

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Wegen met fosforslak

Verkenning van de milieu-effecten van
een meldingsplicht voor fosforslak

Rapport

Delft, 21 oktober 2002

Opgesteld door: Jan Vroonhof
Berend Potjer



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Jan Vroonhof, Berend Potjer,
Wegen met fosforslak
Verkenning van de milieu-effecten van een meldingsplicht voor fosforslak
Delft, CE, 2002

Fosfor / Slak / Gevaarlijk afval / Verbrandingsresten / Gebruik / Verslaglegging / Milieu / Effecten /

Publicatienummer: 02.5542.20

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE
Oude Delft 180
2611 HH Delft
Tel: 015-2150150
Fax: 015-2150151
E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever:

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Jan Vroonhof

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkteerijnen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel project	1
1.3	Opzet rapportage	1
2	Toepassing fosforslak in wegfundering	3
2.1	Functie wegfundering	3
2.2	Markt van funderingsmaterialen	4
2.3	Markt fosforslakkenmengsel	4
3	Andere toepassingen fosforslak	7
4	Marktontwikkelingen fosforslak	9
4.1	Inleiding	9
4.2	Ontwikkelingen zonder meldingsplicht	9
4.3	Ontwikkeling als gevolg van meldingsplicht	10
4.4	Scenario's marktontwikkeling	13
5	Milieu-effecten	17
5.1	Inleiding	17
5.2	Alternatieven voor fosforslak	17
5.3	Milieu-effecten alternatieven fosforslak	19
5.4	Milieu-effecten van de scenario's	22
6	Vergelijking en conclusies	25
6.1	Methodologische schaduwrijzen	25
6.2	Berekening schaduwrijzen scenario's	26
6.3	Vergelijking	27
6.4	Conclusies	27
	Literatuur	29
A	De markt voor funderingsmaterialen	35
B	Scenario's afzet fosforslak	37
C	Berekening hoeveelheden vervanging fosforslak	39
D	Berekening stralingseffecten fosforslak	45
E	Berekening effecten en emissies scenario's	51

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Thermphos produceert jaarlijks (als nevenproduct) circa 600.000 ton fosforslak [Van Kampen, 1998a]. Ongeveer 65% hiervan wordt als funderingsmateriaal in de wegenbouw ingezet. Het overige wordt ingezet als stortsteen in de waterbouw en als grindvervanger in asfalt [Aalbers et al 1998a]. Fosforslak heeft een geringe natuurlijke radio-activiteit wat tot nog toe niet als probleem bij deze toepassingen is ervaren. Door het Ministerie van VROM wordt echter overwogen in het kader van de kernenergiewet (Kew) een meldingsplicht voor licht radio-actieve stoffen verplicht te stellen. Indien de inzet van fosforslak voor elk werk gemeld moet worden, vrezen Thermphos en Pelt en Hooykaas dat dit zal leiden tot substitutie van de fosforslak door andere materialen en dat dit negatieve kosten- en milieu-effecten heeft. Zij heeft CE opdracht gegeven dit te onderzoeken.

1.2 Doel project

Het project heeft tot doel de milieu-effecten te verkennen van de mogelijke gevolgen van een meldingsplicht voor het gebruik van fosforslak.

1.3 Opzet rapportage

Voor het bepalen van mogelijke effecten van een meldingsplicht voor het gebruik van fosforslak wordt allereerst in hoofdstuk 2 en 3 ingegaan op de huidige toepassing van fosforslak. Aangezien toepassing in de wegenbouw het belangrijkste toepassingsgebied is, wordt daar in hoofdstuk 2 apart op ingegaan.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de marktontwikkelingen als gevolg van een meldingsplicht voor het gebruik van fosforslak. Op basis van die analyse worden drie scenario's geformuleerd: een waarschijnlijk, een ongunstig en een gunstig scenario.

In hoofdstuk 5 worden de milieu-effecten van de scenario's berekend.

In hoofdstuk 6 worden de milieu-effecten van de scenario's met behulp van schaduwpreizen omgezet in een goed vergelijkbaar getal. Daarmee worden de scenario's onderling vergeleken. De vergelijking levert conclusies op ten aanzien van het effect van de meldingsplicht.



2 Toepassing fosforslak in wegfundering

2.1 Functie wegfundering

Wegfunderingen zijn er om veilig en comfortabel rijden mogelijk te maken. De wegfundering draagt een groot deel van de lasten van de weg en spreidt de belasting over de ondergrond waardoor het risico op het ontstaan van verzakkingen vermindert. De fundering moet daarom een zekere stijfheid bezitten. Dit is eveneens noodzakelijk om vervorming van het wegdek (spoorvorming) tegen te gaan. De stijfheid moet geleidelijk verlopen (dus niet slappe ondergrond en zeer stijve fundering). De stijfheid en draagkracht van de fundering worden aangevuld met die van het wegdek (toplaag en eventueel een tussenlaag). Daarnaast heeft de fundering nog een functie als waterafvoer (drainage).

Voordat het wegdek er op ligt heeft de fundering echter zelf de functie van weg voor bouwverkeer, waarbij de dragende, lastspreidende en vochtregulerende functies ook moeten worden vervuld. Voor wegen met relatief weinig verkeer, zoals woonstraten wordt de fundering tijdens deze bouwfase het zwaarste belast [C.R.O.W. 1994].

Om deze functie te vervullen zijn er drie type granulaire funderingen (eventueel andere materialen, zoals geëxpandeerd polystyreen, het zogenaamde piepschuim, worden buiten beschouwing gelaten):

- a ongebonden (zand, metselwerkgranulaat);
- b gebonden (cement- of bitumengebonden, zoals zandcement en grindasfaltbeton);
- c zelfbindende [C.R.O.W. 1994], hydraulische [Te Lier et al. 1996] of lichtgebonden (betongranulaat, menggranulaat, hoogovenslak, fosforslakmengsel).

ad a

Bij ongebonden funderingen hangt de sterkte af van het aantal contactpunten van de verschillende deeltjes, de wrijvingskracht die deze kunnen weerstaan en de sterkte van de deeltjes zelf. Ongebonden funderingen hebben een geringe stijfheid, waardoor de fundering en/of de asfaltlaag relatief dik aangebracht moeten worden. Onder invloed van vocht en de zware krachten van het bouwverkeer kan de sterkte verminderen en treedt er verpapping op. Dit geldt met name voor metselwerkgranulaat.

ad b

Bij gebonden funderingen is de fundering met behulp van cement of bitumen gebonden. Hierdoor ontstaat een grote stijfheid en een groot draagvermogen. Gebonden materialen kunnen slecht op een slappe ondergrond worden gebruikt. De stijve fundering kan zich dan niet voldoende aanpassen aan de ondergrond waardoor breuk kan optreden. Ook bij overbelasting van gebonden fundering breekt deze, terwijl gebonden en lichtgebonden funderingen vervormen.

ad c

Zelfbindende materialen combineren de eigenschappen van ongebonden en gebonden materialen. In eerste instantie gedragen ze zich als ongebonden materialen. Bij aanwezigheid van water en bij voldoende rust reageren de kleine deeltjes uit het mengsel waardoor ze een soort cement vormen. Dit leidt tot een toenemende stijfheid en draagvermogen in tijd. Bij overbelasting laten

deze verbindingen los, waardoor enige elasticiteit gewaarborgd is. [C.R.O.W. 1994]. Van de zelfbindende elementen is fosforslak de stijfste (1.500 N/mm^2 vs 800 N/mm^2 voor hoogovenslakkenmengsel en menggranulaat en 600 N/mm^2 voor beton-granulaat [Te Riele et al. 1996]). Desondanks wordt fosforslak in de praktijk aan hoogovenslak gelijk gesteld [Van Kampen 1998b, C.R.O.W. 1994].

2.2 Markt van funderingsmaterialen

Bij de aanleg van wegfunderingen wordt vooral gebruik gemaakt van secundaire granulaire materialen. Het grootste deel (circa 2/3) van de funderingen is lichtgebonden (zelfbindend), circa 30% is gebonden en 0%-7% is ongebonden [Van der Klooster et al. 1996]. Dit is ook te zien in bijlage A. Hierbij zijn tevens de kosten vermeld voor het aanbrengen van een m^2 van een specifieke fundering [volgens Te Riele 1996]. Bij de laagste kosten is uitgegaan van een funderingsdikte van 200 mm en een te funderen oppervlak van 10.000 m^2 . Bij de hoogste kosten van resp. 350 mm en 100 m^2 (met uitzondering van AVI-assen). Deze kosten zijn niet zonder meer vergelijkbaar omdat verschillende funderingen verschillende funderingsdikten nodig hebben om een bepaalde sterkte te verkrijgen.

De bouwstoffen zijn door het bouwstoffenbesluit verdeeld in twee categorieën en twee bijzondere categorieën. De categorie 1 materialen kunnen zonder aanvullende bescherming worden toegepast. Voor de categorie 2 en de bijzondere categorie materialen zijn aanvullende milieubeschermingsmaatregelen vereist [Teekens en Van der Bercken, 1996], hierdoor kunnen deze materialen niet onder ZOAB¹ en elementenverharding² worden toegepast [CUR 1996b]. In de praktijk is het gebruik van deze categorieën als wegfundering verwaarloosbaar [Van Kampen 1998b en Aalbers et al. 1998b].

De geschatte opnamecapaciteit door funderingen is 14,5 mln tot 16,6 mln ton/jr. Hierbij is uitgegaan van weinig tot geen fundering in de steden, een onderhoudsfrequentie van bestaande wegen van éénmaal per 20 jaar of éénmaal per 30 jaar en 1% tot 2% nieuwbouw [Van der Klooster, 1996]. In het verleden is bij veel wegen geen steenfundering aangebracht, bij het onderhoud wordt dit alsnog aangebracht. De vraag als gevolg van dit onderhoud is ongeveer 5/6 van de totale vraag naar funderingsmateriaal. Dit leidt tot de verwachting dat in de nabije toekomst (2000) vraag en aanbod van funderingsmateriaal naar verwachting ongeveer aan elkaar gelijk zullen zijn (zie bijlage A). Doordat op termijn alle wegen (alsnog) van fundering zijn voorzien, kan worden verwacht dat de vraag naar funderingsmateriaal zal afnemen [Broers en Weima, 1998].

2.3 Markt fosforslakkenmengsel

Het fosforslakkenmengsel ondervindt vooral concurrentie van (buitenlandse) hoogovenslak, menggranulaat en betongranulaat.

Van het puingranulaat (beton-, metselwerk-, en menggranulaat) wordt ruim de helft [Wegen 1993, AVBB 1994, Van der Klooster 1996 en Te Riele 1996] toegepast als wegfundering. Een verschuiving van ongeveer 5% in het gebruik van puingranulaten zou de fosforslak kunnen vervangen.

¹ Zeer open asfaltbeton.

² Verharding met behulp van elementen, zoals klinkers of tegels.



Hoogovenslakken die snel afgekoeld worden leveren hoogovenslakgranulaat op. Dit kan worden afgezet in de cementindustrie. In Duitsland gebeurt dit bij de helft van de hoogovens. De andere hoogovens hebben een procedé waarbij de afkoeling langzamer gaat en hoogovenstukslak wordt geproduceerd. Deze kristallijnen slak is ongeschikt voor de cementindustrie maar wel geschikt voor wegfunderingen. De productie van deze kristallijnen slak zal in de loop der tijd eerder af dan toe nemen [Aalbers et al. 1998b] door aanpassingen in de procesvoering. Hierdoor wordt het mogelijk de slak tegen een gunstiger prijs in te zetten bij cementproductie

Verwacht wordt dat het bouwstoffenbesluit weinig invloed zal hebben op de marktverhoudingen, omdat de gevolgen op de kosten voor de verschillende materialen vergelijkbaar zullen zijn [Aalbers 1998b, Van Kampen 1998b]. In hoofdstuk 4 zal dieper ingegaan worden op de mogelijke en de te verwachten verschuivingen in de markt als gevolg van een meldingsplicht.



3 Andere toepassingen fosforslak

Fosforslak wordt vooral toegepast in wegfunderingen in het fosforslakkenmengsel. Hiernaast wordt fosforslak ook 'puur' gebruikt.

In de waterbouw wordt grove fosforslak toegepast als stortsteen in brak en zout water (Cl-gehalte > 5.000 mg/l [Te Riele 1996]). Voor toepassing van secundaire materialen als fosforslak in zoet water was een vergunning vereist in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewater [Aalbers 1998b]. Deze eis is vervallen voor zowel primaire als secundaire categorie 1 bouwstoffen met het in werking treden van het bouwstoffenbesluit. De toepassing van categorie 2 bouwstoffen in oppervlaktewater zal naar verwachting slechts bij uitzondering geschieden [Teekens en Van den Bercken 1996]. Momenteel wordt fosforslak als stortsteen vallend in categorie 1 bouwstof aangemerkt. Voor gebruik in zoet water is de uitloging van Cl, Br en F kritisch. Hierdoor zal een deel van het fosforslak waarschijnlijk niet in zoet water als categorie 1 bouwstof kunnen worden toegepast en is een streng keuringsregime vereist voor gebruik van fosforslak in zoet water. Voor toepassing in zout water zijn er waarschijnlijk geen problemen [BDA Intron 1997 en Aalbers et al. 1998a].

Fosforslak wordt als grindvervanger toegepast in grindasfaltbeton (GAB) [Van Dam et al. 1993, Te Riele 1996]. Dit wordt gebruikt als tussenlaag tussen fundering en wegdek. Het gebruik van steenslagasfaltbeton (STAB) neemt toe ten koste van GAB [VBW Asfalt 1997]. Bij toepassing in asfaltbeton is niet het fosforslak, maar het asfaltbeton de bouwstof. Een erkenning als categorie 1 bouwstof lijkt hier geen problemen op te leveren [BDA Intron 1997 en Aalbers et al. 1998a], terwijl ook de radio-activiteit onder het meldingsniveau blijft. Relatief gezien is dit (nog) een kleine toepassing.

Tenslotte kan fosforslak gebruikt worden als toeslagmateriaal in beton voor buitentoepassingen. Deze toepassing bevindt zich nog in onderzoeksstadium [Te Riele 1996 en CUR 1996a].



4 Marktontwikkelingen fosforslak

4.1 Inleiding

Na de literatuurstudie is gesproken met diverse deskundigen in het veld:

- prof. dr ir Ch.F. Hendriks, vmg. dir. CUR, hoogleraar TUD;
- ing. A.G. Bode, Dienst landelijke gebieden afd. Wegen & Verkeer;
- ir F.J.M. van den Bergh, Volker Simon Stevin;
- ir J.Th. van der Zwan, DWW, onderzoekskoördinator wegenbouwmaterialen.

Door deze gesprekken en het voorgaande literatuuronderzoek is een beeld gekregen van de verwachte ontwikkelingen in de markt. Deze zullen eerst behandeld worden. Vervolgens zal worden uitgewerkt welke gevolgen een meldingsplicht voor fosforslak kan hebben. Dit wordt tenslotte uitgewerkt in een aantal scenario's.

4.2 Ontwikkelingen zonder meldingsplicht

Funderingsmaterialen

Zoals in paragraaf 2.2 reeds is aangegeven, wordt verwacht dat de markt voor funderingsmaterialen op termijn zal verminderen. Het aanbod van bouw- en sloopafval en dus van puingranulaten zal naar verwachting toenemen. Deze tegengestelde ontwikkelingen resulteren op termijn in een overschot van puingranulaat. Dit zal leiden tot verhevigde concurrentie en waarschijnlijk tot dalende prijzen voor funderingsmateriaal. Hierdoor wordt het aantrekkelijker om deze materialen op andere wijze te gebruiken. Zo zal mogelijk betongranulaat worden ingezet als toeslagstof voor beton. Hiervoor moet het eerst worden gewassen om verontreinigingen te verwijderen.

Tot nu toe is de toepassing als toeslagstof voor beton beperkt. Een oorzaak hiervan is dat het restproduct van het wassen, het wasslib, duur moet worden gestort. Een andere reden is dat door het onttrekken van betongranulaat aan het menggranulaat het percentage van metselwerkgranulaat toeneemt waardoor de kwaliteit van het menggranulaat daalt. Dit geeft problemen bij toepassing ervan. Mogelijk zal om deze reden en omdat de markt voor funderingsmateriaal verzadigd is, metselwerkgranulaat voor een deel als ophoogmateriaal worden ingezet. Hierdoor wordt primair materiaal (ophoogzand) vervangen.

Toepassing van fosforslak is vooral interessant in zettingsgebieden. Zettingsgebieden zijn gebieden waar de bodem onder belasting (of bij verlaging van het grondwaterpeil) sterk inklinkt. Het betreft vooral veengebieden in het westen en noorden van Nederland. In zettingsgebieden zijn alle wegen reeds voorzien van funderingen. Hier verandert de vraag naar funderingsmateriaal dus nauwelijks. Door andere koelprocedures in Duitsland zal het aanbod van hoogovenslakkenmengsel, het concurrerende materiaal voor fosforslak in zettingsgebieden verminderen. De vraag naar fosforslak zal naar verwachting in dit segment daardoor licht toenemen.

Waterbouw

In de huidige situatie moet voor het gebruik van secundaire materialen in binnenwateren een vergunning worden aangevraagd in het kader van de wet verontreiniging oppervlaktewateren (WVO). Dit is bij de volledige inwerkingtreding van het bouwstoffenbesluit niet meer noodzakelijk. Hierdoor

kunnen alle categorie 1 bouwmaterialen, waaronder fosforslak, worden toegepast in zoetwater. Hierdoor zal het gebruik van primaire materialen in zoetwater waarschijnlijk afnemen en dat van onder meer fosforslak (grove sortering) toenemen. De grove sortering fosforslak zal waarschijnlijk wel aan de voorwaarden van een categorie 1 bouwstof voor toepassing in zoetwater voldoen. Omdat fosforslak echter maar net aan de eisen voldoet zal mogelijk de voorkeur naar andere materialen uitgaan.

Zoals reeds aangegeven in hoofdstuk 3 kan de grove sortering fosforslak in zoutwater nu en in de toekomst naar verwachting zonder meer ingezet worden.

Asfalt

Fosforslak wordt momenteel gebruikt als grindvervanger in asfalt. De laatste vijf jaar staat dit in de standaardbestekken [zie C.R.O.W. 1995] Er worden echter geen problemen verwacht en naar verwachting zal deze toepassing gestaag toenemen.

4.3 Ontwikkeling als gevolg van meldingsplicht

De gevolgen van een meldingsplicht voor het gebruik van fosforslak zijn naar verwachting zeer afhankelijk van de vormgeving van de meldingsplicht. Met name de hoeveelheid extra werk, de nadruk die het legt op de radio-activiteit (imago) en de verwachte gevolgen voor de hergebruiksmogelijkheden zullen belangrijke factoren zijn. De gevolgen zullen per toepassing (fundering, waterbouw, asfalt) en per soort afnemer worden behandeld.

Funderingsmateriaal

Gemeenten

Verwacht wordt dat een expliciete meldingsplicht³ voor gebruik van fosforslak zal leiden tot een vermindering van het gebruik in gemeenten. De wethouder zal niet willen tekenen voor het gebruik van materiaal binnen zijn gemeente, dat enige radio-activiteit vertoont. Mogelijk zal het in zettingsgebieden nog wel toegepast worden, omdat de voordelen van fosforslak daar duidelijk zijn. Als alternatief kan hier geïmporteerd hoogovenslak worden ingezet.

Indien er een centrale meldingsplicht komt of de melding slechts op het certificaat van fosforslak wordt vermeld, worden er nauwelijks veranderingen verwacht. Mogelijke gevolgen zijn in tabel 1 opgenomen.

³ In dit rapport wordt met een expliciete meldingsplicht een meldingsplicht per werk bedoeld. Dit houdt in dat de toepassing van fosforslak elke keer aangemeld moet worden bij het bevoegd gezag. De andere vorm van meldingsplicht is de centrale meldingsplicht. Met een centrale meldingsplicht wordt bedoeld dat centraal (bij de erkende kwaliteitsverklaring) de radio-activiteit moet worden gemeld of dat het op het attest met erkend productcertificaat wordt vermeld.



Tabel 1 Waarschijnlijkheid gevolgen meldingsplicht toepassing fosforslak bij wegeaanleg in opdracht van gemeenten

Wegenbouw, gemeente	Waarschijnlijkheid	Vraagontwikkeling
Expliciete meldingsplicht	Meest	Vraag valt weg
	Minder	Toepassing in zettingsgebieden blijft
Centrale meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk

Provincies en waterschappen

Provincies en waterschappen zijn een verwaarloosbare opdrachtgever voor wegenbouwprojecten.

Rijk

Een extra melding zal niet veel effect hebben op de vraag van grote afnemers (Rijkswaterstaat, Dienst Landelijke Gebieden) die voldoende kennis in huis hebben om in te zien dat de radio-activiteit geen probleem behoeft te zijn. Indien de melding echter tot (veel) extra werk leidt en ruim van tevoren moet plaatsvinden zal dit leiden tot een daling van de vraag bij deze afnemers. Dit is zeker ook het geval indien er problemen worden verwacht voor eventueel hergebruik. Wanneer door afzetproblemen een prijsdaling optreedt kan de vraag echter ook toenemen.

Ook kan de afzet worden gecontinueerd of zelfs worden bevorderd doordat fosforslak dwingend wordt voorgeschreven, zoals momenteel het geval is bij het bodemas van afvalverbrandingsinrichtingen (AVI-bodemas). Voor dit AVI-bodemas geldt dat het landelijk beleid streeft naar vermindering van het storten van afval en uitbreiding van het verbranden tot het huidige capaciteitsniveau. Dit verbranden heeft echter als nadeel dat slak ontstaat dat buiten de eisen van bouwstofcategorie 1 en 2 van het bouwstoffenbesluit valt. Om te voorkomen dat AVI-bodemas gestort zou moeten worden, wordt het voor bepaalde projecten door Rijkswaterstaat voorgeschreven. Het AVI-bodemas brengt dan niets op. Voor fosforslak zou eventueel dezelfde regeling mogelijk zijn. Dit heeft echter beleidsmatig nogal wat haken en ogen (zoals aanpassing bouwstoffenbesluit) en grote kostenconsequenties voor ThermPhos. Het lijkt dan ook niet in de rede te liggen voor fosforslak een zelfde regeling te treffen als voor AVI-bodemas.

Mogelijke gevolgen zijn in de tabel 2 opgenomen.

Tabel 2 Waarschijnlijkheid gevolgen meldingsplicht toepassing fosforslak bij wegeaanleg in opdracht van het rijk

Wegenbouw, rijk	Waarschijnlijkheid	Vraagontwikkeling
Expliciete meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk
	Minder	Vraag neemt af
Centrale meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk
	Minder	Vraag neemt toe

Export

Momenteel wordt een deel van de fosforslak geëxporteerd. Vanuit de EU-regelgeving rond het milieu en mededinging is het onduidelijk wat de effecten zijn van een meldingsplicht op export van fosforslak naar andere EU-

landen. Meldingsplicht in Nederland kan zowel tot een toename als tot een afname van de export leiden.

Indien EU-regelgeving niet tot problemen leidt, is het mogelijk dat bij inzakende binnenlandse markt door marktspanningen van de aanbieder van fosforslak en een noodzakelijke lagere prijs de export zal toenemen. Het is echter ook mogelijk dat als gevolg van de meldingsplicht fosforslak een negatief imago krijgt, met als gevolg het inzakken van de buitenlandse vraag. Mogelijke gevolgen zijn in de onderstaande tabel samengevat.

Tabel 3 Waarschijnlijkheid gevolgen meldingsplicht voor export fosforslak

Wegenbouw, export	Waarschijnlijkheid	Vraagontwikkeling
Expliciete meldingsplicht	Onduidelijk	Afzet neemt toe
	Onduidelijk	Afzet neemt af
Centrale meldingsplicht	Meest	Afzet blijft gelijk
	Minder	Afzet neemt toe

Waterbouw

Zoutwaterbouw

Naar verwachting zal een meldingsplicht weinig invloed hebben op het gebruik in zoutwaterbouw. De opdrachtgevers in deze sector hebben voldoende expertise om in te zien dat de radio-activiteit geen probleem behoeft te zijn. Door de omvang van veel van de zoutwaterprojecten zal het mogelijke extra werk relatief gering zijn. Een prijsdaling van fosforslak kan mogelijk het gebruik hiervan stimuleren. Dit effect is echter beperkt doordat slechts een deel van de fosforslak (de grove sortering) in de waterbouw gebruikt kan worden. De mogelijke gevolgen zijn in tabel 4 samengevat.

Tabel 4 Waarschijnlijkheid gevolgen meldingsplicht voor toepassing fosforslak in de zoutwaterbouw

Zoutwaterbouw (rijk)	Waarschijnlijkheid	Vraagontwikkeling
Expliciete meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk
	Minder	Vraag neemt iets toe
Centrale meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk
	Minder	Vraag neemt iets toe

Zoetwaterbouw

Zoals gezegd wordt fosforslak door de WVO-plicht momenteel niet ingezet in de zoetwaterbouw. Ook na het wegvallen van de verplichte WVO-vergunning is de introductie van fosforslak in deze markt waarschijnlijk zeer moeilijk. De redenen hiervoor zijn dat fosforslak op de grens van categorie 1 zit en omdat de bekendheid van fosforslak op deze markt gering is. Indien daar een meldingsplicht bij komt zal dit de introductie nog moeilijker maken. De mogelijkheden zijn in tabel 5 opgenomen.



Tabel 5 Waarschijnlijkheid gevolgen meldingsplicht voor toepassing fosforslak in de zoetwaterbouw

Zoetwaterbouw (rijk)	Waarschijnlijkheid	Vraagontwikkeling
Expliciete meldingsplicht	Meest	Vraag blijft verwaarloosbaar klein
	Minder	Bestaande geringe vraag valt weg
Centrale meldingsplicht	Meest	Vraag blijft verwaarloosbaar klein

Asfalt

In de huidige situatie zonder meldingsplicht is een geleidelijke toename van de toepassing van fosforslak te verwachten. De overweging hiervoor is dat fosforslak goedkoper is dan grind en de bekendheid over de kwaliteit van asfalt met fosforslak toeneemt. In niet-standaard bestekken kan fosforslak steenslag vervangen. In standaard bestekken van Rijkswaterstaat kan fosforslak steenslag niet zonder meer vervangen, maar grind wel. De sterkte van asfalt met fosforslak ligt tussen die van asfalt met grind en asfalt met steenslag in.

Een als gevolg van een meldingsplicht mogelijk lagere prijs kan de toepassing in asfalt eventueel nog doen toenemen. Niet alle fosforslak is geschikt voor toepassing in het asfalt. Maximaal is eenderde tot een kwart van alle fosforslak geschikt voor toepassing in asfalt.

Bij gebruik van fosforslak in asfalt zal de meldingsplicht alleen gelden voor de asfaltcentrales. Indien de fosforslak eenmaal in het asfalt is verwerkt, is asfalt het bouw materiaal en geldt er geen meldingsplicht meer. Denkbaar is dat bij een specifieke meldingsplicht het bevoegd gezag dat die de milieuvergunning aan de asfaltcentrale moet verlenen de voorwaarde stelt dat geen fosforslak mag worden gebruikt. Door onbekendheid en om potentiële onrust bij de bevolking te voorkomen kan een wethouder van een gemeente geneigd zijn een dergelijke voorwaarde in de vergunning op te nemen. De mogelijke gevolgen van een meldingsplicht zijn in tabel 6 opgenomen.

Tabel 6 Waarschijnlijkheid gevolgen meldingsplicht voor toepassing fosforslak in asfalt

Asfalt (asfaltcentrale)	Waarschijnlijkheid	Vraagontwikkeling
Expliciete meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk
	Minder	Vraag neemt toe (lagere prijs) of valt weg door niet toestaan in milieuvergunning asfaltcentrale
Centrale meldingsplicht	Meest	Vraag blijft gelijk

4.4 Scenario's marktontwikkeling

De mogelijke ontwikkelingen worden in deze paragraaf vertaald naar enkele scenario's. Daartoe zijn de verwachte verschillende ontwikkelingen bij verschillende afnemers en toepassingen in één tabel 7 geplaatst.

Uit concurrentie-overwegingen zijn afzetcijfers van fosforslak niet herkenbaar in het hoofd rapport opgenomen. Ze zijn opgenomen in bijlage B die alleen aan de opdrachtgever ter beschikking staat.

Tabel 7 Scenario's bij expliciete meldingsplicht

Expliciete meldingsplicht		Vraagontwikkeling
Meest waarschijnlijke scenario	Wegenbouw, gemeente	Vraag valt weg
	Wegenbouw, rijk	Vraag blijft gelijk
	Wegenbouw, export	Afzet neemt iets toe (aannee + 10%)
	Zoutwaterbouw	Vraag blijft gelijk
	Zoetwaterbouw	Vraag blijft klein
	Asfalt	Vraag blijft gelijk
	TOTAAL	Vraag naar fosforslak neemt iets af (minus 10% - 20%)

Expliciete meldingsplicht		Vraagontwikkeling
Ongunstigste scenario	Wegenbouw, gemeente	Vraag valt weg
	Wegenbouw, rijk	Vraag neemt af (aannee minus 50%)
	Wegenbouw export	Afzet neemt af (aannee minus 50%)
	Zoutwaterbouw	Vraag blijft gelijk
	Zoetwaterbouw	Vraag valt weg
	Asfalt	Vraag valt weg
	TOTAAL	Vraag naar fosforslak valt grotendeels weg (minus 50% - 70%)

Expliciete meldingsplicht		Vraagontwikkeling
Gunstigste scenario	Wegenbouw, gemeente	Vraag in zettingsgebieden blijft
	Wegenbouw, rijk	Vraag blijft gelijk
	Wegenbouw export	Afzet neemt iets toe (aannee + 10%)
	Zoutwaterbouw	Afzet neemt iets toe (aannee + 10%)
	Zoetwaterbouw	Vraag blijft klein
	Asfalt	Afzet neemt iets toe (aannee + 10%)
	TOTAAL	Afname van de vraag bij gemeenten wordt opgevangen door toename van de vraag elders

Bij een centrale meldingsplicht ligt de situatie aanmerkelijk eenvoudiger. Verwacht mag worden dat dit geen of weinig effect zal hebben op de vraag.

Het meest waarschijnlijke scenario bij een expliciete meldingsplicht is het in wegvallen van de vraag bij kleine opdrachtgevers. Toename van de export kan enig soelaas bieden. Indien Thermphos op dezelfde capaciteit blijft produceren dient 10% - 20% van de slakken te worden opgeslagen.

Het ongunstigste scenario bij een expliciete meldingsplicht is het meer dan halveren van de vraag. Ook export biedt dan geen soelaas. Indien Thermphos op dezelfde capaciteit blijft produceren dient 50% - 70% van de fosforslak te worden opgeslagen.

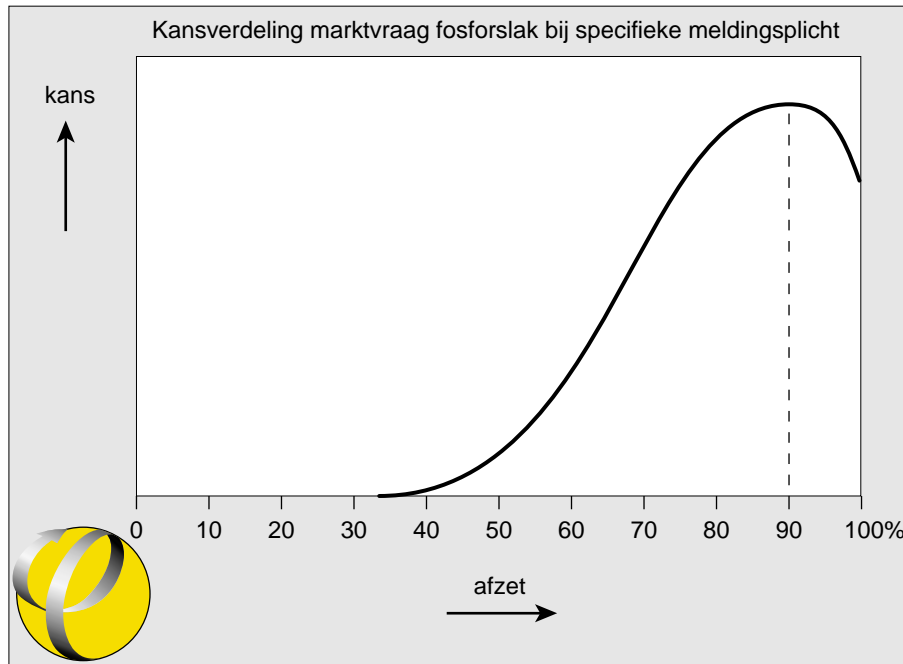
Het gunstigste scenario bij een expliciete meldingsplicht is een beperkte afname van de vraag bij kleine opdrachtgevers. Dit wordt geheel gecompens-



seerd door uitbreiding van de export, toename van het gebruik in de zoutwaterbouw en toename van het gebruik in asfalt.

Op basis van deze scenario's is in figuur 1 de kansverdeling van de marktvraag naar fosforslak als gevolg van een specifieke meldingsplicht opgenomen.

Figuur 1 Kansverdeling marktvraag fosforslak bij specifieke meldingsplicht





5 Milieu-effecten

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de milieu-effecten van de drie scenario's met elkaar vergeleken. Omdat het gaat om een vergelijking van de verschillende scenario's zal alleen worden gekeken naar die aspecten waar de scenario's onderling in verschillen. Daartoe is als referentie het scenario genomen dat continuering van de huidige situatie inhoudt. Dit komt overeen met de situatie bij een centrale meldingsplicht.

Bij de drie scenario's vallen bepaalde afzetmarkten weg of worden gereduceerd. Daardoor komt een hoeveelheid fosforslak vrij die of voor een andere afzetmarkt in aanmerking komt of niet kan worden afgezet. In dit laatste geval moet het worden opgeslagen. Uitgangspunt voor deze studie is dat de productiecapaciteit van Thermphos gelijk blijft.

Allereerst wordt per marktsector nagegaan wat de effecten zijn van het wijzigen van de afzet in die sector. Deze effecten betreffen: door welke materialen wordt fosforslak vervangen bij wegvallen of reductie van de afzet, wat zijn de stralingseffecten en wat zijn de effecten op transport.

In de daarop volgende paragraaf worden de milieu-effecten van die effecten gegeven. Door de milieu-effecten per ton te vermenigvuldigen met het tonnage van de marktverschuivingen per sector, wordt het milieu-effect per scenario verkregen.

5.2 Alternatieven voor fosforslak

Wegenbouw gemeenten

Fosforslak dat wordt ingezet bij de wegenbouw van gemeenten is onderscheiden in twee categorieën. Het deel dat wordt gebruikt in zettingsgevoelige gebieden en het deel dat daarbuiten wordt gebruikt. Het niet meer gebruiken van fosforslak voor een weg, betekent dat de weggebruikers en wegwerkers niet aan straling vanuit de wegconstructie worden blootgesteld. De fosforslak wordt bij gemeentelijke wegen vervangen door menggranulaat. Door het gebruik van dit menggranulaat wordt verondersteld dat het volgende mechanisme optreedt. Het menggranulaat, een mengsel van beton- en metselwerkgranulaat, wordt onttrokken aan een andere toepassing. Dit is het gebruiken van beton-granulaat in plaats van grind in beton en het toepassen van metselwerkgranulaat in plaats van ophoogzand. In plaats van betongranulaat voor grind is dan primair grind benodigd. In plaats van metselwerkgranulaat voor ophoogzand is dan primair zand benodigd.

Voor het bepalen van de gevolgen van deze verschuiving voor het materiaalgebruik wordt uitgegaan van de voorbeeldconstructies in 'Gefundeerd op weg' [CROW 1994]. Hieruit blijkt dat bij een wegconstructie met menggranulaat meer asfalt wordt gebruikt dan bij een wegconstructie met fosforslakmengsel.

Rekening houdend hiermee wordt in bijlage C berekend tot welke effecten dit leidt met betrekking tot materialengebruik en transport.

Voor zettingsgevoelige gebieden leidt de vervanging van 1 ton fosforslakmengsel door menggranulaat tot:

- extra inzet van 0,42 ton primair grind;
- extra inzet van 0,84 ton primair zand;
- 0,015 ton minder slib door het niet meer wassen van betongranulaat;
- extra inzet van 0,005 ton bitumen;
- extra inzet van 0,006 ton vulstof;
- een besparing van 150 tonkm watertransport van fosforslak ⁴.

Voor de niet zettingsgevoelige gebieden leidt dit tot:

- extra inzet van 0,54 ton primair grind;
- extra inzet van 0,51 ton primair zand;
- 0,018 ton minder slib;
- extra inzet van 0,009 ton bitumen;
- extra inzet van 0,011 ton vulstof;
- een besparing van 100 tonkm watertransport van fosforslak.

Wegenbouw rijk en export

Menggranulaatfunderingen van provinciale en rijkswegen worden nooit direct op zettingsgevoelige grond uitgevoerd. Indien de grond wel zettingsgevoelig is wordt deze eerst met behulp van een weglichaam (ophoogzand) verstevigd tot de juiste draagkracht is verkregen. Voor toepassing bij het rijk is de analyse uitgevoerd voor provinciale en rijkswegen in bijlage C.

Voor export wordt hetzelfde effect aangenomen als bij rijkswegen.

De gevolgen van de vervanging van 1 ton fosforslakmengsel zijn in dit geval:

- extra inzet van 0,59 ton primair grind;
- extra inzet van 0,52 ton primair zand;
- 0,018 ton minder slib;
- extra inzet van 0,015 ton bitumen;
- extra inzet van 0,015 ton vulstof;
- een besparing van 100 tonkm watertransport van fosforslak;
- een besparing van 200 tonkm watertransport van fosforslak bij export.

Waterbouw

In de waterbouw wordt fosforslak ingezet als stortsteen, waarbij het gewicht het belangrijkste criterium is. De verwachting is dat er hier nauwelijks verschuivingen in het gebruik zullen optreden. Mogelijk zal fosforslak minder in de zoetwaterbouw worden gebruikt. Aangezien de mogelijke marktverschuivingen zeer beperkt zullen zijn, worden de effecten daarvan verwaarloosd.

Asfalt

Bij asfalt vervangt fosforslak het grind in grindasfaltbeton (GAB). Dit gebeurt met een verhouding die op massabasis vrijwel gelijk is aan 1 op 1 [Van Dam e.a., 1993]. Substitutie van 1 ton fosforslak leidt hier tot:

- extra inzet van 1 ton (gebroken) grind;
- besparing 100 tonkm watertransport van fosforslak. Het transport van grind komt in de volgende paragraaf aan de orde.

Samenvatting

In tabel 8 worden de gevolgen voor het materiaalgebruik en transport van de vervanging van 1 ton fosforslak samengevat. Hierbij is er rekening mee gehouden dat fosforslakmengsel voor de wegenbouw voor 90% uit fosforslak bestaat [Te Riele e.a. 1996].

⁴ Het transport van de andere materialen wordt meegenomen bij de berekening van de milieueffecten van die materialen.



Tabel 8 Materiaalverschuivingen en transport-effecten van vervanging 1 ton fosforslak bij diverse afzetsectoren

Afzetsector			Grind (ton)	Zand (ton)	Slib (ton)	Bitumen (ton)	Vulstof (ton)	Watertransport van fosforslak (tonkm)
Wegenbouw	Gemeenten	Zettingsgevoelig	0,46	0,94	-0,016	0,0056	0,0067	-167
		niet zettingsgev.	0,60	0,56	-0,02	0,01	0,01	-111
	Rijk		0,66	0,58	-0,020	0,017	0,017	-111
	Export							-222
Asfalt			1,0					-100
Waterbouw			Verwaarloosd					

5.3 Milieu-effecten alternatieven fosforslak

In deze paragraaf worden per ton materiaal uit tabel 8 de milieu-effecten berekend.

Straling

Fosforslak heeft evenals andere steenachtige materialen een bepaalde natuurlijke straling. Toepassing ervan als funderingsmateriaal in de wegenbouw en als vervanging van grind in asfaltbeton resulteert in een straling naar de weggebruiker. De stralingsdosis die een weggebruiker ontvangt is afhankelijk van de tijdsduur die hij op een weg met fosforslak doorbrengt. De straling is ook sterk afhankelijk van de dikte van de asfaltlaag (of andere wegdeklaag) die zich bevindt boven de laag in het wegpakket met fosforslak. Deze lagen schermen de straling sterk af. Bij toepassing van fosforslak als funderingsmateriaal in licht belaste wegen in zettingsgevoelige gebieden bevindt zich slechts 8 cm asfalt op de funderinglaag. Bij zwaar belaste rijkswegen bevindt zich tot 21 cm asfalt op de funderingslaag. Door Kema zijn berekeningen gemaakt van de straling die men ontvangt van de fosforslak toegepast als funderingsmateriaal en toegepast in het asfalt. De gemiddelde straling die men ontvangt als men zich op de weg bevindt met fosforslak als funderingsmateriaal bedraagt 0,5 mSv per jaar bij permanent verblijf op de weg. Bij toepassing van fosforslak in asfaltbeton is de gemiddelde straling 0,4 mSv per jaar bij permanent verblijf op de weg.

In bijlage D wordt de collectieve stralingsdosis berekend van toepassing van fosforslak als funderingsmateriaal en als grindvervanging in asfaltbeton. De collectieve stralingsdosis van toepassing fosforslak als funderingsmateriaal is 40,18 μ mensSv/ton fosforslak en als grindvervanger in asfaltbeton is 143,6 μ mensSv/ton fosforslak.

De mensen werkzaam in de grond-, weg- en waterbouw ontvangen bij hun werkzaamheden met fosforslak ook een bepaalde straling. In bijlage D is deze berekend op 0,49 μ mensSv/ton fosforslak bij toepassing als fundering en 2,17 μ mensSv/ton fosforslak bij toepassing in asfalt.

De stralingsdosis van opgeslagen fosforslak is verwaarloosbaar (zie bijlage D).

Grind

Grind wordt voor bijna 45% gewonnen in Limburgse grindwinningsgebieden terwijl ruim 50% geïmporteerd wordt [Biekart e.a. 1988, Van den Broek 1989]. De winning van grind heeft als milieu-effecten:

- Landschapsverandering:
als gevolg van grindwinning wordt per jaar 60 à 70 ha land op de schop genomen [Van den Broek, 1989] voor 10 miljoen ton grind [Biekart e.a. 1988] per jaar. Dit komt op 0,06 a 0,07 m² per ton grind.
- Effecten op waterkwaliteit:
bij diepe grindwinning treden er wisselingen in de zuurstofconcentraties op [Van den Broek, 1989] met mogelijk negatieve effecten op de onderwater flora en fauna.
- Effecten op biodiversiteit:
door grindwinning worden bepaalde planten en dieren verdreven. Dit kan gebeuren doordat hun leefgebied wordt afgegraven (bij bijvoorbeeld dassenburchten) of doordat de waterhuishouding en grondwaterstand wordt verstoord [Jannink e.a. 1990].
- Gebruik energie:
het winnen, zeven, wassen, sorteren, breken van grind kost 13 MJ diesel en 22 MJ elektrische energie per ton grind.
- Transport:
daarnaast wordt het gemiddeld 200 km vervoerd naar de betonfabriek [Vroonhof e.a. 1997]. Dit gebeurt over water [Biekart e.a. 1988].

Inzet betongranulaat

Indien betongranulaat wordt ingezet als grindvervanging in beton, in plaats van als funderingsmateriaal moet het gewassen worden en naar de betonfabriek worden getransporteerd. Dit leidt tot de volgende milieu-effecten:

- Afvalproductie:
per ton gewassen betongranulaat wordt 42 kg te storten slib geproduceerd [Vroonhof e.a. 1997].
- Gebruik energie:
per ton gewassen betongranulaat wordt 12 MJ elektrische energie gebruikt [Vroonhof e.a. 1997].
- Transport:
de gemiddelde vervoersafstand van betongranulaat naar de betonfabriek (ca. 25 km [Vroonhof e.a. 1997]) is vergelijkbaar met de gemiddelde vervoersafstand bij inzet als funderingsmateriaal (ca. 25 km [Kreuzberg e.a. 1994]). Hier treden dus geen milieu-effecten op.

Zand

Zand dat als restproduct vrijkomt bij aanleg van infrastructuur of bij bouwprojecten wordt veelal als ophoogzand ingezet. Het grootste deel van het ophoogzand is echter geen restproduct maar wordt gewonnen in zandwinningsgebieden. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat het vervangen zand primair zand is, dat is gewonnen met het doel het in te zetten als ophoogzand. De winning hiervan heeft de volgende milieu-effecten:

- Effecten op het landschap:
door zandwinning wordt een deel van het landschap ontgrond en omgezet in water. Het gaat hierbij om 0,16 tot 0,18 m² per ton [Lindeijer e.a., 1998]. Daarnaast kan er door daling van het grondwaterpeil het omliggende terrein gaan inklinken [Van den Broek, 1989].



- Effecten op de waterkwaliteit:
door (diepe) zandwinning kunnen veranderingen optreden in het natuurlijke chloride-, zuurstof- en fosfaatgehalte van het water [Van den Broek, 1989].
- Aantasting biodiversiteit:
door de verstoring van de waterkwaliteit vindt er verarming plaats van het natuurlijke waterleven [Van den Broek, 1989]. Bovendien is landleven onmogelijk in de zandgaten.
- Energiegebruik:
zandwinning vergt een energie-gebruik van 13 MJ-diesel per ton zand [Vroonhof e.a., 1997].
- Transport:
het gewonnen zand wordt vervolgens per binnenschip verder getransporteerd (voor betonzand gemiddeld 100 km [Vroonhof e.a., 1997]).

Inzet metselwerkgranulaat

Indien metselwerkgranulaat wordt ingezet als ophoogzand in plaats van in wegfunderingen wordt het ongemengd toegepast. Aangenomen is dat het beton- en metselwerkgranulaat naar wens gemengd of ongemengd kan worden aangeleverd. Dit heeft dus verder geen milieu-effecten. Verder wordt metselwerkgranulaat op dezelfde manier bewerkt (gebroken) en op dezelfde plaats (nieuwe wegen) ingezet. De inzet van metselwerkgranulaat als ophoogmateriaal of als funderingsmateriaal heeft (naast substitutie) dus geen milieu-effecten.

Slib

Het slib dat ontstaat bij het wassen van betongranulaat moet worden gestort. Milieu-effecten hiervan zijn:

- finaal afval (42 kg per ton betongranulaat);
- transport:
het transport naar een stortplaats bedraagt gemiddeld 25 km over de weg [Kreuzberg e.a. 1994].

Asfalt

De dikte van de toplaag van het asfaltpakket is alleen afhankelijk van het wegtype. De dikte van de onderlaag van het asfaltpakket is afhankelijk van het wegtype en de ondergrond. Bij vervanging van fosforslak door menggranulaat is dan een dikkere onderlaag asfalt nodig. Aangenomen is deze extra benodigde hoeveelheid asfalt bestaat uit grindasfaltbeton. In deze studie zullen de milieu-effecten van de extra productie van het asfalt uit primaire materialen meegenomen worden. Voor berekening van de milieu-effecten ervan zie bijlage C.

Opslag

Indien de fosforslak niet meer afgezet kan worden zal deze opgeslagen moeten worden. Aangenomen wordt dat de opslag plaatsvindt op de terreinen van ThemPhos en van Pelt en Hooykaas. Deze opslag leidt tot:

- finaal afval;
- energie en transport: omdat het ter plaatse wordt opgeslagen wordt ervan uitgegaan dat het transport verwaarloosbaar is.

Samenvatting effecten op energie, transport en finaal afval

In tabel 9 worden het met toepassing van alternatieve materialen samenhangend finaal afval, energieverbruik en transport kort samengevat.

Tabel 9 Met toepassing 1 ton van alternatieve materialen samenhangend finaal afval, energieverbruik en transport

	Finaal afval ton/ton	Elektriciteit MJ/ton	Diesel MJ/ton	Thermisch MJ/ton	Water-transport tonkm	Weg-transport tonkm
Grind ipv betongranulaat		22 minus 12 10	13 minus 0 13		200	
Zand ipv. Met-selwerkgran.			13		100	
Slib	1					25
Bitumen	-0,72	460		15.680	3200	2000
Opslag	1					

5.4 Milieu-effecten van de scenario's

De effecten van de scenario's zijn berekend door de materiaalverschuivingen en transporteffecten als gevolg van vervanging van 1 ton fosforslak (tabel 8) te koppelen aan de data uit tabel 9 en te vermenigvuldigen met de marktverschuivingen uit de vertrouwelijke bijlage. Het resultaat daarvan is in tabel 10 opgenomen.

Tabel 10 Effecten scenario's per jaar

Scenario	Straling mensSiev	Finaal afval kton	E-verbruik GJ-elek.	E-verbruik GJ-diesel	E-verbruik GJ-therm.	Transport over water ktonkm	Transport per as Ktonkm
Referentie	0	0	0	0	0	0	0
Waarschijnlijk	-2,44	59	387	1013	3478	5187	418
Ongunstig	-21,44	341	4093	5262	58887	22855	7382
Gunstig	0,33	-0,3	7,1	139	-312	2871	-48

Van het energieverbruik en het transport zijn de belangrijkste emissies, emissies van CO₂, NO_x en SO₂. Voor de kwantitatieve gegevens hiervan zie bijlage. Met behulp daarvan zijn de milieu-effecten bepaald. Deze zijn in tabel 11 opgenomen.

Tabel 11 Milieu-effecten per jaar

Scenario	Straling MensSiev.	Finaal afval kton ¹		Emissie CO ₂ ton	Emissie NO _x ton	Emissie SO ₂ ton	Energie GJ-primair
		Incl.	excl.				
Referentie	0	0	0	0	0	0	0
Waarschijnlijk	-2,44	58,8	-1,2	537	4,76	0,76	8700
Ongunstig	-21,44	341	-7,9	5996	30,8	6,8	102250
Gunstig	0,33	-0,3	0	70	1,6	0,2	930

¹ Finaal afval: incl. is inclusief de opslag van fosforslak en excl. is exclusief deze opslag.



Korte toelichting op de milieu-effecten

Omdat in het ongunstige scenario een groot deel van de fosforslak als finaal afval wordt opgeslagen, is de reductie van de straling als gevolg van toepassing in de wegconstructie het grootst.

De emissies van CO₂, NO_x en SO₂ en het energiegebruik zijn het hoogst in het ongunstige scenario door de toepassing van de alternatieve materialen. Toepassing van primair grind en zand vergt duidelijk meer energie en transport.

De vermeden stort van het slib afkomstig van het wassen van betongranulaat speelt bij finaal afval een ondergeschikte rol ten opzichte van de opslag van fosforslak. In de tabel 11 is deze hoeveelheid slib ter informatie in de kolom 'finaal afval excl.' Opgenomen.



6 Vergelijking en conclusies

6.1 Methodologische schaduwrijzen

De theorie van de schaduwrijzen wordt uitvoerig toegelicht in de CE-brochure 'Appels, peren en milieumaatregelen' en het rapport 'Schaduwrijzen Prioriteringsmethodiek voor Milieumaatregelen' van CE, december 1997. In deze bijlage worden naast de theorie, schaduwrijzen afgeleid voor CO₂, NO_x, SO₂ en finaal afval. Voor straling is de schaduwrijz daarin niet bepaald.

Voor straling wordt de schaduwrijz hieronder afgeleid. De daarvoor gebruikte bronnen zijn CE 1998, ICRP 1991, ICRP 1983, Gezondheidsraad 1995 en Tweede Kamer 1990.

In verband met straling worden in het algemeen twee eenheden gebruikt: Becquerel (Bq) en Sievert (Sv). Becquerel is een eenheid van activiteit, waarbij één Bq staat voor één desintegratie per seconde ten gevolge van radio-actief verval. Aanverwante eenheden zijn Bq per gewichtseenheid of Bq per volume-eenheid. Sievert is een eenheid voor stralingsdosis, waarbij één Sv staat voor één J/kg. Een aanverwante eenheid is de man Sv, een (collectieve) stralingsdosis per mens. De Nederlandse wet- en regelgeving is gericht op het vermijden van stralingsbronnen en wanneer dit niet mogelijk is, de stralingsbronnen te minimaliseren. Voor dit minimaliseren wordt hieronder te schaduwrijz afgeleid uitgedrukt in guldens per vermeden man Sv.

Er zijn nu twee methoden om schaduwrijzen te bepalen. In de eerste methode wordt bekeken hoeveel kosten de maatschappij in de praktijk maakt om slachtoffers van straling te voorkomen. De hoogste kosten per vermeden man Sv geven dan een maat van hoeveel het de maatschappij waard is om stralingslachtoffers te voorkomen. Dit is dan ook de schaduwrijz. Er blijkt echter onvoldoende informatie beschikbaar om op een dergelijke wijze een schaduwrijz vast te stellen. Er zijn ons uit de literatuur geen gegevens bekend en ook het Ministerie van VROM en het RIVM blijken niet over gegevens te beschikken.

In de tweede methode wordt bekeken wat de kans is op slachtoffers bij een bepaalde stralingsdosis en wordt bekeken wat de maatschappij er in het algemeen voor overheeft om slachtoffers (onafhankelijk van het soort risico) te vermijden. Deze methode blijkt wel tot zinvolle resultaten te komen. De berekening is als volgt.

Internationaal wordt uitgegaan van een kans op een dodelijke vorm van kanker van 5% per man Sv (ICRP, 1991). In Nederland wordt echter een waarde van 2,5% per man Sv aangehouden (VROM, 1990).

Op basis van verschillende studies is een financiële waardering te geven van een leven, of anders gezegd de prijs die de maatschappij ervoor overheeft om slachtoffers van bepaalde activiteiten te voorkomen. De 'prijs' van een leven wordt geschat op circa 1,4 tot 2,3 miljoen guldens (CE, 1998). Indien deze waarde wordt gecombineerd met het risico verbonden aan het blootstaan aan straling dat in Nederland wordt gehanteerd, komt men op een bedrag van f 35.000,- tot f 57.500,- per man Sv. Indien men uitgaat van de 'internationale' waarde van 5% per man Sv, dan komt men op een bedrag van f 70.000,- tot f 115.000,- per man Sv. Deze bedragen komen redelijk overeen met de KBA-waarde van £ 20.000,- (circa f 62.500,-) per man Sv

die afkomstig zijn van de NRPB en worden genoemd in verschillende Thermphos-notities. Deze zullen dan ook worden gebruikt.

De volgende schaduw prijzen worden gebruikt:

CO ₂	f 0,10/kg
NO _x	f 10,-/kg
SO ₂	f 7,-/kg
finaal afval	f 2,-/kg
straling	f 0,0625/micromanSievert

6.2 Berekening schaduw prijzen scenario's

In tabel 12 zijn de schaduw prijzen van de scenario's berekend.

Tabel 12 Schaduw prijzen scenario's in guldens * 1.000

Scenario's	Straling	Finaal afval	CO ₂	NO _x	SO ₂	Totaal	Totaal excl. Opslag fosforslak
Referentie	0	0	0	0	0	0	0
Waarschijnlijk	-152	117592	54	48	5	117546	-2454
Ongunstig	-1340	681240	600	308	47	681240	-16190
Gunstig	21	-655	7	16	1	-610	-610

Naast de totale schaduw prijs per scenario is ter informatie ook het totaal vermeld zonder aanmerking van de opslag van fosforslak als finaal afval. Dit om de invloed van deze opslag op de schaduw prijs aan te geven. Deze opslag blijkt namelijk zeer overheersend in de schaduw prijs van het ongunstige en waarschijnlijke scenario.

Onzekerheid

In de afzetscenario's zit een ruime onzekerheid. In de vertrouwelijke bijlage B zijn op basis van ontvangen afzetcijfers over 4 jaren een gemiddelde, een standaarddeviatie en een minimum en maximum bepaald per scenario. De in de tabellen weergegeven berekeningen zijn op basis van het gemiddelde uitgevoerd. De maximum afzet in het gunstige en waarschijnlijke scenario heeft als bovengrens de gemiddelde jaarlijkse productie. De schaduw prijs is ook berekend voor de minimum afzet en voor de maximum afzet. In tabel 13 zijn hiervan de resultaten opgenomen, wederom voor het wel en niet aanrekenen van de opslag fosforslak als finaal afval. Voor de kansverdeling van de afzet wordt verwezen naar figuur 1 in hoofdstuk 4.

Tabel 13 Schaduw prijs in 1.000 guldens per scenario voor gemiddelde, minimum en maximum afzet

Scenario	Gemiddelde afzet	Maximum afzet	Minimum afzet
Referentie	0	0	0
Waarschijnlijk	117546	4646	517694
Ongunstig	680855	460411	903237
Gunstig	-610	-610	460716



6.3

Vergelijking

Vergelijking milieu-effecten

Bij vergelijking van de bijdragen van de verschillende milieu-effecten aan de schaduwprijs valt het volgende op:

- 1 De bijdrage van straling is te verwaarlozen ten opzicht van de bijdrage van finaal afval. Ten opzichte van de totale schaduwprijs is de bijdrage van straling kleiner dan 3% in het gunstige scenario dat alle fosforslak kan worden afgezet. De bijdrage is kleiner dan 0,2% in de twee scenario's waarin een deel van de fosforslak moet worden opgeslagen als finaal afval. De straling geeft een negatieve bijdrage aan de schaduwprijs, dit is een milieuwinst, omdat de straling vanuit de wegconstructie wordt vermeden en de straling als gevolg van opslag te verwaarlozen is.
- 2 Finaal afval als gevolg van de opslag van fosforslak in het waarschijnlijke en ongunstige scenario is overheersend ten opzichte van de andere milieu-effecten.
- 3 Het finaal afval als gevolg de vermeden stort van slib van het wassen van betongranulaat is gering ten opzichte van het finaal afval door opslag van fosforslak dat in het waarschijnlijke en ongunstige scenario niet kan worden afgezet. De schaduwprijs van het finaal afval van slib is een factor 10 tot 30 hoger dan de schaduwprijs van straling.
- 4 De schaduwprijs van straling is ongeveer een factor -3 hoger dan die van CO₂.
- 5 Van de emissies van CO₂, NO_x en SO₂ geeft die van SO₂ de laagste bijdrage aan de schaduwprijs.

Vergelijking scenario's

Bij vergelijking tussen de scenario's valt het volgende op:

- 1 Het meest waarschijnlijke scenario is duidelijk ongunstiger dan het referentiescenario. Immers bij de gemiddelde afzet is de schaduwprijs van de milieu-effecten 117,5 miljoen gulden, voornamelijk als gevolg van de opslag van de fosforslak die als gevolg van de specifieke meldingsplicht niet kan worden afgezet.
- 2 Indien ondanks marktverschuivingen alle fosforslak toch kan worden afgezet, zoals in het gunstige scenario, zijn de milieu-effecten beperkt.
- 3 In het ongunstige scenario worden als gevolg van het niet meer gebruiken van fosforslak primaire materialen gebruikt. Dit resulteert in hogere emissies van CO₂, NO_x en SO₂. Naarmate meer primaire materialen worden gebruikt des te hoger zijn de emissies van deze stoffen.

6.4

Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden geformuleerd:

- a De specifieke meldingsplicht heeft een vermindering van de straling naar de mens ten gevolge. Het milieu-effect daarvan is een tot anderhalf maal zo groot als de som van de toename van de emissies van CO₂, NO_x en SO₂.
- b De schaduwprijs van finaal afval als gevolg van stort van fosforslak in het waarschijnlijke en ongunstige scenario is zeer hoog en overschaduwde de andere milieu-effecten.
- c De schaduwprijs van finaal afval is zeer hoog. Hij is gebaseerd op de kosten die worden geaccepteerd voor de verwijdering van wit- en bruingoed. Er is discussie over mogelijk of in deze schaduwprijs ook niet een component zit voor het vermijden van verspreiding van metalen vanuit deze producten en van CFK's. De schaduwprijs voor finale afval zou dan lager zijn. Voordat fosforslak als finaal afval van dezelfde orde grootte is als

straling en emissies van CO₂, NO_x en SO₂ zou de schaduwprijs van finaal afval een factor 1.000 lager moeten zijn. Dit is niet reëel. Derhalve blijft de opslag van fosforslak als milieu-effect dominant.

- d Toepassing van fosforslak als grindvervanging in asfalt geeft een ca 3,5 maal zo hoge bijdrage per ton fosforslak aan de stralingsdosis als toepassing als funderingsmateriaal (zie bijlage D). Deze hogere stralingsdosis is het gevolg van het grotere marktaandeel van fosforslak bij asfalt dan bij funderingsmateriaal.
- e De door de weggebruiker ontvangen stralingsdosis als gevolg van toepassing van fosforslak in de wegconstructie is sterk afhankelijk van de dikte van de asfaltlaag bovenop de laag met fosforslak.

Als overall conclusie kan worden gesteld dat het instellen van een specifieke meldingsplicht voor het gebruik van fosforslak finaal afval tot gevolg heeft, waarvan de gewaardeerde kosten een factor 500 hoger zijn dan de gewaardeerde kosten van de vermeden straling. Zodra een meldingsplicht resulteert in het opslaan van een deel van de fosforslak, is het negatieve milieu-effect aanmerkelijk groter dan het voordeel van de vermeden straling. Zolang volledige afzet van fosforslak mogelijk blijft, zijn de milieu-effecten beperkt.



Literatuur

Aalbers, T.G., C. Zevenbergen, P.G.M. de Wilde, J. Keijzer, P.J. Kroes en R.T. Eikelboom 1998a

Bouwstoffen nader bekeken; Milieuhygiënische kwaliteit en toepasbaarheid van bouwstoffen in relatie tot het Bouwstoffenbesluit, Uitgeverij Eburon, Delft, 1998

Aalbers, T.G., J.T. van der Zwan en L.H.A.M. van Ruiten, 1998b

Bedrijfseffectentoets 2; concept, RIVM, Bilthoven, 1998

AVBB 1994

Bouw- en sloopafval in de praktijk, *Bouwbelangen*, 22 april 1994, p2-3,

Uitgeverij Ten Hagen & Stam BV, Den Haag, 1994

Biekart, J.W. et al. 1988

Beton zonder grind, IVM/UvA, Amsterdam, 1988

Broek, C. van den, 1989

Milieu-effecten van bouwmaterialen, TU Delft/SOM, Delft, 1989

Broers, J.W. en M.J.A. Weima, 1998

Verkenningen secundaire grondstoffen 1996-2015, RWS/DWW, Delft, 1998

C.R.O.W., 1994

Publikatie 81: Gefundeerd op weg, Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechiek (C.R.O.W.), Ede 1994

C.R.O.W., 1995

Standaard RAW bepalingen, C.R.O.W., Ede, 1995

BDA Intron 1997

Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 9304; fosforslakkenmengsel voor toepassing in de wegenbouw en fosforslak voor toepassing in kust- en oeverwerken; ontwerp ter kritiek, C.R.O.W. Ede, 1997

CBS, 1996

Statistisch Jaarboek 1996, Sdu Uitgeverij, 's Gravenhage, 1996

CE, 1994

Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van milieu-effecten en kosten; bijlagen, CE, Delft, 1994

CE, 1998,

Minder en toch beter? Een speurtocht naar het optimale volume goederenwegvervoer, CE, Delft. 1998

CUR, 1996a

Rapport 185: *Secundaire toeslagmaterialen in beton*, Stichting Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (stichting CUR), Gouda, 1996

CUR 1996b

Op weg met het Bouwstoffenbesluit, CUR/C.R.O.W./VROM/RIVM/RIZA, Gouda, 1996

- CUR en C.R.O.W., 1998
Duurzaam bouwen in de grond-, weg- en waterbouw, VNG uitgeverij, Den Haag 1998
- Dam, F. van, W. Janssen van der Laak, J. van der Kooy, en P. Wilms, 1993
Fosforslak vervangt grind in asfaltbeton, *Wegen*, maart 1993, p22-26,
- Diggele, P. van, en J. van Herk, ..
Hoogovenslak: hoogwaardig bouwstof voor duurzame wegconstructies, *Stadswerk*, jrg. 26, 9, (1997, p30-31)
- Erkens, W.H.H., 1998
Electro-thermal phosphorus production; Radioactivity in the environment and workplace; Justification, optimisation and alara considerations, ThermPhos International BV, Vlissingen 1998
- Erkens, W.H.H., 1998b
Mondelinge informatie 6 oktober 1998
- Frischknecht, R., P. Hofstetter, I. Knoepfel, R. Dones en E. Zollinger, 1995
Ökoinventare für Energiesysteme, BEW/NEFF, Zurich, 1995
- Gezondheidsraad, 1995,
Niet alle risico's zijn gelijk, 1995/06, Den Haag.
- Hamerslag, R. 1998
Verplaatsingstijdbesteding en mobiliteit. Bijdrage van R. Hamerslag, Emeritus hoogleraar TU Delft aan het Vervoersplanologisch Colloquium 1998
- Hulst, J.G.A. van, [..]
Handreiking gebruik van secundaire grondstoffen, Ministerie van VROM, Den Haag
- ICRP, 1991, 1990
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, ICRP nr. 60.
- ICRP, 1983,
Cost Benefit Analysis in Optimisation of radiation protection, Pergamon Press, ICRP nr. 37.
- IVAM, 1988
Beton zonder grind, IVAM, Amsterdam, 1988
- IVAM, 1992
Milieubelasting van twee aanbruggen, IVAM, Amsterdam, 1992
- Jannink, H., J. Kramer, V. de Lange, P. Schmid, A. van der Zee, 1990
Minimalisering van Milieubelasting in de bouw, IVAM, Amsterdam, 1990
- Kampen, M. van 1998
Mondelinge informatie 20 oktober 1998
- Klooster, J. van der, et al., 1997
Publikatiereeks Grondstoffen nr. 1997/10: *Opnamecapaciteit van de wegenbouw voor secundaire materialen; Bepaling van de maximaal mogelijke vraag*



naar funderingsmaterialen en naar ophoogmaterialen van categorie 2 en de bijzondere categorie, Ministerie van V&W/RWS/DWW, Den Haag, 1997

Riele, J.L.M. te, G.J.J. Hendriks en I.H.J.T. Veldkamp, 1996
Missets GWW-boekje: Hergebruik bouwstoffen, Misset uitgeverij bv, Doetinchem 1996

Schuur, H.L.M. 1996
Stimulering kringloop van kalkzandsteenproducten, Novem/RIVM, Maarn 1996
ThermPhos notitie, W. Erkens.

Tweede Kamer, 1990,
Normstelling ioniserende straling voor arbeid en milieu, vergaderjaar 1989-1990, Tweede Kamerstuk 21483 nr. 1 en 2, Den Haag.

VBW Asphalt, 1997
Asfalthergebruik resultaten enquête 1996, VBW Asphalt, Breukelen 1997

Vroonhof, J.T.W., H.J.Croezen en G.J. de Weerd, 1997
Publicatiereeks afvalstoffen, nr. 1997/39 *Scheiding van bouwafval*, VROM/DGM, Delft, 1997

Vroonhof, J. en B. Potjer, 1998
Verkennd onderzoek nascheiding drankenkartons, CE, Delft, 1998

Vroonhof J. en B. Potjer, 1998b
Uitwerking dematerialisering en ketenbeheer asfalt t.b.v. MJA 2000, CE, Delft, 1998

Wit, G. de, 1996
Weging met schaduwprizen: stand 1996, CE, Delft, 1996

Terugwinning beton- en menggranulaat, *Wegen*, maart 1993, p26

Interviews

Interviews zijn gehouden met:

- dhr. A. Bode, DLG (Dienst Landelijke Gebieden);
- dhr. ir F. van den Bergh, KVWS (Volker Wessels Stevin);
- dhr. ir J. van der Zwan, DWW (Dienst Weg- en Waterbouw);
- dhr. prof. dr ir C. Hendriks, TUD (Technische Universiteit Delft).



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Wegen met fosforslak

Verkenning van de milieu-effecten van
een meldingsplicht voor fosforslak

Bijlagen

Rapport

Delft, 21 oktober 2002

Opgesteld door: Jan Vroonhof
Berend Potjer





A De markt voor funderingsmaterialen

Materiaal Prijs/m ² (volgens Misset)	Huidig gebruik (mln ton)		Verwacht aanbod 2000		Inzetvolume	Toepassing	Overige kenmerken
	A*	B*	C*	D*			
Fosforslak 13,80-24,40	0,5	0,2	0,5	0,4	fosforslak fosforslakkenmengsel	grindvervanger asfalt lichtgebonden fundering	samenstelling: 10% hoogovenslakgranulaat en 90% fosforslak.
hoogovenslak 12,20-22,20	1,2 (import=1,1)	1,1	0,04	0,1	hoogovenslakgran. hoogovenslakkenmengsel	bindmiddel slakkenmengsels lichtgebonden fundering	samenstelling: ho-stukslak, 25% ho-gran., 10%staalslak
staalslak -	0,45	0,3	0,45	0,3	in slakkenmengsel	bindmiddel slakkenmengsels	
asfaltgranulaat 6,60-18,00 (voor cement)	2,7	0,4	2,8	0,5	regen.asfalt asfaltcement asfaltgran.	asfalt gebonden fundering ongebonden fundering	krimpt bij droging risico van spoorvorming: 25% zand toevoegen
betongranulaat 11,20-20,00	5,5		5,9			lichtgebonden fundering toeslag beton, grindkoffers	
metselwerkgranulaat 8,20-16-10	3,4		3,7			ongebonden fundering toeslag beton, grindkoffers	risico verpapping
menggranulaat 9,40-17,60	9		9,6			lichtgebonden wegfundering	samenstelling: >45% betongran, overige metselgranulaat aanbod= aanbod betongran.+ metselgran.
puingranulaat**		9,8		12,5			
AVI-bodemas 0,00-1,80 3,90-7,10	0,8	0,1	1,2	0	AVI-bodemas idem met (3%) cement	ongebonden fundering gebonden fundering	minimale toepassingshoeveelheid 10.000 ton bij voorkeur min. 100.000 ton
Totaal	14,55	11,9	14,59	13,8			

* A Aanbod voor de wegenbouw volgens Te Lier et al. 1996.

* B Gebruik volgens Van der Klooster et al. 1996, alleen voor wegfunderingen.

* C Verwacht aanbod in 2000 volgens Te Lier et al, 1996.

* D Verwacht aanbod volgens Van der Klooster et al. voor wegfunderingen

** Verwacht jaarlijks totaal aanbod puingranulaten 14 mln ton volgens Wegen 1993, AVBB 1994 en Schuur 1996





B Scenarion's afzet fosforslak

De onderstaande tabel bevat vertrouwelijke afzetcijfers. Daarom is deze tabel alleen in de rapportage naar de opdrachtgever toegevoegd.

	1995	1996	1997	1998	Gemidd.	stdeviatie
Wegenbouw	260	175	190	425	263	114
- gemeente						
Zetting	43	24	27	78	43	25
Niet-zetting	43	24	27	78	43	25
- rijk	105	58	66	190	105	60
- asfalt	70	70	70	80	73	5
Waterbouw	70	55	120	155	100	46
Export	260	150	250	355	254	84
Totaal	590	380	560	935	616	232

Ongunstig scenario		Percentage				
		Wijziging	gemidd.	stdev.	Max.	Min.
Wegenbouw			52	30	82	22
- gemeente						
Zetting	-100%	0	0	0	0	0
Niet-zetting	-100%	0	0	0	0	0
- rijk	-50%	52	30	82	22	
- asfalt	-100%	0	0	0	0	0
Waterbouw	-10%	90	41	131	49	
Export	-50%	127	42	169	85	
Totaal		269	113	383	156	
Gunstig scenario		Percentage				
		Wijziging	gemidd.	stdev.	Max.	Min.
Wegenbouw			227	91	318	136
- gemeente						
Zetting	0%	43	25	67	18	
Niet-zetting	-100%	0	0	0	0	
- rijk	0%	105	60	165	44	
- asfalt	10%	80	6	85	74	
Waterbouw	10%	110	51	161	59	
Export	10%	279	92	371	187	
Totaal		616	233	849	383	
Waarschijnlijk scenario		Percentage				
		Wijziging	gemidd.	stdev.	Max.	Min.
Wegenbouw			177	65	242	112
- gemeente						
Zetting	-100%	0	0	0	0	
Niet-zetting	-100%	0	0	0	0	
- rijk	0%	105	60	165	44	
- asfalt	0%	73	5	78	68	
Waterbouw	0%	100	46	146	54	
Export	10%	279	92	371	187	
Totaal		556	204	760	353	



C Berekening hoeveelheden vervanging fosforslak

In deze bijlage wordt uitgewerkt wat de effecten zijn van het grondstoffenverbruik indien fosforslak in de funderingen wordt vervangen door menggranulaat. Hiervoor zullen de standaardbestekken worden gehanteerd⁵.

C.1 Vervanging van fosforslak in zettingsgevoelige gebieden

In tabel 14 is het standaard bestek opgenomen voor de dikte van de laag van toe te passen materialen voor een wegconstructie in zettingsgevoelige gebieden.

Tabel 14 Standaard bestek voor toe te passen laagdiktes van toe te passen materialen in zettingsgevoelige gebieden

Natuurlijke draagkracht (M ₀)	Wegtype	Dikte funderings- en asfaltlagen (in mm)				
		Fosforslakkenmengsel	asfalt op fosforslak	menggranulaat	ketelzand ⁶	asfalt op menggranulaat
25 MPa	2a	400	80	250	400	80
	2b	400	90	250	400	130
	2c	400	130	250	400	170
50 MPa	2a	400	80	400		80
	2b	400	80	400		130
	2c	400	100	400		170
Gemiddeld	2	400	93	325	200	127

Om de dikte van de laag om te zetten in de hoeveelheid materiaal wordt eerst het wegoppervlak bepaald dat een ton fosforslakkenmengsel beslaat. Met behulp van de dichtheid wordt het volume van een ton fosforslakkenmengsel berekend. Door dit volume te delen door de laagdikte van de fundering wordt het wegoppervlak bepaald. De omgekeerde route (oppervlak * laagdikte * dichtheid) leidt tot de hoeveelheid materialen die nodig is om 1 ton fosforslakkenmengsel te vervangen.

Te Riele e.a. [1998] geven dichtheden van 2.100 kg/m³ voor fosforslakkenmengsel en ca. 1.900 kg/m³ van menggranulaat. Een ton fosforslakkenmengsel komt overeen met 0,476 m³ en kan dus 0,476/0,4 = 1,19 m² wegdek funderen in zettingsgevoelige gebieden. Hiervoor is 1,19 * 0,325 * 1.900 = 741 kg = 0,74 ton menggranulaat nodig. Verder is 1,19 * 0,2 = 0,24 m³ ketelzand nodig. Het ketelzand had anders gebruikt kunnen worden als op-

⁵ Gemeentelijke wegen zijn de wegen in de verkeersklasse 2 [CROW 1994]. Zettingsgevoelige gebieden de gebieden zijn met een E₀ (natuurlijke draagkracht) van 25 en 50 MPa. De niet zettingsgevoelige gebieden zijn hiermee de gebieden met een E₀ van 100 en 150 MPa. Er is uitgegaan van bitumeuze verharding (asfalt). Beton- en elementen(klinker)verhardingen zijn buiten beschouwing gelaten.

⁶ Uit de gesprekken bleek dat bij zettingsgevoelige wegen menggranulaat van een onderfundering wordt voorzien. In de voorbeeldconstructies is hier ook in voorzien bij een E₀ van 25 MPa. Deze waarden gelden dus bij een onderfundering van 400 mm ketelzand.

hoogzand. Hier is de zandvraag bij een dichtheid van 1.900 kg/m^3 [Te Riele e.a. 1996]⁷ $1,19 * 0,2 * 1.900 = 0,45$ ton zand.

Er is $1,19 * (0,127 - 0,093) = 0,041 \text{ m}^3$ asfalt extra nodig. Uitgaande van een dichtheid van 2.500 kg/m^3 [Vroonhof en Potjer, 1998] komt dat neer op 0,1 ton asfalt. Dit asfalt zal bij de lage klasse wegen (bij gemeenten dus) grindasfalt-beton zijn. Dit bestaat uit 48% grind, 42% zand, 6% vulstof en 5% bitumen.

De 0,7 ton menggranulaat bestaat maximaal voor de helft (op basis van gewicht) uit metselwerkgranulaat [C.R.O.W., 1995]. Indien het betongranulaat niet als funderingsmateriaal zou worden ingezet zou het na wassing worden ingezet als grindvervanger in beton. Aangenomen wordt dat 1 ton betongranulaat 1 ton primair grind zal vervangen. Per ton gewassen betongranulaat wordt 0,04 ton slib en 0,05 ton zand geproduceerd [Vroonhof e.a. 1997].

Metselwerkgranulaat zou anders primair ophoogzand hebben vervangen. Ook hierbij wordt aangenomen dat de vervanging 1 op 1 op basis van massa is.

In tabel 15 is de berekening in tabelvorm opgenomen.

Tabel 15 Berekening verandering grondstofgebruik bij vervanging van fosforslak in zettingsgevoelige gebieden

Zettingsgevoelige gebieden	Funderen met F-mengsel		funderen met menggranulaat		
	F-laag	Asfaltlaag	menggr-laag	Zand	Asfaltlaag
Dikte in mm	400	93	325	200	127
Dichtheid in kg/m^3	2100	2500	1900	1900	2500
M3/ton	0,476	0,400	0,526	0,526	0,400
Aantal m2 weg per ton	1,19	4,30	1,62	2,63	3,15
Ton nodig per ton F-mengsel	1	0,28	0,74	0,45	0,38
Ton nodig per ton F-mengsel	1		0,74	0,45	0,10

Samenstelling	Grind	Zand	Slib	Bitumen	Vulstof
Samenst menggranulaat	0,500	0,475	-0,020		
Samenstelling asfalt	0,480	0,420		0,050	0,060

Ton nodig per ton F-mengsel	Grind	Zand	Slib	Bitumen	Vulstof
Menggranulaat	0,74	0,37	0,35	-0,015	
Zand	0,45	0,45			
Asfaltlaag	0,10	0,049	0,043	0,005	0,006
Totaal	0,416	0,844	-0,015	0,005	0,006

⁷ Dit is eigenlijk de dichtheid van voor ophoging gebruikte, verdichte grond. De dichtheid van losse grond (1700 kg/m^3) is vergelijkbaar met die van los zand (1600 kg/m^3) [Wolters Noordhoff, 1996]). Voor verdicht zand wordt daarom uitgegaan van de onderste waarde voor verdichte grond ($1900 - 2000 \text{ kg/m}^3$).



De effecten op het materiaalgebruik door vervanging van 1 ton fosforslakkenmengsel in zettingsgevoelige gebieden door menggranulaat zijn dus:

- extra gebruik van 0,416 ton grind;
- extra gebruik van 0,844 ton zand;
- vermijden van de productie van 0,015 ton slib door het achterwege laten van het wassen van betongranulaat;
- extra gebruik van 0,005 ton bitumen;
- extra gebruik van 0,006 ton vulstof.

Zettingsgevoelige gebieden komen voornamelijk voor in Noord- en Zuid-Holland, Drenthe en Overijssel. Menggranulaat wordt verspreid over geheel Nederland geproduceerd, terwijl fosforslak alleen nabij Vlissingen wordt geproduceerd. Aldus is de gemiddelde transportafstand van fosforslak naar zettingsgevoelige toepassingslocaties aanmerkelijk langer dan die van menggranulaat. De gemiddelde extra transportafstand voor fosforslak wordt geraamd op 150 km over water.

C.2 Vervanging van fosforslak in niet-zettingsgevoelige gebieden

In tabel 16 is het standaard bestek opgenomen voor de dikte van de laag van toe te passen materialen voor een wegconstructie in niet zettingsgevoelige gebieden.

Tabel 16 Standaard bestek voor toe te passen laagdiktes van toe te passen materialen in niet zettingsgevoelige gebieden

Natuurlijke draagkracht (M_0)	Wegtype	Dikte funderings- en asfaltlagen (mm)			
		Fosforslakkenmengsel	Asfalt op fosforslak	Menggranulaat	Asfalt op Menggranulaat
100 Mpa	2a	200	80	200	80
	2b	200	80	200	120
	2c	300	90	300	160
150 Mpa	2a	200	80	200	80
	2b	200	80	200	110
	2c	300	80	300	150
Gemiddeld	2	233	82	233	117

De berekening van de verschuivingen in materiaalgebruik is conform aan die in zettingsgevoelige gebieden en is in tabel 17 opgenomen.

Tabel 17 Berekening van de verandering in grondstofgebruik bij vervanging van fosforslak in niet zettingsgevoelige gebieden

	Niet-zettingsgevoelige gebieden					
	Funderen met F-mengsel		Funderen met menggranulaat			
	F-laag	Asfaltlaag	Menggr-laag	Zand	Asfaltlaag	
Dikte in mm	233	82	233	0	117	
Dichtheid in kg/m ³	2100	2500	1900	1900	2500	
M3/ton	0,476	0,400	0,526	0,526	0,400	
Aantal m ² weg per ton	2,04	4,88	2,26		3,42	
Ton nodig per ton F-mengsel	1	0,42	0,90		0,60	
Ton nodig per ton F-mengsel	1		0,90	0,00	0,18	

Samenstelling	Grind	Zand	Slib	Bitumen	Bulstof
Samenst menggranulaat	0,500	0,475	-0,020		
Samenstelling asfalt	0,480	0,420		0,050	0,060

Ton nodig per ton F-mengsel	Grind	Zand	slib	Bitumen	Vulstof
Menggranulaat	0,90	0,45	0,43	-0,018	
Zand	0,00	0,00			
Asfaltlaag	0,18	0,086	0,075	0,009	0,011
Totaal	0,538	0,505	-0,018	0,009	0,011

De effecten op het materiaalgebruik door vervanging van 1 ton fosforslakkenmengsel in niet-zettingsgevoelige gebieden door menggranulaat zijn dus:

- extra gebruik van 0,538 ton grind;
- extra gebruik van 0,505 ton zand;
- vermijden van de productie van 0,018 ton slib door het achterwege laten van het wassen van betongranulaat;
- extra gebruik van 0,009 ton bitumen;
- extra gebruik van 0,011 ton vulstof.

Toepassing van fosforslak in niet-zettingsgevoelige gebieden betekent dat een deel dichtbij kan worden afgezet. Derhalve zal de gemiddelde transportafstand geringer zijn dan bij afzet in wel zettingsgevoelige gebieden. De afstand wordt geraamd op gemiddeld 100 km over water.

C.3 Vervanging van fosforslak voor rijkswegen en export.

In tabel 18 is het standaard bestek opgenomen voor de dikte van de laag van toe te passen materialen voor de constructie van rijkswegen.

Tabel 18 Standaard bestek voor toe te passen laagdiktes van toe te passen materialen voor rijkswegen

Natuurlijke draagkracht (M ₀)	Wegtype	Dikte funderings- en asfaltlagen (mm)			
		Fosforslak-kenmengsel	Asfalt op fosforslak	Menggranulaat	Asfalt op Menggranulaat
100 Mpa	3a	300	130	300	200
	3b	300	180	300	240
	4	300	220	300	280
150 Mpa	3a	300	120	300	190
	3b	300	160	300	230
	4	300	210	300	270
Gemiddeld		300	170	300	235

Bij rijkswegen wordt geen grind- maar steenslagasfaltbeton gebruikt. De samenstelling hiervan wijkt licht af: 54% grind, 35% zand, 6% bitumen en 6% vulstof.

De berekening van de verschuivingen in materiaalgebruik is conform aan die in zettingsgevoelige gebieden en is in tabel 19 opgenomen.

Tabel 19 Berekening van de verandering in grondstofgebruik bij vervanging van fosforslak in

Rijkswegen en export						
		Funderen met F-mengsel		Funderen met menggranulaat		
		F-laag	Asfaltlaag	Menggr-laag	Zand	Asfaltlaag
Dikte in mm		300	170	300	0	235
Dichtheid in	kg/m ³	2100	2500	1900	1900	2500
	m ³ /ton	0,476	0,400	0,526	0,526	0,400
Aantal m ² weg per	ton	1,59	2,35	1,75		1,70
Ton nodig per ton F-mengsel		1	0,67	0,90		0,93
Ton nodig per ton F-mengsel		1		0,90	0,00	0,26

Samenstelling		Grind	Zand	Slib	Bitumen	Vulstof
Samenstelling	menggranulaat	0,50	0,48	-0,02		
Samenstelling	asfalt	0,54	0,35		0,06	0,06

Ton nodig per ton F-mengsel		Grind	Zand	Slib	Bitumen	Vulstof
Menggranulaat	0,90	0,45	0,43	-0,018		
Zand	0,00		0,00			
Asfaltlaag	0,26	0,139	0,090		0,015	0,015
Totaal		0,592	0,520	-0,018	0,015	0,015

De effecten op het materiaalgebruik door vervanging van 1 ton fosforslakkenmengsel bij rijkswegen en bij export door menggranulaat zijn dus:

- extra gebruik van 0,592 ton grind;
- extra gebruik van 0,520 ton zand;
- vermijden van de productie van 0,018 ton slib door het achterwege laten van het wassen van betongranulaat;
- extra gebruik van 0,015 ton bitumen;
- extra gebruik van 0,015 ton vulstof.

Voor toepassing in rijkswegen wordt dezelfde transportafstand aangehouden als bij niet-zettingsgevoelige toepassingslokaties, 100 km.

Bij export vindt transport per schip plaats over een geraamde afstand van 200 km over water.

C.4 Milieu-effecten productie asfalt

In tabel 20 zijn de milieu-effecten van de productie van asfalt opgenomen. Ze zijn ontleend aan [IVAM 1992]. In het onderste deel van de tabel zijn de milieu-effecten van de asfaltproductie toegerekend naar 1 ton bitumen.

Tabel 20 Milieu-effecten van de productie van asfalt

Asfalt Samenstelling	Energiegebruik, transport + finaal afval van productie van asfalt				
	Productie energie		Wegtransp tonkm	Watertr. tonkm	Finaal afval ton/ton
	MJ-therm./ton	MJ-elek/ton			
Bitumen	5%	6000			
Vulstof	6%	2400			-0,6
Grind+zand	90%				
Asfalt	100%	340	23	100	160

Asfalt Samenstelling	alles toerekenen naar 1 ton bitumen					
	Vermenigv. factor	Productie energie		Wegtransp tonkm	Watertr. tonkm	Finaal Afval ton
		MJ-therm./ton	MJ-elek/ton			
Bitumen	1	6000				
Vulstof	1,2	2880			-0,720	
Grind+zand						
Asfalt	20,0	6800	460	2000	3200	
	Totaal	15680	460	2000	3200	-0,720



D Berekening stralingseffecten fosforslak

D.1 Inleiding

Onderzocht wordt wat de gevolgen van een meldingsplicht kunnen zijn voor het gebruik van fosforslak en wat de effecten als gevolg daarvan voor het milieu kunnen zijn. In de berekening van de straling van fosforslak zal daarom alleen toekomstig gebruik van fosforslak worden meegenomen.

Bij de berekening van de straling wordt uitgegaan van de gammastraling van U^{238} . Het grootste aandeel van de straling van U^{238} is alphastraling. Deze is echter binnen enkele centimeters door de lucht geabsorbeerd [Fast, 1980] waardoor deze geen effect heeft op de ontvangen dosis straling.

In deze bijlage zullen de gevolgen van de straling van fosforslak per ton per jaar voor de verschillende toepassingen worden bepaald.

D.2 Toepassing in wegen

De opgelopen stralingsdosis uit wegen wordt bepaald door de straling die uit de wegen vrijkomt, de tijd die de mensen in die straling en dus op de wegen met fosforslak doorbrengen en het aantal mensen dat zich op de wegen bevindt. In omgekeerde volgorde zullen die hier behandeld worden.

Volgens CBS zal het aantal mensen in Nederland ongeveer over circa 10 jaar rond de 16 miljoen liggen. Bij de berekeningen zal uitgegaan worden van deze 16 miljoen.

Uit onderzoek [Hamerslag 1998] is gebleken dat mensen gemiddeld 1,1 tot 1,3 uur op de weg doorbrengen. Inclusief het goederenvervoer is de gemiddelde tijd op de weg circa 1,6 uur per etmaal.

Slechts een deel van deze tijd wordt echter doorgebracht op wegen met fosforslak. Voor het berekenen (benaderen) welk deel van de tijd daarop wordt doorgebracht doen we een paar aannamen.

- 1 Aangenomen wordt dat op termijn het aandeel van fosforslak in de wegen gelijk is aan het aandeel van fosforslak in de huidige markt.
- 2 Ook wordt aangenomen dat op de wegen met fosforslak gemiddeld net zo veel tijd wordt doorgebracht als op wegen zonder fosforslak.

In de volgende twee paragrafen zal de stralingsdosis als gevolg van toepassing in wegfunderingen en in asfalt worden bepaald.

D.2.1 Fosforslakkenmengsel in wegfunderingen

Momenteel wordt het grootste deel van het fosforslak in wegfunderingen gebruikt. Deze wegfunderingen worden over het algemeen niet vervangen tijdens de levensduur van de weg. Aanname 1 betekent voor de toepassing in wegfunderingen dus feitelijk dat het huidige wegennet verwaarloosd wordt ten opzichte van wat er onder nieuwe wegen gelegd zal worden. Dit is een overschatting aangezien de omvang van het wegennet waarschijnlijk hooguit zal verdubbelen. De invloed van de straling van het nieuwe wegennet zal derhalve iets lager zijn dan de berekende straling.

Bij de berekeningen van de effecten van de inzet van een ton fosforslak is uitgegaan van de markt voor funderingsmaterialen met de huidige omvang. Hierbij zit nog relatief veel afzet als gevolg van het funderen van bestaande wegen die nog geen fundering hadden. De verwachting is dat deze vraag over een nog onbekende termijn zal wegvallen. Hierdoor zal de totale vraag

aanzienlijk verkleinen en zal 1 ton fosforslak leiden tot veel groter marktaandeel dan in de berekeningen is aangenomen.

De verwachting is dat de verwaarlozing van het huidige wegennet een groter effect heeft op de berekende straling dan de verwaarlozing van de krimp van de markt voor funderingsmaterialen. Er is dus een zekere veiligheidsmarge ingebouwd bij de berekeningen.

Berekening dosis

Volgens metingen en berekeningen van de KEMA is varieert de ambiente dosis boven een gemiddelde weg met fundering van fosforslakmengsel als gevolg van de fosforslakfundering tussen 0,02 en 1,02 milliSievert per jaar bij permanente aanwezigheid op de weg. Dit is de extra straling door de fosforslak, dus exclusief de gemiddelde alom aanwezige achtergrondstraling in Nederland van 0,17 mSv/jaar. De hoeveelheid straling is sterk afhankelijk van de dikte van de afdekkende asfaltlaag op de fundering. Hoe dikker deze is des te geringer de straling. Bij een dikte van de afdekkende asfaltlaag van 6 cm is de stralingsdosis 1,02 mSv/jr en bij een dikte van 19 cm 0,02 mSv/jr.. Voor de berekening in dit rapport wordt uitgegaan van een gemiddelde van 0,5 mSv per jaar. Desgewenst kan in een vervolgproject nader op de straling per type weg worden ingegaan.

In tabel 21 wordt de collectieve doses berekend voor toepassing van fosforslak in de fundering.

Tabel 21 Berekening stralingsdosis en schaduwprijs bij toepassing fosforslak in de fundering

Extra dosis gemidd.	Verblijf op de weg	Verblijf op de weg	Afzet Fslak In fundering	% Fslak in Fmengsel	Markt fund.mat.	Inwoners Nederland	Schaduwprijs per mensSv
Sv/a	h/dag	tijdsfractie	ton/a	ton/ton	ton/a	mensen	NLG/mensSv
5,00E-04	1,6	0,067	x	0,88	1,50E+07	1,60E+07	62500
Collectieve dosis als gevolg van toepassing fosforslak in de wegfundering = coldos1							
Coldos1=	extra dosis	* tijdsfractie op weg		* inw. Ned.	* marktfractie		
Coldos1=	0,0005		0,067	1,60E+07	x/	0,88	1,50E+07
Coldos1=	Sv/a			mensen	ton/a	ton/ton	ton/a
Coldos1=	4,02E-05	*x	MensSv/a				
Coldos1=	40,18	micro-mensSv/ton					
Schaduwprijs per ton =		40,18	Micro-mensSv/ton *		0,0625	NLG/micro-mensSv	
Schaduwprijs per ton =		2,511	NLG/ton				

De collectieve stralingsdosis als gevolg van toepassing van 1 ton fosforslak in de fundering van wegen is 40,18 μ mensSv.

D.2.2 Fosforslak in asfalt

De toepassing van fosforslak in de onderlagen van asfalt is inmiddels redelijk ingeburgerd. Bij onderhoud van de wegen wordt normaal gesproken het asfalt (gedeeltelijk) vernieuwd. Aannee 1 lijkt dus onverkort te gelden.



Fosforslakasfaltbeton (FAB), met 57% fosforslak [Van Kampen, 1999], wordt alleen ingezet in zogenaamde onderlaag: het wordt niet in de top- of deklaag van het asfalt. De markt voor asfalt in onderlagen (GAB, STAB en OAB) is 5,2 miljoen ton groot [Broers en Weima, 1998 en VBW Asfalt, 1997].

Bij toepassing van fosforslak in asfalt is eveneens een ambiente dosis vastgesteld. Ook hierbij komt de straling op het wegooppervlak overeen met de dikte van de afschermdende laag op de laag met fosforasfaltbeton. Fosforasfaltbeton wordt niet als toplaag toegepast, maar als onderlaag in plaats van grindasfaltbeton. Als gemiddelde straling door toepassing van fosforslak in asfalt wordt uitgegaan van 0,4 milliSievert per jaar bij permanent verblijf op de weg.

Tabel 22 Berekening stralingsdosis en schaduwprijs bij toepassing fosforslag in asfalt

Extra dosis gemidd.	Verblijf op de weg	Verblijf op de weg	Afzet Fslak In fundering	% Fslak in Fasfalt	Markt asfalt	Inwoners Nederland	Schaduwprijs Per mensSv
Sv/a	h/dag	Tijdsfractie	ton/a	ton/ton	ton/a	Mensen	NLG/mensSv
4,00E-04	1,6	0,067	x	0,57	5,20E+06	1,60E+07	62500
Collectieve dosis als gevolg van toepassing fosforslak in asfalt = coldos2							
Coldos2=	extra dosis	* tijdsfractie op weg		* inw. Ned.	* marktfractie		
Coldos2=	0,0004		0,067	1,60E+07	x/	0,57	5,20E+06
Coldos2=	Sv/a			mensen	ton/a	ton/ton	ton/a
Coldos2=	1,44E-04	*x	MensSv/a				
Coldos2=	143,59	micro-mensSv/ton					
Schaduwprijs per ton =		143,59	Micro-mensSv/ton *		0,0625	NLG/micro-mensSv	
Schaduwprijs per ton =		8,974	NLG/ton				

De collectieve stralingsdosis als gevolg van toepassing van 1 ton fosforslak in asfalt is 143,59 μ mensSv.

D.3 Fosforslak in de waterbouw

In § **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is reeds aangegeven wordt verwacht dat de meldingsplicht niet zal leiden tot andere inzet van fosforslak. Bij waterbouwkundige werken zal het effect van directe straling zeer gering zijn (zie ook § D.5). De ontvangen dosis wordt bepaald door verspreiding in het water en ingestie als gevolg daarvan. Dit leidt echter tot een dosis van maximaal 0,012 μ Sv/jr [Erkens, 1998a] bij de inzet van vele tonnen in de zoetwaterbouw. Dit is verwaarloosbaar ten opzichte van inzet in de wegenbouw.

D.4 Werken met fosforslak

Tijdens het werken met fosforslak worden mensen blootgesteld aan de straling van fosforslak. Een meldingsplicht zal in principe alleen gevolgen hebben voor de toepassing van het materiaal en niet voor de productie en eerste verwerking ervan. Aangenomen wordt daarom dat de stralingsdosis als gevolg van het toepassen van fosforslak alleen gevolgen heeft voor de

werknemers in de grond-, weg- en waterbouw (67.000 mensen volgens CBS [1996]).

In tabel 23 en 24 is de collectieve dosis berekend voor het werken met fosforslak in de wegenbouw voor toepassing in de fundering en toepassing in asfalt.

Tabel 23 Berekening collectieve dosis straling bij wegenbouw personeel door toepassing van fosforslak als funderingsmateriaal

Dosis door continue blootstelling	Aantal werken	Aantal werkuren	Tijdsfractie met fund.mat.	Afzet Fslak in fundering	% Fslak in Fmengsel	Markt fund.mat	Aantal mensen in GWW
Sv/a	h/a	Tijdsfractie	Raming 10%	ton/a	ton/ton	Ton/a	mensen
0,005	1688	0,19	0,019	x	0,88	1,50E+07	67000
Coldos3=	dosis *	Tijdsfractie	* mensen	* marktfractie			
Coldos3=	0,005	0,019	67000	x/	0,88	1,50E+07	
Coldos3=	Sv/a		Mens	ton/a	ton/ton	Ton/a	
Coldos3=	4,86E-07	*x	MensSv/a				
Coldos3=	0,49	Micro-mensSv/ton					
Schaduwprijs per ton =		0,49	Micro-mensSv/ton*		0,0625	NLG/micro-mensSv	
Schaduwprijs per ton =		0,030	NLG/ton				

De collectieve stralingsdosis als gevolg van het werken met fosforslak als funderingsmateriaal is 0,49 μ mens SV per ton fosforslak.

Tabel 24 Berekening collectieve dosis straling bij wegenbouw personeel door toepassing van fosforslak in asfalt

Dosis door continue blootstelling	Aantal werkuren	Aantal werkuren	Tijdsfractie met asfalt	Afzet Fslak in Fasfalt	% Fslak in Fasfalt	Markt Fasfalt	Aantal mensen in GWW
Sv/a	h/a	Tijdsfractie	Raming 10%	Ton/a	Ton/ton	Ton/a	Mensen
0,005	1688	0,19	0,019	x	0,57	5,20E+06	67000
Coldos4=	dosis *	Tijdsfractie	* mensen	* marktfractie			
Coldos4=	0,005	0,019	67000	x/	0,57	5,20E+06	
Coldos4=	Sv/a		mens	Ton/a	ton/ton	ton/a	
Coldos4=	2,17E-06	*x	MensSv/a				
Coldos4=	2,17	Micro-mensSv/ton					
Schaduwprijs per ton =		2,17	Micro-mensSv/ton*		0,0625	NLG/micro-mensSv	
Schaduwprijs per ton =		0,136	NLG/ton				

D.5 Opslag fosforslak

Indien de fosforslak niet kan worden verwerkt zal deze moeten worden opgeslagen. De ontvangen gammastraling als gevolg van de opslag is bij direct



contact 5 mSv/jr [Erkens, 1998a]. In lucht halveert de gammastraling elke 100 meter [Erkens, 1998c]. Dit betekent dat in Middelburg en Vlissingen die elk op ca. 5 km afstand liggen de dosis nog slechts $\frac{1}{2}^{50} * 5\text{mSv/jr} = 4 * 10^{-12}$ $\mu\text{Sv/jr}$ is. Hier wonen maximaal 100.000 mensen [Wolters Noordhoff, 1995], de straling wordt dan maximaal $4 * 10^{-7}$ $\mu\text{manSv/jr}$ en is dus verwaarloosbaar ten opzichte van de andere stralingseffecten.



E Berekening effecten en emissies scenario's

Deze bijlage bevat vertrouwelijke afzetcijfers. Daarom is deze bijlage alleen in de rapportage naar de opdrachtgever toegevoegd.

De berekening is uitgevoerd door de gegevens uit tabel 8 en 9 uit het hoofdrapport te vermenigvuldigen met de per scenario gewijzigde afzet per toepassingsgebied als gevolg van de specifieke meldingsplicht.

De data uit tabel 8 en 9 worden hieronder nogmaals weergegeven.

Vervanging 1 ton fosforslak door andere materialen						
leidt tot gebruik van						
Fosforslakkenmengsel bestaat voor x%					x = 90%	
uit fosforslak						
wegenbouw						
	zettingsgev.	niet-zett.gev.	rijk	export	asfalt	
Grind	0,4624	0,5980	0,6574	0,6574	1	ton
Zand	0,9378	0,5610	0,5778	0,5778		ton
Slib	-0,0163	-0,0201	-0,0201	-0,0201		ton
Bitumen	0,0056	0,0099	0,0172	0,0172		ton
Water-transp	-167	-111	-111	-222	-100	km
Opslag	1	1	1	1	1	ton

Met toepassing van 1 ton alternatieve materialen						
samenhangende effecten						
	finaal afval ton/ton	Elek MJ/ton	Diesel MJ/ton	Therm. MJ/ton	Watertr. km	Wegtransp. km
grind		10	13	0	200	
zand			13		100	
slib	1					25
bitumen	-0,720	460		15680	3200	2000
Water-transp.					1	
opslag	1					

Tabel 25 Berekening effecten ongunstige scenario

Zettings- gebied	Referentie scenario ton	43000					
	Ongunstig scenario ton	0	Finaal afval	Elek	Diesel	Therm.	Watertr.
	Ton	MJ	MJ	MJ	MJ	tonkm	tonkm
Grind	0	198.818	258.464	0	3.976.362	0	
Zand	0	0	524.257	0	4.032.743	0	
Slib	-702	0	0	0	0	-17.561	
Bitumen	-174	111.197	0	3.790.370	773.545	483.466	
Watertransp.	0	0	0	0	-7.166.667	0	
Opslag	43.000	0	0	0	0	0	
Som	42.124	310.015	782.720	3.790.370	1.615.984	465.904	

Geen Zettings- Gebied	Referentie scenario ton	43000					
	Ongunstig scenario ton	0	Finaal afval	Elek	Diesel	Therm.	Watertr.
	Ton	MJ	MJ	MJ	MJ	tonkm	tonkm
Grind	0	257.149	334.293	0	5.142.971	0	
Zand	0	0	313.580	0	2.412.153	0	
Slib	-865	0	0	0	0	-21.614	
Bitumen	-308	196.511	0	6.698.458	1.367.032	854.395	
Watertransp.	0	0	0	0	-4.777.778	0	
Opslag	43.000	0	0	0	0	0	
Som	41.828	453.659	647.873	6.698.458	4.144.378	832.781	

Rijkswegen	Referentie scenario ton	105000					
	Ongunstig scenario ton	52500	Finaal afval	Elek	Diesel	Therm.	Watertr.
	Ton	MJ	MJ	MJ	MJ	tonkm	tonkm
Grind	0	345.139	448.681	0	6.902.778	0	
Zand	0	0	394.363	0	3.033.565	0	
Slib	-1.056	0	0	0	0	-26.389	
Bitumen	-650	415.278	0	14.155.556	2.888.889	1.805.556	
Watertransp.	0	0	0	0	-5.833.333	0	
Opslag	52.500	0	0	0	0	0	
Som	50.794	760.417	843.044	14.155.556	6.991.898	1.779.167	

Export	Referentie scenario ton	254000					
	Ongunstig scenario ton	127000	Finaal afval	Elek	Diesel	Therm.	Watertr.
	Ton	MJ	MJ	MJ	MJ	tonkm	tonkm
Grind	0	834.907	1.085.380	0	16.698.148	0	
Zand	0	0	953.984	0	7.338.338	0	
Slib	-2.553	0	0	0	0	-63.836	
Bitumen	-1.572	1.004.577	0	34.242.963	6.988.360	4.367.725	
Watertransp.	0	0	0	0	-28.222.222	0	
Opslag	127.000	0	0	0	0	0	
Som	122.874	1.839.484	2.039.364	34.242.963	2.802.623	4.303.889	



Asfalt	Referentie scenario ton	73000				
	Ongunstig scenario ton	0				
	Finaal afval Ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	730.000	949.000	0	14.600.000	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	-7.300.000	0
Opslag	73.000	0	0	0	0	0
Som	73.000	730.000	949.000	0	7.300.000	0

Waterbouw	Referentie scenario ton	100000				
	Ongunstig scenario ton	90000				
	Finaal afval Ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	10.000	0	0	0	0	0
Som	10.000	0	0	0	0	0

Totaal ongunstig scenario						
	Finaal afval Ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Zetting	42.124	310.015	782.720	3.790.370	1.615.984	465.904
Geen zetting	41.828	453.659	647.873	6.698.458	4.144.378	832.781
Rijk	50.794	760.417	843.044	14.155.556	6.991.898	1.779.167
Export	122.874	1.839.484	2.039.364	34.242.963	2.802.623	4.303.889
Asfalt	73.000	730.000	949.000	0	7.300.000	0
Waterbouw	10.000	0	0	0	0	0
Som	340.620	4.093.575	5.262.001	58.887.347	22.854.883	7.381.741
Ex.opslagF slak	348.500					

		MJ-elek	MJ diesel	MJ therm	tonkm water	tonkm weg
MJ-prim		2,17	1,13	1,18	0,41	1,16
CO2 gram		154	73,76	63	28,7	82,9
Nox gram		0,29	1,37	0,061	0,51	0,97
SO2 gram		0,22	0,06	0,052	0,074	0,11
Milieu-effecten ongunstig scenario						
	Som					
TJ-prim	102,25	8,88	5,95	69,49	9,37	8,56
CO ₂ ton	5996,32	630,41	388,13	3709,90	655,94	611,95
No _x ton	30,80	1,19	7,21	3,59	11,66	7,16
SO ₂ ton	6,78	0,90	0,32	3,06	1,69	0,81
Finaal afval ton	340.620					
Finaal afval ton	348.500	excl. opslag fosforslak ton				

Tabel 26 Berekening effecten gunstige scenario

Zettings-	Referentie scenario ton					
	Gunstig scenario ton					
Gebied	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
	43000					
	43000					
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	0	0	0	0	0	0
Som	0	0	0	0	0	0

Geen zettings-	Referentie scenario ton					
	Gunstig scenario ton					
gebied	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
	43000					
	0					
Grind	0	257.149	334.293	0	5.142.971	0
Zand	0	0	313.580	0	2.412.153	0
Slib	-865	0	0	0	0	-21.614
Bitumen	-308	196.511	0	6.698.458	1.367.032	854.395
Watertransp.	0	0	0	0	-4.777.778	0
Opslag	43.000	0	0	0	0	0
Som	41.828	453.659	647.873	6.698.458	4.144.378	832.781

Rijkswegen	Referentie scenario ton	105000				
	Gunstig scenario ton	105000				
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	0	0	0	0	0	0
Som	0	0	0	0	0	0

Export	Referentie scenario ton	254000				
	Gunstig scenario ton	280000				
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	-170.926	-222.204	0	-3.418.519	0
Zand	0	0	-195.304	0	-1.502.337	0
Slib	523	0	0	0	0	13.069
Bitumen	322	-205.661	0	-7.010.370	-1.430.688	-894.180
Watertransp.	0	0	0	0	5.777.778	0
Opslag	-26.000	0	0	0	0	0
Som	-25.155	-376.587	-417.507	-7.010.370	-573.765	-881.111

Asfalt	Referentie scenario ton	73000				
	Gunstig scenario ton	80000				
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	-70.000	-91.000	0	-1.400.000	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	700.000	0
Opslag	-7.000	0	0	0	0	0
Som	-7.000	-70.000	-91.000	0	-700.000	0

Waterbouw	Referentie scenario ton	100000				
	Gunstig scenario ton	110000				
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. Tonkm
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	-10.000	0	0	0	0	0
Som	-10.000	0	0	0	0	0

Totaal gunstig scenario						
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Zetting	0	0	0	0	0	0
Geen zetting	41.828	453.659	647.873	6.698.458	4.144.378	832.781
Rijk	0	0	0	0	0	0
Export	-25.155	-376.587	-417.507	-7.010.370	-573.765	-881.111
Asfalt	-7.000	-70.000	-91.000	0	-700.000	0
Waterbouw	-10.000	0	0	0	0	0
Som	-327	7.072	139.365	-311.912	2.870.613	-48.330
Ex.opslag	0					
Fslak						

	MJ-elek	MJ diesel	MJ therm	tonkm water	Tonkm weg	
MJ-prim	2,17	1,13	1,18	0,41	1,16	
CO2 gram	154	73,76	63	28,7	82,9	
Nox gram	0,29	1,37	0,061	0,51	0,97	
SO2 gram	0,22	0,06	0,052	0,074	0,11	
Milieu-effecten gunstig scenario						
Som						
TJ-prim	0,93	0,02	0,16	-0,37	1,18	-0,06
CO₂ ton	70,10	1,09	10,28	-19,65	82,39	-4,01
No_x ton	1,59	0,00	0,19	-0,02	1,46	-0,05
SO₂ ton	0,20	0,00	0,01	-0,02	0,21	-0,01
Finaal afval ton	-327					
Finaal afval ton	0	excl. opslag fosforslak				

Tabel 27 Berekening effecten waarschijnlijke scenario

Zettings-	Referentie scenario ton					
	Waarschijnlijk scenario ton					
Gebied	finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. Tonkm
Grind	0	198.818	258.464	0	3.976.362	0
Zand	0	0	524.257	0	4.032.743	0
Slib	-702	0	0	0	0	-17.561
Bitumen	-174	111.197	0	3.790.370	773.545	483.466
Watertransp.	0	0	0	0	-7.166.667	0
Opslag	43.000	0	0	0	0	0
Som	42.124	310.015	782.720	3.790.370	1.615.984	465.904

Geen zettings-	Referentie scenario ton					
	Waarschijnlijk scenario ton					
Gebied	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	257.149	334.293	0	5.142.971	0
Zand	0	0	313.580	0	2.412.153	0
Slib	-865	0	0	0	0	-21.614
Bitumen	-308	196.511	0	6.698.458	1.367.032	854.395
Watertransp.	0	0	0	0	-4.777.778	0
Opslag	43.000	0	0	0	0	0
Som	41.828	453.659	647.873	6.698.458	4.144.378	832.781

Rijkswegen	Referentie scenario ton					
	Waarschijnlijk scenario ton					
	Finaal afval Ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	0	0	0	0	0	0
Som	0	0	0	0	0	0

Export	Referentie scenario ton					
	Waarschijnlijk scenario ton					
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	-170.926	-222.204	0	-3.418.519	0
Zand	0	0	-195.304	0	-1.502.337	0
Slib	523	0	0	0	0	13.069
Bitumen	322	-205.661	0	-7.010.370	-1.430.688	-894.180
Watertransp.	0	0	0	0	5.777.778	0
Opslag	-26.000	0	0	0	0	0
som	-25.155	-376.587	-417.507	-7.010.370	-573.765	-881.111

Asfalt	Referentie scenario ton					
	Waarschijnlijk scenario ton					
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	0	0	0	0	0	0
Som	0	0	0	0	0	0

Waterbouw	Referentie scenario ton					
	Waarschijnlijk scenario ton					
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Grind	0	0	0	0	0	0
Zand	0	0	0	0	0	0
Slib	0	0	0	0	0	0
Bitumen	0	0	0	0	0	0
Watertransp.	0	0	0	0	0	0
Opslag	0	0	0	0	0	0
Som	0	0	0	0	0	0

Totaal waarschijnlijk scenario						
	Finaal afval ton	Elek MJ	Diesel MJ	Therm. MJ	Watertr. tonkm	Wegtransp. tonkm
Zetting	42.124	310.015	782.720	3.790.370	1.615.984	465.904
Geen zetting	41.828	453.659	647.873	6.698.458	4.144.378	832.781
Rijk	0	0	0	0	0	0
Export	-25.155	-376.587	-417.507	-7.010.370	-573.765	-881.111
Asfalt	0	0	0	0	0	0
Waterbouw	0	0	0	0	0	0
Som	58.796	387.087	1.013.086	3.478.458	5.186.596	417.575
Ex.opslag	60.000					
Fslak						



		MJ-elek	MJ diesel	MJ therm	tonkm water	tonkm weg
MJ-prim		2,17	1,13	1,18	0,41	1,16
CO ₂ gram		154	73,76	63	28,7	82,9
No _x gram		0,29	1,37	0,061	0,51	0,97
SO ₂ gram		0,22	0,06	0,052	0,074	0,11
Milieu-effecten waarschijnlijk scenario						
	Som					
TJ-prim	8,70	0,84	1,14	4,10	2,13	0,48
CO ₂ ton	536,95	59,61	74,73	219,14	148,86	34,62
No _x ton	4,76	0,11	1,39	0,21	2,65	0,41
SO ₂ ton	0,76	0,09	0,06	0,18	0,38	0,05
Finaal afval ton	58.796					
Finaal afval ton	60.000	excl. opslag fosforslak				