

Vlak is duurzaam

Jacob Groenendijk en Nico van den Berg; KOAC-NPC

De rolweerstand en vlakheid van een weg hebben grote invloed op het energiegebruik van het wegverkeer. Het verschil tussen een goed en slecht wegdek kan oplopen tot enkele procenten brandstofgebruik. Deze hoeveelheid brandstof komt overeen met de totale hoeveelheid energie die nodig is voor de aanleg, het onderhoud en de sloop van een wegconstructie. Een relatief kleine extra investering in de wegconstructie en het wegonderhoud kan daarom een veelvoud aan brandstofbesparing opleveren.

In Nederland is terecht veel aandacht voor de duurzaamheid van wegen. Hierbij wordt niet meer alleen de technische duurzaamheid bedoeld, maar steeds meer de ecologische duurzaamheid in termen van gebruik van schaarse grondstoffen en energie, uitstoot van CO₂ en andere milieu-effecten. Daarbij wordt veelal gefocust op de aanleg van de weg,

met hoogwaardig hergebruik en energiearme productie als goede voorbeelden.

De energie van het wegverkeer ligt tot honderd maal hoger dan de energie die nodig is voor de aanleg, het onderhoud en de sloop van de wegconstructie. Dit betekent dat één procent besparing op het brandstofgebruik overeen komt

met de totale energie die nodig is voor de aanleg en het onderhoud van de wegconstructie. Door goede constructies en tijdig onderhoud zijn dus minstens net zo grote besparingen te behalen als door energie-zuinige aanleg. Omdat de invloed van vlakheid en textuur op het energiegebruik van het wegverkeer groot is, zou daar meer aandacht aan moeten worden besteed.

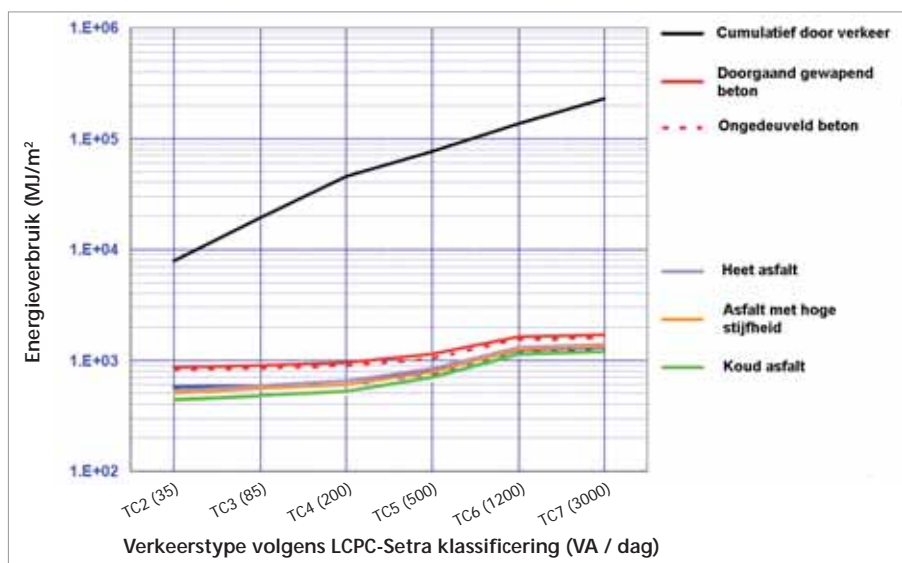
Energiegebruik van een auto

Om een auto te laten rijden is energie nodig voor het overwinnen van:

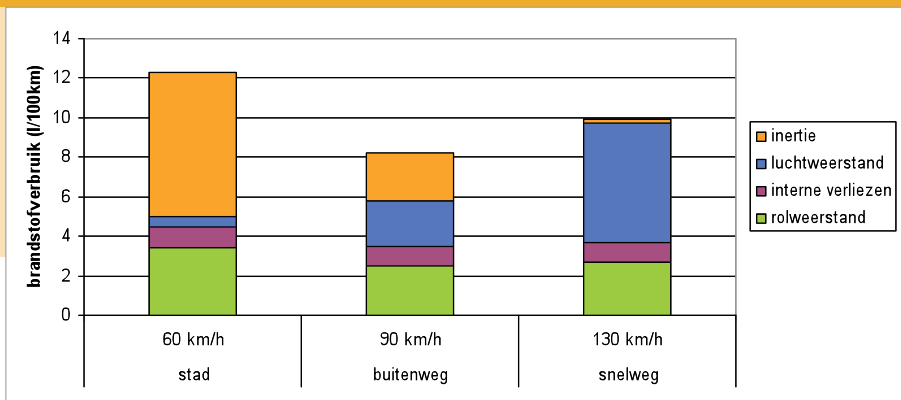
- de inertie of massa-traagheid van het voertuig, dus om het voertuig te versnellen (of te vertragen bij afremmen op de motor);
- de zwaartekracht, bij stijging van het voertuig;
- de interne wrijving in motor en aandrijving;
- de luchtweerstand, evenredig met het kwadraat van de snelheid t.o.v. de lucht;
- de rolweerstand, de verliezen door inelastische vervorming van banden, schokdempers en wegdek.

Uiteindelijk verdwijnt alle energie naar de buitenlucht in de vorm van opwarming van die lucht, rechtstreeks of via koeling van de motor, remmen, schokdempers en banden.

De onderlinge verhoudingen tussen deze energieverliezen hangen sterk af van de verkeerssituatie. Bij veel optrekken en afremmen, zoals bij stadsverkeer, overheerst de inertie. Bij hoge snelheden overheerst de luchtweerstand, zeker wanneer de snelheid vrijwel constant blijft, zoals op de autosnelweg. Bij alle snelheden ligt de rolweerstand op circa 30 procent van het energiegebruik.



Energiegebruik voor aanleg en onderhoud van een weg over 30 jaar.



Rolweerstand vraagt 2,5 tot 3,5 liter per 100 km.

De wegebouwer en de wegbeheerder hebben via de kwaliteit van het wegdek enige invloed op de rolweerstand en dus het energiegebruik van de voertuigen.

Rolweerstand

De rolweerstand wordt, afgezien van de banden, beïnvloed door de volgende aspecten van de wegdekkwaliteit:

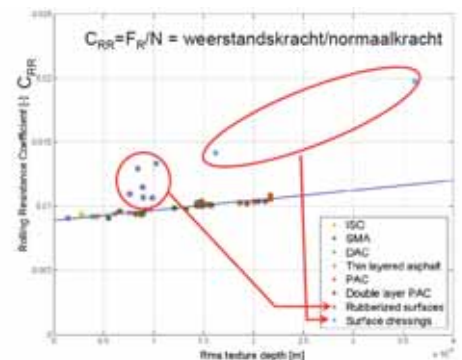
- De microtextuur, oftewel de ruwheid van het wegoppervlak met golflengten kleiner dan 0,5 mm.
- De macrotextuur, de wegruwheid met golflengten tussen 0,5 mm en 5 mm.
- De megatextuur, met golflengten tussen 5 en 500 mm.
- Onvlakheden, met golflengten van 0,5 tot 50 m.
- De deflectie (doorbuiging) van het wegdek onder de verkeersbelasting.

De invloed van de microtextuur op de rolweerstand is gering. Omdat de microtextuur essentieel is voor de stroefheid - en dus de verkeersveiligheid - wordt verandering ervan voor de verbetering van rolweerstand hier niet overwogen. Op de invloed van deflectie wordt hier niet verder ingegaan. Diffuse, lichte rafeling van wegdekken levert vooral een verhoging van de gemiddelde macrotextuurdiepte op. Ernstige rafeling met verlies van meerdere lagen steenslag, of zelfs uitrafelen van de gehele deklaagdikte, zal leiden tot verhoging van de megatextuur of de onvlakheid.

Invloed van macrotextuur

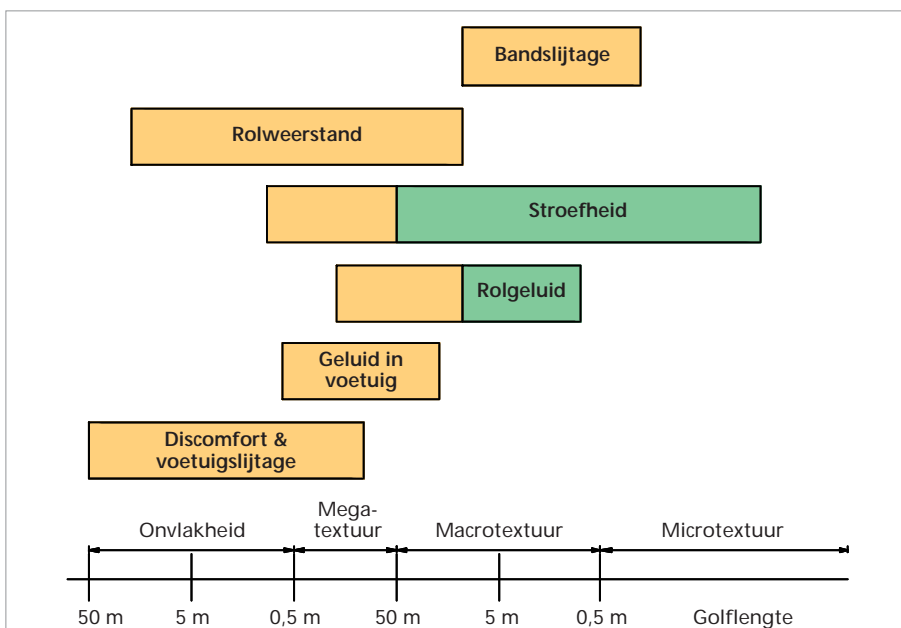
Binnen het Innovatie Programma Geluid (IPG) van Rijkswaterstaat zijn op 40 wegdektypen metingen uitgevoerd op de

N60 bij Kloosterzande. Naast geluidmetingen zijn ook metingen van de rolweerstand uitgevoerd met een speciale meetaanhanger, waarbij de horizontale sleepkrachten op een vrij rollend wiel worden gemeten. Hieruit volgde dat voor de meeste wegdektypen de rolweerstand toeneemt bij grotere textuurdiepte. Het verschil in rolweerstandcoëfficiënt tussen een geringe textuurdiepte van 0,3 mm en een grote textuurdiepte van ruim 2 mm bedraagt ongeveer 15 procent, van 0,009 naar iets boven 0,010.

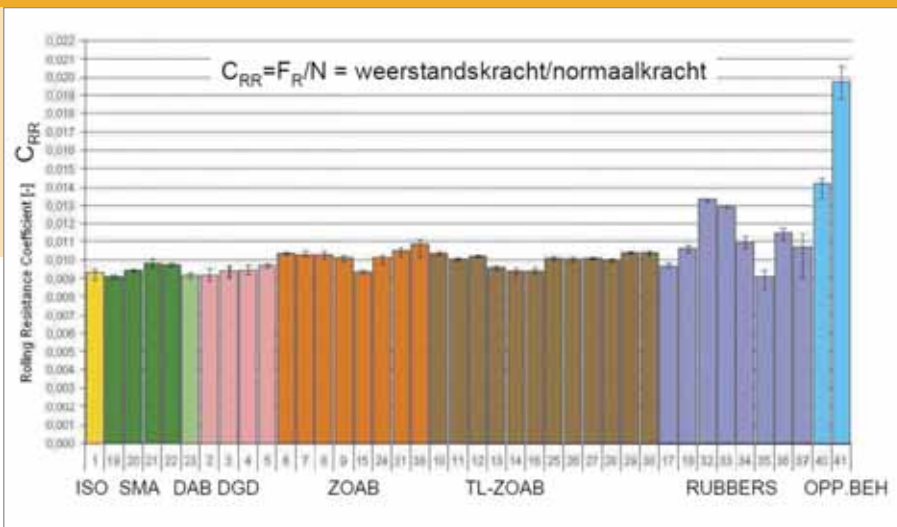


Rolweerstand versus textuurdiepte.

Er zijn twee uitzonderingen. De eerste betreft twee oppervlakbehandelingen, die 1,4-1,8 keer zoveel rolweerstand hebben als op grond van hun textuurdiepte verwacht mag worden. Hoogstwaarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door de "positieve" textuur,  die wordt gevormd door omhoogstekende puntjes van de steenslag. Dit in tegenstelling tot een negatieve textuur, , die voornamelijk wordt gevormd door "putjes" in het vlakgewalste wegoppervlak. Hierdoor heeft een band meer grip, maar ook meer wrijvingsverlies, bij de noodzakelijke vervormingen om van een cirkelvormige omtrek naar een plat band-wegdek-contactvlak te komen.



Invloed van wegdekruwheid in verschillende golflengten op verschillende parameters.



Rolweerstand en wegdektype.

De tweede uitzondering wordt gevormd door enkele rubber-wegdekken waar de hogere rolweerstand mogelijk veroorzaakt wordt door energie-dissipatie in het rubber wegdek. Er zijn echter ook rubber-wegdekken zijn met een lage rolweerstand. Bij de optimalisatie van rubber wegdekken moet dus niet alleen rekening worden gehouden met geluidreductie, civieltechnische levensduur, stroefheid en kosten, maar ook met de rolweerstand.

Rolweerstand en brandstofgebruik

Onderzoek geeft aan dat bij een verdubbeling van de rolweerstand (van 0,01 naar 0,02) er 15 procent meer brandstof nodig is. Uit een ander onderzoek blijkt dat 10 procent minder rolweerstand leidt tot een half tot anderhalf procent brandstofbesparing voor personenauto's en anderhalf tot drie procent voor vrachtwagens.

Textuurdiepte en rolweerstand

Bij een toename van de macrotextuurdiepte van 0,3 naar 3 mm (minimale en maximale waarden voor het Nederlandse wegennet) geeft onderzoek sterk uiteenlopende waarden voor de rolweerstand, namelijk tussen 8 en 84 procent. Deze toename komt overeen met een toename van het brandstofverbruik tussen 1,5 en 12 procent.

Invloed van vlakheid

De vergelijkende metingen naar het verschil in brandstofgebruik op wegen met verschillende onvlakheid zijn tamelijk onnauwkeurig, omdat ze sterk beïnvloed worden door variaties in o.a. rijgedrag en atmosferische omstandigheden (wind, temperatuur). Ook kunnen naast de gemeten onvlakheid factoren een rol spelen als hellingen, macrotextuur of wegdekdeflectie. Desondanks kan geconcludeerd worden dat met een verbetering van de vlakheid van 2,1 naar 1,0 m/km IRI (International Roughness Index), ofwel van 'ruim voldoende' tot 'zeer goed', een brandstofbesparing van 1 tot 2,5 procent wordt bereikt. Er zijn studies die veel grotere besparingen melden maar die zijn uitgevoerd op wegen met een onvlakheid die ver buiten de in Nederland toelaatbare waarden liggen.

Conclusies

De wegenbouw heeft via de vlakheid en macrotextuur van het wegdek invloed op het brandstofgebruik. De invloed van de macrotextuur bedraagt 10 tot 80 procent van de rolweerstand, wat overeenkomt met 1,5 tot 12 procent van het brandstofgebruik. De invloed van de onvlakheid ligt in de orde grootte van 1 tot 4,5 procent van het brandstofgebruik. Door goede aanleg en tijdig onderhoud moeten enkele procenten reductie op het brandstofgebruik dus haalbaar zijn.

Omdat één procent besparing op het brandstofverbruik van het verkeer gelijk staat aan een besparing van 15 - 100 procent op het energieverbruik van aanleg en onderhoud mag het belang niet onderschat worden.

Natuurlijk geldt dat de betreffende besparing alleen doorwerkt als de vlakheid of textuur van de weg gemiddeld over de hele levensduur verbetert. De winst door eenmalig onderhoud mag niet zomaar als een reductiefactor op het totale energieverbruik over de gehele levensduur worden gezet.

Aanbeveling

Aanbevolen wordt om ook de rolweerstand mee te nemen als afwegingscriterium bij de ontwikkeling van nieuwe wegdekken, naast de reeds bekende criteria als kosten, levensduur, stroefheid, geluidreductie en fijnstof productie.

En verder...

Naast energiebesparing voor het wegverkeer geeft een vlakkere weg ook:

- meer rijcomfort;
- minder vermoeiing van de bestuurder, en daardoor verbetering van de verkeersveiligheid;
- minder voertuigslijtage;
- minder ladingschade;
- minder dynamische opslingering van aslasten en daardoor een langere levensduur van de weg.

De grootste invloed die we zelf allemaal kunnen hebben is vooral een energiezuinige rijstijl, dus met niet te hoge snelheid, met zo min mogelijk en geleidelijke snelheidswisselingen, en met de banden op de juiste spanning.