



Re-recycling asfalt met nieuwe bouwstoffen

Rubbergranulaat toevoegingen

Rijkswaterstaat

24 maart 2023

Project Re-recycling asfalt met nieuwe bouwstoffen
Opdrachtgever Rijkswaterstaat

Document Rubbergranulaat toevoegingen
Status Definitief
Datum 24 maart 2023
Referentie 134239/23-004.962

Projectcode 134239
Projectleider Ir. S.H.L. Lamerichs
Projectdirecteur Ir. J.F. Kramer

Auteur(s) Ir. C.H. Huurman
Gecontroleerd door Ir. R.L.T. Oppers, ir. S.H.L. Lamerichs
Goedgekeurd door Ir. S.H.L. Lamerichs

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
2	LITERATUURSTUDIES	5
3	MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN	6
3.1	Laboratoriumonderzoek	6
3.2	Praktijkonderzoek	6
3.3	Laboratorium- en praktijkonderzoek	7
4	TOEPASSEN VAN RUBBER	8
4.1	Proces	8
4.2	Kwaliteit en duurzaamheid	8
5	INTERVIEWS	9
	BIBLIOGRAFIE	11
	Laatste pagina	11
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
	-	

1

INLEIDING

Aanleiding

Rijkswaterstaat werkt toe naar klimaatneutrale en circulaire wegverhardingen in 2030. Bij de inkoop van asfalt wordt gestuurd op het verduurzamen van asfalt(verhardingen). Dit betekent dat Rijkswaterstaat innovatieve asfaltmengsels krijgt aangeboden waarin steeds hogere percentages hergebruik (PR-asfalt¹) worden toegepast. Hierbij wordt tevens steeds meer gebruik gemaakt van asfalt-vreemde secundaire materialen in verschillende samenstellingen.

Conventioneel asfalt kan, onder voorwaarden, zeer goed en meermaals hergebruikt worden, zonder dat dit ten koste gaat van de prestaties. Hierdoor blijft het asfalt 'in de keten' en wordt de milieu-impact beperkt. De impact van het vaker en in grotere percentage toepassen van secundaire materialen is onbekend. Rijkswaterstaat wenst inzicht te krijgen in wat bekend is over het gebruik van asfalt met asfaltvreemde secundaire materialen en het hergebruik ('re-recycling') van datzelfde asfalt na verloop van tijd.

Rijkswaterstaat werkt toe naar sturing op het aandeel PR-asfalt en asfaltvreemde stoffen in de asfaltverhardingen. Hiermee kan voorkomen worden dat het hergebruik van asfalt binnen de eigen keten in de toekomst ingewikkeld of zelfs onmogelijk wordt. Echter, om tot goede sturing te komen, is veel onderzoek nodig.

Dit rapport

Dit rapport bevat een overzicht van de literatuur naar het gebruik van rubbergranulaat toevoegingen in asfalt. Dit onderzoek maakt onderdeel uit van een breder literatuuronderzoek dat zich richt op een viertal asfaltvreemde stoffen:

- 1 dakleer(granulaat) als (gedeeltelijke) vervanging van bitumen;
- 2 epoxy modificaties;
- 3 **rubbergranulaat toevoegingen;**
- 4 plastic toevoegingen/modificaties.

Methodiek

De literatuur die in dit onderzoek gebruikt is, is voor een deel afkomstig uit documentatie van Rijkswaterstaat. De literatuur die bij Rijkswaterstaat bekend is, heeft als basis gediend voor dit onderzoek. Naast de bij Rijkswaterstaat beschikbare literatuur, is in literaire databases (onder andere Scopus, Google Scholar) gezocht naar aanvullende vakliteratuur.

In de bibliografie van dit rapport is de literatuur waar expliciet naar gerefereerd is opgesomd. Daarnaast is separaat aan de deelrapporten een overzicht opgesteld met gebruikte zoektermen en een compleet literatuuroverzicht.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de literatuuronderzoeken naar rubber in asfalt beschreven. Hoofdstuk 3 vat de literatuur over de mechanische eigenschappen van rubber in asfalt samen en hoofdstuk 4 toont papers over de toepassing van rubber asfalt. Hoofdstuk 7 vat de resultaten van de interviews met de onderzoeksinstituten, beheerders en marktpartijen samen. Als laatste volgt een literatuurlijst met de gevonden literatuur.

¹ pr staat voor 'Partiële Recycling'.

2

LITERATUURSTUDIES

Literatuurstudies vatten de algemene bevindingen van een onderwerp samen. Papers die (onder andere) een literatuurstudie hebben uitgevoerd, zijn:

- *Urban mining for asphalt pavements: A review* (Piao, et al., 2021)
Deze paper beschrijft het gebruik van oude banden in asfalt. De banden kunnen worden vermalen tot rubbergranulaat. Er is onderscheid gemaakt tussen het toepassen van rubbergranulaat met de natte methode en de droge methode;
- *Effect of SBS and crumb rubber on asphalt modification: A review of the properties and practical application* (Li, et al., 2022)
Er is een overzicht gegeven van de ontwikkelingsgeschiedenis, materiaalkenmerken, voordelen, tekortkomingen en huidige toepassingsstatus van CR-, SBS- en SBS/CR-gemodificeerde asfaltsoorten;
- *Recent development, utilization, treatment and performance of solid wastes additives in asphaltic concrete worldwide: A review* (Wong, Hasan, & Peng, 2022)
Dit onderzoek beschouwt het gebruik van diverse afvalstoffen en bijproducten in asfaltbindmiddelen en -mengsels. Rubbergranulaat is één van die afvalstoffen;
- *Research progress and performance evaluation of crumb-rubber-modified asphalts and their mixtures* (Duan, et al., 2022)
Dit onderzoek bevat een samenvatting van verschillende asfaltmengsels met rubbergranulaat, onderverdeeld op basis van rubbergranulaatgehalte. De verschillende productietechnologieën, eigenschappen en prestaties van de mengsels zijn met elkaar vergeleken en geëvalueerd;
- *Crumb rubber asphalt mixtures: A literature review* (Picado-Santos, Capitaó, & Neves, 2020)
Deze paper geeft een overzicht van asfaltmengsels met rubbergranulaat in verschillende verhardingstechnologieën (droge, natte en terminal blend). Ook is de ontwikkeling van gebruikte asfaltmengsels met rubbergranulaat gepresenteerd, evenals life cycle assessments, emissies, energieverbruik en kosten.

3

MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Dit hoofdstuk beschrijft de literatuur over de mechanische eigenschappen van rubber in asfalt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen laboratoriumonderzoek en onderzoeken in de praktijk.

3.1 Laboratoriumonderzoek

Papers die een laboratoriumonderzoek beschrijven, zijn:

- *Analysis on the road performance of graphene composite rubber asphalt and its mixture* (Guo, Tang, Gu, Guo, & Feng, 2022)

De prestaties en karakteristieken van een asfaltmengsel met rubbergranulaat zijn geëvalueerd en vergeleken met een traditioneel asfaltmengsel en een SBS-gemodificeerd asfaltmengsel;

- *Asphalt rubber as an alternative of polymer modified bitumen* (Radziszewski, Pilat, Sernowski, Król, & Krupa, 2012)

Er is onderzoek uitgevoerd naar verschillende asfaltmengsels met rubbergranulaat. Meerdere combinaties zijn gemaakt van verschillende soorten en hoeveelheden bindmiddelen, rubbergranulaat en weekmakers. De vier mengsels met de meest voordelige eigenschappen zijn verder toegelicht;

- *Laboratory investigation of the recycled asphalt concrete with stable crumb rubber asphalt binder* (Ding, et al., 2019)

Dit onderzoek beschrijft de prestaties van gerecyclede traditioneel asfalt in vergelijking met gerecyclede asfalt met rubbergranulaat. Zowel de normale gerecyclede asfaltmengsels als de gerecyclede asfaltmengsels met rubbergranulaat zijn bereid met 0 %, 30 % of 50 % teruggewonnen asfaltverharding;

- *Thermo-stability and aging performance of modified asphalt with crumb rubber activated by microwave and TOR* (Liang, et al., 2017)

Dit onderzoek beschrijft effectievere benaderingen voor het oplossen van de verouderings- en thermische stabiliteitsproblemen van met rubbergranulaat gemodificeerd asfalt. Deze paper concentreert zich op rubbergranulaat dat met microgolven is bestraald en op trans-polyoctenamer (TOR).

3.2 Praktijkonderzoek

Papers die een praktijkonderzoek beschrijven, zijn:

- *Field Trials of Plastic- and Latex-Modified Asphalt Concrete* (Krater, Wolfe, & Epps, 1988)

Meer dan 30 jaar geleden is al onderzoek gedaan naar rubber in asfalt. In dit onderzoek is synthetisch rubber (SBR) gebruikt. Zeven mengsels, gemaakt van verschillende combinaties van twee soorten plastics en een SBR, zijn beoordeeld in vijf teststroken in verschillende delen van de Verenigde Staten.

3.3 Laboratorium- en praktijkonderzoek

Papers die zowel een laboratorium- als een praktijkonderzoek beschrijven, zijn:

- *Performance evaluation of asphalt binder and mixture modified by pre-treated crumb rubber* (Zhang, et al., 2023)

De prestaties van een asfaltmengsel met rubbergranulaat zijn geëvalueerd, waarbij het rubbergranulaat is voorbehandeld via een mechanisch-chemische methode. Op basis daarvan zijn de geproduceerde asfaltmengsels toegepast in twee praktijkprojecten;

- *Laboratory and Field Investigations of Polymer and Crumb Rubber Modified Bitumen* (Król, Radziszewski, Kowalski, Sarnowski, & Czajkowski, 2014)

Laboratoriumtesten zijn gericht op de karakterisering van de eigenschappen van 45/80-55 rubbergranulaat bindmiddel in vergelijking met een referentie 50/70 bitumen en conventioneel polymeer gemodificeerd 45/80-55 bitumen. In het praktijkonderzoek is een vier centimeter dikke deklaag aangebracht als steenmastiekasfalt (SMA) op proefvak a en asfaltbeton op proefvak b, welke met elkaar zijn vergeleken;

- *Mechanical performance of dry process fine crumb rubber asphalt mixtures placed on the Portuguese road network* (Dias, Picado-Santos, & Capitaó, 2014)

Dit onderzoek evalueert twee asfaltmengsels met rubbergranulaat gemaakt met het droge proces. Deze zijn vergeleken met een vergelijkbaar asfaltmengsel zonder rubber en een asfaltmengsel met rubber gemaakt middels het natte proces. Hierna is een praktijkonderzoek uitgevoerd in Portugal;

- *Use of ground tire rubber in asphalt pavements: Field trial and evaluation in Taiwan* (Chiu, 2008)

Twee asfaltverhardingen met rubbergranulaat zijn in het laboratorium onderzocht en in Taiwan aangelegd als proefprojecten: één met een 'gap-graded' ontwerp en de andere met een 'open-graded' ontwerp. Deze proefvakken zijn na vier jaar gebruik geëvalueerd.

4

TOEPASSEN VAN RUBBER

Dit hoofdstuk beschrijft de literatuur naar de toepassing van rubber in asfalt in de praktijk. Eerst is het proces bij het gebruik van rubber in asfalt beschreven. Daarna is beschreven wat de toevoeging van rubber aan asfalt voor impact heeft op de kwaliteitsborging en procedures. Als laatste volgt literatuur omtrent het recyclen van rubberasfalt.

4.1 Proces

Het proces wordt bepaald door het soort rubber dat gebruikt wordt, en het mengsel waar het in vermengd gaat worden. Papers die het proces beschrijven bij het gebruik van rubber zijn:

- *Rubber-gemodificeerd asfalt, een nieuw concept* (Ter Huerne, Dierkes, Blume, & Noordermeer, 2016)
Deze paper beschrijft het proces bij toepassing van oude auto- of vrachtwagenbanden, waar de techniek 'devulkanisatie' wordt gebruikt. Ook is het proces van het inmengen met de bitumen beschreven;
- *The Use of De-Vulcanized Recycled Rubber in the Modification of Road Bitumen* (Gawdzik, Matynia, & Blazejowski, 2020)

Het doel van het onderzoek is om te bepalen of een deel van het SBS vervangen kan worden door gerecycled rubber tijdens de productie van polymeer gemodificeerd bitumen. De invloed van de rubberconcentratie, temperatuur en modificatietijd op asfalteigenschappen zijn onderzocht;

- *Mechanical performance of dry process fine crumb rubber asphalt mixtures placed on the Portuguese road network* (Dias, Picado-Santos, & Capitaio, 2014)
Naast laboratorium- en praktijkonderzoek, beschrijft deze paper ook kort het toegepaste productie- en constructieproces.

4.2 Kwaliteit en duurzaamheid

Papers die de kwaliteit of duurzaamheidsaspecten beschrijven bij het gebruik van rubber zijn:

- *Comparative life cycle assessment of warm mix technologies in asphalt rubber pavements with uncertainty analysis* (Cao, Leng, Yu, & Hsu, 2019)
Het gebruik van rubber in asfalt kan veel energie kosten. Deze paper onderzoekt of de toepassing van rubber in drie verschillende warm mix asphalt (WMA) technologieën op de lange termijn energiezuiniger kan worden;
- *Recycling waste vehicle tyres into crumb rubber and the transition to renewable energy sources: A comprehensive life cycle assessment* (Tushar, Santos, Zhang, Bhuiyan, & Giustozzi, 2022)
Dit onderzoek beschrijft een life cycle assessment (LCA) op de toepassing en verwerking van rubbergranulaat in asfalt. Het behandelt onder andere de uitstoot van emissies en het recyclen van bijproducten;
- *Weather aging effects on modified asphalt with rubberpolyethylene composites* (Ma, et al., 2023)
Het effect van weer-gerelateerde aspecten op asfalt gemodificeerd met rubberpolyethyleen (PE) is onderzocht. De gemodificeerde bindmiddelmengsels en asfaltmengsels zijn onder andere onderworpen aan veroudering in de buitenlucht.

5

INTERVIEWS

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over het gebruik van rubbergranulaat in asfalt die uit de interviews met de onderzoeksinstituten, beheerders en marktpartijen zijn gekomen. Doordat de informatie vanuit interviews is verkregen, is context en toelichting niet beschikbaar. Voor verdere informatie wordt daarom verwezen naar de betrokken partij(en).

Onderzoeksinstituten

De partijen aanwezig bij het interview waren TU Delft, Universiteit Twente, Universiteit Antwerpen en TNO. Volgens TU Delft toont onderzoek aan dat rubber in asfalt leidt tot een verlengde levensduur en dat er geen grote problemen ontstaan bij het verwerken van het asfaltmengsel. Grote interesse bestaat er naar de verdere onderzoeken met rubbergranulaat. Met name meer onderzoeken naar het verschil tussen de droge en natte verwerkingsmethode van rubbergranulaat is gewenst.

De Universiteit van Antwerpen richt zich op onderzoek naar emissies bij de verwerking van rubber in asfalt. Het re-recyclen zorgt voor hoge verwerkingstemperaturen van het asfalt, waarbij hoge concentraties van onder andere CO₂, NO_x en PAK-emissies vrijkomen. Hoe meer recycling-cyclussen uitgevoerd worden met asfalt, hoe hoger de concentraties van de genoemde emissies worden tijdens verwerking. Publicaties ontbreken nog maar de Universiteit van Antwerpen heeft al succesvolle manieren gevonden om de emissies te verlagen.

Beheerders

De partijen aanwezig bij het interview waren de provincies Gelderland, Overijssel en Friesland. Provincie Friesland heeft verschillende locaties waar asfalt met rubbergranulaat is aangelegd. Eén locatie toont goede prestatiekenmerken en een andere locatie geeft juist slechte resultaten. Daar is snel schade en functioneert het asfalt over het algemeen niet goed. De oorzaak van het slechte presteren is onbekend. Beide asfaltsoorten met rubber zijn verwerkt in een stille deklaag. De provincie vraagt zich af of het nuttig is om rubber in asfalt te verwerken, aangezien het resulteert in onzekere eigenschappen van het asfalt.

Marktpartijen

De partijen aanwezig bij het interview waren Strukton, Ballast Nedam, BAM, BMI group, Roof2road, Dura Vermeer, KWS en AsfaltNu. Ballast Nedam heeft onderzoek gedaan naar rubber filler in asfalt, wat goede resultaten gaf in het laboratorium. De productie van dit asfalt gaf problemen, waardoor praktijkproeven niet uitgevoerd zijn. Daarnaast heeft Heijmans jaren geleden asfalt met rubbergranulaat geleverd, maar zijn hiermee gestopt door onbekende problemen. Mogelijk is de reden dat rubbergranulaat niet volledig op kan lossen in bitumen. Daardoor kan het rubbergranulaat na verloop van tijd loslaten. Ook het Asfalt Kennis Centrum heeft onderzoek hiernaar gedaan en dezelfde bevindingen getroffen.

De marktpartijen zijn erover eens dat rubber in asfalt teveel nadelen kent en ook weinig meerwaarde biedt. Het ligt aan de locatie of een asfaltmengsel met rubber succesvol kan presteren. Op korte termijn zou het in verhardingen wel nuttig kunnen zijn, nog voordat het rubbergranulaat los zou kunnen laten.

De algemene strekking van de marktpartijen over de verwerking van secundaire materialen in asfalt is dat er nog veel vragen spelen over de effecten, kwaliteit, emissies, blootstelling aan medewerkers tijdens productie/constructie, herbruikbaarheid, benodigde technieken, et cetera. De marktpartijen zien graag een algemeen toetsingskader voor de toepassing van secundaire materialen in asfalt. Ook vinden marktpartijen het belangrijk om in kaart te brengen wat voor soort asfalt op welke plek in Nederland ligt. Zeker op het moment dat er meer secundaire materialen in asfalt gebruikt gaan worden.

BIBLIOGRAFIE

- Cao, R., Leng, Z., Yu, H., & Hsu, S.-C. (2019). Comparative life cycle assessment of warm mix technologies in asphalt rubber pavements with uncertainty analysis. *Resources, Conservation & Recycling*.
- Chiu, C.-T. (2008). Use of ground tire rubber in asphalt pavements: Field trial and evaluation in Taiwan. *Resources, Conservation & Recycling*.
- Dias, J. F., Picado-Santos, L., & Captao, S. (2014). Mechanical performance of dry process fine crumb rubber asphalt mixtures placed on the Portuguese road network. *Construction and Building Materials*.
- Ding, X., Chen, L., Ma, T., Ma, H., Gu, L., Chen, T., & Ma, Y. (2019). Laboratory investigation of the recycled asphalt concrete with stable crumb rubber asphalt binder. *Construction and Building Materials*.
- Duan, K., Wang, C., Liu, J., Song, L., Chen, Q., & Chen, Y. (2022). Research progress and performance evaluation of crumb-rubber-modified asphalts and their mixtures. *Construction and Building Materials*.
- Gawdzik, B., Matynia, T., & Blazejowski, K. (2020). The Use of De-Vulcanized Recycled Rubber in the Modification of Road Bitumen. *Materials*.
- Guo, R., Tang, J., Gu, J., Guo, G., & Feng, X. (2022). Analysis on the road performance of graphene composite rubber asphalt and its mixture. *Case studies in Construction Materials*.
- Krater, K., Wolfe, D., & Epps, J. (1988). Field Trials of Plastic- and Latex-Modified Asphalt Concrete. *Transportation Research Record*.
- Król, J., Radziszewski, P., Kowalski, K., Sarnowski, M., & Czajkowski, P. (2014). Laboratory and Field Investigations of Polymer and Crumb Rubber Modified Bitumen. *Journal of Civil Engineering and Architecture*.
- Li, H., Cui, C., Temitope, A. A., Feng, Z., Zhao, G., & Guo, P. (2022). Effect of SBS and crumb rubber on asphalt modification: A review of the properties and practical application. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*.
- Liang, M., Xin, X., Fan, W., Ren, S., Shi, J., & Luo, H. (2017). Thermo-stability and aging performance of modified asphalt with crumb rubber activated by microwave and TOR. *Materials & Design*.
- Ma, Y., Wang, S., Zhang, M., Jiang, X., Polaczyk, P., & Huang, B. (2023). Weather aging effects on modified asphalt with rubberpolyethylene composites. *Science of the Total Environment*.
- Piao, Z., Mikhailenko, P., Kakar, M. R., Bueno, M., Hellweg, S., & Poulikakos, L. D. (2021). Urban mining for asphalt pavements: A review. *Journal of Cleaner Production*.
- Picado-Santos, L., Captao, S., & Neves, J. (2020). Crumb rubber asphalt mixtures: A literature review. *Construction and Building Materials*.
- Radziszewski, P., Pilat, J., Sernowski, M., Król, J., & Krupa, Z. (2012). Asphalt rubber as an alternative of polymer modified bitumen. *Institute of Road and Bridges, Warsaw University of Technology*.
- Ter Huerne, H., Dierkes, W., Blume, A., & Noordermeer, J. (2016). Rubber-gemodificeerd asfalt, een nieuw concept. *CROW Infradagen 2016*.
- Tushar, Q., Santos, J., Zhang, G., Bhuiyan, M. A., & Giustozzi, F. (2022). - Recycling waste vehicle tyres into crumb rubber and the transition to renewable energy sources: A comprehensive life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*.
- Wong, T. L., Hasan, M. R., & Peng, L. C. (2022). Recent development, utilization, treatment and performance of solid wastes additives in asphaltic concrete worldwide: A review. *Journal of Traffic and Transportations Engineering*.
- Zhang, X., Wang, X., Wan, C., Yang, B., Tang, Z., & Li, W. (2023). Performance evaluation of asphalt binder and mixture modified by pre-treated crumb rubber. *Construction and Building Materials*.

