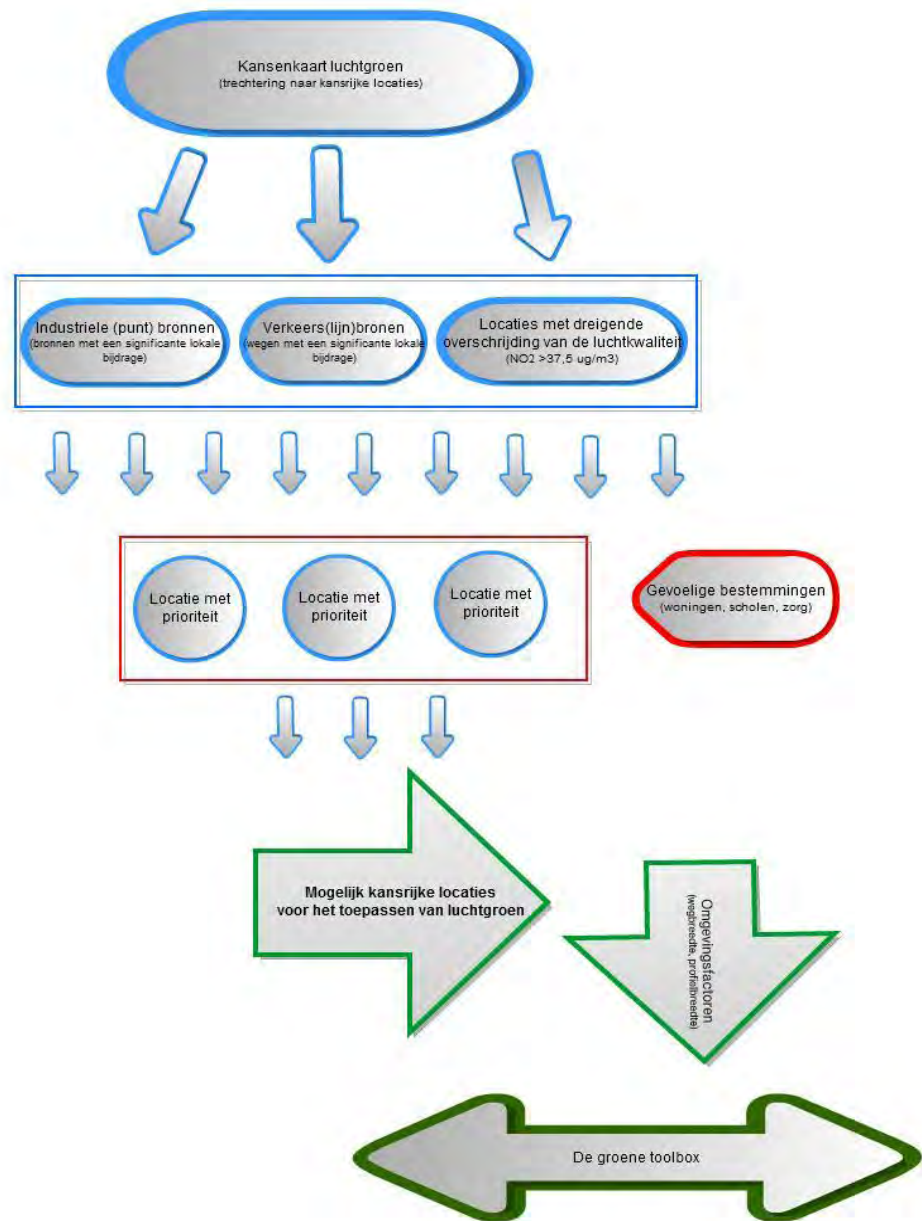
1. Worden op het tracé luchtkwaliteitsnormen overschreden ?
 - ja > kansrijk
 - nee > weinig kansrijk
2. Ondanks het feit dat er geen (dreigende) overschrijdingen zijn, levert het verkeer of nabij gelegen puntbron een significante bijdrage aan de concentratie op een specifieke locatie?
 - ja > kansrijk
 - nee > weinig kansrijk
3. Bevindt zich langs het tracé of in nabijheid van de puntbron een kwetsbare locatie een gevoelige bestemming (zie hoofdstuk 2.1) of woonwijk?
 - ja > kansrijk
 - nee > weinig kansrijk
4. Ruimtelijke aspecten; is er plaats voor beplanting (wegprofiel/gebouwen/kabels en leidingen)?
 - ja > kansrijk
 - nee > weinig kansrijk
5. Standplaats aspecten; is het aannemelijk dat beplanting zich kan handhaven op locatie van inzet?
 - ja > kansrijk
 - nee > weinig kansrijk
6. Opeenvolging structuren; staat de inzet van beplanting op een locatie op zich, of zijn er binnen het werkingsgebied van de beplanting opeenvolgende groenstructuren aanwezig/gepland?
 - ja > kansrijk
 - nee > weinig kansrijk

Indien op een van de voorgaande vragen het antwoord ontkennend is, betekent dit dat de inzet van groen voor verbetering van luchtkwaliteit of hitte klimaat minder kansrijk is.

Na het volgen van die *chart* kan op basis van het wegtype gezocht worden in de Toolbox naar een geschikte Groenmaatregel. Waarbij in de groenmaatregelen de volgende principes zijn meegenomen:

- Groenstructuren geleiden fijn stof en NO₂ om (en zorgen derhalve voor verdunning van concentraties)
- Groenstructuren dienen doorstroombaar te zijn, om ophoping van concentraties te voorkomen.
- Doorstroombaarheid is essentieel voor de zuiverende werking van groenstructuren; er ontstaat een bredere beschermde zone dan achter een ondoordringbare hindernis.
- Lijnvormige groenstructuren werken het effectiefst langs wegen en gebouwen (afschermen van achterland /gebouwen met bewoners/gebruikers)
- Lijnvormige groenstructuren die opeenvolgend binnen elkaars werkingsgebied worden geplaatst (groenstructuur) werken effectiever dan enkelvoudige structuren zonder opvolging.
- Hoe meer lijnvormige groenstructuren opeenvolgend binnen elkaars werkingsgebied geplaatst (g) worden, hoe meer omleiding van fijn stof en gassen plaatsvindt.
- Een natuurlijke ondergrond zorgt voor blijvende binding van afgespoelde of neergedaalde vervuilende stoffen.

De volledige groene toolbox wordt meegegeven in bijlage 3.



Figuur 5.2 : Flowchart om te komen tot kansrijke locaties waar toepassing van de Groene Toolbox kansrijk is.

6 Formuleren van richtlijnen/aanbevelingen die in relevante instrumenten kunnen worden opgenomen

6.1 Huidige invloed van Vademecums, bouwverordening, dienstorders in het mobiliteitsbeleid

Gemeenten kunnen op verschillende manieren subsidies krijgen om mobiliteitsprojecten te realiseren. Zulke projecten zijn onder meer: realisatie van fietspaden, herinrichting van kruispunten, herinrichting van schoolomgevingen, aanleg van een rondweg, aanleg van schermen en/of gronddammen langs een gewestweg, die het wegverkeerslawaai verminderen.

Om deze subsidies te krijgen moet echter een samenwerkingsovereenkomst afgesloten worden tussen de verschillende partners en moet het proces volgens een afgesproken procedure verlopen. Er wordt verwezen naar de desbetreffende vademecums voor keuzes bij ontwerpprincipes. Deze richtlijnen worden veelal gevolgd in conceptfase maar zijn zeker niet bindend. Elke studie is uniek en specifieke probleemsituaties vragen om specifieke oplossingen, waarbij soms wordt afgeweken van de richtlijnen in de vademecums. Daarom voorziet de procedure de opmaak van een start- en projectnota, waarin o.m. ontwerpkeuzes onderbouwd worden en eventuele afwijkingen van de richtlijnen verantwoord worden.

Als kwaliteitstoets dienen deze nota's goedgekeurd te worden door de gemeentelijke begeleidingscommissie (GBC). Indien geen consensus wordt bereikt op een GBC dan dient het project te worden voorgelegd aan de Regionale MobiliteitsCommissie (deze RMC is ter vervanging van de vroegere Provinciale Auditcommissie).

Dienstorders van AWW gaan dikwijls over een heel specifiek probleem, aanpak, procedure. In de vademecums wordt naar dienstorders die van toepassing zijn verwezen. Deze worden voornamelijk binnen AWW gehanteerd (er zal een erg goede reden nodig zijn om op een dienstorder af te wijken) en dus zijn in principe enkel op gewestwegen van toepassing. De dienstorders zijn publiek en kunnen dus ook door studie bureaus of lagere overheden gehanteerd worden. In deze zin hebben zij dus een richtinggevende waarde voor het onderliggend wegennet.

Bouwverordeningen zijn voorschriften waaraan voldaan moet zijn om een bouwvergunning te kunnen krijgen. Hierop kan in theorie niet worden afgeweken. Deze bouwverordeningen kunnen op Vlaams niveau, provinciaal of gemeentelijk niveau opgelegd worden. De belangrijkste bouwverordening van toepassing op de Vlaamse wegen is die van de voetgangersvoorzieningen waarin onder andere de minimummaten van voetpaden worden opgelegd.

Bij de opmaak van (voor)ontwerpen worden veelal voorstellen gedaan vanuit de studie bureaus, maar in overleg met de opdrachtgever worden definitieve materiaalkeuzes

en dergelijke gekozen. In de mate van het mogelijke worden dienstorders en vademecums als richtlijn gebruikt maar deze gaan zelden tot op detailniveau in op materialen en dergelijke. Dit is veelal gebaseerd op andere projecten binnen de gemeente, ervaringen van bepaalde betrokken actoren, voorkeur en smaak.

6.2 Voorstel integratie van geselecteerde maatregelen in de bestaande instrumenten

6.2.1 Algemene opbouw van bestaande instrumenten

Met het oog op het analyseren van integratiemogelijkheden van maatregelen in de bestaande instrumenten (vademeccums en dienstorders), wordt hier de huidige opbouw van de instrumenten kort toegelicht:

- Het betreft alleenstaande documenten, er is m.a.w. geen link tussen de verschillende documenten
- Elk document is opgebouwd rond een bepaald thema en beschrijft dus richtlijnen voor heel specifieke situaties (fietsvoorzieningen, kruispunten, tweerichtingsfietspaden op kruispunten, inplanting en inrichting van halteplaatsen voor openbaar vervoer langs gewestwegen, richtlijnen m.b.t. verhardingsbreedtes op gewestwegen, ...)
- De verschillende documenten zijn in verschillende vormen beschikbaar: sommige zijn digitaal beschikbaar maar andere enkel op papier.

Een eenduidige oplossing voor integratie van maatregelen, die uit onderliggende studie worden geselecteerd, zal dus vrij moeilijk zijn gezien de heterogeniteit van de instrumenten.

Naar aanleiding van een vergadering met AWV (12/02/2013) werd aan ARCADIS een toelichting gegeven rond de voorziene wijziging van de **vademecums**. Het doel van deze volledige herziening is:

- een handboek te maken waarin alle vademecums gebundeld zijn
- een instrument te maken dat makkelijk aanpasbaar is
- eventuele tegenstrijdigheden in de verschillende vademecums weg te werken

De deadline van dit project is vastgelegd op eind 2015.

6.2.2 Voorstel integratie van maatregelen

Om invloed uit te kunnen oefenen op de weginrichting inzake milieumaatregelen kan enerzijds gebruik gemaakt worden van de bestaande vademecums (of het toekomstig geïntegreerd handboek) waarin toevoegingen kunnen gedaan worden inzake de effecten van bepaalde maatregelen op milieu. Anderzijds is het van belang de kennis van het

effect van bepaalde maatregelen en materialen wijd te verspreiden zodanig dat hier rekening mee gehouden wordt bij het detailontwerp van wegenis. Hiervoor kan bijvoorbeeld een “specialist” inzake milieueffecten van weginrichtingen betrokken worden bij het proces of kunnen milieu- en/of mobiliteitsambtenaren opleidingen krijgen en dergelijke. Naast het integreren van de informatie uit onderliggende studie in bestaande instrumenten, zoals deze in het kader van deze studie werden beschreven (zijnde vademecums en dienstorders), kan deze info ook geïntegreerd worden in de richtlijnenhandboeken voor de opmaak van plan-MERs of project-MERs. Bij de uitwerking van de disciplines lucht en geluid kunnen de maatregelen meegenomen worden als milderende maatregelen, waar toepasbaar.

Voorstellen tot integratie van de maatregelen in deze instrumenten zijn:

- Verwijzing naar een online-tool;
- Vertaling in beslissingsbomen
- Opbouwen van integrale beoordelingskader

6.2.3

Online tool

De meest geschikte methode om informatie bij een breed publiek te brengen is het aanbieden van een website, waarop de informatie uit deze studie beschikbaar wordt gesteld. Deze website bevat dan ondermeer:

- Een overzicht van het resultaat van de beoordeling per wegtype
- Een beschrijving van de gebruikte methodologie: beschrijving van de criteria/effecten/beoordelingskader
- Een rapport met gedetailleerde achtergrondinformatie (in dit geval de opgemaakte fiches)

Figuur 6.1 toont de website van het CROW kennisnet in Nederland, met de SOLVE maatregelmix, ter inspiratie van een mogelijke on-line tool.



Alle maatregelen

Hieronder staan alle maatregelen van de Solve Maatregelenmix in een lijst weergegeven. De hier weergegeven effecten op de luchtkwaliteit zijn geschat en niet locatiegebonden. Wilt u een selectie maken van maatregelen die bij uw situatie passen? Ga dan naar [mijn maatregelen](#). Daar vindt u ook de berekende locatiegebonden effecten van de verkeersmaatregelen.

Maatregel	Directe luchteffecten			Indirecte luchteffecten			Neveneffecten			Soort locatie				Doorlooptijd	Type	Praktijk voorbeelden	Factsheet
	CO ₂	PM ₁₀	NO ₂	CO ₂	PM ₁₀	NO ₂	!	CO ₂	PM ₁₀	NO ₂	Kruispunt	Wegvak	Gebied				
01A Planvorming/ruimtelijke inrichting	X			X	X								X	3	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
02A Vervoersprestatie op locatie	X			X	X								X	2	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
03A Mobiliteitsmanagement; OV-diensten	X	X		X	X								X	5	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
03B Mobiliteitsmanagement; afstemmen vervoersmodaliteiten	X	X		X	X								X	3	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
03D Mobiliteitsmanagement; OV op knelpunten	X			X									X	5	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
04A Vervoersmanagement personen; overheden	X			X									X	3	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
04B Vervoersmanagement personen; bedrijven	X	X		X									X	2	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
05B Gedeeld autogebruik; autodata	X	X		X									X	3	Volume / samenstelling	Voorbeelden	Bekijken
06B Stedelijk distributie; verschuiven venstertijden	X			X	X								X	1	Volume / samenstelling	Voorbeelden	Bekijken
Maatregel																	
06C Stedelijk distributie; distributie concepten	X			X	X								X	5	Volume / samenstelling	Voorbeelden	Bekijken
07A Transportmanagement; modal shift	X			X									X	5	Beleids maatregel	Voorbeelden	Bekijken
08G Vrachtwagen op busbanen; al het vrachtverkeer	X			X	X								X	1	Fysieke maatregel	Voorbeelden	Bekijken
08H Vrachtwagen op busbanen; alleen schoon vrachtverkeer	X			X	X								X	1	Fysieke maatregel	Voorbeelden	Bekijken
09B Laad- en loslocaties; avond/nachtdistributie	X			X	X								X	1	Volume / samenstelling	Voorbeelden	Bekijken
09H Vormgeving laad- en loslocaties	X			X	X								X	6	Fysieke maatregel	Voorbeelden	Bekijken

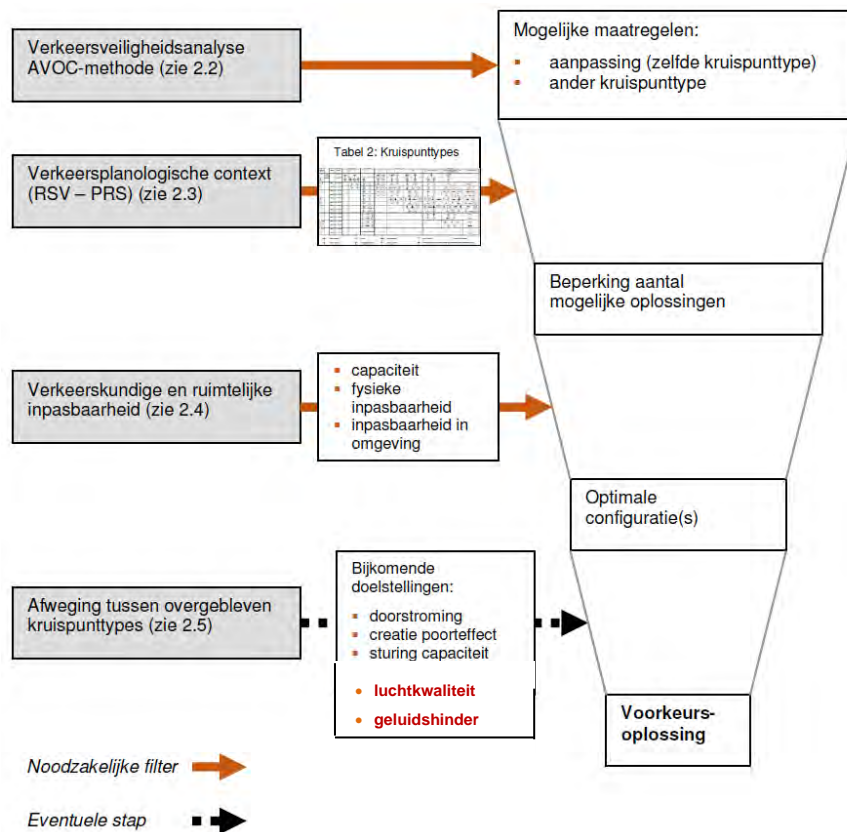
Figuur 6.1 : Screen shot van de SOLVE-maatregelenmix op het CROW kennisnet (<http://www.solve-maatregelenmix.nl/>)

6.2.4

Beslissingsboom

Bij het bekijken van een vertaling van de resultaten van onderliggende studie in beslissingsbomen, die kunnen geïntegreerd worden in een handboek voor weginrichters, wordt duidelijk dat het geen toegevoegde waarde biedt om enkel op basis van deze maatregelenlijst beslissingsbomen op te maken omdat de lijst van maatregelen reeds gefocust is op maatregelen die een impact hebben op lucht en/of geluid. Het is dus eerder aangewezen om deze resultaten te verwerken in bestaande beslissingsbomen. Als resultaat uit de studie is ook duidelijk dat de omvorming van de resultaten in verschillende beslissingsbomen niet de meest haalbare methode zal zijn. In Figuur 6.2 geven we een voorbeeld van een mogelijke aanvulling van de beslissingsboom uit het Vademecum veilige wegen en kruispunten (AWV, 2009) met de criteria lucht en geluid uit onderliggende studie. Bij de afweging op niveau 4 van de beslissingsboom “afweging tussen de overgebleven kruispunttypes” moeten de criteria luchtkwaliteit en geluidshinder toegevoegd worden, gebruik makende van de scores zoals opgenomen in onderliggende studie.

Figuur 6.2 : Beslissingsboom om voorkeursoplossing te bepalen en te toetsen (bron: vademecum veilige wegen en kruispunten)



6.2.5 Beoordelingskaders

Rekening houdend met de plannen van AWW om de bestaande vademecums te bundelen in één geïntegreerd handboek, is het een logisch voorstel om het resultaat van de onderliggende studie zoveel mogelijk af te stemmen met en te integreren in dit nieuwe handboek. Belangrijk is dat ook het toepassingsgebied en het afwegingskader, zoals gebruikt in onderliggende studie, kan meegenomen worden naar dit handboek. De rangschikking van verschillende weginrichtingsmogelijkheden of maatregelen op basis van effecten naar luchtkwaliteit en geluidshinder moet als criterium meegenomen worden in het geïntegreerde handboek.

De beschreven effecten naar luchtkwaliteit en geluidshinder en de daaraan toegekende scores dienen dermate worden aangepast dat ze integreerbaar zijn in het beoordelingskader van de geïntegreerde handleiding voor weginrichters. Daar deze geïntegreerde handleiding nog moet opgemaakt worden en als doel heeft om een beoordelingskader op te bouwen voor weginrichters, is het nog onduidelijk welke criteria zullen opgenomen worden in het beoordelingskader en hoe deze criteria zullen beoordeeld worden. Een mogelijke integratie vereist dus nog een eventuele afstemming tussen de scores, enerzijds zoals deze vastgelegd werden in onderstaande studie, en anderzijds, hoe deze in de geïntegreerde handleiding zullen worden gebruikt. Rekening

houdend met de soms tegenstrijdige effecten van de verschillende maatregelen naar luchtkwaliteit en geluidshinder lijkt het overnemen van beide effecten als afzonderlijk criterium het meest aangewezen.

6.2.6 Beknopte analyse van de opties

Tenslotte wordt een beknopte analyse weergegeven van de verschillende opties tot integratie van het resultaat van deze studie in de bestaande instrumenten. De opties worden geanalyseerd naar (1) de eventuele werklast gekoppeld aan de implementatie, (2) de gebruiksvriendelijkheid en (3) de transparantie van de informatie. De analyse wordt beknopt weergegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1 : Analyse van de implementatie (werklast), gebruiksvriendelijkheid en transparantie van mogelijkheden tot integratie van de resultaten van de studie in bestaande instrumenten

	On-line tool	Beslissingsboom	Beoordelingskader
Werklast voor implementatie	Vereist aanpassing van de resultaten om geschikt te maken als online-tool Rapporten kunnen direct online ter beschikking worden gesteld	In de bestaande vademecums moeten bij de verschillende beslissingsbomen de criteria lucht en geluid toegevoegd worden	Quasi rechtstreeks implementeerbaar, mits afstemming van de scores.
SCORE	-/+	-/+	+
Gebruiksvriendelijkheid	Typisch direct beschikbaar Mogelijkheid tot direct linken tussen methode/beschrijving van de criteria/finale beoordeling Eigen beoordeling nodig	Een typische eigenschap van een beslissingsboom is dat het de gebruiker toelaat om op een eenvoudige manier tot de juiste beslissing/selectie te komen	Het beoordelingskader is rechtstreeks beschikbaar voor de gebruiker. Geen extra beoordeling nodig
SCORE	-	+	+
Transparantie	Mogelijkheid om alle achtergrondinformatie (bijv. fiches) rechtstreeks te linken met een overzichtstabel	Integratie in bestaande beslissingsbomen met toevoeging van interpretatie is transparant voor de gebruikers	Beoordelingskader legt duidelijk grenzen vast en is op die manier transparant.
SCORE	+	+	+

7

Referenties

- Acta Acustica (2007). Microsimulation-based corrections on the road traffic noise emission near intersections
- Adviesdienst Verkeer en Vervoer (2002). Effecten en kosten van verkeersveiligheidsmaatregelen
- Alterra (2007). Lucht voor groen
- Alterra en tripleE (2008). Leidraad luchtzuiverend groen
- ARCADIS (2012). Vier duurzame wegconcepten
- ARCadis Nederland (2012). functioneel groen_kansenkaart
- AWV (2008). Vademecum motorrijdersvoorzieningen
- AWV (2009). Vademecum veilige wegen en kruispunten
- AWV (xxx). Werkboek schoolomgeving
- Baldauf et al (2008). Impacts of noise barriers on near-road air quality
- Bezemer et al (2011). EverGreen: minder stoppen, betere luchtkwaliteit, maar...
- Botteldooren (2010). Geluidslandschappen en hun kwaliteitsindicatoren
- CE Delft (2007). Traffic noise reduction in Europe
- CEDR (2010). Noise management and abatement
- CROW (2010). Kruispunten en luchtkwaliteit
- CROW (2012). Handreiking stedelijke tunnels en luchtkwaliteit
- CROW (xxx). Samenvatting kruispunten en luchtkwaliteit
- CROW (xxx). Wegdekken tegen verkeerslawaaï
- De Koning et al (xxx). EcoFLEX: Het verbeteren van de luchtkwaliteit met behulp van Groen Dynamisch VerkeersManagement, gebaseerd op real time luchtkwaliteitsmetingen
- De Visscher et al (xxx). Lage temperatuur asfalt
- DG TREN (2005). Sustainable road surfaces for traffic noise control
- FEHRL (2008_). New Road Construction Concepts

- Gemeente Heerlen (xxx). Actieplan luchtkwaliteit
- Gemeente Oss (2008). 23 Factsheets duurzame ideeën
- Hagler et al (2011). Model evaluation of roadside barrier impact on near-road air pollution
- Hofschreuder et al (2005) Optimalisatie van geluidsschermen voor verbetering van de luchtkwaliteit
- Innovatie (xxx). Geluidsreducerende betonstraatstenen
- Innovatieprogramma luchtkwaliteit (2008). Effect dynamisch verkeersmanagement op PM10-concentratie in de lucht
- Innovation (xxx). Luchtzuiverende betonstraatstenen
- Internoise (2007). Creating quiet city zones by noise charges and quiet vehicles
- IPL (2009). database meetgegevens
- IPL (2009). Impact schermen op luchtkwaliteit
- IPL (2009). Impact van TiO2 coating op luchtkwaliteit
- IPL (2009). Innovatieprogramma luchtkwaliteit
- IPL (2009). invloed DVM
- IPL (2009). Overkappen en luchtbehandeling
- IPL (2009). Overzicht relevante maatregelen
- IPL (2009). Reinigen wegdek
- IPL (2009). Vegetatie en luchtkwaliteit
- LNE (2009). Actieplan wegverkeerslawaaï – ontwerp
- LNE (2011). Duurzame Ruimtelijke planning: maatregelen om de impact van verkeer op de luchtkwaliteit te verminderen
- Milieudossier (2010). Groen en luchtkwaliteit
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (MVG)/Administratie Wegen en Verkeer (AWV)/Afdeling Verkeerskunde (2003). Vademecum voetgangersvoorzieningen.
- NSW Government (2008). Development near rail corridors and busy roads - interim guideline
- NWT (2012). Weg aan het werk
- OCW (2006). Handleiding voor de keuze van asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies

- OCW (2010). Geluidshinder door wegverkeer – stille wegdekken
- OCW (2011) fotokatalyse bij het OCW: de luchtzuiverende weg
- OCW (onbekend). Fotokatalyse een toekomsttechniek. Dr.ir. Anne Beeldens. Onderzoekscentrum voor de Wegenbouw
- Pilot (2007). Sustainable Urban Transport Planning
- Planstudie Ring Utrecht A27/A12(2011). Opbrengstnotitie meedenkbijeenkomsten
- Pronk en van Dijk (xxx). Bomen en planten voor een betere luchtkwaliteit
- Reijhoudt (2009). Emissies in VERSIT+ en CAR II. Een case studie naar de verschillen en overeenkomsten
- Rijkswaterstaat (2002). Effecten en kosten van bereikbaarheidsmaatregelen
- Rijkswaterstaat (2002). Effecten en kosten van leefbaarheidsmaatregelen
- RIVM (2008). Effecten van groen op de luchtkwaliteit.
- RIVM (2008). Verbreding A28
- RIVM (2011). Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit
- Stille en duurzame voegovergangen: noodzaak! Jan Voskuilen et al; Rijkswaterstaat
- SWOV (2012). Rotondes
- TML (2008). Auto en gezondheid – eindrapport
- TNO (2003). Onderzoek naar effecten van de 80 km/u-maatregel voor de A13 op de luchtkwaliteit in Overschie
- Tromp en Andriessse (2012). Beter benutten van provinciale wegen, kan het ook sneller en veiliger?
- Van Renterghem R. et al, (2005) Geluidsvoortplanting in stedelijk gebied onder de numerieke loupe
- Vlaamse Minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur (2007). Antwoord op akoestische eigenschappen van asfalt.
- Vlaamse overheid Departement Mobiliteit en Openbare Werken, afdeling Beleid Mobiliteit en Verkeersveiligheid (2007). Vademecum duurzaam parkeerbeleid
- VVOG (2009). Stedelijk groen en leefmilieu
- Wegenbouwkunde (2010). Geluidswerende maatregelen, voorbeeldenboek voor gewestwegen in Vlaanderen
- WINDMILL (2011). Toepassing functioneel groen.
- Witteveen en Bos (2006). VERKEERSREGELINSTALLATIES EN MILIEU (Luchtkwaliteit, geluidshinder en klimaat)

Onbekend (2005). Vademecum fietsvoorzieningen

8 Geraadpleegde websites

<http://photopaq.ircelyon.univ-lyon1.fr/>

http://nl.wikipedia.org/wiki/Luchtzuiverend_beton

<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0502-Beleid-en-maatregelen-voor-verkeer-en-vervoer.html?i=23-102>

http://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/natuur_en_milieu/luchtkwaliteit/

<http://www.innovatienetwerk.be/projects/911>

<http://www.ademloos.be/category/tags/luchtzuivering>

<http://www.functioneelgroen.nl/home/Pages/default.aspx>

<http://www.cob.nl/onderzoek/tunnels-en-bouwputten/tunnels-en-luchtkwaliteit>

<http://www.grensregio.eu/2011/02/17/functioneel-groen/>

<http://www.innovatieprogrammagemeluid.nl/>

<http://crow.nl/luchtkwaliteit>

www.bbri.be/wtcb.htm

<http://www.vbwasfalt.nl/cms/Media/Blad%20Asfalt%202013-1/2013-1%20Stille%20en%20duurzame%20voegovergangen.pdf>

www.crow.nl/nl/Binaries/PDF/PDF-Infradagen/38_VanLoon.pdf

<http://www.rnw.nl/nederlands/article/nlse-vinding-weg-maakt-zelf-lucht-schoon>

http://www.trl.co.uk/silvia/Silvia/pdf/Main_Outputs/SILVIA-DTF-DRI-008-11-WP5-020205.pdf

http://www.antwerpen.be/docs/Stad/Bedrijven/Sociale_zaken/SZ_Milieu/gezondheid/Studie%20stad%20Antwerpen%20-%20Maatregelen%20luchtkwaliteit%20en%20geluidshinder%20-%20Eindrapport%20-%20def_klein.pdf

9

BIJLAGE 1: Maatregelenfiches (MCA)

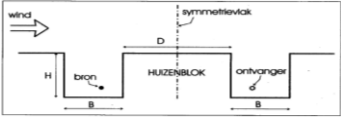
Katalytische weg (straatstenen, afvalt, beton)		
Identificatie	1	
Beschrijving	Bij luchtzuiverende wegbedekkingen wordt aan de toplaag een fotokatalytisch materiaal (meestal titaandioxide) toegevoegd, dat onder invloed van zonlicht de stikstofoxides uit de lucht – vooral afkomstig van uitlaatgassen – omzet in het onschadelijke nitraat. Dit nitraat wordt vervolgens met de regen weggespoeld en verdwijnt ten slotte in het riool.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Keuze wegbedekking	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	Opmetingen in situ duiden op een vermindering in piekconcentraties aan NOx bij contact van de lucht met fotokatalytische materialen. Luchtzuiverende betonstraatstenen, kunnen het gehalte aan stikstofoxiden (NOx) in de lucht (vooral tijdens piekpolluties) met 25 à 45 procent doen dalen (R3). Het specifieke effect op NO ₂ is niet duidelijk uit te leiden. De coatings hebben enkel een goede werking bij hogere temperatuur en droge omstandigheden. Een hoge vochtigheid en lage temperatuur hebben een ongunstig effect op de werking van de coating. Bij hoge relatieve vochtigheid wordt het water aan het oppervlak geadsorbeerd en vermindert de efficiëntie op significante wijze. Bij een verlaging van de relatieve vochtigheid in de lucht wordt de efficiëntie opnieuw bereikt. Bovendien hebben de coatings UV-straling nodig om goed te kunnen functioneren. Ze zullen een betere werking hebben bij zonlicht dan op donkere dagen, 's nachts werken ze ook niet. Een regelmatige reiniging (door middel van regen) is noodzakelijk. Het aantonen van een duidelijk effect op basis van veldstudies blijkt moeilijk uit de beschikbare literatuur en praktijkvoorbeelden. Laboratoriumresultaten moeten nog verder gevalideerd worden vooraleer het reële effect kan bepaald worden. Omwille van de nog heersende onzekerheid over het effect van deze maatregel wordt deze als 'verwaarloosbaar' beoordeeld.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Er wordt geen effect op geluidshinder verwacht door het al dan niet behandelen van een wegverharding met fotokatalytisch materiaal
Bijkomend kosten	Matige meerkost	De prijs van een reinigende klinker is anderhalf keer zo duur als een gewone (33€/m ² t.o.v. 22€/m ²). De overige kosten zoals arbeid en materieel zijn gelijk waardoor de impact op de globale kost (10-20%) van weginrichting als matig wordt beoordeeld.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	geen effect op CO ₂ -emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Randvoorwaarden	overwegend negatief	Het titaandioxide geeft aan het beton hydrofiele eigenschappen, waardoor de stenen het straatvuil afstoten en bovendien mos en algengroei voorkomen. Bij deze maatregel dient men zich te realiseren dat het omlaaghalen van de NO ₂ -concentratie wel kan zorgen voor het bereiken van de norm, maar dat het gezondheidseffect dubieus is. NO ₂ wordt namelijk beschouwd als een signaalstof die eenvoudig te meten is, maar gezien moet worden als een indicator voor de aanwezigheid van andere (gevaarlijke) stoffen die door het verkeer worden geëmitteerd. Het afvangen van de signaalstof zonder de stoffen aan te pakken die voor de gezondheidsschade zorgen, lost alleen een juridisch probleem op en gaat voorbij aan de doelstelling van de normen. Deze maatregel is echter nog in onderzoeksfase en daarom momenteel nog niet algemeen toepasbaar.
Algemene toepasbaarheid	1-2-3 (overall)	De fotokatalytische weg kan overall toegepast worden, maar is bij uitstek geschikt voor steden met smalle straten en relatief hoge gebouwen. Daar blijft de vervuiling tussen hangen, en het drukke verkeer zorg voor veel turbulentie van de lucht zodat het NOx goed wordt behandeld.
Type weginrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R2, R3, R4, R27, R19, W15

Stille wegverharding		
Identificatie	2	
Beschrijving	<p>Een stille wegverharding kan gedefinieerd worden als een wegverharding met minstens één van de volgende eigenschappen: textuur, absorptie of elasticiteit is geoptimaliseerd om het bandengeluid te reduceren. Een andere definitie die soms gehanteerd wordt, is een wegverhardingstype die het wegverkeersgeluid met minstens 3 dB(A) vermindert ten opzichte van een referentiewegverharding. Voorbeelden van stille wegverhardingen (eerste definitie) zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SMA (Steen - Mastiek - Asfalt) - Zeer open asfalt (ZOA) (een- of tweelaags) - Dunne geluidsreducerende dekklagen (DGD) - Harsbestrijkingen (fijn granulaat) - Fijn beton - Zeer open beton - Poroelastische wegverhardingen <p>Het referentiewegdek in Vlaanderen is SMA-C en AB-4C</p>	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Keuze wegbedekking	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	<p>Open wegverhardingen zouden door het bufferende vermogen PM10-concentratie kunnen verlagen, maar overtuigende bewijzen daarvoor zijn momenteel niet beschikbaar. De verschillende studies zijn niet eenduidig. Door slijtage spoelt een open asfaltbeton (ZOAB) vol met allemaal stofdeeltjes, wat soms als een gunstig effect naar lucht toe wordt beschouwd omdat deze stofdeeltjes dan worden vastgehouden. Dit nemen wij in deze beoordeling echter niet mee als een positief effect, daar het de bedoeling is om de poriën vrij te houden (gezien de stille wegverharding als doel heeft om het geluid te kunnen absorberen via de open poriën). Het effect wordt daarom als verwaarloosbaar beschouwd.</p> <p>Het effect van een lager energieverbruik door een lagere rolweerstand (als gevolg van een betere afwerking en daardoor lagere oneffenheid en door een fijnere textuur) is moeilijk te kwantificeren en wordt daarom niet meegenomen in de beoordeling naar luchtkwaliteit.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op geluidshinder	Significant positief	<p>Bij gelijke mengselsoort zal het mengsel met de kleinste maximale korrelmaat het minste rolgeluid produceren (als alle overige parameters gelijk blijven).</p> <p>De keuze van een wegverharding in een bepaalde situatie moet de nodige aandacht krijgen omdat sommige wegverhardingstypen niet goed blijven functioneren onder bepaalde verkeersstromen. Ook is onderhoud en gladheidsbestrijding een punt van extra aandacht.</p> <p>Een probleem bij poreuze wegverhardingen is dat de holtes de neiging hebben dicht te slibben met vuil, en dit vooral op wegen waar minder dan 90 km/uur gereden wordt en/of weinig voertuigen rijden. Hierdoor gaat de akoestische kwaliteit van de wegverharding vrij snel achteruit (ca. 1 dB(A) minder geluidsreductie het eerste jaar en tot 2 à 3 dB(A) minder geluidsreductie op het einde van de levenscyclus van de wegverharding (W16)). Het vervangen van een 'oude' wegverharding kan bijgevolg al een geluidsreductie tot 2 à 3 dB(A) met zich meebrengen (ongeacht 'stille' of 'gewone' wegverharding) (W16).</p> <p>Voor wegen in een stedelijke omgeving, waar niet sneller mag worden gereden dan 50 km/h wordt best, een fijne macrotextuur (die ook minder geluidhinder veroorzaakt) gebruikt;</p> <p>Voor wegen in een niet-stedelijke omgeving, waar tot 90 km/h (of zelfs sneller) mag worden gereden wordt een grovere textuur aanbevolen. De macrotextuur van SMA-B en SMA-C zorgt reeds voor goede akoestische kenmerken (R5). Het aanbrengen van een dunne deklaag daartegenover is een goedkope maatregel maar heeft een relatief snelle afname van het geluidreducerende effect met de tijd. De figuur onderaan deze fiche geeft de relatieve effecten weer van de wegverhardingen op Vlaamse wegen voor 2 snelheden (W17). In de studie W18 i.o.v. LNE werden verschillende Vlaamse wegverhardingen gemodelleerd. Er werden aanbevelingen gedaan over welke Vlaamse wegverhardingen het best aangelegd worden op wegen met een bepaalde maximum snelheid. Om een ambitieniveau 2 (minimum reductie van 3 dB(A) op de Vlaamse wegen) te bekomen worden best de in onderstaande figuur vermelde verhardingen aangelegd per snelheidscategorie.</p> <p>Algemeen kan er dus besloten worden dat door het vervangen van een 'oude' wegverharding (geluidsreductie tot 2 à 3 dB(A)) en door het aanleggen van het juiste type stil wegdek (afhankelijk van max. snelheid en percentage zware voertuigen) er een significant positief effect (> 3 dB(A) reductie) verwacht wordt (voor de keuze van het juiste type wegverharding zie figuur onderaan).</p>
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	<p>De studie i.o.v. LNE (W18) geeft een inschatting van de kostprijs van verschillende wegverhardingen per lopende m voor 3 bouwklassen (B1: 90-120 km/u; B2: 70 km/u; B3: 50 km/u) - zie tabel onderaan deze fiche. In een berekening in diezelfde studie aangaande de kostprijs voor het doorvoeren van ambitieniveau 2 (gemiddelde reductie van 3 dB) wordt aangegeven dat dit een meerprijs van ongeveer 73% zou betekenen t.o.v. de heraanleg van wegen zoals die in het actueel beleid gebeuren. Dit mag dus als een belangrijke meerkost worden gezien.</p>
Neveneffecten - CO2	matig positief	<p>Stille wegverhardingen worden echter gekenmerkt door een betere afwerking en daardoor lagere oneffenheid en door een fijnere textuur. Deze eigenschappen leiden tot een lagere rolweerstand en daardoor lager brandstofverbruik (minder CO2 uitstoot). Een fijn gegradeerde deklaag als DGD 0/5 of SMA 0/5 heeft ten opzichte van een 5/8 oppervlakbehandeling een 40% lagere rolweerstand. Dit leidt bij gemiddeld stedelijk verkeersgedrag tot een haast 10 % lagere CO2-emissie. Bovendien zal een minder oneffen wegverharding tot minder energieverlies in de wielophanging leiden waardoor extra CO2 bespaard wordt.</p>
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	<p>Een voldoende stroefheid van het wegdek is één van de belangrijkste parameters voor de veiligheid van de voertuigen die erop circuleren. De stroefheid wordt uitgedrukt met de dimensieloze parameter μ. Indien $\mu > 0,45$ heeft het wegdek voldoende stroefheid. Uit de literatuur zien we dat dit voor de meeste vermelde stille wegverhardingen (behalve een dunne harslaag) het geval is. De doorlatendheid van de meeste wegverhardingen wordt als waterdicht beschreven, vergelijkbaar met SMA. De mate waarin opspattend water voorkomt is ook vergelijkbaar bij stille wegverhardingen t.o.v. SMA.</p>

Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Poro elastische wegverhardingen en dunne stille toplagen zijn nog in experimenteel stadium. Omdat er andere bruikbare alternatieven beschikbaar zijn wordt deze randvoorwaarde als verwaarloosbaar beoordeeld.																																																											
Algemene toepasbaarheid	1-2-3 (overall)	overall																																																											
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	zowel voor een nieuwe als aan te passen bestaande weg																																																											
Referenties		R19, R39, R13, R16, R5, R21, W16, W17																																																											
Figuren	geluid	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Akoestisch verschil [dB(A)] in functie van wegverharding</th> <th colspan="2">Snelheid [km/u]</th> </tr> <tr> <th>90</th> <th>120</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Asfalt</td> </tr> <tr> <td>SMA-B, SMA-C, AB-1B en AB-4C</td> <td>REF</td> <td>REF</td> </tr> <tr> <td>AB-2C</td> <td>+2,0</td> <td>+1,5</td> </tr> <tr> <td>SMA-D (eenvoudige dunne deklaag)</td> <td>-1,0</td> <td>-1,0</td> </tr> <tr> <td>ZOA-B/C (initiele geluidsreductie ca. 3 dB(A))</td> <td>-1,5</td> <td>-2,5</td> </tr> <tr> <td>Tweelaags ZOA (initiele geluidsreductie 5 tot 8 dB(A))</td> <td>-3,5</td> <td>-4,5</td> </tr> <tr> <td>Dunne deklaag (specialere)</td> <td>-3,5</td> <td>-4,5</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Beton</td> </tr> <tr> <td>Beton dwarsgegroefd</td> <td>+6,0</td> <td>+6,0</td> </tr> <tr> <td>Beton langsgegroefd</td> <td>+5,5</td> <td>+5,5</td> </tr> <tr> <td>Eenlaags chemisch uitgewassen beton</td> <td>+3,0</td> <td>+3,0</td> </tr> <tr> <td>Tweelaags chemisch uitgewassen beton</td> <td>+0,0</td> <td>+0,0</td> </tr> <tr> <td>Beton gebezemd</td> <td>+4,5</td> <td>+4,0</td> </tr> <tr> <td>Epoxy-bestrijking beton</td> <td>+0,0</td> <td>+0,0</td> </tr> <tr> <td>Afslipen beton</td> <td>+0,0</td> <td>+0,0</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Straatstenen</td> </tr> <tr> <td>Stille straatstenen (beperkt tot 50 km/u: 0,5 dB(A))</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Klassieke straatstenen</td> <td>+4,5</td> <td>+4,0</td> </tr> </tbody> </table>	Akoestisch verschil [dB(A)] in functie van wegverharding	Snelheid [km/u]		90	120	Asfalt			SMA-B, SMA-C, AB-1B en AB-4C	REF	REF	AB-2C	+2,0	+1,5	SMA-D (eenvoudige dunne deklaag)	-1,0	-1,0	ZOA-B/C (initiele geluidsreductie ca. 3 dB(A))	-1,5	-2,5	Tweelaags ZOA (initiele geluidsreductie 5 tot 8 dB(A))	-3,5	-4,5	Dunne deklaag (specialere)	-3,5	-4,5	Beton			Beton dwarsgegroefd	+6,0	+6,0	Beton langsgegroefd	+5,5	+5,5	Eenlaags chemisch uitgewassen beton	+3,0	+3,0	Tweelaags chemisch uitgewassen beton	+0,0	+0,0	Beton gebezemd	+4,5	+4,0	Epoxy-bestrijking beton	+0,0	+0,0	Afslipen beton	+0,0	+0,0	Straatstenen			Stille straatstenen (beperkt tot 50 km/u: 0,5 dB(A))	-	-	Klassieke straatstenen	+4,5	+4,0
Akoestisch verschil [dB(A)] in functie van wegverharding	Snelheid [km/u]																																																												
	90	120																																																											
Asfalt																																																													
SMA-B, SMA-C, AB-1B en AB-4C	REF	REF																																																											
AB-2C	+2,0	+1,5																																																											
SMA-D (eenvoudige dunne deklaag)	-1,0	-1,0																																																											
ZOA-B/C (initiele geluidsreductie ca. 3 dB(A))	-1,5	-2,5																																																											
Tweelaags ZOA (initiele geluidsreductie 5 tot 8 dB(A))	-3,5	-4,5																																																											
Dunne deklaag (specialere)	-3,5	-4,5																																																											
Beton																																																													
Beton dwarsgegroefd	+6,0	+6,0																																																											
Beton langsgegroefd	+5,5	+5,5																																																											
Eenlaags chemisch uitgewassen beton	+3,0	+3,0																																																											
Tweelaags chemisch uitgewassen beton	+0,0	+0,0																																																											
Beton gebezemd	+4,5	+4,0																																																											
Epoxy-bestrijking beton	+0,0	+0,0																																																											
Afslipen beton	+0,0	+0,0																																																											
Straatstenen																																																													
Stille straatstenen (beperkt tot 50 km/u: 0,5 dB(A))	-	-																																																											
Klassieke straatstenen	+4,5	+4,0																																																											
Figuren	kosten	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SMA-C</th> <th>SMA-D</th> <th>TL</th> <th>AB-4C</th> <th>ZOA</th> <th>2-ZOA</th> <th>DGB</th> <th>2-DGB</th> <th>PB</th> <th>ZOA-comp</th> <th>SMA-D-comp</th> <th>TL-comp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B1</td> <td>611</td> <td>614</td> <td>955</td> <td>611</td> <td>858</td> <td>1241</td> <td>513</td> <td>546</td> <td>552</td> <td>1001</td> <td>757</td> <td>1098</td> </tr> <tr> <td>B3</td> <td>216</td> <td>214</td> <td>372</td> <td>216</td> <td>327</td> <td>510</td> <td>210</td> <td>225</td> <td>228</td> <td>435</td> <td>322</td> <td>480</td> </tr> <tr> <td>B5</td> <td>115</td> <td>115</td> <td>206</td> <td>115</td> <td>180</td> <td>287</td> <td>122</td> <td>131</td> <td>122</td> <td>254</td> <td>188</td> <td>280</td> </tr> </tbody> </table>		SMA-C	SMA-D	TL	AB-4C	ZOA	2-ZOA	DGB	2-DGB	PB	ZOA-comp	SMA-D-comp	TL-comp	B1	611	614	955	611	858	1241	513	546	552	1001	757	1098	B3	216	214	372	216	327	510	210	225	228	435	322	480	B5	115	115	206	115	180	287	122	131	122	254	188	280							
	SMA-C	SMA-D	TL	AB-4C	ZOA	2-ZOA	DGB	2-DGB	PB	ZOA-comp	SMA-D-comp	TL-comp																																																	
B1	611	614	955	611	858	1241	513	546	552	1001	757	1098																																																	
B3	216	214	372	216	327	510	210	225	228	435	322	480																																																	
B5	115	115	206	115	180	287	122	131	122	254	188	280																																																	

Stille voegovergangen op bruggen		
Identificatie	3	
Beschrijving	Een voegovergang wordt gebruikt om de overgang tussen de verschillende brugdelen of een brug en het vaste land zo soepel mogelijk te maken. Verder vangt een voegovergang de werkende krachten in het brugdek door weersomstandigheden op en voert het regenwater af zodat dit niet op de onderliggende omgeving valt.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Keuze wegbedekking	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	Er wordt geen effect op luchtkwaliteit verwacht door het al dan niet plaatsen van een stille voegovergang op een brug.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op geluidshinder	matig positief	<p>Er zijn grofweg twee families voegovergangen: zachte en harde. Zachte voegovergangen brengen de minste geluidsemissie met zich mee, maar hebben een relatief korte levensduur en zijn civieltechnisch niet overal inzetbaar. Uit onderzoek blijkt dat er voor een lawaaige voegovergang niet altijd een alternatief bestaat vanwege civieltechnische redenen. Voor die gevallen hebben de producenten geluidsarme varianten ontwikkeld zodat deze ingezet kunnen worden als het akoestisch meest aantrekkelijke alternatief.</p> <p>Bij dilataties groter dan 70 mm bestaat er voornamelijk geen alternatief voor een stalen randprofiel voegovergang. De geluidsarme variant van een randprofielvoeg is een randprofielvoeg met sinusplaten. Met deze maatregel wordt een geluidreductie van 2 tot 3 dB bereikt.</p> <p>Bij kunstwerken met een grote overspanning worden vaak lamellenvoegen toegepast. Beschikbare alternatieven met een lagere geluidsemissie zijn de zogenaamde sinusplaten op de lamellen of een vingervoeg constructie. Met sinusplaten wordt een geluidreductie van ca 5 dB bereikt.</p> <p>Bij een voeg met randprofiel met een lagere kruisinghoek is vaak ook de geluidemissie lager.</p> <p>De gepaste geluidsreducerende voegovergang kan plaatselijk een geluidsreductie van meer dan 3 dB(A) geven. Maar gezien het effect slechts heel plaatselijk voorkomt (ter hoogte van de voeg) wordt het effect met 1 klasse verlaagd waardoor het effect als matig positief wordt ingeschat.</p>
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	De kosten van aanleg van een stille duurzame voegovergang zijn ruwweg anderhalf keer zo hoog als die van een traditionele voegovergang. In de totaalcost van een wegverharding is dit echter een beperkte meerkost.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	geen effect op de CO2 emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	geen
Algemene toepasbaarheid	1 (Vw-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type wegrinrichting	Nieuwe weg	
Referenties		W13, W14, R65
Figuren	geluid	<p>1. randprofiel zonder geluidmaatregel</p> <p>1s. randprofiel met geluidmaatregel</p> <p>7. lamellenvoeg zonder geluidmaatregel</p> <p>7s lamellenvoeg met geluidmaatregel</p>

Stille straatstenen		
Identificatie	4	
Beschrijving	Bij het gebruik van straatstenen als wegverharding, spelen niet alleen de structuur en de oppervlaktetextuur van de bovenlaag een belangrijke rol, ook de velling (zo klein mogelijk afgeschuinde kanten), de voeg (zo klein mogelijk), de grootte (zo groot mogelijk) en het legverband zijn bepalend voor een goede geluidsreductie. Met deze maatregel bekijken we enkel het effect van het gebruik van een stille straatsteen in een stedelijke omgeving ten opzichte van het gebruik van een referentiewegdek SMA. In de fiche wordt ook het effect van het legverband op zich besproken.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Keuze wegbedekking	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	Er wordt geen effect op luchtkwaliteit verwacht door de keuze van een stille straatsteen.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	De geluidseigenschappen van een elementenverharding (met straatstenen) hangen sterk af van het verband waarin de stenen zijn aangelegd. Wat betreft het legverband kiest men met betrekking tot geluid best voor een verband waarbij de stenen een hoek van 45° maken met de rijrichting, zoals een keperverband of een visgraatverband. Op die manier worden de lasten gelijkmatig over alle vier steenkanten verdeeld, schuivende en draaiende krachten worden opgevangen, en het geluid dat autobanden bij het rijden over de bestrating maken wordt zoveel mogelijk verminderd. Bij een hoek van 45° (keperverband of visgraatverband) is de geluidsemisatie ruim 3 dB(A) kleiner. In stille betonstraatstenen zijn de geluidseigenschappen verder geoptimaliseerd door een optimale fijne textuur en een open structuur aan de bovenkant. Verder wordt er extra aandacht besteed aan de fundering vanwege de vlakheid. Voor verschillende categorieën elementenverhardingen zijn de akoestische eigenschappen vastgelegd in een wegverhardingscorrectie. Stille betonstraatstenen hebben een geluidsafname van ongeveer 4 dB ten opzichte van traditionele betonstraatstenen (standaard elementenverharding). Omdat het gebruik van traditionele betonstraatstenen t.o.v. SMA een geluidstoename van ongeveer 4,5 dB veroorzaakt, hebben stille betonstraatstenen een geluidtoename van ongeveer 0,5 dB ten opzichte van SMA (tot 50km/u), bijgevolg is er een verwaarloosbaar effect ten opzichte van de Vlaams referentiewegverharding SMA.
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	Het leggen van een straatsteen t.o.v. de referentiewegverharding brengt vermoedelijk een hoge meerkost met zich mee.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	geen effect op de CO2 emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	AWV heeft de toegelaten snelheid waarbij betonstraatstenen gebruikt mogen worden beperkt tot 30 km/u. De toegelaten snelheid kan verhoogd worden tot 50 km/u wanneer voldaan is aan volgende voorwaarden: <ul style="list-style-type: none"> • De betonstraatstenen zijn gelegd in keper- of visgraatverband; • De vellingen (zoals gedefinieerd in NBN B21-311) bedragen ten hoogste 4 mm; • De betonstraatstenen zijn tussen 90 en 110 mm breed; • Het oppervlak van de betonstraatstenen is afgewerkt met split (korrels beperkt tot 5 mm).
Algemene toepasbaarheid	3 Stedelijke wegen	
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	zowel voor een nieuwe als aan te passen bestaande weg
Referenties		R49, R21, W17

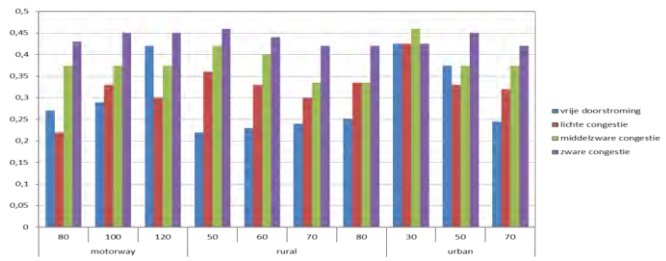
Juiste dimensionering van straten (afstand tot weg tot bouwhoogte)		
Identificatie	5	
Beschrijving	Deze maatregel zoekt naar de meest voordelige afstand tot de weg/hoogteverhouding van respectievelijk de weg en de bebouwing met als doel op het street canyon effect te vermijden.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Dimensionering	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant positief	In de Vlaamse context spreken we over "street canyons" wanneer de verhouding bouwhoogte/afstand tot de weg groter is dan 1/2. Algemeen geldt: hoe hoger de verhouding bouwhoogte/afstand tot de weg, hoe nefaster voor de luchtkwaliteit. Als basisregel geldt: hoe verder van de bron, hoe beter, dus hoe breder de straten gedimensioneerd kunnen worden hoe beter. Via het CAR 2.0 model kunnen we de impact simuleren van een street canyon (wegtype 3b-referentie) met verhouding afstand tot weg/hoogte gebouw < 1,5 t.o.v. een straat met een verhouding tussen 1,5 en 3 (wegtype 3a). De bijdrage op 5m van de weg daalt voor het wegtype 3a met 3,1 µg/m ³ voor NO ₂ en dus ongeveer 8% t.o.v. de norm. Deze maatregel kan dus als significant positief beoordeeld worden.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Niet van toepassing	Omdat we het effect van het vermijden van een street canyon willen bepalen, wordt deze maatregel enkel doorgerekend ten opzichte van de referentieweg 1 (stedelijke weg met street canyon).
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	idem
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Hoe breder de straat hoe langer de afstand is tussen de bron (auto) en ontvanger (woningen) waardoor ook het geluid afneemt (geometrische attenuatie). In een computersimulatie door UGent (R71) werd een "street canyon" gemodelleerd met verschillende breedte-hoogte verhoudingen. Uit deze modelleringen volgde dat t.h.v. de achterliggende zone (waar bv de achtertuintjes liggen) bij B/H = 1/2 de gebouwen het geluid sterk afschermen (tot ca. 7 dB tov B/H=2/2). Bij een grotere B/H verhouding daalt de afscherming in beperkte mate (B/H=3/2: -0,9 dB en B/H=4/2: -2,7 dB) ten opzichte van B/H=1. Ook de absorptie-eigenschappen van de gevels zijn van groot belang (akoestisch harde en vlakke gevels zijn nadelig voor de afscherming). Balkons zorgen dan weer voor een verhoogde afscherming in vergelijking met vlakke gevels (tot 7 à 8 dB reductie ter hoogte van ontvanger). Ook de wind en de temperatuurgradiënt spelen een belangrijke rol. Er kan besloten worden dat bij een grotere B/H verhouding het effect aan de voorgevel positief is (geometrische attenuatie) en aan de achtergevel negatief is (minder schermwerking). In de straat zelf is op 5 m van de weg het effect echter verwaarloosbaar ten gevolge van de B/H verhouding. 
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	Deze maatregel betreft eigenlijk de configuratie-afweging bij een nieuwe stadsontwikkeling. In hoeverre hier sprake kan zijn van meer of mincost ten opzichte van andere configuraties is moeilijk in te schatten. Daarom wordt de bijkomende kost als 'beperkt' beoordeeld.
Neveneffecten - CO ₂	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregelen heeft geen effect op de CO ₂ emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	Een smaller wegbeeld kan leiden tot een vertragend effect. Omdat hiervoor geen kwantitatieve cijfers voorhanden zijn wordt het effect op de doorstroming als 'verwaarloosbaar' beoordeeld.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	Een smaller wegbeeld kan leiden tot een vertragend effect. Omdat hiervoor geen kwantitatieve cijfers voorhanden zijn wordt het effect op de verkeersveiligheid als 'verwaarloosbaar' beoordeeld.
Randvoorwaarden	matig negatief	Een belangrijke randvoorwaarde is dat de keuze van de breedte van de weg t.o.v. de hoogte van de omliggende gebouwen volledig afhankelijk is van het volledige inrichtingsproject en meestal slechts binnen specifieke grenzen kan vastgelegd worden.
Algemene toepasbaarheid	3 Stedelijke wegen	Deze maatregel is toepasbaar op binnenstedelijke wegen.
Type wegrinrichting	Nieuwe weg	Deze maatregel geldt enkel voor nieuw aan te leggen wegen aangezien bij herinrichting de plaatsing van de huizen naast de weg onveranderd blijft.
Referenties		R1, R71

Juiste dimensionering van straten (ligging van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden)		
Identificatie	6	
Beschrijving	Deze maatregel zoekt naar de beste positionering van fietspaden, parkeerplaatsen en voetpaden.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Dimensionering	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant positief	Binnen een street canyon (met bouwhoogte/straatbreedte verhouding tussen 0,5 en 1) ontstaat - gemiddeld gesproken - een wervel die de luchtverontreiniging tegen de gevels aan windopwaartse zijde aanblaast. Een dubbelrichtingsfietspad in een street canyon wordt daarom best afwaarts de overheersende windrichting ingeplant. Volgens simulaties gerapporteerd in "duurzame ruimtelijke planning (R1), kan de concentratie aan de windafwaartse zijde van de straat tussen de 7 en 12% lager zijn dan aan de windopwaartse zijde (op basis van PM2,5). Via een CAR-modellering kan gesimuleerd worden wat het effect is voor de fietser om het fietspad verder van de wegas de positioneren. Voor de type 3b weg (met street canyon) kunnen we afleiden dat de bijdrage van het verkeer tot de luchtkwaliteit 10m van de wegas 2,4 µg/m³ lager is dan 5m van de wegas. Dit betekent een daling ten opzichte van de norm van 6% en dus significant positief.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig positief	Via een CAR-modellering kan gesimuleerd worden wat het effect is voor de fietser om het fietspad verder van de wegas de positioneren. Voor de type 2 weg kunnen we afleiden dat de bijdrage van het verkeer tot de luchtkwaliteit 10m van de wegas 1 µg/m³ lager is dan 5m van de wegas. Dit betekent een daling ten opzichte van de norm van 2,5% en dus matig positief.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Significant positief	Hoe breder de straat hoe langer de afstand is tussen de bron (auto) en ontvanger (woningen) waardoor ook het geluid afneemt (geometrische attenuatie). De gevoelige ontvangers (fietsers, voetgangers of bewoners) bevinden zich bijgevolg best zo ver mogelijk van de geluidsbron (auto...). De geometrische attenuatie op 10 m van een wegas is ca. 6 dB(A) groter dan de geometrische attenuatie op 5 m van de wegas [rekening houdende met $D_{geo}=10\log 4 \Pi R^2$ (waarin de auto op korte afstand als puntbron die sferisch divergeert wordt voorgesteld)]
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of minderkost	
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregelen heeft geen effect op de CO2 emissies
Neveneffecten - doorstroming	matig positief	Scheiding tussen auto en overige weggebruikers heeft een positief effect op doorstroming.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	Scheiding tussen auto en overige weggebruikers heeft een positief effect op doorstroming, maar kan op die manier ook de snelheid opdrijven, wat naar veiligheid voor de zwakke weggebruiker negatief is. Het verder positioneren van het fietspad/voetpad kan bewerkstelligd worden door een scheiding te maken tussen weg en fiets-/voetpad wat zorgt voor minder conflictsituaties en de veiligheid voor de zwakke weggebruiker dan weer ten goede komt.
Randvoorwaarden	matig negatief	Ook andere afwegingen spelen mee in de keuze van locatie van fiets- en voetpad t.o.v. parkeerstrook, o.a. conflicten met in- en uitstapbeweging van geparkeerde voertuigen.
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	beide
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R1, R62

Aanleggen van rotondes		
Identificatie	7	
Beschrijving	<p>Een rotonde is een verkeersplein waarop het verkeer in een rondgaande verplichte rijrichting wordt afgewikkeld, het verkeer op het plein voorrang heeft en waarop de wegen radiaal aansluiten. Er is onderscheid in enkelstrooks- en tweestrooksrotondes. Deze laatste wordt met name aangelegd vanwege de grotere afwikkelingscapaciteit. Optioneel kan er een brede rammelstrook rond het middeneiland geplaatst worden die er voor zorgt dat ook vrachtwagens en bussen de rotonde vlot kunnen gebruiken.</p>	
 		
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij kruispunten	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	matig negatief	<p>Onderzoekers vergeleken rotondes op gewestwegen met een situatie zonder rotondes. Ze vonden echter geen eenduidige resultaten (R42). Dit is mogelijk te wijten aan het feit dat er lagere concentraties NO_x en PM10 verwacht worden door de betere continue doorstroming t.o.v. bv lichten (ritdynamiek), maar dat er hogere concentraties verwacht worden door de lagere snelheid waarmee de rotonde bereiden wordt (in vergelijking met de snelheid door groen licht). Zonder verder onderzoek ter plaatse is het niet mogelijk om gedetailleerde uitspraken te doen over de effecten van een maatregel op kruispuntniveau op de luchtkwaliteit (R63).</p> <p>Voor deze maatregel, die zowel snelheids- als ritdynamiekverandering veroorzaakt, wordt het effect bepaald door de omvang van de snelheidsveranderingen en de verandering in ritdynamiek (van bijvoorbeeld middelzware naar lichte congestie) te koppelen aan een verandering in emissies. Het effect van de ritdynamiek kan voor het type weg bepaald worden aan de hand van de wijziging in emissiefactoren, zoals weergegeven in de figuur en tabel onderaan deze fiche. Zowel voor een landelijke als een stedelijke weg waar 50 km/h gereden wordt, wordt er ongeveer een verbetering van 10% van de NO_x-emissies verwacht bij een doorstromingsverbetering van middelzware naar lichte congestie.</p> <p>Wat de snelheidsveranderingen betreft werden de effecten gesimuleerd met CAR Vlaanderen: een daling van de snelheid van gemiddeld 19 (normaal stadsverkeer) naar 13 km/h (stagnerend stadsverkeer)[snelheden beschikbaar in CAR] op een stedelijke weg veroorzaakt een toename van 1,4 µg/m³. Het effect van een betere doorstroming wordt op 0,9 µg/m³ gemodelleerd.</p> <p>Beide effecten heffen mekaar quasi op tot een verslechtering in de bijdrage tot de luchtkwaliteit van ongeveer 0,5 µg/m³. De aanleg van een rammelstrook heeft wat betreft emissies naar lucht en bijdrage tot de luchtkwaliteit geen additioneel effect in vergelijking met de aanleg van een gewone rotonde t.o.v. een kruispunt met lichten.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig negatief	<p>Wat de snelheidsveranderingen betreft werden de effecten gesimuleerd met CAR Vlaanderen: een daling van de snelheid van gemiddeld 44 naar 26 km/h (snelheden beschikbaar in CAR) op een buitenweg weg veroorzaakt een toename van 0,4 µg/m³. Het effect van een betere doorstroming wordt op 1,1 µg/m³ gemodelleerd. Beide effecten heffen mekaar quasi op tot een verslechtering in de bijdrage tot de luchtkwaliteit van ongeveer 0,7 µg/m³. De aanleg van een rammelstrook heeft wat betreft emissies naar lucht en bijdrage tot de luchtkwaliteit geen additioneel effect in vergelijking met de aanleg van een gewone rotonde t.o.v. een kruispunt met lichten.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Significant positief	<p>In vergelijking met een kruispunt is er sprake van een afname van de geluidsproductie als gevolg van toename van de doorstroming en een afname van remmen en optrekken (R43) (effect afname van de ritdynamiek op geluid zie kruising zoals beschreven in het eindrapport) en ook door de lagere snelheid (effecten snelheid op geluid zie sheet 12) waarmee een rotonde bereiden wordt. Volgens literatuur kan het geluid ter hoogte van een rotonde tot 4 dB(A) lager (significant positief) liggen dan bij een gewoon kruispunt (R39). Wanneer er echter een rammelstrook op de rotonde aangebracht wordt kan deze verbetering van het geluid ten gevolge van de rotonde teniet gedaan worden door het bijkomende geluid door het overrijden van de rammelstrook (+ 3 à 4 dB(A) volgens R39). Hier dient wel opgemerkt te worden dat in normale omstandigheden enkel vrachtwagens over de rammelstrook zullen rijden (er rijden bijgevolg niet continu voertuigen over de rammelstrook) en er globaal gezien een verbetering van het geluidsniveau verwacht wordt t.o.v. een gewoon kruispunt.</p>
Bijkomend kosten	Matige meerkost	<p>De totale kosten variëren afhankelijk van de grootte en complexiteit van de rotonde van € 180.000,- voor een kleine rotonde exclusief fietsvoorzieningen (binnenstraat 10 - 12 meter) tot € 500.000,- voor een rotonde op een enkelbaans autoweg met 2 rijstroken (R43).</p>
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	<p>De CO2-emissies volgen dezelfde beoordeling als de luchtkwaliteit. Het minder afremmen en optrekken van (vracht)auto's heeft een afname in energiegebruik tot gevolg maar het algemeen dalen van de snelheid van 70 naar 50 of naar 30 km/u veroorzaakt een stijging in de emissies per km. Daarom wordt deze maatregel ook beoordeeld als verwaarloosbaar.</p>
Neveneffecten - doorstroming	matig positief	<p>De doorstroming bij een rotonde is beter dan bij andere kruispuntvormen, op voorwaarde dat de verkeersbelasting voldoende laag is. Wanneer de capaciteit wordt overschreden nemen verliestijden echter snel toe. De maximale capaciteit voor een rotonde ligt bovendien lager dan voor een lichtengeregeld kruispunt. Bij hogere intensiteiten zijn verkeerslichten dus aangewezen. Rotondes bieden bovendien geen mogelijkheid tot verkeersmanagement.</p>
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar	<p>De externe veiligheid neemt toe (R43). Rotondes bieden algemeen een verkeersveilige oplossing omdat op een rotonde minder conflictpunten optreden, die bovendien ook minder zwaar zijn (lagere snelheid, geen frontale conflicten, ...). Dit geldt echter vooral voor enkelstrooksrotondes. Uit dertig voor- en nastudies over rotondes uit diverse landen, wordt een netto-effect van de vervanging van kruispunten door rotondes gevonden van 30 tot 50% (R78). Bij meerstrooksrotondes ligt het aantal conflictpunten reeds een stuk hoger, al blijven deze minder zwaar. Ook de inpassing van fietsers op een rotonde is een belangrijk aandachtspunt.</p>
Randvoorwaarden	matig negatief	<p>Rotondes hebben een groter ruimtebeslag dan kruispunten en kunnen als gevolg van de aanleg mogelijkwijs tot een (zeer lokale) toename van de verstoorde natuur, landschapverstoring en verdroging leiden (R43). De rotonde heeft een negatief effect op de bodem- en oppervlaktewater-kwaliteit. Dit komt door het ontbreken van een vluchtstrook ter hoogte van rotondes. Het run-off water komt rechtstreeks in de wegberm terecht. Over het algemeen zijn deze negatieve effecten zeer lokaal en dus beperkt.</p>
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	zowel binnen als buiten de bebouwde kom
Type wegrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	zowel bij een nieuwe of aan te passen weg
Referenties		R39, R42, R43, R63, R62, R72, R78

Figuren

lucht



snelheid (km/h)	ritdynamiek: landelijke weg			
	free flow	heavy	saturated	stop&go
50	1	1,7	1,9	2,2
60	1	1,4	1,7	1,9
70	1	1,2	1,5	1,7
80	1	1,3	1,5	1,6

snelheid (km/h)	ritdynamiek: stedelijke weg			
	free flow	heavy	saturated	stop&go
30	1	1,0	1,1	1,0
50	1	1,0	1,1	1,4
70	1	1,2	1,5	1,7

Omvorming tot ongelijkvloerse kruising		
Identificatie	8	
Beschrijving	<p>Een kruispunt kan worden omgebouwd tot een ongelijkvloers kruispunt. Hierbij kan de keuze worden gemaakt tussen een viaduct boven een weg op maaiveldniveau en een sleuf onder maaiveldniveau.</p> <p>Er kan worden besloten geen onderlinge uitwisselingsmogelijkheden aan te brengen tussen de kruisende wegen. Of er kan een uitwisseling van verkeer tussen de elkaar kruisende wegen plaatsvinden middels toe- en afritten. De aansluiting van de toe- / afrit op het onderliggende wegennet kan zowel plaatsvinden door middel van conventionele kruisingen als door middel van rotondes. Deze sheet heeft enkel betrekking op een ongelijkvloerse kruising zonder aansluitingen. Met deze maatregel veronderstellen we geen tunnel, zoals gedefinieerd in de Tunnelrichtlijn (Europese richtlijn 2004/54/EG).</p>	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij kruispunten	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	matig positief	<p>Door deze maatregel verhoogt de doorstroming en zal de ritdynamiek (remmen en optrekken) afnemen, met als gevolg een daling van de bijdrage tot luchtkwaliteit.</p> <p>Voor een stedelijke weg (wijziging van middelzware congestie naar doorstroming) wordt het effect ingeschat op een daling van $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en dus matig positief.</p> <p>Het positief effect op lucht is hierbij groter dan bij de aanwezigheid van aansluitingen (door aansluitingen worden opnieuw voorrangssituaties gecreëerd die de ritdynamiek verstoren) (R43).</p> <p>Volgens internationale publicaties hebben hellingen een aanzienlijke invloed op emissiekengetallen van met name vrachtverkeer. Niettegenstaande dit niet wordt meegenomen in de beoordeling wegens te onzeker, werd er bij wijze van voorbeeld een simulatie van dit effect toegevoegd voor een buitenweg (zie volgende cel).</p> <p>Bij de beoordeling van deze maatregel werd enkel het positief effect van een ongelijkvloerse kruising meegenomen. De maatregel wordt dus als matig positief beoordeeld.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Significant positief	<p>Via een simulatie voor een standaardweg 2 (buitenweg), werd het effect ingeschat van een middelzware congestie naar een vrije doorstroming. Dit betekent op 5m van de wegas van een buitenweg een daling van de concentratie met $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en dus ongeveer 13% t.o.v. de norm, zijnde significant positief.</p> <p>Volgens internationale publicaties hebben hellingen een aanzienlijke invloed op emissiekengetallen van met name vrachtverkeer, waarbij afhankelijk van het laadgewicht en de hellingshoek correctiefactoren van tussen de 1.5 en 3 moeten worden toegepast (R73).</p> <p>Een stijging van de emissies van vrachtverkeer met een gemiddelde factor 2.25 wordt gesimuleerd door in de standaard situatie 3 in CAR de intensiteit aan vrachtwagens met een factor 2.25 te doen stijgen. Uit deze simulatie leiden we af dat het voorkomen van een helling in een weg kan leiden tot een stijging in de NO_2-concentraties van ongeveer $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en dus ongeveer 10 % t.o.v. de norm en dit vooral door het vrachtverkeer. Het netto-verschil (betere doorstroming + helling) zou dus een negatieve impact van $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kunnen betekenen en dus significant negatief. Dit effect wordt in grote mate bepaald door de hellingsgraad van de weg, het laadgewicht en het aandeel vrachtverkeer en is te onzeker om mee te nemen in de beoordeling.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Significant positief	<p>Het effect op de emissiefactoren afhankelijk van de ritdynamiek bij een snelheid van 80 km/u is iets matiger dan bij een snelheid van 50 km/u (buitenweg). Door een ongelijkvloerse kruising aan te leggen op een verbindingsweg wordt een reductie van $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verwacht ten opzichte van een kruispunt met lichten en dus een significant positief effect.</p>
Effect op geluidshinder	matig positief	<p>In vergelijking met een kruispunt is er sprake van een afname van de geluidsproductie als gevolg van een toename van de doorstroming en een afname van het remmen en optrekken (afname van de ritdynamiek). De bijkomende geluidsbijdrage (Kruispunt) ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een kruispunt werd berekend volgens R62: de standaardrekenmethode 1 van het reken-en meetvoorschrift geluid 2012. De correctieterm Ckruising geeft een toeslag weer ten opzichte van verkeer dat rijdt met een constante snelheid van 50 km/h en is afhankelijk van het percentage middelzware- en zware motorvoertuigen en de afstand van het waarneempunt tot het midden van het kruispunt. Bij een ongelijkvloerse kruising dient de correctieterm Ckruising niet toegepast te worden en zal het geluid door een ongelijkgrondse kruising lager liggen met de waarde van Ckruising t.o.v. een gewoon kruispunt met lichten.</p> <p>Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8 % middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan zal de geluidsbijdrage van de weg met doorrijdend verkeer aan 50 km/h op 50 m van het midden van een ongelijkvloers kruispunt 1 dB (Ckruising) lager liggen dan een kruispunt met lichten. Er dient wel opgemerkt te worden dat er bij het oprijden van een helling (vooral bij middelzware- en zware voertuigen) plaatselijk wel een verhoging van de geluidsemissie (CH) verwacht wordt, maar dit werd hier niet in rekening gebracht.</p> <p>In de standaardrekenmethode 2 van het reken-en meetvoorschrift geluid 2012 (R62) wordt de hellingscorrectie (CH) ten gevolge van het nemen van een helling berekend. Indien het stijgende gedeelte van het verkeer een helling van ten minste 3% moet overwinnen over een hoogteverschil van ten minste 6 meter, dan wordt een hellingcorrectie CH in rekening gebracht op basis van de formule onderaan deze sheet.</p> <p>Wanneer lichte voertuigen een helling van 10% oprijden wordt er een bijkomende geluidsbijdrage van 1,75 dB(A) verwacht. Voor midden en zware voertuigen wordt er bij het oprijden van een 10% helling een geluidsbijdrage van 3,5 dB(A) verwacht. Als gevolg van het rijden door een 'tunnel' (op de onderdoor gaande weg) zal plaatselijk thv de tunnel het geluid afgeschermd worden door de tunnel, maar zal aan de uiteinden van de overkapping het geluid toenemen. De effecten hebben, afhankelijk van de intensiteit, een plaatsgebonden effect (zie sheet 23) ten gevolge van een ongelijkvloerse kruising met brug (-1 dB(A): er wordt geen rekening gehouden met de hellingcorrectie daar dit enkel bij sterke hellingen en zeer lokaal op het stijgende gedeelte van de brug voorkomt) als met een tunnel (reductie > 3dB(A)) zal er voor geluid gemiddeld gezien een matig positief effect aanwezig zijn.</p>
Bijkomend kosten	Matige meerkost	De kosten van ongelijkvloerse aansluitingen zonder uitwisseling variëren tussen de € 4.500.000,- en € 9.000.000,-. De variatie in kostprijs wordt vooral bepaald door de typen voertuigen die van de kruising gebruik maken (breedte en lengte van hellingbanen). (R43)
Neveneffecten - CO2	matig positief	Het minder afremmen en optrekken van (vracht)auto's tov een kruispunt heeft een afname in energiegebruik en dus CO2-emissies tot gevolg.
Neveneffecten - doorstroming	Overwegend positief	de doorstroming verbetert, enerzijds omdat de hoofdstroom het knooppunt zonder hinder kan passeren, anderzijds omdat het knooppunt voor de overige verkeersstromen sterk ontlast wordt, zodat de doorstroming hier optimaler gerealiseerd kan worden.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Overwegend positief	De externe veiligheid neemt toe (R43) - de verkeersveiligheid verbetert, enerzijds omdat de hoofdstroom het knooppunt conflictvrij kan passeren, anderzijds omdat het knooppunt voor de overige verkeersstromen sterk ontlast wordt, zodat meer aandacht kan gaan naar de verkeersveilige inrichting van het knooppunt.
Randvoorwaarden	matig negatief	Het betreft een ingreep met aanzienlijke ruimtebeslag.

Algemene toepasbaarheid	1-2-3 (overal)									
Type weginrichting	Nieuwe weg									
Referenties		R62, R43, R72, R73								
Figuren	Geluid	<table border="1"> <tr> <td>m</td> <td>G_{10}</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>$C_H = 0,25 p_h - 0,75$</td> </tr> <tr> <td>m^*</td> <td>$C_{10} = 0,5 p_h - 1,5$</td> </tr> <tr> <td>D^*</td> <td></td> </tr> </table>	m	G_{10}	N	$C_H = 0,25 p_h - 0,75$	m^*	$C_{10} = 0,5 p_h - 1,5$	D^*	
m	G_{10}									
N	$C_H = 0,25 p_h - 0,75$									
m^*	$C_{10} = 0,5 p_h - 1,5$									
D^*										

Aanleg afslagstroken op kruispunten		
Identificatie	9	
Beschrijving	Het gaat hier om een maatregel waarbij op een hoofdrijbaan een extra rijstrook wordt aangelegd voor linksafslaand of rechtsafslaand verkeer. Deze stroken worden uit het oogpunt van zowel doorstroming als verkeersveiligheid aangelegd. Primair zijn ze bedoeld om de blokkering van de hoofdrijbaan door afslaand verkeer te voorkomen.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij kruispunten	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	In vergelijking met een kruispunt kan er sprake zijn van een zeer geringe afname van de NO2 en PM10 concentraties als gevolg van toename van de doorstroming en een afname van het remmen en optrekken (afname van de ritdynamiek) (R43). Het effect van de ritdynamiek is echter afhankelijk van de mate waarin reeds congestie optreedt op de weg. Voor stedelijke wegen kan er een significant effect optreden als er een middelzware congestie aanwezig is en deze via deze maatregel wordt weggewerkt. Bij lichte congestie naar freeflow is het effect verwaarloosbaar. Omdat de impact op de ritdynamiek van deze maatregel moeilijk in te schatten is, schatten we het effect voor binnenstedelijke en buitenwegen globaal als verwaarloosbaar in.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	In vergelijking met een kruispunt kan er sprake zijn van een zeer geringe afname van de geluidsproductie als gevolg van toename van de doorstroming en een afname van het remmen en optrekken (afname van de ritdynamiek) (R43). Het effect op geluid ten gevolge van de afname van de ritdynamiek werd bepaald via de correctieterm kruising. Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8 % middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan wordt er op 50 m van het midden van het kruispunt een afname van 1 dB (verwaarloosbaar effect) berekend ten gevolge van doorrijdend verkeer aan 50 km/h op het kruispunt (t.o.v. het kruispunt met lichten).
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	De totale kosten variëren tussen € 17.500,- en € 35.000,-. Het prijsverschil heeft voornamelijk te maken met het wel of niet aanpassen van de bestaande constructie en vervanging van de toplaag op de bestaande hoofdrijbaan. De jaarlijkse onderhouds- en exploitatiekosten bedragen 1 % van de investeringskosten (R43).
Neveneffecten - CO2	matig positief	het minder afremmen en optrekken van (vracht)auto's heeft een afname in energiegebruik tot gevolg en dus een positief effect op de CO2-emissies (vergelijkbaar met de luchtkwaliteit)
Neveneffecten - doorstroming	matig positief	De doorstroming verbetert: doordat afslagbewegingen op afzonderlijke rijstroken gebeuren, wordt het risico op verstoring van de rechtdoorgaande stroom beperkt. Het effect van een linksafslagstrook is doorgaans groter dan bij een rechtsafslagstrook, omdat linksafslaand verkeer voorrang moet verlenen aan tegemoetkomend verkeer. Uiteraard is ook de hoeveelheid afslaand verkeer van belang in de afweging.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig positief	De externe veiligheid neemt toe (R43): <ul style="list-style-type: none"> • Kruispunten met een linksafvak en een middengeleider zijn 20% veiliger dan kruispunten zonder voorzieningen; • Op niet-geregelde, niet-complexe T-kruisingen blijkt het toepassen van een linksafvak, op alle ongevallen de veiligste oplossing te zijn. • Bij toepassing van rechtsafvakken bestaat de kans op visuele afdekking. Dit kan leiden tot ernstige voorrangsongevallen. Dit gevaar wordt groter naarmate de intensiteit op de hoofdweg en de rechtsafstrook toeneemt. Vooral de toename van rechtsafslaand vrachtverkeer levert extra gevaar op. Het gevaar treedt daarnaast sterk op als de uitrijstrook gelegen is in een boog dan wel wordt voorafgegaan door een boog.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	De aanleg van de extra stroken leidt mogelijkerwijs tot een toename van de verstoorde natuur, landschapverstoring en verdroging. Aangezien de linksafstroken een beperkte lengte hebben, is er sprake van een afname van run-off water naar de berm, met als gevolg een positief effect op de bodem- en oppervlaktewaterkwaliteit. Over het algemeen zijn deze effecten zeer gering (R43).
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type wegrichting	Aanpassing bestaande weg	
Referenties		R43, R62, R72

Aanleggen van voorrangspointjes op kruispunten

Identificatie	10
Beschrijving	<p>Door het inrichten van een voorrangspointje op een kruispunt heeft het verkeer op de hoofdroute ongehinderd doorgang. Kruispunten worden uitgevoerd met een middeneiland zodat de oversteek in etappes uitgevoerd wordt. De twee afslaande stromen passeren elkaar achterlangs in tegenstelling tot normale voorrangskruispunten, waarbij ze elkaar voorlangs passeren.</p> 

BEOORDELING

CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij kruispunten	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	In vergelijking met een rotonde kan er sprake zijn van een zeer geringe toename van de NOx en PM10 concentraties als gevolg van een toename van het remmen en optrekken (afname van de ritdynamiek) ter hoogte van de afslagstrook (<i>expert judgement</i>). Het effect van de ritdynamiek kan voor het type weg bepaald worden aan de hand van de tabellen weergegeven in sheet 7. In vergelijking met een kruispunt met afslagstroken kan er sprake zijn van een toename van de NOx en PM10 concentraties als gevolg van de lagere snelheid waarmee het kruispunt betreden wordt in vergelijking met de snelheid van de rijbaan bij kruispunten met groen licht. Het effect van de snelheidsverandering kan bepaald worden aan de hand van de tabellen weergegeven in het rapport. Het effect wordt omwille van beide effecten als verwaarloosbaar beoordeeld ten opzichte van een kruispunt met lichten.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	matig positief	In vergelijking met een rotonde kan er sprake zijn van een zeer geringe toename van het geluid als gevolg van een toename van het remmen en optrekken (afname van de ritdynamiek) ter hoogte van de afslagstrook (<i>expert judgement</i>). In vergelijking met een kruispunt met afslagstroken kan er sprake zijn van een afname van het geluid als gevolg van de lagere snelheid waarmee het kruispunt betreden wordt. Voor de effectbeoordeling wordt het gemiddelde genomen tussen het effect van een rotonde (ca. -4 dB(A) (sheet 7) en een kruispunt met afslagstroken (ca. -1 dB(A) (sheet 9) waardoor er een matig positief effect verwacht wordt.
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	Kosten voor de aanleg van voorrangspointjes zijn onbekend omdat deze in Vlaanderen nog niet worden toegepast. Het effect wordt als beperkt beschouwd omdat het niet om grote extra infrastructuurwerken gaat.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Effecten vergelijkbaar met luchtkwaliteit
Neveneffecten - doorstroming	Overwegend positief	Op kruispunten met een duidelijke hoofd- en zijweg, sluit een voorrangspointje in vergelijking tot een rotonde beter aan bij de verkeersbelasting. De hoofdrichting geniet immers voorrang ten opzichte van de conflicterende bewegingen. Omwille van de beperkte opstelruimte is een voorrangspointje echter enkel toepasbaar bij voldoende lage (afslaande) intensiteiten.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Verkeerspleinen worden nog niet toegepast in Vlaanderen/België. Onvertrouwdheid met deze oplossing is belangrijk nadeel van deze oplossing, wat bovendien kan leiden tot verwarring met klassieke rotondes, waar andere voorrangregels gelden.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	geen
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type weginrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	
Referenties		R39, , R62, R72

Aanbrengen verticale snelheidsremmers (plateau of drempel)		
Identificatie	11	
Beschrijving	Een plateau of drempel (verticale snelheidsremmer) heeft de bedoeling het gemotoriseerd verkeer te verplichten om snelheid te matigen. Indien zij dit niet of onvoldoende zouden doen ervaren zij dit onmiddellijk fysisch bij zichzelf, de andere inzittenden, de lading, het voertuig, Een (echt) verhoogd plateau, zoals bepaald in het KB van 9 oktober 1998, gewijzigd door het KB van 3 mei 2002 is bedoeld om te naderen met matige snelheid en te overschrijden aan een snelheid van maximum 30 km/u. Een dergelijk plateau mag slechts aangelegd worden op wegen met een maximum toegelaten snelheid lager dan of gelijk aan 50 km/u.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij obstakels	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant negatief	<p>De aanleg van een drempel beoogt een algemene snelheidsvermindering en helpt de autobestuurder tot het naleven van de snelheidslimieten. Het effect van de snelheidsverandering kan bepaald worden aan de hand van de tabellen weergegeven in het rapport. Op een weg waar er door de aanwezigheid van snelheidsremmers bijvoorbeeld een snelheidsverandering van normaal stadsverkeer (referentie) naar stagnerend stadsverkeer is (CAR definities), wordt er een verhoging in de bijdrage van NO₂ verwacht van 1,4 µg/m³ en dus ongeveer 3,5 % t.o.v. de norm (significant negatief).</p> <p>De bestuurder moet vertragen vóór een verkeersplateau of drempel, na de snelheidsremmer versnelt de bestuurder opnieuw. Deze acceleraties zorgen voor een verhoging van de uitstoot van emissies. De verhoging in emissies ten opzichte van een situatie zonder verkeersdrempels of plateaus kan tot 75 % zijn bij oudere dieselwagens (R42). De uitstoot hangt ook af van de startsnelheid, de emissies van PM zijn hoger als er sneller wordt gestart (R59).</p> <p>Voor deze maatregel, die zowel snelheids- als ritdynamiekverandering veroorzaakt, wordt het effect bepaald door de omvang van de snelheidsveranderingen en de verandering in ritdynamiek (van vrije doorstroming naar eventueel lichte congestie) te koppelen aan een verandering in emissies. Het effect van de ritdynamiek kan oplopen tot 5 % ten opzichte van de norm voor NO₂ (zie sheet 7), afhankelijk van het al dan niet voorkomen van congestie op de weg in de referentiesituatie.</p> <p>Het effect van deze maatregel wordt door het tweevoudige negatieve effect als significant negatief beoordeeld.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Significant negatief	Ook op een buitenweg veroorzaakt een verlaging van snelheid een stijging in de concentraties van 1,8 µg/m ³ en een verhoging van de ritdynamiek een stijging van 0,4 µg/m ³ .
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	<p>Het plateau of de drempel is een voorziening die door de snelheidsvermindering globaal het geluidsniveau kan verminderen met ca. 2 dB(A) op voorwaarde dat de voorgeschreven naderingssnelheden nageleefd worden zodat er niet bruisend geremd of overgeschakeld wordt en op voorwaarde dat de vorm van de drempel of het plateau sinusoidaal is (R39). Bij een vlakke (trapezoidale) drempel of plateau kan het geluidsniveau zelfs plaatselijk stijgen tot ca. 6 dB(A).</p> <p>Kort voor de drempel en juist erachter ontstaat er lokaal een kleine geluidsverhoging door toedoen van respectievelijk het remmen en het versnellen van de voertuigen (voornamelijk zware voertuigen).</p> <p>In de standaardrekenmethode 1 van het reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (R62) wordt de bijkomende geluidsbijdrage (Cobstakel) ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt berekend. De correctieterm wordt toegepast tot 100 meter van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als, ten gevolge van de obstakel, de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt.</p> <p>Deze correctie, die voor elke rijlijn apart wordt bepaald, wordt op de volgende manier berekend: Cobstakel = 0,65 + 0,004p – 0,007a met: • p: de som van het percentage middelzware- en zware motorvoertuigen [%]; • a: de afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel [m].</p> <p>Indien meerdere obstakels die de snelheid sterk verlagen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen het meest dichtstbijzijnde obstakel beschouwd.</p> <p>Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8 % middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan wordt er op 50 m van het midden van het obstakel een toeslag van + 0,3 dB berekend ten gevolge van het obstakel.</p> <p>Het effect van de snelheidsverandering kan bepaald worden aan de hand van de tabel weergegeven in sheet 12. Op een weg waar er door de aanwezigheid van een verkeersplateau of drempel bijvoorbeeld een snelheidsverandering van 50 km/h naar 30 km/h is, wordt er een geluidsafname van -1,4 dB(A) verwacht waardoor er een matig positief effect aanwezig is. Daar er bij het betreden van bepaalde plateaus of drempels plaatselijk een geluidsverhoging kan voorkomen wordt het effect met 1 klasse verlaagd waardoor er een verwaarloosbaar effect verwacht wordt.</p>
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	Afhankelijk van de breedte van de weg en het type plateau kunnen investeringskosten variëren tussen € 6.000,- (eigen expertise) en € 15.000,- per plateau (R43).
Neveneffecten - CO ₂	matig negatief	Het verlagen van de snelheid en een verhoging van de ritdynamiek (afremmen, het nemen van het obstakel en het optrekken) hebben een negatief effect op het energieverbruik en dus op de CO ₂ -uitstoot.
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	Door verstoring van de verkeersstroom wordt de doorstroming gehinderd, maar in de regel worden snelheidsremmers toegepast op wegen/locaties waar de doorstroming niet prioritair is.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Overwegend positief	De snelheidsreductie heeft een positief effect op de verkeersveiligheid (met name de ongevalsernst).
Randvoorwaarden	matig negatief	Het aanleggen van drempels op een weg, met dichtbij bebouwing is niet aan te raden omwille van de voorkomende trillingshinder. Voor hulpdiensten kunnen verkeersremmende maatregelen als negatief worden ervaren.
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	Enkel toepasbaar op wegen met een snelheidsregime < 50 km/u.
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	
Referenties		R39, R42, R43, R59, R62, R72

Aanbrengen horizontale snelheidsremmers (wegversmalling door bv.: lokale middenberm, asverschuiving, parkeerplaatsen...) ²																																						
Identificatie	12																																					
Beschrijving	<p>Een horizontale snelheidsremmer is een wegversmalling (poort) waardoor men, zelfs onbewust, snelheid zal verminderen. Een horizontale snelheidsremmer kan bestaan uit één van volgende elementen of uit een combinatie ervan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Een lokale middenberm - Een asverschuiving voor minstens één richting - Een rijstrookversmalling of -vermindering - Een "aandachtportiek", dit is een opvallende constructie die, per rijrichting voor het gemotoriseerde verkeer, minstens bestaat uit een verticaal gedeelte (paal) en een aansluitend horizontaal gedeelte (balk), de zgn. galgpaal 																																					
BEOORDELING																																						
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING																																				
Categorie	Doorstroming bij obstakels																																					
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant negatief	De aanleg van horizontale snelheidsremmers beoogt een algemene snelheidsvermindering en helpt de autobestuurder tot het naleven van de snelheidslimieten. Het effect van de snelheidsverandering wordt gemodelleerd via CAR. Op een weg waar er door de aanwezigheid van snelheidsremmers bijvoorbeeld een snelheidsverandering van 19 km/u naar 13 km/h is (CAR definities), wordt er een verhoging in de bijdrage van NO2 verwacht van 1,4 µg/m ³ en dus ongeveer 3,5 % t.o.v. de norm (significant negatief).																																				
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Significant negatief	Ook op een buitenweg veroorzaakt een verlaging van de snelheid een stijging in de concentraties van 1,8 µg/m ³ en een verhoging van de riddynamiek een stijging van 0,4 µg/m ³ .																																				
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing																																					
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	<p>De horizontale snelheidsremmer is een voorziening die door de snelheidsvermindering globaal het geluidniveau kan verminderen op voorwaarde dat de voorgeschreven naderingssnelheden nageleefd worden zodat er niet bruusk geremd of overgeschakeld wordt.</p> <p>Onderstaande tabel geeft de geluidsreducties weer die gemiddeld kunnen behaald worden door de snelheid te verlagen. Op een weg waar er door de aanwezigheid van een horizontale snelheidsremmer bijvoorbeeld een snelheidsverandering van 50 km/h naar 30 km/h is, wordt er een geluidsreductie van 1,4 dB(A) verwacht. Naar analogie met de modellering voor lucht veronderstellen we een daling van de snelheid tov. de referentiesituatie (dus van 19 naar 13 km/u). Op basis van onderstaande tabel en expert judgement schatten we het effect op geluidshinder als verwaarloosbaar in.</p> <p>Kort voor de snelheidsremmer en juist erachter ontstaat er lokaal een kleine geluidsverhoging (cobstakel) door toedoen van respectievelijk het remmen en het versnellen van de voertuigen (voornamelijk zware voertuigen). De bijkomende geluidsbijdrage (Cobstakel) ten gevolge van het afremmen en optrekken van een situatie die de snelheid sterk beperkt (de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd) kan berekend worden (volgens R62: de standaardrekenmethode 1 van het reken-en meetvoorschrift geluid 2012). De correctieterm is plaatselijk en wordt toegepast tot 100 meter van de oorzaak van de snelheidsbeperking.</p> <p>Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8% middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan wordt er op 50 m van het midden van het obstakel een toeslag van 0,3 dB berekend ten gevolge van het obstakel (zie tabel onderaan deze sheet).</p>																																				
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of minkost	De aanleg van een lokale middenberm kost ongeveer 2.500 € (20m lang en 2,5m breed met beplanting en boordsteen). Een asverschuiving voor minstens één richting heeft een zeer beperkte meerprijs t.o.v. een gewone rechte rijweg (eigen expertise).																																				
Neveneffecten - CO2	matig negatief	Ook de emissie van CO2 per km stijgt naarmate de gemiddelde snelheid stijgt. Deze maatregelen hebben dus ook een negatief effect op de CO2-uitstoot.																																				
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	Door verstoring van de verkeersstroom wordt de doorstroming gehinderd, maar in de regel worden snelheidsremmers toegepast op wegen/locaties waar de doorstroming niet prioritair is.																																				
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Overwegend positief	De snelheidsreductie heeft een positief effect op de verkeersveiligheid (met name de ongevalsernst).																																				
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Voor hulpdiensten kunnen verkeersremmende maatregelen als negatief worden ervaren.																																				
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	Enkel toepasbaar op wegen met een snelheidsregime < 50 km/u.																																				
Type wegrichting	Beide (nieuw en aanpassen)																																					
Referenties		R39, R42, R43, R59, R62, R72, W16																																				
Figuren	Geluid	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Speed reduction (10% heavy traffic)</th> <th colspan="2">Traffic reduction</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>From 110 to 100 km/h</td> <td>0.7 dB(A)</td> <td>10 %</td> <td>0.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>From 100 to 90 km/h</td> <td>0.7 dB(A)</td> <td>20 %</td> <td>1.0 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>From 90 to 80 km/h</td> <td>1.3 dB(A)</td> <td>30 %</td> <td>1.6 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>From 80 to 70 km/h</td> <td>1.7 dB(A)</td> <td>40 %</td> <td>2.2 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>From 70 to 60 km/h</td> <td>1.8 dB(A)</td> <td>50 %</td> <td>3.0 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>From 60 to 50 km/h</td> <td>2.1 dB(A)</td> <td>75 %</td> <td>6.0 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>From 50 to 40 km/h</td> <td>1.4 dB(A)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>From 40 to 30 km/h</td> <td>0 dB(A)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Source: DRI, 2004.</p>	Speed reduction (10% heavy traffic)		Traffic reduction		From 110 to 100 km/h	0.7 dB(A)	10 %	0.5 dB(A)	From 100 to 90 km/h	0.7 dB(A)	20 %	1.0 dB(A)	From 90 to 80 km/h	1.3 dB(A)	30 %	1.6 dB(A)	From 80 to 70 km/h	1.7 dB(A)	40 %	2.2 dB(A)	From 70 to 60 km/h	1.8 dB(A)	50 %	3.0 dB(A)	From 60 to 50 km/h	2.1 dB(A)	75 %	6.0 dB(A)	From 50 to 40 km/h	1.4 dB(A)			From 40 to 30 km/h	0 dB(A)		
Speed reduction (10% heavy traffic)		Traffic reduction																																				
From 110 to 100 km/h	0.7 dB(A)	10 %	0.5 dB(A)																																			
From 100 to 90 km/h	0.7 dB(A)	20 %	1.0 dB(A)																																			
From 90 to 80 km/h	1.3 dB(A)	30 %	1.6 dB(A)																																			
From 80 to 70 km/h	1.7 dB(A)	40 %	2.2 dB(A)																																			
From 70 to 60 km/h	1.8 dB(A)	50 %	3.0 dB(A)																																			
From 60 to 50 km/h	2.1 dB(A)	75 %	6.0 dB(A)																																			
From 50 to 40 km/h	1.4 dB(A)																																					
From 40 to 30 km/h	0 dB(A)																																					

Invloed ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen (afwegen van verschillende systemen)		
Identificatie	13	
Beschrijving	<p>Onder 'straatparkeren' wordt in het vademecum (R53) verstaan: het parkeren en stallen van motorvoertuigen op maaiveldhoogte, langs en op straat. Straatparkeren kan op verschillende manieren georganiseerd worden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Op de rijweg • Naast de rijweg (langsparkeren) • parkeerstrook haaks op de rijweg • parkeerstrook voor schuin parkeren <p>Met deze maatregel beschrijven we het effect van manoeuvrerende wagens uit/in parkeerplaatsen.</p>	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij obstakels	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	Straatparkeren veroorzaakt obstakels op de weg doordat voertuigen in en/of uit een parkeerplaats rijden. Obstakels hebben een invloed op de ritdynamiek. Afhankelijk van het parkeersysteem (met lange in- en of uitrijdtijd) en de wegeigenschappen (bv drukke weg...) zal de ritdynamiek (lichte of zware congestie) in meer of mindere mate beïnvloed worden. De verschillen tussen hierbovenvermelde systemen van straatparkeren zijn op basis van momenteel beschikbare informatie niet kwantificeerbaar maar worden als verwaarloosbaar beschouwd.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	idem
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Afhankelijk van het parkeersysteem (met lange in- en of uitrijdtijd) en de wegeigenschappen (bv drukke weg...) zal de ritdynamiek (remmen en optrekken) afnemen (expert judgement). De bijkomende geluidsbijdrage (Cobstakel) ten gevolge van het afremmen en optrekken van een situatie die de snelheid sterk beperkt (de gemiddelde snelheid van het verkeer wordt ten minste gehalveerd) wordt berekend volgens R62: de standaardrekenmethode 1 van het reken- en meetvoorschrift geluid 2012. De correctieterm is plaatselijk en wordt toegepast tot 100 meter van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Dit effect op geluid is echter verwaarloosbaar. Er zou kunnen opgemerkt worden dat door het aanleggen van parkeerstroken haaks/schuin op de rijweg, de afstand tussen bron en ontvanger toeneemt en de geparkeerde wagens een barrière vormen waardoor het geluid voor de ontvanger afneemt t.o.v parkeren op de weg (expert judgement). het effect wordt echter algemeen als verwaarloosbaar beoordeeld omdat onvoldoende concrete informatie hieromtrent beschikbaar is.
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of minkost	De kostprijs voor een parkeerstrook met 4 langspaarkeerplaatsen kan op ongeveer €2500 geschat worden. De kostprijs voor verschillende systemen zal niet significant verschillend zijn.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Een wijziging in de ritdynamiek leidt tot een verandering van de CO2-emissies. Verwijzend naar het effect op luchtkwaliteit wordt ook dit criterium als verwaarloosbaar beoordeeld.
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	De doorstroming op de weg kan in meer of mindere mate beïnvloed worden ten gevolge van de in meer of mindere mate verstoring van de verkeersstroom door in- en uitrijdende voertuigen. Dit heeft ook een impact op de wegcapaciteit en het ongevalsrisico. Zoals reeds aangegeven is het effect op de doorstroming door verschillende parkeersystemen onduidelijk.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	De externe veiligheid neemt af. De doorstroming op de weg neemt af ten gevolge van verstoring van de verkeersstroom door in- en uitrijdende voertuigen. Dit heeft ook een impact op de wegcapaciteit en het ongevalsrisico. In welke mate verschillende parkeersystemen een impact hebben op de verkeersveiligheid is moeilijk uit te drukken.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Niet geschikt bij hogere snelheidsregimes o.v.w. ongevalsrisico (menging snelle - trage voertuigen, kop-staartongevallen).
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	beide - mits het gepaste snelheidsregime!
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	
Referenties		R62, R53, R72

Bushalte op de weg		
Identificatie	14	
Beschrijving	Een bushalte kan zich op straat bevinden zodat het achterrijdend verkeer ook moet halt houden tot de bus opnieuw vertrokken is.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij obstakels	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	Door de bushalte op de weg te plaatsen wordt een toename van de ritdynamiek (remmen en optrekken) verwacht doordat een stilstaande bus het achterliggende verkeer ophoudt. Met als gevolg een verhoging van het emissies (expert judgement). Bij het plaatsen van de bushalte op de weg is er een slechtere doorstroming van het verkeer. Hoe groot het effect is op de doorstroming is echter moeilijk in te schatten. Een wijziging in de ritdynamiek van vrije doorstroming naar lichte congestie is bij stedelijke wegen verwaarloosbaar. Indien er reeds lichte congestie optreedt, is het effect door wijziging naar middelzware congestie matig negatief. Het effect wordt beoordeeld t.o.v. een referentie zonder congestie en wordt dus bij stedelijke wegen verwaarloosbaar beoordeeld.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Significant negatief	Een wijziging in de ritdynamiek van vrije doorstroming naar lichte congestie is voor buitenwegen significant negatief. Indien er reeds lichte congestie optreedt, is het effect door wijziging naar middelzware congestie matig negatief.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Door de bushalte op de weg te plaatsen wordt een toename van de ritdynamiek (remmen en optrekken) verwacht met als gevolg een verhoging van het geluid (expert judgement). Bij het plaatsen van de bushalte op de weg is er een slechtere doorstroming van het verkeer met een geluidstoename (tov bushalte langs de weg) tot gevolg. In sheet 11 werd de bijkomende geluidsbijdrage (Cobstakel) ten gevolge van het afremmen en optrekken van een situatie die de snelheid sterk beperkt (rekeninghoudende dat de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd door de bushalte op de weg) berekend. Er dient opgemerkt te worden dat deze correctieterm Cobstakel enkel van toepassing is wanneer een bus op de rijbaan stopt. Daar dit meestal niet frequent voorkomt wordt het effect op het geluid als verwaarloosbaar ingeschat.
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	De kostprijs van de aanleg van een bushalte op de weg wordt als verwaarloosbaar beoordeeld. Er dient geen specifieke infrastructuur aangelegd worden. De kostprijs van een eventueel te plaatsen bushokje wordt hierbij niet in rekening gebracht omdat dit onafhankelijk is van de plaatsing van de bushalte op of naast de weg.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Het effect op de doorstroming zal hoger zijn dan wanneer de bushalte langs de weg ligt. Het verschil in doorstroming tussen beide maatregelen t.o.v. de afwezigheid van een bushalte is echter moeilijk te onderscheiden en wordt daarom voor beiden als matig negatief beoordeeld.
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	Een halterende bus blokkeert tijdelijk de doorgang voor achteropkomend verkeer. Dit is negatief voor de doorstroming. Deze maatregel dient echter toegepast op locaties waar verkeersleefbaarheid primeert ten opzicht van de doorstroming.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Deze maatregel kan een negatief effect hebben op de veiligheid op de weg. Een halterende bus kan uitnodigen tot (ongepaste) inhaalbewegingen door achteropkomend verkeer. Ook het veroorzaken van kop-staart botsingen is een aandachtspunt.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	/
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	beide
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R62, R72

Bushalte langs de weg		
Identificatie	15	
Beschrijving	Een bushalte kan zich naast de weg bevinden zodat het achterrijdend verkeer enkel moet halt houden wanneer de bus de halte in en/of uitrijdt.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij obstakels	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Verwaarloosbaar effect	Bij het plaatsen van de bushalte naast de weg wordt het achterliggend verkeer enkel gehinderd tijdens het manoeuvreren van de bus (van de weg naar de bushalte en van de bushalte terug op de weg). Op die manier kan de ritdynamiek van het verkeer gehinderd worden. Het effect van het verplaatsen van de bushalte op de ritdynamiek is echter moeilijk te bepalen. Het valt te verwachten dat de hinder voor het achterliggend verkeer minder is voor een bushalte naast de weg dan voor een bushalte op de weg. De tijdsduur waarbinnen het achterliggend verkeer wordt stilgelegd is namelijk minder. Hiermee rekening houdend wordt het effect voor stedelijke wegen als verwaarloosbaar beoordeeld.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig negatief	Rekening houdend met de analyse voor stedelijke wegen, wordt het effect voor buitenwegen als matig negatief beoordeeld.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Bij het plaatsen van de bushalte naast de weg moet het achterrijdend verkeer enkel halt houden wanneer de bus de halte in en/of uitrijdt en is er bijgevolg een betere doorstroming van het verkeer, met een geluidsreductie tot gevolg, tov bushalte op de weg. Daar dit meestal niet frequent voorkomt wordt het effect op het geluid als verwaarloosbaar ingeschat.
Bijkomend kosten	Matige meerkost	De kostprijs van de aanleg van een bushalte (verharding in asfalt, fundering) van ca. 33m lang en 3m breed kan op €4950 geraamd worden. De kostprijs van een eventueel te plaatsen bushokje wordt hierbij niet in rekening gebracht omdat dit onafhankelijk is van de plaatsing van de bushalte op of naast de weg.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Naar analogie met het effect op lucht, wordt het effect op CO2 emissies als verwaarloosbaar beoordeeld zowel voor stedelijke wegen als buitenwegen (effect van CO2 is niet zo sterk als effect van NO2).
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	Het effect op de doorstroming zal minder zijn dan wanneer de bushalte op de weg zelf ligt. Het verschil in doorstroming tussen beide maatregelen t.o.v. de afwezigheid van een bushalte is echter moeilijk te onderscheiden en wordt daarom voor beiden als matig negatief beoordeeld.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Verwaarloosbaar effect	De veiligheid is beter wanneer de bushalte naast de weg geplaatst wordt t.o.v. de bushalte op de weg. Het inpassen van een bushalte naast een weg heeft echter geen specifieke veiligheidseffecten t.o.v. de afwezigheid van een bushalte.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Negatief voor inpasbaarheid/ruimtebeslag van bushalte.
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	beide
Type wegrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R62, R72

Voetgangers- of fietsersoversteken met verkeerslichten		
Identificatie	16	
Beschrijving	De voetgangers- of fietsersoversteekplaats wordt geregeld aan de hand van verkeerslichten.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij voetgangersovergangen	
Effect op luchtkwaliteit	Significant negatief	De effecten op de luchtkwaliteit door het plaatsen van een voetgangers- of fietsers oversteekplaats met verkeerslichten zijn afhankelijk van het effect, die dergelijke maatregel heeft op de doorstroming. Vanuit de referentiesituatie gaan we ervan uit dat er vrije doorstroming is. We veronderstellen dat, door het plaatsen van lichten deze wijzigt in een middelzware congestie (het preciese effect hiervan is afhankelijk van de verkeersintensiteit op de weg). Een simulatie van CAR op basis van standaardweg 3b (normaal stadsverkeer - street canyon situatie) en een verandering van doorstroming naar middelzware congestie resulteert in een stijging van de bijdrage van het verkeer tot de luchtkwaliteit met ongeveer 1,5 µg/m³ NO2 en dus een significant negatief effect.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig negatief	Een simulatie van CAR op basis van buitenweg 2 en een verandering van vrije doorstroming naar middelzware congestie resulteert in een stijging van de bijdrage van het verkeer tot de luchtkwaliteit met ongeveer 0,4 µg/m³ NO2 en dus een matig negatief effect.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	de effecten op de geluidskwaliteit door het plaatsen van een voetgangersoversteekplaats met verkeerslichten worden beoordeeld op basis van de correctiefactor Kruispunt (<i>expert judgement</i>). Het effect wordt als verwaarloosbaar beschouwd.
Bijkomend kosten	Matige meerkost	De kosten voor het voorzien van verkeerslichten wordt op € 20,000-25,000 geschat. Voor de plaatsing van de verkeerslichten op zich wordt een 15.000€ ingeschat. Daarbij komen nog wat infrastructurele kosten (markering en signalisatie, eventueel middeneiland of asverschuiving, opheffen parkeerplaatsen, ...).
Neveneffecten - CO2	matig negatief	het meer afremmen en optrekken van (vracht)auto's heeft een toename in energiegebruik tot gevolg
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	Afhankelijk van de gebruiksfrequentie van de oversteekplaats. Door de keuze van de minimale groentijd voor het autoverkeer kan een afweging gemaakt worden tussen de doorstroming voor het autoverkeer enerzijds, en de maximale wachttijd voor voetgangers anderzijds.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Overwegend positief	De externe veiligheid neemt toe (R43), aangezien het conflict tussen voetganger en autoverkeer beveiligd wordt.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	beide
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R72, R43, R62

Voetgangers- en fietsersoversteken met horizontale snelheidsremmers (bv lokale middenberm met asverschuiving...)

Identificatie	17	
Beschrijving	<p>Een horizontale snelheidsremmer is een wegversmalling (poort) waardoor men, zelfs onbewust, snelheid zal verminderen. Een horizontale snelheidsremmer kan geplaatst worden ter hoogte van een voetgangersoversteekplaats en kan bestaan uit één van volgende elementen of uit een combinatie ervan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Een lokale middenberm - Een asverschuiving voor minstens één richting - Een rijstrookversmalling of -vermindering - Een "aandachtportiek", dit is een opvallende constructie die, per rijrichting voor het gemotoriseerde verkeer, minstens bestaat uit een verticaal gedeelte (paal) en een aansluitend horizontaal gedeelte (balk), de zgn. galgpaal 	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij voetgangersovergangen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant negatief	Het effect van een horizontale snelheidsremmer werd reeds beoordeeld in sheet 12. De aanleg van horizontale snelheidsremmers beoogt een algemene snelheidsvermindering en helpt de autobestuurder tot het naleven van de snelheidslimieten. Het effect van de snelheidsverandering wordt gemodelleerd via CAR. Op een weg waar er door de aanwezigheid van snelheidsremmers bijvoorbeeld een snelheidsverandering van normaal stadsverkeer stagnerend stadverkeer is (CAR definities), wordt er een verhoging in de bijdrage van NO2 verwacht van 1,4 µg/m³ en dus ongeveer 3,5% t.o.v. de norm (significant negatief).
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Significant negatief	idem als in sheet 12
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	de effecten op de geluidskwaliteit door het plaatsen van een voetgangersoversteekplaats met snelheidsremmers zal nagenoeg dezelfde zijn als bij de aanleg van horizontale snelheidsremmers zonder voetgangersoversteekplaats (<i>expert judgement</i>). Hier wordt bijgevolg verwezen naar sheet 12.
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of mincost	De aanleg van een lokale middenberm kost ongeveer 2.500 € (20m lang en 2,5m breed met beplanten en boordsteen). Een asverschuiving voor minstens één richting heeft een zeer beperkte meerprijs t.o.v. een gewone rechte rijweg (eigen expertise).
Neveneffecten - CO2	matig negatief	Ook de emissie van CO2 per km stijgt naarmate de gemiddeld snelheid stijgt. Deze maatregelen heeft dus ook een negatief effect op de luchtkwaliteit.
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	De snelheidsremmer zorgt voor een beperkte verstoring van de verkeersstroom.
Neveneffecten - Veerkeersveiligheid	Overwegend positief	De aanwezigheid van een middenberm heeft een meervoudig positief effect op de oversteekbaarheid. In de eerste plaats neemt de oversteeklengte af, waardoor een kleiner hiaat in de verkeersstroom volstaat om de oversteek te kunnen maken. Daarnaast is het makkelijker om hiaten in de verkeersstroom te vinden omdat de oversteek in twee bewegingen gemaakt kan worden, waarbij telkens een lagere verkeersstroom gedwarsd wordt. Tenslotte ligt ook de snelheid van het dwarsend verkeer lager.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Geen
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	
Referenties		R39, R42, R43, R59, R62, R72

Voetgangers- of fietsersoversteken met verticale snelheidsremmers		
Identificatie	18	
Beschrijving	<p>Een plateau of drempel (verticale snelheidsremmer) heeft de bedoeling het gemotoriseerd verkeer te verplichten om snelheid te matigen. Indien zij dit niet of onvoldoende zouden doen ervaren zij dit onmiddellijk fysisch bij zichzelf, de andere inzittenden, de lading, het voertuig,</p> <p>Een (echt) verhoogd plateau, zoals bepaald in het KB van 9 oktober 1998, gewijzigd door het KB van 3 mei 2002 is bedoeld om te naderen met matige snelheid en te overschrijden aan een snelheid van maximum 30 km/u. Een dergelijk plateau mag slechts aangelegd worden op wegen met een maximum toegelaten snelheid lager dan of gelijk aan 50 km/u. Bovenop een drempel of plateau kan er een voetgangersoversteekplaats aangelegd worden</p>	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij voetgangersovergangen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant negatief	<p>Het effect van een verticale snelheidsremmer werd reeds beoordeeld in sheet 11. De aanleg van een drempel beoogt een algemene snelheidsvermindering en helpt de autobestuurder tot het naleven van de snelheidslimieten. Het effect van de snelheidsverandering kan bepaald worden aan de hand van de tabellen weergegeven in het rapport. Op een weg waar er door de aanwezigheid van snelheidsremmers bijvoorbeeld een snelheidsverandering van 19 km/u naar 13 km/h is (CAR definities), wordt er een verhoging in de bijdrage van NO₂ verwacht van 1,4 µg/m³ en dus ongeveer 3,5 % t.o.v. de norm (significant negatief).</p> <p>De bestuurder moet vertragen vóór een verkeersplateau of drempel, na de snelheidsremmer versnelt de bestuurder opnieuw. Deze acceleraties zorgen voor een verhoging van de uitstoot van emissies. De verhoging in emissies ten opzichte van een situatie zonder verkeersdrempels of plateaus kan tot 75 % zijn bij oudere dieselwagens (R42). De uitstoot hangt ook af van de startsnelheid, de emissies van PM zijn hoger als er sneller wordt gestart (R59).</p> <p>Voor deze maatregel, die zowel snelheids- als ritdynamiekverandering veroorzaakt, wordt het effect bepaald door de omvang van de snelheidsveranderingen en de verandering in ritdynamiek (van vrije doorstroming naar eventueel lichte congestie) te koppelen aan een verandering in emissies. Het effect van de ritdynamiek kan oplopen tot 5 % ten opzichte van de norm voor NO₂ (zie sheet 11), afhankelijk van het al dan niet voorkomen van congestie op de weg in de referentiesituatie.</p> <p>Het effect van deze maatregel wordt door het tweevoudige negatieve effect als significant negatief beoordeeld.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Significant negatief	idem als in sheet 11
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	<p>Het plateau of de drempel is een voorziening die door de snelheidsvermindering globaal het geluidniveau kan verminderen met ca. 2 dB(A) op voorwaarde dat de voorgeschreven naderingssnelheden nageleefd worden zodat er niet bruusk geremd of overgeschakeld wordt en op voorwaarde dat de vorm van de drempel of het plateau sinusoidaal is (R39). Bij een vlakke (trapezoidale) drempel of plateau kan het geluidsniveau zelfs plaatselijk stijgen tot ca. 6 dB(A).</p> <p>Kort voor de drempel en juist erachter ontstaat er een kleine geluidsverhoging door toedoen van respectievelijk het remmen en het versnellen van de voertuigen (voornamelijk zware voertuigen).</p> <p>In de standaardrekenmethode 1 van het reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (R62) wordt de bijkomende geluidsbijdrage (Cobstakel) ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt berekend. De correctieterm wordt toegepast tot 100 meter van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als, ten gevolge van de obstakel, de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt.</p> <p>Deze correctie, die voor elke rijlijn apart wordt bepaald, wordt op de volgende manier berekend:</p> $\text{Cobstakel} = 0,65 + 0,004p - 0,007a$ <p>met:</p> <ul style="list-style-type: none"> • p: de som van het percentage middelzware- en zware motorvoertuigen [%]; • a: de afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel [m]. <p>Indien meerdere obstakels die de snelheid sterk verlagen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen het meest dichtstbijzijnde obstakel beschouwd.</p> <p>Wanneer we bijvoorbeeld een weg met 8 % middelzware- en zware motorvoertuigen beschouwen dan wordt er op 50 m van het midden van het obstakel een toeslag van 0,3 dB berekend ten gevolge van het obstakel.</p> <p>Het effect van de snelheidsverandering kan bepaald worden aan de hand van de tabel weergegeven in sheet 12. Op een weg waar er door de aanwezigheid van een verkeersplateau of drempel bijvoorbeeld een snelheidsverandering van 50 km/h naar 30 km/h is, wordt er een geluidsafname van 1,4 dB(A) verwacht waardoor er een matig positief effect aanwezig is. Daar er bij het betreden van bepaalde plateaus of drempels er plaatselijk een geluidsverhoging kan voorkomen wordt het effect met 1 klasse verlaagd waardoor er een verwaarloosbaar effect verwacht wordt.</p>
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of minkost	De investeringskosten bedragen circa € 15.000,- per plateau (R43).
Neveneffecten - CO ₂	matig negatief	Het afremmen, het nemen van het obstakel en het optrekken heeft een negatief effect op energieverbruik (R43).
Neveneffecten - doorstroming	matig negatief	De snelheidsremmer zorgt voor een beperkte verstoring van de verkeersstroom.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	Overwegend positief	De snelheid van het dwarsend verkeer heeft een positief effect op zowel het ongevalsrisico (betere zichtbaarheid tussen voetganger en autoverkeer) als op de ongevals ernst (lagere snelheid).
Randvoorwaarden	matig negatief	Het aanleggen van drempels op een weg, met dichtbij bebouwing is niet aan te raden omwille van de voorkomende trillingshinder. Voor hulpdiensten kunnen verkeersremmende maatregelen als negatief worden ervaren.
Algemene toepasbaarheid	3 (St-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type wegrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	
Referenties		R39, R42, R43, R59, R62, R72

Aanleg fietstunnels en fietsbruggen		
Identificatie	19	
Beschrijving	De fietsvoorziening kan een weg ongelijkvloers kruisen via een tunnel of een brug.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Doorstroming bij voetgangersovergangen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	Het effect op de ritdynamiek van het verkeer op de weg, na aanleggen van een fietstunnel of -brug is afhankelijk van de mate waarin er congestie voorkomt op de wegen. Als gevolg van het rijden door een 'tunnel', worden de fietsers of voetgangers minder blootgesteld aan luchtpollutie, afkomstig van de weg. Vanuit het oogpunt van de fietser kunnen we deze maatregel als significant positief beoordelen. Het effect is echter in de literatuur niet kwantitatief beschreven. Het effect van een fietstunnel of -brug op de luchtkwaliteit langs de referentieweg (weg met vrije doorstroming zonder oversteekplaats) wordt als verwaarloosbaar ingeschat.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Niet van toepassing	
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Omdat we reeds uitgaan van een referentiesituatie met vrije doorstroming is het effect van een fietstunnel of -brug verwaarloosbaar. Als gevolg van het rijden door een 'tunnel', worden de fietsers of voetgangers minder blootgesteld aan het geluid afkomstig van de weg.
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	Het budget voor een fietstunnel (lengte 25-35m) moet op ongeveer 500.000€ geraamd worden (op basis van eigen expertise/projecten).
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Een verbeterde doorstroming geeft aanleiding tot een lager energieverbruik door toename van gemiddelde snelheden en een vermindering van de ritdynamiek.
Neveneffecten - doorstroming	Overwegend positief	De doorstroming voor autoverkeer verbetert omdat een verstoring van de verkeersstroom door overstekende fietsers wordt vermeden. Ook voor fietsers verbetert de doorstroming omdat geen oversteekbeweging meer nodig is. Een kanttekening hierbij is dat er omwille van het fietscomfort naar gestreefd moet worden om de hoogteverschillen voor het fietsverkeer te minimaliseren, en deze vooral op het autoverkeer af te wentelen.
Neveneffecten - Veerkerseiligheid	Overwegend positief	De externe veiligheid neemt toe (R43) omwille van de harde scheiding van autoverkeer en fietsverkeer.
Randvoorwaarden	matig positief	Sociale veiligheid van afzonderlijke fietsvoorzieningen is een aandachtspunt. Eventuele hellingen hebben een nadelig effect op het fietscomfort.
Algemene toepasbaarheid	2 Buitenwegen	
Type wegrinrichting	Nieuwe weg	
Referenties		R62, R43, R72

Geluidsschermen		
Identificatie	20	
Beschrijving	Deze maatregel houdt in dat een geluidsscherm geplaatst wordt langs een weg. Het effect wordt bekeken op 30-50m achter het scherm.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Overdrachtsmaatregelen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig positief	<p>Een scherm zorgt voor extra turbulente inmenging van lucht met achtergrondconcentraties, waardoor een daling van de concentraties optreedt (de aanname is dat de achtergrondconcentratie lager is dan de concentratie in de lucht, die van de weg af komt). Deze extra inmenging van lucht kan worden versterkt door een verhoging van het scherm en/of de plaatsing van hoge bomen direct achter het scherm.</p> <p>Luchtschermen hebben het grootste effect voor de huizen die er vlak achter staan. Het grootste effect treedt op in een afstand vanaf de weg van circa 10 tot 15 keer de hoogte van het scherm. Rekening houdend met een scherm van 4m, daalt de bijdrage van het verkeer tot de concentraties NO₂ met ongeveer 14% op 10 meter achter het scherm. Passen we dit toe op de standaardweg is, dan betekent dit een reductie van 1,4% (ongeveer 30 m van de weg) t.o.v. de norm en dus matig positief. In de onderstaande tabel zijn de effecten van schermen op de wegbijdrage weergegeven die in Nederland in 2009 tijdens een onderzoek (in het kader van Innovatieprogramma luchtkwaliteit IPL) werden opgemeten.</p> <p>In de tabel en grafiek onderaan deze fiche is het berekende effect van het plaatsen van een scherm op de NO₂ concentratie weergegeven op verschillende afstanden van het scherm (scherm op 20 m van de wegrand). Op 30m van de weg wordt een reductie van ongeveer 1,7 µg/m³ gerapporteerd, dus ongeveer 4% t.o.v. de norm. Andere referenties spreken dan weer van een verwaarloosbaar effect.</p> <p>Om overschatting te vermijden schatten we het effect als matig positief in.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	matig positief	idem als voor buitenweg
Effect op geluidshinder	Significant positief	<p>Als de woningen dicht bij de weg (en het geluidsscherm) gelegen zijn, is de geluidsreductie door plaatsing van een geluidsscherm het grootst. Zo kan er een geluidsreductie van 10 dB gerealiseerd worden, mits het scherm op degelijke wijze 'zonder geluidslekken' en voldoende hoog en lang is uitgevoerd. Bovendien wordt de 10 dB reductie enkel tot op 30 m van de rand van de rijweg bereikt. Geluidsreducties hoger dan 15 dB blijken in de praktijk moeilijk haalbaar en vragen om buitengewone afmetingen (zeer hoge schermen, overkapping, ...).</p> <p>De belangrijkste variabelen voor het effect achter het scherm zijn de lengte, de hoogte, de locatie en de geluidsabsorptie van het scherm. Voor de locatie van het scherm t.o.v. de bron en de waarnemer geldt: hoe groter de omweg van het geluid over het scherm heen, hoe groter het effect. Om weerkaatsing van geluid aan de overzijde te voorkomen kan er gekozen worden voor geluidsabsorberend materiaal. In sommige situaties kan het scherm ook 20 graden voorover worden geplaatst. Dan wordt het geluid naar de wegverharding gericht en geabsorbeerd door het asfalt (bv door ZOAB of tweelaags ZOAB).</p> <p>Onderstaande afbeeldingen geven het theoretische geluidseffect van een 3 m en een 6 m hoog scherm. In het rode cirkeltje is het effect op de tweede bouwlaag (5 m hoog) van een woning op 50 m afstand van het scherm zichtbaar. Uit de figuur volgt dat op 50 m afstand van een 3 m hoog scherm er een afname van 4 dB is en van een 6 m hoog scherm er een afname van 12 dB is.</p> <p>Hoe verder de woningen van de weg liggen, hoe minder effectief de werking van een geluidsscherm is. In de praktijk is op 250 meter afstand het verschil in geluidsniveau beperkt tot enkele dB, en bijgevolg moeilijk waarneembaar.</p> <p>Er kan echter nog een bijkomend effect verwacht worden door de vorm van de schermtop die op het bestaand geluidsscherm geplaatst wordt. Volgens Nederlandse studies is akoestisch gezien met name de T-vormige opbouw een interessante variant (het T-top scherm heeft een effect van ongeveer 2 dB meer dan een scherm zonder "dakje") om bestaande schermen effectiever akoestisch te laten afschermen. Praktijkervaring wijst echter uit dat het effect hiervan vermoedelijk niet zo hoog is (Persoonlijke communicatie, AWV).</p> <p>Daar het weggeluid op 30-50 m achter het scherm minimum met 3 dB(A) verlaagd zal worden is er een significant positief effect aanwezig.</p>
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	Kosten voor een scherm zijn uiteraard afhankelijk van het gebruikte materiaal, alsook de hoogte van het scherm. Een indicatie van gemiddelde prijzen per m worden hierna gegeven in een tabel. De kost van een scherm kan als een hoge meerkost bij de inrichting van een weg worden beoordeeld. Een extra verhoging van het scherm houdt extra kosten in omdat, naast bijkomend extra materiaal, in de meeste gevallen de fundering daartoe aangepast moet worden.
Neveneffecten - CO ₂	Verwaarloosbaar effect	Het plaatsen van een geluidsscherm heeft geen effect op de CO ₂ emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	Het plaatsen van een geluidsscherm heeft geen effect op de doorstroming van het verkeer.
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Geluidsschermen staan dicht bij de weg waardoor obstakelvrees kan voorkomen. Door obstakelvrees gaan mensen dichter naar het midden van de weg rijden waardoor de onderlinge afstanden tussen voertuigen worden verkleind. De kans op ongelukken wordt hierdoor groter. Dit is te voorkomen door het scherm niet al te massief en transparant over te laten komen. Het gebruik van lichte vormen en kleuren kan hierbij helpen.
Randvoorwaarden	matig negatief	Hoe hoger het scherm hoe meer het zicht wordt weggenomen bij weggebruikers en omwonenden. Voor omwonenden kunnen schermen ook als een visueel obstakel worden gezien. Overdrachtsmaatregelen hebben als nadeel t.o.v. brongerichte maatregelen dat ze meestal slechts effect hebben op een welbepaalde groep/locatie, afhankelijk van de situering van de ontvanger t.o.v. de maatregel.
Algemene toepasbaarheid	1 (Vw-weg) en 2 (Bu-weg)	vooral buiten de bebouwde kom
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R7, R8, R28, R31, R39, R66, R67, R68

Figuren	Lucht	<table border="1"> <thead> <tr> <th>hoogte scherm</th> <th>4 meter</th> <th>7 meter</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO₂</td> <td>14% (± 10%)</td> <td>35% (± 26%)</td> </tr> <tr> <td>NO_x</td> <td>20% (± 6%)</td> <td>42% (± 13%)</td> </tr> <tr> <td>PM₁₀</td> <td>34% (± 25%)</td> <td>45% (± 48%)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Gemiddeld effect op de wegbijdrage en onzekerheid (95% betrouwbaarheidsinterval) van het vier meter hoge referentiescherm en het zeven meter hoge scherm op 10 meter achter het scherm in de Proeftuin Schermen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>afstand tot de weg (m)</th> <th>100 N</th> <th>50 N</th> <th>30 N</th> <th>10 N</th> <th>10 Z</th> <th>30 Z</th> <th>50 Z</th> <th>100 Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>scherm aan zuidzijde</td> <td>-0,2</td> <td>-0,5</td> <td>-0,7</td> <td>-1,2</td> <td>-2,9</td> <td>-1,0</td> <td>-0,6</td> <td>-0,3</td> </tr> <tr> <td>scherm aan noordzijde</td> <td>-0,3</td> <td>-0,6</td> <td>-1,1</td> <td>-3,3</td> <td>-1,0</td> <td>-0,6</td> <td>-0,4</td> <td>-0,2</td> </tr> <tr> <td>scherm aan beide zijden</td> <td>-0,5</td> <td>-1,1</td> <td>-1,8</td> <td>-4,6</td> <td>-4,0</td> <td>-1,7</td> <td>-1,0</td> <td>-0,5</td> </tr> </tbody> </table>	hoogte scherm	4 meter	7 meter	NO ₂	14% (± 10%)	35% (± 26%)	NO _x	20% (± 6%)	42% (± 13%)	PM ₁₀	34% (± 25%)	45% (± 48%)	afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z	scherm aan zuidzijde	-0,2	-0,5	-0,7	-1,2	-2,9	-1,0	-0,6	-0,3	scherm aan noordzijde	-0,3	-0,6	-1,1	-3,3	-1,0	-0,6	-0,4	-0,2	scherm aan beide zijden	-0,5	-1,1	-1,8	-4,6	-4,0	-1,7	-1,0	-0,5
		hoogte scherm	4 meter	7 meter																																														
		NO ₂	14% (± 10%)	35% (± 26%)																																														
NO _x	20% (± 6%)	42% (± 13%)																																																
PM ₁₀	34% (± 25%)	45% (± 48%)																																																
afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z																																										
scherm aan zuidzijde	-0,2	-0,5	-0,7	-1,2	-2,9	-1,0	-0,6	-0,3																																										
scherm aan noordzijde	-0,3	-0,6	-1,1	-3,3	-1,0	-0,6	-0,4	-0,2																																										
scherm aan beide zijden	-0,5	-1,1	-1,8	-4,6	-4,0	-1,7	-1,0	-0,5																																										
Figuren	Geluid	<p>Voorbeeld: Effect van een scherm van 3 en 6 meter hoog op geluid</p>																																																
Figuren	Kosten	<table border="1"> <thead> <tr> <th>hoogte scherm m</th> <th>investering €/m</th> <th>instandhouding €/m/jr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>025</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.449</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.066</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2.678</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.284</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3.884</td> <td>129</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>4.479</td> <td>149</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>5.069</td> <td>169</td> </tr> </tbody> </table> <p>Voor schermen hoger dan 8 meter gelden andere kostenkanten.</p>	hoogte scherm m	investering €/m	instandhouding €/m/jr	1	025	28	2	1.449	48	3	2.066	69	4	2.678	89	5	3.284	109	6	3.884	129	7	4.479	149	8	5.069	169																					
hoogte scherm m	investering €/m	instandhouding €/m/jr																																																
1	025	28																																																
2	1.449	48																																																
3	2.066	69																																																
4	2.678	89																																																
5	3.284	109																																																
6	3.884	129																																																
7	4.479	149																																																
8	5.069	169																																																

Geluidsschermen met coating (ifv verbeteren luchtkwaliteit)		
Identificatie	21	
Beschrijving	Wanneer er op een geluidsscherm een coating met fotokatalytisch materiaal (meestal titaandioxide) toegevoegd wordt, dan kan onder invloed van het zonlicht de stikstofoxides uit de lucht – vooral afkomstig van uitlaatgassen – omgezet worden in het onschadelijke nitraat.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Overdrachtsmaatregelen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig positief	Schattingen op basis van modelberekeningen (situatie Terschuur) geven aan dat een verlaging van de NO ₂ -concentratie van maximaal 0,3 tot 2 µg/m ³ op 50 meter achter het scherm theoretisch mogelijk is, echter alleen bij optimale weersomstandigheden en een zeer hoge effectiviteit van de coating. Veldexperimenten tonen echter aan dat de omzetting van NO naar nitraat veel minder effectief is en dus deze reducties niet gehaald worden. Verklaringen hiervoor zijn de korte contacttijd van de lucht met het scherm, minder gunstige meteorologische omstandigheden (windrichting, lichtintensiteit), de hoge luchtvochtigheid en de lage temperatuur (R27). De oppervlakteweerstand voor NO _x is erg hoog. Wanneer een oppervlakte wordt behandeld met een katalysator (TiO ₂) of een andere oppervlakte actieve stof, wordt de grenslaag weerstand verlaagd. Op een kaal geluidsscherm is er slechts maximaal een depositie van 2-4% van de totale flux (verkeersemmissie plus achtergrondflux) aanwezig waardoor een coating (zonder oppervlakteverhoging) slechts weinig effect zal hebben. Oppervlakte vergroting voor met katalysator behandelde schermen is nodig om een merkbaar effect te krijgen. Het effect van een TiO ₂ coating op geluidsschermen op de verbetering van de luchtkwaliteit kan niet worden aangetoond. Mede omwille van de grote onzekerheid m.b.t. mogelijke reducties, wordt het effect als 'matig positief' beoordeeld en wordt het effect van de coating bijgevolg verwaarloosd.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	matig positief	idem als voor buitenweg
Effect op geluidshinder	Significant positief	Het effect van een geluidsscherm wordt weergegeven in sheet 20. Er wordt geen bijkomend effect verwacht door het al dan niet behandelen van het geluidsscherm met een coating, zolang de coating het absorberend vermogen van het geluidsscherm niet beïnvloed. Daar het weggeluid op 30-50 m achter het scherm minimum met 3 dB(A) verlaagd zal worden is er een significant positief effect aanwezig.
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	In het project 'De Titaniumstrijd' in Rotterdam wordt een budget aangevraagd van 90.000€ om een wal van 2860m ² te voorzien van een TiO ₂ -coating (R78). Ten opzichte van de totale kost van een scherm is deze meerkost beperkt. Ten opzichte van de referentiesituatie, dus zonder scherm, is de kost hoog.
Neveneffecten - CO ₂	Verwaarloosbaar effect	een coating heeft geen effect op de CO ₂ emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	geen effect
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Geluidsschermen staan dicht op de weg waardoor obstakelvrees kan voorkomen. Door obstakelvrees gaan mensen dichter naar het midden van de weg rijden waardoor de onderlinge afstanden tussen voertuigen wordt verkleind. De kans op ongelukken wordt hierdoor groter. Dit is te voorkomen door het scherm niet al te massief en transparant over te laten komen. Gebruik van lichte vormen en kleuren kan hierbij helpen.. Het al dan niet aanbrengen van een coating op het geluidsscherm heeft geen effect op de verkeersveiligheid.
Randvoorwaarden	Overwegend negatief	Hoe hoger het scherm hoe meer zicht wordt weggenomen bij weggebruikers en omwonenden. Voor omwonenden kunnen schermen ook als een visueel obstakel worden gezien. Deze maatregel is echter nog in een onderzoeksfase en daarom momenteel nog niet algemeen toepasbaar. Overdrachtsmaatregelen hebben als nadeel t.o.v brongerichte maatregelen dat ze meestal slechts effect hebben op een welbepaalde groep/locatie, afhankelijk van de situering van de ontvanger t.o.v de maatregel.
Algemene toepasbaarheid	1 (Vw-weg) en 2 (Bu-weg)	vooral buiten de bebouwde kom
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R7, R8, R27, R28

Aanbrengen van een luifel		
Identificatie	22	
Beschrijving	<p>Een luifelconstructie is een geknikt of gebogen geluidsscherm, waarbij de bovenkant van de luifel zich, afhankelijk van de vereiste afschermdende werking, in meer of mindere mate tot boven de rijstroken zal uitstrekken. De luifel kan gedeeltelijk open zijn. Luifels kunnen enkelzijdig of aan beide zijden van de weg voorkomen. De toepassing van een luifel vermindert het geluidsniveau achter het scherm.</p> 	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Overdrachtsmaatregelen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig positief	<p>Luifels hebben achter het scherm een positief effect op het thema luchtkwaliteit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de emissies worden gemengd over een grotere hoogte als gevolg van de afschermdende werking; - de emissies worden door de kleinere opening meer naar de weg verschoven. <p>Luifels zullen door windremming aanleiding geven tot sterk verhoogde concentraties boven de weg. De hoogte van het scherm heeft een belangrijke invloed, omdat dit de stuwing van de lucht vanaf de weg verhoogt en door grotere wervels achter het scherm voor meer inmenging van boven lucht zorgt.</p>
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	matig positief	
Effect op geluidshinder	Significant positief	<p>Omdat de schuine bovenzijde van een luifel voor een deel boven de weg komt, zorgt dat ervoor dat het geluid een grotere omweg maakt van de weg naar de bebouwing achter de luifel. Dat betekent dat een luifel een groter effect heeft op geluid dan een rechtop staand scherm van dezelfde hoogte. De reflecterende luifel is naar het de wegverharding toe gericht, zodat de wegverharding eventueel ook het geluid kan absorberen. Daar het weggeluid op 30-50 m achter het scherm minimum met 3 dB(A) verlaagd zal worden is er een significant positief effect aanwezig.</p>
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	Het aanbrengen van een luifel brengt een hoge meerkost met zich mee. Praktijkvoorbeelden geven een kost weer van € 1.190.000 voor 250 m.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregel heeft geen effect op de CO2 emissies.
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregel heeft geen effect op de doorstroming
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	<p>Geluidsschermen staan dicht op de weg waardoor obstakelvrees kan voorkomen. Door obstakelvrees gaan mensen dichter naar het midden van de weg rijden waardoor de onderlinge afstanden tussen voertuigen worden verkleind. De kans op ongelukken wordt hierdoor groter. Dit is te voorkomen door het scherm niet al te massief en transparant over te laten komen. Het gebruik van lichte vormen en kleuren kan hierbij helpen.</p>
Randvoorwaarden	matig negatief	<p>Een luifel wordt soms als visueel onaantrekkelijk beschouwd. Om een duidelijk effect te bekomen blijkt uit de praktijk dat de rijstroken volledig moeten overkapt worden. Overdrachtsmaatregelen hebben als nadeel t.o.v brongerichte maatregelen dat ze meestal slechts effect hebben op een welbepaalde groep/locatie, afhankelijk van de situering van de ontvanger t.o.v de maatregel.</p>
Algemene toepasbaarheid	1 (Vw-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R8, R46, 28C
Figuren	Geluid	

Aanbrengen overkapping of ondertunneling		
Identificatie	23	
Beschrijving	Een volledige overkapping van de weg of een tunnel waarbij de lucht al dan niet behandeld wordt.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Overdrachtsmaatregelen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Buiteweg)	Significant positief	<p>Het effect van een overkapping ligt voor de hand: als je (een deel van) een weg overkapt, kan de luchtverontreiniging de directe omgeving niet bereiken. Maar de verontreinigde lucht moet natuurlijk wel ergens heen, zo ontstaat er een verhoogde concentratie aan schadelijke stoffen bij de tunnelmond. De lucht kan echter opgevangen en behandeld worden bij de monden van de overkapping en/of eventueel door een soort schoorsteen met behandeling gebracht worden of geventileerd worden via sleuven of gaten in de overkapping (gecontroleerde emissie).</p> <p>In Nederland werd er een Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) uitgevoerd in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM). Omdat er veel keuzemogelijkheden zijn voor een overkapping, heeft het IPL een instrument ontwikkeld, de 'beoordelingsmatrix' om inzicht te krijgen in welk soort overkapping in welke situatie het meest geschikt is. Met behulp van de beoordelingsmatrix wordt ondermeer inzicht gegeven in het effect dat een bepaald type overkapping heeft op een bepaalde locatie. Daarnaast wordt inzicht gegeven in de indicatieve kosten van het type overkapping en kunnen de effecten van luchtbehandeling worden meegenomen.</p> <p>Voor die locaties naast de tunnel (exclusief de tunnelmonden of afzuigingen) kan een significant positief effect optreden. Op basis van standaardwegtype 1 modelleren we een bijdrage van het verkeer op 30m van de wegas van 2,8 µg/m³. Door een overkapping is dus op bepaalde plaatsen een reductie van 2,8 µg/m³ haalbaar en bijgevolg een significant positief effect (7% t.o.v. de norm).</p>
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Significant positief	idem
Effect op geluidshinder	Significant positief	het geluidsniveau buiten de constructie neemt sterk af en is vooral afhankelijk van de geluidsisolatie van de schil (de wanden en het dak) van de constructie. Er kunnen geluidsreducties voorkomen van meer dan 15 dB waardoor er een significant positief effect aanwezig is.
Bijkomend kosten	Hoge meerkost	Afhankelijk van het gebruikte materiaal en het toepassen van een lichte overkapping tot een werkelijke tunnel kunnen kosten variëren tussen 6 en 66 miljoen euro per km snelweg (2x3 rijstroken). Sowiesso is er sprake van een hoge meerkost.
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregel heeft geen effect op de CO2 emissies
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregel heeft geen effect op de doorstroming
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Er dient rekening gehouden te worden met eventuele specifieke veiligheidsseisen voor tunnels
Randvoorwaarden	matig negatief	Overdrachtsmaatregelen hebben als nadeel t.o.v brongerichte maatregelen dat ze meestal slechts effect hebben op een welbepaalde groep/locatie, afhankelijk van de situering van de ontvanger t.o.v de maatregel.
Algemene toepasbaarheid	1 (Vw-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type wegrinrichting	Beide (nieuw en aanpassen)	
Referenties	R8, R19, R46, 28D, R69, R25	

Groenmaatregelen - bomenrij		
Identificatie	24	
Beschrijving	Met deze maatregel beschouwen we een bomenrij met een open kronendak langs de weg.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Overdrachtsmaatregelen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Significant negatief	Vegetatie (bomen en planten) kan de luchtkwaliteit in een stad niet significant verbeteren en kan die zelfs verslechteren. Door de aanwezigheid van vegetatie in of langs straten met verkeer neemt de windsnelheid in die straat namelijk af. Als gevolg hiervan gaan de concentraties van alle stoffen die door het verkeer worden uitgestoten omhoog. De aanwezigheid van vegetatie in een groot gebied kan wel de achtergrondconcentraties van stikstofdioxide en fijn stof positief beïnvloeden, maar het effect is zeer beperkt – in de orde van een half procent tot mogelijk enkele procenten bij grootschalige extra inzet van vegetatie. De onzekerheid hierover in verschillende studies is aanzienlijk (R15) Een bomenrij met een open kronendak zorgt voor een hogere concentratie op de weg omdat deze bomenrij zorgt voor een verlaagde verdunning en dit effect (vooral in binnenstedelijke wegen) belangrijker is dan de afvangst van stoffen door de bomen. Dit effect werd in het CAR-model meegenomen op basis van windtunnel onderzoek. Hieruit blijkt bij een bomenfactor van 1,25 (en dus één of meer rijen bomen met een onderlinge afstand van minder dan 15m en met openingen tussen de kronen) de gemodelleerde bijdrage door verkeer met 25% verhoogt. Bij een bomenfactor 1,5 (en dus een bomenrij waarbij de kronen elkaar raken en minstens een derde van de straatbreedte overspannen) verhoogt de gemodelleerde bijdrage door verkeer met 50%. Hieruit kunnen we besluiten dat een bomenrij met een open kronendak (bomenfactor 1,25) een significant negatief effect veroorzaakt bij een stedelijke weg (een verhoging van de concentratie op 5m van de weg met 2,3 µg/m³). De groene toolbox (in bijlage bij dit rapport) geeft een overzicht van de mogelijke geschikte configuraties van bomenrijen in specifieke situaties.
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	matig negatief	Een bomenrij met een open kronendak (bomenfactor 1,25) heeft een matig negatief effect bij een buitenweg (verhoging van de concentratie op 5m van de weg met 0,9 µg/m³)
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	matig negatief	Een bomenrij met een open kronendak (bomenfactor 1,25) heeft een matig negatief effect bij een verbindingsweg (verhoging van de concentratie op 30m van de weg met 0,7 µg/m³)
Effect op geluidshinder	Verwaarloosbaar effect	Er wordt geen effect op het omgevingsgeluid verwacht door het al dan niet plaatsen van een bomenrij langs de weg.
Bijkomend kosten	Beperkte meer- of minkost	Gezien het breed gamma aan mogelijkheden is een kostprijs voor groenmaatregelen moeilijk in te schatten. Naar analogie met de CROW database waar de kostprijs in de laagste categorie van 0-50.000€ wordt opgenomen, worden deze kosten als beperkt ingeschat
Neveneffecten - CO2	Verwaarloosbaar effect	De aanwezigheid van een bomenrij kan volgens een simulatie met MIMOSA 4.0 EF en een CO2-opname van 1 boom van 65 g CO2/dag tot een CO2-opname van <1% van de emissies leiden. Deze maatregel heeft dus een verwaarloosbaar effect.
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregel heeft geen effect op de doorstroming
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Vegetatie en het plaatsen van bomen langs de weg beperken het zicht. Dit leidt mogelijk tot negatieve effecten voor de verkeersveiligheid. Een tunneleffect kan uitnodigen tot een snelheidsverhoging. Bomen vormen een mogelijk obstakel bij ongevallen waarbij voertuigen de rijweg verlaten.
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Het al dan niet aanwezig zijn van groen als buffer tussen tussen en weg en omwonenden kan ook een psychologisch effect hebben, waardoor het effect van groenmaatregelen als meer positief wordt ervaren. Overdrachtsmaatregelen hebben als nadeel t.o.v brongerichte maatregelen dat ze meestal slechts effect hebben op een welbepaalde groep/locatie, afhankelijk van de situering van de ontvanger t.o.v de maatregel. Wegens het voorkomen van zowel positieve als negatieve randvoorwaarden worden de randvoorwaarden als verwaarloosbaar beoordeeld.
Type wegrinrichting	1-2-3 (overall)	
Type weg	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R1, R7, R8, R15, R58, R52, 29B, R23, R81, W18

Groenmaatregelen - dicht bos		
Identificatie	25	
Beschrijving	Onder deze maatregel wordt een dicht bos tussen bron (weg) en ontvanger (woningen) beschouwd.	
BEOORDELING		
CRITERIUM	TYPE/WAARDE	BESCHRIJVING
Categorie	Overdrachtsmaatregelen	
Effect op luchtkwaliteit (Stedelijke weg)	Niet van toepassing	
Effect op luchtkwaliteit (Buitenweg)	Verwaarloosbaar effect	Bepanting kan concentraties aan vervuulende stoffen op regionale schaal verlagen. Op lokale knelpunten waar de concentraties hoog zijn (zoals vlak nabij de wegen) kan er te weinig bepanting worden aangelegd om de hoeveelheid vervuulende stoffen af te vangen. Wanneer de doorstroombaarheid van de vegetatie te laag is (zoals bij een dicht bos kan worden verondersteld), verlagen bomen en struiken de windsnelheid waardoor de vervuilde lucht minder snel met schone lucht wordt vermengd en de concentraties lokaal toenemen (tunneleffect), zeker wanneer de bepanting langs een drukke weg staat (R52). Recente literatuur wijst erop dat metingen van luchtkwaliteit langs vegetatie vaak tot tegenstrijdige resultaten leidt. Van zodra vegetatie de luchtstroming beïnvloed, heeft deze een negatieve invloed op de luchtkwaliteit en kan deze negatieve invloed niet gecompenseerd worden door het luchtzuiverende effect van de vegetatie (opname) (R15) Een dicht bos kan de afstand tussen weg en receptor wel verhogen en op die manier kan de receptor aan lagere concentraties blootgesteld worden. Rekening houdend met de beschikbare literatuur wordt dit effect als verwaarloosbaar beschouwd.
Effect op luchtkwaliteit (Verbindingsweg)	Verwaarloosbaar effect	Rekening houdend met de beschikbare literatuur wordt dit effect als verwaarloosbaar beschouwd.
Effect op geluidshinder	matig positief	Om een extra geluidsreducerend effect (3 tot max 5 dB) te bekomen is een dicht bos van minstens 100 m breedte naast de autosnelweg noodzakelijk. Dit betekent een bos met een afwisseling van hoge en lage bomen en struiken en waardoor, op alle niveaus, slechts enkele meters ver kan worden gekeken. Enkel in dit geval wordt de maximale geluidsdempende werking bereikt. Meestal komt een dicht bos enkel gedurende een half jaar voor (in de winter geen blad/loof aanwezig aan de bomen). Er wordt verwacht dat het gemiddeld reducerend effect voor zomer- en winterperiode van een dicht bos van 100m (5 dB(A) gehalveerd wordt tot ca. 2,5 dB(A). Achter een dicht bos van 10 tot 20 m breedte (vlak naast de weg) wordt er een geluidsreductie van maximum 1 dB(A) in de zomer verwacht. Rekening houdende met een dicht bos van 30 tot 50 m breedte (vlak naast de weg) wordt er een geluidsreductie van respectievelijk 1,5 tot 2,5 dB(A) in de zomer verwacht waardoor er een matig positief effect aanwezig is.
Bijkomend kosten	Matige meerkost	Gezien het breed gamma aan mogelijkheden is een kostprijs voor groenmaatregelen moeilijk in te schatten. Naar analogie met de CROW database waar de kostprijs in de laagste categorie van 0-50.000€ wordt opgenomen, worden deze kosten als verwaarloosbaar ingeschat
Neveneffecten - CO2	Significant positief	De aanwezigheid van een dicht bos kan volgens een simulatie met MIMOSA 4.0 EF en een CO2-opname van 1 ha bos van 27,5 kg per dag tot een CO2-opname van 7% van de emissies leiden langs een buitenweg (5000 voertuigen/dag). Deze maatregel heeft dus een significant positief effect voor buitenwegen. Voor verbindingswegen werd de beoordeling onderaan deze sheet toegevoegd.
Neveneffecten - doorstroming	Verwaarloosbaar effect	Deze maatregel heeft geen effect op de doorstroming
Neveneffecten - Verkeersveiligheid	matig negatief	Vegetatie en het plaatsen van bomen langs de weg beperken het zicht. Dit leidt mogelijk tot negatieve effecten voor de verkeersveiligheid. Een tunneleffect kan uitnodigen tot snelheidsverhoging. Bomen vormen een mogelijk obstakel bij ongevallen waarbij voertuigen de rijweg verlaten .
Randvoorwaarden	Verwaarloosbaar effect	Het al dan niet aanwezig zijn van groen als buffer tussen een weg en omwonenden kan ook een psychologisch effect hebben, waardoor het effect van groenmaatregelen als meer positief wordt ervaren. Overdrachtsmaatregelen hebben als nadeel t.o.v brongerichte maatregelen dat ze meestal slechts effect hebben op een welbepaalde groep/locatie, afhankelijk van de situering van de ontvanger t.o.v de maatregel. Wegens het voorkomen van zowel positieve als negatieve randvoorwaarden worden de randvoorwaarden als verwaarloosbaar beoordeeld.
Type wegrichting	1 (Vw-weg) en 2 (Bu-weg)	
Type weg	Beide (nieuw en aanpassen)	beide
Referenties		R1, R7, R8, R15, R58, R52, 29B, R23, W18
Neveneffecten - CO2	matig positief	Voor verbindingswegen , met een verkeersintensiteit van 15000 voertuigen/dag wordt een opname van 2,4% gesimuleerd en dus een matig positief effect.

10**BIJLAGE 2: Long-list van maatregelen**

ID	MAATREGEL	Opgenomen in bestaande instrumenten	Waar maatregel uitgehaald ? W van website R van rapport zie tabblad referenties
MAATREGELN			
1	Vrachtverkeer op busbanen; al het vrachtverkeer	R52, p. 137-142	W11
2	Vrachtverkeer op busbanen; alleen schoon vrachtverkeer		W11
3	Sturen met parkeermaatregelen; beperking parkeer capaciteit	R53, p. 46 (algemeen)	W11
4	Routing; verkeersborden		W11
5	Routing; flexibele fysieke afsluiting		W11
6	Routing; alternatieve routes		W11
7	Routing; éénrichting		W11
8	DVM (Dynamisch VerkeersManagement); DRIP's (Dynamische Route Informatiesystemen)		W11, R26
9	DVM; dynamisch aangestuurd netwerk van VRI's (VerkeersRegelingInstallatie)		W11, R22, , R42 (p. 91 ev)
10	DVM; doseringssysteem Park and Ride		W11
11	DVM; DRIPS: doorgaand verkeer ook op hoofdwegenet		W11, R47
12	DVM; DRIPS: doorgaand verkeer op invalswegen		W11, R47
13	DVM; DRIPS: stad in ook op hoofdwegenet		W11, R47
14	DVM; DRIPS: stad in op invalswegen		W11, R47
15	LARGAS (Langzaam Rijden Gaat Sneller)		W11
16	Optimaliseren VRI's; nieuwe VRI inzetten	R52, algemeen	W11, R40 (p. 241 ev), R42 (p. 91 ev), R43, R48
17	Optimaliseren VRI's; odysa: 70 km/h, 2*2 weg		W11
18	Snelheid; van 70 naar 50 km/h	R55 p. 92	W11, R39, R42 (p. 91 ev), R42 (p. 91 ev), R45, R46 (p. 143), R47
19	Snelheid; van 80 naar 60 km/h		W11, R39, R42 (p. 91 ev), R42 (p. 91 ev), R45, R46 (p. 143), R47
20	Geluidsschermen		W11, R17, R8, R13, R31, R33, R41, R46 (p. 200-226)
21	Afscherming/overkapping; Scherm verhogen		W11, R13, R8
22	Afscherming/overkapping; Luifel aanleggen		W11, R8, R19
23	Afscherming/overkapping; Overkapping (lichte) aanbrengen		W11, R8
24	Groenmaatregelen	R52 p. 172-177	W11, R11, R18, R1, R8, R10, R12, R15, R22, R23, R31, R33, R34, R36, R46(p. 123)
25	Katalytische weg; coating op schermen		W11, R27
26	Katalytische weg; deklaag		W11, R4, R18, R3, W12, R13, R27, R31
27	Nat reinigen		W11
28	Rotondes vervangen door een streng VRI's; groene golf		W11, R40 (p. 241 ev), R42 (p. 91 ev), R48
29	Stil wegdek (ZOA, tweelaags ZOA, dunne deklagen, harsbestrijkingen, fijn beton, zeer open beton,...)		R16, R5, R18, R21, R25, R30, R33, R39, R41, R46 (p. 198)
30	Ventilatie in tunnels	R55 p. 268	R17
31	Juiste dimensionering van straten (breedte, bouwhoogte)		R1
32	Schermen ifv verbeteren geluid EN luchtkwaliteit		R7, R19, R28, R31, R39, R44
33	Aanleggen van rotondes	R52, algemeen	R22, R39, R40 (p. 241 ev), R42 (p. 91 ev), R43, R48
34	Luchtzuiverende betonstraatstenen		R3, R30
35	Overkapping en luchtbehandeling		R25
36	Toegangsbeperking tot stille voertuigen		R38
37	Verlagen verkeersintensiteit (weten doorgaand verkeer)		R39
38	Aanbrengen snelheidsremmers	R52 p. 155-159 R55 p.48 R55 algemeen R55 p. 94 ev	R39, R43
39	Vrachtverbod tijdens nachtelijke uren		R39
40	Snelheidsharmonisatie (hoofdwegen, homogenisering)		R42 (p. 91 ev), R43, R45, R46 (p. 143)
41	omvorming tot ongelijkvloerse kruising	R52, algemeen	R43
42	aanleg afslagstroken op kruispunten	R52, p. 70 R52, p.95-96 R55 p.252	R43
43	Inhaalverbod vrachtwagens		R46 (p. 153), R47
44	Ondertunneling stedelijk verkeer		R49
45	stille voegovergangen op bruggen		W13, W14
46	legverband straatstenen		R49
47	lage temperatuur asfalt		R48
48	Low emission zones		
49	aanleg ringweg		
50	andere opbouw wegprofiel: scheiding en/of afscherming fietsers/voetgangers tov autoverkeer		
51	Impact hellingsgraad van wegen		Stuurgroep
52	Positionering van fiets- en voetpaden		Stuurgroep
53	Juiste dimensionering van straten (ligging fietspaden, voetpaden, parkeerplaatsen)		Stuurgroep
54	Verticale Snelheidsremmers		Stuurgroep
55	Horizontale Snelheidsremmers		Stuurgroep
56	LARGAS - aanleg van middenbermen, voorrangspointjes		Stuurgroep

VERWANTE ITEMS IN DE BESTAANDE VADEMECUMS WAAR EFFECTEN OP LUCHT EN GELUID VERMOEDELIJK KUNNEN GEïNTEGREERD WORDEN

101 Rammelstrook Rotonde	R52 p. 65
102 bushalte op of langs de weg	R52p. 149 e
103 Monitoring en evaluatie van projecten	R52 p. 198 ev
104 Slim omgaan met aankomende en vertrekkende auto's	R53 p. 47
105 Randparkings, P&R	R53 p. 122 ev
106 Parkeergeleiding	R53 p. 152 ev
107 K&R	R53 p. 170
108 Parkeren van vrachtauto's / autocars	R53 p. 156
109 Ontwerprichtlijnen parkeerplaatsen voor- en nadelen verschillende systemen	R53 p. 162 ev
110 Verharding en afwatering van parkeerplaatsen	R53 p. 219ev
111 In-en uitrit garage	R53 p. 239
112 inrichting taxistandplaatsen	R53 p. 247
113 Exploitatie van parkeerbeleid	R53 p. 264-265
114 Geluidshinder en luchtverontreiniging hoger lichtengeregeld kruispunt tov voorrangsgeregeld kruispunt	R53 p. 188
115 Uitstoot van motors	R52 p. 59
116 Geluidshinder van motoren	R54 p. 13
117 Stroefheid vs rolgeluid en aandrijfgeluid	R54 algemeen
118 Rateltickers voor slechtzienden	R54 p. 31-32
119 Voetgangersoversteken met verkeerslichten	R55 p. 230-231
120 Materiaalkeuze voetpaden op basis van belasting door voertuigen	R55 p. 91
121 Voetgangersoversteken met snelheidsremmers	R55 p; 170 ev
122 Snelheidsverlaging naar zone 30	R55 p. 216 ev
123 Plateau's thv voetgangersoversteken	R55 p. 238
124 Akoestiek als aandachtspunt in tunnel	R55 p. 244 ev
125 Geluidsoverlast in tunnels	R55 p.268
126 Aandachtspunten inzake natuurtechniek bij aanleg fietsvoorzieningen	R56 p. 131, 134
127 Materiaal gebruik fietspaden	R56 p. 62
	R56 p. 63ev

11

BIJLAGE 3: Groene toolbox



BIJLAGE RAPPORT "DE GROENE TOOLBOX"

GEMEENTE TILBURG



30 maart 2012
076339230:A - Definitief
B02013.000183.0100



es CONSULTING



Inhoud

1	Werkwijze groene toolbox.....	4
1.1	leeswijzer.....	4
2	Technische onderbouwing luchtzuivering door planten.....	5
3	Wegprofielen.....	8
3.1	aansluiting bij de wegtypering vanuit CARII	8
3.2	wegprofiel A (CAR-1).....	10
3.3	wegprofiel B (CAR-1)	12
3.4	wegprofiel C (CAR-4).....	14
3.5	wegprofiel D (CAR-2).....	16
3.6	wegprofiel E (CAR-2)	18
3.7	wegprofiel F (CAR-3A).....	20
3.8	wegprofiel G (CAR-3B)	22
3.9	wegProfiel H (CAR-3A)	24
3.10	wegprofiel i (CAR-3B)	26
3.11	wegprofiel J (CAR 3-B*).....	28
3.12	wegprofiel K (CAR-3B).....	30
3.13	wegprofiel L (CAR-2)	32
3.14	wegprofiel M (CAR-2).....	34
3.15	wegprofiel N (CAR-3A)	36
3.16	wegprofiel O (CAR-2)	38
3.17	wegprofiel P (CAR-4)	40
3.18	wegprofiel Q (CAR-3B)	42
4	Groene Tools	44
4.1	Inleiding	44
4.2	Toepasbare (groene) Tools in de openbare ruimte	44
4.2.1	Tool 1: Kunstmatige groenstructuren langs wegzijden/middenbermen	44
4.2.2	Tool 2: Bomenrijen	45
4.3	Toepasbare (groene) Tools in de private ruimte	60
4.3.1	Tool 3: Bebouwing met groen: geveltuin/gevel begroeiing/groene tuin.....	60
4.3.2	Tool 4: Groen dak/daktuin	61
4.4	Tool 5 de Combinatietool	62

1

Werkwijze groene toolbox

In voorliggend bijlagerapport, bij het hoofdrapport Tilburg kansenkaart luchtgroen, worden de middelen aangereikt die nodig zijn om de "Groene Toolbox" toe te passen in praktijksituaties.

Met de "Groene Toolbox" kan snel inzichtelijk worden gemaakt welke groentoe toepassingen in een bepaalde praktijksituatie toe te passen zijn. De 'Groene Toolbox' bestaat uit een reeks tools (vegetatie toepassingen in bepaalde vormen/maten/locaties/etc.).

Steeds wordt er een voorbeeld wegprofiel beschouwd en daarbij aangegeven welke tools toepasbaar zijn. Om de voorbeeldwegprofielen sneller herkenbaar te maken is daarbij ook aangegeven in welke CAR wegtypering ze vallen.

Om een inschatting te maken of het zinvol is de "Groene Toolbox" toe te passen op een bestaande weg, dient eerst afgewogen te worden of eventuele toepassing van groen zinvol zal zijn; ofwel of het om een kansrijke locatie gaat. Deze afweging kan worden gemaakt op basis van de afwegingsstructuur die in het "hoofdrapport Kansenkaart Luchtgroen" is beschreven.

De voorbeeld wegprofielen zijn gebaseerd op Tilburgse wegen, maar toe te passen op iedere situatie met een dergelijk profiel. Het gaat om universele wegprofielen die in de gehele Europese Unie terug te vinden zijn. Voor de herkenbaarheid is daarom ook aangesloten bij de CARII wegtypering.

1. Kom tot de meest kansrijke locaties voor het toepassen van groen vanuit luchtkwaliteit, hittestress of een andere incentive. (hoofdrapport kansenkaart luchtgroen)
2. Bekijk welk voorbeeld wegprofiel uit deze groene toolbox het beste aansluit bij deze locaties. Al dan niet met behulp van de indeling in de CARII wegtypering.
3. Bekijk welke tools worden toegepast in het voorbeeld wegprofiel.
4. Bekijk deze tools in detail met bijbehorende toepassingsgebied en technische oplossingen.

1.1 LEESWIJZER

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 wordt allereerst een korte technische onderbouwing gegeven bij de luchtzuiverende en omleidende werking door vegetatie. Waarna in hoofdstuk 3 als eerste de CARII wegtypering wordt toegelicht en daarna per voorbeeld wegprofiel beschreven wordt welke tools toegepast kunnen worden. Tot slot worden in hoofdstuk 4 de toegepaste tools in detail beschreven.

2

Technische onderbouwing luchtzuivering door planten

Algemeen:

Planten spelen een belangrijke rol bij de verspreiding van stoffen in de atmosfeer.

Vooraf bomen zijn efficiënt vanwege hun regulering van het lokale luchtstromingsklimaat. Hierbij kan beplanting nabij een lijnbron (bijvoorbeeld wegtracé) of puntbron (bijvoorbeeld fabriek) een te beschermen locatie afschermen voor vervuilde lucht.

De aanplant van bomen/windsingels (lijnvormige doorstroombare groenstructuren) kan de luchtkwaliteit in verblijfsgebieden verbeteren doordat de lokaal vervuilde lucht de lijnvormige doorstroombare beplantingsstructuren ontwijkt en de vervuilde lucht vervolgens gemengd wordt met schonere lucht. Er ontstaat een beschermd gebied aan de windluwe zijde van de lijnvormige doorstroombare groenstructuren dat dieper is dan achter een ondoordringbare hindernis zoals een gebouw of geluidsscherm.

Lijnvormige groenstructuren dienen wel doorstroombaar te zijn, zodat de vervuilde lucht niet "stil gaat staan" in de nabijheid van de lijnvormige doorstroombare groenstructuren; dat leidt juist tot verhoging van concentraties aan de windluwe zijde van lijnvormige doorstroombare groenstructuren.

Lijnvormige doorstroombare groenstructuren langs de weg, mits voldoende doorstroombaar, leiden tot een verlaging van de verkeersgerelateerde fijn stof concentraties achter de doorstroombare groenstructuren. De maximale werkingsdiepte van doorstroombare structuren ligt tussen de 100 tot 150 meter. Op grotere afstand van de weg is het verkeersgerelateerde fijn stof weer volledig gemengd met de lucht.

Het belang van lijnvormige doorstroombare groenstructuren dicht bij wegen is vooral gelegen in verdunning van vervuilde lucht in een omgeving waarin de concentraties hoog zijn en is afhankelijk van het omleiden van vervuilde lucht door aanwezige beplanting. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren werken aanzienlijk beter dan fragmentarische te open of te dichte beplanting.

Voor een effectieve verlaging van de concentraties is het ook opportuun om lijnvormige doorstroombare groenstructuren aan te planten bij de rand van de bebouwing; herhaling van doorstroombare luchtzuiverende groenstructuren binnen elkaars werkingsgebied. Er ontstaat dan een doorstroombaar groene structuur. In dergelijke situaties leidt het omleidings-/mengings effect van lijnvormige doorstroombare groenstructuren altijd tot verlaging van de concentraties.

Door neerslag of bij relatief hoge windsnelheden kunnen vervuilende stoffen nabij beplanting op de ondergrond terecht komen. Het is daarom van belang dat de bodem onder de lijnvormige doorstroombare groenstructuren van natuurlijke aard is (bodemvegetatie/aarde), zodat de verontreiniging

die afgespoeld aan de grond hecht en door het aanwezige bacterielevens onschadelijk wordt gemaakt. Bij verharde oppervlaktes zal een deel van de vervuilende stoffen weer opwaaien en in de atmosfeer terugkomen.

Resumerend:

- Groenstructuren leiden fijn stof en NO₂ om (en zorgen derhalve voor verdunning van concentraties)
- Groenstructuren dienen doorstroombaar te zijn, om ophoping van concentraties te voorkomen.
- Doorstroombaarheid is essentieel voor de zuiverende werking van groenstructuren; er ontstaat een bredere beschermde zone dan achter een ondoordringbare hindernis.
- Lijnvormige groenstructuren werken het effectiefst langs wegen en gebouwen (afschermen van achterland /gebouwen met bewoners/gebruikers)
- Lijnvormige groenstructuren die opeenvolgend binnen elkaars werkingsgebied worden geplaatst (groenstructuur) werken effectiever dan enkelvoudige structuren zonder opvolging.
- Hoe meer lijnvormige groenstructuren opeenvolgend binnen elkaars werkingsgebied geplaatst (g) worden, hoe meer omleiding van fijn stof en gassen plaatsvindt.
- Een natuurlijke ondergrond zorgt voor blijvende binding van afgespoelde of neergedaalde vervuilende stoffen.

Opbouw/ vorm van doorstroombare groenstructuren.

Om de lucht te zuiveren moet de groenstructuur doorstroombaar zijn.

- doorstroombaar (aanplant van meervoudige bomenrijen in 3-hoeksverband; zie hoofdstuk 3.2, tool 2B-2G)

Het beste werkt een groenstructuur die van voet tot top bebladerd is, zodat de vervuiling die van verkeer afkomstig is en zich direct langs de weg of in de luchtlaag tussen 0-2 meter bevindt, omgeleid wordt.

- gesloten van voet tot top (zie hoofdstuk 3.2 tool 2B-2G).

Een enkele boom heeft een beperkt werkingsgebied vergeleken bij een bomenhaag. Daarom is de toepassing van lijnvormige doorstroombare groenstructuren veel effectiever dan van individuele elementen.

- lijnvormige doorstroombare groenstructuren (zie hoofdstuk 3.2 tool 2B-2G).

Lijnvormige doorstroombare groenstructuren hebben een beperkte werkingsdiepte; ongeveer 100 tot 150 meter indien ze optimaal van opbouw zijn (zie voorgaande).

Indien echter de lijnvormige doorstroombare groenstructuren elkaar opvolgen binnen elkaars werkingsdiepte leidt dit tot effectieve verlaging van concentraties fijn stof en gassen over een groter gebied.

- opeenvolging van lijnvormige doorstroombare groenstructuren (zie hoofdstuk 3.2 tool 2G).

Kunstmatige groenstructuren zijn toepasbaar op locaties waar geen ruimte is voor natuurlijke varianten. Het beste werken dubbelwandige doorstroombare groenstructuren die de werking van een boomkroon dicht benaderen. Deze structuren kunnen als lage structuren langs de wegrand, als geluidsschermen, aan gevels van gebouwen of op daken van gebouwen toegepast worden.

- toepassen van kunstmatige groenstructuren waar ruimte voor natuurlijke varianten ontbreekt (zie hoofdstuk 3.2 Tool 1, 4 en 5).

Kunstmatige groenstructuren zijn inzetbaar als lage groenstructuur langs wegen waar omwille van zichtopenheid opkronen van bomen noodzakelijk is. De kunstmatige groenstructuur compenseert de (deels) verloren invloed van de opgekroonde boom op het luchtstromingsklimaat.

- toepassen van kunstmatige groenstructuren voor regulering luchtstromingsklimaat ter compensatie van opgekroonde bomen (zie hoofdstuk 3.2, tool 1).

3

Wegprofielen

3.1 AANSLUITING BIJ DE WEGTYPERING VANUIT CARI

Om snel inzicht te geven in het wegprofiel en de daarbij toepasbare tools is aansluiting gezocht bij de herkenbare wegprofielen zoals CARI die hanteert.

Per voorbeeld wegtype is daarom ook het CAR wegtype weergegeven. Dit om zo vlot mogelijk de weg te vinden naar de voorbeelden uit de Tilburgse situatie.

De te onderscheiden CAR-wegtypen met de daarbij passende voorbeeld wegprofielen worden hieronder weergegeven. Vervolgens worden in de paragrafen 3.2 en verder de afzonderlijke voorbeelden (aangeduid als "wegprofiel") behandeld

CAR- *Wegtype*

De volgende CAR-wegtypen worden onderscheiden (zie ook figuur 1):

1. Weg door open terrein, incidenteel gebouwen of bomen binnen een straal van 100 meter.



"wegprofielen":

- Wegprofiel A
- Wegprofiel B

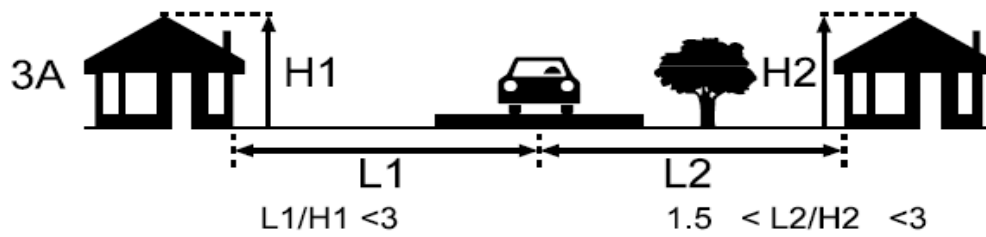
2. Basistype, alle wegen anders dan type 1, 3a, 3b of 4,



"wegprofielen":

- Wegprofiel D
- Wegprofiel O
- Wegprofiel P
- Wegprofiel Q

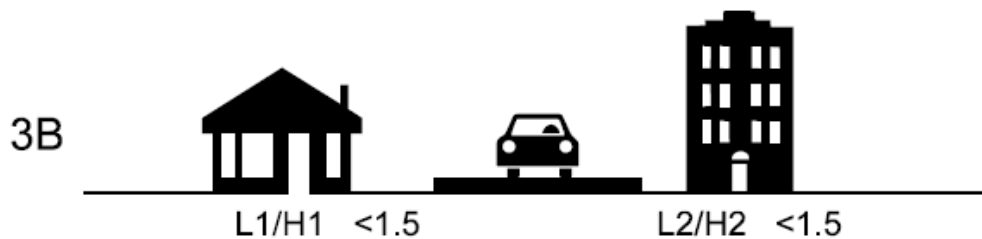
3a. Beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 3 maal de hoogte van de bebouwing, maar groter dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing.



“wegprofielen”

- Wegprofiel E
- Wegprofiel F
- Wegprofiel H
- Wegprofiel L
- Wegprofiel N
- Wegprofiel O

3b. Beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing (street canyon).



“wegprofielen”

- Wegprofiel G
- Wegprofiel I
- Wegprofiel J
- Wegprofiel K
- Wegprofiel Q

4. Eenzijdige bebouwing, weg met aan één zijde min of meer aaneengesloten bebouwing op een afstand van minder dan 3 maal de hoogte van de bebouwing.



“wegprofielen”:

- Wegprofiel C
- Wegprofiel M

3.2 WEGPROFIEL A (CAR-1)

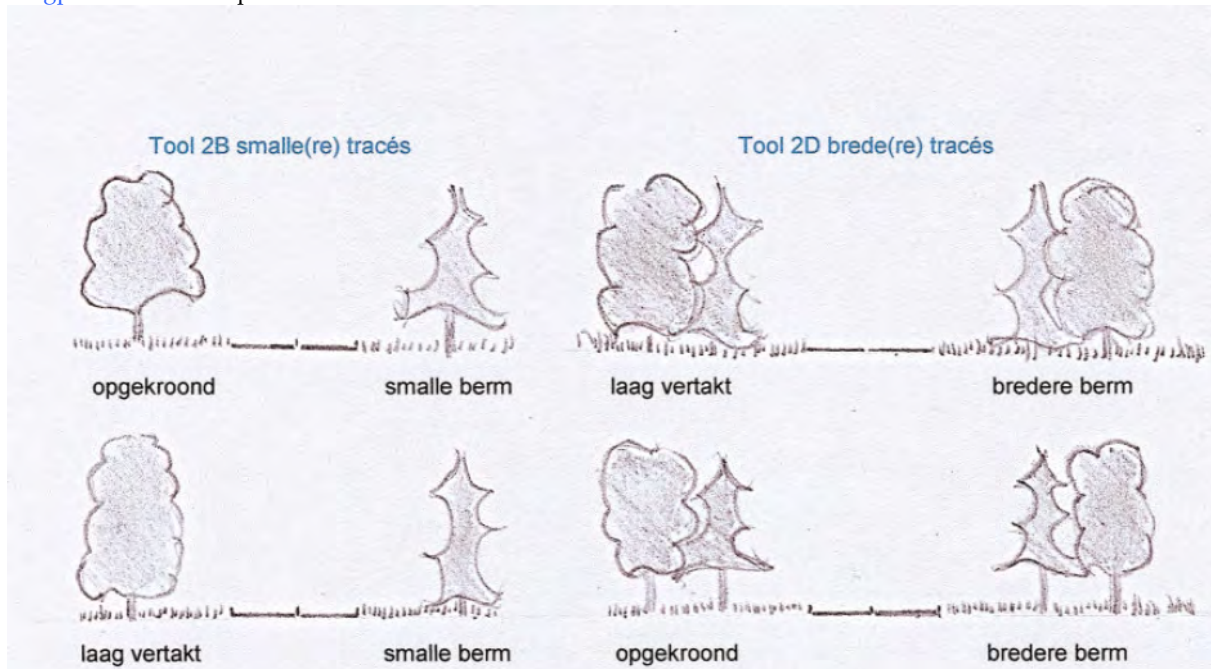
Wegprofiel A: Buitenstedelijke doorgaande wegen in landelijk gebied/landelijke stedelijke ontsluitingswegen.



Korte beschrijving:

Doorgaande verbindingsweg; begrenzing van landelijk en stedelijk gebied. Het wegtracé grenst aan toekomstige gebieden voor stedelijke uitbreiding met woon of bedrijfsmatige bestemming/mengvormen. Aanleg lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseert beschermde gebieden die in de (nabije) toekomst qua functie ingevuld worden.

Wegprofiel A met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie resulterend in verminderde bijdrage aan stedelijke achtergrondconcentratie:

- **Tool 2B** voor smallere tracés: bomenrijen in driehoeksverband, bomen met dicht vertakte kroon.
- **Tool 2D** voor bredere tracés: bomen in driehoeksverband, bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Optimale vangst en omleiding van fijn stof en gassen bij lage vertakking (prioriteitskeuze: optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid met suboptimale overlastaanpak).
- Bij inzet **Tool 2B** waarbij de bomen aan weerszijden van het wegtracé in driehoeksverband staan, blijft bij laag vertakte bomen zichtopenheid gehandhaafd.

3.3 WEGPROFIEL B (CAR-1)

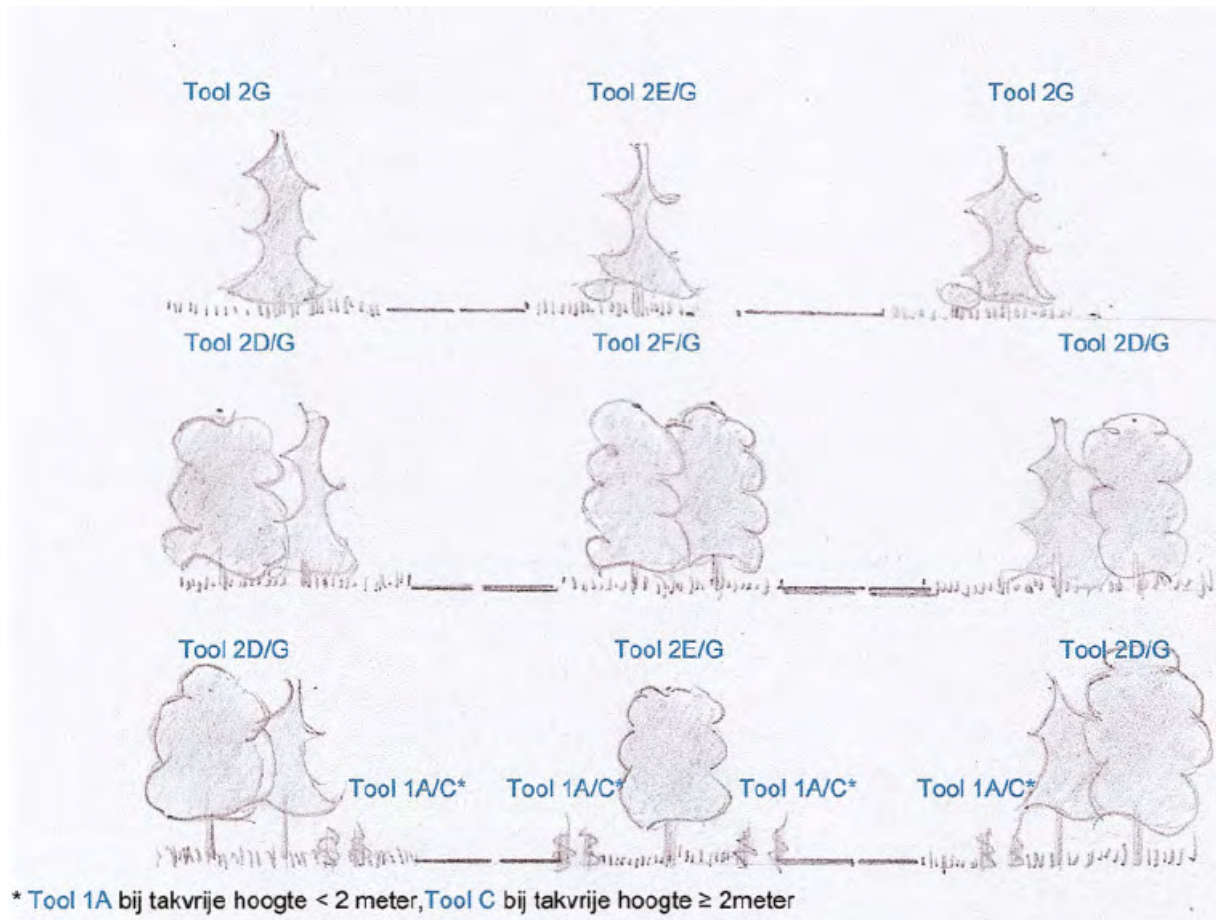
Wegprofiel B: Buitenstedelijke doorgaande snelwegen/provinciale wegen ontsluitingswegen met brede groenstroken op/langs wegvak.



Korte beschrijving:

Doorgaande toegangsweg tot stedelijk gebied grenzend aan woonwijk. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied (de woonwijk). Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel B met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving; woonwijk (straal 200 meter).

- Bij opkronen combineren met kunstmatige groenstructuren voor optimale beheersing luchtstromingen. Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met laag vertakte bomen, toepassing bomen met gematigd dichte tot open kroon. Bij configuratie met opeenvolgende enkelvoudige laag vertakte bomen rijen bomen toepassen met dichte kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lage vertakking (prioriteitskeuze: optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie).

3.4 WEGPROFIEL C (CAR-4)

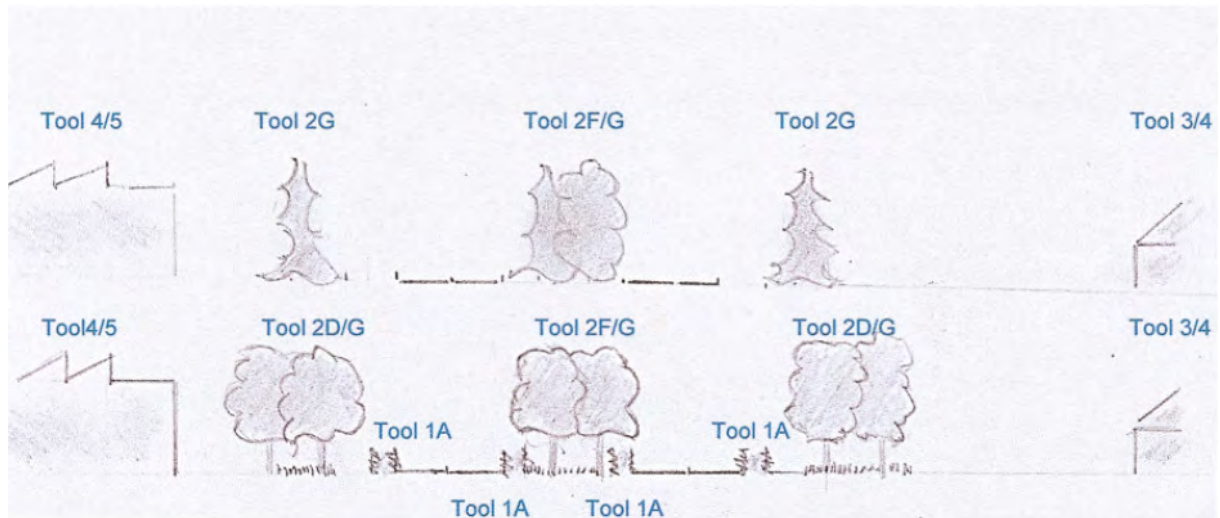
Wegprofiel C: Binnenstedelijke ringweg langs woonwijk en bedrijventerrein met brede groenstroken op/langs wegvak.



Korte beschrijving:

Ringbaan binnenkomend in stedelijk gebied grenzend aan woonwijk en bedrijventerrein. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied, met name de woonwijk. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel C met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij opkronen combineren met kunstmatige groenstructuren Tool 1A voor optimale beheersing luchtstromingen
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met laag vertakte bomen, toepassing bomen met gematigd dichte kroon.
- Optimale vangst van fijn stof en gassen bij lage vertakking (prioriteitskeuze: optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie).
- Benut gebouwen als drager van groen (regulering luchtstromingen).

3.5 WEGPROFIEL D (CAR-2)

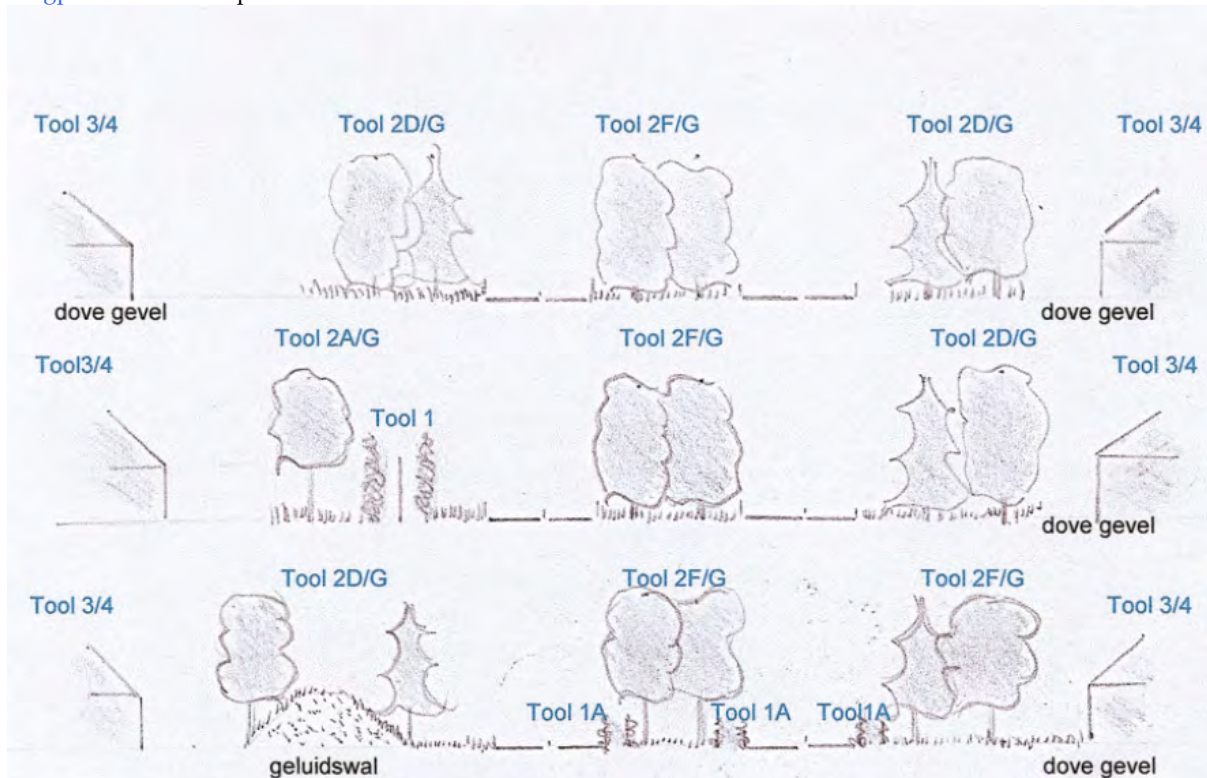
Wegprofiel D: Binnenstedelijke ringweg langs woonwijk met brede groenstroken op/langs wegvak.



Korte beschrijving:

Stedelijke ringbaan langs woonwijken weerszijden. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied; de woonwijken. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijken optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel D met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij opkronen combineren met kunstmatige groenstructuren, Tool 1A voor optimale beheersing luchtstromingen.
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met laag vertakte bomen, toepassing bomen met gematigd dichte kroon.
- Optimale vangst van fijn stof en gassen bij lage vertakking (prioriteitskeuze: optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid met suboptimale overlastaanpak).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering regulering luchtstromingen).

3.6 WEGPROFIEL E (CAR-2)

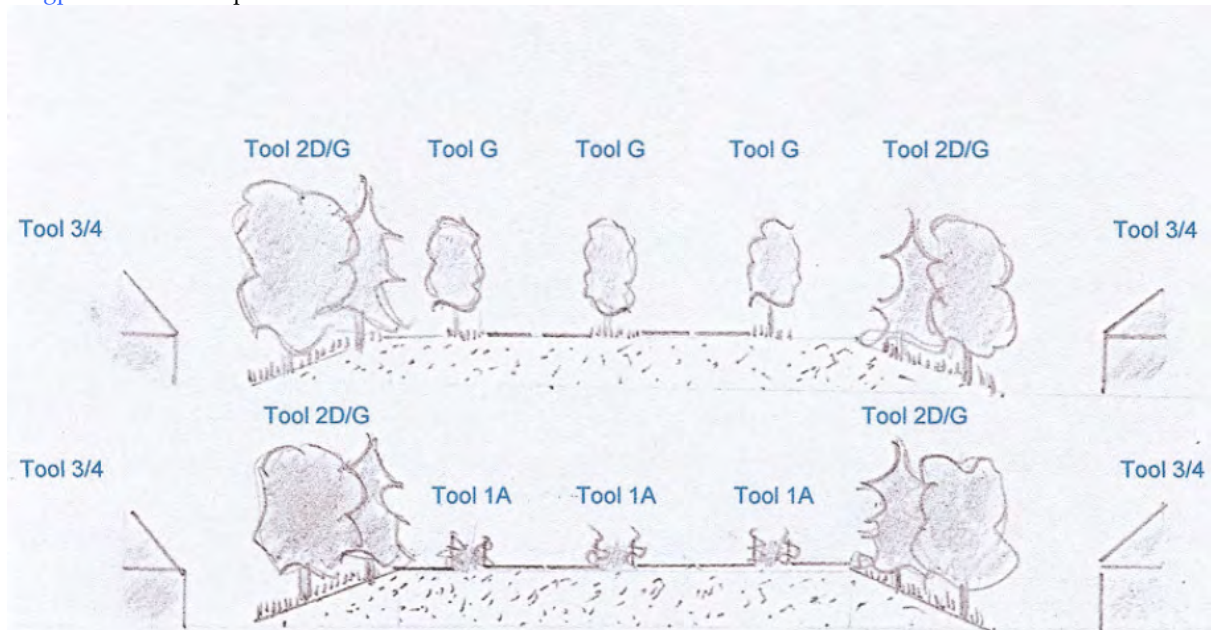
Wegprofiel E: Binnenstedelijke ringweg, verhoogd langs woonwijk met smalle groenstroken op wegvak en brede groenstroken langs wegvak (talud).



Korte beschrijving:

Verhoogd gelegen stedelijke ringbaan langs woonwijken weerszijden. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied; de woonwijken. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijken optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel E met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met bomen op wegvak, toepassing bomen op wegvak en talud met gematigd dichte tot open kroon.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering regulering luchtstromingen).

3.7 WEGPROFIEL F (CAR-3A)

Wegprofiel F: Binnenstedelijke ringweg langs woonwijk (laagbouw) met smalle groenstroken op/langs wegvak.

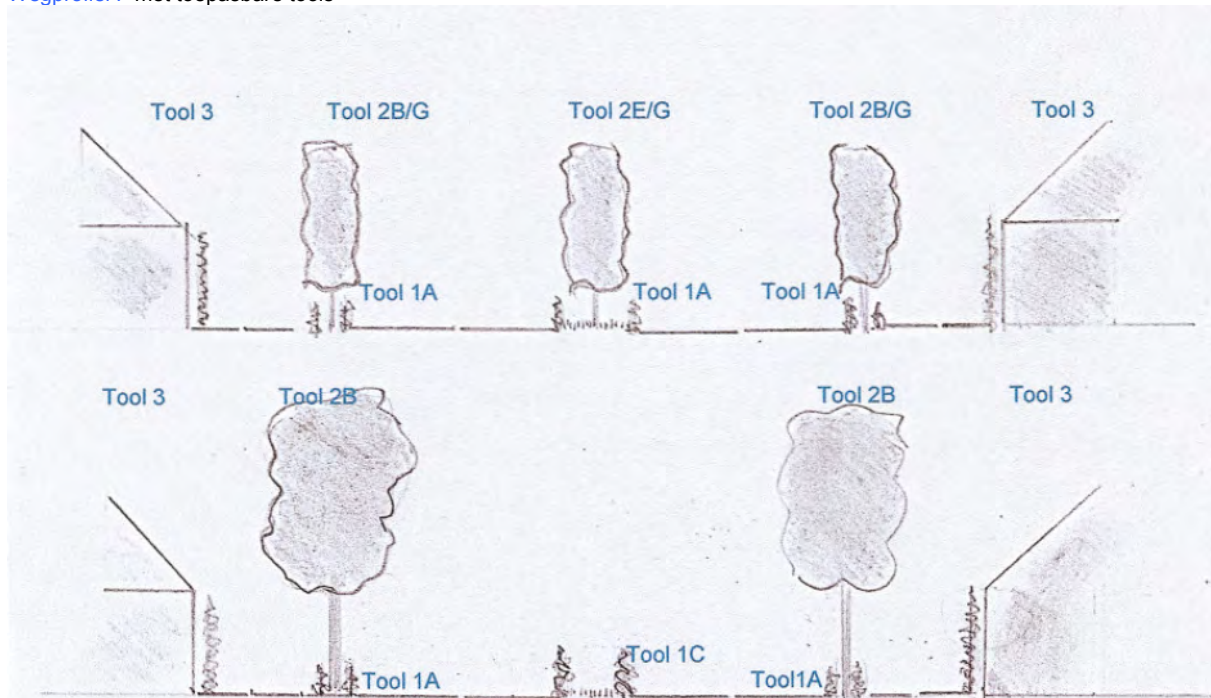


Korte beschrijving:

Stedelijke ringbaan doorsnijdt woonwijk. Bebouwing weerszijden direct aan wegtracé gelegen.

Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied; de woonwijk. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel F met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met geringere takvrije hoogte met gematigd dichte tot open kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij hogere kunstmatige groenstructuur in middenberm (prioriteitskeuze: optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie).
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijn (tool 2G) in middenberm; het dilemma tussen optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie verdwijnt; de aanpak van concentratiereductie in meerdere lijnen is optimaal terwijl zichtopenheid blijft bestaan.
- Bij gebruik van Tool 2B/2G, zuilbomen langs de weg en in middenberm toepassen.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering regulering luchtstromingen).

3.8 WEGPROFIEL G (CAR-3B)

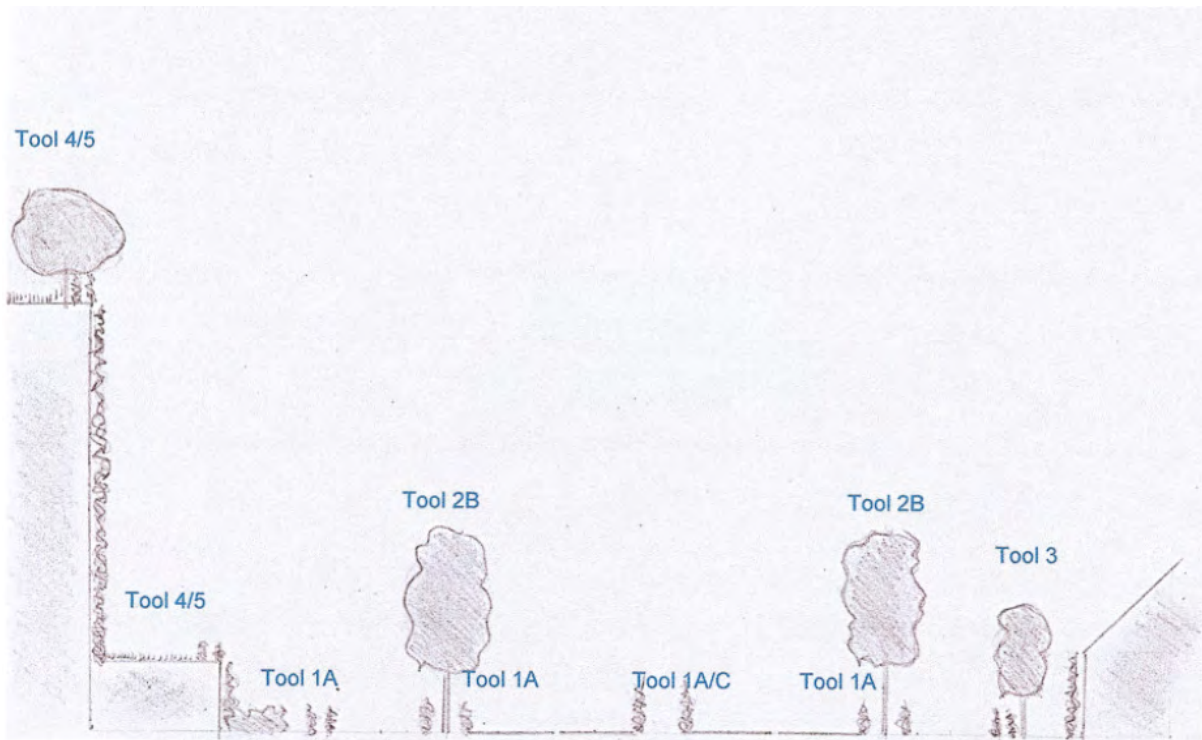
Wegprofiel G: Binnenstedelijke ringweg langs woonwijk/kantorenlocatie (laagbouw + hoogbouw) met smalle groenstroken op/langs wegvak.



Korte beschrijving:

Stedelijke ringbaan langs woonwijk en bedrijventerrein. Bebouwing van ongelijke hoogte weerszijden direct aan wegtracé gelegen. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied; de woonwijk. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel G met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij hogere kunstmatige groenstructuur in middenberm (prioriteitskeuze: optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie).
- Zuilbomen/piramidaal bomen toepassen langs tracé.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering regulering luchtstromingen).

3.9 WEGPROFIEL H (CAR-3A)

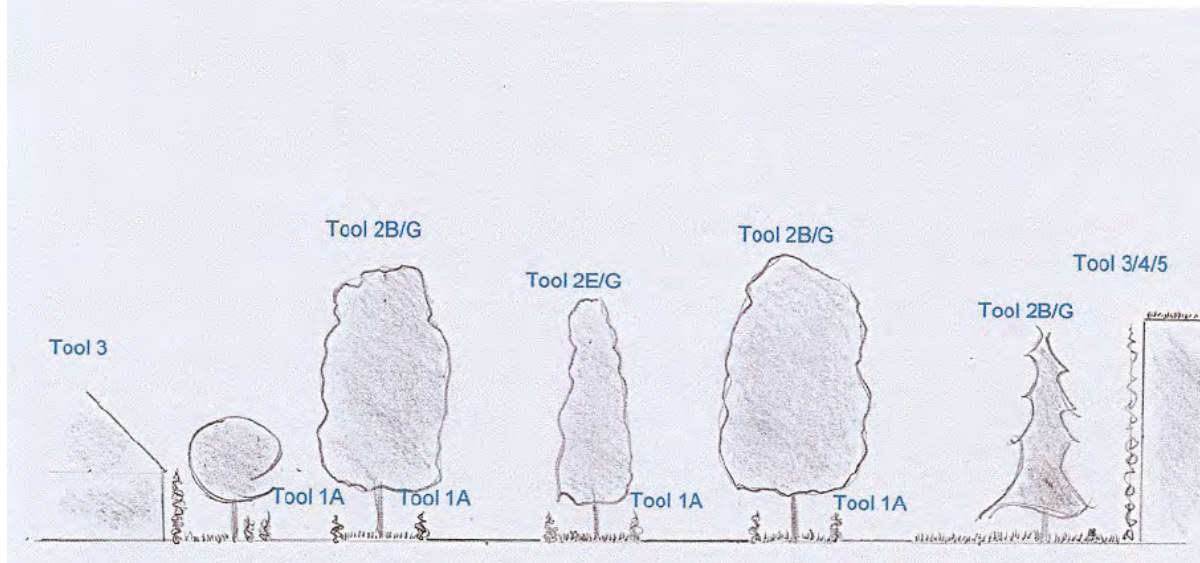
Wegprofiel H: Binnenstedelijke ringweg langs woonwijk (laagbouw +middenhoogbouw) met smalle/brede groenstroken op/langs wegvak.



Korte beschrijving:

Stedelijke ringbaan langs woonwijk en bedrijventerrein. Bebouwing van ongelijke hoogte weerszijden direct aan wegtracé gelegen. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren beschermd gebied; de woonwijk. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel H met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met geringere takvrije hoogte met gematigd dichte tot open kroon.
- Bij configuratie met bomen op en langs wegvak, toepassing bomen met grotere takvrije hoogte met gematigd dichte kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijn (**tool 2G**) in middenberm; het dilemma tussen optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie verdwijnt (vgl. [wegprofiel G](#)); de aanpak van concentratiereductie in meerdere lijnen is optimaal terwijl zichtopenheid blijft bestaan.
- Bij gebruik **Tool 2B/2G** of **2E/2G** bij voorkeur zuilbomen langs de weg en in middenberm toepassen.
- Bij toepassing van bomen met brede kroon langs wegzijden geen bomen in midden berm!
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering beheersing luchtstromingen).

3.10 WEGPROFIEL I (CAR-3B)

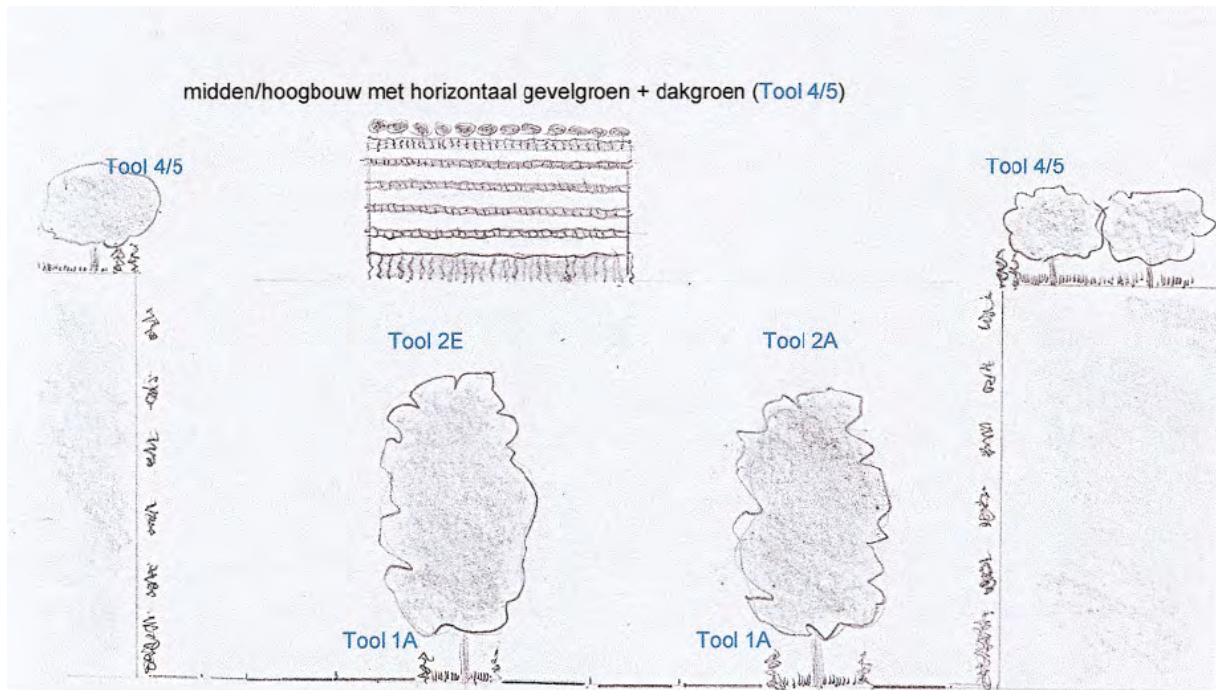
Wegprofiel i: Binnenstedelijke verbindingsweg door woonwijk (hoogbouw) met smalle groenstroken op/langs wegvak.



Korte beschrijving:

Binnenstedelijke verbindingsweg langs hoogbouw (woonwijk). Bebouwing weerszijden direct aan wegtracé gelegen. Lijnvormige doorstroombare groenstructuur realiseert enkelzijdig beschermd gebied; de woonwijk. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel I met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Optimale vangst van fijn stof en gassen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijnen en verticaal gevelgroen; het dilemma tussen optimale aanpak van concentratiereductie of openheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie verdwijnt. De aanpak van concentratiereductie in meerdere groene lijnen (inclusief gevelgroen) is optimaal terwijl de zichtopenheid gehandhaafd blijft.
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering beheersing luchtstromingen).

3.11 WEGPROFIEL J (CAR 3-B*)

Wegprofiel J: Binnenstedelijke verbindingsweg door stadscentrum (hoogbouw) versteend traject.

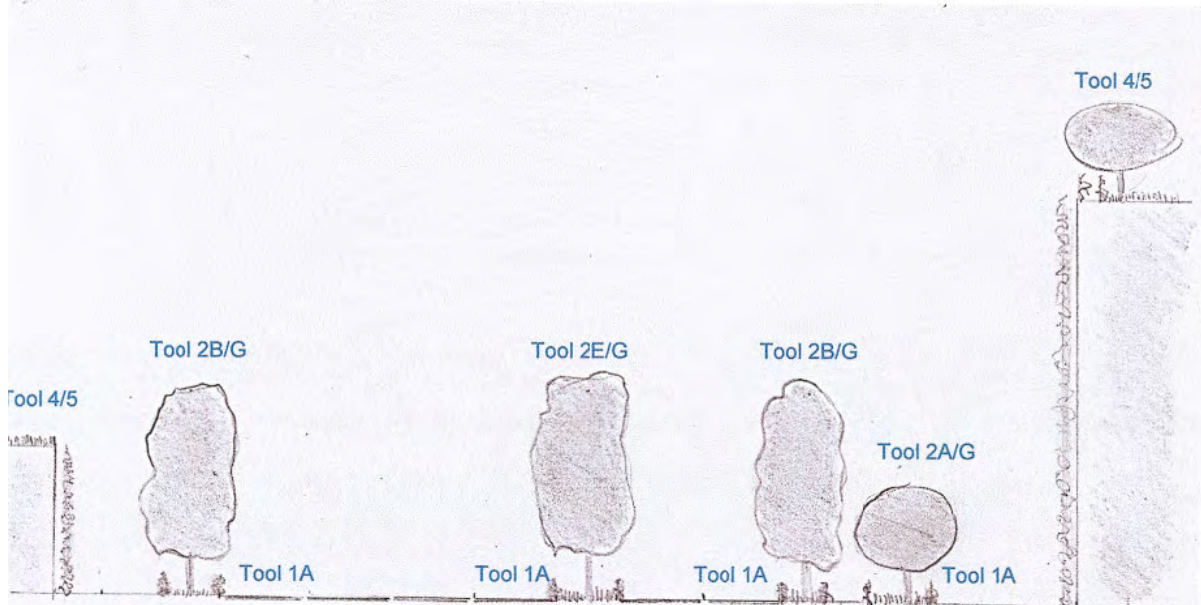


Korte beschrijving:

Binnenstedelijke verbindingsweg langs hoogbouw/midden-hoogbouw (woningen en bedrijven). Bebouwing weerszijden direct aan wegtracé gelegen. Lijnvormige doorstroombare groenstructuur ter bescherming omliggend gebied ontbreekt (versteend). Herhaling van structuren is noodzakelijk om omliggend gebied optimaal te beschermen.

* CAR-3B uitgaanden van geplande hoogbouw op deze locatie

Wegprofiel J met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijn ([tool 2G](#)) in middenberm; het dilemma tussen optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie verdwijnt (vgl. [wegprofiel G](#)); de aanpak van concentratiereductie in meerdere lijnen is optimaal terwijl zichtopenheid gehandhaafd blijft.
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering beheersing luchtstromingen).

3.12 WEGPROFIEL K (CAR-3B)

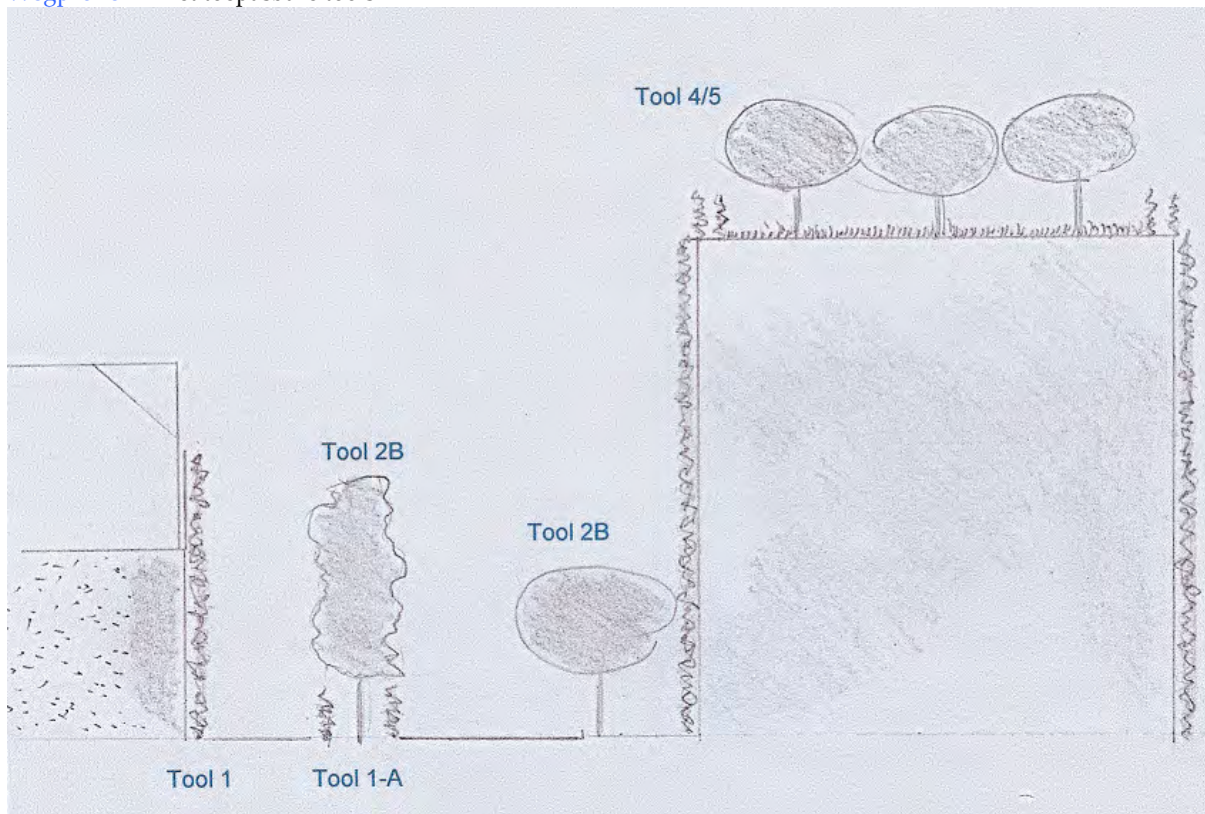
Wegprofiel K: Binnenstedelijke verbindingsweg door stadscentrum (middel hoogbouw/spoortalud) versteend traject.



Korte beschrijving:

Binnenstedelijke verbindingsweg langs laag en midden-bouw (woonwijk) en verhoogde spoorlijn. Bebouwing (spoorlijn en woningen) weerszijden direct aan wegtracé gelegen. Lijnvormige doorstroombare groenstructuur (overzijde spoorlijn) realiseert enkelzijdig beschermd gebied aan overzijde spoorlijn. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuur is niet toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel K met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering beheersing luchtstromingen).

3.13 WEGPROFIEL L (CAR-2)

Wegprofiel L: Kwetsbare locatie nabij binnenstedelijke ringweg.



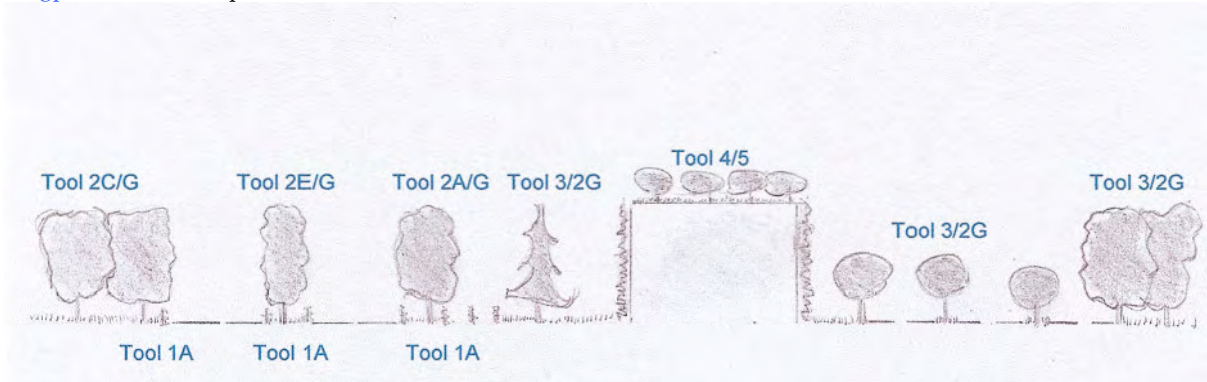
Korte beschrijving:

Kwetsbare locatie (bijv. ziekenhuis) nabij stedelijke ringweg en binnenstedelijke verbindingsweg gelegen.

Door Lijnvormige doorstroombare groenstructuren (overzijde spoorlijn) is een beschermd gebied te realiseren. Herhaling van structuren is noodzakelijk om kwetsbare locatie optimaal te beschermen.

Bestaande groenstructuren zijn niet toegesneden als bescherming.

Wegprofiel L met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering beheersing luchtstromingen).

3.14 WEGPROFIEL M (CAR-2)

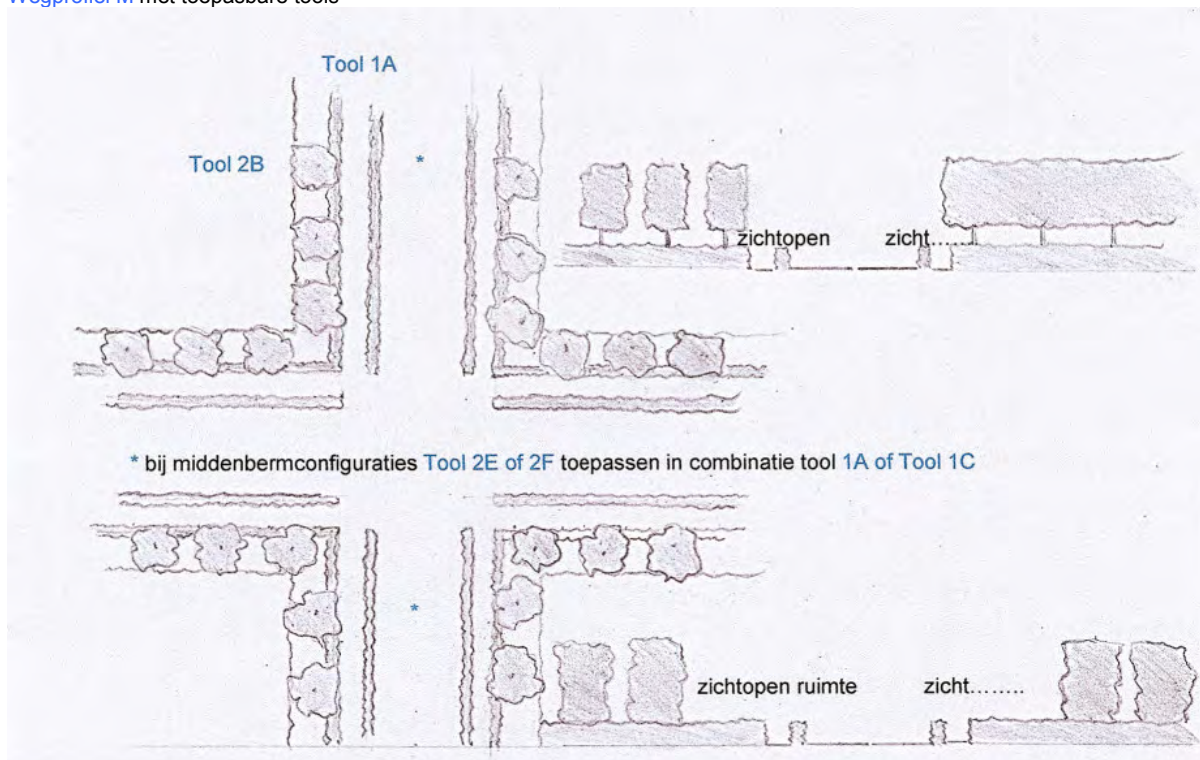
Wegprofiel M: kruising



Korte beschrijving:

Kruising ringbaan binnenkomend in stedelijk gebied met toegangswegen woonwijken en bedrijventerrein. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren een beschermd gebied, met name de woonwijk. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel M met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Zichtopenheid nabij kruising door opkronen of boomvrije ruimte direct nabij kruising.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijnen.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).

3.15 WEGPROFIEL N (CAR-3A)

Wegprofiel N: splitsing

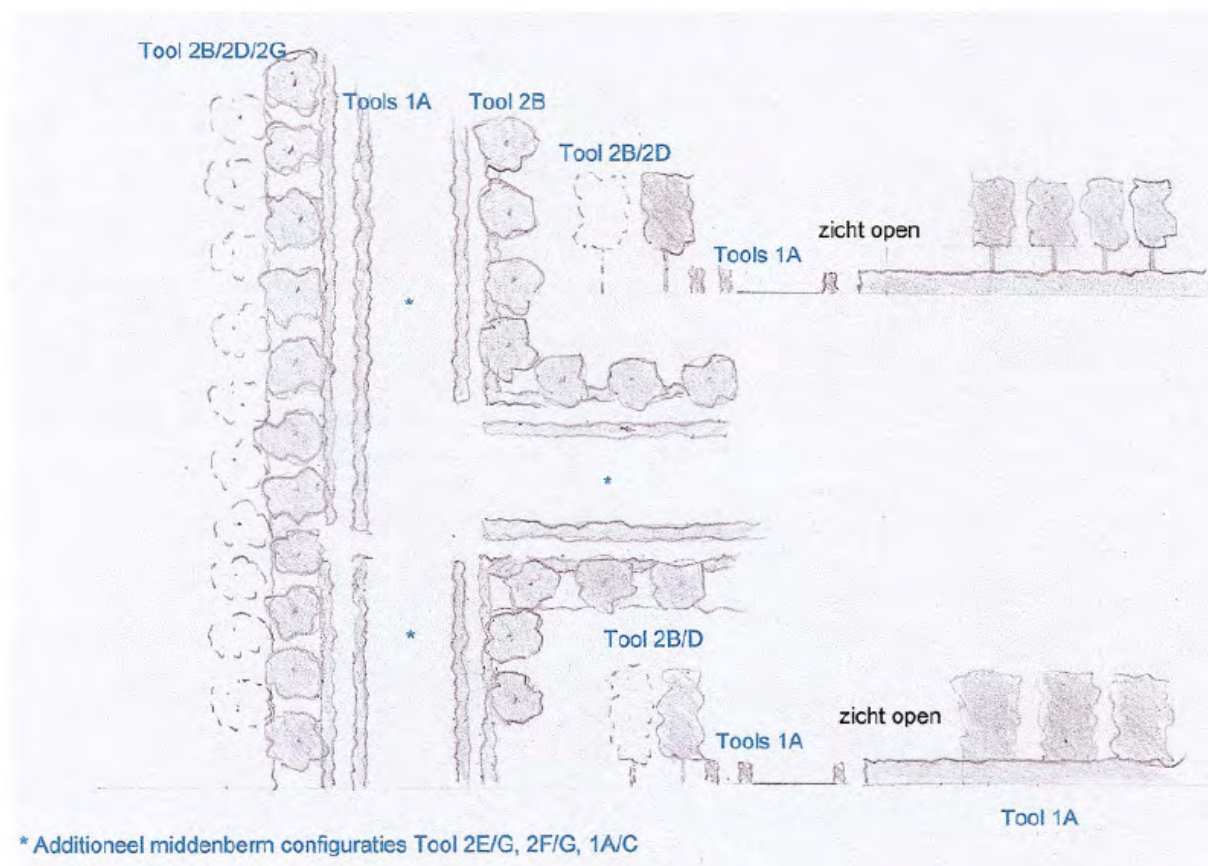


Korte beschrijving:

Splitsing ringbanen binnenkomend in stedelijk gebied, grenzend aan woonwijken en bedrijventerreinen. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren een beschermd gebied; de woonwijk aan weerszijden van ringbaan. Herhaling van structuren is noodzakelijk om woonwijk optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

* CAR onderscheidt geen splitsing als wegtype aansluitend wegvak valt onder CAR-type 3b.

Wegprofiel N met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Zichtopenheid nabij kruising door opkronen of boomvrije ruimte direct nabij kruising.
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren, toepassing bomen met geringere takvrije hoogte met gematigd dicht vertakte kroon, doch bij driehoeksverband gematigd dichte vertakte tot open kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijnen.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).

3.16 WEGPROFIEL O (CAR-2)

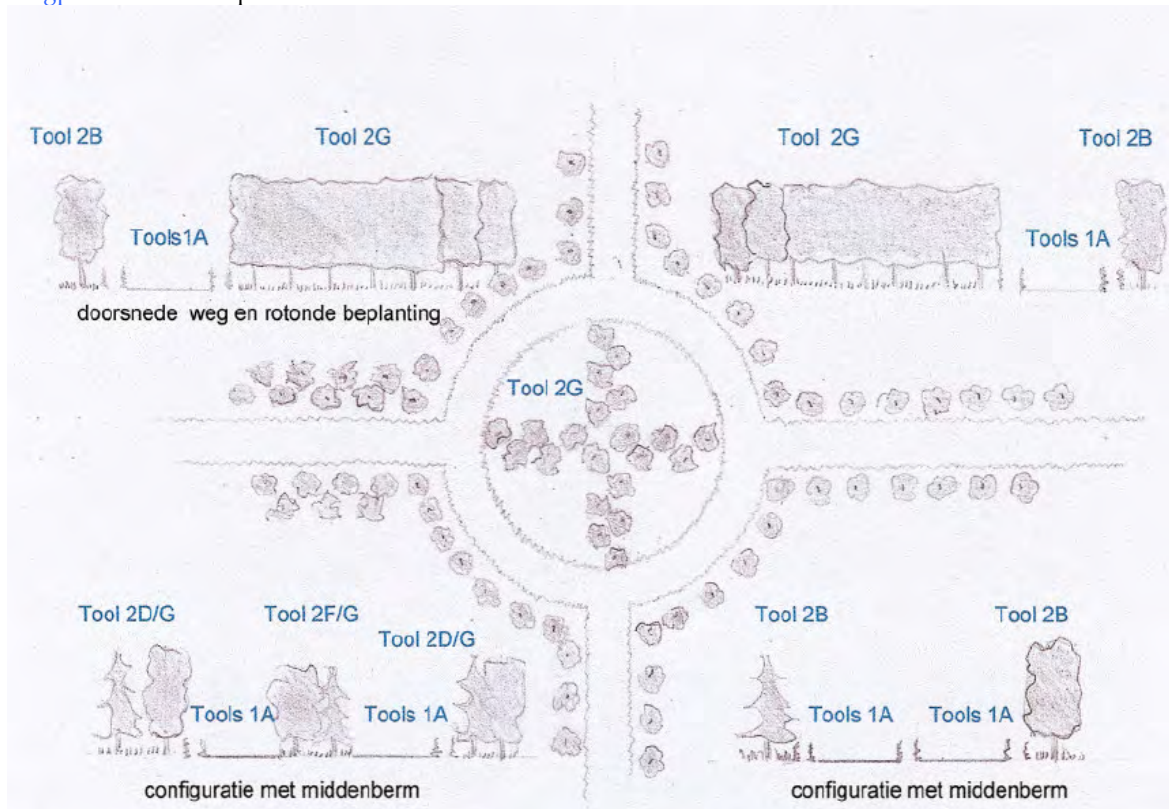
Wegprofiel O: rotonde



Korte beschrijving:

Rotonde ringbanen en toegangsweg woonwijk. Lijnvormige doorstroombare groenstructuren realiseren een beschermd gebied nabij rotonde. Herhaling van structuren op rotonde is noodzakelijk om omliggend gebied (woonwijk/kwetsbare locatie) optimaal te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet optimaal toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel O met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Zichtopenheid nabij kruising door opkronen of boomvrije ruimte direct nabij kruising.
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren toepassing bomen met geringere takvrije hoogte met gematigd dicht vertakte kroon doch bij driehoeksverband gematigd dichte vertakte tot open kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijnen.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).

3.17 WEGPROFIEL P (CAR-4)

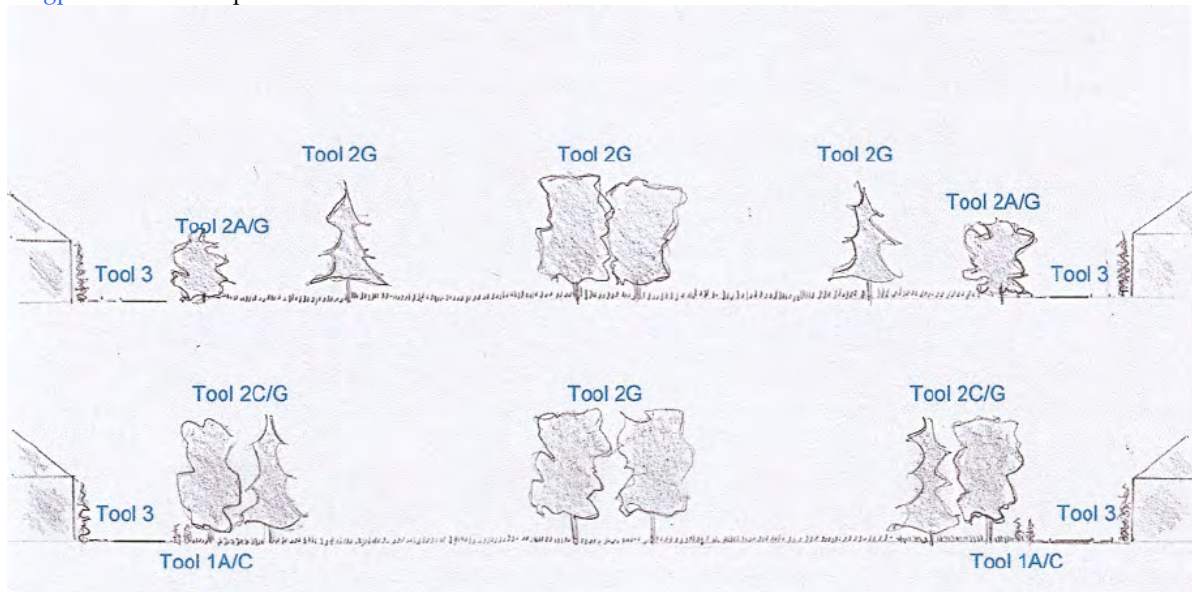
Wegprofiel P: Binnenstedelijk trajecten nabij parkachtige omgeving/park



Korte beschrijving:

Binnenstedelijke verbindingsweg langs park woonwijk/kantoren. Het park is door deels te hoge en deels te lage doorstroombaarheid niet geschikt om beschermd gebied te realiseren. Herhaling van doorstroombare structuren in park is noodzakelijk om omliggend gebied (optimaal) te beschermen. Bestaande groenstructuren zijn niet toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel P met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren toepassing bomen met geringere takvrije hoogte met gematigd dicht vertakte kroon doch bij driehoeksverband gematigd dichte vertakte tot open kroon.
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijnen.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).

3.18 WEGPROFIEL Q (CAR-3B)

Wegprofiel Q winkelstraat met doorgaand verkeer en midden-hoogbouw

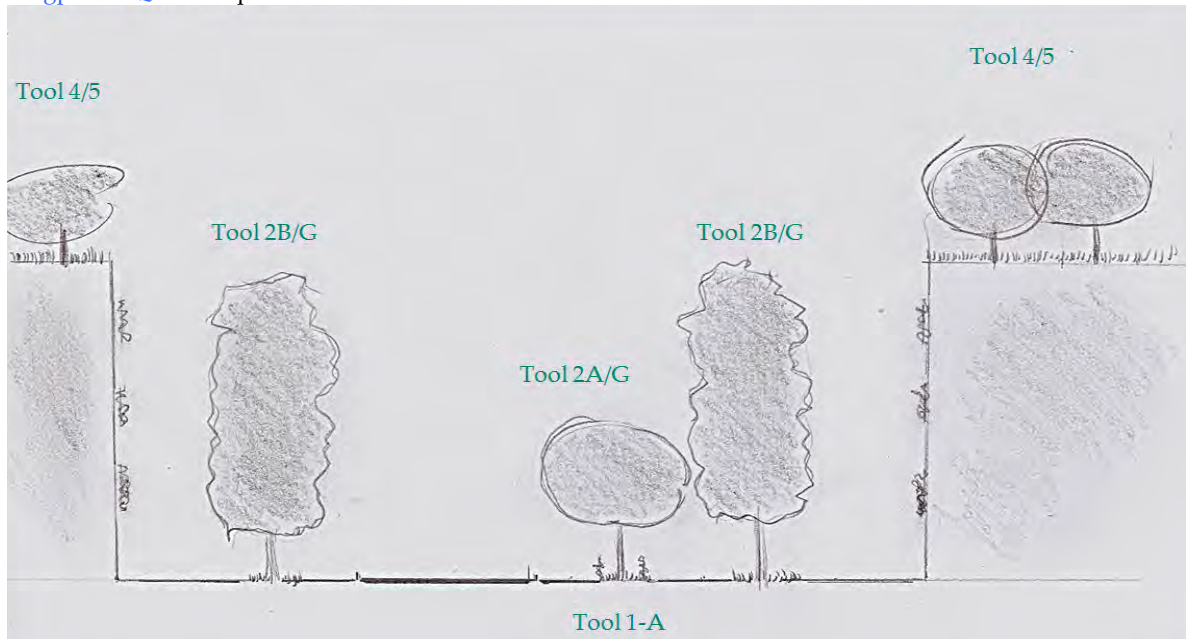


Korte beschrijving:

Binnenstedelijke verbindingsweg direct langs tracé door midden-hoogbouw begrensd. De bebouwing heeft een gemengde invulling; detailhandel (begane grond) en appartementen (etages).

De bestaande lijnvormige doorstroombare groenstructuren zijn niet toegesneden voor beschermingsfunctie.

Wegprofiel Q met toepasbare tools



Doel: aanpak verkeersbijdrage op locatie ter verlaging concentraties in nabije omgeving (straal 200 meter).

- Bij configuratie met kunstmatige groenstructuren toepassing bomen met gematigd dicht vertakte kroon.
- Alle plantstroken zachte ondergrond (gras).
- Optimale beheersing luchtstromingen bij lagere kunstmatige groenstructuur gecombineerd met zichtopen bomenlijnen en verticaal gevelgroen; het dilemma tussen optimale aanpak van concentratiereductie of zichtopenheid/sociale veiligheid met suboptimale aanpak van concentratiereductie verdwijnt. De aanpak van concentratiereductie in meerdere groene lijnen (inclusief gevelgroen) is optimaal terwijl zichtopenheid gehandhaafd blijft.
- Benut gebouwen als drager van groen (verbetering beheersing luchtstromingen).

4

Groene Tools

4.1 INLEIDING

De "Groene Tools" worden in dit hoofdstuk afzonderlijk beschreven, maar zijn altijd ook in combinatie met elkaar toepasbaar. Dit blijkt ook uit de in hoofdstuk 3 beschreven voorbeelden. Iedere tool is onderdeel van een bouw pakket; dit is goed zichtbaar in de schematische afbeeldingen die bij de wegprofielen in hoofdstuk 3 worden weergegeven.

Bij inzet van de "Groene Tools" wordt een tracé van de ene zijde naar de andere zijde doorlopen. De voorbeelden in hoofdstuk 3 geven een indicatie welke tools (groentoeepassingen) het beste op een locatie toegepast kunnen worden.

- Tools 1 en 2 betreffen toepassingen in de openbare ruimte.
- Tools 3 en 4 betreffen tools voor privaat terrein.
- Tool 5 is een mengvorm waarbij de openbare en private domeinen gekoppeld worden in één tool.

4.2 TOEPASBARE (GROENE) TOOLS IN DE OPENBARE RUIMTE

4.2.1 TOOL 1: KUNSTMATIGE GROENSTRUCTUREN LANGS WEGZIJDEN/MIDDENBERMEN

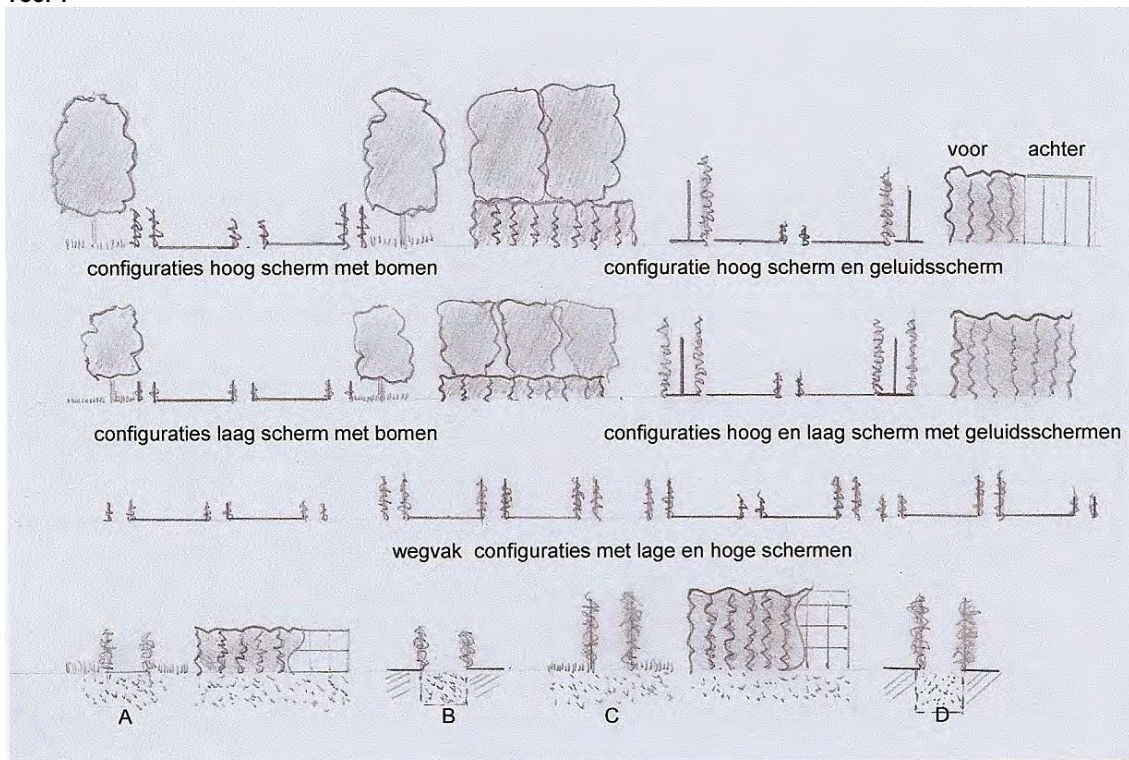
A: Dubbel draadstaal scherm/klimop; laag (0,75 meter).

B: Dubbel draadstaal scherm/klimop; laag (0,75 meter) met eigen voedingsmedium (grond in bak).

C: Dubbel draadstaal scherm/klimop; hoog (2.0 meter).

D: Dubbel draadstaal scherm/klimop; hoog (2.0 meter) met eigen voedingsmedium (grond in bak).

E: Combinaties van A t/m D.

Tool 1**Toepassen:**

- direct langs wegzijde maximale vangst stoffen en gassen in luchtlag tot op 2 meter hoogte waar verkeersemisseries dominant zijn.
 - meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden en middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.
 - direct langs wegvak waar ruimte voor bomen/struiken ontbreekt.
 - op locaties waar natuurlijke voedingsbodem ontbreekt.
 - in combinatie met bomenrijen.
 - gecombineerd met geluidwerende constructies of als combinatiescherm doorstroombaar groen met geluidwerend lichaam .
- Altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza

4.2.2 TOOL 2: BOMENRIJEN

Tool 2A: Bomenrijen 1^e/2^e/3^e grootte enkelzijdig langs wegtracé.

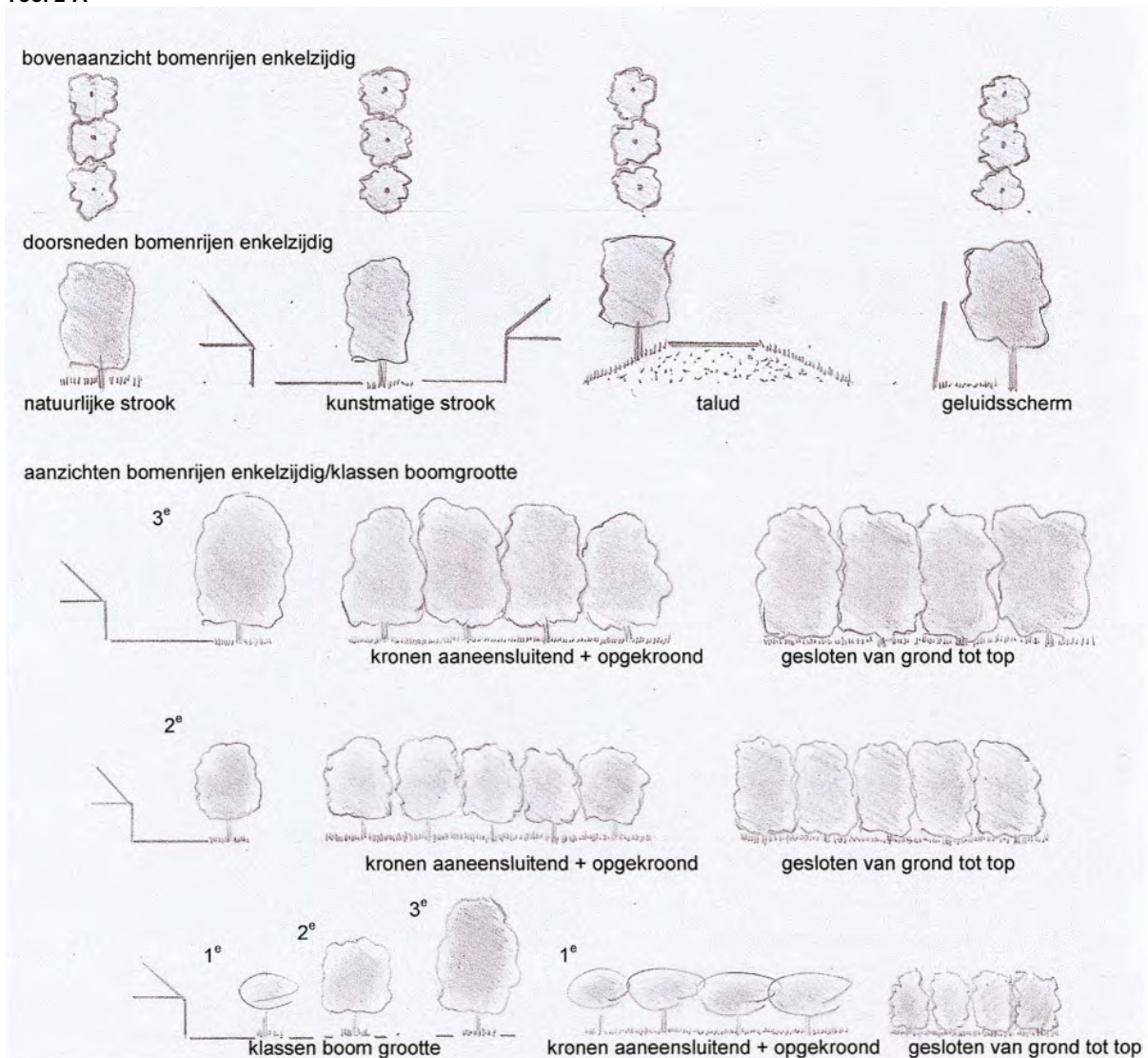
Toepassen:

- in wegbermen/op taluds doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihoogte.
- worden opgenomen. Opname achtergrondconcentraties.
- in kunstmatige plantstroken bezijden verbinding-/ontsluitingswegen.

Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn.
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) af laten hangen van beschikbare ruimte op locatie
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekrond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2-A



Tool 2B: Bomenrijen 1^e/2^e/3^e grootte meerzijdig langs wegtracé..

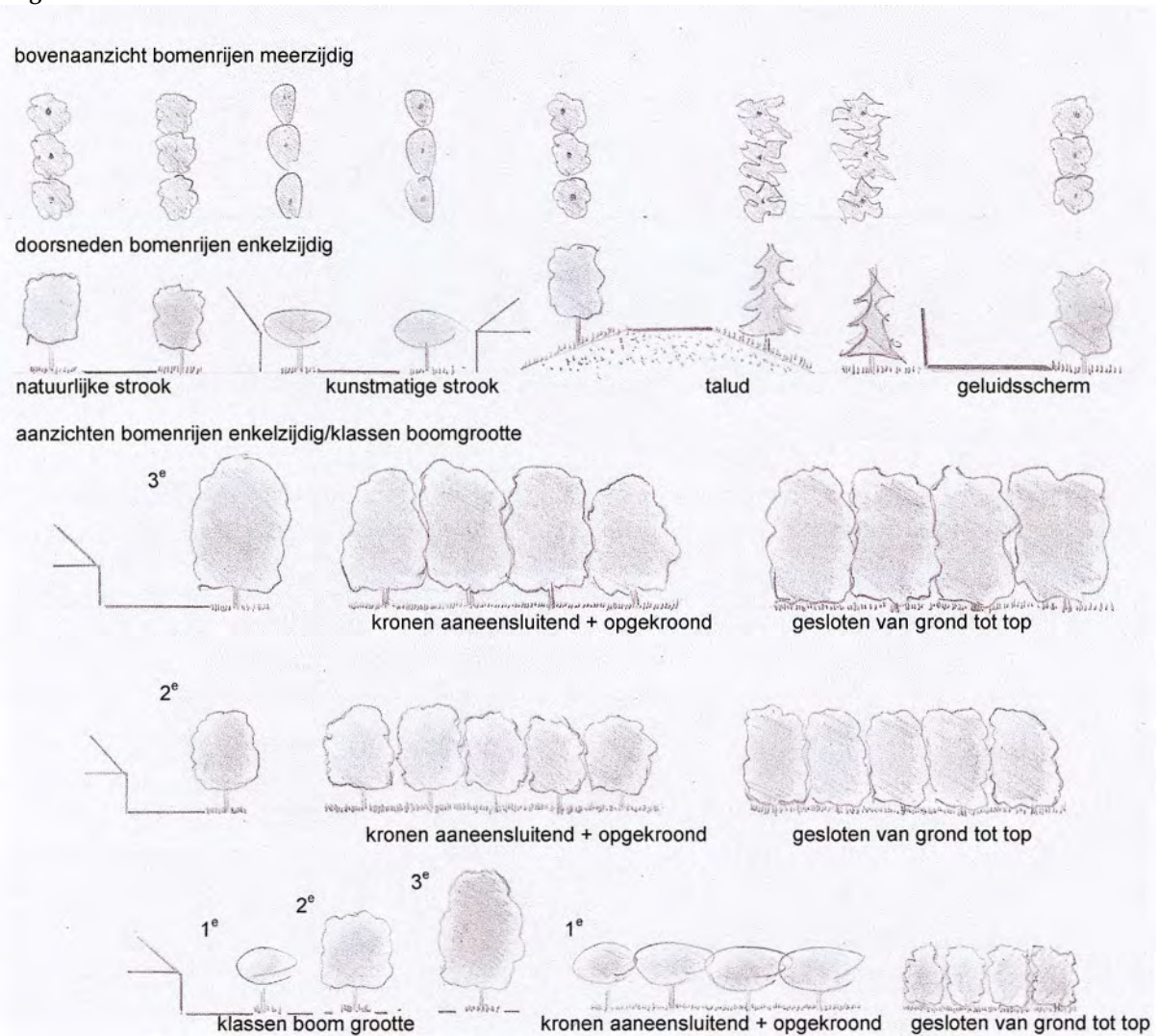
Toepassen:

- in wegbermen/op taluds doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihogte.
- in kunstmatige plantstroken bezijden verbindings-/ontsluitingswegen.
- meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden met brede berm en brede middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.

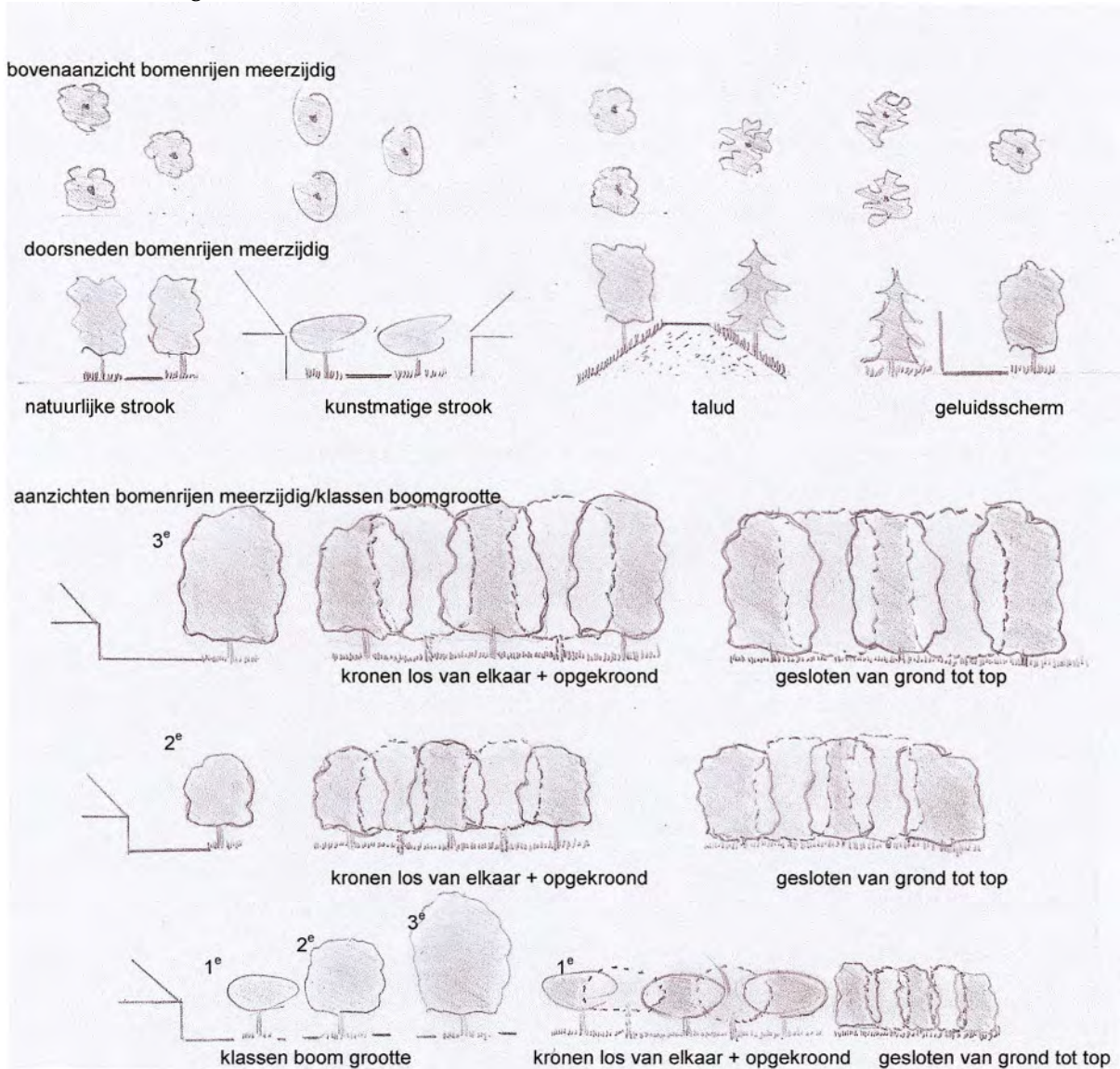
Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten, gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Bij breed wegtracé opeenvolgende rijen zelfde dichtheid als een enkelvoudige lijn (tool 2B brede wegen).
- Bij smal wegtracé opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn (tool 2B smalle wegen)
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) aflaten hangen van beschikbare ruimte op locatie.
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekroond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2B brede wegen



Tool 2B smalle wegen



Tool 2C: Bomenrijen 1^e/2^e/3^e grootte enkelzijdig 3-hoeksverband langs wegtracé. Doorstroombaar.

Toepassen:

- in wegbermen/op taluds doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihogte.
- in kunstmatige plantstroken bezijden verbinding-/ontsluitingswegen.
- meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden met brede berm en brede middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.

Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn.
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) aflaten hangen van beschikbare ruimte op locatie.
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekroond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2-C

bovenaanzicht bomenrijen enkelzijdig 3-hoeksverband



doorsneden bomenrijen enkelzijdig 3-hoeksverband



natuurlijke strook

brede kunstmatige strook

talud

geluidsscherm

aanzichten bomenrijen meerzijdig/klassen boomgrootte



kronen los van elkaar + opgekrond

gesloten van grond tot top



kronen los van elkaar + opgekrond

gesloten van grond tot top



klassen boom grootte

kronen los van elkaar + opgekrond

gesloten van grond tot top

Tool 2D: Bomenrijen 1^e/2^e/3^e grootte meezijdig 3-hoeksverband langs wegtracé. Doorstroombaar.

Toepassen:

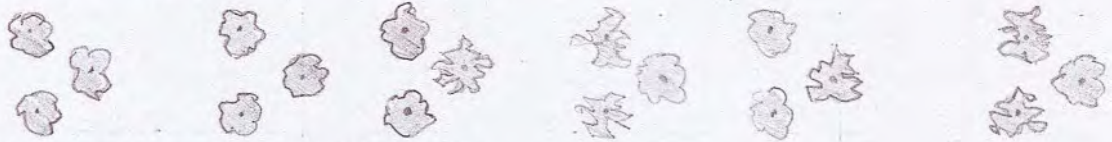
- in wegbermen/op taluds doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlaag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihogte.
- in kunstmatige plantstroken bezijden verbindings-/ontsluitingswegen.
- meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden met brede berm en brede middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.

Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn.
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) aflaten hangen van beschikbare ruimte op locatie.
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekroond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2-D (alleen toepassen bij brede wegen)

bovenaanzicht bomenrijen meerzijdig 3-hoeksverband



doorsneden bomenrijen meerzijdig 3-hoeksverband

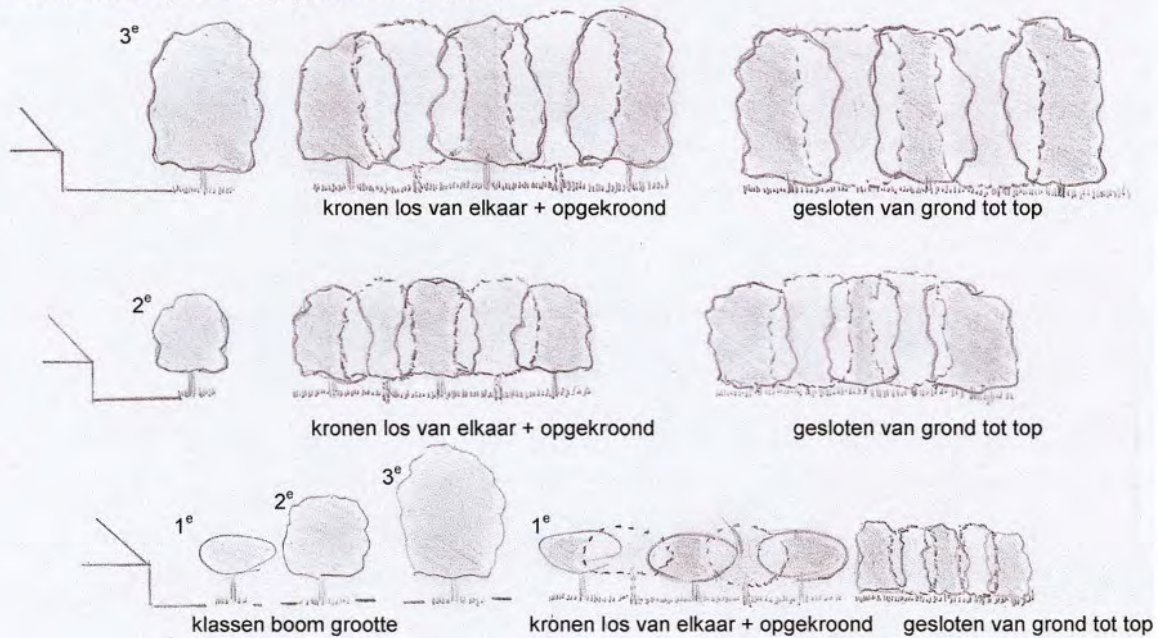


natuurlijke strook of brede kunstmatige strook

talud

geluidsscherm

aanzichten bomenrijen meerzijdig/klassen boomgrootte



Tool 2E: Bomenrijen 1^e/2^e/3^e grootte middenberm wegtracé; enkele rij Doorstroombaar.

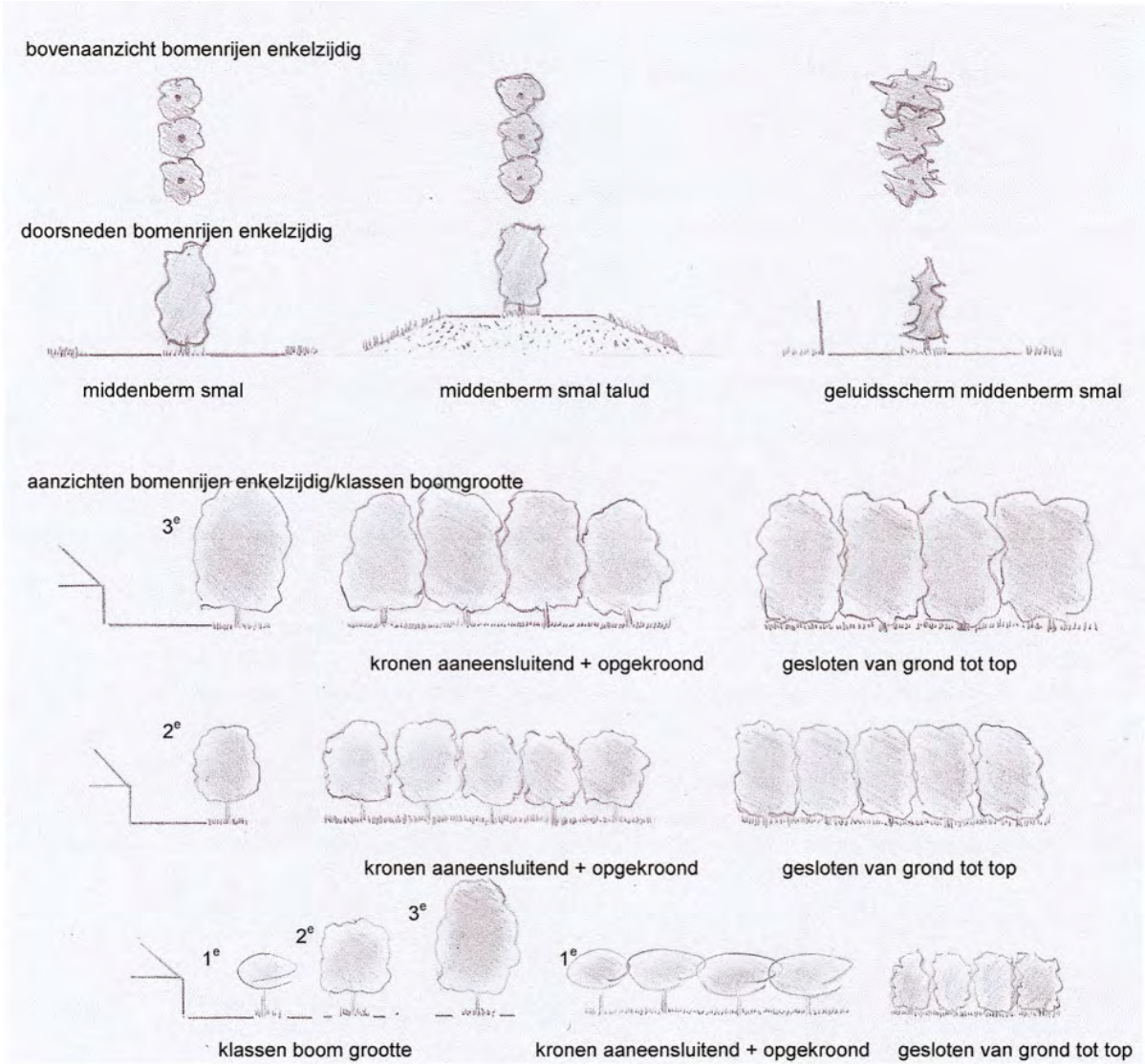
Toepassen:

- in wegbermen/op taluds doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlaag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihoogte.
- in kunstmatige plantstroken (smal in verharding opgesloten) bezijden verbindingen-/ontsluitingswegen.
- meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden met brede berm en brede middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.

Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn.
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) afdalen hangen van beschikbare ruimte op locatie.
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekroond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2-E



Tool 2F: Bomenrijen 1^e/2^e/3^e grootte middenberm wegtracé in 3-hoeksverband (ook ten opzichte van overige bomenrijen).

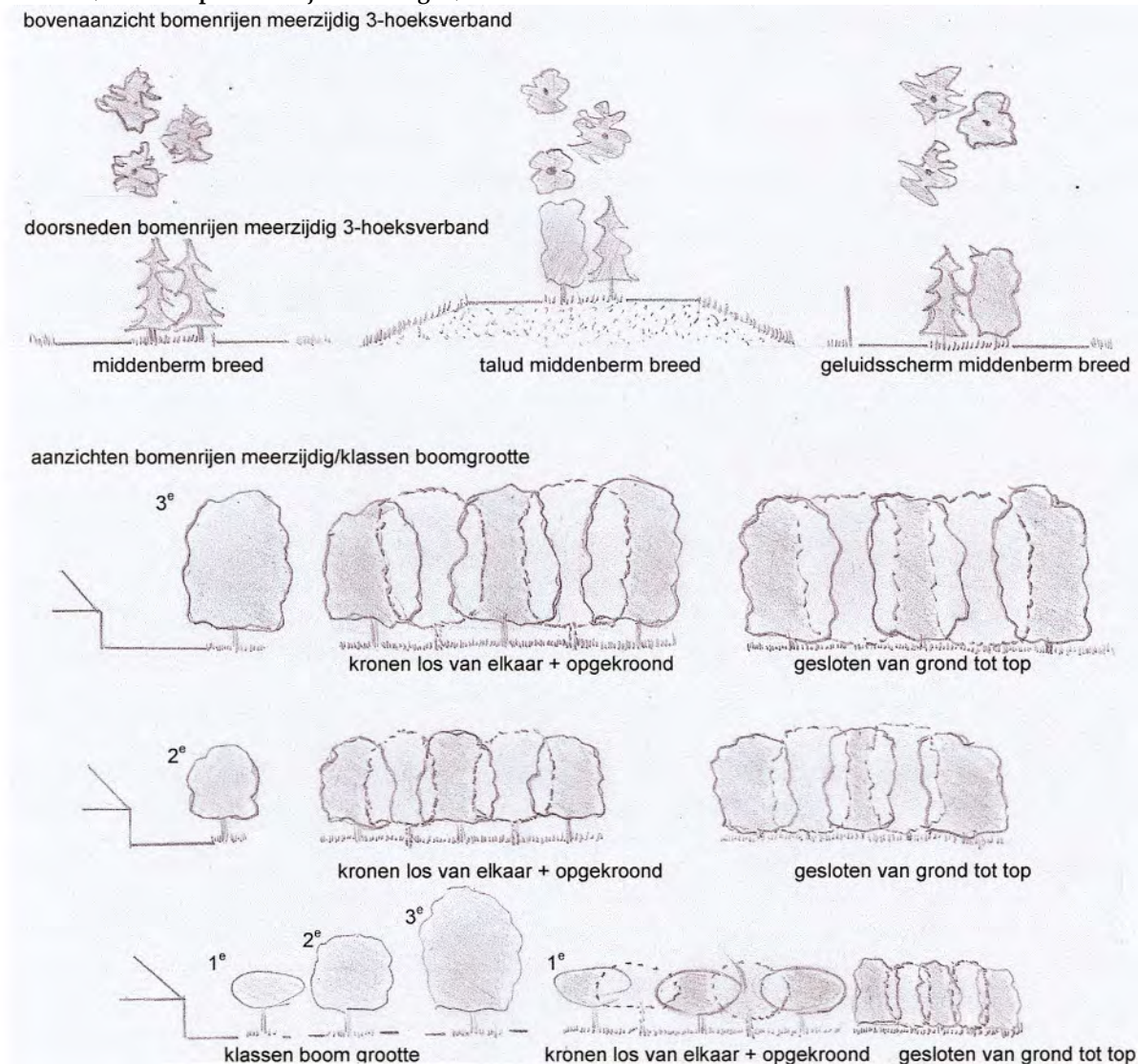
Toepassen:

- in middenbermen doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlaag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihogte.
- in kunstmatige plantstroken bezijden verbindings/ontsluitingswegen.
- meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden met brede berm en brede middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.

Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn.
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) aflaten hangen van beschikbare ruimte op locatie
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekroond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2-F (alleen toepasbaar bij brede wegen)
 bovenaanzicht bomenrijen meerzijdig 3-hoeksverband



Tool 2G: Meervoudig opeenvolgende lijnen altijd in 3-hoeksverband

Toepassen:

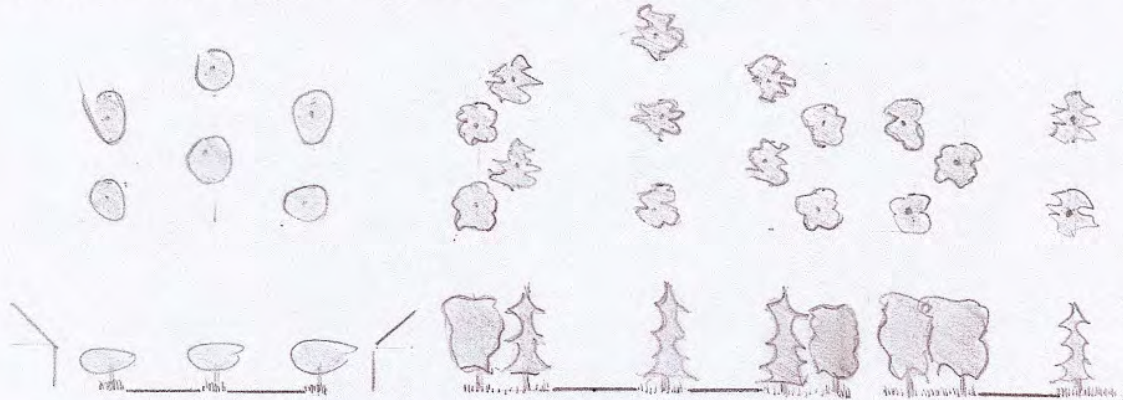
- in middenbermen doorgaande verbindingen maximale omleiding stof en gassen in luchtlaag tot op 10 meter hoogte/verwachte groeihogte.
- in kunstmatige plantstroken bezijden verbinding/ontsluitingswegen.
- meervoudig op en langs wegvak (beide wegzijden met brede berm en brede middenberm) om vangstcapaciteit te vergroten/optimaliseren.

Aandachtspunten:

- Kies altijd soorten die passen bij de bodemcondities en milieu omstandigheden (bijvoorbeeld zout en windbestendige bomen langs een wegvak).
- "Zachte" bodem (opvang vallend stof) en altijd bodemcondities optimaliseren door toepassing mycorrhiza.
- Menging van winterblad houdende en groenblijvende soorten dan wel menging van groenblijvende/winterblad houdende en bladverliezende soorten gezien effectiviteit op jaarbasis.
- Bomen van dezelfde grootte in opeenvolgende lijnen.
- Opeenvolgende rijen opener dan enkelvoudige lijn.
- Keuze boomgrootte (1^e/2^e/3^e grootte) aflaten hangen van beschikbare ruimte op locatie
- Afhankelijk van noodzaak tot zichtopenheid kunnen bomenhagen opgekroond worden dan wel, bij daartoe geschikte soorten, tot op de bodem vertakt blijven, indien zichtopenheid niet noodzakelijk is (betere prestatie).

Tool 2-G Meervoudig opeenvolgende lijnen in driehoeksverband (groenstructuur)

!! altijd de bomen doorstroombaar (kronen los van elkaar) in een rij plaatsen en rijen in driehoeksverband t.o.v. elkaar



configuraties in natuurlijke of kunstmatige plantstroken

aanzichten bomenrijen meerszijdig/klassen boomgrootte



4.3 TOEPASBARE (GROENE) TOOLS IN DE PRIVATE RUIMTE

4.3.1 TOOL 3: BEBOUWING MET GROEN: GEVELTUIN/GEVEL BEGROEIING/GROENE TUIN

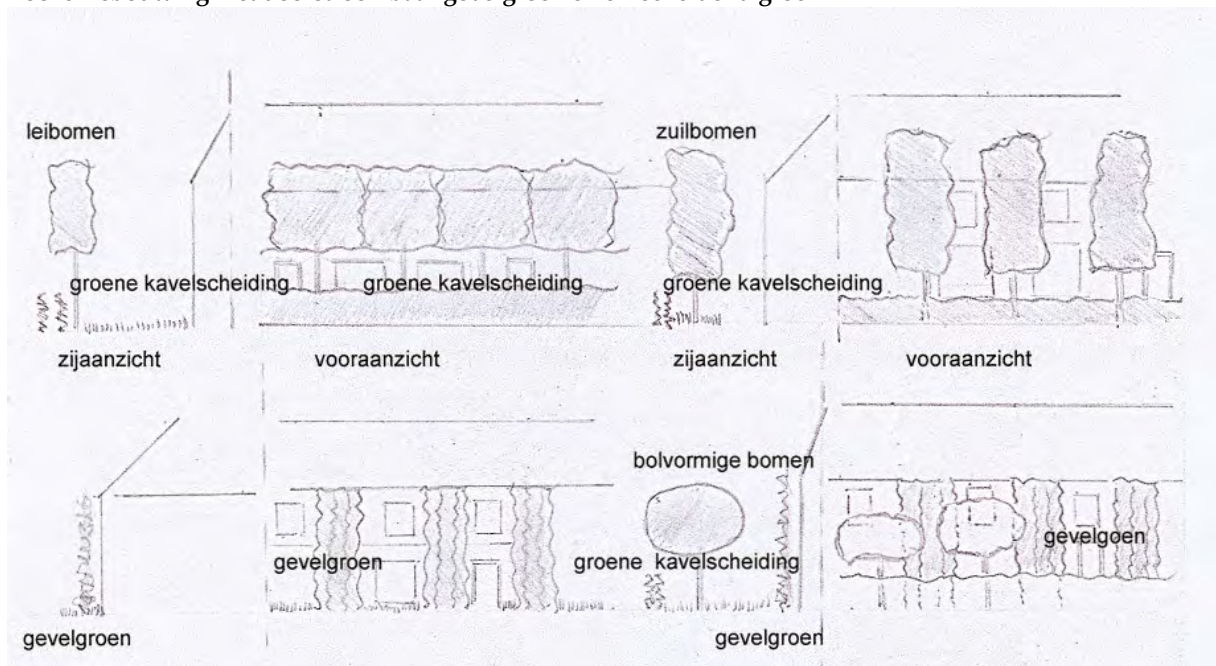
Aandachtpunten:

- Kies soorten die bij de omgeving passen (bodemcondities/groeikarakteristiek/beschikbare groeiruimte etc.).

Aanleg doorstroombaar groen varianten aan objecten/ruimte buiten publiek domein faciliteren door:

- Vergunning beleid nieuwbouw (geen vergunning tenzij toepassing gevelgroen/erf scheidend groen).
- Richtlijnen + soepel vergunning beleid voor groene maatregelen aan bestaande bouw (bijvoorbeeld geveltuinen).
- Groen ter beschikking stellen van bedrijven en burger om eigen locatie te vergroenen.

Tool 3 Bebouwing met doorstroombaar gevelgroen en erf scheidend groen

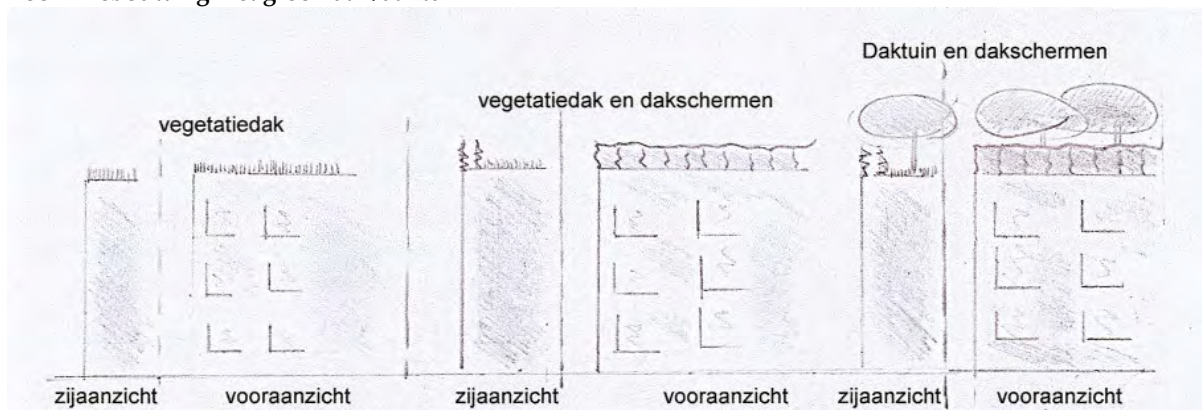


4.3.2 TOOL 4: GROEN DAK/DAKTUIN

Aanleg doorstroombaar groen varianten aan objecten/ruimte buiten publiek domein faciliteren door:

- Vergunning beleid nieuwbouw (geen vergunning tenzij toepassing groen dak/daktuin).
- Richtlijnen + soepel vergunning beleid voor groene maatregelen aan bestaande bouw (bijvoorbeeld geveltuinen).
- Groen ter beschikking stellen van bedrijven en burger om eigen locatie te vergroenen.

Tool 4 Bebouwing met groen dak/daktuin

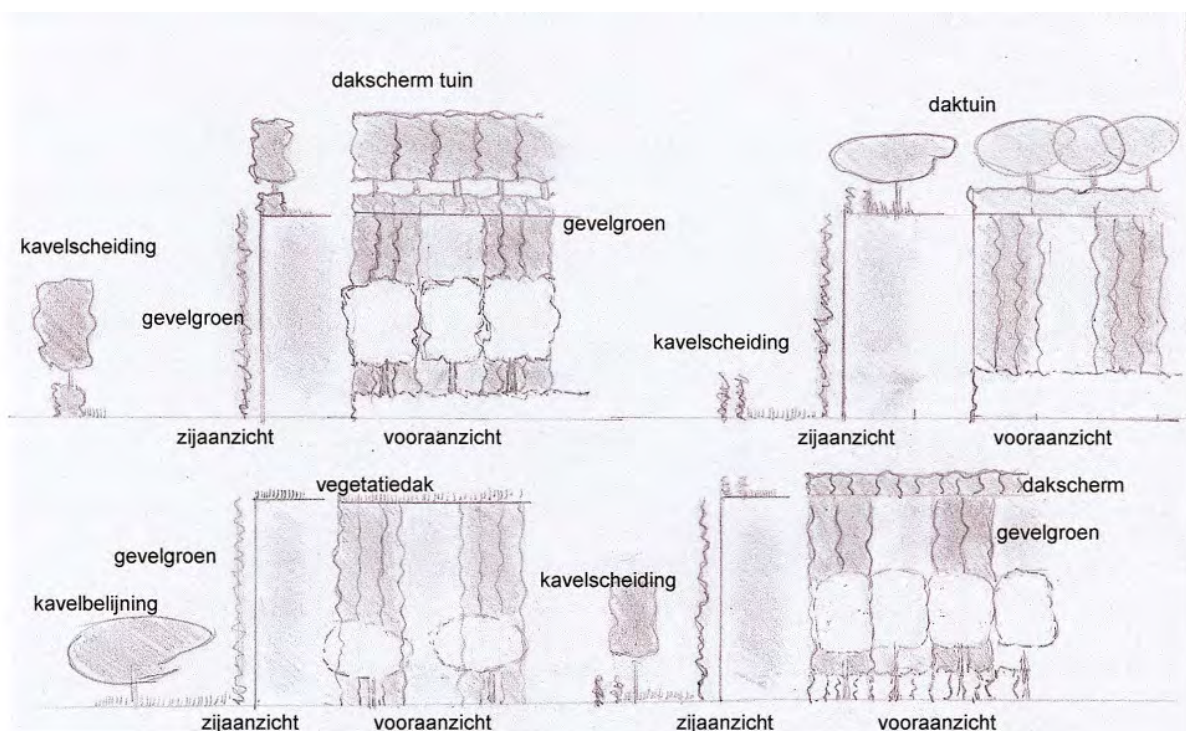


4.4 TOOL 5 DE COMBINATIETOOL

Aanleg doorstroombaar groen varianten aan objecten/ruimte buiten publiek domein faciliteren door:

- Vergunning beleid nieuwbouw (geen vergunning tenzij toepassing dakgroen/gevelgroen/kavelscheiding/etc.).
- Richtlijnen + soepel vergunning beleid voor groene maatregelen aan bestaande bouw (bijvoorbeeld geveltuinen).
- Groen ter beschikking stellen van bedrijven en burger om eigen locatie te vergroenen.

Tool 5 Combinatietool (groene kavelscheiding/gevelgroen/dakgroen) voor midden en hoogbouw en utilitaire gebouwen



Kantoren		www.arcadisbelgium.be
Antwerpen- Berchem Citylink - Posthofbrug 12 B-2600 Berchem T +32 3 360 83 00 F +32 3 360 83 01	Hasselt Eurostraat 1 – bus 1 B-3500 Hasselt T +32 11 28 88 00 F +32 11 28 88 01	Gent Kortrijksesteenweg 302 B-9000 Gent T +32 9 242 44 44 F +32 9 242 44 45
Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel T +32 2 505 75 00 F +32 2 505 75 01	Liège 26, rue des Guillemins, 2ème étage B-4000 Liège T +32 4 349 56 00 F +32 4 349 56 10	Charleroi 119, avenue de Philippeville B-6001 Charleroi T +32 71 298 900 F +32 71 298 901
ARCADIS Belgium nv/sa BTW BE 0426.682.709 RPR BRUSSEL ING 320-0687053-72 IBAN BE 38 3200 6870 5372 SWIFT BIC BBRUBEBB		Maatschappelijke zetel Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel

