



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu

Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Kennisnotitie

Toelichting over RIVM onderzoek LD-staalslakken

Inleiding

Op 19 april 2023 publiceerde het RIVM een rapport over een literatuurstudie van de milieuhygiënische kwaliteit van LD-staalslakken (2). LD-staalslakken ontstaan als reststroom bij de staalproductie. Dit gebeurt op wereldwijde schaal en in Nederland bij Tata Steel IJmuiden (TSIJ).

Adviesbureau TAUW heeft (in opdracht van Pelt & Hooykaas) een second opinion gedaan op deze literatuurstudie (1). Op verzoek van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) is het RIVM om een schriftelijke reactie daarop gevraagd. Deze reactie staat in dit document beschreven.

Samenvattende conclusie

Het RIVM-rapport uit 2023 over een literatuurstudie van de milieuhygiënische kwaliteit van LD staalslakken laat zien dat wereldwijd de chemische en mineralogische samenstelling van de LD-staalslakken sterk kan variëren. Het RIVM-rapport bevat bandbreedten van de gevonden gehalten van metalen en hun verbindingen. Voor toepassingen in Nederland wordt grotendeels gewerkt met LD-staalslakken afkomstig van TSIJ. Er bestaat geen twijfel dat er ongewenste milieueffecten kunnen ontstaan bij de grootschalige toepassing van LD-staalslakken op landbodembodem door hoge pH uitloging.

Het RIVM geeft nieuwe inzichten dat een hoge pH-uitloging en uitloging van (zware) metalen bij grootschalige toepassing van LD-staalslakken en grotere toepassingshoogten/laagdikten op landbodembodem gedurende een lange periode te verwachten is. Dit resulteert in hogere emissies van schadelijke stoffen in de onderliggende bodem dan waar men bij de afleiding en vaststelling van de generieke normstelling voor bouwstoffen vanuit is gegaan. Dit gaat onder meer om de beleidsmatig onderbouwde keuze om bij de selectie van de voorgestelde kritische emissiewaarden een generieke toepassingshoogte van 0,5m te hanteren. Daarbij zijn op basis van recente casuïstiek met grootschalige toepassingen zoals de geluidswal golfbaan Spijk feitelijk hogere diktes toegepast en aanwijzingen dat de beoordeling van de milieuhygiënische kwaliteit van staalslakken met de wettelijk voorgeschreven standaarduitloogproeven verschillen vertoont met die van de veldonderzoeken.

Het RIVM beveelt in haar rapport onder meer aan om de representativiteit van de gehanteerde uitloogproeven voor LD-staalslakken in praktijktoepassingen nader te onderzoeken. Verder zou, gezien de waargenomen effecten in de praktijk, onderzocht moeten worden hoe er bij gebruik van staalslakken rekening kan worden gehouden met de invloed van de parameters zuurgraad, redoxpotentiaal, DOC (dissolved organic carbon), nutriënten en zwevend materiaal op de uitloging. Verder is er nog onzekerheid over de invloed van verouderingseffecten zoals carbonatatie, de zuurgraad en redoxpotentiaal op de uitloogbaarheid van schadelijke stoffen in de staalslakken.

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 91 11

Auteurs:

Marcel Broekman

Centrum:

VLH

Contact:

marcel.broekman@rivm.nl

Kenmerk: KN-2024-0026

DOI: 10.21945/RIVM-KN-2024-0026

Datum: 6-5-2024

Het beeld dat carbonatatie grotendeels leidt tot het neutraliseren van het aanwezige schadelijke calciumoxide door een chemische omzetting in aanwezigheid van koolstofdioxide in de lucht, water en bodem tot de vorming van het onschadelijke calciumcarbonaat is in de wetenschappelijke literatuur niet bevestigd. Carbonatatie in LD-staalslakken verloopt zeer traag, waarbij er geen zekerheid is dat het aanwezige calciumoxide in de LD-staalslakken na 100 jaren grotendeels of volledig is omgezet. Tevens heeft het RIVM geen bewijs gevonden in de wetenschappelijke literatuur dat carbonatatie kan leiden tot een voor water ondoordringbare laag aan de oppervlakte van de staalslakken. Bij diverse praktijksituaties is gebleken dat carbonatatie beperkt of nauwelijks heeft opgetreden.

Het RIVM-rapport geeft een genuanceerde uitleg van het wettelijk kader over de mogelijke status van LD-staalslakken als bijproduct of afvalstof. Er zijn omstandigheden waarbij de status van bijproduct vervalt en de staalslakken onder de werkingssfeer van de afvalstoffenwetgeving komt. Dit heeft ook gevolgen voor de verwerking van het materiaal en de vraag of de te verwijderen staalslakken in een werk als gevaarlijke afvalstoffen moet worden ingedeeld.

Er zijn onvoldoende resultaten bekend over de bepaling van de gevaarseigenschappen van LD-staalslakken uitgevoerd volgens de testmethoden van de Europese verordening 440/2008 (of daarmee gelijkwaardig) (10), zodat de gevaarsindeling volgens de beoordelingssystematiek van de Rijkswaterstaat (RWS)-handreiking (2019) dient plaats te vinden. De systematiek wijkt op onderdelen af van die van de beoordeling van stoffen, mengsels en voorwerpen volgens de CLP-verordening. Uit de beoordeling van de gevaarsindeling concludeert het RIVM dat de LD-staalslakken een gevaarlijke afvalstof kan zijn.

Een relevante milieu-gerelateerde gevaarseigenschap is de ecotoxiciteit ofwel de aquatische toxiciteit. Dit hangt samen met de beschikbaarheid van stoffen in LD-staalslakken met een acute en of chronische aquatische toxiciteit. Er is daarover zeer weinig informatie gevonden die voldoende overtuigend wetenschappelijk bewijs levert om te kunnen vaststellen dat LD-staalslakken de gevaarseigenschap ecotoxiciteit niet bezit.

Voor het voldoen aan de milieueisen van de Besluit bodemkwaliteit (Bbk) en Regeling bodemkwaliteit (Rbk) maakt het niet uit of de LD-staalslakken voor een toepassing als bouwstof een afvalstof of een (bij)product is.

Inhoudelijke toelichting

In deze toelichting worden de verschillende onderdelen behandeld waarover door adviesbureau TA UW vragen zijn gesteld en/of opmerkingen zijn gegeven waarop een aanvullende duiding en toelichting wordt gegeven.

Representativiteit van de chemische en mineralogische samenstelling van LD-staalslakken

Het uitgevoerde literatuuronderzoek is voor de ILT een kennisbasis om keuzes te maken voor mogelijk verdere stappen zoals een verificatie van de milieuhygiënische kwaliteit van de staalslakken afkomstig van TSIJ door bemonstering en testen.

In de literatuurstudie is zonder beperkingen gezocht naar alle wereldwijd beschikbare relevante wetenschappelijke publicaties over het oxystaalproces waaruit de LD-staalslakken als reststroom ontstaan. TSIJ is een voorbeeld van een geïntegreerd staalproductiebedrijf waarbij de omzetting van ruwijzer naar staal volgens het oxystaalproces op dezelfde locatie plaatsvindt als de omzetting van ijzererts naar

ruwijzer die aan het oxystaalproces voorafgaat. Het RIVM heeft op basis van de beschikbare informatie een globaal beeld gegeven van de chemische en mineralogische samenstelling van LD-staalslakken. De vraag of dit ook een representatief beeld geeft was geen doel in het onderzoek en is niet verder onderzocht. Het onderzoek levert wel een zo volledig mogelijk inzicht in de bandbreedten van gehalten van schadelijke stoffen in de LD-staalslakken van verschillende staalproductiebedrijven.

In het RIVM-rapport zijn de in tabel 2 en 3 vermelde samenstellingswaarden van de Ashrit-studie duidelijk hoger dan die van TSIJ. De Ashrit-getallen zijn met alle andere gegevens meegenomen om een bandbreedte te geven. Als uiteindelijk het maximumgehalte is genomen van alle verzamelde data voor het vaststellen van de milieuhygiënische kwaliteit, dan zijn die van Ashrit wellicht van invloed (maxima van de vermelde ranges) en kom je uit op een worst-case benadering. Voor toepassingen in Nederland wordt grotendeels gewerkt met LD-staalslakken afkomstig van TSIJ. Er is geen twijfel dat door de aanwezige gehalten van vooral ongebonden calciumoxide (ongeblaste kalk) tot maximaal 15 massaprocent er ongewenste milieueffecten kunnen ontstaan bij de grootschalige toepassing van LD-staalslakken op landbodembodem door de hoge pH uitloging.

Het literatuuronderzoek is afhankelijk van de beschikbaarheid van (nieuwe) productinformatie over LD-staalslakken die als bouwstoffen worden vermarkt. Het is voorstelbaar dat de vastgestelde bandbreedte van de gehalten van schadelijke stoffen in de staalslakken kan wijzigen indien nieuwe informatie hierover is gepubliceerd. Door Pelt & Hooykaas wordt volgens informatie van adviesbureau TAUW bijvoorbeeld een product op de markt gebracht waarbij de staalslakken niet meer dan 1,7 massaprocent calciumoxide bevat en 0,8 massaprocent calciumhydroxide (gebluste kalk). Deze informatie was niet in de RIVM-studie opgemerkt vanwege de vertrouwelijkheid. In de studie zijn diverse producten met LD-staalslakken van Pelt & Hooykaas meegenomen, omdat de informatie over deze producten in verschillende openbare bronnen gepubliceerd zijn. Dit gaat om documenten van Pelt & Hooykaas over de chemische samenstelling van LD-staalslakken van TSIJ (notitie, 2011 (3)) en informatie van ECHA over de REACH registratie van converter staalslakken van TSIJ, 2015 (4)). Verder zijn nog de productinformatiebladen van BGS-fill LD-staalslakken van Pelt & Hooykaas (2021) in het RIVM-rapport betrokken (12).

Metingen van de chemische samenstelling

In het rapport is duidelijk gemaakt uit welke diversiteit aan stoffen en mineralen en in welke bandbreedten van gehalten deze in de slakken kunnen voorkomen. De metaaloxiden zijn voorbeelden van verbindingen waarin metalen voorkomen die in het materiaal aanwezig kunnen zijn naast andere metaalverbindingen. Daarbij zijn de metingen niet beperkt tot XRF-metaalanalyses, doch aangevuld met metingen op basis van structuurophelderingsstechnieken. Dit is in het RIVM-rapport beschreven. Over chroom (VI) in staalslakken is zeer weinig bekend. Deze oxidatietoestand van chroom is bovendien zeer lastig chemisch te analyseren vanwege de kans op conversies naar chroom (III) maar ook omgekeerd. Vrij recent is er een gevalideerde NEN-analysevoorschrift voor de gehaltebepaling van chroom (VI) in vaste materialen gepubliceerd (14). Door chroom (VI) te gaan meten is met meer zekerheid uitspraken te doen over de aanwezigheid en de emissie van dit metaal. Deze inzichten kunnen er toe leiden dat de gevaarsindeling van LD-staalslakken als afvalstof met meer realistische samenstelling- en emissiewaarden kan worden bepaald.

Wettelijk kader en gevaarsindeling afvalstoffen

Voor het toepassen van steenachtige materialen zoals primaire bouwstoffen uit grondstoffen of secundaire bouwstoffen uit industriële reststromen moet worden voldaan aan de bepalingen in het Bbk en de maximale emissie – en samenstellingswaarden in bijlage A van de Rbk. Om te kunnen voldoen aan deze milieueisen maakt het niet uit of de LD staalslakken een afvalstof of een (bij)product is.

In 2017 heeft Rijkswaterstaat een rechtsoordeel gepubliceerd voor de toepassing van vormgegeven (stenen) en niet-vormgegeven (korrelvormige) LD-staalslakken (9). Voor specifieke toepassingen zoals: korrelvormige LD-staalslakken voor verhardingslagen en zandvervanging en vormgegeven LD-staalslakken zoals steenbestorting in de waterbouw hebben de LD-staalslakken de status van bijproduct en niet die van afvalstof. De Nationale beoordelingsrichtlijn NL-BRL 9345 voor slakken in grond, weg en waterbouw (GWW) toepassingen sluit daarop aan. Dit betekent dat bij toepassingen volgens de NL-BRL 9345 voldaan wordt aan het rechtsoordeel en daarmee sprake is van het toepassen van een bijproduct.

Bij afwijkingen van bovengenoemde specifieke toepassingen ontstaat de mogelijkheid dat de LD-staalslakken volgens de leidraad product of afvalstof versie 1.2 (2021) (5) als een afvalstof moet worden behandeld. Daarbij komt de situatie onder de werkingssfeer van de afvalstoffen wetgeving.

Een werk heeft per definitie altijd een tijdelijk karakter waarbij het zijn functionele karakter na de gebruiksfase verliest. In situaties waarbij een werk met staalslakken zijn functie verliest of de zorgplicht in de gebruiksfase van een werk niet voldoende is gewaarborgd kan op last van het bevoegd gezag de eigenaar van het werk verplicht worden gesteld om de staalslakken terug te nemen of te verwijderen. In deze situatie zijn de staalslakken afvalstof als er geen nieuwe toepassing in een werk volgens de specificaties van het rechtsoordeel mogelijk is.

Het is vervolgens voor de ILT relevant om te weten of een partij LD-staalslakken die de status afvalstof krijgt ingedeeld moet worden als ongevaarlijke of gevaarlijke afvalstof met het oog op een veilige verwerking. De gevaarsindeling van afvalstoffen is onder meer beschreven in de Handreiking Eural (2019) (6) uitgegeven door RWS en uitgewerkt in bijlage I van het RIVM-rapport. Een uitgebreidere toelichting van de beoordelingssystematiek van de gevaarsindeling is beschikbaar in een Europese technische richtsnoer (april 2018) (7). De beoordelingssystematiek van de gevaarsindeling van afvalstoffen verschilt met die van de gevaarsindeling van stoffen, mengsels en voorwerpen conform de CLP (classification, labelling and packaging)verordening.

In bijlage I van het RIVM-rapport is een theoretische exercitie gegeven van de gevaarsindeling waarbij is uitgegaan van de informatie over gevaarlijke stoffen en de bandbreedte van hun gehalten in LD-staalslakken uit de literatuurstudie. Hieruit blijkt dat LD-staalslakken gevaarlijke afvalstoffen kunnen zijn, omdat ze meerdere gevaarseigenschappen kunnen bezitten. Overigens bezit het materiaal volgens de gebruikte beoordelingssystematiek van de RWS Handreiking Eural ook de gevaarseigenschap HP14 ecotoxiciteit. Dit is niet in het RIVM-rapport toegelicht maar naar aanleiding van de reactie nu wel relevant. In de Handreiking Eural is ecotoxiciteit vastgesteld op grond van de verwachte bandbreedte van stofgehalten aan magnesium(II)oxide (1 tot 9 %m/m), chroom(VI)oxide (0,2 tot 1 %m/m) en fosfor(V)oxide (2 tot 15 %m/m). Deze oxiden zijn op basis van de beoordelingssystematiek voor de gevaarsindeling van stoffen, mengsels en voorwerpen conform de Europese CLP -verordening aangeduid als gevaarlijke stoffen, te weten in verschillende klassen van chronisch aquatische toxiciteit.

De gevaarseigenschappen in afvalstoffen zoals corrosiviteit en toxiciteit kunnen worden bepaald aan de hand van de testmethoden van de Europese verordening EU/440/2008. RIVM geeft in het rapport aan dat de uitslagen van deze testen voorrang hebben op het bepalen van de gevaarseigenschappen van de LD-staalslakken op basis van de chemische samenstelling zoals in het RIVM-rapport is uitgewerkt. In de literatuur is onvoldoende informatie gevonden over de beschikbaarheid van de uitslagen van de testmethoden, zodat de gevaarsindeling alleen op basis van de chemische samenstelling van de LD-staalslakken kan worden bepaald.

Bij onvoldoende wetenschappelijke consensus over de precieze vorm en de concentratie waarin een metaal en zijn verbinding aanwezig is mag van de worst-case worden uitgegaan. Dat is in het rapport onder meer voor chroom in de vorm van chroom (VI) gedaan. Het is op termijn voorstelbaar dat bij meer wetenschappelijke inzichten over de chemische samenstelling van LD-staalslakken er van meer realistische waarden kan worden uitgegaan.

Met de vanaf 1 januari 2024 inwerking getreden omgevingswet is bepaald dat er geen IBC-bouwstoffen meer mogen worden toegepast. Dit zijn bouwstoffen van slechtere milieuhygiënische kwaliteit die bij toepassingen alleen met maatregelen van isoleren, beheren en controleren (IBC) kunnen voldoen aan de milieueisen. In de periode van het RIVM-onderzoek en de publicatie van het rapport was deze wetwijziging nog niet van kracht.

Carbonatatie

Het "verouderingseffect" van LD-staalslakken zoals carbonatatie is in het RIVM-rapport benoemd en uitgelegd. Het is een chemische reactie van het aanwezige calciumoxide met water tot calciumhydroxide en vervolgens met koolstofdioxide uit de lucht of uit de bodem tot de vorming van calciumcarbonaat (calciet). Dit zout is slecht oplosbaar in water en zet zich onder meer af aan de oppervlakte van de staalslakken of vormt een neerslag zodra het in het water is gevormd of daarin terecht komt. Er zijn beweringen die er vanuit gaan dat door carbonatatie een water ondoordringbare laag ontstaat aan de oppervlakte van LD-staalslakken in een toepassing. Het is echter onbekend hoe snel het proces van carbonatatie in de praktijk en per toepassing verloopt. Vragen die hierover gesteld kunnen worden zijn: is na 100 jaren al het schadelijke vrije calciumoxide in calciumcarbonaat omgezet? Zijn er effecten op de uitloging van schadelijke stoffen te verwachten door carbonatatie? En zo ja welke effecten zijn dat? In hoeverre zijn de standaarduitloogtesten representatief voor optredende verouderingseffecten zoals carbonatatie, omdat dit proces zeer langzaam voltrekt? Antwoorden hierop zijn niet te geven op grond van de literatuurstudie.

In een promotieonderzoek van Wouter J. Huijgen is in een heel andere context onderzoek gedaan naar opslag van koolstofdioxide in onder meer converter LD-staalslakken (13). Hieruit wordt duidelijk dat de opname van koolstofdioxide in de vaste stof fase door vooral calciumsilicaten maar ook magnesiumsilicaten plaatsvinden en in de waterfase door wateroplosbare calcium en magnesium verbindingen. Carbonatatie onder atmosferische omstandigheden duurt zéér lang (meer dan duizend jaren). In het promotieonderzoek is gezocht naar technieken om dit carbonatatieproces te versnellen voor de toepassing op industriële schaal, waarbij extreme reactieomstandigheden nodig zijn zoals temperatuur tot 250°C en CO₂ druk van 19 bar. Onder deze omstandigheden kan ongeveer 75% van het totaal aan calcium verbindingen in een half uur worden omgezet in calciumcarbonaat. Dit vraagt dan wel energie met een negatief effect op CO₂ uitstoot.

Onder normale omstandigheden zijn de migratie (diffusie) van calcium en magnesium verbindingen, de gevormde calcië-coating (calciumcarbonaat) aan het oppervlak van de deeltjes van de slakken en de verarmde silicaatzone tijdens de carbonatatie belemmeringen voor (volledige) carbonatatie, aldus dit promotieonderzoek.

Het beeld over carbonatatie en daarmee de neutralisatie van de gevaren over een maximumperiode van 100 jaren zijn minder zeker getuige ook meerdere praktijkvoorbeelden zoals de deponie in Eerbeek waar de verwachte carbonatatie uitbleef.

Interessant is bijvoorbeeld in hoeverre de uitloogtesten de invloed van carbonatatie op de uitloging van metalen en hun verbindingen uit de LD-staalslakken in voldoende mate kunnen voorspellen voor een periode van 100 jaren. In de standaard uitloogtesten die op laboratoriumschaal nu gebruikt worden voor de beoordeling van de bouwstoffen is met dit effect geen rekening gehouden, zoals eerder is opgemerkt.

Lange termijn uitloging van metalen

Het RIVM-rapport licht toe dat bij grootschalige toepassingen van enkele in het rapport behandelde casussen sprake is van verhoogde concentraties van metalen in aangrenzende oppervlaktewater van sloten, plassen en watergangen die verband houden met de uitloging van de metalen uit de staalslakken. Verder zijn verschillen in emissieconcentraties aangetoond van meetwaarden verkregen met de standaarduitloogtesten en die van veldonderzoek. Enkele publicaties (van een veldonderzoek en een 1 jaar durende grote kolomproef op laboratoriumschaal) tonen aan dat emissieconcentraties van metalen op een constant niveau over een lange periode kunnen voortduren.

Deze inzichten, de onzekerheid wat er feitelijk over een lange periode aan emissies plaatsvinden bij grootschalige toepassingen van LD-staalslakken en de observatie dat er verschillen lijken te bestaan in emissieconcentraties tussen de uitloging op microschaal met standaarduitloogtesten en macroschaal bij grootschalige toepassingen maken dat risico's van blootstelling van mens en milieu op lange termijn niet goed bekend zijn. Over de rol van DOC (dissolved organic carbon) in de bodem is in het RIVM-rapport duidelijk gemaakt dat dit van invloed is op de mobilisatie van metalen. De metalen komen via uitloging uit de staalslakken en zijn van nature ook aanwezig in de onderliggende bodem.

Uitloogtesten

In tabel 4 van het RIVM-rapport staan de emissies van zware metalen van verschillende uitloogtesten van LD-staalslakken. Het betreft een publicatie waarin de onderzoekers drie verschillende uitloogtesten, te weten de Batch Leach Test (BLT), de Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP), de American Society for Testing and Materials shake test (ASTM – ST) hebben vergeleken. De vierde test betreft de Strong Acid Digestion Test (SADT). De SADT geeft de maximaal voor de uitloging beschikbare hoeveelheid zware metalen in de LD-staalslakken. In de test worden daarbij extreme ontsluitingsomstandigheden bewerkstelligd. Dit is toegelicht in het RIVM-rapport. De formulering "maximaal voor uitloging beschikbare zware metalen" is bij nader inzien onhandig geformuleerd, omdat de SADT feitelijk geen uitloogtest is maar een ontsluitingsmethode voor de gehaltebepaling van metalen in vaste stof materialen. Dit heeft overigens geen gevolgen voor de conclusies in het RIVM-rapport.

Het RIVM-rapport wijst er in de tekst op dat de uitloogtesten in Nederland op onderdelen afwijkend zijn. De toelichtende tekst voorafgaand aan de tabel geeft nauwkeurig uitleg hoe de tabel kan worden geïnterpreteerd.

Uitloging in de praktijk versus in het laboratorium

Het RIVM-rapport constateert verschillen en heeft gelet de doelstelling van de literatuurstudie, te weten een vaststelling van de milieuhygiënische kwaliteit van LD-staalslakken, geen nader onderzoek gedaan naar een verklaring voor deze verschillen. De emissieconcentraties van schadelijke stoffen in het uitloogwater houden verband met de hoeveelheid water dat per massa-eenheid van een niet-vormgegeven bouwstof in contact is getreden en vrijkomt. Dit wordt uitgedrukt in de L/S ofwel de liquid/solid verhouding. Zo geeft de kolomproef een cumulatieve emissie bij een $L/S = 10$. De voorspellende waarde van de kolomproef om voldoende nauwkeurig de emissies in de praktijk te kunnen bepalen is met de waarnemingen van de casus Spijk twijfelachtig naar het oordeel van het RIVM-rapport.

In de aanbeveling brengt het RIVM daarom dit aspect onder de aandacht voor een verificatie van de relatie van de praktijksituaties in casussen waar LD-staalslakken grootschalig zijn gebruikt en de verplichte standaarduitloogtesten op laboratoriumschaal.

De maximale emissiewaarden zoals opgenomen in de Rbk zijn generieke emissiewaarden voor alle soorten bouwstoffen en toepassingen. Deze generieke maximale emissiewaarden zijn slechts voor een aantal van de metalen (respectievelijk 4 en 7 van de 19 genormeerde stoffen voor niet-vormgegeven en vormgegeven bouwstoffen) gebaseerd op modelmatig onderzochte en voorgestelde kritische emissiewaarden. In diezelfde modelmatige studie is er beleidsmatig voor gekozen om standaard een vaste toepassingshoogte van 0,5m te hanteren.

In de casus Geluidswal golfbaan Spijk ging het ontwerp van het grondwerk uit van een toepassingshoogte van maximaal 10m. In de rapportage die ten grondslag ligt aan de modelmatig voorgestelde kritische emissiewaarde is ook een gevoeligheidsanalyse gedaan naar de invloed van toepassingshoogte. Hieruit blijkt dat de gemodelleerde risico-onderbouwde emissiewaarde afneemt als gevolg van een hogere toepassingslaag. Hieruit blijkt dat de toepassingshoogte nadrukkelijk van invloed is op de uitloging van metalen. Bij een dikkere toepassingslaag, neemt de toegestane gemiddelde concentratie af ten opzichte van het gekozen standaard scenario. Zoals hierboven al is aangegeven zijn slechts een aantal van de wettelijke emissiewaarden overgenomen op basis van deze modelmatige studie. Voor het merendeel van de genormeerde stoffen zijn beleidsmatige verruimingen of verstrengen toegepast om tot de wettelijke maximale emissiewaarden te komen. Voor deze stoffen is er geen sprake van een berekende emissie over 100 jaar.

Referenties

1. Second opinion RIVM-rapport milieu hygiënische kwaliteit LD staalslakken TAUW-memo, kenmerk I001-1273876JJS-V01, 11 mei 2023
2. Milieuhygiënische kwaliteit LD-staalslakken – literatuurstudie - RIVM rapport 2022-0180, 19 april 2023
3. LD-Staalslak als bijproduct van de productie van staal bij Tata Steel IJmuiden – Onderbouwing van de bijproductstatus van LD-staalslak - Pelt & Hooykaas rapport, augustus 2011
4. Steelmaking Slag Converter (BOS)
ECHA Registratienummer: 01-2119487458-21-XXXX (NL)
Safety Data Sheet, Tata Steel, december 2015
5. Leidraad – 1.2 Afvalstof of product – richtsnoeren voor de uitleg en toepassing van de begrippen 'afvalstof', 'bijproduct' en 'einde-afval status' Ministerie van I&W, januari 2021
6. Handreiking Eural, augustus 2019
7. Technische richtsnoeren voor de indeling van afvalstoffen
Publicatieblad van de Europese Unie C 124, 61e jaargang, 9 april 2018
8. Kaderrichtlijn afvalstoffen (Kra): Richtlijn 2008/98/EG betreffende afvalstoffen en tot intrekking van een aantal richtlijnen, 19 november 2008 (geconsolideerd op 5 juli 2018)
9. Rechtsoordeel LD-Staalslak
Rijkswaterstaat, datum 22 september 2017
10. Testmethoden
Verordening (EG) nr. 440/2008, 30 mei 2008
11. LD-Staalslak Als Bijproduct Van De Productie Van Staal Bij Tata Steel IJmuiden – Onderbouwing Van De Bijproductstatus Van LD-Staalslak- Pelt&Hooykaas Rapport, Aug 2011
12. Notitie Grootschalige Toepassing (≥15.000 Ton) Van BGS FILL In GWW-Werken Pelt&Hooykaas Notitie Nr N20.02/EO 13 Okt 2021
13. W.J.J. Huijgen
Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation
Proefschrift, Wageningen Universiteit en Technische Universiteit Delft, ISBN: 908504-573-8, 12 januari 2007
14. NEN-EN-ISO 15192 Bepaling van Chroom(VI) in vaste materialen door alkalische ontsluiting en ion chromatografie met spectrofotometrische detectie, 2021