

Geschiktheid van olivijn als ballastmateriaal

Haalbaarheidsstudie voor spoorwegtoepassing



Geschiktheid van olivijn als ballastmateriaal
Haalbaarheidsstudie voor spoorwegtoepassing

Auteur(s)
Jos Vink

Geschiktheid van olivijn als ballastmateriaal

Haalbaarheidsstudie voor spoorwegtoepassing


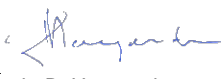
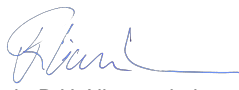
Opdrachtgever	ProRail Regio Randstad Zuid
Trefwoorden	Ballast CO2 Duniet Koolstofdioxide Nikkel Olivijn Peridotiet Spoortracé

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	13-12-2021
Projectnummer	11207232-002
Document ID	11207232-002-BGS-0001
Pagina's	45
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Jos P.M. Vink	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	 dr. ir. J.P.M. Vink	 dr. B. Hoogendoorn	 ir. R.H. Nieuwenhuis	

Samenvatting

De mogelijke gezondheidsrisico's die samenhangen met het gebruik van kwartshoudend ballastmateriaal op het spoorbed zijn een belangrijke aanleiding voor het onderzoeken van de geschiktheid van alternatieve materialen. Eén van de mogelijke alternatieven is het gebruik van duniet (gesteente dat uit meer dan 90% olivijn bestaat). Om de haalbaarheid te verkennen van grootschalige toepassing van olivijn als ballastmateriaal op het spoorbed zijn kernvragen geformuleerd. Deze vragen hebben betrekking op de aard van het materiaal (samenstelling, fysisch-chemische eigenschappen), de marktdynamiek (winbaarheid, exploitatie), duurzaamheid en wetgeving.

Vanuit het materiaal beschouwd (fysische en chemische samenstelling) lijken er geen bezwaren te bestaan om olivijn toe te passen als ballastmateriaal, vooropgesteld dat partijkeuringen worden uitgevoerd. Ook vanuit de markt lijken er geen belemmeringen te bestaan voor grootschalige levering van de benodigde grootte. Het gesteente kan grootschalig en op langere termijn geleverd worden vanuit Europese winlocaties. Levering op langere termijn lijkt verzekerd vanwege de grote Europese voorraden die geschat worden op 1550 Mton. Uit oogpunt van logistiek en duurzaamheid zijn Spanje en Noorwegen interessant voor Nederlandse toepassingen. De logistiek hiervoor is operationeel.

Als ballastmateriaal geldt de toepassing als bouwstof en is het Bouwstoffenbesluit van kracht. Voor de toepassing als bouwstof kent olivijn geen wettelijke beperkingen zolang de emissietoets voldoet aan de gestelde kwaliteits-eisen. De milieubezwaarlijkheid wordt getoetst aan de emissietoets (uitloogproef) volgens NEN 7383. Toepassingen van duniet/olivijn als ballastmateriaal vindt al geruime tijd plaats door de Spaanse spoorwegbeheerder ADIF, zowel voor nieuwe tracés (hoge snelheidslijn) als onderhoud. Ook zijn er vergevorderde initiatieven van de Franse spoorbeheerder. In Nederland is het gesteente alleen nog toegepast in schouwpaden langs het spoortracé.

Aanbevelingen

1. De leveringsprijs van duniet/olivijn dient via het offertetraject te worden vastgesteld vanwege de variatie in benodigde hoeveelheid, leveringsgarantie op langere termijn, en transportkosten. De financiële compensatiemogelijkheden via koolstof-reductie (certificering) dient te worden verkend.
2. Eén van de aanleidingen voor deze verkenning is de stofontwikkeling tijdens stort en blootstelling hieraan door werknemers. Olivijn bevat geen kwarts, maar de aanwezigheid van (zeer) fijne fracties, waaronder eventueel ook vezels, kan niet worden uitgesloten. Dit is te ondervangen door beregening uit te voeren. De praktische uitvoerbaarheid is eenvoudig, bijvoorbeeld boven een transportband tijdens winning, distributie of stort.
3. Ballastmateriaal voor spoortoepassing moet voldoen aan de SPC-specificaties. Hieronder vallen ook fysische karakteristieken waaronder vorstbestendigheid en waterintrede. Aanbevolen wordt om deze fysieke specificaties te monitoren, met een tijdstap van ca. 3 jaar na toepassing.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Aanleiding en doelstelling	6
2	Kernvragen	7
2.1	Wordt olivijn in de juiste grootte geleverd?	7
2.2	Hoe zuiver is het? Wat is de impact van andere stoffen?	9
2.3	Hoe zeker is het dat het asbest-vrij is?	10
2.4	Vormt Nikkel een probleem?	11
2.5	Vormt de verwerking een probleem op de stabiliteit?	12
2.6	Is het bij benadering hetzelfde gewicht als huidig ballastmateriaal?	12
2.7	Zijn er belangrijke barrières in onze regelgeving (quick scan)?	13
2.8	Hoeveel CO ₂ neemt 1 ton ballastmateriaal op?	14
2.9	Wat is de LCA (= duurzame ketenanalyse) van olivijn?	15
2.10	Hoe groot is de olivijn-markt in de EU?	18
2.11	Is deze markt in staat om de benodigde hoeveelheden te leveren?	19
2.12	Zijn er aanbieders in de buurt?	19
2.13	Wat zijn de kosten per ton in relatie tot de huidige ballast?	20
2.14	Waar wordt olivijn in het spoor gebruikt?	21
3	Slotconclusies en aanbevelingen	23
4	Referenties	25
5	BIJLAGEN	27
5.1	Bijlage Analyserapport milieuhygiënisch en technisch onderzoek olivijn	28
5.2	Bijlage Analyserapport samenstelling en uitloogproef olivijn	35
5.3	Bijlage Analyserapport asbestonderzoek olivijn	40

1 Aanleiding en doelstelling

ProRail doet onderzoek naar het ballastmateriaal dat is toegepast langs de Nederlandse spoorwegen, vanwege mogelijke gezondheidsrisico's van het werken met kwartshoudend ballastmateriaal. Eén van de mogelijke oplossingsrichtingen is het vervangen van het huidige materiaal door duniet (gesteente dat uit meer dan 90% bestaat uit olivijn), vanwege het lagere kwartsgehalte van dit materiaal ten opzichte van het huidige ballastmateriaal¹. Aan Deltares is gevraagd om een verkennend onderzoek uit te voeren naar de primaire haalbaarheid van de toepassing van olivijn als ballastmateriaal.

ProRail en Deltares hebben in overleg een aantal kernvragen opgesteld voor het verkennend onderzoek. De vragen zijn zodanig gesteld dat deze worden gebruikt voor een eerste besluit rondom de realisatie van de toepassing van olivijn als ballastmateriaal. Dit onderzoek richt zich op de eigenschappen van duniet en de economische randvoorwaarden, in vergelijking met het huidig toegepaste ballastmateriaal.

Het doel is om een eerstelijns-indicatie te verkrijgen van de haalbaarheid om duniet toe te passen als vervangend ballastmateriaal. Bij een positieve indicatie kan het voor het vervoltraject nodig zijn om specifiek (detail)onderzoek uit te voeren naar fysische, milieukundige en/of economische factoren.



Aanleg van een schouwpad langs het spoor van de Hoekse Lijn (Foto: F. van Dijk, 2019).

¹ Zie ook: *Leidraad voor nationale arbeidsinspecties over de risico's van blootstelling aan respirabel kristallijn silica op bouwplaatsen – Europese Commissie 2016*

2 Kernvragen

Het spoorlichaam bevat een dikke laag stenen dat wordt aangeduid met ballastmateriaal. De stenen vormen het ballastbed waarin betonnen of houten dwarsliggers (spoorbielzen) liggen waarop de spoorstaven zijn bevestigd. Het ballastmateriaal zorgt voor een goede uitlijning van het spoor, het dempen van trillingen en het afvoeren van water.

Als ballastmateriaal wordt vaak basalt of porfier/graniet steenslag gebruikt. Er zijn vragen over hoe een alternatief ballastmateriaal als duniet/olivijn zich verhoudt tot het conventionele materiaal.

In tabel 1 zijn de kernvragen beknopt verwoord. Deze worden in volgorde beantwoord, en wordt indien nodig voorafgegaan met een korte toelichting op of detaillering van de vraag.

Tabel 1. Overzicht van de kernvragen onderverdeeld in materiaaleigenschappen en economische randvoorwaarden (markt).

Materiaal
1. Wordt olivijn in de juiste grootte geleverd?
2. Hoe zuiver is het? Wat is de impact van andere stoffen?
3. Hoe zeker is het dat het asbest-vrij is?
4. Vormt Nikkel een probleem?
5. Vormt de verwerking een probleem op de stabiliteit?
6. Is het bij benadering hetzelfde gewicht als huidig ballastmateriaal?
7. Zijn er belangrijke barrières in onze regelgeving (quick scan)?
8. Hoeveel CO ₂ neemt 1 ton ballastmateriaal op?
9. Wat is de LCA (= duurzame ketenanalyse) van olivijn?
Markt
10. Hoe groot is de olivijn-markt in de EU?
11. Is deze markt in staat om de benodigde hoeveelheden te leveren?
12. Zijn er aanbieders in de buurt?
13. Wat zijn de kosten per ton irt huidige ballast?
14. Waar wordt olivijn in het spoor gebruikt?

2.1 Wordt olivijn in de juiste grootte geleverd?

De toepassing van ballastmateriaal is gebonden aan productspecificaties (ProRail, 2019), waarin in technische eisen wordt vastgelegd waaraan het materiaal dient te voldoen, ook ten aanzien van de grootte van het granulaat. De productspecificaties zijn gebaseerd op de Europese normen omtrent ballastmaterialen vastgelegd in NEN (NEN, 2003, 2006).

ProRail kent de volgende steenslaggradaties:

- Type 1: spoorwegballast 31,5/50 mm
- Type 2: spoorwegballast 22/40 mm
- Type 3: spoorwegballast 0/45 mm

Hoe hoger het type, hoe hoger het aandeel fijner materiaal dat wordt toegestaan.

Het bepalen van de gradatie dient te worden vastgesteld volgens NEN-EN 13450 par. 4.2.

De geometrische eisen (vorm, grootte) voor ballastmateriaal is vastgelegd als volgt (Tabel 2).

Voor de geschiktheid als ballastmateriaal voor spoortoepassing² wordt uitgegaan van type 1 uit Tabel 2 (ProRail, 2019).

Tabel 2: Geometrische eisen ballasttypen voor drie typen (ProRail 2019).

Type 1		Type 2		Type 3	
mm	%	mm	%	mm	%
63	100	50	100	63	100
50	70-99	40	90-100	45	90-99
40	30-65	31,5	60-98	22,4	63-77
31,5	1-25	22,4	15-60	11,2	43-60
22,4	0-3	16	0-15	5,6	30-52
		8	0-2	2	23-40
				1	14-35
				0,5	10-30
				0,063	0-5

In Spanje hebben al eerder grootschalige testtoepassingen voor ballastmateriaal plaatsgevonden (voor meer toelichting zie paragraaf 2.15). Hiervoor is door de Spaanse spoorwegbeheerder ADIF olivijn (duniet) gebruikt dat afkomstig is van een lokale mijn. In 2019 en 2020 is er ruim 48.000 ton olivijn geleverd voor de spoorconstructie van de hogesnelheidstrein tussen Oost (Pedralba) en Noordwest (Ourense) Spanje over een traject van bijna 800 km. Voor dit materiaal zijn door Deltares de specificaties opgevraagd. Deze zijn vergeleken met de gestelde eisen van de SPC van ProRail en de NEN normen. De gebruikte geometrische karakteristieken van dit materiaal zijn vermeld in Tabel 3.

Tabel 3: Geometrische karakteristieken ballastmateriaal (olivijn) van de testtoepassingen in Spanje. Mediaanwaarden voor vier metingen (zeefkromme vlg. NEN-EN 13450).

Olivijn mm	%
63	100
50	80-92
40	31-59
31,5	2-18
22,4	0-2
<0,5	0,1
<0,063	0,07

De korrelgrootteverdeling van het olivijn (Tabel 3) verschilt statistisch niet significant van de waarden voor type 1 (Tabel 2).

Conclusie 1

Olivijnsteen kan worden geleverd volgens de SPC en NEN-specificaties voor de geometrische eisen (korrelgrootte) van ballastmateriaal voor spoortoepassingen type 1.

² Voor de aanleg van schouwpaden gelden andere eisen dan voor de toepassing als spoorballast.

2.2 Hoe zuiver is het? Wat is de impact van andere stoffen?

Olivijn is een aardmantelgesteente. Het is een stollingsgesteente dat door tektonische en vulkanische activiteit aan het aardoppervlak is afgezet. De samenstelling is geografisch variabel vanwege de lokale geologische condities. Het is een silicaat (duniet), dat in samenstelling varieert van (mengvormen van) forsteriet (Mg-silicaat) tot fayaliet (Fe-silicaat). Het bevat van nature sporen-elementen waaronder zware metalen die in het kristalrooster van het mineraal zijn ingebouwd.

Voor toepassingen in Nederland importeert het bedrijf greenSand duniet. Dit wordt voornamelijk betrokken uit mijnen uit Noorwegen en Noord-Spanje. Deze twee soorten zijn door het laboratorium van Deltares via Röntgenfluorescentie (XRF) geanalyseerd op samenstelling in triplo. Dit is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Samenstelling van olivijn van Noorse en Spaanse oorsprong (Deltares, 2021).

Element	Noors		Spaans	
	Gem.	SD	Gem.	SD
SiO %	41,08	0,02	40,86	0,01
Al ₂ O ₃ %	0,35	0,007	2,82	0,01
TiO ₂ %	-	0,0	0,05	0,0
Fe ₂ O ₃ %	7,20	0,03	7,89	0,01
MnO %	0,10	0,0	0,13	0,0
CaO %	0,08	0,01	2,15	0,05
MgO %	49,00	0,05	35,11	0,04
Na ₂ O %	-	0,0	0,06	0,01
K ₂ O %	0,01	0,0	0,08	0,01
P ₂ O ₅ %	-	0,0	0,01	0,0
SOM	97,8	0,11	89,2	0,01
Cr mg/kg	2.201	99,8	2.281	62,37
Ni mg/kg	2.110	106	1.300	0,56
Sr mg/kg	9,9	0,002	32,2	0,64
Zr mg/kg	126	7,8	158,8	1,29
Ba mg/kg	-	0,0	35,8	13,47

Gem. = Gemiddelde; SD = standaarddeviatie van 3 gemeten waarden.

Ook de Nederlandse importeur greenSand keurt de partijen conform Besluit Bodemkwaliteit. In Bijlage 3.1 is een voorbeeld analyserapport opgenomen van een milieuhygiënisch onderzoek naar verontreinigende stoffen in olivijnsteen van de fractie 0-8 mm. Daarnaast zijn de resultaten van enkele civieltechnische testen opgenomen, waaronder de vlakheidsindex, de vorstbestendigheid, waterabsorptie, dichtheid, en waterdoorlatendheid.

De elementen Si, Al, Ti, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K zijn zogenaamde macro-elementen en zijn geen milieuvreemde stoffen die als zodanig op milieukwaliteit getoetst dienen te worden. Dat geldt wel voor de genormeerde (prioritaire) elementen als Cr, Ni, Sr, Zr, Ba. De uitkomst van deze normtoetsing hangt direct samen met de aard van de toepassing. Zo kent de Meststoffenwet een samenstellings-eis op basis van (enkele van) deze elementen, terwijl de Bouwstoffenwet een emissietoets via een kolomtest voorschrijft (zie ook par. 2.4 en 2.7).

In Bijlage 3.2 is een voorbeeld analyserapport opgenomen van de milieuhygiënische toets op organische en anorganische verontreinigingen van een batch 0-8mm olivijnsteen. Daarnaast zijn de resultaten van een uitloogtest weergegeven, waarbij getoetst is aan de geldende emissie-eisen. De gestelde normen voor samenstelling en emissie worden voor deze batch niet overschreden.

Conclusie 2

Duniet/olivijn bevat van nature (zware) metalen. De milieukwaliteitstoets is direct gekoppeld aan het type toepassing. Ballastmateriaal wordt toegepast als bouwstof. De milieukwaliteits-eisen die voor bouwstoffen gelden via de emissietoets worden niet overschreden.

2.3 Hoe zeker is het dat het asbest-vrij is?

Olivijn wordt regelmatig in verband gebracht met asbest. Dit komt vanwege de overeenkomst in geologische indeling van gesteenten en de verwantschap van gevormde silicaatmineralen.

Een groot deel van de aardmantel bestaat uit ultramafisch ofwel stollingsgesteenten, die zijn ontstaan als gevolg van tektonische en vulkanische activiteit. Ultramafische gesteenten bevatten minder dan 45 massaprocent silica in de vorm van SiO_2 ("kwarts"), felsische gesteenten, waaronder **graniet**, daarentegen vaak meer dan 70%.

Ultramafische dieptegesteenten (bijvoorbeeld **peridotiet**, **duniet** en pyroxeniet) zijn massieve harde gesteenten die vooral bestaan uit magnesiumsilicaten zoals olivijn (Mg_2SiO_4) en pyroxeen (MgSiO_3). Hierin is nagenoeg geen kwarts (SiO_2) aanwezig. Als het gehalte olivijn meer dan 90% is dan wordt gesproken van duniet (Bishop et al., 1974).

Als olivijn onder invloed van hoge druk en temperatuur komt te staan (metamorf) ontstaat het mineraal **serpentijn**. Dit is een magnesium-ijzer-silicaat met de chemische formule $(\text{Mg,Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Het behoort tot de fylosilicaten. Bij de verdere omzetting van serpentijn kan **chrysotiel** ontstaan ("witte asbest") (Li et al., 2004; Pacella et al., 2010).

Asbest is een verzamelnaam voor een aantal in de natuur voorkomende mineralen die tot de silicaten behoren. Asbest is een natuurlijk product, bestaande uit gesteente en daarin mineralen met taaie, onbrandbare vezels. Ruw asbest bestaat uit langwerpige bundels die zijn opgebouwd uit kristallen die lengtespleijing vertonen. De kristallen worden asbestvezels genoemd en kunnen na beschadiging zo klein worden dat zij niet met het blote oog waar te nemen zijn. Zolang het asbest zit opgeborgen in dit omhulsel van silicaat is het volstrekt ongevaarlijk (Pacella et al., 2010).

Er bestaan twee vormen van asbest: de **serpentine- en amfibole** soort (Ross, 1981). Het verschil is voornamelijk de spleijtrichting. Serpentine-asbest heeft een gekrulde vorm, de amfibole-asbest is naaldevormig. Het is vooral de amfibole vorm die risico's vormen en in verband worden gebracht met longziekten (Mossman et al., 1990).

Vindplaatsen voor commerciële winning van dunieten en olivijngesteenten zijn ingericht op locaties waar "zuivere" formaties worden aangetroffen. Bovendien is de exploitatie gehouden aan kwaliteitseisen met betrekking tot samenstelling. De samenstelling wordt regelmatig getest aan de hand van röntgendiffractie of -fluorescentietechnieken en uitloogtesten.

De **normering** voor de aanwezigheid van vezels (chrysotiel) is 100 mg/kg droge stof. De Nederlandse importeur van olivijn laat van elke levering een monster nemen en analyseert dit op de aanwezigheid van vezels die kunnen duiden op asbest. In Bijlage 3.1 is een analyserapport weergegeven van de samenstelling van het gewonnen materiaal uit de Spaanse mijn. Hierbij is zowel getest op serpentine- als amfibole asbest. Uit deze analyse blijkt dat geen van beide aantoonbaar aanwezig is.

Conclusie 3

Olivijn en asbest komen in geologische indelingen in soortgelijke categorieën voor en worden om die reden een verwantschap toegekend. Commerciële delvingsplaatsen worden ingericht op de winning van zuivere afzettingen, waarbij de eventuele aanwezigheid van (secundair-gevormd) asbest wordt vermeden. De samenstelling wordt geborgd middels periodieke kwaliteitsborging.

2.4 Vormt Nikkel een probleem?

In paragraaf 2.2 is aangegeven dat duniet/olivijn een zekere hoeveelheid nikkel bevat dat van nature in het aardmantelgesteente aanwezig is. De hoeveelheid nikkel is afhankelijk van geografische herkomst (Hartmann et al., 2013; Kremer et al., 2019). Het nikkel, een zwaar metaal, is een genormeerde stof. Er gelden maximale milieukwaliteits-waarden voor grond, oppervlaktewater en grondwater. Afhankelijk van het type toepassing dient het toegepaste materiaal te worden getoetst aan deze milieueisen, volgens de daartoe geldende protocollen.

Ballastmateriaal wordt toegepast onder de Bouwstoffenwet (zie ook par. 2.7). Hiervoor geldt dat de emissie van eventuele verontreinigingen dient te worden vastgesteld via een uitloogproef (ook wel kolomtest of percolatieproef genoemd). Met een uitloogproef wordt het gedrag van een materiaal in de praktijk in het laboratorium gesimuleerd om het gedrag over middellange en lange termijn te voorspellen. Hoe de kolomproef dient te worden uitgevoerd staat beschreven in de NEN 7383 (NEN, 2004).

De kolomproef is een procedure voor de bepaling van de cumulatieve uitloging van anorganische componenten uit vaste grond- en steenachtige bouw-, rest- en afvalstoffen. Er dient een "Liquid-to-Solid" (LS)-waarde van 10 liter per kg droge stof te worden gehanteerd. In het eluaat (uitgestroomde percolaat) worden de concentraties aan stoffen bepaald.

Duniet/olivijnsteen is herhaaldelijk in verschillende fracties onderworpen aan de kolomtest. In bijlage 3.2 is een recent voorbeeld opgenomen van een kolomtest met duniet/olivijnsteen volgens het genoemde NEN protocol. De gebruikte fractie is hier 0-8 mm. NB: Dit is fijner dan de fractie die als spoorwegballast wordt toegepast (30-50 mm).

Uit de resultaten blijkt dat de nikkel onder de analytische detectielimiet blijft en geen milieukwaliteits-normen overschrijdt.

Een aantal jaren geleden is op het spoortracé Zwolle-Wierden een schouwpad aangelegd (Movares, 2013). Hierbij zijn eveneens kolomtesten uitgevoerd, maar er is ook lange tijd gemonitord in het poriewater onder het aangelegde bed. Uit deze studie wordt geconcludeerd dat:

1. Olivijn voldoet aan samenstellingswaarde voor niet-vormgegeven bouwstof;
2. Olivijn voldoet aan de emissie-eisen voor niet-vormgegeven bouwstof;
3. Olivijn als bouwstof kan ongeïsoleerd worden toegepast in de gradatie zoals aangeleverd.

Conclusie 4

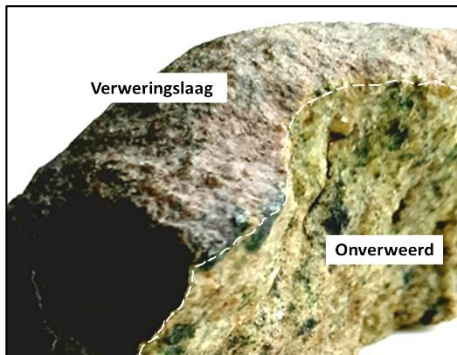
Ballastmateriaal wordt getest via een kolomproef zoals voorgeschreven in het Bouwstoffenbesluit volgens NEN 7383. Via deze test worden geen normoverschrijdingen voor nikkel aangetoond. Gericht locatieonderzoek onder een met olivijnsteen aangelegd schouwpad toonden geen overschrijdingen van milieunormen aan.

2.5 Vormt de vertering een probleem op de stabiliteit?

Vertering houdt impliciet in: verlies van vormvastheid. De vraag is of dit de fysische eisen die gesteld worden aan ballastmateriaal zou compromitteren.

De vertering van olivijn is in geochemisch opzicht een thermodynamisch proces. Dit betekent dat de reactie met CO₂ van nature zal plaatsvinden bij aanwezigheid van water. De reactie is dan onder dezelfde omstandigheden onomkeerbaar. In par. 2.8 wordt in meer detail uitgelegd hoe dit plaatsvindt. De mate en snelheid van vertering is, naast enkele omgevingscondities, zeer sterk gerelateerd aan de korrelgrootte; fijne fracties zullen uiteindelijk in zijn geheel verteren.

Grotere fracties ballastmateriaal (30-50 mm) vertonen een geheel ander verteringspatroon dan fijne fracties. Bij de reactie ontstaan **secundaire neerslagen** van carbonaten, silicaten, en/of ijzeroxiden die zich op de korrel - het reactieoppervlak – zullen afzetten. Hierdoor ontstaat een diffusie-remmende laag rondom de korrel, die intrede van zowel CO₂ als H₂O kan gaan hinderen (Hartmann et al., 2013; Schuiling en Krijgsman, 2006). Bij natuurlijke olivijngesteenten is dit te zien als een bruin-grijze laag van ongeveer maximaal een millimeter dikte. Zie figuur 1.



Figuur 1. Verteringslaag rondom onaangetast olivijnsteen (Foto: Deltares).

Door de vorming van een verteringslaag zal verdere vertering stagneren en uiteindelijk in zijn geheel stoppen. Voor toepassingen als ballastmateriaal is dit echter een gunstig gegeven. De eisen die gesteld worden aan gewicht en sterkte van het materiaal, zullen daardoor naar verwachting niet of nauwelijks worden aangetast.

Conclusie 5

Vertering van het duniet/olivijngesteente zal zich bij korrelgrootte type 1 naar verwachting beperken tot de buitenste laag van maximaal 1 mm. Er worden geen belemmeringen verwacht ten aanzien van gewicht en sterkte van het toegepaste ballastmateriaal.

2.6 Is het bij benadering hetzelfde gewicht als huidig ballastmateriaal?

Voor spoortoepassingen wordt vaak basalt of porfier/graniet steenslag gebruikt als ballastmateriaal (Esveld, 2005). Deze steensoorten zijn net als olivijn stollingsgesteenten, maar hebben een andere samenstelling³. Afhankelijk van geografische herkomst en de korrelgrootte varieert het stortgewicht van basalt en porfier/granietsteen tussen 1400 en 1600 kg/m³.

³ Meest kenmerkend is het hoge kwartsgehalte (SiO₂), dat varieert tussen 50-70%. Bij duniet/olivijn is dit nagenoeg afwezig.

In Tabel 5 zijn enkele referenties weergegeven van het gewicht van duniet/olivijnsteen. Om verwarring in terminologie van de bronnen te voorkomen wordt onderscheid gemaakt tussen soortelijk gewicht (= massa van het gesteente of mineraal per volume-eenheid) en het stortgewicht (= gewicht van de steenslag per kubieke meter).

Tabel 5. Gewicht duniet/olivijn

Parameter	Interpretatie	Waarde	Bron
"Deeltjes dichtheid"	Soortelijk gewicht	2800 kg/m ³	SGS (Bijlage 3.1)
"Specific weight"	Soortelijk gewicht	2700 kg/m ³	greenSand, 2020
"Specific weight"	Soortelijk gewicht	3200-3400	Bishop et al., 1994
"Losstortgewicht"	Stortgewicht	1680 kg/m ³	SGS (Bijlage 3.1)
"Bulk density"	Stortgewicht	1400 kg/m ³	greenSand, 2020

Conclusie 6

Duniet heeft een vergelijkbaar soortelijk gewicht en stortgewicht als conventioneel ballastmateriaal zoals basalt en porfier/graniet.

2.7 Zijn er belangrijke barrières in onze regelgeving (quick scan)?

Volgens de Nederlandse wetgeving is ballastmateriaal toepasbaar onder de Bouwstoffenwet als vormgegeven bouwstof. Kenmerk is hier dat het een "terugneembaar werk" betreft.

Om **bouwstoffen** zoals steenslag in Nederland op of in de bodem te mogen toepassen is het Besluit bodemkwaliteit van kracht. Dit betekent voor de toepassing van steenslag in ongebonden vorm, dat vooraf moet worden aangetoond dat de bouwstof aan de gestelde eisen voldoet.

Eén van deze eisen is het uitvoeren van een uitloogtest. Deze wordt uitgevoerd volgens de Europese normen CEN/TS 16637-1 t/m 3. Voor korrelvormige materialen (bouwen sloopafvalgranulaat, staalslakken, steenslag, etc.) is er een nieuwe Europese kolomproef (CEN/TS 16637- 3 - Horizontal up-flow percolation test). Voor vormgegeven bouwstoffen (beton, baksteen, asfalt, dakpannen, bitumineuze afdichtingsmaterialen, etc.) is er de diffusie(tank)test (CEN/ TS 16637-2 - Horizontal dynamic surface leaching test). Het gebruik van olivijnsteen valt onder de eerste regeling.

De Nederlandse importeur laat de voorgeschreven uitloogtesten hiervoor uitvoeren door een commercieel laboratorium. Voorbeeldresultaten hiervan zijn weergegeven in Bijlage 3.2.

Het gebruik van **kwartzand** is wettelijk aan banden gelegd. Zo is het gritstralen met kwartzand al tientallen jaren verboden: tijdens het stralen slaat de zandkorrel kapot op de ondergrond, waardoor kwarts (chemisch weergegeven als SiO₂) vrijkomt. Kwarts kan zich bij het inademen in de longen vastzetten. In tegenstelling tot alle andere stofvorming zijn de longen niet in staat zich te "reinigen" van SiO₂-kwarts, met als gevolg dat verminderde longcapaciteit kan optreden.

Olivijn-zand is wettelijk toegestaan als **straalmiddel**, als alternatief voor kwartzand. Olivijn-zand komt veelal uit Noorwegen en bevat aanzienlijk minder dan de wettelijk toegestane 1% kwarts. De stofvorming die ontstaat bij het gebruik van Olivijnzand als straal middel is geen kwarts. De samenstelling is goed gedocumenteerd en openbaar beschikbaar. ⁴

⁴ <http://www.nobelproduct.com/Olivinezand.html>

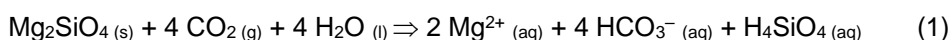
Conclusie 7

Daar waar kwartszand wettelijke beperkingen kent wordt olivijnsteen toegestaan, bijvoorbeeld als straalmiddel. Voor de toepassing als bouwstof kent olivijnsteen geen wettelijke beperkingen zolang de emissietoets voldoet aan de gestelde kwaliteits-eisen.

2.8 Hoeveel CO₂ neemt 1 ton ballastmateriaal op?

Olivijn, een magnesiumsilicaat in de vorm SiO₄, gaat onder aanwezigheid van water een reactie aan met atmosferisch en/of wateropgelost koolstofdioxide CO₂. Hierbij worden secundaire (licht alkalische) producten gevormd.

De natuurlijke verwerking van olivijn is een thermodynamisch proces en is onomkeerbaar (Schuiling en Krijgsman, 2006; Renforth, 2012; Hartmann et al., 2013). Dit wil zeggen dat de reactie onder de juiste omstandigheden “vanzelf” verloopt, en niet meer omgekeerd kan worden onder dezelfde condities. De omzetting is permanent, maar de reactieproducten (waaronder Mg, Si, HCO₃⁻) kunnen wel verder reageren met andere elementen. De reactie verloopt als volgt, uitgaande van 100% forsteriet (Mg-olivijn), met atmosferisch CO₂:



De vergelijking geeft aan dat bij volledige verwerking per kilogram puur olivijn er 1,25 kg CO₂ vastgelegd wordt. Het vastleggen van CO₂ gebeurt door de vorming van bicarbonaat, dat in een bodemsysteem neerslaat als kalk en/of magnesiet. In de praktijk is de vastleggingscapaciteit echter lager, om de volgende redenen:

1. Het duniet bevat geen 100% olivijn;
2. Er is een fractie fayaliet (Fe-silicaat) aanwezig;
3. Er is geen constante aanvoer van water en/of CO₂;
4. Er ontstaat een chemische barrière van verweringsproduct op het reactievlak.

Deltares beschikt over een numeriek rekenmodel (OWCS-V6.3) dat de verwerking van olivijnsteen berekent over een bepaalde tijdsperiode (Vink en Knops, 2012; Lenferink en Vink, 2019). De verwerking wordt berekend op basis van het “shrinking-core model”, waarbij rekening wordt gehouden met de oppervlakte-inhoud verhoudingen binnen de gehele zeeffractie. De snelheid van verwerking is afhankelijk van de duur en hoeveelheid van beschikbaar water, temperatuur en korrelgrootteverdeling.

Bij de toepassing als ballastmateriaal is de aanvoer van water beperkt tot de periodieke regenval, hetgeen de verwerkingssnelheid nadelig beïnvloedt. Daarnaast levert de grootte van de korrels een relatief klein reactievlak op ten opzichte van de gehele massa. Bovendien zal er zich bij deze korrelgrootte een verweringslaag gaan vormen, die voortschrijdende verwerking hindert of zelfs stopt. Echter, bij toepassing op het spoor zal er als gevolg van trillingen en fysieke stress ook schuring en slijtage optreden van het ballastmateriaal. Hierdoor zal fijn materiaal worden geproduceerd. Dit fijne materiaal zal relatief snel verwerken.

Aan het rekenmodel zijn de volgende voorwaarden opgelegd:

1. Er wordt uitgegaan van een toepassing van 1000 kg pure olivijnsteen;
2. Korrelgrootte volgens geometrische eisen ballasttype 1 (zie par. 2.1);
3. Regenval 750 mm/jaar, jaartemperatuur 12°C;
4. 10% van de massa is aan volledige verwerking onderhevig. Hierna treedt stagnatie op;

<http://straalmiddelenspecialist.nl/website/home/12-green-lightning-olivine-straalgrit.html>
<https://www.zandstraal24.nl/voordelen-en-regelgeving-stralen>

5. 3% van de totale massa produceert fijn materiaal (250 µm) als gevolg van trillingen en fysieke stress. Deze fractie verweert volledig over de periode tot stagnatie (punt 4);
6. De CO₂-uitstoot van winning, breken en transport van conventioneel ballastmateriaal wordt gelijk verondersteld aan dat van olivijnsteen. De berekende waarden zijn hiervoor niet gecompenseerd.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Figuur 2.

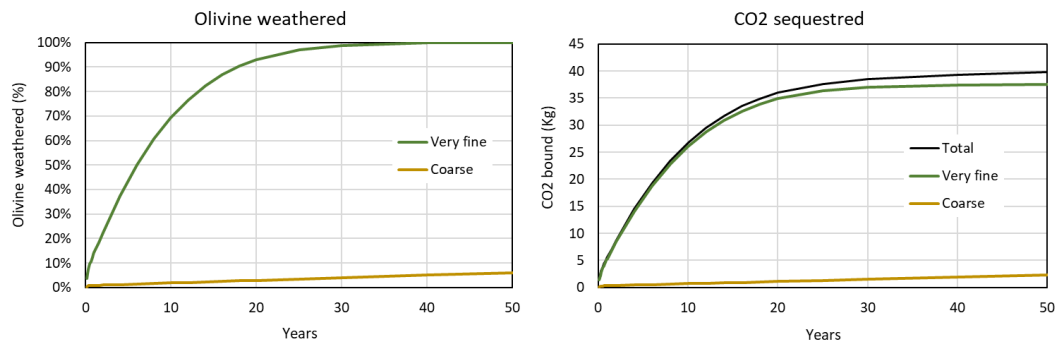


Fig 2. Aandeel verweerd olivijn (links) en hoeveelheid vastgelegd CO₂ (rechts) over 50 jaar.

Uit de berekeningen blijkt dat de verwerking van de grove fractie (30-50 mm) zeer traag verloopt (links). Dit hangt direct samen met de ongunstige inhoud/oppervlakte-verhouding. Na 50 jaar is nog geen 10% van de massa verweerd. De gevormde fijne fractie (3% van de massa) is beduidend reactiever en verweert geheel binnen 25-30 jaar. De bijdrage aan CO₂ vastlegging wordt volledig gedomineerd door deze fractie.

Conclusie 8

Een ton (1000 kg) olivijn als ballastmateriaal zal, toegepast op het spoorbed, over een periode van 2 tot 3 decennia ongeveer 40 kg CO₂ hebben vastgelegd.

2.9 Wat is de LCA (= duurzame ketenanalyse) van olivijn?

Een Life Cycle Assessment of ketenanalyse is een methode voor het zichtbaar maken van de invloed van producten en menselijke activiteiten op het milieu. In de LCA wordt de hele levenscyclus van het product bekeken, inclusief winning, malen en transport.

Per ton zuivere Mg-olivijn (forsteriet) kan theoretisch maximaal 1,25 ton CO₂ worden gebonden. Dit volgt uit de molaire conversie van de reactievergelijking in paragraaf 2.8. Doordat er bij de winning, het vermalen en het transport van olivijnsteen energie wordt verbruikt, waarbij dus ook CO₂ vrijkomt, is het netto CO₂-bindend rendement van olivijn minder dan 100%. Ook bestaat het gesteente waaruit olivijn wordt gewonnen over het algemeen niet uit pure olivijn maar uit olivijn-rijk gesteente (Bakker et al., 2011). In de volgende paragrafen wordt een schatting gemaakt van het verlies aan (CO₂-bindend) rendement als gevolg van de genoemde aspecten.

De winning van olivijnsteen

In studies van Hangx en Spiers (2009), Guimaraes et al. (2007) en Rubin et al. (2004) is specifiek gekeken naar de energieconsumptie die samenhangen met de exploitatie van olivijnsteen. De winning is zogenaamde “dagbouw”, hetgeen betekent dat het materiaal goeddeels aan het aardoppervlak wordt gewonnen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld dieptewinning van ertsen en steenkool. In deze studies worden enkele kentallen gepresenteerd die zijn afgeleid voor de energieconsumptie en CO₂-emissie die gepaard gaan met de winning van olivijnsteen. Hangx en Spiers (2009) hebben de energieconsumptie in kWh/ton olivijn omgerekend naar de CO₂-emissie in elektriciteitscentrales die deze energie zouden moeten opwekken en deze emissie gerelateerd aan de theoretische CO₂ consumptie van olivijn. Hierbij is nog onderscheid gemaakt naar het type elektriciteitscentrale (kolen-, kolen-vergassing- en aardgas-gestookt), maar in tabel 6 zijn de ranges samengevat waarbinnen de CO₂-emissies zich bevinden.

Tabel 6. CO₂-emissie bij verschillende winningsactiviteiten van olivijnsteen (Hangx en Spiers, 2009).

Mijnbouwactiviteit	Energieconsumptie (kWh/ton)	CO ₂ -emissie (kg CO ₂ /ton CO ₂)
Boren	0,35	0,10 – 0,22
Opblazen	0,44	0,13 – 0,28
Afgraven	0,95	0,27 – 0,61
Transport	3,49	1,00 – 2,22
Totaal	5,23	1,50 – 3,33
Efficiency-verlies in %		0,15 – 0,33

Het malen van olivijnsteen

De korrelgrootte is zoals is toegelicht in paragraaf 2.8 een sterk bepalende factor voor de verwerking van olivijn. In Veld et al. (2008) wordt als vuistregel aangegeven dat een korrel met een 10 maal grotere radius ook een orde van grootte meer tijd nodig heeft om volledig te reageren. Voor het vermalen van olivijnsteen is uiteraard energie nodig. Ook voor dit proces en bijbehorende CO₂-emissie hebben Hangx en Spiers (2009) enkele kentallen gepresenteerd. In tabel 7 zijn de ranges aangegeven waarbinnen de CO₂-emissies zich bevinden voor verschillende korrelgroottes. Hierbij moet worden opgemerkt dat de korrelgrootte die wordt gebruikt voor ballastmateriaal (30-50 mm) door geen van de genoemde studies is onderzocht.

Tabel 7. CO₂-emissie en efficiency-verlies bij het vermalen van olivijn tot verschillende korrelgroottes (op basis van Hangx en Spiers, 2009).

Korrelgrootte (µm)	Energieconsumptie (kWh/ton)	CO ₂ -emissie (kg CO ₂ /ton CO ₂)	Efficiency-verlies (%)
1000	4,94	1,41 – 3,14	0,14 – 0,31
300	8,17	2,34 – 5,20	0,23 – 0,52
100	13,40	3,84 – 8,52	0,38 – 0,85
37	23,71	6,79 – 15,08	0,68 – 1,51
10	173,71	49,8 – 110,5	5,0 – 11,0

Uit tabel 7 blijkt dat de benodigde hoeveelheid energie voor het verkrijgen van een fijnere korrel toeneemt. Veld et al. (2008) geven aan dat voor malen tot 75 µm ongeveer 13 kWh/ton energie nodig is, hetgeen vergelijkbaar is met het cijfer van Hangx en Spiers (2009). Voor malen tot 38 µm geven Veld et al. (2008) een energieverbruik van ongeveer 83 kWh/ton, wat ruim drie keer hoger is dan het cijfer van Hangx en Spiers (2009). Deze data zijn in deze rapportage niet verder uitgewerkt, omdat het de (zeer) fijne fractie betreft en niet de korrelgrootte die hoort bij ballastmateriaal.

De CO₂-emissie bij transport van olivijn

Ook voor het transport van olivijn van de plaats van winning naar de plaats van toepassing is energie nodig, waarvan de opwekking leidt tot emissie van CO₂. Ook voor dit proces en bijbehorende CO₂-emissie zijn in verschillende studies resultaten gepresenteerd. In tabel 8 is aangegeven wat de berekende CO₂-emissies en efficiency-verliezen zijn, uitgewerkt naar type transportmiddel.

Tabel 8. CO₂-emissie en efficiency-verlies bij het transport van olivijn met verschillende transportmiddelen (op basis van Hangx en Spiers (2009); Guimaraes et al. (2007); Rubin et al. 2004)).

Transportmiddel	Energieconsumptie g CO ₂ / ton.km	CO ₂ -emissie kg CO ₂ /ton CO ₂ per 100 km	Efficiency-verlies % / 100 km
Binnen- en kustschepen	30	2,4	0,24
Vrachttreinen	20	1,6	0,16
Vrachtwagens	138	11,0	1,11

Uit Tabel 8 wordt duidelijk dat elke 100 km transport van olivijn leidt tot een additioneel efficiency-verlies van 0,16 tot 1,11%. Wanneer het olivijn bijvoorbeeld per schip van 4000 km ver wordt aangevoerd naar de Rotterdamse haven en vervolgens per vrachtauto 100 km wordt vervoerd naar de plaats van bestemming in Nederland, is het totale efficiency-verlies door transport 10,7% (9,6% + 1,1%).

Het totale efficiency-verlies

Het winnen van olivijn is, in vergelijking met de winning van andere delfstoffen, relatief gunstig vanwege de oppervlaktewinning. Uit tabel 6 blijkt dat de CO₂-emissie bij het winnen van olivijn slechts leidt tot een efficiency-verlies van 0,15 tot 0,33%. Het totale efficiency-verlies van olivijn is vooral afhankelijk van de korrelgrootte tot welke de olivijn wordt vermalen en over welke afstand de olivijn moet worden getransporteerd. Vervoer via vrachtschepen is relatief ongunstig (1,11 % efficiencyverlies), vervoer per spoor is relatief gunstig (0,16 %).

Uit de genoemde studies blijkt dat het totale efficiency-verlies tot circa 10% op kan lopen. Het gebruik van ballastmateriaal, dat niet is onderzocht, is qua efficiency uiteraard voordeliger in de maalstap dan de fijnere fracties, het transport is echter vergelijkbaar. Wanneer de methode van Hangx en Spiers worden gevolgd, bedraagt het netto CO₂-bindend vermogen van olivijn daardoor niet het theoretische maximum van 1,25 ton CO₂ per ton pure olivijn maar ligt het tussen 0,9 en 1,1 ton CO₂ per ton aangevoerd olivijnsteen.

Deze LCA is geldig voor olivijn. Er is geen vergelijking gemaakt met andersoortig ballastmateriaal. De verwachting is dat de winning, het breken en vooral het transport van andersoortig materiaal in grootte-orde vergelijkbaar zou moeten zijn. Echter, olivijn heeft daarentegen een negatieve emissie in de vorm van permanente vastlegging van CO₂.

Conclusie 9

Het winnen van olivijnsteen is relatief gunstig en kent een berekend efficiency-verlies van 0,15 tot 0,33%. Vervoer via vrachtwagens is relatief ongunstig (1,11 % efficiencyverlies), vervoer per spoor relatief gunstig (0,16 %). Het totale efficiency-verlies van winnen, malen en transport wordt berekend op circa 10%, maar het gebruik van ballastmateriaal is vanwege de gunstige maling naar alle waarschijnlijkheid efficiënter. Als deze LCA wordt verdisconteerd dan ligt het maximale CO₂-bindend vermogen tussen circa 0,9 en 1,1 ton CO₂ per ton aangevoerd olivijnsteen.

2.10 Hoe groot is de olivijn-markt in de EU?

De belangrijkste aanbieders van olivijnsteen op de Europese markt zijn Noorwegen, Spanje, Griekenland, Italië en Turkije. Gezamenlijk hebben deze landen een productie van 4200 tot 5400 kiloton per jaar (O'Driscoll, 2006; Kremer et al., 2019). Dit representeert meer dan 50% van de wereldproductie aan olivijnsteen. Noorwegen is de belangrijkste producent van olivijnsteen met diverse mijnen, vanwege het voorkomen van dikke afzettinglagen van ultramafisch periodotiet (zie ook par. 2.3) met een hoog gehalte aan olivijn.

In Tabel 9 is de jaarlijkse productie van periodotiet gesteenten in Europa weergegeven. De term periodotiet is hier de verzamelnaam van ultramafisch gesteente dat hoofdzakelijk bestaat uit olivijn.

Tabel 9. Productie van periodotiet gesteenten in Europa (bronnen: O'Driscoll (2006); Kremer et al. (2019))

Land (EU) ¹	Productie Kiloton per jaar
Noorwegen	2525 - 3500
Spanje	700 - 750
Griekenland	740
Italië	250 - 270
Turkije	20 - 150
Oostenrijk	20

¹ Producenten buiten de EU zijn o.a. Japan (2000 Kt/jr), China (500 Kt/jr), Taiwan (400 Kt/jr) en Brazilië (350 Kt/jr).

In Nederland is er een operationele markt aanwezig. Er is een goedlopende logistiek tussen aanbieders (met name Spanje en Noorwegen), import (greenSand) en vervoerscontracten. De marktprijs van olivijn is momenteel al concurrerend met die van reguliere bouwstoffen als (bouw)zand en -grind. Volgens de importeur greenSand zal de prijs naar verwachting afnemen bij toenemende vraag als gevolg van opschaling. Het verdisconteren van de waarde van vastgelegd CO₂ vergroot het economisch voordeel.

Conclusie 10

De jaarlijkse productie in Europa van olivijngesteenten bedraagt circa 4200 tot 5400 kiloton. De belangrijkste producenten zijn Noorwegen, Spanje, Griekenland, Italië en Turkije. De gezamenlijke productie is ruim 50% van de wereldproductie aan olivijnsteen. De logistiek voor grootschalige toepassingen in Nederland is operationeel.

2.11 Is deze markt in staat om de benodigde hoeveelheden te leveren?

In paragraaf 2.10 is toegelicht hoeveel olivijn geproduceerd wordt in Europa. In deze paragraaf is weergegeven hoe groot de voorraden zijn van genoemde producenten. Dit is gedaan om een beeld te krijgen van de zowel de opschalingsmogelijkheden als de garanties voor lange termijn leveringen van ballastmateriaal.

Spanje is een van de grootste producenten van duniet/olivijngesteente. In noordwest Spanje, het La Coruna district, zijn voorraden aangetoond van 600 megaton, gebaseerd op de geografische verspreiding van de formaties (meded. Pasek Minerals). Grote afzettingen van ultramafische gesteenten komen voor in Sierra de la Capelada en Cabo Ortegal in het Herbania-massief (Kremer et al., 2019). De Mibasa-mijn claimt een reserve van 30-50 megaton (Mibasa, 2021).

De Italiaanse voorraden worden geëxploiteerd door Nuova Cives. De afzettingen van duniet liggen in het noorden van Italië, nabij Turijn. Deze formaties, met een olivijn-gehalte van 95 tot 97%, zijn naar schatting 100 megaton groot. De peridotiet massieven in het noordwesten hebben een gezamenlijke grootte van 550 megaton, en worden via twee open mijnen gewonnen.

Noorwegen is de grootste producent ter wereld. De Noorse peridotiet afzettingen hebben een hoog gehalte aan olivijn. De huidige voorraad bedraagt naar schatting 300 megaton.

In tabel 10 zijn de schattingen van peridotiet-voorraden samengevat. Van de Griekse en Turkse leverancier konden geen schattingen van voorraden worden verkregen.

Tabel 10. Europese voorraden (Bronnen: Mibasa (2021); Harben en Smith (2006)).

Aanbieder	Voorraad in megaton (Mt)	Lokale samenstelling (opgave leverancier)
Pasek, Spanje	600	Duniet/olivijn
Nuova Cives, Italië	100	95-97% olivijn
- Bric Carleva (open pit)	300	
- Finero (open pit)	250	
Gusdal olivine pit, Noorwegen	300	Olivijn
Thermolith, Griekenland	nb	
Geomin Madencilik, Turkije	nb	Duniet/Harzburgiet

Conclusie 11

De totale voorraad van winbaar olivijn-houdende gesteenten in Europa bedraagt naar schatting ruim 1550 megaton.

2.12 Zijn er aanbieders in de buurt?

In Europa zijn diverse commerciële aanbieders actief op de markt, met een goed ontwikkelde logistiek van winning, het malen en het transport. De Europese productie bedraagt ruim 50% van de wereldproductie (zie ook paragrafen 2.10 en 2.11). De locaties van deze aanbieders zijn weergegeven in Figuur 3.

Voor grootschalige toepassingen van olivijnsteen in Nederland zijn vooral Pasek Minerals in Spanje en Sibelco in Noorwegen van belang. De winlocaties liggen dichtbij lokale havens zodat vervoer per bulkschip naar de Rotterdamse haven kan plaatsvinden. De importeur in Nederland is greenSand.

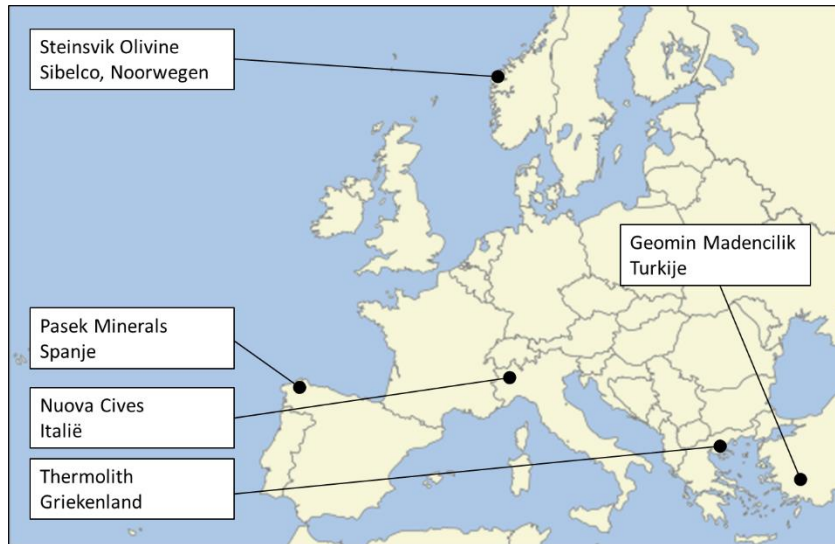


Fig. 3. Locaties van de belangrijkste exploitanten van olivijngesteenten in Europa.

Conclusie 12

Er zijn diverse aanbieders in Europa waarvan de logistiek voor grootschalige toepassingen in Nederland interessant is. Dat zijn Pasek Minerals in Spanje en Sibelco in Noorwegen. Vervoer vindt voornamelijk plaats via bulkschip naar de Rotterdamse haven.

2.13 Wat zijn de kosten per ton in relatie tot de huidige ballast?

De kosten waarvoor ProRail het huidige ballastmateriaal betreft is onderdeel van leveringscontracten en niet bij Deltares bekend.

Duniet/olivijngesteente wordt zoals eerder genoemd geleverd in de juiste classificatie voor grootte en zwaarte (type 1; zie par. 2.1 en 2.6). Navraag bij leveranciers en de NL-importeur levert een kostenindicatie op met een ruime marge. De marge wordt naar zeggen in hoge mate bepaald door de volgende vier factoren:

1. Hoeveelheid van het te leveren ballastmateriaal;
2. Eenmalige of periodieke levering;
3. Herkomst;
4. Transportkosten.

AD 1.

In algemene zin geldt: hoe hoger de afzet, hoe lager de kosten. De prijs van olivijngesteente is sinds 2008 spectaculair gedaald van ca. 160 naar ca. 25 euro per ton (Bakker et al., 2011; Vink en Den Hamer, 2012; greenSand, mond. communicatie). De laagste prijs is indicatief voor projecten met "significante afzet" (>1000 ton). Leveringsprijzen die gehanteerd zijn bij de aanleg van de Spaanse Hogesnelheidslijn (zie par. 2.14) zijn niet vrijgegeven.

AD 2.

Periodieke leveringen kunnen contractueel tegen lagere kosten worden verkregen dan eenmalige (meerjarige leverings- of afzetgarantie).

AD 3.

Vervoer via bulkschip is relatief gunstig ten opzichte van trein- of vrachtwagenvervoer. De haven-locaties van Pasek (Spanje) en Sibelco (Noorwegen) scoren hier relatief gunstig vanwege de havenlocaties (zie ook paragraaf 2.12).

AD 4.

Transportkosten zijn momenteel sterk onderhevig aan schommelingen, mede vanwege de door de Covid-pandemie verstoorde economische vraag en aanbod van materialen. Het bulktransport via vrachtschepen kent het laatste jaar een (mogelijk tijdelijke) toename van kosten. Ten opzichte van het huidige ballastmateriaal kent het duniet/olivijn het voordeel van eventuele opbrengsten via “carbon-credits”. Kort gezegd is dit een geldelijke compensatie voor de reductie in emissie van koolstofdioxide, hetgeen wordt gereguleerd via de European Union Emissions Trading System (EU-ETS). De waarde fluctueert in tijd en regio, maar is al jaren stijgende. In Nederland is de prijs ten tijde van deze rapportage rond 60 euro per ton CO₂ (NEA, 2021).

Conclusie 13

De prijs van duniet/olivijn lijkt in grootte-orde overeen te komen met het huidige toegepaste ballastmateriaal. De exacte leveringsprijs dient via het offertetraject te worden vastgesteld vanwege de variatie in afgenomen hoeveelheid, eventuele leveringsgarantie, de leverancierslocatie en transportkosten. De geldelijke compensatie via koolstof-reductie dient te worden onderzocht.

2.14 Waar wordt olivijn in het spoor gebruikt?

De Spaanse spoorwegbeheerder ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) is het staatsbedrijf dat belast is met de uitbreiding en uitbating van het landelijke spoorweginet. Al geruime tijd gebruikt ADIF olivijn als ballastmateriaal, onder andere voor de aanleg en onderhoud van de hogesnelheidslijn.

In Tabel 11 zijn enkele concrete projecten opgenomen. Dit betreft een selectie vanaf 1998 waarbij uit een lokale mijn olivijn werd gewonnen. Naar zeggen is de lijst langer (initiatieven dateren vanaf 1988), deze gegevens zijn echter niet openbaar.

Tabel 11. Projecten gerealiseerd door ADIF (selectie vanaf 1998).

Initiatief/onderneming	Project	Jaar	Ballast (ton)
UTE Balasto Taboadela	Predalba Ourense section	2019/20	48.671
UTE Balasto Miaman	Predalba Ourense section	2019/20	44.885
UTE Vilagarcia- Padrón	HSR Vilagarcia- Padrón Atlantic axis	2014/15	117.000
Ferrovial	HSR Rialíño--Padrón Atlantic axis	2013/14	3.000
UTE Catoira	HSR Vilagarcia-Catoira	2013/14	20.500
UTE Carponzóns	HSR Carponzóns-Pontevedra	2013/14	35.000
UTE Urzaiz-Soutomaior	HSR Urzaiz-Soutomaior	2013/14	40.000
UTE Portela	Portella-Carponzóns	2013/14	32.600
ADIF	HSR Santiago-Ourense	2010/11	340.000
UTE AVE ULLA	Silleda-Vedra-Boqueixón	2011	83.410
UTE AVE Vilaboa-Pontevedra	Vilaboa-Pontevedra	2010/11	75.000
ADIF	Calicia railway maintenance	1998/2014	130.000

Ook in Frankrijk lopen momenteel initiatieven voor het gebruik van duniet/olivijn als ballastmateriaal op het Franse spoornetwerk. Ten tijde van deze rapportage worden testen voorbereid om de fysische geschiktheid van dit gesteente als ballastmateriaal vast te stellen (greenSand, mond. meded.). Een aantal van deze karakteristieken, zoals vochtbestendigheid en waterabsorptie, is ook weergegeven in Bijlage 3.1.

In 2018 is op initiatief van de RET-Rotterdam een schouwpad aangelegd met olivijn langs het spoortracé Hoekse Lijn (tussen Schiedam en Hoek van Holland). Er is over een lengte van 24 km aan beide zijden van het spoor een hoeveelheid van circa 6.000 ton toegepast (fractie 0-3mm), als vervanging van regulier grind. Deze toepassing was niet beoogd als ballastmateriaal. Eerder, in 2013, heeft een pilot plaatsgevonden langs het spoortracé Zwolle – Wierden, waarbij metingen in het schouwpad zijn uitgevoerd (Movares, 2013).

Conclusie 14

Toepassingen van duniët/olivijn als ballastmateriaal vindt al geruime tijd plaats door de Spaanse spoorwegbeheerder ADIF, zowel voor nieuwe tracés (hoge snelheidslijn) als onderhoud. Ook zijn er vergevorderde initiatieven van de Franse spoorbeheerder. In Nederland is het gesteente alleen nog toegepast in schouwpaden langs het spoortracé.

3 Slotconclusies en aanbevelingen

Om de haalbaarheid te verkennen van grootschalige toepassing van olivijn als ballastmateriaal op het spoorbed zijn kernvragen geformuleerd. Deze vragen hebben betrekking op de aard van het materiaal (samenstelling, fysisch-chemische eigenschappen), de marktdynamiek (winbaarheid, exploitatie), duurzaamheid en wetgeving.

Duniet is een gesteente dat voor minimaal 90% uit olivijn bestaat. Dit gesteente voldoet aan de SPC en NEN-specificaties voor de geometrische eisen (korrelgrootte) van ballastmateriaal voor spoortoepassingen type 1. Er worden geen belemmeringen verwacht ten aanzien van gewicht en sterkte van het toegepaste ballastmateriaal. Verwering van het gesteente zal zich bij korrelgrootte type 1 naar verwachting beperken tot de buitenste laag van maximaal 1 mm.

Vanwege het ontbreken van kwarts is olivijn wettelijk toegestaan als straalmiddel. Leidend hierin is het ontbrekende of verwaarloosbare risico voor longaandoeningen.

Olivijn en asbest komen in geologische indelingen in soortgelijke categorieën voor en worden om die reden een verwantschap toegekend. Commerciële delvingsplaatsen worden ingericht op de winning van zuivere afzettingen, waarbij de eventuele aanwezigheid van (secundair-gevormd) asbest wordt vermeden. De samenstelling dient periodiek te worden getest.

Het gesteente kan grootschalig en op langere termijn geleverd worden vanuit Europese winlocaties. Levering op langere termijn lijkt verzekerd vanwege de grote Europese voorraden die geschat worden op 1550 Mton. Uit oogpunt van logistiek en duurzaamheid zijn Spanje en Noorwegen interessant voor Nederlandse toepassingen. De logistiek hiervoor is operationeel.

Olivijn reageert in aanwezigheid van water onomkeerbaar met CO₂. Toegepast op het spoorbed zal een ton (1000 kg) olivijn ongeveer 40 kg CO₂ hebben vastgelegd over een periode van 20-30 jaar. Het winnen van olivijn is relatief gunstig en heeft een berekend efficiency-verlies van 0,15 tot 0,33%.

Als ballastmateriaal geldt de toepassing als bouwstof en is het Bouwstoffenbesluit van kracht. Voor de toepassing als bouwstof kent olivijn geen wettelijke beperkingen zolang de emissietoets voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen. De milieubezwaarlijkheid wordt getoetst aan de emissietoets (uitloogproef) volgens NEN 7383. Toepassingen van duniet/olivijn als ballastmateriaal vindt al geruime tijd plaats door de Spaanse spoorwegbeheerder ADIF, zowel voor nieuwe tracés (hoge snelheidslijn) als onderhoud. Ook zijn er vergevorderde initiatieven van de Franse spoorbeheerder. In Nederland is het gesteente alleen nog toegepast in schouwpaden langs het spoortracé.

Aanbevelingen

1. De prijs van duniet/olivijn komt voor bulkvolumes in grootte-orde overeen met het huidige toegepaste ballastmateriaal. De exacte leveringsprijs dient via het offertetraject te worden vastgesteld vanwege de variatie in afgenomen hoeveelheid, leveringsgarantie op langere termijn, en transportkosten. De financiële compensatiemogelijkheden via koolstof-reductie (certificering) dient te worden verkend.

2. Eén van de aanleidingen voor deze verkenning is de stofontwikkeling tijdens stort en blootstelling hieraan door werknemers. Olivijn bevat geen kwarts, maar de aanwezigheid van (zeer) fijne fracties, waaronder eventueel ook vezels, kan niet worden uitgesloten. Dit is te ondervangen door berekening uit te voeren. De praktische uitvoerbaarheid is eenvoudig, bijvoorbeeld boven een transportband tijdens winning, distributie of stort.

3. Ballastmateriaal voor spoortoepassing moet voldoen aan de SPC-specificaties. Hieronder vallen ook fysische karakteristieken waaronder vorstbestendigheid en waterintrede. Aanbevolen wordt om deze fysieke specificaties te monitoren, met een tijdstap van ca. 3 jaar na toepassing.


4 Referenties

- Bakker, D.J., V. Beumer, N. Hartog, W. Snijders, M. Sule, J.P.M. Vink (2011). Toepassing van olivijn in RWS werken; Inventarisatie van mogelijkheden voor een pilot. Deltares rapport 1203661, Utrecht.
- Bishop A.C., Woolley A.R., Hamilton W.R. (1974). *The Hamlyn guide to minerals, rocks and fossils*. 319 p. Elsevier, Amsterdam.
- CEN/TS 16637 (2021). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/6ba74d0a-7c8e-4b84-97a8-8dec8626de7a/cen-ts-16637-2-2014>.
- Deltares (2021). XRF analyses olivijn. Utrecht.
- Esveld, C. (2005), *Geometrisch en constructief ontwerp van wegen en spoorwegen*. Deel D: constructief ontwerp van spoorwegen.
- Europese Commissie (2016). Leidraad voor nationale arbeidsinspecties over de risico's van blootstelling aan respirabel kristallijn silica op bouwplaatsen.
- greenSand (2020). Spoorballast. Case study ballast hogesnelheidslijn. www.greensand.nl
- Guimaraes, M.S., J.R. Valdes, A.M. Palomino, J.C. Santamarina (2007). Aggregate production: fines generation during rock crushing. *Int. J. Miner. Process.* 81, 237–247.
- Hangx, S.J.T., C.J. Spiers (2009). Coastal spreading of olivine to control atmospheric CO₂ concentrations: A critical analysis of viability. *Int. J. Greenhouse Gas Control* 3(6): 757-767.
- Harben, P.W., C. Smith (2006). Olivine. In *Industrial Minerals and Rocks*, 7th (Kogel, T., Trivedi, N., Barker, K., Krukowski, S., Eds.), Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: Littleton, CO, USA, pp. 679–683.
- Hartmann J., J.A. West, P. Renforth, P. Kohler, C.L. De La Rocha, D.A. Wolf-Gladrow, H.H. Durr, J. Cheffran (2013). Enhanced chemical weathering as a geoengineering strategy to reduce atmospheric carbon dioxide, supply nutrients and mitigate ocean acidification. *Rev. Geophys.* 51(2):113-149.
- Kremer D., S. Etzold, J. Boldt, P. Blaum, K.M. Hahn, H. Wotruba, R. Telle (2019). Geological mapping and characterization of possible primary input materials for the mineral sequestration of carbon dioxide in Europe. *Minerals* 9:458.
- Lenferink J., J.P.M. Vink (2019). Does olivine weathering result in nickel toxicity? Combining terrestrial and aquatic risk modules to the weathering of olivine and the subsequent release of nickel. Deltares rapport BGS-18100009, Utrecht.
- Li X.P., M. Rahn, K. Buchner (1990). Serpentes of the Zermatt Saas ophiolite complex and their texture evolution. *J. Metamorphic Geology* 22/3:159-177.
- Mibasa (2021). Mibasa serpentine mine. Report May 2021.

- Mossman B.T., J. Bignon, M. Corn, A. Seaton, J.B.L. Gee (1990). Asbestos: scientific development and implications for public policy. *Science* 247:294-301.
- Movares (2013). Het groene schouwpad; toepassing van olivijn en obsidiaan in schouwpaden. Rapport BO-JC-120014280/V1.0, Utrecht.
- NEA Nederlandse Emissieautoriteit (2021). <https://www.emissieautoriteit.nl/actueel/nieuws/2020/11/27/voorlichting-co2-heffing-industrie>.
- NEN (2003, 2006). Toeslagmaterialen voor spoorwegballast. NEN-EN 13450:2003 + C1:2006nl.
- NEN (2004). Uitloogkarakteristieken - Bepaling van de cumulatieve uitloging van anorganische componenten uit poeder- en korrelvormige materialen met een vereenvoudigde procedure voor de kolomproef - Vaste grond- en steenachtige materialen. NEN 7383:2004nl.
- O'Driscoll, M. (2004). Olivine: Going where the grass is greener. *Ind. Miner.* 438: 40–49.
- Pacella A., G. Andreozzi, J. Fournier (2010). Detailed crystal chemistry and iron topochemistry of asbestos occurring in its natural setting: A first step to understanding its chemical reactivity. *Chem. Geol.* 277:197–206.
- ProRail (2019). Productspecificatie. Toeslagmaterialen voor spoorwegballast van toepassingen voor nieuwe en gerecyclede toeslagmaterialen. AM Architectuur en Techniek, docnr. SPC0033, versie 6.
- Renforth P. (2012). The potential of enhanced weathering in the UK. *Int. J. Greenhouse Gas Control* 10:229-243.
- Ross M. (1981). The geological occurrences and health hazards of amphiboles and serpentine asbestos. In: *Reviews in Mineralogy* (D.R. Veblen, ed.), Mineral society of America, pp. 279-323.
- Rubin, E.S., A.B. Rao, C. Chen (2004). Comparative assessments of fossil fuel power plants with CO₂ capture and storage. In: *Proceedings of 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-7)*, Vancouver, Canada.
- Schuilting R.D., P. Krijgsman (2006). Enhanced weathering: an effective and cheap tool to sequester CO₂. *Climate Change* 7:4349-354.
- Veld, H., R.D. Roskam, R. van Enk (2008). Desk study on the feasibility of CO₂ sequestration by mineral carbonation of olivine. 2008-U-R0776/B, TNO, Utrecht.
- Vink J.P.M., D. den Hamer (2012). Olivijn legt CO₂ vast in de gemeente Rotterdam. Mogelijkheden voor praktijktoepassingen en klimaatdoelen. Deltares rapport 1206650, Utrecht.
- Vink J.P.M., P. Knops (2019). Olivine weathering and CO₂-sequestration module. Version 6.3. Deltares, Innovation Concepts.

5 BIJLAGEN

SGS



**BUILDING
MATERIALS**

**MILIEUHYGIËNISCH EN TECHNISCH
ONDERZOEK DUNITE STEENSLAG 0/8 MM**
Herkomst: Groeve Pasek, La Coruna (ES)

Status: **Eindrapport**
Datum: **7-2-2017**
Rapportnr.: **A889770/R20160375b**

SGS INTRON

SAMENVATTING

Inleiding,

GreenSand brengt diverse gradaties aan dunite steenslag (split) voor verschillende toepassingen op de Nederlandse markt. Voor de gradering 0/8 mm wil greenSand de mogelijkheid van certificering onderzoeken voor de toepassing als padverhardingsmateriaal conform de productspecificatie SPC00173 van ProRail. Tevens moet het product voldoen als bouwstof aan het Besluit bodemkwaliteit.

Doel

Het doel van deze partijkeuring is 2-ledig. 1. vast stellen of de dunite steenslag voldoet aan het Besluit bodemkwaliteit en 2. toetsen aan de gestelde eisen als padverhardingsmateriaal voor spoorwegen.

Uitgevoerde werkzaamheden

Door SGS INTRON heeft op 14-9-2016 de monsterneming plaatsgevonden op de locatie in Nieuwdorp.

Van de aanwezige partij is de samenstelling van de organische componenten en de emissie van de anorganische componenten bepaald en getoetst aan de eisen uit het Besluit bodemkwaliteit. Tevens is de monsterneming uitgevoerd voor de bepaling van de technische eigenschappen voor de toepassing als padverhardingsmateriaal. Het benodigde milieuhygiënische onderzoek en het technische onderzoek zijn uitgevoerd op het SGS INTRON laboratorium.

Conclusies

*De onderzochte partij dunite steenslag gelegen op de locatie in Nieuwdorp (productielocatie groeve Pasek in Noord-Spanje (La Coruña) **voldoet** aan de gestelde eisen uit het Besluit bodemkwaliteit. De partij dunite steenslag 0/8 mm kan in ongebonden toepassing **zonder toepassingsbeperking** worden toegepast in Nederland.*

Met behulp van de op laboratoriumschaal samengestelde fracties is de gradering 0/8 mm te vervaardigen die voldoet aan de eisen voor korrelverdeling conform SPC00173. De op laboratoriumschaal vervaardigde gradering dunite steenslag 0/8 mm voldoet aan de gestelde eisen uit de productspecificatie SPC00173 Versie: 003 van 01-07-2012 van ProRail.

De partij dunite steenslag 0/8 mm:

*gelegen op de locatie in Nieuwdorp (productielocatie groeve Pasek in Noord-Spanje (La Coruña) **voldoet** aan de gestelde eisen uit het Besluit bodemkwaliteit in ongebonden toepassing zonder toepassingsbeperking.*

1. INLEIDING

greenSand brengt diverse gradaties aan dunite steenslag (split) voor diverse toepassingen op de Nederlandse markt. Voor de gradering 0/8 mm wil greenSand de mogelijkheid van certificering onderzoeken voor de toepassing als padverhardingsmateriaal conform de productspecificatie SPC00173 van ProRail. Om bouwstoffen zoals steenslag in Nederland op of in de bodem te mogen toepassen is het Besluit bodemkwaliteit van kracht. Dit betekent voor de toepassing van steenslag in ongebonden vorm, dat vooraf moet worden aangetoond dat de bouwstof aan de gestelde eisen voldoet.

Om steenslag (0/8 mm) te mogen toepassen dient vooraf aantoonbaar gemaakt te worden dat zowel aan de milieuhygiënische als technische aspecten wordt voldaan. Dit aantoonbaar maken kan door het uitvoeren van een partijkeuring. greenSand kan er ook voor kiezen om alle gradering steenslag te voorzien van een milieuhygiënische kwaliteitsverklaring door het laten uitvoeren van een toelatingsonderzoek. Dit toelatingsonderzoek wordt mogelijk in een later stadium uitgevoerd.

2. MONSTERNEMING

De monsterneming van de partij dunite steenslag (sortering 0/8 mm) heeft op 14 september 2016 plaatsgevonden op de locatie in Nieuwddorp. De partij dunite (olivijn steenslag) is afkomstig van de productie locatie Pasek in Noord-Spanje (La Coruña). De totale partijgrootte voor het milieuhygiënische onderzoek bedraagt ca. 500 ton.

De monsterneming van de 2 mengmonsters van elk 16 grepen is conform Protocol 1002 van BRL SIKB 1000 uitgevoerd. De rapportage van de monsterneming is weergegeven in bijlage 1.

Daarnaast is conform NEN-EN 932-1 de benodigde hoeveelheid steenslag bemonsterd voor de bepaling van de technische eigenschappen.

3. RESULTATEN

3.1. Milieuhygiënisch onderzoek

Van de beide mengmonsters is de samenstelling van de organische componenten en de emissie van de anorganische componenten met de kolomproef vastgesteld. In tabel 1 is de uitlozing van alle gemeten componenten (kolomproef NEN 7383:2004) en de samenstelling weergegeven evenals de grenswaarden uit het Besluit bodemkwaliteit (Bbk). Het analyserapport (16.2687) is opgenomen in bijlage 2 van dit rapport.

Tabel 1: Resultaat emissie en samenstellingswaarden getoetst aan maximale waarden BBK.

	Meng monster 1	Meng monster 2	Gemiddelde Samenstelling en emissie waarde	Maximale emissie en samenstellingswaarde (niet-vormgegeven bouwstof BBK)	Beoordeling Voldoet Ja/Nee
	(mg/kg d.s.)		(mg/kg d.s.)	(mg/kg d.s.)	
antimoon	0,026	0,014	0,020	0,32	Ja
arsen	< 0,05	< 0,05	0,035	0,90	Ja
barium	1,9	1,5	1,7	22	Ja
cadmium	<0,001	<0,001	0,0007	0,04	Ja
chrom	<0,05	<0,05	0,07	0,63	Ja
kobalt	<0,03	<0,03	0,021	0,54	Ja
koper	<0,05	<0,05	0,035	0,90	Ja
kwik	<0,0004	<0,0004	0,00028	0,02	Ja
lood	<0,1	<0,1	0,07	2,3	Ja
molybdeen	< 0,01	< 0,01	0,007	1,0	Ja
nikkel	<0,05	<0,05	0,035	0,44	Ja
seleen	<0,007	<0,007	0,0049	0,15	Ja
tin	<0,02	<0,02	0,014	1,8	Ja
vanadium	< 0,1	< 0,1	0,07	0,4	Ja
zink	<0,2	<0,2	0,14	4,5	Ja
fluoride	< 1,0	< 1,0	0,7	55	Ja
chloride	5,5	5,9	5,7	616	Ja
sulfaat	64	100	82	2430	Ja
bromide	<0,8	<0,8	0,56	20	Ja
benzeen	<0,05	<0,05	0,035	1	Ja
ethylbenzeen	<0,05	<0,05	0,035	1,25	Ja
tolueen	<0,05	<0,05	0,035	1,25	Ja
xylenen (som)	<0,07	<0,07	0,049	1,25	Ja
fenol	<0,3	<0,3	0,21	1,25	Ja
minerale olie	<35	<35	25	500	Ja
PAK (som)	< 0,7	0,81	0,65	50	Ja
PCB (som)	<0,098	<0,098	0,098	0,5	Ja

Alle waarnemingen kleiner dan de aantoonbaarheidsgrens ("<") zijn conform de regels van AP04 voorafgaand aan de berekening van het gemiddelde vermenigvuldigd met een factor 0,7.

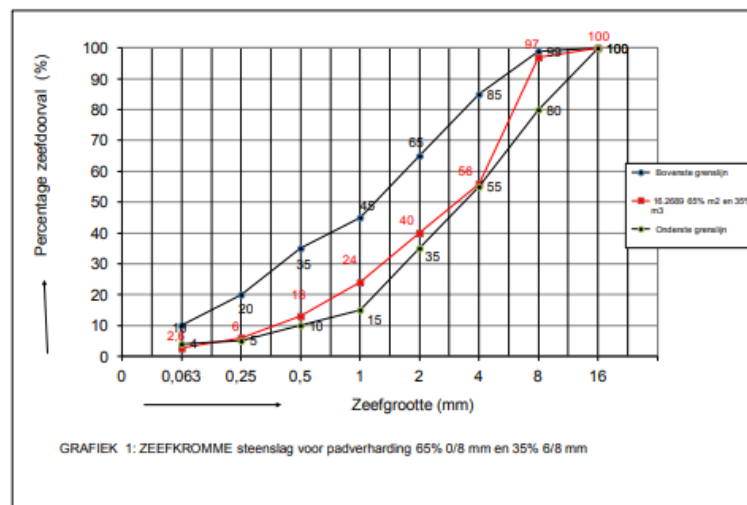
De vastgestelde emissie en samenstellingwaarden **voldoen** voor alle parameters aan de gestelde maximale emissiegrenswaarden uit de Regeling bodemkwaliteit.

3.2. Technisch onderzoek in het kader van ProRail SPC00173

3.2.1. Korrelverdeling

Op laboratoriumschaal is een gradering 0/8 mm samengesteld door de oorspronkelijke fractie 0/8 mm 65 % (m/m) (waaruit de fijne fractie < 0,25 mm is verwijderd), te mengen met 35 % steenslag 6/8 mm. Deze op laboratoriumschaal vervaardigde gradering (ca. 86 kg) is vervolgens gebruikt om vast te stellen of aan de gestelde eisen uit SPC 00173 kan worden voldaan. De korrelverdeling van de samengestelde fractie is weergegeven in figuur 1.

In grafiek 1 is de korrelverdeling van het op laboratoriumschaal samengestelde monster dunite steenslag 0/8 mm (16.2689-4) opgenomen



Uit bovenstaande grafiek van de samengestelde fracties blijkt dat er uit het samengestelde monster te veel fijn materiaal is uitgezeefd. De korrelverdeling voldoet daarmee uitsluitend op dit aspect niet aan de eis eis voor korrelverdeling zoals vermeld in SPC00173 Versie: 003 van ProRail.

Met behulp van dit monster steenslag zijn de verschillende eigenschappen onderzocht en getoetst aan de vereiste specificaties.

Om als padverhardingsmateriaal gecertificeerd te kunnen worden dienen de volgende eigenschappen te vastgesteld te worden;

- Gradering; gehalte zeer fijn; vlakheidsindex (maat voor het gehalte aan platte delen); vorstbestendigheid, waterabsorptie, deeltjes dichtheid, waterdoorlatendheid, dichtheid van het padmateriaal.

De toepassing van de steenslag in ongebonden toepassing valt in het kader van de Europese Regeling voor bouwproducten (CPR) onder EN 13242 (toeslagmaterialen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor de civieltechnische- en wegen bouw).

In SPC00173 Versie: 003 van 01-07-2012 zijn de verschillende specificaties vermeld op basis van de Europese norm. In tabel 1 zijn de resultaten vermeld en getoetst aan de gestelde specificaties.

Tabel 1: Resultaten van de onderzochte gradering dunite steenslag 0/8 mm en toetsing aan de specificatie van padverhardingsmateriaal volgens SPC00173.

Eigenschap	Resultaat	Specificatie SPC00173	Beoordeling
Gradatie steenslagfractie	0/8 mm	Moet voldoen aan tabel 1 SPC 00173	Voldoet
Gehalte zeer fijn (fractie < 0,063 mm)	2,5 % (m/m) = f_3	Volgens 4.6 van EN 13242 $f_4 < 0,063 \text{ mm} < f_{11}$	Voldoet niet (te weinig fijn)
Vlakheidsindex	19 % (m/m) (F_{150})	EN 13242 4.4 tabel 5 Categorie $F_{150} (\leq 50 \text{ % (m/m)})$	Voldoet
Vorstbestendigheid	0,2 % (m/m)	EN 13242 7.3.3 Categorie $F_2 (\leq 2 \text{ % (m/m)})$	Voldoet
Waterabsorptie	0,8 % (m/m)	EN 13242 5.5	Vorstbestendigheid noodzakelijk
Deeltjes dichtheid (ρ_{d1})	2.800 kg/m ³	EN 13242 5.4 $\geq 2.500 \text{ kg/m}^3$	Voldoet
Losstortgewicht	1.680 kg/m ³	Geen eis	-
Waterdoorlatendheid	$6,9 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$	$\geq 2 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$	Voldoet
Optimum dichtheid padverhardingsmateriaal	2.060 kg/m ³	Geen eis	Voldoet
Optimum vochtgehalte voor maximale proctor dichtheid	4,6 % (m/m)	Geen eis	Voldoet

4. CONCLUSIE


De onderzochte partij dunit steenslag gelegen op de locatie in Nieuwdorp (productielocatie in Noord-Spanje (La Coruña) **voldeet** aan de gestelde eisen uit het Besluit bodemkwaliteit. De partij olivijn steenslag 0/8 mm kan in ongebonden toepassing zonder toepassingsbeperking worden toegepast in Nederland.

De op laboratoriumschaal vervaardigde gradering 0/8 mm is in eerste instantie getoetst aan de gestelde eisen uit SPC00173 versie 002. Hierin is een eis voor het gehalte < 0,063 mm opgenomen dat kleiner moet zijn dan 5 % (m/m). In versie 0003 is deze eis gewijzigd en moet het percentage < 0,063 mm tussen 4 en 10 % (m/m) bedragen.

We gaan er vanuit dat wanneer de korrelverdelings-eisen conform SPC00173 versie 003 aan de producent worden verstrekt deze de noodzakelijke procesaanpassingen uitvoert zodat aan deze eis kan worden voldaan.

Bij de eerstvolgende levering zal de partij op dit aspect en de eis voor waterdoorlatendheid dienen te worden getoetst om tot productcertificering te kunnen komen.

5.2 Bijlage Analyserapport samenstelling en uitloogproef olivijn



SGS INTRON Laboratorium
Postbus 5187
6130 PD Sittard

t +31 (0) 46 - 4 204 204
f +31 (0) 46 - 4 529 060


Analyserapport


SGS INTRON B.V.
t.a.v. de heer ing. H.J.M.A. Creuwels
Postbus 5187
6130 PD SITTARD
Nederland


Datum : 19 oktober 2016
 Betreft : Milieuhygiënisch onderzoek aan Olivijn steenslag 0/8 mm.
 Uw code : A889770
 Laboratoriumnummer : 162687
 Monsterneming : 14-9-2016 te Nieuwdorp door SGS INTRON
 Periode onderzoek : 15-9-2016 t/m 14-10-2016

Monstergegevens


Monsternummer	Monstertype	Monstercode	Acceptatiedatum
1	Olivijn steenslag 0/8mm	Olivijn steenslag 0/8mm	15-9-2016
2	Olivijn steenslag 0/8mm	Olivijn steenslag 0/8mm	15-9-2016

Opgesteld door: ing. A. Meijs
accountmanager 

Gesautoriseerd door: ing. W. Ubachs
accountmanager 



Pagina 1 van 6



Behoudens anderszinds overeenkomst worden de opdrachten uitgevoerd op basis van de meest recente versie van de algemene voorwaarden van SGS INTRON B.V. Op eenvoudig verzoek worden deze voorwaarden opnieuw aan u toegezonden. De aandacht wordt geweigd op de beperking van aansprakelijkheid, de vergoedings- en beroepsgebiedswaarschuwing bepaald door deze voorwaarden. Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming van het SGS INTRON laboratorium uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.

De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de onderzochte monsters. De accreditatie omvat alle resultaten behorende bij analyses die bij analysemethoden met een Q zijn gemaakt. De meetonzekerheid van de gerapporteerde resultaten en overige prestatiekenmerken kunt u opvragen bij SGS INTRON.

Analysemethoden

Analyse	Analysetechniek	Methode	Q	u
Analysemonster vluchtigen fenol		AP04-V	Q	
Analysemonster vluchtigen VAK		AP04-V	Q	
Antimoon	AAS hydride generatie	NVN 7323 (1997), AP04-E-XIII	Q	
Arseen	ICP	NEN 6966, AP04-E-V	Q	
Barium	ICP	NEN 6966, AP04-E-X	Q	
Breken < 4 mm		AP04		
Bromide	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII	Q	
Cadmium	ICP	NEN 6966, AP04-E-II	Q	
Chloride	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII	Q	
Chroom totaal	ICP	NEN 6966, AP04-E-VI	Q	
Conserven		Eigen methode		
Cryogeen malen < 1 mm		AP04-V	Q	
Droge stof 105°C analysemonster kolomproef	gravimetrie	AP04-V	Q	
Droge stof 105°C analysemonster matig vluchtigen	gravimetrie	AP04-V	Q	
Droge stof 105°C analysemonster vluchtigen	gravimetrie	AP04-V	Q	
Fenol	HPLC UV/Flu	eigen methode, AP04-SB-VIII	Q	
Fluoride	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-2, AP04-E-XVIII	Q	
Geleidbaarheid 25°C	conductometrie	gelijkwaardig aan NEN-ISO 7888 (1994), AP04-U-V, gemeten bij 20°C, correctie volgens par. 7.2	Q	
Kobalt	ICP	NEN 6966, AP04-E-XII	Q	
Kolomproef (L/S = 1,10)	Kolomproef	NEN 7383 (2004), AP04-U-I	Q	
Koper	ICP	NEN 6966, AP04-E-VII	Q	
Kwik	koude damp AAS	NEN 7324 (2001), AP04-E-VIII	Q	
Lood	ICP	NEN 6966, AP04-E-I	Q	
Minerale olie (SB)	GC-FID	AP04-SB-V		Qu
Molybdeen	ICP	NEN 6966, AP04-E-IX	Q	
Nikkel	ICP	NEN 6966, AP04-E-IV	Q	
PAK (VROM)	HPLC-UV/Flu	AP04-SB-III	Q	
PCB	GC-MS	AP04-SB-IV	Q	
pH	potentiometrie	NEN-ISO 10523, AP04-U-IV	Q	
Seleen	AAS hydride generatie	NVN 7323 (1997), AP04-E-XIV	Q	
Sulfaat	HPLC	NEN-EN-ISO 10304-1, AP04-E-XVII	Q	
Tin	ICP	NEN 6966, AP04-E-XI	Q	
VAK beperkt (BETX)	purge & trap GC-FID	AP04-SB-II	Q	
Vanadium	ICP	NEN 6966, AP04-E-XV	Q	
Voorbewerking fenol		Eigen methode		
Voorbewerking minerale olie		AP04		
Voorbewerking PAK/EOX/xCB		AP04		
Voorbewerking vluchtige stoffen (VAK)		AP04-SB-II, NEN 6973		
Zink	ICP	NEN 6966, AP04-E-III	Q	

Q = geaccrediteerd door RvA, u = uitbesteed bij onderaannemer, Qu = geaccrediteerd bij de onderaannemer

Laboratoriumnummer: 162687

Pagina 2 van 6



Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming van het SGS INTRON laboratorium uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
 De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de onderzochte monsters.
 De meetbaarheid van de gerapporteerde resultaten en overige prestatiekenmerken kunt u opvragen bij SGS INTRON.

Resultaten

Analyse	Eenheid	1	2
VAK beperkt (BETX)			
Benzeen	mg/kg d.s.	< 0,05	< 0,05
Tolueen	mg/kg d.s.	< 0,05	< 0,05
Ethylbenzeen	mg/kg d.s.	< 0,05	< 0,05
m+p-Xyleen	mg/kg d.s.	< 0,05	< 0,05
o-Xyleen	mg/kg d.s.	< 0,05	< 0,05
Totaal Xylenen	mg/kg d.s.	< 0,07	< 0,07
Totaal BETX	mg/kg d.s.	< 0,18	< 0,18
Minerale olie	mg/kg d.s.	<35	<35
PAK (VROM)			
Naftaleen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Fenantreen	mg/kg d.s.	< 0,10	0,13
Antraceen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Fluoranteen	mg/kg d.s.	< 0,10	0,12
Benzo(a)anthraceen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Chryseen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Benzo(k)fluoranteen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Benzo(a)pyreen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	mg/kg d.s.	< 0,10	< 0,10
Totaal PAK 10 VROM	mg/kg d.s.	< 0,70	0,81
PCB			
Ballschmiter no. 28	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Ballschmiter no. 52	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Ballschmiter no. 101	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Ballschmiter no. 118	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Ballschmiter no. 138	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Ballschmiter no. 153	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Ballschmiter no. 180	mg/kg d.s.	< 0,020	< 0,020
Totaal PCB	mg/kg d.s.	< 0,098	< 0,098
Fenol	mg/kg d.s.	< 0,30	< 0,30

Laboratoriumnummer: 162687

Pagina 3 van 6



Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming van het SGS INTRON laboratorium uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
 De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de onderzochte monsters.
 De nauwkeurigheid van de gerapporteerde resultaten en overige prestatiekenmerken kunt u opvroegen bij SGS INTRON.

Kolomproef

NEN 7383
volgens AP04

monstercode	162687-1				
monsteromschrijving	Olivijn steenslag 0/8mm				
Testgegevens	cumulatief 2 fracties (L/S=1 en L/S1-10), een fractie analyseren conform AP04.				
Start- en einddatum kolomproef	19-9-2016		10-10-2016		
Massa d.s.	(g)	950,21			
Coefficient (f)	(l/kg.h)	0,025			
Debiet	(ml/uur)	23,8	Olivijn steenslag 0/8mm		
Diameter kolom	(cm)	5			
Lengte kolom	(cm)	25			
Temperatuur	(°C)	20±2			
Volume fractie	(ml)	902,7	9511,6		
L/S-verhouding	(ml/g)	0,95	10,01		GEMETEN CUMULATIEVE UITLOGING
Zuurgraad	(pH)	9,05	8,38		
Geleidbaarheid	(µS/cm)	320	73		
Temp. pHgeleidbaarheid	(°C)	20,6	20,6		
Component	OBG (µg/l)	Concentratie in extract (µg/l)		L/S=10 (mg/kg d.s.)	
antimoon (Sb)	0,4	2,6		0,026	
arsen (As)	5	< 5,0		<0,050	
barium (Ba)	60,0	190		1,9	
cadmium (Cd)	0,1	< 0,10		<0,0010	
chrom (Cr)	10,0	< 10		<0,10	
cobalt (Co)	3,0	< 3,0		<0,030	
koper (Cu)	5,0	< 5,0		<0,050	
kwik (Hg)	0,04	<0,04		<0,00040	
lood (Pb)	10	< 10		<0,10	
molybdeen (Mo)	1,0	< 1,0		<0,010	
nikkel (Ni)	5,0	< 5,0		<0,050	
seleen (Se)	0,7	< 0,7		<0,0070	
tin (Sn)	2,0	< 2,0		<0,020	
vanadium (V)	20	< 20		<0,20	
zink (Zn)	20	< 20		<0,20	
fluoride (F)	100	< 100		<1,0	
chloride (Cl)	1000	550		5,5	
sulfaat (SO4)	2000	6400		64	
bromide (Br)	80	< 80		<0,80	

Laboratoriumnummer: 162687

Pagina 4 van 6



Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming van het SGS INTRON laboratorium uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de onderzochte monsters.
De meetonzekerheid van de gerapporteerde resultaten en overige praktische merkmale kunt u opvragen bij SGS INTRON.

Kolomproef

NEN 7383
 volgens AP04


monstercode	162687-2				
monsteromschrijving	Olivijn steenslag 0/8mm				
Testgegevens	cumulatief 2 fracties (L/S=1 en L/S1-10), een fractie analyseren conform AP04.				
Start- en einddatum kolomproef	19-9-2016	10-10-2016			
Massa d.s.	(g)	910,88			
Coefficient (f)	(l/kg.h)	0,025			
Debiet	(ml/uur)	22,8	Olivijn steenslag 0/8mm		
Diameter kolom	(cm)	5			
Lengte kolom	(cm)	25			
Temperatuur	(°C)	20±2			
Volume fractie	(ml)	838,0		9127,0	
L/S-verhouding	(ml/g)	0,92		10,02	GEMETEN CUMULATIEVE UITLOGING
Zuurgraad	(pH)	9,09		8,66	
Geleidbaarheid	(µS/cm)	310		73	
Temp. pHgeleidbaarheid	(°C)	20,7		20,6	
Component		OBG (µg/l)	Concentratie in extract (µg/l)		L/S=10 (mg/kg d.s.)
antimoon (Sb)		0,4		1,4	0,014
arseen (As)		5		< 5,0	<0,050
barium (Ba)		60,0		150	1,5
cadmium (Cd)		0,1		< 0,10	<0,0010
chromium (Cr)		10,0		< 10	<0,10
cobalt (Co)		3,0		< 3,0	<0,030
koper (Cu)		5,0		< 5,0	<0,050
kwik (Hg)		0,04		<0,04	<0,00040
lood (Pb)		10		< 10	<0,10
molybdeen (Mo)		1,0		< 1,0	<0,010
nikkel (Ni)		5,0		< 5,0	<0,050
seleen (Se)		0,7		< 0,7	<0,0070
tin (Sn)		2,0		< 2,0	<0,020
vanadium (V)		20		< 20	<0,20
zink (Zn)		20		< 20	<0,20
fluoride (F)		100		< 100	<1,0
chloride (Cl)		1000		590	5,9
sulfaat (SO4)		2000		10000	100
bromide (Br)		80		< 80	<0,80

Laboratoriumnummer: 162687


Pagina 5 van 6



Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming van het SGS INTRON laboratorium uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
 De resultaten hebben uitsluitend betrekking op de onderzochte monsters.
 De nauwkeurigheid van de gerapporteerde resultaten en overige prestatiekenmerken kunt u opvragen bij SGS INTRON.



SGS SEARCH
laboratorium



Analyserapport asbestonderzoek analysemonster

SGS Intron B.V.
heer H. Cruwels
Postbus 5187
6130 PD SITTARD

Origineel Pag. 1 van 1

Rapportnummer: Dossiernummer laboratorium: 12942 Versie: 001
 Datum opdrachtverlening: 6-aug-21
 Projectnr. opdrachtgever: A126980

Onderzoeksgegevens
 Doel onderzoek: Bepaling van de asbestconcentratie conform: AP04 & NEN5898
 Locatie veldonderzoek: Dr. Nolenstraat 126 6136 GV Sittard
 Datum veldonderzoek: 6-aug-21
 Minsamening door: Opdrachtgever
Indien de monsters niet door SGS Search Laboratorium B.V. zijn genomen, draagt SGS Search Laboratorium B.V. geen verantwoordelijkheid inzake herkomst en representativiteit alsmede de veiligheid tijdens monsterneming en juistheid van aangeleverde gegevens

Uitvoerende veldwerker: Pult
 Soort materiaal: 48.243,0 gram
 Massa veldvochtig monster:

Locatie labonderzoek: Meerstraat 7 te Heeswijk
 Datum labonderzoek: 11-aug-21
 Uitvoerende analist/rapporteur: Keijo Kuppens
 Type zanding: Droog

Monstercode: 21.3422-5
 Monsternemingstraject (n-v-v):

Resultaten

Deelfractie	Massa zeef fractie (gram)	Onderzocht percentage (%)	Aantal asbest deeltjes	Gewicht asbest (µg)	Hecht- gebonden in 7 ree /veels	Serpentijs asbest			Amfibool asbest		
						Aanwezigheid losse vezel bundels (f)	concentratie asbest (mg/kgds)	concentratie asbest (mg/kgds) ondergrens	Aanwezigheid losse vezel bundels (f)	concentratie asbest (mg/kgds)	concentratie asbest (mg/kgds) ondergrens
< 0,5 mm	6.141,0	0,25	0	0,0	100	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0
0,5 - 1 mm	4.168,0	5,37	0	0,0	100	0,0	0,0	0,1	n.a.	0,0	0,0
1 - 2 mm	7.358,0	6,84	0	0,0	100	0,0	0,0	0,2	n.a.	0,0	0,0
2 - 4 mm	11.521,0	8,70	0	0,0	100	0,0	0,0	1,0	n.a.	0,0	0,0
4 - 8 mm	14.764,0	100,00	0	0,0	100	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0
8 - 20 mm	1.079,0	100,00	0	0,0	100	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0
> 20 mm	0,0	100,00	0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0
Totaal	48.051,0	0	0	0,0	100	< 1,3	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

Netto drooggewicht: 46.086,8 gram
 Percentage droge stof (monster): 95,93 %
 n.a.: niet aantoonbaar # aantal bundels/vezels

De resultaten hebben betrekking op het geanalyseerde monster afkomstig van de projectlocatie
 Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht. Deze identificaties zijn uitgevoerd conform NEN 5898.

Opmerkingen: Het volgende identificatierapport geeft de resultaten van de aangestroomde asbestverdrachte materialen weer: AMM21-02099
 De onderzochte deelfractie is volledig nagelopen. Na het aantreffen van 100 losse bundels is gestopt met het tellen van bundels. Hierom advies voor uitvoering 5/9e fractie.

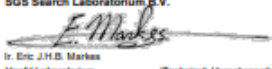
Conclusies: Concentratie asbest (mg/kgds)



	Serpentijs asbest	Amfibool asbest	Totaal afgerond*	Wt% ten interval
hecht gebonden	0,0	0,0	0,0	0 - 1
niet hecht gebonden	0,0	0,0	0,0	-
Totaal afgerond	0,0	0,0	0,0	-

* De afgeronde totalen zijn afgerond conform de regels zoals vermeld in de norm
 * De gewogen concentratie (serpentijs asbest vermeerderd met 10 maal amfibool asbest) is: < 1,3 [mg/kgds]
95% betrouwbaarheidsinterval: 0 - 1,3 [mg/kgds]

Behoudens anderszuidende overeenkomst worden alle opdrachten en documenten uitgevoerd en uitgegeven op basis van onze algemene voorwaarden. De aandacht wordt gevestigd op de beperking van aansprakelijkheid, de vergoedings- en bezwaarregelingen bepaald door deze voorwaarden.
 Elke houder van dit document dient te weten dat de informatie vervat in dit document enkel de bevindingen van SGS op het ogenblik van haar tussenkomst en binnen de grenzen van de eventuele instructies van de opdrachtgever, bevat. SGS is enkel aansprakelijk ten aanzien van haar opdrachtgever en dit document staat niet in de rechtsverhouding van SGS met derden. Het aanbrengen van aanpassingen en/of wijzigingen aan dit document is exclusief voorbehouden aan SGS. Elke niet door SGS toegestane wijziging evenals de namaak of vervalsing van de inhoud of het uiterlijk van dit document is onwettig en overtreedt zullen vervolgd worden.
 Ondanks de zorgvuldigheid die betracht wordt, is SGS niet aansprakelijk voor schade, welke dan ook, als gevolg van onjuistheden in of problemen veroorzaakt door, (elektronische) communicatie. Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Indien u als niet-geadresseerde dit rapport ontvangt, wordt u verzocht de afzender hier direct over te informeren en het document te vernietigen.
 Aanvullende informatie aangaande dit rapport is beschikbaar voor de eindgebruiker. Deze informatie kan afwikkelen via de opdrachtgever van SGS Search Laboratorium B.V. worden opgevraagd.

Getekend te Heeswijk d.d. 12 augustus 2021 De ondertekening van dit rapport wordt automatisch gereguleerd
SGS Search Laboratorium B.V.


 Ir. Eric J.H.B. Markes
 Hoofd Laboratorium (Technisch Verantwoordelijk)

Analyserapport asbestonderzoek analysemonster

SGS Intron B.V.
heer H. Creuwels
Postbus 5187
6130 PD SITTARD

Origineel Pag. 1 van 1

Rapportnummer: Dr. Nolenstraat 126 6136 GV Sittard
Dossiernummer laboratorium: 12942 Versie: 001
Datum opdrachtverlening: 6-aug-21
Projectnr. opdrachtgever: A125980

Onderzoekgegevens
Doel onderzoek: Bepaling van de asbestconcentratie conform: AP04 & NEN5898

Locatie veldonderzoek: Dr. Nolenstraat 126 6136 GV Sittard
Datum veldonderzoek: 6-aug-21
Monsterneming door: Opdrachtgever

Indien de monsters niet door SGS Search Laboratorium B.V. zijn genomen, draagt SGS Search Laboratorium B.V. geen verantwoordelijkheid inzake herkomst en representativiteit alsmede de veiligheid tijdens monsterneming en juistheid van aangeleverde gegevens

Uitvoeren veldwerk:
Soort materiaal: Puin
Massa veldvochtig monster: 48.077,0 gram

Locatie labonderzoek: Meerstraat 7 te Heeswijk
Datum labonderzoek: 12-aug-21
Uitvoeren analyse/apparaat: Kaijo Kuppens
Type zanding: Droog

Monstercode: 21.2422-6

Monsternemingsproject (n-riv):

Zeeffractie	Massa zeeffractie [gram]	Onderzocht percentage [%]	Aantal asbest deeltjes	Gemidd. asbest [ng]	Hechtgebonden (a.l.nee /bonds)	Serpenti(n) asbest			Amfibool asbest			
						Aanwezigheid losse vezel [mg/kgw]	concentratie asbest [mg/kgw]	concentratie asbest [mg/kgw]	Aanwezigheid losse vezel [mg/kgw]	concentratie asbest [mg/kgw]	concentratie asbest [mg/kgw]	
< 0,5 mm	6.409,0	0,24	0	0,0	100	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0
0,5 - 1 mm	4.106,0	5,48	0	0,0	100	0,0	0,0	0,1	n.a.	0,0	0,0	0,0
1 - 2 mm	6.941,0	7,26	0	0,0	100	0,0	0,0	0,2	n.a.	0,0	0,0	0,0
2 - 4 mm	11.876,0	8,65	0	0,0	100	0,0	0,0	1,0	n.a.	0,0	0,0	0,0
4 - 8 mm	18.880,0	10,00	0	0,0	100	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0
8 - 20 mm	4.084,0	100,00	0	0,0	100	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0
> 20 mm	0,0	100,00	0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0	n.a.	0,0	0,0	0,0
Totaal	48.046,0	0	0	0,0		< 1,3	0,0	1,2		< 0	0,0	0,0

Netto drooggewicht: 48.047,0 gram
Percentage droge stof (Monster): 95,88 %
n.a.: niet aantoonbaar # aantal bundels/vezels

De resultaten hebben betrekking op het geanalyseerde monster afkomstig van de projectlocatie. Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht. Deze identificaties zijn uitgevoerd conform NEN 5898.

Opmerkingen: Het volgende identificatierapport geeft de resultaten van de aangetroffen asbestverdachte materialen weer: AMM21-02059
De onderzochte deelfractie is volledig nagekeken. Na het aantreffen van 100 losse bundels is gestopt met het tellen van bundels. Hierom advies voor uitvoering fijne fractie.

Conclusies: Concentratie asbest (mg/kgw)

	Serpenti(n) asbest	Amfibool asbest	Totaal algemeen*	95% Betrouwbaarheid
hecht gebonden	0,0	0,0	0,0	0 - 1
met hecht gebonden	0,0	0,0	0,0	-
Totaal algemeen*	0,0	0,0	0,0	-

* De afgeronde totalen zijn afgerond conform de regels zoals vermeld in de norm
* De gewogen concentratie (serpenti(n) asbest vermeerderd met 10 maal amfibool asbest) is: < 1,3 [mg/kgds]
95% betrouwbaarheidsinterval: 0 - 1,3 [mg/kgds]

Behoudens anderszuidende overeenkomst worden alle opdrachten en documenten uitgevoerd en uitgegeven op basis van onze algemene voorwaarden. De aandacht wordt geweidt op de beperking van aansprakelijkheid, de vergoeding en beroepsaansprakelijkheid bepaald door deze voorwaarden. Elke houder van dit document dient te weten dat de informatie vervat in dit document enkel de bevindingen van SGS op het ogenblik van haar tussenkomst en binnen de grenzen van de eventuele instructies van de opdrachtgever, beslist SGS is enkel aansprakelijk ten aanzien van haar opdrachtgever en dit document stelt de bij een handelstransactie betrokken partijen niet vrij van hun plicht al hun rechten en verplichtingen uit te oefenen voortvloeiend uit de handeldocumenten. Vermeenguldiging of publicatie van dit document mag alleen in zijn geheel en na schriftelijke goedkeuring van SGS gebeuren. Het aanbrengen van aanpassingen en/of toevoegingen aan dit document is exclusief voorbehouden aan SGS. Elke niet door SGS toegestane wijziging evenals de namaak of vervalsing van de inhoud of het uiterlijk van dit document is onwettig en omekeerbaar zullen vervolgd worden. Ondanks de zorgvuldigheid die betracht wordt, is SGS niet aansprakelijk voor schade, welke dan ook, als gevolg van onjuistheden in of problemen, veroorzaakt door (elektronische) communicatie. Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Indien u als niet-geadresseerde dit rapport ontvangt, wordt u verzocht de afzender hier direct over te informeren en het document te vernietigen. Aanvullende informatie aangaande dit rapport is beschikbaar voor de eindgebruiker. Deze informatie kan uitsluitend via de opdrachtgever van SGS Search Laboratorium B.V. worden opgevraagd.

Getekend te Heeswijk d.d. 12 augustus 2021 De ondertekening van dit rapport wordt automatisch gegenereerd.

SGS Search Laboratorium B.V.
F. Markes
Ir. Eng. J.H.B. Markes
Hoofd Laboratorium (Technisch Verantwoordelijke)




Opdrachtgever
SGS Intron B.V.
Heer H. Creuwels
Postbus 5187
6130 PD SITTARD NEDERLAND

Laboratorium
SGS Search Laboratorium B.V.
Industries & Environment
Meerstraat 7
Postbus 83
5473 ZH Heeswijk
+31 (0) 88 214 66 00
laboratorium@sgssearch.nl

Opdracht info
MoederTag 0593281
Onderzoekslokatie Steenslag 0/8 mm
Projectnummer A128980

Onderzoeksgegevens
Type onderzoek Materiaalidentificatie middels optische microscopie conform NEN5896
Doel onderzoek Kwalitatieve bepaling van het soort asbest en semi-kwantitatieve bepaling van de concentratie asbest in asbestverdacht materiaal.
Analysemethode Optische microscopie
Locatie bemonstering Steenslag 0/8 mm
Datum bemonstering 06-08-2021
Bemonsterd door KLANT
Analyse locatie Meerstraat 7 te Heeswijk
Uitvoerend analist/rapporteur Keijo Kuppens
Datum analyse 12-08-2021

Handtekening

Technisch verantwoordelijk:
Ir. Eric J.H.B. Markes 
Hoofd Laboratorium De ondertekening van dit rapport wordt automatisch gegenereerd.

Gerapporteerd 12-08-2021

Behoudens anderszuidende overeenkomst worden alle opdrachten en documenten uitgevoerd en uitgegeven op basis van onze algemene voorwaarden. Op eenvoudig verzoek worden deze voorwaarden opnieuw aan u toegezonden. De aandacht wordt gevestigd op de beperking van aansprakelijkheid, de vergoedings- en bevoegdheidskwesties bepaald door deze voorwaarden. Elke houder van dit document dient te weten dat de informatie vervat in dit document enkel de bevindingen van SGS op het ogenblik van haar tussenkomst en binnen de grenzen van de eventuele instructies van de opdrachtgever, bevat. De resultaten in dit verslag hebben alleen betrekking op de geselecteerde bemonsterde objecten. SGS is enkel aansprakelijk ten aanzien van haar opdrachtgever en dit document stelt de bij een handelstransactie betrokken partijen niet vrij van hun plicht of hun rechten en verplichtingen uit te oefenen voortvloeiend uit de handelsdocumenten. Elke niet toegestane wijziging evenals de namaak of vervalsing van de inhoud of het uitzicht van dit document is onwettig en overtreeders zullen vervolgd worden.

Indien de monsters niet door SGS Search Laboratorium B.V. genomen zijn, draagt SGS Search Laboratorium B.V. geen aansprakelijkheid inzake herkomst en representativiteit, alomede veiligheid tijdens monsterneming en juistheid van aangeleverde gegevens. De door opdrachtgever verstrekte gegevens zijn cursief vermeld in het rapport.



SGS Search Laboratorium B.V. Meerstraat 7 P.O. Box 83 5473 ZH Heeswijk The Netherlands t +31 (0)88 214 66 00 www.sgssearch.nl
CoC 17114497 VAT: NL 8079 90 826 B 01 IBAN: NL85CIT0266078737 BIC: CITINL2X

Pagina 1/3

Analyseresultaten

	Monsternummer		001	002
	QIR-Code	0593282	0593283	
Monster hechtgebonden	-	n.v.t.	n.v.t.	
Chrysotiel	w/w %	> 60	> 60	
Amosiet	w/w %	< 0.1	< 0.1	
Crocidoliet	w/w %	< 0.1	< 0.1	
Actinoliet	w/w %	< 0.1	< 0.1	
Anthofyliet	w/w %	< 0.1	< 0.1	
Tremoliet	w/w %	< 0.1	< 0.1	

Nummer	Monsterlocatie	Monster omschrijving	Analyseresultaat	Hechtgebonden
001	21.2422-5	Losse bundels	> 60 w/w % CHR	n.v.t.
002	21.2422-6	Losse bundels	> 60 w/w % CHR	n.v.t.



Toelichting analyserapport

Uitleg rapportages algemeen

Het rapportnummer is een uniek nummer. Aan de hand van dit nummer kunnen vragen worden gesteld en eventueel extra rapporten worden opgevraagd door de opdrachtgever.

Aleen aan de opdrachtgever of door de opdrachtgever aangewezen partij zal informatie worden verstrekt omtrent het resultaat van het uitgevoerde onderzoek.

Het dossiernummer van SGS Search Laboratorium B.V. is een uniek nummer dat door SGS Search Laboratorium B.V. voorafgaand aan de uitvoering van iedere opdracht wordt aangemaakt.

Het is mogelijk dat de werkzaamheden van SGS Search Laboratorium B.V. een onderdeel vormen van een project waarbij een directievoerder voor de asbestsanering betrokken is. In dat geval wordt bij "projectnummer klant" het voor dat project geldende kenmerk ingevoerd.

Aanvullende uitleg analysesresultaat

Serpentijn

CHR = Chrysotiel (wit asbest)

Amfibool

ANT = Anthofyliet (geel asbest)

AMO = Amosiet (bruin asbest)

ACT = Actinoliet (groen asbest)

CRO = Crocidoliet (blauw asbest)

TRE = Tremoliet (grijs asbest)

Analysesresultaat w/w%

Met behulp van dit percentage wordt een inschatting gemaakt van de hoeveelheid asbest van die soort(en) in het materiaalmonsters. Conform de NEN 5896 is dit percentage een inschatting van het gewicht aan asbestvezels ten opzichte van het gewicht van het totale monster (w=weight=gewicht).

Analysesresultaat <0,1%

Conform de NEN 5896 betekent de waarde <0,1% dat in het monster geen asbestvezels zijn aangetroffen.

Hechtgebonden ja/nee

In het geval van asbest wordt aangegeven hoe stevig of los de asbestvezels in het materiaal zitten:

- Hechtgebonden 'ja' betekent dat de vezels vast in het materiaal zitten (breukvlakken uitgezonderd).
- Hechtgebonden 'nee' betekent dat de vezels los in het materiaal zitten en dat het risico hoog is dat er bij lichte beroering van het materiaal vezels vrijkomen.
- Hechtgebonden 'n.v.t.' betekent dat er geen uitspraak aangaande de gebondenheid nodig is.

Aanvullende uitleg analysetechnieken

Optische Microscopie

De identificatie middels optische microscopie bestaat uit twee onderdelen. Allereerst wordt bij een vergroting van ongeveer 50x onder een stereomicroscopie gezocht naar vezels. Indien deze aangetroffen worden, wordt er met behulp van dispersievliefstof een preparaat gemaakt. Dit preparaat wordt onder de polarisatiemicroscopie bij een vergroting van 125x nader onderzocht. De vezels worden gekarakteriseerd op grond van kenmerkende optische eigenschappen zoals: brekingsindex, dubbelbreking, dispersie en het gedrag in gepolariseerd licht.



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl