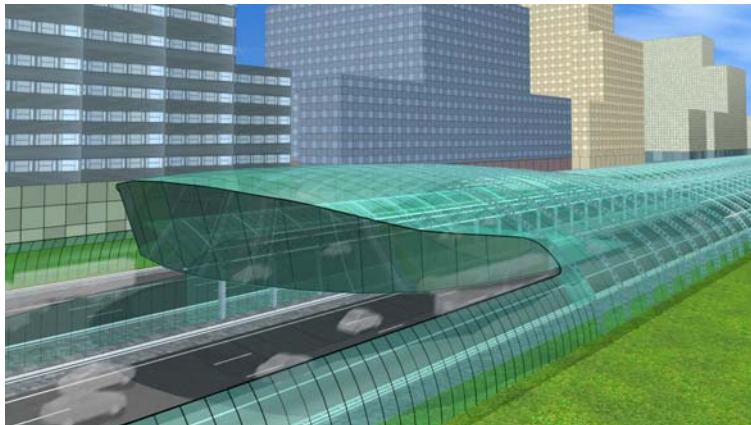


Quick-scan Haalbaarheid Glazen Overkapping A10 Oost



Oprachtgever **Gemeente Amsterdam Stadsdeel Oost-
Watergraafsmeer**
Ir. G. Sluimer
Movares Nederland B.V.
Auteur ir. L.I. Vákár
Kenmerk LC-LIV-070026847 - Versie 0.4

Utrecht, 9 juli 2007
concept

© 2007, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Samenvatting

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inleiding	4
1 Concept “De Duurzame Weg”	5
1.1 Milieu	5
1.2 Overhuiving snelweg met koud gebogen gelaagd glas	7
1.2.1. Omschrijving constructie	7
1.2.2. Koud gebogen gelaagd glas	8
1.2.3. Besparingen op de draagconstructie	8
1.2.4. Onderhoud	9
1.3 Energie	9
1.3.1. Energiewinning met zonnecellen	9
1.3.2. Warmtewissel	9
1.3.3. Duurzaamheid	10
1.4 Innovatief	10
1.5 Kosten	10
1.6 Conclusie	11
2 Toepassing van de “Duurzame Weg” voor de A10 Oost	12
3 Geluidreductie	13
3.1 Akoestiek	13
3.2 Wettelijk kader	14
4 Reductie van de belasting door fijnstof en NO₂	15
4.1 Luchtkwaliteit bij overhuiving	15
4.2 Beoordelingskader Luchtkwaliteit	16
4.3 Luchtkwaliteit en verontreinigende stoffen	16
4.4 Normen voor luchtkwaliteit	16
4.5 Zeezoutcorrectie	17
5 Energieopwekking met zonnecellen	18
5.1 Potentieel aan energieleverantie	18
5.2 Extra stichtingskosten door toepassen van zonnecellen in de overkapping	19
5.3 Extra beheerkosten door toepassen van zonnecellen in de overkapping	19
6 Warmte-/koudeopslag	20
6.1 Energiesysteem	20
6.1.1. Werking klimatisering	20
6.1.2. Energieopslag	21
6.1.3. Varianten	21
6.2 Energiestromen	23
6.2.1. Installatiegrootte	23
6.2.2. Energievraag	24
6.3 Financiën	24
6.3.1. Investing	24

6.3.2. <i>Exploitatie</i>	25
6.4 Conclusie	25
7 Kosten wegbeheer	26
7.1 Levensduur verhardingsconstructie	26
7.2 Onderhoudskosten verhardingsconstructie en overkapping	27
7.2.1. <i>Reinigingskosten verhardingsconstructie</i>	27
7.2.2. <i>Onderhoudskosten kapconstructie.</i>	27
7.3 Gladheidbestrijding	27
8 Stichtingskosten overkapping	28
9 Conclusie	29
Colofon	30

Inleiding

Voor de te verbreden A10 Oost ter hoogte van Betondorp, tussen de S112 en de S113, wordt een glazen overkapping conform het door Movares ontwikkelde concept “De Duurzame Weg” overwogen ter beperking van de overlast voor de omgeving. Om een dergelijke toepassing mogelijk te maken zullen er bestuurlijke besluiten nodig zijn. Dit rapport bevat een quick-scan naar de haalbaarheid van zo’n overkapping.

Vershillende aspecten van zo’n overkapping worden hiertoe in beschouwing genomen.

Om te beginnen wordt het effect op de milieubelasting door de snelweg verkend, te weten de effecten op de geluidsoverlast en de belasting door fijnstof en NO₂.

Daarnaast wordt onderzocht wat de opbrengst uit de warmte-/koudeopslag van zulk een overkapping is.

Ook wordt het effect op het wegbeheer verkend.

De te verwachten stichtingskosten worden in beeld gebracht.

Tot slot wordt de mogelijke opbrengst uit zonnecellen onderzocht.

1 Concept “De Duurzame Weg”

Wereldwijd staat luchtvervuiling hoog op de politieke agenda. De uitstoot van schadelijke stoffen moet worden beperkt.

In 2005 is het ‘Besluit luchtkwaliteit 2005’ van kracht geworden. De ‘Wet luchtkwaliteit’ ligt momenteel ter goedkeuring bij de Eerste Kamer. Het gaat in dezen voornamelijk om het terugdringen van de voor de volksgezondheid schadelijke uitstoot van fijnstof en stikstofdioxide. Om aan de voorgeschreven kwaliteitseisen van lucht te kunnen voldoen zijn nieuwe oplossingen noodzakelijk.

Geluidsoverlast en luchtkwaliteit (fijn stof, stikstofdioxide) spelen, door de strenger wordende regelgeving, een steeds belangrijkere rol in de milieuvergunning voor het aanleggen van nieuwe en/of het uitbreiden van bestaande infrastructuur. Daarnaast heeft de wegbeheerder in zijn dagelijkse beheer te maken met slijtage van de weg en milieubelasting in de vorm van zout in de bodem. Advies- en ingenieursbureau Movares ontwikkelde een ontwerp dat een integrale oplossing biedt voor de geschetste problematiek. Deze ontwerp oplossing bestaat uit een overhuiving van snelwegen met bijzondere aandacht voor de aspecten duurzaamheid, veiligheid en kosten.

1.1 Milieu

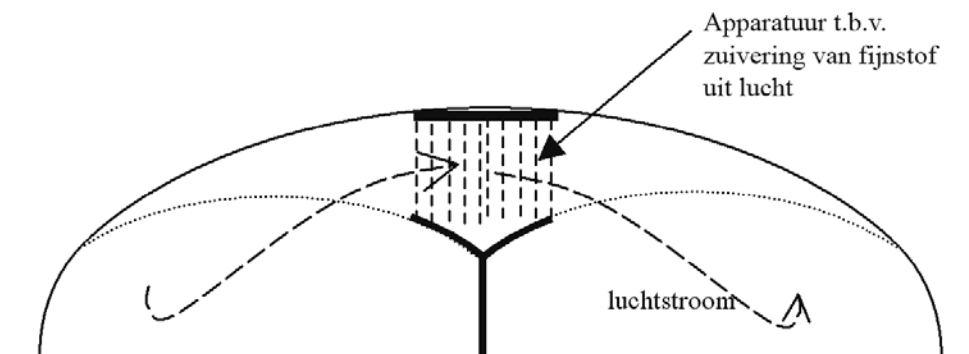
Door een snelweg te overhuiven is de luchtkwaliteitsproblematiek ter plaatse van de overhuiving op te lossen. Zonder aanvullende maatregelen treedt echter bij de monden de lucht uit. Alle uitstoot van het verkeer komt dan geconcentreerd naar buiten en zorgt daar alsnog voor relatief hoge concentraties langs de weg. Afhankelijk van de mogelijkheid om saldering toe te passen zal de oplossing al dan niet voldoen aan het besluit luchtkwaliteit.

Onder de overhuiving wordt als gevolg van de beweging van het verkeer een luchtstroom opgewekt. De luchtsnelheid en de doorsnede van de overhuiving zorgen ervoor dat grote hoeveelheden lucht in beweging worden gebracht. Het concept berust erop de luchtbeweging die in beide tunnelhelften door de beweging van de auto's ontstaat door een speciale vormgeving van de overhuiving bij de tunnelmonden kort te sluiten, zodat een circuit ontstaat. De lucht die in een wegdeel de ene kant opstroomt wordt aan het eind van de overhuiving deels afgebogen en naar de andere weghelft geleid en meegezogen door de omgekeerde luchtbeweging veroorzaakt door de auto's aan de andere kant. Op deze manier ontstaat er een gesloten circuit van een deel van de lucht in de tunnel (figuur 1). Een recirculatie van 50% van de luchthoeveelheid is zo gemakkelijk haalbaar. Dit deel kan in de speciaal vormgegeven koppen van de overhuiving worden gereinigd van fijn stof door het afvangen met behulp van een elektrostatische lading en ionisatie boven in de kap (figuur 2). De uitstoot van NO₂ wordt gereduceerd door het plaatsen van schermen en lamellen met titaniumdioxide bij de tunnelmonden (figuur 3). De reactie van NO₂ met ozon onder invloed van UV beperkt de uitstoot.

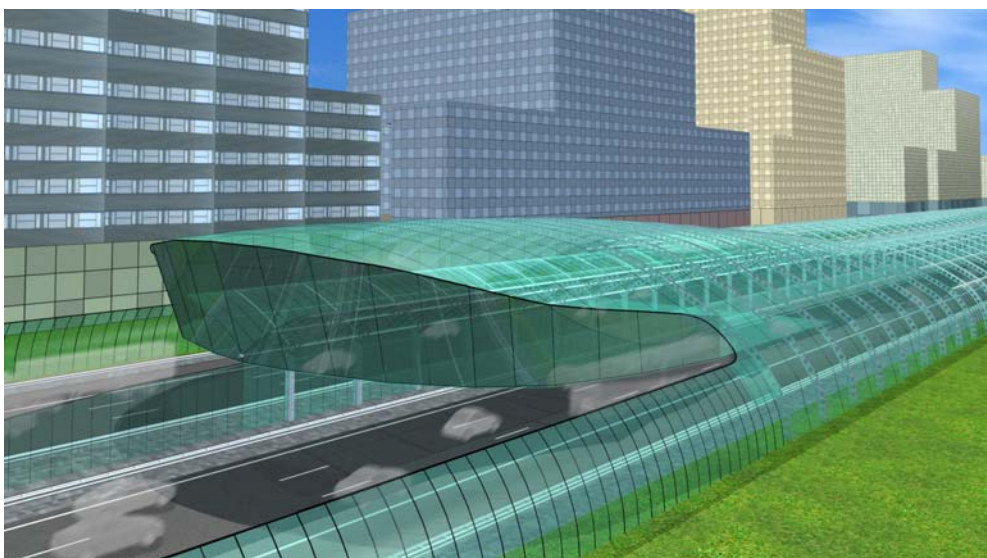
Een groot voordeel van deze methode van luchtbeheersing is dat er slechts beperkt energie nodig is om de lucht af te zuigen of te verplaatsen, doordat er gebruik wordt gemaakt van de natuurlijke beweging van de lucht in een tunnel. Door het overhuiven van de snelweg is de weg altijd droog en sneeuwvrij. Hierdoor kan worden volstaan met een goedkope asfaltsoort met een verlaagde rolweerstand. Dit is kostenbesparend en door de verlaagde rolweerstand wordt vanzelfsprekend minder uitgestoten.



Figuur 1 Luchtcirculatie door tegengestelde verkeersbeweging



Figuur 2 Zuivering van fijnstof uit tunnellucht in de tunnelmond



Figuur 3 Snelwegoverhuiving met tunnelmond

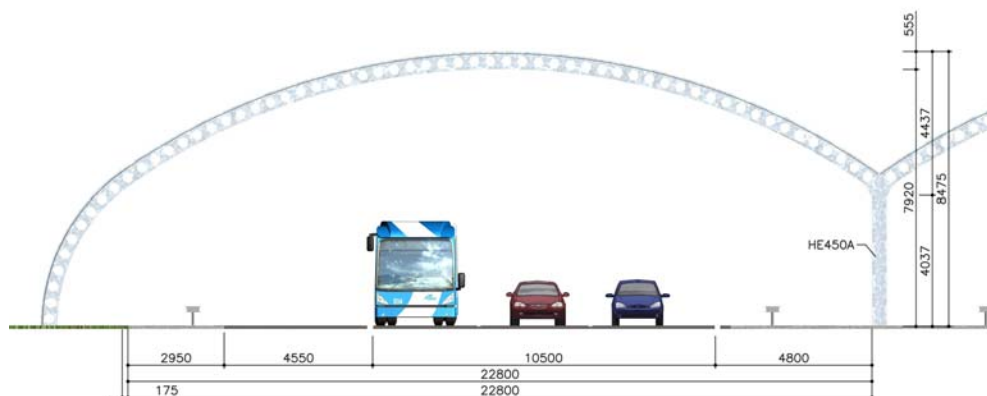
1.2 Overhuiving snelweg met koud gebogen gelaagd glas

De overhuiving van snelwegen betreft een constructie met koudgebogen gelaagd glas, waardoor onder andere de geluidsoverlast effectief wordt bestreden. Daarnaast is het visueel aantrekkelijk, veilig, goedkoop en zeer duurzaam in vergelijking met andere materialen. Voor de overhuiving zelf wordt gebruikgemaakt van het zogenaamde Freeformglass®, dat Movares heeft gepatenteerd¹. Uit testresultaten en toepassingen is gebleken dat het glas vandalismebestendig is. Ook heeft het bij bijvoorbeeld een busbrand, door een nieuw glasbevestigingssysteem een brandhangendheid van tenminste 30 minuten.

De ontwerpoplossing wordt geïllustreerd aan de hand van het overkappen van een snelweg met twee rijbanen, waarbij iedere rijbaan drie rijstroken bevat met een totale bruto breedte van 45,6m. Het uitgangspunt is, dat iedere rijbaan een eigen overkapping krijgt die in het midden van elkaar gescheiden worden door een transparante wand. Ook de buitenzijden van de overkapping worden aan beide kanten afgesloten met een transparante wand. In onderstaande tekst en illustraties wordt de ontwerpoplossing van Movares Nederland nader toegelicht. Het voordeel van een transparante overhuiving ten opzichte van een gesloten overhuiving is dat er overdag daglicht invalt en er dan dus geen verlichting nodig is. Bij calamiteiten is daardoor de oriëntatie eenvoudig. Ook is van buitenaf de rampplek te zien en dus eenvoudiger te benaderen voor hulpverleners.

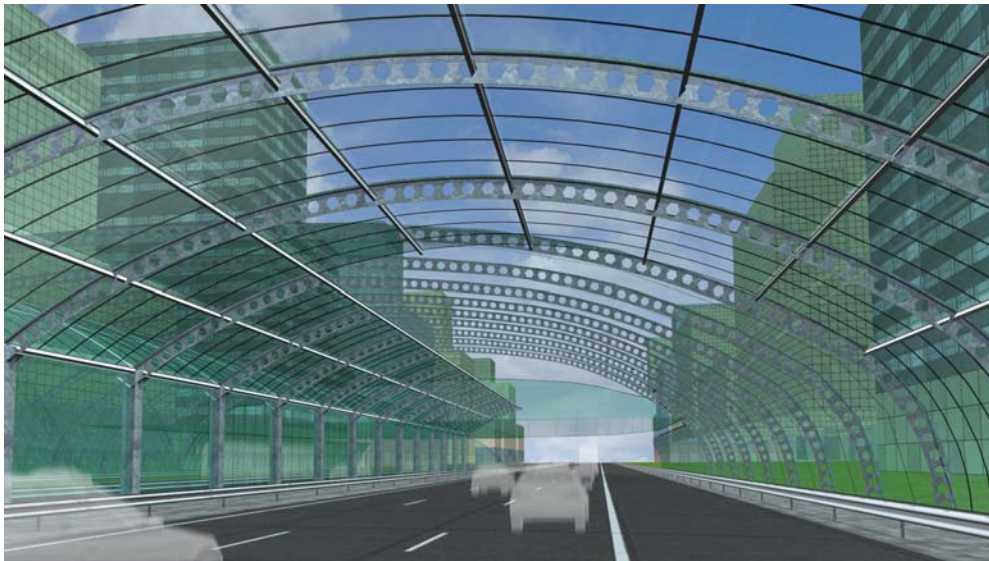
1.2.1. Omschrijving constructie

De constructie is opgebouwd uit gebogen stalen raatliggers die tussen de rijbanen op stalen kolommen aansluiten. Met stalen dwarsliggers en gordingen tussen de bogen (h.o.h. bogen 5,5m) wordt er een raster gecreëerd waarop de glazen platen (3,3m x 1,1m) van Koud gebogen gelaagd glas worden bevestigd die de uiteindelijke huid van de overkapping vormen. In Figuur 4 en Figuur 5 is de constructie gevisualiseerd.



Figuur 4 Ontwerp constructie

¹ Op basis van dit octrooi ontvangt Movares ook inkomsten uit de toepassing van Freeformglass®.



Figuur 5 Visualisering constructie

1.2.2. Koud gebogen gelaagd glas

Koud gebogen gelaagd glas is een uiterst geschikt product voor de constructie van een overhuiving. Dit gepatenteerde product heeft een aantal voordelen ten opzichte van andere bruikbare materialen voor een overhuiving.

Het koud gebogen gelaagde glas is sterker dan recht glas, waardoor aanzienlijk minder glas nodig is. Ten opzichte van warmgebogen gelaagd glas ligt de prijs van koud gebogen gelaagd glas een stuk lager. Ook ligt de optische kwaliteit veel hoger, omdat het glas overal even dik is doordat er geen kunsthars tussen de glasplaten wordt gegoten. Door de beperkte glasdikte en de eenvoudige vorm, is koud gebogen gelaagd glas veel gemakkelijker te transporteren. Tegenover kunststoffen heeft het glas de grote voordelen krasbestendig te zijn, minder gevoelig te zijn voor elektrostatische lading (en dus minder vuil aantrek te trekken) en niet gevoelig te zijn voor veroudering. Bovendien is het volkomen onbrandbaar, smelt en druipt het bij brand niet en ontstaan er dan geen giftige dampen. Ook is het veel stijver dan kunststof. Concluderend heeft koud gebogen gelaagd glas veel betere eigenschappen ten opzichte van kunststoffen, maar ligt het in dezelfde prijsklasse. Het is kwalitatief en prijstechnisch sterk in het voordeel ten opzichte van warmgebogen gelaagd glas. Ten opzicht van recht glas is de besparing te vinden in de draagconstructie van het glas.

1.2.3. Besparingen op de draagconstructie

Door het gebruik van koud gebogen gelaagd glas kan in belangrijke mate op de draagconstructie worden bespaard. Zo nemen de kosten voor de glasdragers ten opzichte van een gefacetteerde glasconstructie flink af, omdat dan bij elke knik een verbinding moeten worden gemaakt. Bij koud gebogen gelaagd glas kunnen de glasdragers rondgewalst worden en uit veel grotere lengten bestaan. Doordat het gewicht geringer is dan bij recht of warmgebogen glas zal de draagconstructie ook lichter kunnen. Bovendien hoeft ook minder stijf te worden geconstrueerd omdat het glas bij vervormingen met de draagconstructie mee kan buigen. Hierdoor kan de

draagconstructie ten opzichte van de toepassing van ander glas lichter worden. Lichter glas en een lichtere draagconstructie werken door in de funderingskosten.

1.2.4. *Onderhoud*

Er is met koud gebogen gelaagd glas sinds 1997 ervaring op station 's-Hertogenbosch. Op dit station zijn de dertien meest zuidelijke ruiten van de lichtstraat van de kap van het derde perron ermee uitgevoerd. Ze zijn aan de bovenzijde nog nooit gereinigd. Treinen stoppen er aan weerszijden, waardoor er veel remstof op het glas terechtkomt. Toch is de presentatie nog steeds goed doordat de regen het harde oppervlak schoonspoelt. Door de keus voor glas en niet voor kunststof laadt de ruit niet elektrostatisch op en trekt het geen vuil aan. Bovendien is het veel krasbestendiger en behoeft aanzienlijk minder onderhoud met behoud van presentatie. Voor eventueel onderhoud is het glas beloopbaar op bootschoenen en dergelijke.

1.3 Energie

1.3.1. *Energiewinning met zonnecellen*

De schil van koud gebogen gelaagd glas van de overkapping leent zich bij uitstek voor het plaatsen van zonnecellen. Doordat deze zonnecellen bij het koud gebogen gelaagde glas tussen de twee glaslagen worden opgenomen, zijn ze beschermd tegen



Figuur 6 Koud gebogen gelaagd glas met zonnecellen

invloeden van buitenaf (figuur 6). Bovendien is het niet nodig om de zonnecellen op een apart paneel op de constructie te monteren; de glasplaat van fungeert zelf als zonnepaneel. Door aan de zonbeschenen zijde een hoge concentratie zonnecellen toe te passen wordt hier optimaal zonne-energie gewonnen en dienen de cellen tevens als zonwering voor het verkeer dat onder de overkapping rijdt. De opgewekte energie kan worden gebruikt voor de verlichting, informatiepanelen of teruggeleverd worden aan het net.

1.3.2. *Warmtewissel*

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. Hierdoor wordt de levensduur van het wegdek aanzienlijk verlengd. Doordat dit systeem wordt gebruikt in combinatie met de

overkapping is het mogelijk het grote overschot aan warmte dat onder de kap ontstaat door zoninstraling en de warmteproductie door het verkeer in de zomer op te slaan in het grondwater. In de winter kan dit warme grondwater door het wegdek worden geleid, zodat het wordt opgewarmd. Hierdoor heeft het wegdek in zomer en winter een constantere temperatuur en daarmee een aanzienlijk grotere levensduur. Hierdoor ontstaat er minder overlast door onderhoudswerk en een afname van de bijbehorende verkeersongelukken. Daarnaast is hierdoor en door de overkapping het gebruik van strooizouten in de winter overbodig. Natuurlijk is ook een andere benutting van de opgeslagen energie mogelijk.

1.3.3. Duurzaamheid

Het koud buigbare gelaagde glas is ook uit het oogpunt van duurzaamheid zeer interessant. Om te beginnen halveert het materiaalgebruik ten opzichte van warmgebogen gelaagd glas. Daarnaast vindt bij warm gebogen gelaagd glas het buigen plaats door het verhitten tot het verwekingspunt van de ruiten, waarbij ze over een mal worden gebogen. Bij koud buigbaar glas vindt géén verhitting plaats en hoeft ook geen mal te worden gemaakt. Dit levert een enorme energiebesparing op. Daarbij zijn vlakke ruiten eenvoudiger en goedkoper naar de bouwplaats te transporteren. Er passen immers meer vlakke dan gekromde ruiten op een wagen. De montage vergt nauwelijks meer energie, het verschil is bijna te verwaarlozen. De primaire energiebesparing op zowel het materiaalgebruik en de verwerking, het transport en de duurzame opwekking en gebruik van energie maakt de overhuiving een duurzaam concept met het oog op de CO₂-uitstoot.

Ten opzichte van kunststoffen geldt dat glas voornamelijk van zand, kalk en soda wordt gemaakt, dat in overvloed beschikbaar is, dit in tegenstelling tot aardolieproducten. Met koud gebogen gelaagd glas is het mogelijk transparante, gebogen vlakken te creëren met positieve effecten op de ruimtelijke beleving.

1.4 Innovatief

De innovatie betreft een geheel nieuwe en integrale toepassing van reeds bestaande en bewezen technologieën. De toepassing is een gecombineerde oplossing voor een aantal actuele problemen.

Behalve dat de lokale problemen van overschrijding van de normen worden opgelost, gebeurt dit op een duurzame en energiezuinige manier.

Belangrijk is dat alle gebruikte technologieën reeds uitvoerig getest zijn, waardoor het ontwerp zeer realistisch is. Van alle onderdelen bestaan toepassingen waarvan de haalbaarheid reeds is bewezen. In vergelijking met andere oplossingen voor de actuele problematiek is het plan gezien de constructie, de oplossing van de problemen en de visuele verschijning zeer aantrekkelijk. Bovendien is een nauwkeurige inschatting te maken van de kosten bij toepassing.

1.5 Kosten

Projectontwikkelaars zijn sterk gebaat bij de overhuiving en dus de reductie van de uitstoot van schadelijke stoffen en geluid. Hierdoor kan namelijk dichter langs snelwegen worden gebouwd; een geliefd woon- en werkgebied, mits aan

voorgeschreven wetgeving wordt voldaan. Projectontwikkelaars zijn zelfs zo sterk gebaat bij deze oplossing, dat zij mogelijk bereid zijn de kosten op zich te nemen.

De kosten van de hiervoor beschreven overkapping zijn geraamd op:

per vierkante meter: €450,-,

per kilometer snelweg dus circa M€20.

In de m²-prijs is de fundering, die immers afhankelijk is van de grondslag, niet begrepen.

De kosten zijn nog zonder installatiemaatregelen voor de toepassingen in en rond de overhuiving. Feit blijft dat 'De Duurzame Weg', zeker op basis van lifecyclekosten, een relatief goedkope oplossing betreft. Door de overhuiving kan bovendien relatief goedkoop asfalt worden toegepast. Worden de besparingen in de gezondheidszorg en de gestegen grondopbrengsten meegerekend, dan is er helemaal sprake van een zeer aantrekkelijke maatregel.

1.6 Conclusie

Een overhuiving met koud gebogen gelaagd glas (Figuur 7) is een duurzame oplossing voor de fijnstofproblematiek en de geluidsoverlast van snelwegen. Bovendien wordt met zonnecellen, die in het glas kunnen worden opgenomen, op een duurzame manier energie gewonnen. De warmte die in de zomer overtollig is, wordt opgeslagen in het grondwater en kan in de winter worden gebruikt ter verwarming van het asfalt. Door de constantere temperatuur en de overbodigheid van strooizout wordt de levensduur van het wegdek aanzienlijk vergroot. De door auto's uitgestoten NO₂ wordt bij de tunnelmonden met behulp van lamellen met titaandioxide en uv-straling omgezet in nitraten.

De overhuiving betreft een innovatieve nieuwe toepassing van reeds bewezen technologieën en het beschreven ontwerp is dan ook zeer realistisch. Het bestrijdt op een vernieuwende en integrale manier de verschillende actuele facetten van de snelwegproblematiek.

Wanneer langs kritische snelwegtrajecten de emissie sterk kan worden teruggedrongen wordt het mogelijk langs deze trajecten een bestemmingsplan met bijvoorbeeld nieuwbouw te realiseren. De grond langs deze trajecten wordt meer waard, waardoor projectontwikkelaars bereid zijn een bijdrage te leveren aan maatregelen die de luchtkwaliteit verbeteren.

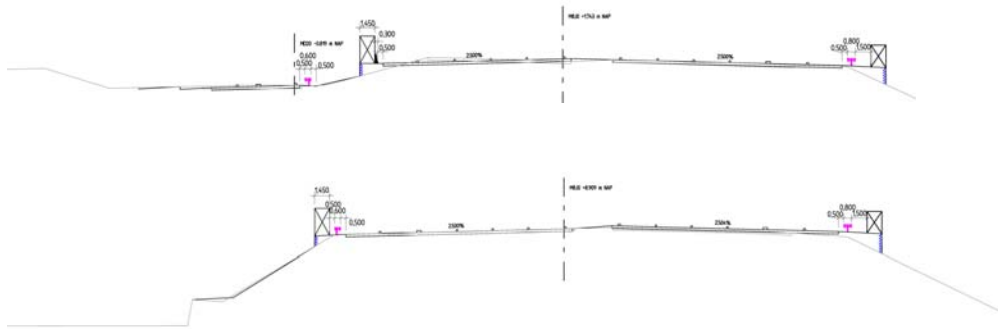
2 Toepassing van de “Duurzame Weg” voor de A10 Oost

Het Stadsdeel Oost/Watergraafsmeer overweegt de toepassing van het concept “De Duurzame Weg” voor de snelweg A10 Oost tussen de S112 en de S113. Het gaat om een snelwegtraject van circa 750 m. De breedte van het totale weglichaam bedraagt circa 60 m. Elke rijbaan heeft (na verbreding) vier doorgaande rijstroken, een weefvak en een vluchtstrook.

Het overkappen van deze breedte snelweg met het concept vormt geen enkel probleem. Door de tussenwand betreft het dan overspanningen van circa 30 m. Voor de overkapping van het busstation achter Amsterdam CS in het kader van het project IJsei wordt met dit constructieve principe een vrije overspanning van meer dan 60 m gerealiseerd.

Door deze toepassing zou dan circa 45.000 m² geprojecteerd oppervlak met koud gebogen gelaagd glas overkapt worden.

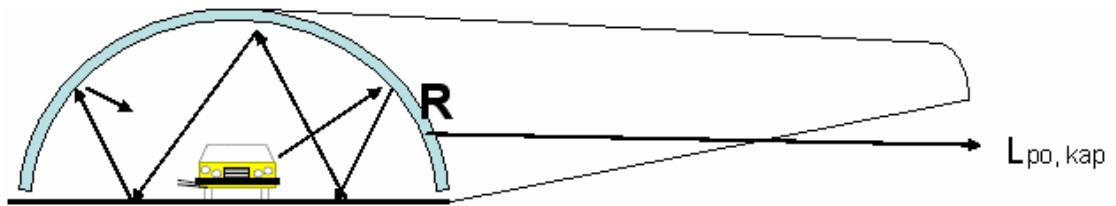
Hieronder staan twee karakteristieke wegprofielen.



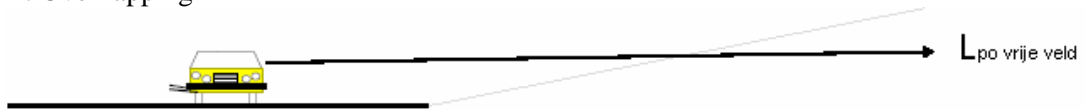
3 Geluidreductie

3.1 Akoestiek

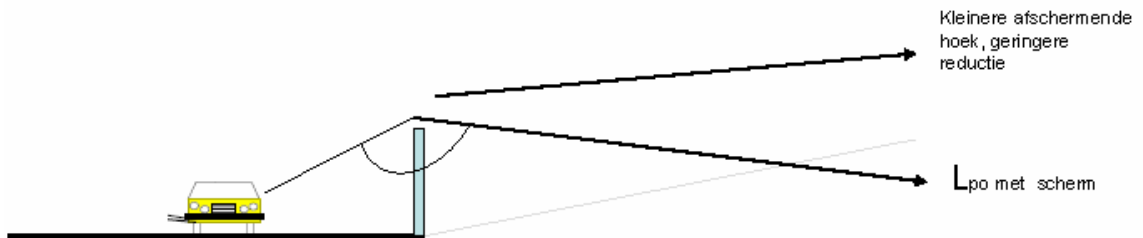
Een belangrijk voordeel voor het overkappen van snelwegen is het verminderen van de geluidsoverlast in de omgeving. Voor de beoordeling van het akoestisch effect van een overkapping wordt een vergelijk gemaakt met een rijksweg zonder geluidschermen en een rijksweg voorzien van geluidschermen. Onderstaand zijn de 3 configuraties schematisch aangegeven:



A. Overkapping



B. Vrije veld situatie zonder afscherming



C. Situatie met afscherming

In de overkapping vindt een verhoging plaats van de geluiddruk, waarbij in min of mindere mate een zogenaamd galmveld ontstaat. De mate waarin het geluidsniveau verhoogd wordt hangt af van de hoeveelheid geluidabsorptie in de overkapping. Een wegdek bestaande uit zeer open asfalt beton draagt hier positief aan bij. Uitgaande van de glazen overkapping in combinatie met zeer open asfalt beton wordt als eerste benadering een verhoging van de geluiddruk verondersteld van $DL = 10$ dB. De geluiduitstraling van het geluid uit de overkapping wordt gereduceerd door de geluidisolatie van de glazen overkapping. Toegepast wordt koud buigbaar gelaagd glas, met een dikte van 9,5 mm, opgebouwd uit 2 laags

enkelglas dik 4 mm, gescheiden door een folie laag. Indien dit geluidtechnisch gewenst is, kan zonodig van een asymmetrische opbouw gebruik gemaakt worden. De massa van deze beglazing bedraagt ca 20 kg/m². De geluidisolatie voor wegverkeerslawaai wordt geraamd op R_A= 30 dB(A). De netto reductie van het uit de overkapping afkomstige geluid is globaal gelijk aan:

$$\begin{aligned}L_{po \text{ kap}} &= L_{po \text{ vrieleveld}} + DL - R \\L_{po \text{ kap}} &= L_{po \text{ vrieleveld}} + 10 - 30 \\L_{po \text{ kap}} &= L_{po \text{ vrieleveld}} - 20\end{aligned}$$

Reductie kap tov vrije veld = 20 dB

Deze geluidreductie is constant voor al de waarneemhoogten.

Bij een situatie met afscherming varieert de geluidreductie met de hoogte. Hoge bouwlagen worden amper afgeschermd, lage bouwlagen des te meer. De geluidreductie is hierbij afhankelijk van de hoogte van de afscherming en de hoek, die het geluid moet maken. De geluidreducties kunnen variëren van 0- max. 15 dB(A). Uit de akoestische onderzoeken blijkt welke reducties er ter plaatse met afschermingen gerealiseerd worden.

Vergeleken met geluidschermen 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.

3.2 Wettelijk kader

In de studies die Rijkswaterstaat voor de onder haar beheer vallende wegen laat uitvoeren wordt het wettelijk kader aangegeven, gebaseerd op de Wet geluidhinder. In het algemeen wordt er naar gestreefd de geluidbelasting boven de voorkeursgrenswaarde van 50 dB(A) niet te laten toenemen en daar waar de saneringssituaties aanwezig zijn de geluidbelasting zoveel als doelmatig verantwoord is terug te dringen. Met de overkappingvariant is een grotere geluidreductie te realiseren dan met geluidschermen, waarbij de reductie tevens op al de waarneemhoogten constant en effectief is. De oplossing kan akoestisch gezien dan ook als effectiever worden gekarakteriseerd.

4 Reductie van de belasting door fijnstof en NO₂

4.1 Luchtkwaliteit bij overhuiving

Om de aard en de omvang van het luchtprobleem te kunnen bepalen wordt een toekomstige situatie doorgerekend met en zonder overhuiving. Over de lengte van de overhuiving verbetert de kwaliteit van de buitenlucht en vermindert de blootstelling aan uitlaatgassen. Ter plaatse van de uiteinden van de overhuiving treden hogere concentraties op dan in de autonome situatie zonder overhuiving.

Voor luchtkwaliteit is het probleemgebied, dat wil zeggen het gebied met overschrijding van de grenswaarde, beperkt tot de omgeving van de twee tunnelmonden. Afhankelijk van de achtergrondconcentraties is er meer of minder ruimte tot de grenswaarde. Uitgaande van gemiddelde waarden geven de achtergrondwaarden niet voldoende ruimte als de uitlaatgassen vrij de tunnel kunnen verlaten. Het lijkt een reductie van ruwweg 50% nodig van de bijdrage van het verkeer op de concentraties van PM10 bij de tunnelmonden voldoende moet zijn. Gezien de onzekerheden van het wettelijke kader is verstandig om op basis van de huidige informatie in dit rapport aan de veilige kant te blijven en maatregelen te kiezen die boven de 50% reductie uitkomen. De retourkeerkappen die zijn ontwikkeld samen met de overhuiving halen ongeveer een effectiviteit van 50%. De retourkeerkappen zijn speciaal ontworpen kappen aan het einde van de overhuiving, die een gedeelte van de natuurlijke luchtstroming in de overhuiving afbuigen naar de tegengestelde rijrichting. Voorlopige berekeningen tonen aan dat in de orde van 50% van de luchtstromingen in de overhuiving wordt afgebogen en niet aan de tunnelmond ontsnapt.

Eventueel aanvullende maatregelen die kunnen worden getroffen als het meest effectieve en haalbare pakket ziet er als volgt uit (in willekeurige volgorde):

- Afzuiging van de lucht in de overhuiving en lozing door een schoorsteen – hiermee is vermoedelijk een halvering of meer van de emissie bij de overhuiving uiteinden te bereiken.
- Homogeniseren van de verkeersstroom op het overhuivingstracé door een combinatie van doorstromingsmaatregelen en snelheidsmaatregelen.
- Maatregelen om het gebruik van oude en sterk vervuilende (vracht)auto's te ontmoedigen, bijvoorbeeld door het instellen van milieuzonering voor vrachtverkeer en het invoeren van een sterk gedifferentieerd tarief in de variabele kilometerheffing.

4.2 Beoordelingskader Luchtkwaliteit

Het 'Besluit luchtkwaliteit 2005' van 20 juni 2005² stelt regels ter implementatie van de Europese kaderrichtlijn luchtkwaliteit. Op basis van deze regeling worden normen gesteld voor verschillende lucht verontreinigende stoffen. Hierbij wordt een stelsel gehanteerd van grenswaarden. Het Besluit luchtkwaliteit 2005 loopt vooruit op een regeling bij wet.

4.3 Luchtkwaliteit en verontreinigende stoffen

Het Besluit luchtkwaliteit stelt normen voor de stoffen: zwaveldioxide, lood, stikstofdioxide, stikstofdioxiden, zwevende deeltjes (PM₁₀), koolmonoxide en benzeen. De problematiek bij wegverkeer spitst zich toe op zwevende deeltjes en stikstofdioxide. Bij de beoordeling van de luchtkwaliteit, ofwel toetsing aan de grenswaarden, worden totale concentraties beschouwd. Daarom wordt de concentratiebijdrage van de weg vermeerderd met de achtergrondconcentratie.

4.4 Normen voor luchtkwaliteit

Voor het beoordelen van de luchtkwaliteit langs wegen zijn de in de onderstaande tabel vermelde normen in het Besluit luchtkwaliteit 2005 opgenomen.

Stof	Type grenswaarde	Waarde	Opmerking
PM ₁₀	Jaargemiddelde	40 µg/m ³	-
	24 uurgemiddelde dat maximaal 35 keer per jaar mag worden overschreden	50 µg/m ³	-
NO ₂	Uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden ³	200 µg/m ³	-
	Jaargemiddelde	40 µg/m ³	Geldig vanaf 1-1-2010
Benzeen	Jaargemiddelde	5 µg/m ³	Geldig vanaf 1-1-2010
SO ₂	Uurgemiddelde dat 24 keer per jaar mag worden overschreden	350 µg/m ³	-
	Etmaalgemiddelde dat 3 keer per jaar mag worden overschreden	125 µg/m ³	-
CO	Uurgemiddelde	10 mg/m ³	-
Pb	Jaargemiddelde	0,5 µg/m ³	-

² Besluit luchtkwaliteit, staatsblad 2005 316

³ Voor zeer drukke verkeerssituaties (> 40.000 motorvoertuigen per etmaal) geldt tussen 2005 en 2010 een uitzonderingsgrenswaarde van 290 µg/m³. Als bij die verkeerssituaties de grenswaarde voor 2010 eerder wordt bereikt geldt de grenswaarde vanaf het volgende kalenderjaar als norm.

4.5 Zeezoutcorrectie

Voordat de concentraties PM_{10} worden getoetst aan de grenswaarden moet op grond van de 'Meetregeling luchtkwaliteit 2005' rekening gehouden worden met een correctie voor het zeezout. Deze correctie is aangegeven in de 'Meetregeling luchtkwaliteit 2005'.

5 Energieopwekking met zonnecellen



5.1 Potentieel aan energieleverantie

Uitgangspunten voor het bepalen van de elektrische opbrengst van een PV systeem bij het toepassen van koud gebogen zonnepanelen:

Uitgaande van een grondoppervlak van 45.000 m² komen we tot een “dakoppervlak” van 50.000 m². We nemen hiervan drie varianten qua bezettingsgraad met PV cellen per glaspaneel aan. De hellingshoek varieert van 0 tot circa 5 graden.

In de praktijk kan het paneel iets anders opgebouwd moeten worden. (i.v.m. stroom spanningskarakteristiek). Panelen zullen een grootte hebben van circa 3 m².

Celtype: 6 inch (156 x 156 mm), monokristallijne cel, vermogen per cel ca. 3,1 Wp

Bij een keuze voor een andere cel (bijvoorbeeld polykristallijn) verandert het vermogen per cel en dus per paneel.

Gemiddeld klimatologisch jaar in Nederland: 800 kWh/kWp

(tilthoek 36°, oriëntatie zuid)

Correctie voor helling 0 - 5°: 90%

Oriëntatie zuid: 100%

Opbrengst op locatie: 720 kWh/kWp

Type	Aantal cellen	Celoppervlak (mm ²)	Werkelijke bedekking	Vermogen per m ² (Wp)	Opbrengt per m ² per jaar (kWh)
A 25%	12	292032	29%	37	27
B 50%	24	584064	58%	74	54
C 75%	32	778752	78%	99	71

Opbrengst op basis van 50000 m²

Type	Totaal vermogen [kWp]	Opbrengst per jaar [MWh]
A 25%	1850	1.350
B 50%	3700	2.700
C 75%	4950	3.550

5.2 Extra stichtingskosten door toepassen van zonnecellen in de overkapping

Uitgaande van een keus voor een bezettingsgraad van 50% met PV-cellen bedragen de installatiekosten €125 / m². De kosten van de zonnepanelen op basis van monokristallijn silicium bedragen momenteel circa €450 à 500 / m². Door nieuwe ontwikkelingen in zonnecellen met een minstens even grote opbrengst, maar waarbij de halfgeleiders direct op het glas worden aangebracht, dus zonder gebruik te maken van silicium, zullen de meerkosten van de zonnecellen naar verwachting binnen een tot drie jaar ongeveer halveren.

5.3 Extra beheerkosten door toepassen van zonnecellen in de overkapping

Aangezien de zonnecellen zijn opgenomen tussen de glaslagen zijn er geen extra beheerkosten qua bewassing. Wel loopt het rendement van zonnecellen in de loop der tijd terug en zal vervanging na circa dertig jaar gewenst zijn om de energieopbrengst op peil te houden.

Het periodieke onderhoud van de installatie gaat in een keer mee met de wegverlichting en is verwaarloosbaar.

6 Warmte-/koudeopslag

In deze notitie is het energiesysteem uitgewerkt voor de overkapping van een deel van de A10. Het betreft een deel van de A10, rechts naast Oost-Watergraafsmeer.



figuur 6.1 Oost Watergraafsmeer

6.1 Energiesysteem

6.1.1. Werking klimatisering

Door de invallende zonnestraling en de warmteafgifte van auto's zal de temperatuur onder de overkapping oplopen. Dit geldt zowel de luchttemperatuur als de temperatuur van het asfalt. Om te voorkomen dat de temperatuur te hoog oploopt, is het nodig dat er warmte wordt afgevoerd. Deze afvoer van warmte gebeurt op 3 manieren:

- Via luchtverversing. De afgevoerde lucht zal warmer zijn dan de toegevoerde lucht. Hierdoor wordt er netto warmte afgevoerd uit de tunnel.
- Door transmissie via de glazen gevel. Wanneer de temperatuur van de lucht in de tunnel hoger is dan de lucht buiten de tunnel zal er sprake zijn van convectief warmtetransport door de gevel heen.

- Warmteafvoer via een asfaltcollector. Door slangen in het asfalt aan te brengen, en door deze slangen koud water te pompen, wordt er warmte afgevoerd.

De eerste twee vormen van warmtetransport vinden autonoom plaats. Met alleen deze twee vormen van warmteafvoer, zal de temperatuur op een zonnige zomerdag oplopen tot 28 °C boven de buitentemperatuur. Dit betekent dat de temperatuur dan op kan lopen tot een temperatuur van circa 60 °C. Hierom is warmteafvoer via slangen in het wegdek noodzakelijk.

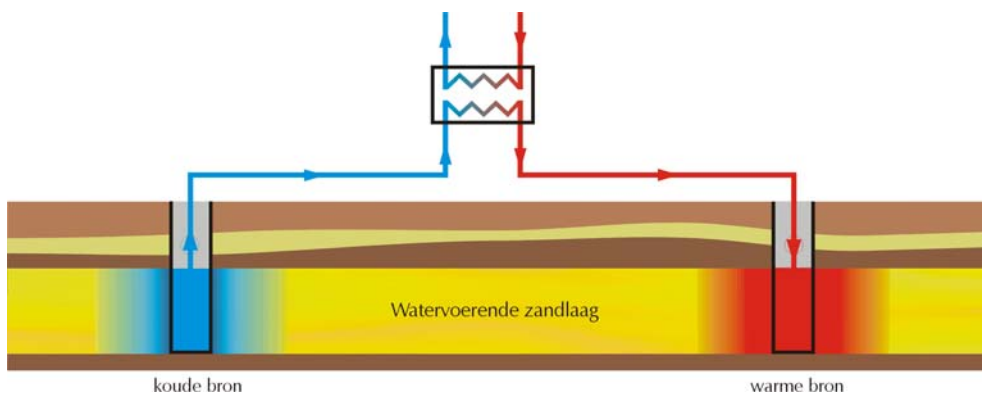
Bij toepassing van koeling van het asfaltdek blijft een maximaal temperatuurverschil van 10 °C mogelijk. Het zal dan normaal gesproken ook niet warmer worden dan 40 °C. Een voorwaarde hiervoor is wel dat de ventilatie die normaal door de bewegende auto's geïnduceerd wordt, op gang blijft tijdens de uren met maximale zoninstraling.

6.1.2. Energieopslag

Om de koeling van het wegdek te leveren wordt gebruik gemaakt van energieopslag in de bodem. De werking van dit systeem is als volgt (zie ook onderstaande figuur).

In de zomerperiode wordt er koud grondwater (ca 12 °C) opgepompt uit de bodem. Dit water wordt (via een warmtewisselaar) door de slangen in de weg gepompt. Het water warmt hierbij op tot een temperatuur van circa 20 °C en weer terug gebracht in de bodem.

In de winter draait het systeem om. Het relatief warme grondwater wordt dan opgepompt en weer door de slangen in de weg gepompt. Hierbij wordt het wegdek vorstvrij gehouden. Het grondwater koelt hierdoor weer af en wordt weer terug gebracht in de bodem.



Figuur 6.2: Principe energieopslag

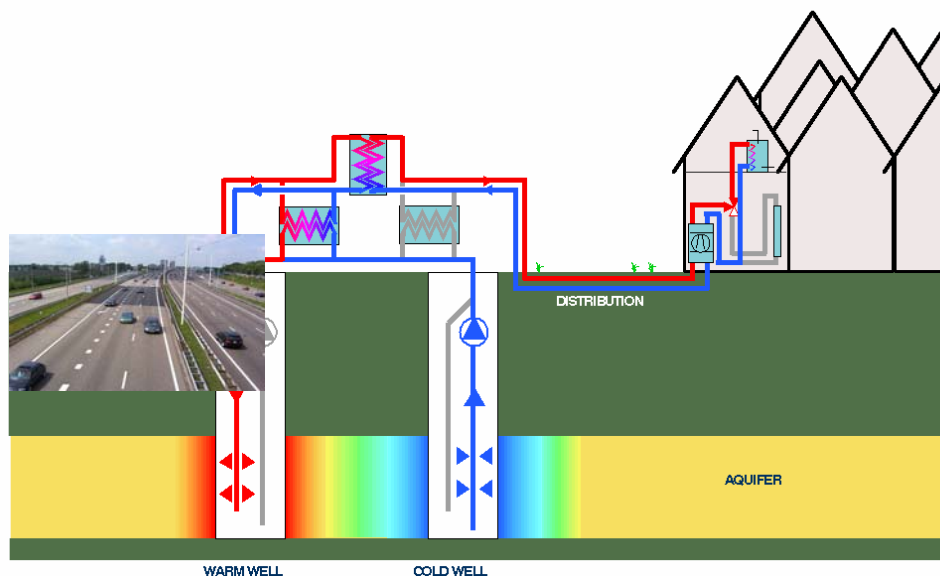
6.1.3. Varianten

Bij het gebruik van een overdekte weg met asfaltcollector zal de hoeveelheid warmte die in de bodem gestopt wordt in de zomerperiode veel groter zijn dan de hoeveelheid warmte die nodig is in de winter om het wegdek vorstvrij te houden. Dit is bij het gebruik van een open bron

(zoals boven weergegeven) niet toegestaan. Vanuit de grondwaterwet is het namelijk verplicht dat een energieopslagsysteem thermisch gezien in balans is. Om dit te bereiken zijn er de volgende mogelijkheden:

- Wegkoelen van de overige warmte in de winter. Door gebruik te maken van koeltorens of droge koelers kan het warme water dat in de grond zit in de winter weer teruggekoeld worden. De opgeslagen energie wordt dan echter niet nuttig gebruikt.
- In plaats van een open bron kan gebruik gemaakt worden van bodemwarmtewisselaars. Hierbij is het vergunningstechnisch niet nodig om een systeem in balans te hebben. Omdat er sprake is van een warmteoverschot zal de temperatuur van de bodem echter door de jaren heen steeds verder toenemen. Het uiteindelijk evenwicht ligt duidelijk boven de natuurlijke bodemtemperatuur. Een gevolg van dit systeem is dat het koelwater ook veel warmer zal worden, waardoor ook de temperatuur binnen de tunnel zal stijgen.
- Gebruik van de opgeslagen warmte voor verwarming van woningen of bedrijven. Met name woningen hebben in een jaar meer warmte nodig dan koude en vormen daarmee een ideale aanvulling voor dit systeem. Alle opgeslagen warmte wordt in dat geval nuttig gebruikt.

Deze laatste variant is hieronder schematisch weergegeven.



Figuur 6.3: Schematische weergave gebruik van warmte uit asfaltcollector in woningen

De derde variant is de meest optimale variant. Deze variant biedt namelijk de volgende kansen:

- Thermische balans;
- Geen energievernietiging naar de omgeving;
- Forse energiebesparing door het verminderen van het gasgebruik in de woningen;

- Bijdrage aan de doelstelling van Amsterdam om CO₂-neutraal te worden;
- Verduurzaming van de energievoorziening;
- Duurzaamheid zichtbaar maken. De overkapping kan dan gebruikt worden als communicatie-instrument naar de burger;
- Efficiënt gebruik van de ruimte, door dubbel gebruik van de aanwezige infrastructuur.

6.2 Energiestromen

6.2.1. Installatiegrootte

Om de temperatuur in balans te houden moet de inkomende warmte weer afgevoerd worden. In onderstaande tabel is daarom aangegeven wat de inkomende en uitgaande energiestromen zijn in een warme zomerdag.

tabel 6.1 Vermogensbalans zomersituatie

Omschrijving	Vermogen	
Zoninstraling	480	W/m ²
Warmteproductie auto's	192	W/m ²
Totaal in	672	W/m²
Transmissie	-61	W/m ²
Ventilatie	-304	W/m ²
Afvoer naar wegdek	-307	W/m ²
Totaal uit	-672	W/m²

Uit de tabel blijkt dat er in de zomer dus maximaal 307 W/m² afgevoerd moet worden via het wegdek. Uitgaande van de bufferende werking van het asfalt, kan het piekvermogen van de energieopslag beperkt worden met circa 50%. Het piekvermogen bedraagt dan 154 W/m².

In de wintersituatie wordt het systeem gebruikt om de weg vorstvrij te houden. De moeilijkste situatie hierbij is de nachtsituatie, waarbij er vrijwel geen auto's over de weg rijden er geen sprake is van zoninstraling. In dat geval kan de temperatuur onder de overkapping dalen tot circa -10 °C. Om de weg dan vorstvrij te houden is een vermogen nodig van indicatief 100 W/m². Wanneer er hier rekening gehouden wordt met de bufferende werking van het asfalt, bedraagt het op te stellen vermogen ongeveer 60 W/m². De zomersituatie is dus leidend bij de dimensionering van het energiesysteem.

De koelende werking van asfaltcollectoren wordt begrensd door het temperatuursverschil tussen het wegdek en de temperatuur in de tunnel. Om dit verschil wat te beperken is er in de berekening van uit gegaan dat er al een deel van de zonnwarmte wordt tegengehouden door het glas. Dit kan door middel van het toepassen van PV-panelen in het glas. Deze gebruiken een deel van het zonlicht en zetten dit om in elektriciteit. In de berekening is verondersteld dat er maximaal 60% van de zonnwarmte nog binnen komt.

Bij deze uitgangspunten is het benodigd brondebiet voor koeling 682 m³/uur. Dit komt in de omgeving van Amsterdam neer op het boren van 3 of mogelijk 4 bronparen.

6.2.2. *Energievraag*

In de volgende tabel is aangegeven hoeveel energie er gedurende een jaar wordt opgenomen en afgegeven. Deze getallen zijn bepaald op basis van kengetallen die zijn gedestilleerd uit metingen aan een niet overkapte asfaltcollector. Parallel daaraan is een temperatuuroverschrijdingsberekening gemaakt de ruimte. Op basis van deze berekeningen en de metingen aan de open collector zijn de onderstaande waarden bepaald.

tabel 6.2 Energiestromen over een jaar

Energie	Per m ²		Hele tunnel	
Afgevoerde warmte zomer	1	GJ/m ²	41.250	GJ
Warmte benodigd in winter	0,2	GJ/m ²	8.250	GJ
Warmteoverschot	0,8	GJ/m ²	33.000	GJ

Er is dus op jaarbasis 33.000 GJ warmte over die gebruikt kan worden als bron voor een warmtepomp in woningen of bedrijven. Met deze warmte kunnen circa 2.200 woningen worden voorzien van warmte.

6.3 Financiën

De warmte uit de asfaltcollectoren kan bij uitstek worden gebruikt om woningen van duurzame warmte te voorzien door het gebruik van een warmtepompsysteem. Woningen die verwarmd worden met een warmtepomp hebben over een jaar gezien een tekort aan warmte. De woning gebruikt namelijk meer warmte dan dat deze aan koude gebruikt. Hierdoor koelt de bodem af. Om dit te corrigeren is het nodig de bodem te regenereren. Dit regenereren van de bodem kan met behulp van de warmte die uit de asfaltcollector wordt gewonnen. Door dit systeem worden per woning dus de kosten voor het regenereren uitgespaard.

6.3.1. *Investering*

In de volgende tabel zijn de investeringskosten voor het systeem van de asfaltcollector en het energieopslagsysteem weergegeven.

Zoals hierboven is aangegeven kunnen door toepassing van dit systeem bij 2.200 woningen de kosten voor een regeneratiesysteem vervallen. Hiermee wordt op woningniveau circa €1.000 - €1.500 aan kosten uitgespaard. Deze besparing wordt in onderstaande tabel verrekend met de investering in de asfaltcollector.

tabel 6.3 Investeringsraming

Omschrijving	Grootte	Bedrag
Asfaltcollector	55x750 m	€2.887.500
Energieopslag	682 m ³ /uur	€1.534.500
Opslag regeling, e.d.	15%	€663.300
Totaal		€5.085.300
Besparing regeneratie	2.200 woningen	€2.750.000
Netto		€2.335.300

6.3.2. Exploitatie

Qua exploitatiekosten is er sprake van kosten voor onderhoud van de bronnen en voor elektragebruik van de pompen. Daar tegenover staan de besparingen die bij de woningen gerealiseerd worden doordat de woningen nu geen energiekosten hebben voor het regenereren van de bronnen.

tabel 6.4 Overzicht exploitatiekosten

Energie		Elektragebruik	Bedrag
Koeling asfalt	41.250 GJ	327	€26.190
Verwarming asfalt	8.250 GJ	65	€5.238
Regeneratie	33.000 GJ	262	-€41.905
Onderhoud			€14.438
Totaal			€3.961

6.4 Conclusie

Op basis van bovenstaande inventarisatie kan het volgende geconcludeerd worden:

- Het gebruik van een overdekte weg met asfaltcollectoren kan bijdragen aan een sterke verduurzaming van de energievoorziening en reductie van de CO₂-uitstoot.
- Een systeem van 750 m snelweg is voldoende voor de warmtebehoefte van circa 2.200 woningen
- De benodigde investering in het energiesysteem bedraagt netto circa M€ 2,3
- De jaarlijkse exploitatiekosten bedragen netto circa €4.000 per jaar.

7 Kosten wegbeheer

Welke beheerkosten worden bespaard c.q. verhoogd door het aanbrengen van een overkapping boven de weg?

Bij de beheerkosten van een weg valt te denken aan de volgende aspecten:

- Levensduur verhardingsconstructie
- Reiniging van verhardingsconstructie en kapconstructie
- Slijtage van verhardingsconstructie

7.1 Levensduur verhardingsconstructie

De levensduur van een asfalt verhardingsconstructie wordt voor een deel bepaald door de vermoeiing die optreedt door het aantal aslasterhalingen dat tijdens de levensduur optreedt. Vanuit het aantal aslasterhalingen dat bij een overkapte weg gelijk zal zijn aan die bij een niet overkapte, zal er geen verschil in levensduur zijn of de weg overkapt is of niet.

Voor een ander deel wordt de levensduur van een asfaltconstructie bepaald door de mate waarin deze wordt blootgesteld aan ultraviolet licht. Dit licht verouderd de bitumen en vermindert daarmee de samenhang van het asfalt waardoor er materiaalverlies optreedt. Voor ZOAB is dit het belangrijkste bezwijkmechanisme. Door de aanwezigheid van een glazen kap, waar ultraviolet licht niet door kan, mag worden verwacht dat de veroudering van de bitumen langzamer zal gaan en materiaalverlies langer zal uitblijven.

Wanneer onder de kap hoge temperaturen gaan optreden, zal het asfalt onder glas veel warmer worden dan daar buiten. Wanneer asfalt warm wordt neemt de weerstand tegen vervormen af en neemt de kans op spoorvorming toe. Indien spoorvorming ontstaat moet dit worden verholpen en is er sprake van een verkorting van de geplande levensduur.

Doordat de weg van een koelinstallatie wordt voorzien zal de weg in de gebruiksfase nooit zo ver opwarmen dat spoorvorming zal optreden. Hier zal mogelijk sprake zijn van een levensduurverlenging omdat spoorvorming op locaties zonder overkapping soms aanleiding is om onderhoud te plegen. Gezegd dient te worden dat spoorvorming in de bovenste laag bij ZOAB minder vaak voor komt.

Indien sprake zou zijn van een verlenging van levensduur van 1 jaar, ten opzichte van de gebruikelijke levenscyclus van 7 jaar voor ZOAB gaat dit om een bedrag van ca. €2,= tot €3,= per m² per jaar uitgaande van het vervangen van een deklaag van 5 cm.

Het lijkt ons in de rede te liggen om uit te gaan van een verlenging van de levensduur met 1 jaar.

7.2 Onderhoudskosten verhardingsconstructie en overkapping

7.2.1. Reinigingskosten verhardingsconstructie

Indien er sprake is van een lange kapconstructie zal er veel minder zand uit de omgeving op de weg vallen dan anders het geval is. Daar staat tegenover dat het asfalt niet door regenwater zal worden schoongespoeld. Het verschil in kosten met en zonder afdak zal naar onze inschatting marginaal zijn.

7.2.2. Onderhoudskosten kapconstructie.

De kapconstructie zal leiden tot verhoogde onderhoudskosten, ten opzichte van een situatie zonder kap, wanneer wordt gedacht aan het reinigen van het glas en het onderhoud van de draagconstructie. Door toepassing van de juiste materiaal- en conserveringskeus is het mogelijk een kap te construeren met zeer lage conserveringskosten voor de hoofdconstructie. Afhankelijk van eventuele brandweereisen, en de gevolgen daarvan voor de draagconstructie, en de keuze om al dan niet een kleurcoating toe te passen zullen deze kunnen variëren. Bij de keuze voor een naturel thermisch verzinkt hoofdconstructie en glasdragers van geanodiseerd aluminium of ook naturel thermisch verzinkt bestaat het onderhoud alleen uit schoonmaken gelijk met het glas, dus geen extra conserveringskosten. Kiest men voor een duplex coating van de hoofdconstructie en gemoffelde glasdragers, dan komt daar eens in de tien jaar een schilderbeurt bij. De kosten van eenlaags schilderen bedragen €20 / m² per tien jaar, dus €2 / m² per jaar. Wordt de hoofdconstructie niet thermisch verzinkt en alleen gecoat en de glasdragers gemoffeld, dan moet er eens per vijf jaar tweelaags worden geschilderd. De kosten bedragen dan €35, / m² per vijf jaar, dus €7 / m² per jaar.

De beglazing zal aan de buitenzijde vanzelf in voldoende mate schoonspoelen door regenbuien. De binnenzijde zal wel periodiek gereinigd moeten worden. Deze glasbewassingskosten zijn €2 à 3 / m² per reinigingsbeurt. Ter beperking van de kosten van glasbewassing kan worden overwogen zelfreinigend glas toe te passen. Hier dient op basis van lifecyclekosten een afweging te worden gemaakt. Per saldo echter dient de constructie wel eens per jaar te worden gereinigd.

Dus afhankelijk van de bestekskeuze verlopen de onderhoudskosten van €2 à 3 / m² tot €9 à 10 / m² per jaar.

7.3 Gladheidbestrijding

De kosten van gladheidbestrijding zullen slechts zeer marginaal verschillen. De kosten van gladheidbestrijding worden voor een belangrijk deel bepaald door de kosten van het gladheidbestrijdingsmateriaal en maar in beperkte mate door het gebruikte dooimiddel. Omdat aan weerskanten van de overkapping dient te worden gestrooid zal de strooiwagen toch onder het overdekte gedeelte door moeten rijden. Er wordt slechts dooimiddel bespaard. Wel levert dit een verminderde milieubelasting op.

8 Stichtingskosten overkapping

De stichtingskosten van de snelwegoverkapping komen uit op bijna M€56. Hierbij moet bedacht worden dat door de toepassing van een snelwegoverkapping geluidsschermen bespaard worden. Deze zouden qua stichtingskosten grofweg M€8,5 hebben gekost, zodat de meerkosten uitkomen op bijna M€47,5.

Een mogelijk alternatief zou een echte vertunneling zijn. Deze zou over die lengte uitkomen op M€155

Glazen Overkapping A10 Oost				
	lengte	breedte	eenh.prijs	bouwkosten
fundering	750		1200	€ 900.000
overkapping	750	55	475	€ 19.593.750
kapinstallaties	750	42	650	€ 20.475.000
wegkoeling/-verwarming	750	42	70	€ 2.205.000
Energieopslag				€ 1.534.500
Totaal Bouwkosten (aan aannemer)				€ 44.708.250
bijkomende kosten:				
engineering, vergunningen, onvoorzien			25%	€ 11.177.063
Totaal investeringskosten excl. BTW prijspeil 2007				€ 55.885.313

Tunnel A10 Oost				
	lengte	breedte	eenh.prijs	bouwkosten
tunnel	750	55	2500	€ 103.125.000
tunnelinstallaties			20%	€ 20.625.000
Totaal Bouwkosten (aan aannemer)				€ 123.750.000
bijkomende kosten:				
engineering, vergunningen, onvoorzien			25%	€ 30.937.500
Totaal investeringskosten excl. BTW prijspeil 2007				€ 154.687.500

Transparant geluidsscherm hoog 6m				
	lengte	hoogte	eenh.prijs	bouwkosten
geluidsscherm	1500	6	750	€ 6.750.000
Totaal Bouwkosten (aan aannemer)				€ 6.750.000
bijkomende kosten:				
engineering, vergunningen, onvoorzien			25%	€ 1.687.500
Totaal investeringskosten excl. BTW prijspeil 2007				€ 8.437.500

De investeringskosten hebben een onzekerheidsmarge van -30% / +30%

Investeringskosten exclusief:

- weginfra
- tijdelijke verkeersmaatregelen
- eigen apparaatkosten opdrachtgever
- B.T.W.

9 Conclusie

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Amsterdam Stadsdeel Oost-Watergraafsmeer
Ir. G. Sluimer

Uitgave Movares Nederland B.V.

Smakkelaarsburcht
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 - 265 5156

Telefax 030 - 265 5151

Auteur ir. L.I. Vákár
Raadgevend Ingenieur, Movares

Dit rapport is tot stand gekomen dankzij bijdragen van de volgende personen.

Hoofdstuk 1: Movares, F.J. van Hulst

Hoofdstuk 2: Movares,

Hoofdstuk 3: Movares, ir. P.H. van den Dool

Hoofdstuk 4: Movares, dr. ir. H.G. Stuit

Hoofdstuk 5: Movares,

Hoofdstuk 6: DWA, ir. D.A. van 't Slot, drs. ir. E.I. Burdorf

Hoofdstuk 7: Movares, ing. O.Th. de Rooij

Hoofdstuk 8: Movares, R.P.P. Weterman

Hoofdstuk 9: Movares,

Projectnummer IN160910