



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Hergebruik beeldbuisglasgranulaat

Relatie met REACH en kaderrichtlijn Afval

RIVM Briefrapport 2015-0143
J. Spijker | M.J.M. Janssen | M. Broekman



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Hergebruik beeldbuisglasgranulaat

Relatie met REACH en kaderrichtlijn Afval

RIVM Briefrapport 2015-0143

J. Spijker | M.J.M. Janssen | M. Broekman

Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

J. Spijker (projectcoördinator), RIVM
M.J.M. Janssen (auteur), RIVM
M. Broekman (auteur), RIVM

Contact:
Job Spijker
M&V/MIL/IBW
job.spijker@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Rijkswaterstaat - LO, in het kader van Afval/Geen afval

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Hergebruik beeldbuisglasgranulaat

Restafval uit beeldbuizen van televisies, computermonitoren en dergelijke bevat lood. Lood is een milieugevaarlijke stof omdat het schadelijk is voor de voortplanting en voor de ontwikkeling van kinderen. Daarom is een zorgvuldige beoordeling nodig als loodhoudend afval in nieuwe producten wordt hergebruikt.

Het afval van beeldbuizen kan onder andere vermalen worden tot korrelig materiaal (granulaat) dat als grondstof kan worden gebruikt. Vanwege het lood is dit granulaat echter gevaarlijk afval, waardoor het lastig is om het granulaat te recyclen tot een veilig nieuw product.

Een van de mogelijkheden is het beeldbuisglasgranulaat in beton te gebruiken als vervanging van zand en kiezels. Dit is veilig omdat het lood niet uit het beton kan vrijkomen. Wel ontstaat een probleem in de afvalfase van dit product: vanwege het lood is het afgedankte beton ook gevaarlijk afval. Dit blijkt uit een berekening van het RIVM op basis van in literatuur vermelde gehalten van lood in beeldbuisglas. Als beeldbuisglasgranulaat in betonblokken wordt hergebruikt, ontstaan er in de toekomst grotere volumes gevaarlijk afval waar nog geen oplossingen voor zijn. Beton met beeldbuisglasgranulaat zou daarom apart verwerkt moeten worden van ander betonafval.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, dienst Rijkswaterstaat, dat duurzaam gebruik en hergebruik van grondstoffen stimuleert.

Kernwoorden: recycling beeldbuis beeldbuisgranulaat beton REACH einde-afval

Synopsis

Reuse of cathode ray tube glass

Waste from cathode ray tubes (CRT) from TV sets, computer monitors, et cetera contains lead. Lead is toxic for the reproduction and for the development of children. Due to the toxicity of lead, a thorough assessment is needed when lead containing waste is reused in new products.

The National Institute for Public Health and the Environment studied the prerequisites for reuse of the material. CRT waste can be processed into glass granulates by grinding the material. These granulates are labelled as hazardous waste due to the high lead content. The presence of lead makes it difficult to reuse the granulates in new safe products.

One of the applications of CRT granulates is to use it as aggregates in concrete, replacing natural sand and gravel. This is a safe application because the lead is not released from the concrete. However, there is a problem when this concrete is turned into waste. This waste appears also to be hazardous waste due to presence of lead, as is shown by calculations based on literature data on lead in CRT glass. This means that when CRT glass is reused in concrete elements a larger volume of hazardous waste will be created in the future, with no current recovery options available. It is not allowed to mix lead containing concrete waste with non-hazardous concrete waste. Therefore concrete waste with CRT aggregates must be processed separately from other concrete waste.

This research was commissioned by the Ministry of Infrastructure and the Environment, division Rijkswaterstaat, to stimulate sustainable reuse of materials.

Keywords: Recycling, cathode ray tube, concrete, construction, REACH, end of waste

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

1.1 Leeswijzer — 12

2 Opbouw beeldbuis — 13

2.1 Typen beeldbuizen — 13

2.2 Samenstelling glas — 14

2.3 Relevante stoffen — 15

3 Opbouw van de keten — 17

4 Relevante regelgeving — 19

4.1 Kaderrichtlijn afvalstoffen — 19

4.2 REACH — 20

4.2.1 Basisprincipe — 20

4.2.2 Restrictie, autorisatie en kandidaatslijst — 22

4.2.3 Afval en REACH — 23

4.3 Gevaarlijke(afval) stoffen — 24

4.4 Besluit bodemkwaliteit — 24

4.5 Regeling recyclinggranulaat — 24

5 Karakteristieken beeldbuisgranulaat — 27

5.1 Uitloging beeldbuisgranulaat — 27

5.2 Einde-afval — 27

6 Nuttige toepassing beeldbuisgranulaat — 29

6.1 Eigenschappen betonmix — 29

6.2 Uitloging betonmix — 29

6.3 Samenstelling beton — 30

6.4 Einde-afvalstatus beton — 31

7 Hergebruiksmogelijkheden betongranulaat met beeldbuisglas — 33

7.1 Einde-afvalcriteria betonpuin granulaat — 33

8 Conclusies — 35

9 Aanbevelingen — 37

10 Referenties — 39

Bijlage 1 Berekening Lood — 41

Samenvatting

Een afvalverwerkingsbedrijf dat beeldbuisglasgranulaat verwerkt in betonnen elementen heeft aan Rijkswaterstaat een opinie gevraagd over de einde-afvalstatus van beeldbuisglasgranulaat. Naar aanleiding van deze vraag heeft Rijkswaterstaat het RIVM gevraagd een analyse te maken met betrekking tot de risico's voor mens en milieu van beeldbuisglasgranulaat en de toepassing daarvan in beton. Hierbij hebben wij niet alleen gekeken naar het beeldbuisglasgranulaat, als grondstof voor beton, maar ook naar de hele keten van afgedankte televisies tot beton afval.

Het doel van deze verkennende studie is om op basis van literatuurgegevens over beeldbuisglas en de toepassing in beton inzicht te geven in hoe de risico's voor mens en milieu geborgd zijn in de bestaande (Europese) regelgeving. Deze studie is een eerste verkenning op basis van gegevens uit de (openbare) literatuur. Daarbij hebben we ons beperkt tot gegevens over risico's van stoffen voor mens en milieu, zowel voor beeldbuisglas als voor de toepassing in beton.

Uit literatuurgegevens blijkt dat beeldbuisglasgranulaat tussen de 15 en 35 m/m % lood kan bevatten, gemeten als mono-oxide (PbO). Beton waarin beeldbuisglasgranulaat is verwerkt, bevat daardoor dus lood. In de literatuur zijn weinig gegevens bekend over de hoeveelheid van lood in beton met beeldbuisglasgranulaat. Uit één enkele studie zijn samenstellingswaarden van lood in beton bekend van 4 tot 10 m/m % PbO. Op basis van een eigen berekening concluderen we dat bij een toepassing van circa 30% beeldbuisglasgranulaat met een loodgehalte van 10 m/m% PbO, dit leidt tot een beton met 3 m/m % Pb.

Lood is gelabeld vanuit de Verordening voor indeling, etikettering en verpakkingen (1272/2008/EC) als stof die toxisch is voor de voortplanting. Lood staat daarom ook als zeer zorgwekkende stof (SVHC, Substance of Very High Concern) op de kandidaatlijst van REACH (EG 1907/2006). Vanwege deze indeling en de concentratie van lood betekent het dat beeldbuisglasgranulaat in de afvalfase wordt aangemerkt als 'gevaarlijk afval'.

Op basis van de gegevens uit de literatuur verwachten wij dat uitloging van lood uit vormgegeven beton niet leidt tot onacceptabele risico's voor mens en milieu. Wel kan bij het bewerken van lood, zoals boren en frezen, loodhoudend stof vrijkomen. Dit lood houdend stof kan leiden tot gezondheidsrisico's voor de mens.

Producten, zoals granulaat en betonnen elementen, worden binnen REACH als 'voorwerp' beschouwd. Van voorwerpen met meer dan 0.1 m/m% Pb moet de leverancier veiligheidsinformatie beschikbaar stellen (Artikel 33, REACH). In deze veiligheidsinformatie moet minimaal de stofnaam staan. Daarnaast moet worden vermeld hoe op een veilige manier met het artikel gewerkt moet worden, tenzij deze informatie niet relevant is. Daarbij moeten de verschillende stappen in de levenscyclus,

de blootstellingroutes tijdens die stappen en persoonlijke beschermingsmiddelen in overweging genomen worden.

Omdat het beton naar verwachting meer dan 0.5 m/m % lood bevat moet het in de afvalfase als gevaarlijk afval worden beschouwd. Het beton afval dient gescheiden te worden verwerkt van ander 'schoon' beton afval. Gebruikelijk is om betonafval te granuleren. Voor toepassing van het betongranulaat moet rekening worden gehouden met de uitloging. Op basis van literatuurgegevens concluderen we dat bij gegranuleerd (vermalen) beton de uitloging aanzienlijk hoger is dan in een vormgegeven element en dat de uitloging de toetscriteria die horen bij de gebruikte uitloogtest overschrijdt. We hebben dit echter niet verder onderzocht omdat de verwachting is dat het beton geclassificeerd moet worden als gevaarlijk afval, er nauwelijks voor de Nederlandse situatie relevante gegevens bekend zijn en omdat het hier slechts een verkennende studie betreft.

Omdat het beton met daarin beeldbuisglasgranulaat als gevaarlijk afval moet worden beschouwd neemt het volume aan gevaarlijk afval toe bij deze verwerkingsmethode van beeldbuisglas.

1 Inleiding

Televisies, computermonitoren en andere apparatuur met beeldbuizen zijn de laatste jaren in rap tempo vervangen door meer energiezuinige 'platte' beeldschermen. Het glas van de afgedankte beeldbuizen kan hergebruikt worden in nieuwe beeldbuizen maar door veranderingen op de markt is dit niet meer de meest logische optie. Omdat in beeldbuisglas hoge concentraties aan metalen zoals lood voorkomen, is hergebruik als gewoon glas niet mogelijk.

Door marktpartijen wordt daarom gezocht naar hergebruiksmogelijkheden van het beeldbuisglas. Eén van de toepassingen van beeldbuisglas is om het te gebruiken als granulaat in beton, ter vervanging van zand en kiezels. In Nederland wordt het beeldbuisglas verwerkt in betonnen elementen als één van de toegestane 'nuttige toepassingen', van het glas.

Een afvalverwerkingsbedrijf dat beeldbuisglasgranulaat verwerkt in betonnen elementen heeft aan Rijkswaterstaat een opinie gevraagd over de einde-afvalstatus van beeldbuisglasgranulaat. Naar aanleiding van deze vraag heeft Rijkswaterstaat het RIVM gevraagd een analyse te maken met betrekking tot de risico's voor mens en milieu van beeldbuisglasgranulaat en de toepassing daarvan in beton. Hierbij hebben wij niet alleen gekeken naar het beeldbuisglasgranulaat, als grondstof voor beton, maar ook naar de hele keten van afgedankte televisies tot beton afval.

Het doel van deze verkennende studie is om op basis van literatuurgegevens over beeldbuisglas en de toepassing in beton inzicht te geven in hoe de risico's voor mens en milieu geborgd zijn in de bestaande (Europese) regelgeving.

In deze studie hebben we geprobeerd antwoord te vinden op de volgende vragen:

1. Welke stoffen komen voor in beeldbuisglas en welke stoffen zijn daarvan aangemerkt als prioritair?
2. Wat zijn de risico's van de stoffen voor mens en milieu, wat zijn de onzekerheden in deze risico's?
3. Aan welke regels moet de toepassing van CRT granulaat voldoen in relatie tot REACH, de afvalstoffenrichtlijn en einde-afval criteria?

Deze studie is een eerste verkenning op basis van gegevens uit de (openbare) literatuur. Daarbij hebben we ons beperkt tot gegevens over risico's van stoffen voor mens en milieu, zowel voor beeldbuisglas als voor de toepassing in beton. Technische aspecten, zoals korrelgrote-eisen voor beeldbuisglasgranulaat of betonsterkte hebben wij niet in deze studie meegenomen. Ook hebben we ons beperkt tot de toepassing van beeldbuisglasgranulaat in de betonketen. Alternatieve verwerkingsmethoden, inclusief storten, hebben we niet in beschouwing genomen. In verband met de privacy en de reproduceerbaarheid van deze studie zijn alleen openbare gegevens gebruikt.

In deze studie geven we een beschrijving van de regelgeving die betrekking heeft op de keten van beeldbuisglas, hergebruik in beton en beton-afval. Hierbij hebben we ons beperkt tot de hoofdlijnen en geven geen exacte juridische uiteenzetting.

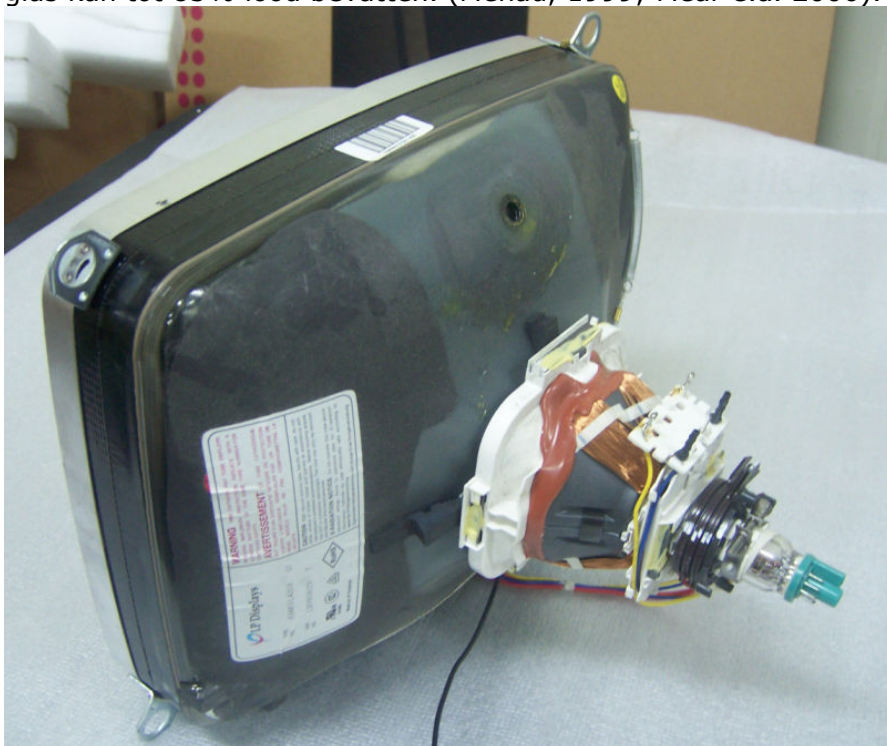
1.1 Leeswijzer

Deze rapportage begint met een korte beschrijving van beeldbuizen en de stoffen die daarin voorkomen. In hoofdstuk 3 geven we een kort overzicht van de betonketen waarin het beeldbuisglasgranulaat wordt toegepast. Daarna worden in Hoofdstuk 4 de relevante (Europese) regelgeving toegelicht, waaronder REACH. Vervolgens kijken we naar de karakteristieken van het beeldbuisglas (Hoofdstuk 5), de toepassingen in de betonnen elementen (Hoofdstuk 6) en de consequenties voor de afvalfase (Hoofdstuk 7). Dit rapport eindigt met conclusies en aanbevelingen (hoofdstukken 8 en 9).

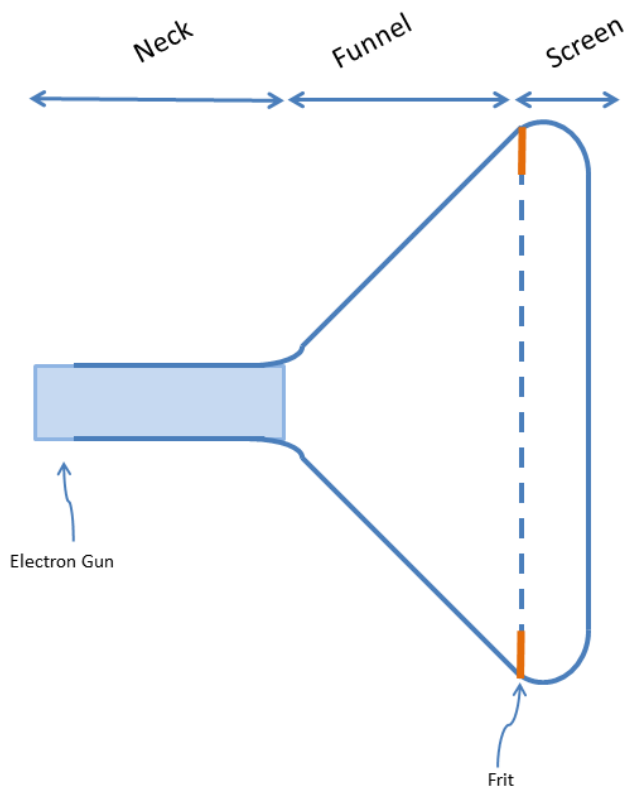
2 Opbouw beeldbuis

2.1 Typen beeldbuizen

In het algemeen bestaan er twee typen beeldbuizen: zwart/wit en kleuren beeldbuis. Iedere beeldbuis bestaat uit drie onderdelen, zoals weergegeven in Figuren 2.1 en 2.2. De nek ('neck') van de beeldbuis bevat het elektronen kanon en de elektronica. De conus ('funnel') bestaat uit loodhoudend glas om de straling uit het elektronenkanon af te schermen (Janssen, 2002). Het scherm ('screen') is het deel van de beeldbuis waar het beeld op wordt geprojecteerd. In massa is de funnel ongeveer 2/3 en het screen ongeveer 1/3 van het totale gewicht van het glas. Afhankelijk van het type beeldbuis, kleur of zwart/wit, bevat het scherm verschillende fluorescerende poeders. Alleen screens van zwart/wit televisies bevatten lood, moderne kleurenschermen bevatten nauwelijks lood. De onderdelen van de zwart/wit beeldbuizen worden aan elkaar gesoldeerd met een loodhoudend glas, 'frit' genaamd, dit glas kan tot 85% lood bevatten. (Menad, 1999; Mear e.a. 2006).



Figuur 2.1: Een 14 inch beeldbuis (Cathode Ray Tube, CRT) inclusief de elektronica rond de electron gun. (Bron: Wikimedia Commons)



Figuur 2.2: Schematische weergave van de onderdelen van een beeldscherm (CRT).

2.2 Samenstelling glas

Er zijn diverse studies bekend waarin de samenstelling van het beeldbuisglas is onderzocht. De resultaten van deze studies zijn samengevat in tabel 2.1. In de literatuur worden de gemeten elementen gerapporteerd als element of als (mono-)oxide, afhankelijk van de gekozen meetmethode. Ook de eenheid van de metingen verschilt tussen studies.

Uit onderzoek van Mear e.a. (2006) blijkt dat de chemische samenstelling tussen schermen van hetzelfde type, maar van verschillende fabrikanten, weinig varieert. Dit betreft concentraties metalen gemeten met dezelfde voorbereiding en analysemethode. De concentraties in Tabel 2.1 variëren wel tussen studies, wat aangeeft dat concentraties kunnen verschillen tussen meetmethodes.

Tabel 21 geeft alleen concentraties aan uit de literatuur die in het onderzoek zelf zijn gemeten of waarvan duidelijk is waar de meetgegevens vandaan komen. Meetgegevens uit bronnen die niet direct waren te achterhalen zijn achterwege gelaten (o.a. Menad, 1999). Die meetgegevens komen in bandbreedte overeen met de meetgegevens in Tabel 21.

Tabel 2.1: Samenstellingsgegevens van beeldbuis glas uit geselecteerde literatuur bronnen. Concentraties uit Lee e.a. (2015) en Mear e.a. (2006) zijn gemeten in funnel glas en gerapporteerd als mono-oxides. Concentraties uit Moncea e.a. (2013) zijn gemeten in gemend glas (funnel en panel) en gerapporteerd als element.

Bron	Lood (m/m %)	Barium (m/m %)	Strontium (m/m %)
Lee e.a. 2015	35,9	1,34	1,23
Mear e.a. 2006	22,9	0,36	0,60
Moncea e.a. 2013	15,45	8,84	1,71

2.3 Relevante stoffen

Vanuit de literatuur worden lood (Pb), strontium (Sr) en barium (Ba) als voor milieu en gezondheid relevante stoffen gerapporteerd, meestal als mono-oxide. Als referentie in welke mate deze stoffen in het Nederlandse milieu voorkomen staan in Tabel 2.2 bodemconcentraties en bodemnormen voor deze stoffen. De stoffen Ba en Sr komen van nature voor in de bodem, met name kunnen zij in hoge concentraties voorkomen in marine afzettingen zoals zeelei. Hoewel deze stoffen ook toxisch kunnen zijn, zijn zij vanuit REACH niet aangemerkt als zorgwekkend.

Vanuit de optiek van REACH is alleen Pb relevant, deze stof staat vermeld op de zogenaamde kandidaatslijst als zeer zorgwekkende stof. Lood staat op deze lijst vanwege zijn toxiciteit voor de voortplanting de mens (i.e. reprotoxisch), dit is één van de criteria voor zeer zorgwekkende stoffen.

Naast bovengenoemde stoffen bevatten beeldbuizen ook zogenaamde fluorescerende stoffen. Volgens bijlage VII van de WEEEEE-richtlijn (2012/19/EC) moeten deze stoffen bij het verwerken van de beeldbuizen verwijderd worden. Deze stoffen zijn verder in deze studie niet meegenomen vanuit de aanname dat dit verwijderen gebeurt.

Tabel 2.2: Representatieve concentraties bodem (uit Mol e.a, 2013) en achtergrondwaarde (Besluit Bodemkwaliteit, BWBR0022929, Staatsblad Nr. 231, 2015) De bodemconcentraties zijn gegeven als minimum en maximum van de 95 percentielen van alle Nederlandse bodemtypen. De achtergrondwaarde is gegeven voor een standaardbodem volgens het Besluit bodemkwaliteit. Alle concentraties in mg/kg

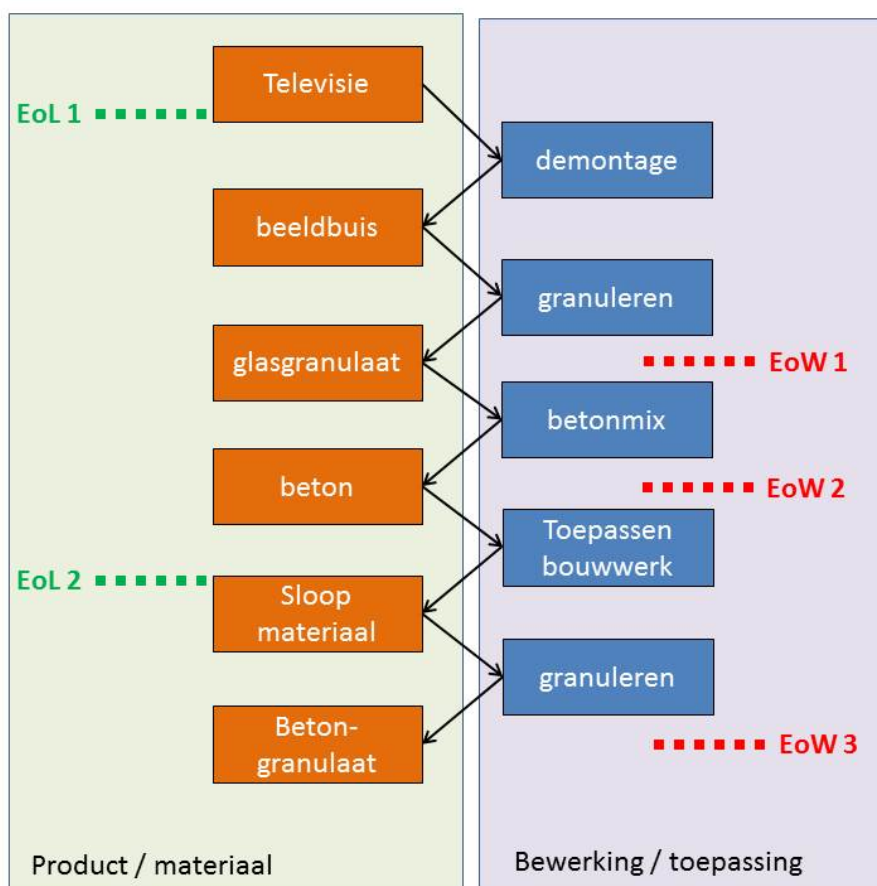
Element	bandbreedte 95 percentiel	Achtergrondwaarde
Ba	259 - 641	190
Sr	52.7 - 175	--
Pb	38 - 169	50

3 Opbouw van de keten

Het beeldbuisglasgranulaat kan op verschillende wijzen worden hergebruikt. Zo is mogelijk om het glas her te gebruiken in nieuwe beeldbuizen, of metallurgische toepassingen van o.a. het lood uit het glas of toepassing als granulair materiaal in beton (o.a. Menad, 1999; Xu e.a., 2013; Moncea e.a., 2013). In deze studie hebben we de toepassing als granulair materiaal in beton beoordeeld.

De keten waarin beeldbuisglasgranulaat in beton wordt toegepast, en die in deze studie gebruikt wordt, is gegeven in Figuur 3.1. Deze keten begint bij de televisie. Aan het einde van de gebruiksduur van de televisie (EoL, End of Life) wordt deze afgedankt. Op dat moment is de televisie afval geworden. De televisie wordt gedemonteerd en de beeldbuis wordt apart verwerkt tot granulaat. Dit granulaat kan als product op de markt gezet worden als dit voldoet aan de einde-afval criteria (EoW, End of Waste) uit de Kaderrichtlijn afvalstoffen. We onderzoeken hier de verwerking in beton waarna het beton als product op de markt wordt gezet. Dit is in theorie een nuttige toepassing voor het beeldbuisglasgranulaat.

Het beton, of betonnen elementen, worden gedurende de gebruiksperiode toegepast in een bouwwerk. Ook dit bouwwerk heeft een eindige gebruiksduur en wordt op een bepaald moment in de tijd afgedankt en gesloopt. Het steenachtige sloopafval wordt weer bewerkt, gegranuleerd, en als granulaat op de markt gezet. Het granulaat voldoet in het ideale geval weer aan einde-afvalcriteria en is daarmee geen afval meer.



Figuur 3.1: De verschillende stappen in de keten van televisie tot betongranulaat. In groen zijn de momenten aangegeven waarin het product / materiaal afval wordt (EoL: End of Life) en in rood wanneer het einde-afval is (EoW: End of Waste). Voor een toelichting van de EoL en EoW momenten, zie de tekst

4 Relevante regelgeving

In dit hoofdstuk beschrijven we kort de relevante regelgeving met betrekking tot de keten van beeldbuis tot betongranulaat. We volgen hierbij geen exacte juridische uiteenzetting maar beperken ons tot de voor milieu en gezondheid belangrijkste bepalingen en de hoofdbegrippen daaruit.

4.1 Kaderrichtlijn afvalstoffen

In de Europese kaderrichtlijn afvalstoffen (EG 2008/98) is een afvalstof omschreven als: "elke stof of elk voorwerp waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen". In de richtlijn worden lidstaten opgedragen een afvalhiërarchie te hanteren voor preventie en beheer van afvalstoffen. De volgorde in deze hiërarchie is:

1. Preventie: maatregelen die worden genomen om de hoeveelheid, negatieve gevolgen of gehalte aan schadelijke stoffen te verminderen voordat een materiaal een afvalstof wordt.
2. Voorbereiden van hergebruik: het controleren, schoonmaken of repareren van afvalstoffen zodat ze hergebruikt kunnen worden. Daarbij worden de materialen op dezelfde wijze gebruikt als waarvoor ze origineel bedoeld waren
3. Recycling: het opnieuw bewerken van materialen om ze geschikt te maken voor het oorspronkelijke doel of voor ander doel.
4. Andere nuttige toepassing: Elke handeling waarbij afvalstoffen nog een nuttig doel dienen. Bijvoorbeeld het verbranden om zo energie op te wekken
5. Verwijderen: Iedere handeling waarbij afvalstoffen niet nuttig worden toegepast.

Doel van de afvalhiërarchie is dat over het geheel genomen de beste milieuresultaten worden bereikt binnen het nationale afvalbeleid. Er mag van afgeweken worden als dat op basis van de levenscyclus verantwoord is.

De richtlijn stelt ook dat een afvalstof ophoudt een afvalstof te zijn als na een hergebruiks- of recyclinghandeling de afvalstof voldoet aan specifieke criteria, de zogenaamde End-of-Waste (EoW) of in het Nederlands einde-afvalcriteria. Ieder land mag zijn eigen einde-afvalcriteria ontwikkelen zolang er geen EU-brede einde-afvalcriteria zijn afgesproken. Een nieuw EU-einde-afval criterium vervangt het nationale einde-afval criterium.

Het Joint Research Centre van de Europese Commissie (JRC) heeft voor een einde-afvalcriteria een methodiek opgezet (Delgado e.a., 2009). Na de einde-afval fase wordt afval weer beschouwd als een grondstof of product. Dit betekent dat het product of de grondstof verder verwerkt of gebruikt kan worden zonder dat daar specifieke vergunningen of regels, gerelateerd aan het afvalbeleid, voor nodig zijn. Dit betekent voor producent dus dat de administratieve lasten en eisen aan de inrichting sterk omlaag gaan.

In de afvalstoffenrichtlijn worden de volgende einde-afvalcriteria genoemd waaraan het materiaal moet voldoen om, na een 'recovery operation' weer als nieuw materiaal, op de markt gezet mag worden: (vrij naar artikel 6):

1. Het materiaal (of object) wordt algemeen gebruikt voor een bepaald doel of product.
2. Er bestaat een markt voor het materiaal
3. Het materiaal voldoet aan de technische eisen voor het doel waarvoor het gebruikt wordt
4. Het gebruik van het materiaal zal niet leiden tot nadelige effecten voor mens en milieu

De eerste twee voorwaarden vullen elkaar aan. Een potentiële afnemer van het materiaal zal het willen gebruiken in een bepaalde toepassing en de afnemer is ook bereid om ervoor te betalen. Als de afnemer betaalt dan zal deze het materiaal ook willen gebruiken of waarde willen toevoegen. Omdat het afval dan economische waarde heeft, is de kans dat het materiaal weer direct afval wordt, klein.

Als het materiaal gebruikt wordt voor een bepaald product, zoals granulaat als grondstof voor beton, dan horen bij dat product technische specificaties en zijn er regels om te voorkomen dat het product nadelige effecten veroorzaakt op de gezondheid van de mens of het milieu. Als van het product de afvalstatus wordt verwijderd dan gelden dus automatisch de regels die horen bij het product. Logischerwijs volgt dat de einde-afval-criteria moeten aansluiten op de bestaande regelgeving. Dit betekent ook dat einde-afvalcriteria materiaal- en productafhankelijk zijn.

De regelgeving zal vooral de laatste twee voorwaarden dekken. De eerste twee voorwaarden volgen uit de marktwerking. Perverse prikkels in deze marktwerking zouden kunnen zijn dat niet de afnemer maar de aanbieder betaalt voor het afnemen van het materiaal (afval). Deze prikkels zouden voorkomen moeten worden.

Omdat het kennen van de toepassing noodzakelijk is, betekent het dat voor de toepassing van einde-afval er een meer holistische benadering nodig is van de levenscyclus van het product (Delgado e.a 2009). Einde-afvalcriteria kunnen de circulaire economie stimuleren doordat ze vertrouwen geven dat producten uit 'afval' voldoen aan de verwachtingen van de afnemer of consument. De afnemer en consument verwachten dat het product voldoet aan de technische eisen en geen nadelige effecten heeft op milieu en gezondheid.

4.2 REACH

4.2.1 Basisprincipes

REACH (EG 1907/2006) is een EU verordening die als doel heeft om de gezondheid van mens en milieu te beschermen tegen risico's van het op de markt brengen en het gebruik van chemische stoffen alsmede het vrije verkeer van stoffen op de interne markt te waarborgen en tegelijkertijd het concurrentievermogen en de innovatie te vergroten. Om aan het eerste doel te voldoen moeten producenten en importeurs

de risico's die zijn verbonden aan de stoffen beheersen door middel van onder andere:

1. het registreren van de stoffen;
2. het opstellen van veiligheidsinformatiebladen voor communicatie in de keten, waarin onder andere de gevaren en risico's van deze stoffen zijn opgenomen en risicobeperkende maatregelen en condities voor gebruik zijn voorgeschreven

En indien stoffen als gevaarlijk worden beschouwd conform artikel 57 van REACH, kunnen beperkingen worden opgelegd via het proces van autorisatie of restrictie.

Het op de markt brengen en gebruik van stoffen wordt, op enkele uitzonderingen na, zoals geneesmiddelen, diervoeders, cosmetische producten, geregeld onder REACH. Daaronder vallen ook mengsels en voorwerpen waar deze stoffen in zitten.

De voor de casus in dit rapport belangrijkste rol die in REACH wordt onderscheiden, is de rol van afnemer. De afnemer is degene die chemische stoffen toepast in voorwerpen, mengt in mengsels of gewoon stoffen gebruikt. Afnemers worden in het jargon van REACH 'downstream users' of in het Nederlands, downstreamgebruikers genoemd.

Een downstreamgebruiker is een rechtspersoon die bij zijn beroepsmatige activiteiten chemicaliën gebruikt en geen importeur of fabrikant is. Consumenten en distributeurs worden niet als downstreamgebruikers beschouwd. Afnemers van beeldbuisglasgranulaat, of producten (voorwerpen) waarin het granulaat is verwerkt, vallen onder de downstreamgebruikers.

REACH maakt verder onderscheidt in stoffen, mengsels en voorwerpen:

- een stof is een chemisch element of een verbinding, zoals zij voorkomen in natuurlijke toestand of bij de vervaardiging ontstaan, met inbegrip van alle additieven die nodig zijn voor het behoud van de stabiliteit ervan en alle onzuiverheden ten gevolge van het toegepaste procedé, maar met uitzondering van elk oplosmiddel dat kan worden afgescheiden zonder dat de stabiliteit van de stof wordt aangetast of de samenstelling ervan wordt gewijzigd;
- een mengsel is een mengsel of oplossing die bestaat uit twee of meer stoffen. Een voorbeeld hiervan is een verf;
- een voorwerp is een object waaraan tijdens de productie een speciale vorm, oppervlak of patroon wordt gegeven waardoor zijn functie in hogere mate wordt bepaald dan door de chemische samenstelling. Kleding, meubels, elektrische apparaten, textiel, papier e.d. zijn voorbeelden van voorwerpen onder REACH.

Steenachtige granulaten worden beschouwd als voorwerp als de grootte en vorm van het granulaat van tevoren zijn gespecificeerd. Daarmee is de vorm bepalend voor de functie van het granulaat. De samenstelling van het granulaat is grotendeels ondergeschikt (ECHA, 2010).

Voor de verplichtingen onder REACH hangt het er vanaf of glasgranulaat als stof/mengsel op de markt wordt gezet of als voorwerp.

Indien het glasgranulaat wordt beschouwd als stof of als mengsel heeft de fabrikant of de importeur een registratieplicht conform artikel 6 bij een hoeveelheid van meer dan 1 ton per jaar. Glas is conform bijlage V, lid 11 vrijgesteld van de registratieplicht, tenzij er zich gevaarlijke stoffen in bevinden¹. Dat is hier het geval want het glas bevat loodoxide in relevante concentraties. De registratieplicht geldt bij hoeveelheden groter dan 1 ton per jaar.

Indien het glasgranulaat als voorwerp op de markt wordt gezet, dan geldt er een meldingsplicht aan ECHA conform artikel 7.2 onder REACH indien er stoffen in voorkomen die vallen onder de criteria van artikel 57 (SVHC stoffen), die in hoeveelheden van in totaal meer dan 1 ton per jaar per producent of importeur in die voorwerpen aanwezig zijn en in hoeveelheden van meer dan 0.1%. Deze meldingen worden opgenomen in een specifiek register bij ECHA. Voor loodmonoxide bestaat er een entry in dat register². Gebruik in cement is momenteel niet genotificeerd.

4.2.2 *Restrictie, autorisatie en kandidaatslijst*

In bijlage XVII van REACH zijn alle restricties opgenomen. Er zijn enkele restricties die loodverbindingen betreffen waaronder entry 63, "lood en zijn verbindingen". Deze restrictie (of beperking) is niet relevant voor deze casus omdat het beperkt is tot lood in sieraden en voorwerpen die door kinderen in hun mond genomen kunnen worden.

Bijlage XIV van REACH bevat een lijst met stoffen die alleen gebruikt mogen worden als daarvoor autorisatie is verleend. Het doel van autorisatie is om blootstelling en risico's van de stof te kunnen beheersen en om deze stoffen in de tijd uit te faseren en te vervangen door geschikte alternatieven. Voor de stoffen in Bijlage XIV van REACH is autorisatie verplicht. Zonder autorisatie mogen deze stoffen na een bepaalde datum niet meer in de handel worden gebracht of worden gebruikt. Voordat stoffen worden opgenomen in deze bijlage XIV met autorisatieplichtige stoffen, komen zij eerst op de kandidaatslijst ("Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation"). Deze stoffen zijn aangemerkt als zeer zorgwekkende stoffen. Loodmonoxide staat vanwege de classificatie als reprotoxisch op de kandidaatslijst.

Art 33 van REACH zegt over stoffen in voorwerpen die op de kandidaatslijst staan en voorkomen in een concentratie groter dan 0.1

¹ REACH BIJLAGE V VRIJSTELLINGEN VAN DE REGISTRATIEPLICHT OVEREENKOMSTIG ARTIKEL 2, LID 7, ONDER b): 11. De volgende stoffen, tenzij zij aan de criteria voor de indeling als gevaarlijk overeenkomstig Richtlijn 67/548/EEG voldoen en mits zij geen bestanddelen bevatten die aan de criteria voor de indeling als gevaarlijk overeenkomstig Richtlijn 67/548/EEG voldoen en die aanwezig zijn in hogere concentraties dan de laagste van de toepasselijke concentratiegrenswaarden zoals vermeld in Richtlijn 1999/45/EG of concentratiegrenswaarde zoals vermeld in bijlage I bij Richtlijn 67/548/EEG, tenzij met afdoende wetenschappelijke experimentele gegevens is aangetoond dat deze bestanddelen gedurende de hele levenscyclus van de stof niet beschikbaar zijn en van deze gegevens is vastgesteld dat ze adequaat en betrouwbaar zijn: Glas, keramiekfritten.

² http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/candidate-list-substances-in-articles-table?search_criteria_name=lead%20monoxide&search_criteria_ecnumber=215-267-0&search_criteria=lead%20monoxide

m/m%: Elke leverancier van een voorwerp [...] verstrekt de afnemer van het voorwerp voldoende aan de leverancier bekende informatie om een veilig gebruik van dat voorwerp mogelijk te maken, waaronder ten minste de naam van de stof.

Bij het produceren van voorwerpen, zoals granulaat of betonelementen, is het verplicht veiligheidsinformatie mee te geven als er meer dan 0.1 m/m % lood mono-oxide aanwezig is. Als de leverancier op de hoogte is van specifieke risico's tijdens het gebruik van het voorwerp, bijvoorbeeld door blootstelling aan loodhoudende stofdeeltjes die vrijkomen bij het werken met het granulaat of de betonnen elementen, dan moet de leverancier deze informatie meegeven.

Indien gerecycled glas wordt beschouwd als stof of mengsel, dan bestaat er de verplichting om een veiligheidsinformatieblad op te stellen volgens artikel 31.1.a van REACH indien een stof voldoet aan de criteria voor indeling als gevaarlijk overeenkomstig Verordening (EG) nr. 1272/2008 of een mengsel voldoet aan de criteria voor indeling als gevaarlijk overeenkomstig Richtlijn 1999/45/EG. Dit is afhankelijk van de loodoxide concentratie in het glas.

Indien geen verplichting bestaat om een veiligheidsinformatieblad op te stellen, dan geldt nog wel de informatieplicht. De ECHA guidance on Guidance on waste and recovered substances meldt daarover: *"Wherever neither the registered substance nor the recovered substance(s) meet the criteria for classification as being dangerous or PBT/vPvB and a substance is not on the candidate list and not subject to restrictions, it is not required that according to Article 31 of REACH an SDS will be automatically provided. However the Article 32 obligation to provide information on the safe use of the substance will remain applicable."* (ECHA, 2010).

Samenvattend: er bestaat een registratieplicht indien loodmonoxide in relevante concentraties in het glas-mengsel voorkomt en in hoeveelheden groter dan 1 ton per jaar door fabrikanten of importeurs wordt verwerkt, of een meldingsplicht indien het glas wordt beschouwd als voorwerp en indien er in totaal meer dan 1 ton loodmonoxide per jaar per producent of importeur per jaar via die voorwerpen op de markt wordt gezet.

Loodmonoxide staat op de kandidaatslijst, maar niet op de lijst in annex XIV. Autorisatie is dus niet nodig. Wel bestaat er indien het glasgranulaat op de markt wordt gezet als voorwerp de verplichting downstreamgebruikers te informeren, en indien het als stof/mengsel op de markt wordt gezet de verplichting om een veiligheidsinformatieblad te verstrekken. Richting ECHA bestaat er een meldingsplicht conform artikel 38 van REACH.

4.2.3

Afval en REACH

REACH heeft betrekking op de gebruiksfase van de stoffen. Stoffen (materialen, voorwerpen) die zich in de afvalfase bevinden vallen niet onder REACH maar onder de afvalstoffenrichtlijn. Voordat een afvalstof de einde-afvalfase bereikt, en weer een product (of grondstof) wordt, moet bekend zijn onder welke regelgeving het product gaat vallen. Voor

voorwerpen geldt dat de einde-afval criteria onder andere overeen moeten komen met de vereisten uit REACH. Het beeldbuisglas, of betonnen elementen geproduceerd met beeldbuisglasgranulaat, vallen bij einde-afval dus onder REACH.

4.3 Gevaarlijke(afval) stoffen

De CLP verordening (Regulation on Classification, Labeling, and Packaging, EG 1272/2008) bepaalt wanneer een stof als 'gevaarlijke' stof aangemerkt moet worden. Vanuit de CLP zijn loodverbindingen, waaronder lood mono-oxide, onder andere aangemerkt als schadelijk voor de voorplanting. Vanwege deze vermelding in de CLP staat lood ook op de kandidaatlijst van REACH (Annex XIV). Daarnaast wordt lood-houdend afval, in concentraties boven de 0,5 m/m % aangemerkt als gevaarlijk afval in de Kaderrichtlijn Afvalstoffen (art 4, annex III, EG 2008/98).

4.4 Besluit bodemkwaliteit

Het Besluit Bodemkwaliteit (BWBR0022929, Staatsblad Nr. 231, 2015) is de wetgevende tekst voor toepassing van bouwmaterialen in of op de bodem en (grond-)water. Het Besluit bodemkwaliteit verwijst voor de uitvoering van de wet naar de ministeriële Regeling bodemkwaliteit (BWBR0023085, Staatscourant, Nr. 16241, 2015). In deze regeling staan de eisen die gelden voor steenachtige bouwmaterialen die in of op bodem en (grond-)water zijn geplaatst. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in vormgegeven materialen en niet-vormgegeven materialen. Betonnen elementen vallen in de categorie vormgegeven. Voor anorganische parameters in vormgegeven en niet-vormgegeven bouwstoffen gelden maximale emissiewaarden. In tabel 1 van bijlage A van de regeling is de maximale emissiewaarde van lood in vormgegeven bouwstoffen vastgesteld op 400 milligram per vierkante meter. De emissiewaarde wordt experimenteel bepaald met de diffusieproef. Voor niet-vormgegeven bouwstoffen bedraagt de maximale emissiewaarde 2,3 milligram per kilogram op basis van droge stof. Dit wordt experimenteel bepaald met de kolomproef.

In de keten van Figuur 3.1 is het besluit bodemkwaliteit van toepassing op het beton, of betonnen elementen, die worden toegepast in een bouwwerk. Omdat het vormgegeven elementen zijn, moeten deze voldoen aan de uitloogeisen volgens de diffusieproef.

4.5 Regeling recyclinggranulaat

Sinds begin 2015 is de "Regeling vaststelling van de status einde-afval van recyclinggranulaat" (BWBR0036239, Staatscourant Nr.3498, 2015) in Nederland van kracht. Deze regeling is de nationale einde-afval regeling voor recyclinggranulaat en legt daarin de situatie juridisch vast zoals die in praktijk werd toegepast voordat de regeling van kracht werd. Kenmerk van de regeling is dat steenachtig sloopmateriaal, de afvalstof, dat verwerkt wordt volgens bepaalde kwaliteitscriteria en waarvan het eindproduct voldoet aan de uitloogeisen van het Besluit bodemkwaliteit, aangemerkt kan worden als nieuwe grondstof. De kwaliteitscriteria waaraan de verwerking van het sloopmateriaal moet voldoen, zijn vastgelegd in NEN kwaliteits- en productnormen.

Een belangrijk uitgangspunt van de regeling zijn de in artikel 3 genoemde eisen aan de te bewerken steenachtige afvalstoffen. Lid 1 van artikel 3 stelt: *"Steenachtige afvalstoffen die tot recyclinggranulaat worden bewerkt, zijn geen gevaarlijke afvalstoffen."* Dat betekent dat als een afvalstof, onder de afvalstoffenrichtlijn, het predikaat 'gevaarlijke afvalstof' draagt, het niet volgens deze richtlijn verwerkt kan worden.

De regeling puingranulaat is van toepassing op het betongranulaat als eindproduct van de verwerking van het sloopmateriaal afkomstig van de betonnen elementen.

5 Karakteristieken beeldbuisgranulaat

Het loodgehalte van beeldbuisglas, op basis van literatuur gegevens (zie paragraaf 2.2) bevat grofweg 15-35 m/m % lood, meestal gemeten als lood mono-oxide (PbO). Na bewerking van het beeldbuisglas, met verwijdering van de fosfor-fluorescerende stoffen, ontstaat het beeldbuisglasgranulaat. Dit granulaat is vanuit de Kaderrichtlijn afval (art. 4 en bijlage III) geclassificeerd als gevaarlijk afval. Voor afval geldt een concentratielimit voor lood van 0.5 m/m % waarboven het afval als gevaarlijk afval moet worden beschouwd.

Na einde-afval valt het product als voorwerp met daarin lood als zeer zorgwekkende (SVHC) stof onder REACH. Dan is vanuit REACH vereist dat de leverancier veiligheidsinformatie verschaft waar minimaal de stofnaam, lood, op wordt vermeld. Vanwege de mogelijke arbeidsrisico's bij het werken met beeldbuisglasgranulaat (zie Lecler e.a. 2015, Song e.a. 2015) zou ook informatie verschaft moeten worden hoe er veilig met het product gewerkt kan worden en wat de eventuele blootstellingsscenario's kunnen zijn.

Vanuit einde afval moeten, naast milieucriteria, ook de productcriteria en de daaraan gestelde kwaliteitseisen bekend zijn. Dat betekent dat de toepassing van het beeldbuisglasgranulaat bekend moet zijn.

5.1 Uitloging beeldbuisgranulaat

Vanuit de literatuur zijn uitloogtesten bekend van beeldbuisglasgranulaat, echter met wisselende uitkomsten. In Musson e.a. (2000) wordt onderzocht of beeldbuisafval voldoet aan de Amerikaanse eisen voor stortten. Op basis van een specifieke uitloogtest die de omstandigheden van een vuilstort nabootst, komen zij tot de conclusie dat de uitloging van lood (18,5 mg/l) de vigerende, Amerikaanse, criteria (5 mg/l) overschrijft en dus als gevaarlijk afval moet worden beschouwd. In Mear e.a. (2006) wordt de uitloging van beeldbuisafval getoetst volgens EU richtlijnen. De uitloging van lood van 13 mg/kg in Mear e.a. (2006) is lager dan het vigerende EU criterium van 50 mg/kg. Hoewel beide testen niet met elkaar zijn te vergelijken vanwege de verschillende eenheden, is het verschil in uitkomst, wel of niet acceptatie bij een vuilstort, opvallend. Een mogelijk oorzaak kan de testmethode zijn, De Amerikaanse methode is meer gericht op worst-case situatie (lage pH, meer chelaten) wat leidt tot meer uitloging dan onder meer realistische omstandigheden (Spalvins e.a. 2008). Dit betekent voor de uitloging dat de omstandigheden, en naar verwachting vooral de pH, een grote rol spelen in de mate van de verspreiding van het lood.

5.2 Einde-afval

Een einde-afvalstatus voor beeldbuisgranulaat is afhankelijk van of het voldoet aan de 4 criteria uit de afvalstoffenrichtlijn. In deze discussie beperken we ons tot het criterium dat het granulaat geen schade mag opleveren voor mens en milieu.

Als het granulaat de einde-afval status bereikt, valt het niet meer onder afvalstoffenrichtlijn maar gaat het over naar REACH. Onder REACH worden granulaten, met vooraf gedefinieerde vorm, beschouwd als voorwerp. Omdat het granulaat meer dan 0.1 m/m % Pb bevat, een zeer zorgwekkende stof, moet het granulaat worden voorzien van veiligheidsinformatie volgens artikel 33 uit REACH. Er zijn diverse studies bekend waarin de risico's worden beschreven van het werken met loodhoudend glasgranulaat (Lecler e.a., 2015; Song e.a, 2015)) en op basis daarvan zal de veiligheidsinformatie aanwijzingen moeten bevatten hoe veilig met het glasgranulaat omgegaan moet worden. Zowel gedurende het gebruik als in de afvalfase.

Als in de veiligheidsinformatie afdoende is beschreven hoe veilig met het voorwerp gewerkt moet worden, waarbij blootstelling naar mens en milieu is geminimaliseerd, dan kan overwogen worden of dit voldoet aan het vierde criterium van de einde-afvalcriteria. Bij deze afweging moet ook het bevoegd gezag betrokken worden in verband met de, al dan niet, wijze toezicht op het gebruik volgens de veiligheidsinformatie. Voor de loodgehalten in de betonnen elementen maken we in het volgende hoofdstuk een indicatieve berekening.

6 Nuttige toepassing beeldbuisgranulaat

In het huidige Landelijk Afvalbeheerplan (LAP2, Staatscourant 8 december 2014, Nr, 31258) spreekt men van nuttige toepassing als een afvalstof wordt voorbereid voor hergebruik of wordt gerecycled. Hierbij worden afvalstoffen bewerkt tot nieuwe producten, materialen of stoffen.

Het toepassen van beeldbuisglasgranulaat in betonnen elementen is een menghandeling waarin een afvalstof wordt vermengd met (nieuwe) grondstoffen tot een product. Vanuit het LAP wordt gesteld dat "het mengen van afvalstoffen niet mag leiden tot een belasting van diffuse verspreiding van specifiek milieugevaarlijke stoffen waar op grond van internationale regelingen beperkingen gelden" (Hoofdstuk 18, LAP2). Omdat lood vanuit REACH is aangemerkt als zeer zorgwekkende stof verdient dit uitgangspunt uit het LAP2 extra aandacht. Belangrijk hierbij is om vast te stellen of het nuttige toepassen van beeldbuisglasgranulaat in betonnen elementen leidt tot diffuse verspreiding van lood.

6.1 Eigenschappen betonmix

Beeldbuisglasgranulaat in beton vervangt granulaten van natuurlijke oorsprong, zoals zand en grind. Daarnaast kan het granulaten (puingranulaat) van gerecycled steenachtige materialen vervangen. Het gebruik van beeldbuisglasgranulaat als granulaat in beton is uitgebreid onderzocht (e.g. Ling en Poon, 2014; Lee e.a., 2015; Ling en Poon, 2011; Moncea e.a. 2013; Zhao e.a 2013), zowel de technische als de milieukundige eigenschappen. In dit rapport beperken we ons tot de milieukundige eigenschappen in relatie tot het lood.

6.2 Uitloging betonmix

Beton kent veel verschillende samenstellingen. Naast grondstoffen, zoals Portland cement, worden ook vaak secundaire grondstoffen zoals vliegassen verwerkt in beton. Metalen die voorkomen in de secundaire grondstoffen worden in de betonmix geïmmobiliseerd. Om te toetsen of de immobilisatie voldoende is worden uitloogtesten uitgevoerd. Hierbij wordt een uitgehard stuk beton een bepaalde tijd ondergedompeld in een vloeistof en de concentratie van de uitgeloopte metalen worden vervolgens geanalyseerd. In Nederland is het Besluit bodemkwaliteit het toetsingskader.

Moncea e.a. (2013) heeft vormgegeven beton met daarin 11-28 m/m % beeldbuisgranulaat (4-10 m/m % Pb) getest op uitloging, waarbij de waarde uit het oude bouwstoffenbesluit van 100 mg/m² is gebruikt als toetscriterium. De uitloging (volgens NEN 7345) van Pb varieerde van 0.24 tot 8 mg/m², veel lager dan de toetswaarde.

Ling en Poon (2014) hebben betonnen elementen, na breken en vermalen, getest op uitloging volgens de US-EPA Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP). Het toetscriterium van deze test was 5 mg/L. In de studie van Ling en Poon (2014) werd deze toetswaarde voor

bijna alle samples overschreden, het sample met de minste hoeveelheid beeldbuisglas (ca. 30%) bleef onder de limiet. Benadrukt moet worden dat de TCLP test een ander type test is dan de in Nederland gebruikelijk uitloogproeven. Door de relatief lage zuurgraad van de test loogt er meer uit dan bij een gewone uitloogproef. Er is ook kritiek op het gebruik van de TCLP test voor cement houdende materialen (Poon & Lio, 1997).

Door Romero e.a. (2013) zijn een aantal uitloogtestenvolgens de US EPA 'Synthetic Precipitation Leaching Procedure'. Dit is een test om mobiliteit en uitloging naar grondwater te beoordelen onder relatief zure omstandigheden (pH 4.2). Uit deze test, waarbij de monsters zijn vermalen, volgt dat de eluaatconcentraties varieerden van 0.016 - 0.338 mg/L, hoger dan het toetscriterium van 0.015 mg/L. Uit andere uitloogtesten in Romero e.a. (2013) blijkt dat de uitloging van Pb uit (vermalen) beton sterk toeneemt bij een pH lager dan 6. Uit kolomtesten op vermalen beton blijkt dat met name de eerste periode (tot L/S 1.8) het meeste Pb uitloogt (zogenaamde 'wash-out')

Op basis van bovenstaande gegevens concluderen wij dat er een groot verschil bestaat tussen de uitloging (diffusie) van vormgegeven beton en vermalen, granulair beton. Bij vermalen beton is de uitloging aanzienlijk hoger en overschrijdt het vaak de toetscriteria die horen bij de gebruikte uitloogtest. In een milieu met lage pH is de kans op uitloging van lood groter. Bij de enige studie waarbij vormgegeven materiaal is getest viel de uitloging (diffusie) binnen de gestelde criteria. Voor vormgegeven betonnen elementen betekent dit dat verwacht wordt dat de uitloging van lood niet de vigerende criteria zal overschrijden. Echter deze verwachting zal voor iedere samenstelling van de betonmix getoetst moeten worden.

6.3 Samenstelling beton

Omdat er onvoldoende volledige meetgegevens bekend zijn van de loodconcentratie in het beton (i.c. samenstelling) met beeldbuisglasgranulaat hebben wij een eigen berekening gemaakt op basis van literatuur gegevens. In het algemeen wordt beeldbuisglasgranulaat toepast in beton in variërende hoeveelheden (e.g. Ling en Poon, 2014; Lee e.a., 2015; Ling en Poon, 2011; Moncea e.a. 2013; Zhao e.a 2013). In de geraadpleegde literatuur geeft alleen Moncea e.a. (2014) concentraties van lood in beton met beeldbuisglasgranulaat. Deze concentraties liggen tussen de 4-10 m/m %.

Om een inschatting te maken van het gehalte aan Pb in het beton maken we gebruik van beton specificatie uit de literatuur (Ling en Poon, 2014). Deze specificatie gaat uit van een vervanging van 50 v/v % van de normaal gebruikte aggregaten door beeldbuisglasgranulaat. Daarnaast worden aggregaten gebruikt afkomstig van recycling en vliegassen.

In onze berekening gaan we uit van een relatief lage concentratie van 10% PbO in het beeldbuisglasgranulaat. Uit de literatuurgegevens gegeven in paragraaf 2.2 is de verwachte range 15-30 m/m %. In onze

berekening komen we uit op een gehalte aan beeldbuisglasgranulaat van ca 30 m/m % van in betonsamenstelling. Uitgaande van 10 m/m % PbO in het beeldbuisglasgranulaat wordt het uiteindelijke gehalte Pb in het beton 3 m/m % Pb (zie bijlage 1). Dit is ruim boven de criteria variërend van 0.1-0.5 m/m% gesteld in REACH, CLP en de Kaderrichtlijn afvalstoffen.

De concentratie Pb van 3 m/m % uit onze berekening is een lage waarde ten opzichte van de 4-10 m/m % van Moncea e.a. (2014). Echter, omdat de meeste samenstellingscriteria uit REACH, de CLP en de afvalstoffenrichtlijn kleiner zijn dan 0.5 m/m % zal de variatie in berekende en in de literatuur gerapporteerde samenstelling niet relevant zijn voor de interpretatie ten opzichte van genoemde regelingen.

6.4 Einde-afvalstatus beton

De betonnen elementen, met loodhoudend glasgranulaat, moeten voldoen aan de vier einde-afvalcriteria uit de afvalstoffenrichtlijn. Ook hier beperken we ons weer tot het vierde criterium dat product gebruikt kan worden zonder nadelig effecten op mens en milieu.

In Nederland is voor vormgegeven bouwmaterialen, zoals de betonnen elementen, die op de bodem of in (grond-)water worden toegepast, het Besluit bodemkwaliteit van toepassing. In dit besluit staan uitloogcriteria waarin het bouw materiaal moet voldoen. Als het bouw materiaal aan de eisen uit het Besluit bodemkwaliteit voldoet dan voldoet het volgens de Nota van toelichting aan de milieu hygiënische randvoorwaarden ter bescherming van bodem en grondwater.

Naast het Besluit bodemkwaliteit geldt ook REACH. Als de betonnen elementen, een voorwerp, meer dan 0.1 m/m % Pb bevat dan moet er veiligheidsinformatie meegeleverd worden. In dit informatie moet staan hoe veilig met het product gewerkt moet worden. Bijvoorbeeld of en welke maatregelen getroffen moeten worden bij bijvoorbeeld boren en frezen in het materiaal.

Het verschil tussen REACH en het Besluit bodemkwaliteit is dat REACH uitgaat van de samenstelling terwijl het Besluit bodemkwaliteit uit gaat van de emissie. In de betonnen elementen wordt het lood grotendeels geïmmobiliseerd zodat het niet beschikbaar is.

7 Hergebruiksmogelijkheden betongranulaat met beeldbuisglas

De uitloging van het lood uit betonnen elementen geeft de milieukundige risico's aan van het vormgegeven voorwerp. In de afvalfase wordt steenachtig bouw materiaal in het algemeen aangeboden aan een verwerker die het materiaal granuleert en vervolgens puingranulaat (recyclinggranulaat) produceert. Tijdens het verwerken tot puingranulaat gaat het betonafval in het ideale geval over naar eindeafval. Het puingranulaat valt dan onder REACH en is een voorwerp omdat de vorm van het granulaat (korrelgrootte, lengte/breedte verhouding) bepalend is voor de functie en niet de samenstelling (ECHA, 2010).

Voor het puingranulaat, afkomstig van betonnen elementen met beeldbuisglasgranulaat, is het voor eindeafval van belang om de concentratie van het lood te kennen in het afval-beton. De Kaderrichtlijn afvalstoffen gaat uit van een limiet van 0.5 m/m % Pb als grens waarboven het materiaal gevaarlijk afval is. De REACH verordening gaat uit van een limiet van 0.1 m/m % Pb waarboven het product (voorwerp) moet worden voorzien van veiligheidsinformatie.

In Paragraaf 6.3 is berekend dat het beton 3 m/m % Pb bevat. Dit betekent dat het in de afval-fase als gevaarlijk afval moet worden beschouwd. Verwerking van beton-afval, aangemerkt als gevaarlijk afval, is niet toegestaan binnen de Regeling recyclinggranulaat (zie Paragraaf 4.5). Dit betekent dat het loodhoudende puingranulaat apart verwerkt moet worden en niet gemengd kan worden met puingranulaat afkomstig van andere afvalstromen. Immers het samen nemen van de verschillende granulaten kan opgevat worden als mengen met als gevolg diffuse verspreiding van zeer zorgwekkend stoffen in de beton- of bouwketen.

Binnen het Nederlandse kader voor hergebruik van bouwstoffen worden granulaire hergebruiksmaterialen getoetst op basis van uitloging volgens het Besluit bodemkwaliteit. Op basis van gepubliceerde uitlooggegevens van beton met beeldbuisglasgranulaat (zie Paragraaf 6.2) is er reden om aan te nemen dat het granulaire materiaal niet voldoet aan de uitloogeisen uit het Besluit bodemkwaliteit. We hebben dit echter niet verder onderzocht omdat de verwachting is dat het beton geclassificeerd moet worden als gevaarlijk afval, er nauwelijks voor de Nederlandse situatie relevante gegevens bekend zijn en omdat het hier slechts een verkennende studie betreft.

7.1 Einde-afvalcriteria betonpuin granulaat

Voor einde-afvalcriteria voor granulaat is het van belang dat het uiteindelijk product dat op de markt komt goed beschreven is. De einde-afvalcriteria gaan er van uit dat het product een gebruikelijke toepassing kent en voldoet aan technische en milieucriteria. Het is mogelijk dat het granulaat kan voldoen aan technische eisen, die o.a. de vorm bepalen, en mogelijk ook aan voor dit granulaat specifieke milieuhygiënische

randvoorwaarden. Daarnaast is het granulaat een voorwerp onder REACH en kan het met veiligheidsinformatie op de markt gezet worden.

Het is echter de vraag hoe het lood-houdende granulaat, met einde-afval status, toegepast kan worden. Daarbij spelen vooral beleidsmatige overwegingen een rol. Er moet bij de toepassing rekening gehouden dat er geen vermenging van het loodhoudende granulaat en andere 'schone' steen-achtige materialen optreedt. Gezien de levensduur van bouwwerken, het uitgangspunt daarbij is 100 jaar (Verschoor e.a. 2006), is het goed mogelijk dat informatie over de locatie waar het granulaat is toegepast of een eventuele (kleur)markering van het granulaat, verloren gaat. Met als gevolg dat het alsnog wordt vermengd met gewoon granulaat. Daarnaast moet ook overwogen worden dat na een levensduur van 100 jaar er zeer waarschijnlijk ook andere regelgeving geldt met betrekking tot loodhoudend granulaat.

8 Conclusies

In dit onderzoek hebben we de keten van afgedankte beeldbuizen en de verwerking in beton beschouwd. We hebben onderzocht welke regelgeving relevant is gedurende zowel de afval-fase, einde-afval en de gebruiksfase. De afgedankte beeldbuizen worden als afval verwerkt tot beeldbuisgranulaat. Dit beeldbuisgranulaat kan als afval of, na einde-afval, als voorwerp binnen REACH(1907/2006/EC) verder verwerkt worden. Eén van de toepassingen is verwerking in beton als vervanger van onder andere zand en kiezels. Het beton, of de betonnen elementen, zijn een nuttige toepassing en moeten als voorwerp onder meer voldoen aan REACH en het Besluit bodemkwaliteit, dan is sprake van einde-afval. Aan het einde van de levensduur van het beton wordt het weer afval. Beton afval wordt in het algemeen verwerkt tot granulaat wat weer als nieuw product, na einde-afval, op de markt wordt gezet.

Uit literatuurgegevens blijkt dat beeldbuisglasgranulaat tussen de 15 en 35 m/m % lood kan bevatten, gemeten als mono-oxide (PbO). Beton waarin beeldbuisglasgranulaat is verwerkt, bevat dus lood. In de literatuur zijn weinig gegevens bekend over de hoeveelheid van lood in beton met beeldbuisglasgranulaat. Uit één enkele studie zijn samenstellingswaarden van lood in beton bekend van 4 tot 10 m/m % PbO. Op basis van een eigen berekening concluderen we dat bij een toepassing van circa 30% beeldbuisglasgranulaat met een loodgehalte van 10 m/m% PbO, dit leidt tot een beton met 3 m/m % Pb.

Lood is gelabeld vanuit de verordening voor indeling, etikettering en verpakkingen (1272/2008/EC) als stof die toxisch is voor de voortplanting. Lood staat daarom ook als zeer zorgwekkende stof (SVHC) op de kandidaatslijst van REACH. Vanwege deze indeling en concentratie groter dan 0.5 m/m % PbO betekent het dat beeldbuisglasgranulaat in de afvalfase wordt aangemerkt als 'gevaarlijk afval'.

Op basis van de gegevens uit de literatuur verwachten wij dat uitloging van lood uit vormgegeven beton niet leidt tot onacceptabele risico's voor mens en milieu. Wel kan bij het bewerken van lood, zoals boren en frezen, loodhoudend stof vrijkomen. Dit lood houdend stof kan leiden tot gezondheidsrisico's voor de mens.

Producten, zoals granulaat en betonnen elementen, worden binnen REACH als 'voorwerp' beschouwd. Van voorwerpen met meer dan 0.1 m/m% Pb moet de leverancier veiligheidsinformatie beschikbaarstellen (Artikel 33, REACH). In deze veiligheidsinformatie moet minimaal de stofnaam staan. Daarnaast moet worden vermeld hoe op een veilige manier met het artikel gewerkt moet worden, tenzij deze informatie niet relevant is. Daarbij moeten de verschillende stappen in de levenscyclus, de blootstellingroutes tijdens die stappen en persoonlijke beschermingsmiddelen in overweging genomen worden.

Omdat het beton naar verwachting meer dan 0.5 m/m % lood bevat moet het in de afvalfase als gevaarlijk afval worden beschouwd. Het beton afval dient gescheiden te worden verwerkt van ander 'schoon' beton afval. Gebruikelijk is om betonafval te granuleren. Voor toepassing van het betongranulaat moet rekening worden gehouden met de uitloging. Op basis van literatuurgegevens concluderen we dat bij gegranuleerd (vermalen) beton de uitloging aanzienlijk hoger is dan in een vormgegeven element en dat de uitloging de toetscriteria die horen bij de gebruikte uitloogtest overschrijdt. We hebben dit echter niet verder onderzocht omdat de verwachting is dat het beton geclassificeerd moet worden als gevaarlijk afval, er nauwelijks voor de Nederlandse situatie relevante gegevens bekend zijn en omdat het hier slechts een verkennende studie betreft.

Omdat het beton met daarin beeldbuisglasgranulaat als gevaarlijk afval moet worden beschouwd neemt het volume aan gevaarlijk afval toe bij deze verwerkingsmethode van beeldbuisglas.

9 Aanbevelingen

Bij de toepassing van beeldbuisglasgranulaat in beton leidt het tot beton met daarin hoge concentraties lood waardoor dit beton gevaarlijk afval wordt. Om te voorkomen dat het lood houdende beton na de gebruiksfase vermengd raakt met beton waarin geen beeldbuisglasgranulaat is toegepast, moet het mogelijk worden gemaakt om duidelijk onderscheid te kunnen maken tussen de beide betonsoorten, bijvoorbeeld door een kleurmarkering. Dit onderscheid moet ook na de gebruiksduur van het beton nog mogelijk zijn.

Voor de arbeidsveiligheid is inzicht gewenst in de blootstelling van het lood bij het werken en bewerken van het beton met beeldbuisglasgranulaat. De leverancier is vanuit REACH verplicht om veiligheidsinformatie te geven met betrekking tot de aanwezigheid van lood in het voorwerp. Daarbij moeten de arbeidsrisico's worden beschreven. Door boren en frezen kan bijvoorbeeld loodhoudend stof vrijkomen waaraan arbeiders blootgesteld kunnen worden. Ook kunnen loodhoudende deeltjes van het beton afbreken. Onderzocht dient te worden of nieuwe of aanvullende maatregelen op de werkvloer noodzakelijk om veilig met de betonnen elementen te kunnen werken.

Het verwerken van beeldbuisglasgranulaat in beton leidt uiteindelijk tot een volume toename van gevaarlijk afval. Wij bevelen aan om onderzoek te doen naar alternatieve toepassingen van het beeldbuisglasgranulaat die niet leiden tot genoemde volume toename of naar het verwijderen van het lood uit het beeldbuisglasafval of elders uit de productketen/levenscyclus.

Op dit moment worden betonnen elementen, waarin beeldbuisglas is verwerkt, op de markt gezet. Vanuit het Besluit bodemkwaliteit is dit toegestaan omdat het vormgegeven beton niet resulteert in een onacceptabele uitloging van het lood. Echter, de betonnen elementen zijn slechts een deel van de keten. Wij bevelen aan om bij vraagstukken rond nuttige toepassing van afval niet alleen te kijken naar één enkele levensfase uit de keten maar de hele keten in ogenschouw te nemen.

10 Referenties

- Delgado, L., Catarino, A.S., Eder, P., Litten, D., Luo, Z., Villanueva, A., 2009. End-of-Waste criteria (No. JRC 53238). JRC.
- ECHA, 2010. Guidance on waste and recovered substances (No. ECHA-10-G-07-EN). European Chemicals Agency, Helsinki, Finland.
- Janssen, M.P.M., 2002. Radioactiviteit in Nederlandse gebruiksartikelen (No. RIVM 610230002). RIVM, Bilthoven.
- Lecler, M.-T., Zimmermann, F., Silvente, E., Clerc, F., Chollot, A., Grosjean, J., 2015. Exposure to hazardous substances in Cathode Ray Tube (CRT) recycling sites in France. *Waste Management* 39, 226–235. doi:10.1016/j.wasman.2015.02.027
- Lee, J.-S., Yoo, H.-M., Park, S.-W., Cho, S.-J., Seo, Y.-C., 2015. Recycling of cathode ray tube panel glasses as aggregates of concrete blocks and clay bricks. *J Mater Cycles Waste Manag* 1–11. doi:10.1007/s10163-015-0350-6
- Ling, T.-C., Poon, C.-S., 2014. Use of recycled CRT funnel glass as fine aggregate in dry-mixed concrete paving blocks. *Journal of Cleaner Production* 68, 209–215. doi:10.1016/j.jclepro.2013.12.084
- Ling, T.-C., Poon, C.-S., 2011. Utilization of recycled glass derived from cathode ray tube glass as fine aggregate in cement mortar. *Journal of Hazardous Materials* 192, 451–456. doi:10.1016/j.jhazmat.2011.05.019
- Méar, F., Yot, P., Cambon, M., Ribes, M., 2006. The characterization of waste cathode-ray tube glass. *Waste Management* 26, 1468–1476. doi:10.1016/j.wasman.2005.11.017
- Menad, N., 1999. Cathode ray tube recycling. *Resources, Conservation and Recycling* 26, 143–154. doi:10.1016/S0921-3449(98)00079-2
- Mol, G., Spijker, J., Van Gaans, P.F.M., Romkens, P.F.A.M., 2012. *Geochemische Bodematlas van Nederland*. Wageningen Academic Publishers.
- Moncea, A.M., Badanoiu, A., Georgescu, M., Stoleriu, S., 2013. Cementitious composites with glass waste from recycling of cathode ray tubes. *Mater Struct* 46, 2135–2144. doi:10.1617/s11527-013-0041-5
- Musson, S.E., Jang, Y.-C., Townsend, T.G., Chung, I.-H., 2000. Characterization of Lead Leachability from Cathode Ray Tubes Using the Toxicity Characteristic Leaching Procedure. *Environ. Sci. Technol.* 34, 4376–4381. doi:10.1021/es0009020

Romero, D., James, J., Mora, R., Hays, C.D., 2013. Study on the mechanical and environmental properties of concrete containing cathode ray tube glass aggregate. *Waste Management* 33, 1659–1666. doi:10.1016/j.wasman.2013.03.018

Song, Q., Zeng, X., Li, J., Duan, H., Yuan, W., 2015. Environmental risk assessment of CRT and PCB workshops in a mobile e-waste recycling plant.

Spalvins, E., Dubey, B., Townsend, T., 2008. Impact of Electronic Waste Disposal on Lead Concentrations in Landfill Leachate. *Environ. Sci. Technol.* 42, 7452–7458. doi:10.1021/es8009277

Verschoor, A.J., Lijzen, J.P.A., Van den Broek, H.H., Cleven, R.F.M.J., Comans, R.N.J., Dijkstra, J.J., Vermij, P.H.M., 2006. Kritische emissiewaarden voor bouwstoffen. Milieuhygiënische onderbouwing en consequenties voor bouwmaterialen (No. RIVM 711701043). RIVM, Bilthoven.

Xu, Q., Yu, M., Kendall, A., He, W., Li, G., Schoenung, J.M., 2013. Environmental and economic evaluation of cathode ray tube (CRT) funnel glass waste management options in the United States. *Resources, Conservation and Recycling* 78, 92–104. doi:10.1016/j.resconrec.2013.07.001

Zhao, H., Poon, C.S., Ling, T.C., 2013. Utilizing recycled cathode ray tube funnel glass sand as river sand replacement in the high-density concrete. *Journal of Cleaner Production* 51, 184–190. doi:10.1016/j.jclepro.2013.01.025

Bijlage 1 Berekening Lood

Berekening concentratie lood in betonnen elementen aan de hand van betonsamenstelling uit Ling en Poon (2014)

Tabel B1.1 Samenstelling betonmix C-PB50 (Ling en Poon, 2014), dichtheid beton: 2.465 kg/m³

		kg/m ³
Cement	OPC, portland	340
	PFA, vliegashoudend	113
Agregaten	RCA, grove agregaten	453
	RFA, fijne agregaten	679
	CRT, beeldbuisglas	805
Water		136

Bij de berekening gaan we uit van een conservatieve concentratie Pb in het glasgranulaat van 10 m/m % PbO. De massa verhouding tussen Pb en PbO is 0.93. De samenstelling betonmix in tabel B1.1 gaat uit van 33 m/m % beeldbuisglasgranulaat. Dan is:

$$0,93 \text{ Pb/PbO} \cdot 10 \text{ m/m\% PbO} \cdot 33 \text{ m/m\% glasgranulaat} = 3 \text{ m/m\% Pb}$$

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag