

# **Afwegingsmodel Wegen: instrument bij duurzaam inkopen en bouwen**

ir. A.J. van Leest  
*CROW Kennisplatform voor Infrastructuur*

ing. S.B. van Hartskamp  
*Provincie Noord-Brabant*

## **Samenvatting**

Het ontbreekt in Nederland niet aan ervaring met het ontwerpen van wegverhardingen. Als gekozen moet worden voor een bepaald wegverhardingstype, dan zijn er vaak veel mogelijke oplossingen die voldoen aan technische randvoorwaarden, zoals draagkracht, veiligheid en duurzaamheid.

De laatste tijd spelen - mede in het kader van duurzaam bouwen en inkopen - bij de keuze van het wegverhardingstype steeds meer andere aspecten een rol zoals (onderhouds)kosten, milieueffecten, natuurwaarden en de landschappelijke impact van een werk. Als ook die aspecten meegewogen moeten worden, dan is het veel lastiger om een goede keuze te maken. Met het in 2004 uitgebrachte Afwegingsmodel Wegen kunnen alle hierboven genoemde aspecten inzichtelijk kunnen worden gemaakt. Dit is als een objectief en transparant model te gebruiken bij de keuze tussen diverse typen wegverhardingen: asfalt, beton of bestrating. Het CROW-Afwegingsmodel Wegen is 2007-2008 geactualiseerd met de laatst beschikbare milieugegevens en uitgebreid met o.a. lichtgewicht materialen en nieuwe materialen zoals halfwarme asfalmengsels, emulsieasfaltbeton, staalvezelbeton. Met de vernieuwde versie kunnen nog beter de verschillen tussen diverse verhardingsopties in kaart worden gebracht en een keuze worden gemaakt op basis van duurzaamheid. Dit heeft zijn effect op de berekende resultaten, een aantal daarvan wordt in deze bijdrage besproken.

## **1. Inleiding**

In het kader van o.a. duurzaam bouwen en inkopen worden steeds vaker rationele afwegingen gemaakt betreffende voor- en nadelen van de aanleg, beheer en onderhoud van diverse verhardingsvarianten.

Enerzijds gaat het om financiële afwegingen, anderzijds worden overige relevante, maar moeilijker kwantificeerbare aspecten meegewogen. Het 'Afwegingsmodel wegen' (AMW) is hiervoor als instrument beschikbaar en is gericht op de financieel-economische afweging, maar ook op milieu en overige aspecten.

In 2007-2008 heeft een actualisatie van het AMW plaats gevonden, waarbij het model is uitgebreid met nieuwe materialen, maar ook is aangepast met de laatste materiaal- en milieugegevens. Dit heeft zijn effect op de berekende resultaten, een aantal daarvan wordt in deze bijdrage besproken.

De afweging van het verhardingstype kan plaats vinden voor alle voorkomende wegtypen: snelwegen, provinciale wegen, buitenwegen, wegen binnen de bebouwde kom en fietspaden. Hiervan dient wel de opbouw van verharding, fundering en zandbed bekend te zijn, hoewel er een basis opbouw in het programma wordt gegeven.

Met het Afwegingsmodel Wegen kunnen ontwerpers, beheerders, adviseurs en beslissers in de wegenbouw milieueffecten (op basis van LCA's, levenscyclusanalyses), kosteneffecten en effecten op eventuele overige aspecten meewegen en inzichtelijk maken bij de afweging van verschillende wegconstructies (ontwerpvarianten).

Zonder gebruik te maken van een afwegingsmodel waarmee men over een langere beschouwingsperiode verscheidene criteria kan beoordelen, komt men bij de keuze van wegverhardingen niet tot een transparante en onderbouwde beslissing.

Factoren die de afwegingsresultaten het sterkst beïnvloeden zijn de laagopbouw van vergelijkbare verhardingsconstructies en bijbehorende onderhoudsstrategie, de toegekende levensduurperiode, de eenheidsprijzen voor aanleg en onderhoud en de instelling van de weefactoren milieu, kosten en overig.

Een nuancerende opmerking is dat bij investeringen in infrastructuur (nieuwbouw) het kostenaandeel van de verharding slechts 15 procent uitmaakt van de totale projectkosten voor rijkswegen.

## **2. Actualisering en uitbreiding van de database**

Het model maakt het mogelijk om milieueffecten en kosteneffecten inzichtelijk te maken bij de afweging van ontwerpvarianten voor wegen. Het model is gebouwd in Excel en Visual Basic en maakt gebruik van een database met kostenkennallen, milieukennallen en modelleringsgegevens.

In verband met de gewenste koppeling van het AMW aan Balans, afwegingsmodel voor slappe bodem constructies van Delft Cluster, is een actualisatie van de gegevens van de bestaande kostendatabase en de milieu-effecten database uitgevoerd. Tevens is van de mogelijkheid gebruik gemaakt om een aantal aanvullende, nieuwe materialen op te nemen.

## **Nieuwe materiaalgegevens**

T.b.v. de mogelijkheid om diverse ophogingsstrategieën op slappe bodem met elkaar te kunnen vergelijken (onderling afwegen) qua kosten en milieu-effecten volgens de methodiek van het CROW AMW, is de methodiek van het CROW AMW uitgebreid met de volgende (lichtgewicht) materialen:

- Asfaltgranulaat: agrem: asfalt granulaat met alleen emulsie;
- E-bodemas;
- Geëxpandeerde kleikorrels;
- Geëxpandeerd polystyreen (EPS);
- Geotextiel onder de funderingsmaterialen (kunststof: pvc, pe, danwel glasvezel of staaldraad);
- Gevulkaniseerd puimsteen, zoals Bims;
- Gevulkaniseerd zand, zoals Flugsand;
- Hoogovenslakkenzand;
- Lavasteen;
- Schuimbeton;

Alsmede een open- of bronbemaling bij toepassing van EPS en schuimbeton.

Tevens zijn verzameld en ingebouwd de milieugegevens van:

- Verlichting, lichtmasten;
- Riolering in beton, pvc, gres;
- Leidingen voor gas, water, elektriciteit (staal, kunststof);
- Geotextielen, geogrids en wapeningsstaal.

Nieuwe materialen die zijn opgenomen zijn:

- Halfwarm asfaltbeton;
- Emulsieasfaltbeton;
- Polymeer gemodificeerd asfaltbeton;
- Koolstofasfaltbeton;
- Staalvezelbeton met kunststofvezels;
- Grindbeton met 100% vervanging door metselwerk- of betongranulaat.

## **Kostengegevens**

Van de genoemde materialen zijn de eenheidsprijzen en milieugegevens bepaald, dan wel verzameld en opgenomen in de database van AMW1.1. Indien een afweging volgens de CROW-methodiek wordt gemaakt, kunnen naast kosten ook de milieugevolgen worden vergeleken van bijv. EPS t.o.v. Schuimbeton of Lava t.o.v. Kleikorrels. Dit is een uitbreiding van de AMW-methodiek in versie 1.0, specifiek gericht op de gemeenten met slappe bodem.

### **Milieugegevens**

De bestaande database is eind 2007 geactualiseerd waarbij gebruik is gemaakt van de volgende (meestal openbare) gegevens:

- de bestaande AMW-database, versie 1.0
- de RWS DuboCalc database;
- de VLCA2005 database;
- de betondatabase, versie 3.1;
- de VBW-Asfalt LCA-gegevens;

- de Ecoprofiles van Plastic Europe;
- de IISI staal gegevens;
- de INTRON database;
- andere Europese LCA databases zoals EcoInvent.

Er wordt in de nieuwe versie niet gewerkt met een van gevel tot gevel ontwerp in de binnenstedelijke situatie, dus geen uitbreiding van AMW1.0 met voet- en fietspaden, parkeerplaatsen e.d. Hoewel het meenemen hiervan tot grotere verschillen zou leiden tussen traditioneel en licht gewicht ophogen dan bij het weglaten ervan. Als er verschillen zijn voor alleen de rijbaan, dan zijn de verschillen alleen maar groter als ook aanliggende verhardingen in de beschouwing worden meegenomen.

### **3. Praktijktoeepassingen**

In het verleden werd bij de aanleg of reconstructie van een weg nauwelijks nagedacht over een keuze tussen de verschillende soorten verharding. Bij de meeste wegbeheerders werd standaard asfalt toegepast en bij veel kabels en leidingen kwam een bestrating in beeld. Cementbeton kwam er bijna niet aan te pas. Toch zijn er enkele wegbeheerders die sinds jaar en dag een afweging maken, en tot de conclusie komen dat cementbeton in bepaalde situaties de voorkeur geniet.

Met het CROW Afwegingsmodel Wegen kan dit nu ook transparant worden onderbouwd. Dit model kent drie hoofdgroepen met criteria, die invloed hebben op de keuze voor asfaltbeton, cementbeton of straatstenen. Deze hoofdgroepen bevatten informatie over de kosten, de milieueffecten en overige criteria, die elk een bepaalde score opleveren. De gebruiker van het model heeft alleen bij de overige criteria de gelegenheid om invloed uit te oefenen op deze score. Hij kan specifieke criteria toevoegen en aangeven hoe zwaar deze binnen de hoofdgroep mee moeten wegen. Tot slot geeft de gebruiker aan in welke verhouding de drie scores gewogen moeten worden om tot een eindoordeel te komen. Al met al kan de gebruiker dus maar heel beperkt aan de knoppen draaien, wat de objectiviteit van de uitkomst alleen maar ten goede komt.

In de bijdrage aan de Wegbouwkundige Werkdagen 2004 [2] zijn de achtergronden van het model zelf aan de orde geweest; in deze bijdrage worden diverse uitgewerkte cases gepresenteerd: o.a. de verhardingsafweging bij een provinciale weg en een rijksweg.

#### **Uitgangspunten provinciale weg**

Allereerst moeten de (beleids)uitgangspunten duidelijk zijn. Mag de geluidsproductie van de weg vergelijkbaar zijn met die van dichtasfaltbeton (de referentie) of worden er strengere eisen gesteld? Wat is de maatgevende verkeersintensiteit, vooral van het vrachtverkeer, nu en aan het eind van de ontwerperperiode? Wordt de weg duurzaam-veilig ingericht? Wat is de levensduur? Op basis van deze uitgangspunten worden de varianten berekend. Er wordt uitgegaan van een geluidsniveau van dichtasfaltbeton, 15.000 motorvoertuigen per etmaal, 10% vrachtverkeer en een duurzaam-veilige inrichting. Voor de eenvoud worden hier de asfaltvariant en de uitgeborstelde betonvariant behandeld. Deze worden voor een bepaalde levensduur ontworpen met programma's als BISAR respectievelijk VENCON 2.0, waarvan de resultaten in tabel 1 zijn vermeld.

**Tabel 1: Beschouwde verhardingsvarianten provinciale weg**

Nulvariant: volledig asfalt (20 jaar)	Alternatief: ongewapend beton (30 jaar)
40 mm dab 0/16 vk4	
40 mm stab 0/16 vk4	265 mm ogb 4/8 C35/45
120 mm stab 0/22 vk4	
250 mm menggranulaat	250 mm menggranulaat

Het model maakt afwegingen op kosten, milieu-effecten en overige beoordelingsaspecten. Door de gebruiker kunnen eigen, voor het wegvak specifieke beoordelingsaspecten worden toegevoegd. In dit geval is van belang, dat aan weerszijden van het wegvak al een betonverharding aanwezig is (voor de continuïteit). Ook de duurzaam-veilige inrichting is van belang bij de keuze van de verharding, omdat cementbeton ongevoelig is voor sporend verkeer (duurzaam-veilige inrichting kent relatief smalle rijstroken). De resultaten van de vergelijking worden vervolgens in een multicriteria-analyse gewogen. In deze weging bepaalt de gebruiker zelf hoe zwaar de kosten, het milieu en de overige aspecten ten opzichte van elkaar meetellen. Deze worden meestal ingegeven door de beleidsuitgangspunten van het bevoegd gezag. Tenslotte wordt aangegeven hoe gevoelig de gekozen weegset is voor wijzigingen door middel van de zgn. wegdriehoek in het model.

### Resultaat van de afweging

In dit geval worden de uitvoeringsrisico's bij aanleg en de veiligheid en hinder in de gebruiksfase tweemaal zo zwaar meegeteld dan de overige aspecten. De betonvariant scoort o.a. beter op de duurzaam-veilige inrichting en op de onderhoudsrisico's en slechter op de uitvoeringsduur en de geschiktheid voor fasering. Alleen bij deze overige beoordelingsaspecten heeft de gebruiker direct invloed op de uitkomst, die in dit geval gunstiger is voor cementbeton.

Bij de afweging van de milieueffecten en de kosten is de invloed van de gebruiker nihil. Het model maakt gebruik van externe databases, waarin de 'kosten' van milieueffecten en de kosten van aanleg en onderhoud zijn opgenomen (deze laatste zijn overigens te wijzigen). De ongewapende uitgeborstelde betonvariant is wat betreft milieueffecten duidelijk gunstiger dan de asfaltvariant. Daar staat tegenover, dat de betonvariant over de gehele levensduur van de verharding gezien toch wat duurder is.

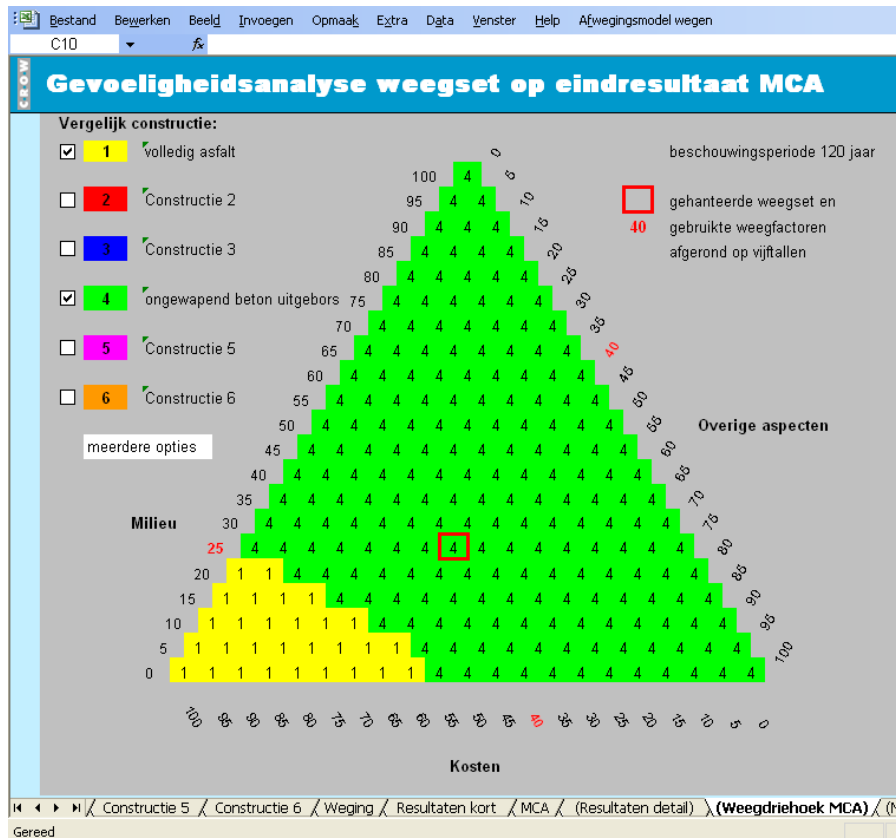
Deze resultaten zijn in een multicriteria-analyse verwerkt, waarbij milieu, kosten en overige aspecten in de verhouding 2-3-3 zijn gewogen. De kosten en de overige beoordelingsaspecten spelen dus een iets grotere rol bij de afweging dan de milieuaspecten.

Duidelijk is, dat de uitgeborstelde betonvariant in dit geval als beste uit de bus komt, tabel 2.

**Tabel 2: Gewichten en scores voor de multicriteria-analyse provinciale weg; hoe hoger de score, des te slechter het resultaat**

Criterium	Relatief gewicht	Score	
		nulvariant asfalt	alternatief beton
Milieu	2	100	74
Kosten	3	91	100
Overige aspecten	3	100	89

De door het afwegingsmodel gegenereerde wegdriehoek geeft aan dat de gehanteerde weegset vrij ongevoelig is voor wijzigingen. De weegset 'milieu - kosten - overige aspecten' bevindt zich in een gebied, waarin zelfs forse wijzigingen van de onderlinge weegfactoren blijven leiden tot de keuze voor uitgeborsteld beton. De voorkeur is in dit geval significant, zie ook de wegdriehoek in de volgende figuur.



**Figuur 1: Wegdriehoek bij afweging twee provinciale wegconstructies**

### Uitgangspunten extreem zwaarbelaste autosnelweg

Deze case voor een 2x2 strooks autosnelweg is gebaseerd op de afweging voor een nieuw aan te leggen rijksweg. Op dit wegvak zullen in 2020 naar verwachting 112.000 voertuigen per werkdag passeren, waarvan 44% vrachtauto's.

De kans op spoorvorming onder dergelijke extreme verkeersbelastingen is reëel, hetgeen extra onderhoud met zich mee zou brengen. Een doorgaand-gewapende betonverharding kent dit risico niet, maar vraagt een grotere investering. De keus tussen verhardingsconstructies in asfalt en in doorgaand-gewapend beton (dgb) is onderzocht met het afwegingsmodel van CROW.

De beschouwde varianten zijn weergegeven in tabel 3. Alle varianten hebben een deklaag van tweelaags zoab om de geluidsemisatie te beperken. Eme (enrobé à module élevé) is een asfaltmengsel met een verhoogde stijfheid en weerstand tegen spoorvorming. Stab is het traditionele steenslagasfaltbeton. De constructieopbouw is rijbaanbreed dezelfde.

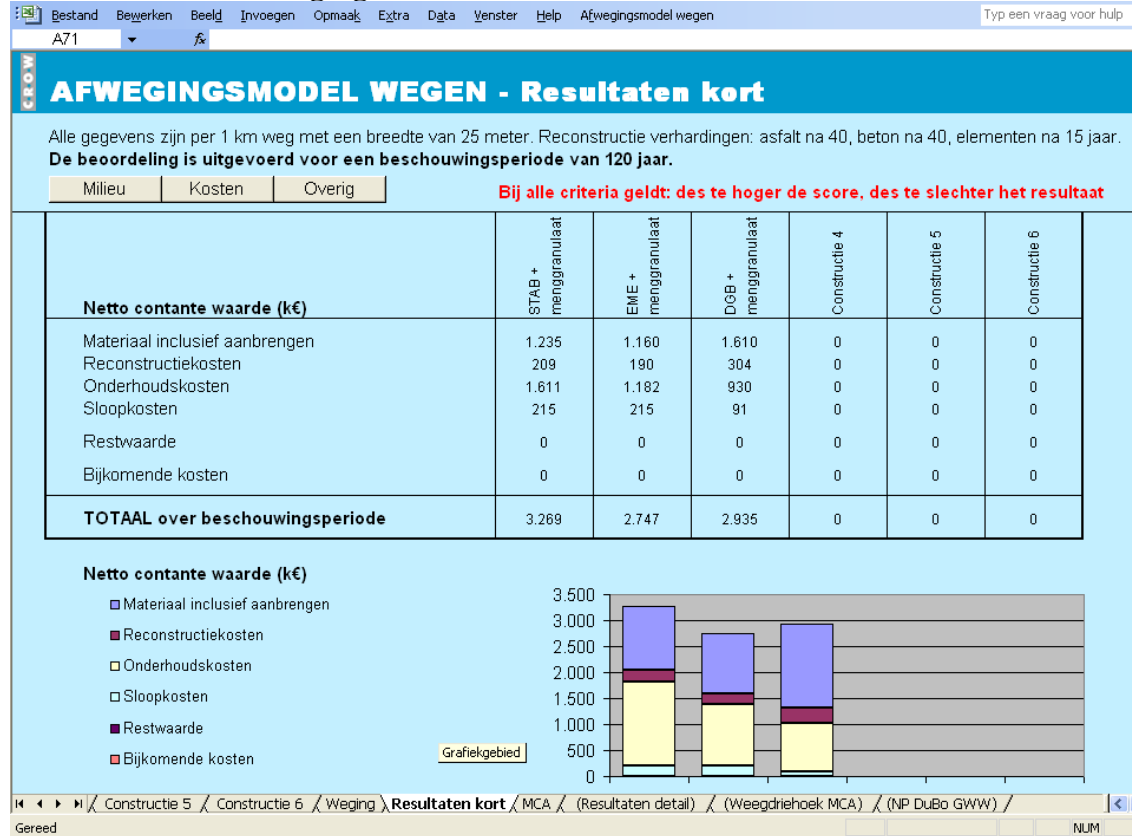
**Tabel 3: Beschouwde verhardingsvarianten autosnelweg**

Nulvariant: stab (20 jaar)	Alternatief in asfalt: eme (20 jaar)	Alternatief in beton: dgb (40 jaar)
70 mm tweelaags zoab	70 mm tweelaags zoab	70 mm tweelaags zoab
300 mm stab 0/22 vk4	240 mm eme	250 mm dgb C35/45
		60 mm gab
250 mm menggranulaat	250 mm menggranulaat	250 mm menggranulaat
1 m zand voor zandbed	1 m zand voor zandbed	1 m zand voor zandbed

Helaas is het niet zo dat het afwegingsmodel met één druk op de knop tot een onbetwistbaar eindresultaat leidt. Gaandeweg de afweging moeten keuzes worden gemaakt, die het eindresultaat stevig kunnen beïnvloeden. Het voordeel van het afwegingsmodel is dat de keuzes op structurele, transparante en naspeurbare wijze worden vastgelegd, en dat inzicht wordt verkregen in de hardheid van de conclusies.

Bij de afweging blijkt de huidige kennis tekort te schieten bij de volgende keuzes:  
De aanlegkosten worden bepaald op grond van de verhardingsopbouw en de laagdikten die de gebruiker invoert. Opbouw en laagdikten van asfaltconstructies worden doorgaans bepaald met behulp van de toepassingen ASCON / CARE, die van doorgaand-gewapende betonverhardingen met VENCON2.0. Er is aldus voor de vergelijking van afwegingen behoefte aan spelregels voor de dimensionering van verhardingen, met name omdat het ontwerp door Rijkswaterstaat aan de markt wordt overgelaten.  
De kans dat een asfaltconstructie na bijvoorbeeld 20 jaar moet worden versterkt, moet zijn gebaseerd op praktijkervaring met vergelijkbare constructies.  
De reductie van de kans op spoorvorming door toepassing van eme in plaats van de standaard stab moet eveneens zijn gebaseerd op praktijkervaring met vergelijkbare constructies.

## Resultaat van de afweging



**Figuur 2: Kosten (netto contante waarden over een beschouwingsperiode van 120 jaar) overzicht van 3 constructies t.b.v. afweging (vóórdat weegfactoren worden ingesteld)**

Tabel 4 geeft de eindscores van deze afweging. De conclusie is dat de beide alternatieven superieur zijn aan de standaardconstructie in stab, en beide aanzienlijk goedkoper zijn. Eme scoort duidelijk beter op de milieuaspecten, doorgaand-gewapend beton op de onderhoudsgerelateerde overige aspecten. Op alle criteria tezamen zijn de constructies in eme en dgb vergelijkbaar.

**Tabel 4: Gewichten en scores voor de multicriteria-analyse autosnelweg; hoe hoger de score, des te slechter het resultaat**

Criterium	Relatief gewicht	Score		
		nulvariant stab	alternatief asfalt: eme	alternatief beton: dgb
Milieu	1	86	100	85
Kosten	3	100	84	90
Overige aspecten	2	100	67	58
Gewogen gestandaardiseerd		98	81	78

De afweging laat zien dat de eindscores sterk worden beïnvloed door de instellingen voor het verhardingsontwerp (dimensionering), de waardering van overige aspecten (geschatte kans op spoorvorming) en de scores en weegfactoren voor de vergelijking van overige aspecten en de multicriteria-analyse. Gezien de verwachte groei van het vrachtverkeer in Nederland zullen vergelijkbare afwegingen waarbij spoorvorming een grote rol speelt, steeds vaker gaan



voorkomen. Voor een zinvolle afweging moet de speelruimte van de 'knoppen' op het afwegingsmodel zoveel mogelijk tevoren zijn bepaald.

### **Beschrijving van de veranderingen in de nieuwe versie AMW1.1 qua rekenbenadering**

Berekeningen met de nieuwe versie leiden tot verschillen in de score op milieu-aspecten, deze worden als volgt verklaard:

- alle emissies zijn 40% hoger en uitputting abiotische grondstoffen zijn 30-60% lager (binnen een orde grootte, dit duidt compleetheid en meer complete classificatie);
- alle energiescores zijn lager en daarmee ook hinder (50%), licht en calamiteiten (bepaald door gas en oliegebruik, consistent over alle materialen heen), daarmee ook uitputting van energiedragers;
- landgebruik blijft nagenoeg gelijk;
- stank is lager (komt van acetaldehyde (energieprocessen zijn lager, is consistent) en waterstofsulfide (staal gegevens van IISI/Corus));
- geluid door weghinder is gelijk;
- geluid door productieprocessen is hoger omdat dit op meer plaatsen is toegevoegd t.o.v. versie 1.0, het was daar soms wel, soms niet aangegeven, is nu consequent doorgevoerd voor alle materialen en bouwstoffen.

Samengevat: de verschillen zijn daadwerkelijk afkomstig van de actualisatie van de diverse gegevens.

Als de betonvarianten vergeleken worden met de versie 1.0, dan is de som van de milieukosten van de gehele constructie bij beton ca. 10% lager, voor beton alleen is dit ca. 20% lager. Voor asfalt is de score aanmerkelijk hoger (ongunstiger) geworden, en wel ca. 20% voor de gehele constructie en ca. 50% voor alleen het asfalt, nog afhankelijk van het type mengsel. Dat zit voor 25% in eutrofiering (NOx-emissies van LCA-asfalt over bitumen en van de VLCA2005 over diesel, met dezelfde classificatiefactor), 20% in broeikas effect (gegevens voor vulstof, bitumen en de asfaltinstallatie, conform VBW-Asfalt en DuboCalc gegevens) en 40% in humane toxiciteit (het verschil wordt volledig bepaald door de classificatie van koolwaterstoffen in de bitumen en de VLCA diesel gegevens). Die verschillen zijn grotendeels terug te voeren op de compleetheid van de lijst met classificatiefactoren. Die relatie blijkt breder te zijn dan alleen de emissie bij bitumen. Het speelt meer over de breedte van alle materialen met de centrale vraag: hoe gaan we om met emissies die niet in de CML-lijst van AMW1.0 staan maar waarvan wel een milieueffect verwacht mag worden. Kennelijk werkt het overall-effect minder gunstig uit voor asfalttoepassingen.

Het verschil tussen beide de versies 1.0 en 1.1 zit dus in het feit dat in versie 1.0 de bitumengegevens verouderd of onvolledig en/of anders toegedeeld zijn, er zijn vaak voorschrijdende inzichten en een update van milieugegevens is dus altijd zeer gewenst en nu doorgevoerd.

Dit roept de vraag op of beton en asfalt dan nu wel op gelijke wijze worden behandeld. Dit is inderdaad het geval, binnen de VLCA, de NEN8006 en MRPI bestaat de verplichting een aanneme te doen in overleg met de toetsers, in dit geval IVAM (een onderzoeks- en adviesbureau op het terrein van duurzaamheid, voortgekomen uit de Interfacultaire Vakgroep Milieukunde van de Universiteit van Amsterdam). Hierdoor is de milieuscore voor asfalt aanzienlijk hoger dan het in de eerste versie was en lijkt de milieukosten balans inderdaad om

te slaan naar beton. De verschillen in beide versies zijn dus daadwerkelijk verschillen vanwege de update van milieu-effecten van materialen.

### **Case: Emulsie-asfaltbeton (eab)**

In het AMW is gebruik gemaakt van internationaal opgezette en geaccepteerde milieugegevensbestanden (Betondatabase, VBW-Asfalt, DuboCalc) en ten behoeve van ontbrekende algemene informatie de door brancheverenigingen –waaronder VEAB- aangeleverde datasets. Gegevens over onder andere kosten, levensduur, energiegegevens van gebruikte materialen, afgelegde afstanden van de bouwstoffen en de mengsels, benodigde brandstof voor transport en voor de asfaltcentrale komen hierin terug. Uit de energiebehoefte zijn de emissies afgeleid, zoals de hoeveelheid CO<sub>2</sub>. De milieueffecten worden uitgedrukt in milieukosten (kilo-euro).

Ter onderscheid, zijn er in grote lijnen aan het wegoppervlak diverse opties:

- traditionele asfaltdeklaag: 30 a 40 mm dicht asfaltbeton of steenmastiakasfalt;
- dunne asfaltdeklaag: 15 tot 20 mm van een bijzonder asfaltmengsel of steenmastiakasfalt;
- emulsieasfaltbeton (eab): 5-15 mm koud op het werk gemengd en aangebracht materiaal;
- oppervlakbehandeling (ob): ca. 5 mm bitumen met steenslag (zoals hierboven beschreven).

Het asfalt wordt niet opgewarmd maar bij omgevingstemperatuur op locatie bereid en verwerkt. Emulsie asfalt beton is gemodelleerd met een koude verwerking met de inzet van een menger op locatie die diesel als brandstof verbruikt. De oppervlakbehandeling is gemodelleerd als een 5 mm dikke laag die ingestrooid en ingewalst wordt met een mengsel van 9 kg gebroken grind en 1,2 kg bitumen per m<sup>2</sup> met een beperkt dieselverbruik. Omdat er al zoveel bitumen wordt gesproeid bij een oppervlakbehandeling, wordt er geen aparte kleeflaag meer aangebracht of meegerekend in kosten en milieu. Kleeflagen zitten wel onder de traditionele en dunne asfaltdeklagen, niet onder eab.

Voor een gevoeligheidsanalyse van het gehele wegenpakket, van woonstraten, ontsluitingswegen tot auto(snel)wegen zijn de volgende gegevens aangeleverd:

Grenzen laagdikte (min. – max.)

- eab: 4 en 10 mm
- ob: 4 en 10 mm
- sma: 10 en 30 mm

Toelichting laagdikten: 4 mm eab 0/3 geldt voor woonstraten en wijkontsluitingswegen en 7 mm eab 0/6 voor hoofdwegen. In deze exercitie is gekozen voor 10 mm eab om aan te sluiten bij de laagdikte van de andere twee producten. Bij sma is de praktische minimumlaagdikte 20 mm.

Constructieberekening: op basis van een wijkontsluitingsweg

Beschouwde periode: 30 jaar, daarna reconstructie.

Aangenomen levensduur tot overlaging / vervanging:

- eab: 10 jaar
- ob: 7,5 jaar

- sma: 15 jaar.

## Resultaten berekening

**Tabel 3: Resultaat van weging van kosten, milieuaspecten en overige criteria**

Multicriteria-analyse								
Constructie wijkontsluitingsweg 210 mm asfaltbeton (incl. deklaag) - 300 mm ongebonden steenfundering - 600 mm zand								
Criterium	Relatief gewicht	Weeg-factor	Score					
			4 eab	10 eab	4 ob	10 ob	10 sma	30 sma
Milieu	1	50%	94	95	95	97	95	100
Kosten	1	50%	92	97	92	100	88	94
Overige aspecten	0	0%	-	-	-	-	-	-
Gewogen gestandaardiseerd			93	96	93	98	92	97

In tabel 3 zijn milieu-effecten en kosten in gelijke zwaarte gewogen terwijl 'Overige aspecten' op 0 zijn gezet. Andere wegingsfactoren zijn natuurlijk mogelijk. Naarmate meer kennis bestaat over een specifieke situatie kan de gebruiker ook de Overige aspecten verantwoord mee wegen. De verschillen zijn in dit geval niet significant.

De resultaten samengevat: de milieukosten vallen gunstiger uit naarmate de deklaag dunner wordt. Deze waarneming is niet verrassend omdat milieu-effecten afhangen van de hoeveelheid toegepast materiaal, maar het afwegingsmodel draagt bij aan een inzichtelijker onderbouwing. In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt, liggen de life-cyclekosten voor alle drie producten op hetzelfde niveau, ondanks de verschillende levensduren. De multicriteria-analyse toont geen wezenlijke verschillen tussen deze deklagen. Eab (en ook ob) blijkt een verrassend goed alternatief voor sma bij nieuwbouw en onderhoud.

## Keuze tussen dgb, svb en ogb: basis principes

Uit een andere CROW-studie [4] kwam naar voren dat verhardingen van staalvezelbeton (svb) meer als alternatief dienen voor ongewapende betonplaten (ogb) dan voor doorgaand-gewapende betonverhardingen (dgb). De reden hiervoor is o.a. dat de hoeveelheid staalwapening in dgb van ca. 61 kg/m<sup>3</sup> nauwelijks vervangen kan worden door een equivalente hoeveelheid staalvezels. Vergeleken met ogb met deuvels en koppelstaven (ca. 8 kg/m<sup>3</sup>) daarentegen, vermindert de verbeterde buigtreksterkte en het na-scheur gedrag van svb (ca. 40 kg/m<sup>3</sup> staalvezels en 0,6 kg PP vezels per m<sup>3</sup> beton) in ieder geval het aantal dwarse krimp-scheuren. Daardoor kan weer aanzienlijk op de hoeveelheid zaagwerk alsmede op deuvels en koppelstaven bespaard worden.

De vraag is uiteraard of de veronderstelling dat svb en dgb gelijkwaardig zijn vanuit economisch en duurzaamheids oogpunt onderbouwd kan worden met het afwegingsmodel. Daarvoor moeten eenheidsprijzen bekend zijn, voor Nederlandse omstandigheden zijn de volgende prijsverhoudingen realistisch (per m<sup>2</sup> bij een dikte van 250 mm beton): 115% voor dgb, 130% voor svb ten opzichte van de investering in ogb dat op 100% wordt gesteld. Met VENCON2.0 kunnen equivalente constructies voor dgb en ogb berekend worden. Het ontwerp van svb is voornamelijk nog gebaseerd op ervaringen bij recente projecten. Dit

resulteert in dikten van 238 mm dgb (op een asfaltlaag), 266 mm ogb en 225 mm svb. Deze gegevens kunnen worden ingevoerd in AMW, hetgeen tot de resultaten in tabel 5 leidt.

**Tabel 5 Weegfactoren en scores voor dgb, svb en ogb  
Des te lager de score, des te beter het resultaat.**

Criterium	Weegfactor	Score		
		Referentie:	Alternatief:	Alternatief:
		ogb	dgb	svb
Milieu effecten	1	76	100	81
Kosten	1	94	100	94
Overige factoren	1	100	100	100
Gewogen en gestandaardiseerd		90	100	92

Tabel 5 geeft een overzicht van de verschillende opties in beton. Hieruit kan geconcludeerd worden dat met alle weegfactoren op 1 en de genoemde betondikten en prijsverhoudingen geen significant verschil is tussen ogb en svb. Beide kunnen dus gelijkwaardig gesteld worden op basis van milieu effecten en kosten, dit hoeft echter niet perse het geval te zijn voor de structurele gelijkwaardigheid in termen van levensduur, onderhoud e.d.

## Stellingen

Beslissingen over de aanleg van wegen, zonder dat er een afweging is gemaakt met een lange termijn multi-criteria-analyse beschouwing, zijn niet transparant of goed onderbouwd te noemen.

In het verleden werd er weinig aandacht besteed aan de keuze tussen de verschillende mogelijke verhardingsmaterialen bij wegconstructie. Wegbeheerders hebben jaren wegverhardingen vergeleken en kwamen tot de conclusie dat betonverhardingen onder bepaalde voorwaarden en omstandigheden de voorkeur genieten. Het AMW maakt het mogelijk om deze ervaringen te onderbouwen.

AMW is ontwikkeld om wegontwerpers, wegbeheerders, adviseurs en beslissers in de vergelijking en afweging van diverse wegconstructies aspecten te laten meetellen als milieu effecten (middels levenscyclusanalyse LCA), kosten op basis van levenscycluskosten (LCC) en de gevolgen van overige factoren. Gebruik van AMW geeft objectieve en ondersteunende informatie bij een transparante afweging, die goed aan belanghebbenden is uit te leggen. Dit model zal tevens wegbeheerders helpen overtuigen dat niet alleen investeringskosten belangrijk zijn, maar dat dit met name de 'total costs of ownership' gedurende de levensduur van de verharding zijn.

Factoren die de grootste invloed hebben op de uitkomsten van AMW zijn de ingevoerde levensduur van de vergelijkbare verhardingen en het bijbehorende onderhoudsregiem, alsmede de eenheidsprijzen van aanleg en onderhoud en de weegfactoren zelf.

De geactualiseerde versie van het CROW Afwegingsmodel Wegen is tegen betaling verkrijgbaar bij CROW, kijk op [www.crow.nl](http://www.crow.nl)

## **Referenties**

1. Afwegingsmodel Wegen (AMW) versie 1.1. CROW, Ede, juni 2008.
2. Afwegingsmodel Wegen. ir. A.J. van Leest. Bijdrage Wegbouwkundige Werkdagen 2004. CROW, Ede, juni 2004.
3. Deklagen genoeg, maar hoe kies je de juiste? door Th. van Hoof, VEAB en A. van Leest, CROW. Artikel in Stadswerk, mei 2008.
4. Staalvezelbeton in de wegenbouw biedt mogelijkheden, maar vakmanschap is nodig. ir. A.J. van Leest. Bijdrage Infradagen 2008. CROW, Ede, juni 2008.