

De Duurzame Weg als reëel alternatief

J.M. Kroon
Technische Universiteit Delft
jmkroon@gmail.com

J.C. van Ham
Technische Universiteit Delft
j.c.vanham@tudelft.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
19 en 20 november 2009, Antwerpen**

Samenvatting

De Duurzame Weg als reëel alternatief

De afgelopen decennia werden in Nederland gekenmerkt door bevolkingsgroei, economische groei en een bijbehorende groei in mobiliteit. Groeiende mobiliteit is echter niet alleen een gevolg van economische groei, het is ook een vereiste voor verdere groei. Helaas heeft de mobiliteitsgroei in het algemeen en de groei van wegverkeer in het bijzonder, een negatief effect op de leefbaarheid. Luchtverontreiniging, geluidshinder, uitstoot van CO₂, congestie en veiligheid zijn allemaal problemen waar de groei in wegverkeer aan bijdraagt. In een poging deze negatieve gevolgen in te perken grijpt de Nederlandse overheid terug op bewezen oplossingen als geluidsschermen en tunnels. Nieuwe, innovatieve oplossingen stuiten vaak op weerstand.

Eén van deze nieuwe oplossingen is "De Duurzame Weg". De Duurzame Weg is een glazen overkapping over een snelweg die alle geluidshinder wegneemt en kan zorgen voor een nulemissie aan luchtverontreiniging naast de kap. In zo'n geval wordt de lucht gefilterd zodat ook bij de monden van de kap de verontreiniging tot een minimum wordt beperkt. Hitte die onder de kap ontstaat, kan worden aangewend om nabijgelegen huizen te verwarmen en zonnecellen, die tussen de glaslagen worden geplaatst, kunnen duurzame energie opwekken. Op plaatsen waar nu, wegens milieurestricties, niet vlak naast de weg gebouwd mag worden, komt door de toepassing van dit concept waardevolle bouwgrond vrij.

In dit paper wordt aan de hand van een case de technische en economische haalbaarheid van dit concept onderzocht. Door een contra-expertise, uitgevoerd op De Duurzame Weg voor de overkapping van een virtueel deel van de ruit van Rotterdam, wordt het merendeel van de geclaimde voordelen bevestigd. Ten aanzien van de gekozen filtertechnieken bestaat nog onzekerheid, deze zijn nog niet volledig bewezen. Het ontwerp van het concept moet echter voldoende flexibel worden geacht, om hier mee om te kunnen gaan.

Uit de kosten-batenanalyse blijkt dat De Duurzame Weg niet bijdraagt aan de maatschappelijke welvaart. De vergeleken alternatieven als de aanleg van geluidsschermen of een tunnel doen dit echter ook niet. Bij de belangrijkste batenpost, de grondopbrengsten, is echter uitgegaan van een zeer lage grondprijs: € 125 per m² (bruto). Een grondprijs boven de € 220, niet onrealistisch voor grootstedelijke locaties, leidt echter al tot een welvaartstoename bij toepassing van De Duurzame Weg. Hiermee is dit concept sociaal-economisch eerder haalbaar dan het uitvoeren van de weg met geluidsschermen (€ 455), of een tunnel (€ 615).

Concluderend kan worden gesteld dat De Duurzame Weg met name geschikt is om toe te passen in gebieden waar omwonenden veel hinder van wegverkeer ondervinden en bouwen op dit moment door milieurestricties onmogelijk is.

1. Inleiding

De afgelopen decennia zijn in Nederland gekenmerkt door groei. Bevolkingsgroei, economische groei en een bijbehorende groei in mobiliteit (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2008). Groeiende mobiliteit is echter niet alleen een gevolg van economische groei, het is ook een vereiste voor verdere groei. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat onderstreept het belang van mobiliteit als drijvende kracht achter de economie: daar waar regeringsbeleid mobiliteit eerder zag als een probleem, of als iets toelaatbaars, is de aanname tegenwoordig dat mobiliteit een 'must' is. Mobiliteit, voor zowel mensen als goederen is een vereiste voor de samenleving en economie om goed te kunnen functioneren (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2008). Als gevolg hiervan vervult mobiliteit een essentiële economische en maatschappelijke functie en wanneer mobiliteit wordt beperkt zal economische en maatschappelijke groei worden geremd. Helaas leidt een groei in mobiliteit ook tot een groei van de negatieve effecten die veroorzaakt worden door mobiliteit. Niet alleen hebben omwonenden van snelwegen te kampen met gezondheidsklachten en ernstige geluidshinder; de sector verkeer en vervoer levert in Nederland een bijdrage van 19% aan de totale landelijke uitstoot van CO₂ (Algemene rekenkamer, 2009). In de nota mobiliteit van 2004 is reeds als doelstelling opgenomen: "... de economie (te) laten groeien, verkeer en vervoer de ruimte (te) geven en tegelijkertijd de negatieve effecten van het verkeer (te) beperken." (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, Ministerie van VROM, 2004)

Het streven om de negatieve effecten van mobiliteit in te perken heeft inmiddels geleid tot een reductie van de uitstoot van bepaalde vormen van luchtverontreiniging zoals stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof, beide een bron van gezondheidsproblemen bij omwonenden van snelwegen (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2008). Ondanks deze reductie zullen volgens een rapport van de algemene rekenkamer (2009): "de oorspronkelijke beleidsdoelen voor luchtkwaliteit en verkeerslawaaï niet tijdig worden gehaald en is het onzeker of de sectorstreefwaarde voor de CO₂-uitstoot wordt gehaald". Normen voor luchtkwaliteit worden nog altijd overschreden op bepaalde locaties langs snelwegen en juist op deze plekken ervaren omwonenden duidelijk meer hinder van luchtverontreiniging dan het landelijk gemiddelde. Bovendien is het aantal inwoners van Nederland dat geluidshinder van verkeer ondervindt in de periode tussen 1997 en 2008 gestegen van 27% naar 31%. (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2009)

Hoewel de negatieve effecten van mobiliteit duidelijk hoog op de politieke agenda staan, worden de beoogde reducties niet gehaald. Innovatieve oplossingen om deze reducties op korte termijn te bewerkstelligen lijken vaak niet haalbaar, te duur of hebben simpelweg niet genoeg effect om een substantiële bijdrage te leveren. Vaak wordt nu teruggegrepen op bewezen methoden zoals geluidsschermen om de beoogde beleidsdoelen te halen. Een alternatief lijkt zich echter aan te dienen: vanuit de markt komen steeds meer initiatieven om snelwegen te overkappen, waarbij verscheidene systemen in de kap kunnen worden geïntegreerd om de negatieve effecten van wegverkeer te bestrijden.

Vooralsnog vinden innovatieve initiatieven als deze in de landelijke politiek weinig weerklank. Zowel technische als economische onzekerheden spelen daarbij een belangrijke rol. Het is daarom van belang te onderzoeken of een dergelijke 'Sustainable

Highway' technisch en economisch haalbaar is. Als concreet voorbeeld dient "De Duurzame Weg", ontwikkeld door Movares B.V.

Allereerst zal in dit paper een aantal negatieve effecten van wegverkeer nader worden belicht. Ten tweede zal besproken worden hoe De Duurzame Weg het mogelijk kan maken deze negatieve effecten te beperken. Vervolgens zal ingegaan worden op de technische haalbaarheid van het concept, waarna een beschouwing over de economische haalbaarheid door middel van een maatschappelijke kosten baten analyse op het concept zal volgen. Hierna zal het mogelijk zijn om uitspraken te doen over de algehele haalbaarheid van een dergelijke oplossing in Nederland.

2. Negatieve effecten van wegverkeer

Zoals vastgesteld vervult de groeiende mobiliteit in Nederland een essentiële functie. De groei van deze mobiliteit dient dan ook de ruimte te krijgen terwijl de negatieve externe effecten worden beperkt. Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid spreekt van drie categorieën externe effecten van wegverkeer, namelijk congestie, verkeersonveiligheid en de uitstoot van milieuverontreinigende stoffen (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2008). Andere auteurs noemen vergelijkbare effecten als luchtverontreiniging, verkeersonveiligheid, congestie, het broeikas effect en geluidshinder (van Wee & Dijst, 2002). Wanneer in Nederland in deze context over luchtverontreiniging wordt gesproken worden meestal voornamelijk stikstofoxiden (NO_x) en fijnstof (PM) bedoeld. In mindere mate gaat het hierbij ook om zwaveloxiden; de uitstoot hiervan door verkeer is de afgelopen jaren echter zo sterk terug gelopen dat het in de nabije toekomst niet meer als problematisch hoeft te gelden. Wanneer er in dit paper over luchtverontreiniging wordt gesproken gaat het dan ook om de twee eerder genoemde stoffen.

Deze externe effecten van wegverkeer hebben een aantal ver strekkende gevolgen. Zo leidt luchtverontreiniging in het algemeen en de uitstoot van fijnstof en stikstofoxiden door het verkeer in het bijzonder tot ernstige gezondheidsklachten bij omwonenden. Hoewel de luchtkwaliteit de afgelopen jaren spectaculair is verbeterd sterven toch jaarlijks mogelijk nog 18.000 mensen voortijdig door de vervuilde lucht die ze inademen (Ministerie van VROM, 2009). Ook geluidsbelasting door verkeer heeft slaap- en gezondheidsproblemen tot gevolg. De gevolgen van geluidshinder en slechte luchtkwaliteit hebben geleid tot het instellen van milieuzones rondom infrastructuur. Dit houdt in dat er bouwrestricties worden opgelegd en er vaak geen nieuwe woningen mogen worden gebouwd binnen een bepaalde afstand van een snelweg. Dit beschermt het leefmilieu van omwonenden, maar zorgt er voor dat waardevolle stedelijke grond ongebruikt moet blijven. Een andere maatregel om de geluidsbelasting voor omwonenden te verminderen is het gebruik van ZOAB (Zeer Open Asphalt Beton). Hoewel dit minder geluidsbelasting voor omwonenden oplevert, is de levensduur hiervan korter dan die van conventioneel Dicht Asphalt Beton. ZOAB dient vaker vervangen te worden en leidt dus tot extra kosten voor de infrastructuurbeheerder en tot meer congestie op de wegen. Zo is er een groot aantal directe en indirecte negatieve gevolgen van wegverkeer te onderscheiden.

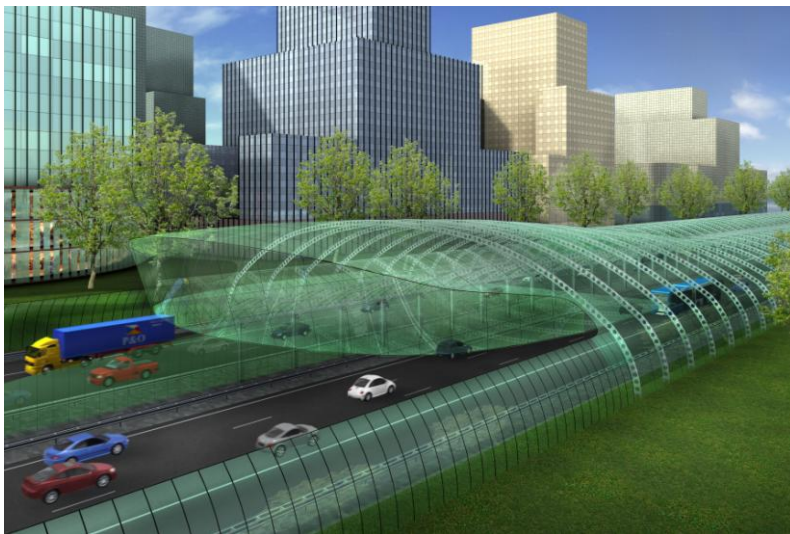
Er bestaan legio oplossingen om deze directe en indirecte gevolgen tegen te gaan. Integrale oplossingen zijn echter zeldzaam. Zo stoppen geluidsschermen een groot deel

van het geluid, echter, er zijn steeds hogere schermen nodig om de geluidsbelasting aan de gevel tot het wettelijk vereiste niveau terug te brengen. Ook buigt geluid af over de top van de schermen en kan het geluid verwaaien door de wind. Tunnels blokkeren wel het geluid en de luchtverontreiniging langs de plaats waar de tunnel is aangelegd, de vervuilde stoffen treden echter uit bij de tunnelmonden. Ook is een tunnel vele malen duurder dan elk ander alternatief.

De Duurzame Weg is een concept dat is ontworpen om een groot deel van deze effecten tegen te gaan. De Duurzame Weg kan als overkapping over elke huidige of nieuwe snelweg heen worden gebouwd en voorziet hiermee mogelijk in een oplossing voor de grootste probleemgebieden. Het concept is echter ook erg duur en sommige gebruikte subsystemen zijn nog niet op de voorgestelde schaal bewezen. Het volgende hoofdstuk zal een beschouwing van het concept geven met de mogelijke gevolgen voor de negatieve effecten van wegverkeer.

3. Het concept van De Duurzame Weg

Het concept van De Duurzame Weg bestaat uit een glazen overkapping die over de rijbanen van een (snel)weg heen wordt geplaatst. De overkapping betreft een constructie met (gepatenteerd) koud gebogen gelaagd glas, waar daglicht door naar binnen kan vallen. De overkapping blokkeert (vrijwel) alle geluidshinder en luchtverontreiniging



Afbeelding 1. Impressie van De Duurzame Weg (Bron: Movares)

naast de overkapping. Zonder aanvullende maatregelen zal de vervuilde lucht echter aan de monden van de overkapping uittreden. Een reductie van deze uitstoot kan worden bereikt door zowel onder de gehele lengte van de overkapping als aan de monden de lucht te filteren. Door gebruik te maken van de natuurlijke luchtstromen veroorzaakt door voertuigbewegingen en de speciaal vormgegeven monden van

de overkapping wordt een natuurlijke luchtcirculatie op gang gebracht. Dit verhoogt het percentage vervuilde lucht dat kan worden gereinigd. In de zomer kan de temperatuur onder de kap stijgen, waardoor koeling noodzakelijk is. Het concept voorziet hierin door het plaatsen van hittecollectoren in het asfalt. Deze hitte kan vervolgens in het grondwater worden opgeslagen en in de winter gebruikt worden voor het verwarmen van het asfalt en nabij gelegen huizen. Als laatste kunnen tussen de verschillende glaslagen zonnecellen worden geplaatst waarmee duurzame energie kan worden opgewekt. Door het benutten van de subsystemen in de kap kan het concept bijdragen aan de bestrijding van verschillende negatieve gevolgen van wegverkeer.

3.1 De constructie

De overkapping zal bestaan uit panelen koud gebogen gelaagd glas, het zogeheten Freeformglass[®]. Dit glas is relatief goedkoop in vergelijking met andere materialen, maar vermindert vooral de kosten van de dragende constructie. De constructie is opgebouwd uit gebogen stalen raatliggers die tussen de rijbanen op stalen kolommen aansluiten. Met stalen gordingen en glasdragers tussen de bogen wordt een raster gecreëerd waarop glazen platen van koud gebogen gelaagd glas worden bevestigd die de uiteindelijke huid van de overkapping vormen. De totale constructie bij een snelweg met 2 x 3 rijstroken zal ongeveer 50 meter breed zijn met voldoende ruimte voor al het gangbare verkeersmeubilair. Uitgangspunt is hierbij dat elke rijbaan een eigen overkapping krijgt; in het midden zullen de rijbanen dan gescheiden worden door een geluidabsorberende gesloten wand.

Het voordeel van een transparante overkapping is dat zonlicht binnen kan dringen, wat kunstmatige verlichting overbodig maakt. De beleving van de overkapping door weggebruikers is dan ook fundamenteel anders dan bij een tunnel. Bovendien is de snelweg in geval van een calamiteit beter te benaderen door hulpdiensten die de calamiteit al van buiten de overkapping kunnen beoordelen. Hoewel een vergelijkbare constructie nog niet in de praktijk als snelwegoverkapping fungeert, is er wel veel ervaring met lichte overkappingen in stationsbouw. Zo wordt een vergelijkbare overkapping toegepast bij het centraal station van 's Hertogenbosch (Vákár, 1998; 2000) en de Hemboog bij station Amsterdam Sloterdijk.

3.2 Bijdrage aan geluidsproblematiek

Door de overkapping wordt de omgeving van De Duurzame Weg afgeschermd van alle geluidshinder. Hierbij presteert de overkapping beter dan huidige geluidsschermen. Vergeleken met geluidsschermen is de overkapping in situaties met maximale schermwerking ca. 5 dB(A) beter, in situaties met amper schermwerking is de reductie ca. 20 dB(A) beter (Vákár, 2008). In 2009 is op het concept van De Duurzame Weg een contra-expertise uitgevoerd door het bureau gemeentewerken van de gemeente Rotterdam, waarin deze bevinding is onderschreven (Gemeente Rotterdam Gemeentewerken, 2009). De vermindering van geluidshinder in de omgeving van de te overkappen snelweg kan leiden tot de verkleining van de milieuzone rondom de weg. Dit maakt bouwen tot vlak naast de snelweg mogelijk en kan in stedelijk gebied zeer waardevolle bouwgrond opleveren. Hierbij is uiteraard wel van belang dat de milieuzone niet gehandhaafd blijft vanwege de aanwezige luchtverontreiniging.

3.3 Bijdrage aan de reductie van lokale luchtverontreiniging

De overkapping van De Duurzame Weg zorgt ervoor dat langs de kap de uitstoot van verontreinigende stoffen door verkeer geen invloed meer heeft op de omgeving; hier is dus sprake van een nulemissie. Dit kan, in tegenstelling tot geluidsschermen, er toe leiden dat de milieuzone voor zowel geluidshinder als luchtverontreiniging op wordt geheven. Dit is een belangrijk voordeel van De Duurzame Weg. Voorwaarde hiervoor is uiteraard wel dat de lucht aan de monden van de overkapping wordt gereinigd, hier vindt immers nog wel uitstoot van vervuilende stoffen en mogelijk overschrijding van de

normen voor luchtkwaliteit plaats. Onder De Duurzame Weg wordt de lucht op twee manieren gereinigd. Fijnstof wordt uit de lucht verwijderd door elektrostatische filters (door ionisatie van de fijnstof deeltjes) die geplaatst worden bij de monden van de

kappen. Stikstofoxiden (en zwaveloxiden) kunnen uit de lucht worden verwijderd door adsorptie aan actieve koolstof die bij de middenwand wordt aangebracht. De plaatsing van de filters is te zien in afbeelding 2.



Afbeelding 2. Luchtfilters van De Duurzame Weg

Door de filtering van lucht worden verdere gevolgen van luchtverontreiniging op lokale schaal voorkomen. Zo kan de gezondheid en levenskwaliteit van omwonenden op de lange termijn verbeteren.

3.4 Bijdrage aan CO₂ reductie

Naast een bijdrage aan de verbetering van de lokale luchtkwaliteit kan De Duurzame Weg ook voor een reductie in de totale uitstoot van koolstofdioxide in Nederland zorgen. Zo is voor het afvoeren van de hitte die door de inval van zonlicht en de uitstoot van voertuigen ontstaat gekozen voor een duurzame oplossing. Door een buizensysteem in het wegdek op te nemen en gebruik te maken van de (warmte)capaciteit van het grondwater kan het wegdek in de zomer worden gekoeld en in de winter worden verwarmd. Hiernaast is er nog voldoende warmte overschot om warmte af te zetten voor bijvoorbeeld de verwarming van woningen. Een kilometer Duurzame Weg levert bij de genoemde breedte naar schatting voldoende warmte voor de verwarming van ca. 2400 moderne appartementen. Dit komt overeen met een potentiële bijdrage aan de vermindering van CO₂-uitstoot van bijna 1000 ton CO₂ per kilometer per jaar (Vákár, 2008).

Tussen de glaslagen van het gelaagde glas is het mogelijk om zonnecellen te plaatsen. Dit is geen vereiste om het concept te laten slagen maar wel een eenmalige mogelijkheid om de duurzaamheid van het concept verder te vergroten. Door de positie van de zonnecellen is er geen aparte draagconstructie nodig wat een aanzienlijke financiële besparing oplevert. Door het integreren van zonnecellen in 25% van de glasplaten kan bij de genoemde breedte een duurzame energieopbrengst van 1350 MWh per kilometer per jaar gerealiseerd worden wat overeenkomt met een besparing van ca. 750 ton CO₂.

3.5 Effecten op onderhoud, wegbeheer en congestie

Er is een aantal bijkomende effecten wanneer de keus wordt gemaakt een snelweg te overkappen. Zo blijft de snelweg altijd droog en vrij van sneeuw, waardoor de levensduur van het asfalt wordt verlengd. Ook de constantere temperatuur van het wegdek door koeling van het asfalt heeft een levensduurverlengende werking. Door strenge geluidsnormen wordt in Nederland op dit moment gebruik gemaakt van ZOAB voor het asfalteren van snelwegen. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat hanteert een gemiddelde levensduur van 8 tot 12 jaar (Peijs, 2005) terwijl ook een levensduur van 7 jaar in de praktijk voorkomt. Wanneer geluidshinder wordt afgeschermd door een overkapping kan volstaan worden met het gebruik van Dicht Asfalt Beton (DAB). Het grote voordeel hiervan is dat het in de open lucht een levensduur van 20 jaar heeft en de asfalt top laag daardoor minder vaak vervangen hoeft te worden. Door de genoemde effecten zal de levensduur van het asfalt onder de overkapping zelfs nog langer zijn. Dit zorgt voor minder wegwerkzaamheden en als gevolg daarvan minder congestie op de betreffende weg. Tijdens de aanleg van De Duurzame Weg zal congestie tijdelijk echter toenemen, al is het mogelijk om een modulair constructieproces toe te passen waardoor de verkeershinder beperkt blijft. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van een rijdende gesloten tunnelbekisting waardoor de wegen niet lang hoeven te worden afgesloten (Gemeente Rotterdam Gemeentewerken, 2009).

De mogelijke effecten van het systeem op de negatieve gevolgen van wegverkeer zijn veelbelovend en worden grotendeels onderschreven in de contra-expertise zoals uitgevoerd door het bureau gemeentewerken van de gemeente Rotterdam. Zoals bij elk innovatief concept bestaan er echter bij bepaalde technische aspecten nog enige vraagtekens.

4. Technische haalbaarheid van De Duurzame Weg

In het bovenstaande hoofdstuk zijn De Duurzame Weg en zijn beoogde effecten besproken. De technische haalbaarheid van het concept is onderzocht door een virtueel deel van de ruit van Rotterdam als Duurzame Weg uit te voeren en daarop een contra-expertise uit te (laten) voeren. Hieruit blijkt dat een aantal claims van Movares wordt onderschreven terwijl bij andere zaken kanttekeningen worden geplaatst. De belangrijkste punten worden hieronder besproken.

4.1 Kansrijke punten

Allereerst dient gesteld te worden dat het constructieve ontwerp van de overkapping volledig technisch haalbaar lijkt. Ervaring met vergelijkbare constructies is voorhanden vanuit de stationsbouw en het inpassen van deze constructie in de aanleg van infrastructuur is mogelijk. Ook de bevindingen met betrekking tot de duurzaamheid van het wegdek worden volledig ondersteund door de contra-expertise. De Duurzame Weg biedt een hogere reductie van geluidshinder dan geluidsschermen en luchtverontreiniging naast de kap wordt volledig geëlimineerd. De warmte die wordt gewonnen uit het asfalt is geschikt om huizen mee te verwarmen, mits het gebied waar De Duurzame Weg wordt aangelegd niet reeds is aangesloten op een stadsverwarmingsnet. De Duurzame Weg biedt verder mogelijkheden tot grondontwikkeling naast wegen waar nu beperkingen

gelden door milieueisen. De oorzaak hiervan is de nulmissie van luchtverontreiniging naast de overkapping en de sterke beperking van geluidshinder. Op de bovengenoemde punten is het concept als volledig haalbaar te beoordelen.

4.2 Onzekerheden

Een grote meerwaarde van het concept ten opzichte van alternatieve oplossingen zit in de mogelijkheid lokale luchtverontreiniging te verminderen. Het efficiënt kunnen filteren van de vervuilde lucht is dan ook van groot belang. Een belangrijk punt is hierbij dat de voorgestelde technieken nog niet op deze schaal en in vergelijkbare overkappingen worden toegepast. Elektrostatische filters hebben een efficiëntie ratio tot 90% laten zien (Innovatie Programma Luchtkwaliteit, 2007), al wordt deze vaak behaald in lange smalle tunnels met hoge concentraties fijnstof. De situatie van De Duurzame Weg is moeilijk vergelijkbaar met deze situaties, omdat het profiel van De Duurzame Weg veel ruimer is. Nader onderzoek zal uit moeten wijzen of een vergelijkbare efficiëntie haalbaar is. Het is hier waardevol om op te merken dat een ratio van 90% niet vereist is om de vervuilde lucht voldoende te reinigen. Ook is deze techniek nog volop in beweging en lijken positieve resultaten voort te komen uit een onderzoek van de Technische Universiteit van Delft in samenwerking met BAM naar de toepassing van deze techniek in de open lucht. Voor de adsorptie van stikstofoxiden door actieve koolstof is zijdelingse circulatie van belang. Er zal moeten blijken of onder De Duurzame Weg voldoende circulatie optreedt. Is dit niet het geval dan is wellicht mechanische ventilatie nodig. Andere technische onzekerheden die in de contra-expertise worden genoemd zijn het schoonhouden van de kap, graffiti, zones ten behoeve van onderhoud en een mogelijk optredend stroboscopisch effect (Gemeente Rotterdam Gemeentewerken, 2009). Onzekerheden omtrent deze factoren zijn echter op te lossen door details in het ontwerp slim te kiezen, dan wel het opnemen van extra voorzieningen in het ontwerp. Dit zijn zaken die binnen de huidige financiële marges van het concept vallen. De efficiëntie van de gekozen filtermethode is de belangrijkste technische onzekerheid van het concept. De overige technieken zijn te bestempelen als 'bewezen' en - in de technische context - als haalbaar.

4.3 Veiligheid

Een aspect dat in deze beschouwing onderbelicht is gebleven is de veiligheid op en rond De Duurzame Weg. Veiligheid is een ruim begrip en kan slaan op enkele verschillende situaties. Zo gaat het om de veiligheid in een normale situatie evenals veiligheid in het geval van verschillende soorten calamiteiten. In het geval van een calamiteit spelen zaken als zelfredzaamheid, vluchtgedrag en constructieve integriteit een belangrijke rol. In het algemeen wordt gesteld dat de veiligheid van De Duurzame Weg voor de weggebruiker vergelijkbaar is met een weg op maaiveld (Gemeente Rotterdam Gemeentewerken, 2009). Redenen hiervoor zijn dat weggebruikers zich kunnen oriënteren op de buitenwereld door de transparantie van het glas en dat vluchtdeuren eenvoudig in de overkapping te integreren zijn. Deze zaken kunnen mogelijke paniek in geval van een calamiteit verminderen. Hoewel hitte en rook bij brand onder de overkapping zullen blijven hangen gebeurt dit op grotere hoogte dan bij een tunnel, vanwege het ruimere profiel van De Duurzame Weg; op ooghoogte is het gezichtsveld dan 'vrij'. Door middel van rookluiken kan hitte en rook verder worden afgevoerd. Ook voor hulpdiensten is de toenadering tot een calamiteit eenvoudiger dan bij bijvoorbeeld

een tunnel, omdat de situatie van buitenaf al te beoordelen is. Dit biedt voordelen ten opzichte van geluidsschermen, die vaak niet transparant zijn. Bij een middelgrote brand (70MW) blijft het glas ten minste 30 minuten in de sponningen hangen, wat weggebruikers voldoende tijd geeft om te vluchten. In geval van grotere branden kan het glas uit de sponningen springen wat bijdraagt aan mogelijke paniek; vervolgens is de situatie echter vergelijkbaar met een weg op maaiveld. In het geval van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen vertoont De Duurzame Weg meer overeenkomsten met een tunnel.

In een normale situatie is de veiligheid op De Duurzame Weg vergelijkbaar met die van een weg op maaiveld. Naarmate steeds ernstiger calamiteiten optreden gaat het concept zich langzaam meer gedragen als een tunnel, hoewel op veel aspecten de veiligheid beter blijft. Op dit moment valt het concept echter nog onder tunnelwetgeving, omdat een tunnel in de wet wordt geclassificeerd als een overdekt stuk weg langer dan 250 meter. De Duurzame Weg valt vooralsnog onder deze definitie met aanvullende veiligheidseisen tot gevolg. Het is echter mogelijk een uitzondering in de tunnelwet te maken voor overkapte weggedeelten met een transparante kap op basis van de evidente verschillen in veiligheid.

4.4 Locatie-afhankelijke factoren

De Duurzame Weg lijkt over het algemeen een technisch haalbaar concept te zijn. Veel is echter afhankelijk van de locatie waar het concept wordt toegepast. De grote meerwaarde van het concept ligt in het ontlasten van gebieden die zwaar getroffen worden door de negatieve gevolgen van wegverkeer. Dit zijn echter vaak stedelijke gebieden waar naast technische onzekerheden ook economische, juridische en politieke onzekerheden een rol kunnen spelen. Zo is er ruimte nodig voor de fundering van De Duurzame Weg en is de grond vlak naast de snelweg niet altijd in handen van de wegbeheerder. Elke locatie kent zo zijn eigen unieke onzekere factoren die de haalbaarheid van het concept beïnvloeden. Ook de distributie van warmte en energie – hoewel technisch eenvoudig haalbaar – kan nog op locatiegebonden juridische of politieke problemen stuiten.

Door de almaar strikter wordende Europese regelgeving komen er ook vanuit de auto-industrie initiatieven om auto's stiller, zuiniger en minder vervuילend te maken. Dit zal een onmisbare bijdrage leveren aan de bestrijding van de negatieve effecten van wegverkeer, het is echter ook een zeer tijdrovende transitie. De Duurzame Weg kan relatief snel gerealiseerd worden bij knelpunten waar luchtverontreiniging en geluidshinder op dit moment de wettelijke normen overschrijden. Maatregelen aan de bron zullen dan op termijn moeten zorgen voor een verlaging van het landelijk gemiddelde van de uitstoot van verontreinigende stoffen. De Duurzame Weg is een technisch haalbaar middel om de lokale leefomgeving te verbeteren, het zal echter nauwelijks effect hebben op de totale landelijke uitstoot van luchtverontreinigende stoffen.

Op basis van onderzoek naar de technische haalbaarheid lijkt het concept op de juiste locatie van meerwaarde te kunnen zijn. Veel hangt echter af van twee zaken. Ten eerste de efficiëntie van de filters die moeten worden toegepast in De Duurzame Weg. De

werking hiervan moet verder worden onderzocht en de praktijk moet uitwijzen of voldoende efficiëntie behaald kan worden. Ten tweede moet er een heldere socio-economische afweging gemaakt worden: wegen de maatschappelijke baten wel op tegen de kosten? Economische haalbaarheid speelt immers net als de technische haalbaarheid een essentiële rol. Het volgende hoofdstuk zal de economische haalbaarheid van De Duurzame Weg bespreken aan de hand van een uitgevoerde maatschappelijke kosten-batenanalyse.

5. Economische haalbaarheid van De Duurzame Weg

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) heeft tot doel informatie te verschaffen over de maatschappelijke baten en kosten van een project. De relatie tussen baten en kosten, uitgedrukt in een baten/kosten-verhouding of Netto Contante Waarde (NCW), bepaalt of een project bijdraagt aan de welvaart van een land. Voor De Duurzame Weg (DDW) is door Decisio (2009) een MKBA uitgevoerd. Hierbij werd een discontovoet van 5,5 % gehanteerd. Uitgangspunt was niet een specifiek project maar een wegvak van 2x3 stroken op een niet nader gedefinieerd deel van de ruit van Rotterdam. Dit zgn. nulalternatief wordt vergeleken met een weg met geluidsschermen (nulplusalternatief), De Duurzame Weg en een tunnel. In het nulplusalternatief zijn de maatregelen erop gericht de problemen rondom geluidsoverlast, veiligheid en luchtkwaliteit zo goedkoop mogelijk op te lossen. In concreto wordt er uitgegaan van 10 meter hoge geluidsschermen aan beide kanten van de weg. De NCW van de investeringskosten bedraagt € 26,0 miljoen en de totale beheer- en onderhoudskosten € 4,7 miljoen. Voor De Duurzame Weg wordt resp. uitgegaan van € 79,3 miljoen en € 4,2 miljoen. Het tunnelalternatief zonder luchtbehandeling is het duurst; zowel de investeringskosten van € 189,9 miljoen als de totale beheer- en onderhoudskosten van € 12,1 miljoen zijn substantieel hoger (NB. Alle bedragen zijn per strekkende kilometer). Opmerkelijk is dat Decisio het effect van vermeden investeringen als PM (pro memorie)-post opvoert. Dit is vreemd omdat het nulplusalternatief verplicht uitgevoerd moet worden als er sprake is van wettelijke overlast, een veelvoorkomende situatie op de ruit van Rotterdam.

Aan de batenzijde kan een aantal effecten worden onderscheiden. In de verschillende varianten blijkt het effect op de doorstroming beperkt; de gesloten constructies leveren in totaal slechts een extra bate van € 0,5 miljoen op. Bij de externe effecten is het terugdringen van de geluidshinder de belangrijkste categorie. In het nulplusalternatief leveren de geluidsschermen een bate van € 10,5 miljoen op terwijl voor DDW en tunnel zelfs € 14 miljoen euro te behalen zijn. Specifiek voor DDW is het wegvangen van NO_x en PM₁₀ (€ 3,7 miljoen) en de energiebatens (€ 14,4 miljoen) waarvan de warmtebatens in bepaalde situaties soms lastig te vermarkten zijn. Vanwege de barrièrewerking van infrastructuur is er bij het tunnelalternatief een positieve impuls voor de stedelijke kwaliteit. Door bovenop een tunnel bijvoorbeeld een park aan te leggen ontstaat een aaneengesloten stadsgebied. Echter, huizen- of kantoorbouw op een tunnel is in de huidige wetgeving niet toegestaan. De schatting van dit stedelijk kwaliteitseffect ad € 18,8 miljoen is gebaseerd op de verwachte stijging van de prijzen van het bestand vastgoed.

De belangrijkste baten vormen de grondopbrengsten. Deze hangen af van de (netto) oppervlakte van het voor bebouwing beschikbare gebied, type bebouwing (werken en/of wonen (hoog-/laagbouw) en grondprijs (verkoopprijs minus kosten woonrijp maken). Door het ontbreken van een specifieke locatie zijn de grondbaten lastig in te schatten. Uitgegaan wordt van een bruto grondprijs van € 125 per m² waar (voor de netto opbrengst van de grond) de kosten voor het woonrijpmaken van de grond, gemiddeld € 51 per m², nog van af moeten. Met betrekking tot de totale oppervlakte van het voor bebouwing geschikte gebied worden de onderstaande scenario's, gebaseerd op wettelijke criteria en opvattingen, gehanteerd:

Rekbaar scenario:	flexibele wetgeving en handhaving waarbij in het nulalternatief, zonder speciale geluidswerende voorzieningen tot 200 meter van de weg geen woningbouw is toegestaan en tot 10 meter überhaupt geen bebouwing.
Middenscenario:	zonder speciale geluidwerende voorzieningen in het nulalternatief tot 350 meter van de weg geen woningbouw en tot 50 meter geen enkele bebouwing toegestaan.
Restrictief scenario:	strengere wetgeving en handhaving waarbij in het nulalternatief, zonder speciale geluidwerende voorzieningen tot 500 meter van de weg geen woningbouw is toegestaan en tot 100 meter überhaupt geen bebouwing.

In tabel 1 staan voor het middenscenario dat als basis voor de KBA wordt genomen, de consequenties voor de hoeveelheid bebouwbare grond.

Tabel 1 Hoeveelheid beschikbare grond per alternatief

alternatief	bouwbeperkingen (min. afstand)	bebouwbare grond
nulalternatief	woningen: 350 m kantoren: 50 m	woningen: 0 m ² kantoren: 600.000 m ²
nulplusalternatief	woningen: 300 m kantoren: 50 m	woningen: 100.000 m ² kantoren: 600.000 m ²
DDW	woningen: 50 m kantoren: 50 m	woningen: 600.000 m ² kantoren: 600.000 m ²
tunnel	woningen: 50 m kantoren: 50 m	woningen: 600.000 m ² kantoren: 600.000 m ²

Decisio (2009)

Uitgaande van een bruto-netto factor van 50/50 kan dus slechts de helft van de bebouwbare grond worden verkocht. Vanwege de striktere wetgeving voor woningen richt de KBA zich op de grondbaten voortkomend uit de kosten en opbrengsten van woningbouw. De opbrengsten bedragen € 3,7 miljoen voor het nulplusalternatief en € 22,2 miljoen voor zowel DDW als de tunnel.

Tabel 2. Kosten en baten (van één kilometer) per alternatief (NCW, mln. euro).

	nulplusalternatief	DDW	tunnel
<i>kosten</i>			
bouwkosten	26,0	79,3	189,9
vermeden investeringen	-		
beheer en onderhoud	4,7	4,2	12,1
<i>totaal</i>	<i>30,7</i>	<i>57,5</i>	<i>176,0</i>
<i>baten</i>			
doorstroming	-	0,5	0,5
duurzame energie	-	14,4	-
grondbaten	3,7	22,2	22,2
stedelijke kwaliteit	-	-	18,8
externe effecten	10,5	17,7	14,0
<i>totaal</i>	<i>14,2</i>	<i>54,8</i>	<i>55,5</i>
<i>saldo</i>	<i>-16,5</i>	<i>-28,8</i>	<i>-146,5</i>

Decisio (2009), aangepast.

Uit de saldi van baten en kosten komt het nulplusalternatief als beste naar voren. De KBA geeft tevens aan dat, onder de gegeven vooronderstellingen, de bijdrage aan de welvaart negatief is voor alle alternatieven. Indien uitgegaan was van een grondprijs van € 445 per m² dan zouden voor het nulplusalternatief de baten en kosten in evenwicht zijn. Voor De Duurzame Weg wordt het break-even punt al bij een grondprijs van € 220 per m² bereikt terwijl voor de tunnel een grondprijs van € 615 per m² vereist is.

In het voorgaande is reeds aangegeven dat in een situatie waar het (wettelijk) verplicht is de overlast terug te brengen, de vermeden investering voor De Duurzame Weg € 26,0 miljoen bedraagt. Immers, de kosten voor het aanbrengen van de geluidsschermen komen in dat geval te vervallen. Een kleine stijging van de gehanteerde van € 125 per m² is dan al voldoende om een toename van de maatschappelijke welvaart te bewerkstelligen.

6. Conclusie

In dit paper is onderzocht of De Duurzame Weg een realistische oplossing is om de negatieve gevolgen van wegverkeer in te perken. Hiertoe zijn zowel de technische haalbaarheid aan de hand van een contra-expertise als de economische haalbaarheid aan de hand van een MKBA belicht.

Gebleken is dat De Duurzame Weg een aantrekkelijk alternatief is ten opzichte van huidige maatregelen zoals tunnels of geluidsschermen. Bij toepassing van het concept valt een hogere geluidsreductie te verwachten dan bij geluidsschermen en de gevolgen op de luchtkwaliteit zijn beter dan bij andere oplossingen. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is dat de gekozen filtertechnieken inderdaad voor de beoogde zuivering van vervuilde lucht bij de monden kunnen zorgen. Het is nog onzeker of dit haalbaar is, omdat toepassing van huidige filtertechnieken moeilijk vergelijkbaar is met de situatie

van De Duurzame Weg. Zeker is dat ongeacht de efficiëntie van filtertechnieken de nulemissie langs de kap zal blijven bestaan. Ook is het mogelijk de vervuilde lucht via een schoorsteen op een dusdanige hoogte te brengen dat er van normoverschrijding geen sprake meer is. Technisch gezien lijkt het concept voor zo ver dat op voorhand te beoordelen is op de meeste punten te realistisch en is het ontwerp voldoende flexibel om eventuele technische onzekerheden op te kunnen vangen. De beperking van geluidshinder en luchtverontreiniging zijn de belangrijkste voordelen van het concept, maar de duurzaamheid wordt verder verhoogd door de manier waarop het concept omgaat met zaken als de winning van warmte en duurzame energie. Wanneer op de juiste manier met de lokale onzekerheden wordt omgegaan is het een technisch haalbaar concept.

Hetzelfde geldt voor de sociaal-economische haalbaarheid van De Duurzame Weg. Uit de kosten-batenanalyse blijkt de welvaartstoename voor alle alternatieven licht negatief. De gehanteerde grondprijzen zijn echter zeer conservatief ingeschat: (bruto) € 125 per m². Een grondprijs boven de € 220, niet onrealistisch voor grootstedelijke locaties, leidt al tot een welvaartstoename bij toepassing van De Duurzame Weg. Indien geluidsschermen worden geplaatst, en minder woningbouw is toegestaan, dan is er pas sprake van een toename van de maatschappelijke welvaart als de grondprijs boven € 455 ligt.

Op basis van de bevindingen voor de ruit van Rotterdam kan geconcludeerd worden dat in een grootstedelijke omgeving waar de omwonenden veel last ondervinden van het wegverkeer en bouwen naast de weg niet mogelijk is als gevolg van deze overlast, het concept van De Duurzame Weg –technisch en economisch- zeer aantrekkelijk kan zijn. Inherent aan de gehanteerde aanpak zijn echter enkele aannames en onzekerheden. Voor een verantwoorde keuze van De Duurzame Weg moeten daarom voor ieder project locatie-specifieke factoren in de afweging worden meegenomen.

Literatuurlijst

Algemene Rekenkamer (2009). *Milieueffecten wegverkeer*. Den Haag: Sdu Uitgevers

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2009). *Milieuhinder, milieugedrag en milieubesef van personen: persoonskenmerken*. Opgehaald uit CBS Statline op 09-03-2009.

Decisio (2009). *MKBA De Duurzame Weg Rotterdam*. Amsterdam: Decisio BV (slechts samenvatting openbaar beschikbaar)

Gemeente Rotterdam Gemeentewerken (2009). *De Duurzame Weg Contra-expertise*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam Gemeentewerken (slechts samenvatting openbaar beschikbaar)

Innovatie Programma Luchtkwaliteit. (2007). *Overkappen van wegen en luchtbehandeling*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM). (2008). *Verkenning autoverkeer 2012*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008). *Policy framework for utilisation: A pillar of better accessibility*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van VROM (2005), *Nota mobiliteit*. Den Haag: Ministerie van V&W, Ministerie van VROM

Ministerie van VROM (2009) *Dossier verkeer*. Opgehaald op 24-09-2009, Website ministerie van VROM: <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=17855#1>

Peijs, K. (2005). *Kamervragen inzake verjongingsproducten voor ZOAB*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Vákár, L. I. (1998). Modern en antiek hand in hand. *Architectuur & Bouwen 1998 - 2*, 20-23.

Vákár, L. I. (2000). Nieuw type gelaagd glas in situ koud buigbaar. *Detail in architectuur april 2000*, 32-34.

Vákár, L.I. (2008). *Businesscase De Duurzame Weg A73/A74 te Venlo*. Utrecht: Movares B.V. (niet openbaar beschikbaar)

van Wee, B., & Dijst, M. (2002). *Verkeer en Vervoer in hoofdlijnen*. Bussum: Coutinho.