



Onderzoek naar de invulling van relevante andere parameters en stoffen voor bouwstoffen

Relevante andere parameters en stoffen die geen deel uitmaken van het standaard
beoordelingskader van de Regeling bodemkwaliteit 2022

22 juli 2024

Kenmerk R001-1293503MLX-V02-mfv-NL

Verantwoording

Titel	Onderzoek naar de invulling van relevante andere parameters en stoffen voor bouwstoffen
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectleider	Robin Kelder
Auteur(s)	Marian Langevoort, Jaap Steketee, Huig Bergsma en Edward Wacker
Kenmerk	R001-1293503MLX-V02-mfv-NL
Aantal pagina's	48 (exclusief bijlagen)
Datum	22 juli 2024
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Beschouwing standaard analysepakket grond	8
2.1	Nederland	8
2.1.1	Evaluatie standaardpakket Besluit bodemkwaliteit	11
2.2	Duitsland	11
2.3	België (Vlaanderen)	12
2.4	België (Wallonië)	13
2.5	Denemarken	14
2.6	Frankrijk	15
2.7	Spanje	16
2.8	Vergelijking standaardpakket grond Nederland met andere Europese landen	16
2.8.1	Beschouwing	16
2.8.2	Conclusie	17
3	Beschouwing standaardpakket bouwstoffen	17
3.1	Nederland	17
3.2	Duitsland	19
3.3	Vlaanderen	20
3.4	Denemarken	20
3.5	Frankrijk	21
3.6	Vergelijking Nederlandse pakket bouwstoffen met andere Europese landen	21
3.6.1	Beschouwing	21
3.6.2	Conclusie	23
4	Informatie voor specifieke materialen	24
4.1	Inleiding	24
4.2	Onderbouwend onderzoek Duitse Ersatzbaustoffverordnung	24
4.3	Overige relevante onderzoeken	26
4.4	AEC Bodemas	35
4.5	Recyclinggranulaat	36
4.6	Staalslakken	38
4.7	Grond en baggerspecie	40

5	Conclusies en aanbevelingen.....	42
5.1	Advies milieuverklaring	42
5.2	Rapportageverplichting pH en EC.....	43
5.3	Generieke stoffen en parameters bouwstoffen	43
5.4	Materiaalspecifieke stoffen en parameters.....	45
	Literatuurlijst	46
	Afkortingen	48
Bijlage 1	Overzicht inhoud standaardpakketten grond	
Bijlage 2	Evaluatie standaardpakket Besluit bodemkwaliteit	

1 Inleiding

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TAUW een onderzoek uitgevoerd dat inzicht verschaft in 'andere relevante parameters en andere relevante stoffen' zoals vermeld in de Regeling bodemkwaliteit 2022 (Rbk 2022). Dit zijn stoffen of eigenschappen die geen deel uitmaken van de voorgeschreven analysepakketten.

Aanleiding

In de Rbk 2022 is expliciet opgenomen dat bij afgifte van een milieuverklaring aandacht moet zijn voor andere verontreinigende stoffen of relevante parameters (eigenschappen). De achtergronden hierbij zijn uitgebreid toegelicht in de toelichting bij de Rbk 2022.

Er is onzekerheid over welke stoffen of eigenschappen geanalyseerd of bepaald moeten worden om met voldoende zekerheid aan te geven dat de toepasser invulling kan geven aan de zorgplicht. Dit kan leiden tot risicomijding (geen toepassing van secundaire bouwstoffen) of lokale verschillen in eisen die worden gesteld bij toepassing van grond of bouwstof. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wil ondersteunen door dit onderzoek te initiëren, dat beoogt richting te geven aan de invulling van deze expliciete eis in de Rbk 2022. Deze rapportage is bedoeld voor producenten (zoals bedoeld in de Rbk 2022), voor toepassers van grond en bouwstoffen en voor (decentraal) bevoegd gezag (zoals bedoeld in het Besluit activiteiten leefomgeving).

De huidige stoffenpakketten dateren grotendeels uit de periode dat het bodembeschermings- en bodemsaneringsbeleid in ontwikkeling was. Hiermee wordt een groot deel van de milieurisico's afgedekt; soms ook omdat stoffen vaak gezamenlijk voorkomen en het niet zinvol is alle individuele stoffen te analyseren (alleen stoffen met het hoogste risico of een selectie binnen een grotere groep). De vraag richt zich nu op de mogelijkheid dat ongeschikt materiaal wordt toegepast doordat informatie over stoffen of eigenschappen buiten de voorgeschreven analyses ontbreekt.

Doel en afbakening

De hoofdvraag die deze rapportage beantwoordt, is: hoe invulling kan worden gegeven aan het gewenste inzicht in andere relevante parameters en andere relevante stoffen bij de afgifte van een milieuverklaring. Ter afbakening zijn de volgende kaders van belang:

- Het gaat om stoffen of eigenschappen die een partij van een bouwstof of een partij grond of baggerspecie ongeschikt kunnen maken voor het toepassen op of in de bodem of in een oppervlaktewaterlichaam (zoals beschreven in artikel 1.1 van de Rbk 2022 en de toelichting bij de Rbk; dit in het licht van de zorgplicht zoals die is opgenomen in het Besluit activiteiten leefomgeving)
- Stoffen of eigenschappen die normaal gezien (regulier) voorkomen of kunnen voorkomen in een bouwstof of grond

- Stoffen en eigenschappen die niet bij analyse op een standaardpakket of genormeerde stoffen (zoals opgenomen in bijlage A, bijlage B, of bijlage J van het Rbk 2022) worden meegenomen. Het is mogelijk dat op basis van deze analyses al blijkt dat een partij grond of bouwstof ongeschikt is voor toepassing in normaal voorkomende situaties
- Het gaat om een stof of eigenschap die bepalend is voor de risico's bij normale toepassing en het voorkomen van risico's nog niet is afgedekt door analyses die wel plaatsvinden
- De extra informatie nodig is om te kunnen bepalen of stoffen ook daadwerkelijk in het milieu (gaan) komen bij normale toepassing en deze stoffen niet al van nature aanwezig zijn

De materialen (grond, bouwstoffen) die zijn beschouwd betreffen materialen waarvoor nationale BRL's zijn opgesteld zoals opgenomen in categorie 2 en categorie 10 van bijlage C van de Rbk 2022. De reden is dat dit de materialen zijn, die normaal gezien in het handelsverkeer aanwezig zijn. Het betreffen de volgende materialen:

- Kalkzandsteen (BRL 1004-01)
- Pleistersystemen (BRL 1328-03)
- AEC-bodemas (BRL 2307-2)
- Recyclinggranulaten (BRL 2506-2)
- Cellenbeton (BRL 5068)
- Vooraf vervaardigde betonproducten (BRL 5070)
- Vooraf vervaardigde vezelcement producten (BRL 5071)
- Vooraf vervaardigde polymerebeton producten (BRL 5076)
- Vooraf vervaardigde geopolymerbeton producten/geopolymerbeton voor ter plaatse gestorte producten (BRL 5077)
- Groutmengsels (BRL 5078)
- Vooraf vervaardigde producten op basis van een CO₂ geactiveerd bindmiddel (BRL 5080)
- Keramische producten (BRL 52230)
- E-bodemas in ongebonden toepassing (BRL 9302-2)
- Zand uit dynamische wingebieden (BRL 9313)
- Geëxpandeerde kleikorrels voor ongebonden toepassing (BRL 9315)
- Poreus gesteente van vulkanische oorsprong (BRL 9317)
- Bitumineus gebonden mengsels (BRL 9320)
- Industriezand en (gebroken) industrie grind (BRL 9321)
- Mengsels van cementgebonden minerale reststoffen (BRL 9322)
- Groevesteent in ongebonden toepassing (BRL 9324)
- Schelpen (BRL 9326)
- Bitumineuze afdichtingsmaterialen voor toepassing in waterkende en waterafdichtingssystemen (BRL 9327)
- Geblazen glasgranulaat (BRL 9331)
- Grond (BRL 9335)
- Cementgebonden mortel (BRL 9338)
- Duurzaam waterglasgebonden grond voor in situ toepassing in bouwkundige en civieltechnische werken (BRL 9339)
- Steenachtige substraten (BRL 9341)

- Slakken en slakmengsels voor toepassing in GWW-werken (BRL 9345)
- Cementgebonden mortels uit verplaatsbare volumetrische doseer- en menginstallaties op basis van niet-gekalibreerde weegmiddelen (BRL 9348)

Er zijn ook een aantal BRL's die niet meer gebruikt worden en op termijn uit het Rbk verdwijnen:

- Mijntsteen voor GWW-werken (BRL 9301)
- Drinkwaterreststoffen voor toepassing in grondwerken (BRL 9319)
- E-vliegas in ongebonden toepassing (BRL 9336)
- Polymeergebonden steenslag voor toepassing in GWW-werken (BRL 9337)

En er is ook een BRL in concept gereed die naar verwachting in 2025 wordt vastgesteld

- Mengsels van primaire en secundaire granulaten als toeslagmateriaal voor beton (BRL 2508)

Onderzoeksopzet

Het onderzoek is vormgegeven door eerst een beschouwing te maken van het huidige standaard analysepakket voor grond, baggerspecie en bouwstoffen dat in Nederland wordt gehanteerd. Daarnaast is bekeken hoe het Nederlandse pakket zich verhoudt met hoe de analysepakketten in omliggende West-Europese landen is vormgegeven. Dit om te beoordelen of er in het algemeen aanvullende parameters moeten worden meegenomen. Vervolgens is per materiaalstroom dieper ingegaan op de relevante andere parameters en stoffen die niet worden meegenomen in het standaard analysepakket. Materiaalstromen waar grote hoeveelheden van worden toegepast, risico's aan worden toegekend en grote onduidelijkheid over bestaat, hebben meer aandacht gekregen dan materiaalstromen waar dit niet tot minder het geval is. Om meer informatie te verkrijgen, is gebruik gemaakt van bestaande literatuur en zijn interviews gehouden met een aantal brancheorganisaties, leveranciers en aannemers.

Leeswijzer

In hoofdstukken 2 en 3 is het literatuuronderzoek opgenomen naar het standaard analysepakket van respectievelijk grond en bouwstoffen. In hoofdstuk 4 is een literatuuronderzoek opgenomen naar diverse materiaalstromen. Zo wordt eerst ingegaan op het onderzoek dat ten grondslag ligt aan de Duitse Mantelverordnung. In navolgende paragrafen in dit hoofdstuk worden een aantal specifieke materialen separaat beschouwd. Deze specifieke materiaalstromen worden of in grote hoeveelheden toegepast, risico's aan toegekend of bestaat onduidelijkheid over.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek opgenomen. In paragraaf 5.1 wordt een algemene aanpak voorgesteld om te komen tot de andere stoffen en parameters waarover verklaard moet worden. In paragraaf 5.2 zijn een aantal stoffen en parameters beschouwd die gelden voor de meeste bouwstoffen en in paragraaf 5.3 worden een aantal specifieke bouwstoffen aanvullend beschouwd. Aan het eind van de rapportage is een literatuurlijst opgenomen en een verklaring van gebruikte afkortingen.

2 Beschouwing standaard analysepakket grond

In dit hoofdstuk wordt eerst een beschouwing gegeven van het standaard analysepakket voor grond in Nederland. In de daaropvolgende paragrafen worden een aantal andere West-Europese landen beschouwd. In paragraaf 2.8 wordt een vergelijking tussen de andere landen en Nederland gegeven en een conclusie getrokken.

2.1 Nederland

In Nederland zijn de huidige standaard analysepakketten voor bodem (waaronder grond) in werking getreden op 1 juli 2008 en sinds 1 januari 2024 vastgelegd in de NEN 5740 (Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond), de BRL9335 Grond en bijlage J van de Regeling bodemkwaliteit. Er is sprake van meerdere standaardpakketten (zie tabel 2.1). In bijlage 1 is ook de volledige samenstelling van alle pakketten weergegeven.

Tabel 2.1 Standaardpakketten voor bodemonderzoek

Standaardpakket*	Toepassing
Variant A	- Onderzoek landbodem - Onderzoek regionale waterbodem - Keuren van grond - Keuren van baggerspecie uit regionaal water
Variant C1	Waterbodem en baggerspecie uit zoet Rijksoppervlaktewater, blijvend binnen zoet Rijksoppervlaktewater
Variant C2	Baggerspecie uit zoet oppervlaktewater voor toepassing buiten Rijksoppervlaktewater
Variant C3	Waterbodem en baggerspecie uit zout Rijksoppervlaktewater, blijvend binnen zout Rijksoppervlaktewater
Variant D	Partijen met ontbrekende voorinformatie

* In de tabel niet vermeld wegens niet relevant binnen het kader van deze literatuurstudie: Variant B 'Grondwater'

Het doel van het standaard analysepakket is het bevorderen van de efficiency en eenduidigheid in bodemonderzoek en bewijsvoering over de milieuhygiënische kwaliteit. Het standaardpakket beschrijft het minimumpakket aan te meten stoffen voor het milieuhygiënisch (water)bodemonderzoek of partijkeuringen. Dit betekent dat in situaties waarbij er sprake is van een specifieke verdenking van verontreiniging, het standaardpakket dient te worden uitgebreid met de voor die locatie verdachte stof(fen).

De inhoudelijke basis van het standaardpakket wordt gevormd door 2 typen gegevensbestanden^{1,2}:

- De gegevens van AW2000 op basis waarvan de achtergrondwaarden zijn vastgesteld
- De gegevens van hergebruiksgrond verzameld door branches (BOG/Bouwend Nederland) en een door laboratoria (FeNeLab) gegenereerd bestand

Hierin zijn de in tabel 2.2 opgenomen stoffen beschouwd.

Tabel 2.2 Overzicht van stoffen die zijn beschouwd voor de keuze van het huidige standaard analysepakket A

Metalen	Anorganische stoffen	Organische stoffen	Macroparameters en overig
Antimoon, Arseen, Barium, Cadmium, Chroom, Kobalt, Koper, Kwik, Lood, Nikkel, Molybdeen, Tin, Seleen, Vanadium, Zink	Sulfaat, Fluoride, Bromide, Chloride, Cyanide Totaal	BTEX, EOX, OCB, PCB, PAK(10), minerale olie	Lutum, organisch stof, pH, Fe, Al, CaCO ₃ , Ca en DOC

Uitgaande van deze bestanden maakt een parameter deel uit van het standaardpakket grond wanneer aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- De parameter komt voor op de lijst van genormeerde stoffen (NOBO³)
- De gehalten gemeten in hergebruiksgrond komen in meer dan 5 % van de gevallen boven de achtergrondwaarde en
- De parameter is (mede) bepalend voor de kwalificatie van de grond en de verdeling van gehalten is zodanig breed dat er een reële kans bestaat dat de interventiewaarde wordt overschreden (en een dergelijke overschrijding ook daadwerkelijk optreedt in het FeNeLabbestand)

Op soortgelijke wijze zijn de pakketten voor de andere grondstromen (C1, C2, C3 en D) afgeleid. Er zijn afhankelijk van de herkomst van de baggerspecie (zoet of zoutwater) verschillende stoffenpakketten vastgelegd. In zoute waterbodem blijkt tributyltin (TBT) statistisch in meer dan 5 % de achtergrondwaarde te overschrijden, waardoor TBT in het C3-pakket is opgenomen. Hieruit kan niet worden afgeleid dat in andere situaties TBT niet kan voorkomen en niet onderzocht dient te worden. Tevens kan hieruit ook niet worden afgeleid dat TBT in zoete waterbodem minder toxisch is. Ook voor zoete waterbodem geldt dat als uit het vooronderzoek blijkt dat TBT kritisch is, TBT aanvullend op het standaard stoffenpakket geanalyseerd moeten worden.

Op basis van bovengenoemde data en methodiek is in 2007 door TNO een definitief voorstel voor het standaardanalysepakket gedaan⁴. In het voorstel bevat standaardpakket A nog tin. Waarom tin is komen te vervallen is in de beschikbare documenten niet aangegeven.

¹ Standaard stoffenpakket bij milieuhygiënisch (water)bodemonderzoek vastgesteld, gezamenlijke uitgave van SIKB, NEN en Bodem+, 4 juni 2008

² Paragraaf 4.5. 'Stoffenpakket', Toelichting Regeling bodemkwaliteit, Staatscourant 2007, 247 pagina 67

³ Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor bodemnormen in 2005, 2006 en 2007, ministerie van VROM, publicatie 8395, december 2008

⁴ Definitie van een standaardpakket voor milieuhygiënisch onderzoek van bodem/grond, waterbodem/baggerspecie en grondwater, TNO, kenmerk 2007-U-R0015/A, 12 januari 2007

Het standaard analysepakket was de opvolger van het basispakket. Het basispakket van te analyseren stoffen is in 1991 opgesteld ten behoeve van de uitvoering van verkennend (water)bodemonderzoek en was vastgelegd in de NVN 5740 en later de NEN 5740. Het basispakket bestond uit arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel, zink, som-PAK, minerale olie en EOX. Van dit basispakket werd verwacht dat het de meest voorkomende verontreinigingen zou afdekken. In tabel 2.3 zijn de wijzigingen weergegeven die in 2008 optraden bij de vervanging van het basispakket door standaard stoffenpakket A.

Tabel 2.3 Wijziging bij vervanging basispakket door standaard stoffenpakket A in 2008

Geschrapte parameters	Toegevoegde parameters
Arseen	Barium
Chroom	Kobalt
EOX	Molybdeen
	Som-PCB(7)

Arseen en chroom

Arseen en chroom vielen buiten het 5% criterium en zijn daarom komen te vervallen uit het standaardpakket. Arseen en chroom komen in delen van het land van nature verhoogd voor in de grond, maar dit was niet de aanleiding om ze te laten vervallen.

Barium

De opname van barium in het standaardpakket gebeurde op basis van inzichten over het in lichte mate diffuus voorkomen van barium in de (water)bodem. Door het opnemen van deze stof in het standaard analysepakket, is sinds de inwerkingtreding van het Besluit bodemkwaliteit veel inzicht verkregen in de aanwezigheid van deze stof in de bodem. Barium wordt vaak in hoge gehalten aangetroffen (met name in rivierklei). Belangrijke oorzaak daarvoor is dat deze stof van nature voorkomt in de bodem. Het hoge gehalte van barium in de bodem leidde tot stagnatie in het hergebruik van vrijkomende grond en baggerspecie en tot meer saneringsgevallen. De normen voor barium in grond en bagger zijn daarom in 2009 tijdelijk ingetrokken⁵, in afwachting van een nieuw te introduceren toetsingskader. Barium hoeft op dit moment alleen te worden getoetst als er vanwege antropogene activiteiten verhoogde bariumgehalten kunnen worden aangetroffen ten opzichte van de toetsingswaarde.

⁵ Wijziging van de Regeling bodemkwaliteit, de Regeling uniforme saneringen, de Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming en de Regeling beoordeling reinigbaarheid grond 2006, Staatscourant van het Koninkrijk der Nederlanden, 2009 67, 2 april 2009

EOX

De EOX waarde was bedoeld als trigger-waarde. Dit betekende dat bij een overschrijding van de triggerwaarde een uitsplitsing op individuele parameters, zoals OCB's, nodig werd geacht. De EOX waarde is uit het standaard stoffenpakket verwijderd aangezien de EOX waarde geen goed beeld geeft van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen. Het kwam voor dat bij een overschrijding van de triggerwaarde geen overschrijding voor de individuele parameters werd aangetroffen en bij gehalten onder de triggerwaarde wel sprake was van een overschrijding voor de individuele parameters. Op basis van het EOX gehalte is niet met zekerheid te zeggen dat sprake is van een overschrijding van de interventiewaarde voor de individuele parameters.

Uitloogonderzoek

Een uitloogproef wordt alleen uitgevoerd als er sprake is van wat eerder een 'grootschalige bodemtoepassing' werd genoemd. In de Regeling bodemkwaliteit 2022 wordt dit emissiearme grond en emissiearme baggerspecie genoemd voor het grootschalig toepassen op of in de landbodem of in een oppervlaktewaterlichaam. Voor deze categorie zijn voor metalen samenstellingseisen⁶ (emissietoetswaarden) opgenomen; als 1 van de parameters niet voldoet aan deze emissietoetswaarde maar wel aan de emissie-eis voor uitloging (maximale emissiewaarde), dan mag het materiaal worden toegepast. Het analysepakket voor het eluaat komt overeen met het metalenpakket voor bouwstoffen, behalve seleen want daarvoor ontbreekt de emissietoetswaarde. Zouten (bromide, chloride, fluoride en sulfaat) worden eveneens niet bepaald.

2.1.1 Evaluatie standaardpakket Besluit bodemkwaliteit

De Commissie Evaluatie Stoffenpakket heeft in 2009 de invoering door gemeenten en waterschappen van het nieuwe standaard analysepakket gemonitord. De gemeente en waterschappen zijn hiertoe uitgenodigd om deel te nemen aan een enquête, waarvan de conclusies in 2010 door Deltares zijn gerapporteerd⁷. In bijlage 2 is een korte samenvatting van de evaluatie opgenomen. In het rapport wordt aanbevolen om de enquête in 2012 te herhalen, maar voor zover bekend is dat niet gebeurd.

2.2 Duitsland

In augustus 2023 is in Duitsland de Ersatzbaustoffverordnung⁸ in werking getreden, die betrekking heeft op het beoordelen van de hergebruiksmogelijkheden van grond en bouwstoffen. In paragraaf 14 "Untersuchungspflicht" wordt voor het standaardanalysepakket verwezen naar tabel 3 van bijlage 1 van de Ersatzbaustoffverordnung. Voorheen was het standaardpakket opgenomen in deel 2⁹ van de richtlijn rond het hergebruik van minerale reststoffen (LAGA Mitteilung 20¹⁰) van de federale werkgroep rond afval (LAGA).

⁶ Zie tabel 3a van bijlage B van de Regeling bodemkwaliteit 2022

⁷ Evaluatie standaardpakket Besluit bodemkwaliteit Status rapport: Implementatie standaardpakket tot medio 2009, Deltares, 1202212-000-BGS-0003, 11 maart 2010, definitief

⁸ Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV), <https://www.gesetze-im-internet.de/ersatzbaustoffv/>

⁹ Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) 5 november 2004, <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Mitteilungen.html>, geraadpleegd 24 januari 2024

¹⁰ Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, LAGA, 6 november 2003, <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Mitteilungen.html>, geraadpleegd 24 januari 2024

De inhoud van het vigerende en het oude pakket is weergegeven in het overzicht in bijlage 1 van dit rapport. Tabel 2.4 geeft de verschillen van het vigerende Duitse pakket met het huidige Nederlandse standaard analysepakket A weer.

Tabel 2.4 Verschillen tussen Duitse analysepakket grond (LAGA Mitteilung 20) en Nederlandse analysepakket A

Niet in Duits pakket Ersatzbaustoffverordnung, wel in Nederlands pakket A	Niet in Nederlands pakket A, wel in Duits pakket Ersatzbaustoffverordnung
Barium	Arseen
Kobalt	Chroom
Molybdeen	Thallium
PAK(10)	EOX
	PAK(16)
	Uitloogonderzoek (cadmium, koper, kwik, lood, nikkel, zink, arseen, chroom, thallium, sulfaat, PAK(15) pH, Ec)
Organisch stof	TOC (<i>total organic carbon</i>)
Lutum	pH

Wat betreft metalen (en EOX) hanteert het Duitse pakket de samenstelling die in Nederland tot 2008 nog werd gehanteerd, met thallium als recente toevoeging. EOX wordt als trigger-waarde gehanteerd voor aanvullende analyses naar aanleiding van specifieke belastingen.

In het Duitse pakket is PCB(6) + PCB118 opgenomen, wat gelijk is aan het door Nederland gehanteerde PCB(7). Het Duitse pakket hanteert een groter pakket aan individuele PAK.

Afhankelijk van de structuur van het bodemmateriaal en gehalte bodemvreemde minerale bestanddelen, dient de pH van de grond te worden gemeten en schrijft de richtlijn tevens een uitloogonderzoek voor.

Bij minerale olie worden de fractie C10-C22 en het totale gehalte (C10-C40) separaat beoordeeld.

In plaats van organisch stof wordt in het Duitse pakket, enigszins vergelijkbaar, TOC bepaald.

2.3 België (Vlaanderen)

De regels voor grondverzet liggen vast in het VLAREBO (Vlaams reglement rond bodemsanering en bodembescherming). Voorheen vielen de technische verslagen onder de VLAREMA, maar nu niet meer. In de standaardprocedure voor oriënterend bodemonderzoek¹¹ is het standaard analysepakket vastgelegd.

¹¹ Oriënterend bodemonderzoek standaardprocedure, OVAM, 1 maart 2023

De inhoud van het analysepakket voor bodemonderzoek is weergegeven in het overzicht in bijlage 1 van dit rapport. Tabel 2.5 geeft de verschillen met het huidige Nederlandse standaard analysepakket A weer.

Tabel 2.5 Verschillen tussen Vlaams standaardanalysepakket STAP grond en Nederlandse analysepakket A

Niet in Vlaams standaardanalysepakket STAP wel in Nederlands pakket A	Niet in Nederlands pakket A, wel in Vlaams standaardanalysepakket STAP
Barium, kobalt, molybdeen PAK(10) PCB(7)	Arseen, chroom PAK(16) pH-KCl

In het Vlaamse standaardpakket is pH-KCl opgenomen omdat de bodemtypecorrectie wordt uitgevoerd op basis van lutum, organische stof en pH. In Nederland wordt de pH niet bij de bodemtypecorrectie betrokken.

Voor het toepassen van grond dient een technisch verslag (vergelijkbaar met een partijkeuring) te worden opgesteld. In de standaardprocedure¹² daarvoor zijn in hoofdstuk 5 de eisen voor de te analyseren parameters omschreven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen situaties waarin de herkomst van de grond bekend is en waarin de herkomst niet bekend is. In het eerste geval komt de inhoud van het analysepakket overeen met dat voor het oriënterend bodemonderzoek (zie tabel 8), in het tweede geval dient daarnaast ook een analyse op PCB(7) te worden uitgevoerd.

Indien de grond bestemd is voor bouwkundig bodemgebruik (bepaalde civieltechnische toepassingen van grond met daar op een afdeklaag) of verwerking in vormvast product (bouwstoffen) wordt ook een uitloogonderzoek vereist. De parameters staan niet in de norm.

2.4 België (Wallonië)

Het standaard analysepakket (Paquet standard d'analyses (PSA)) voor een verkennend bodemonderzoek (l'étude d'orientation) is vastgelegd in de Code Wallon de bonnes pratiques¹³.

De inhoud van het analysepakket voor bodemonderzoek is weergegeven in het overzicht in bijlage 1 van dit rapport. Tabel 2.6 geeft de verschillen met het huidige Nederlandse standaard analysepakket A weer.

¹² Opmaak van een technisch verslag standaardprocedure regeling voor gebruik van bodemmateriële, OVAM, 20 april 2020

¹³ [Bijlage VI](#) van 'Définition du Paquet standard d'analyses (PSA), Code wallon de bonnes pratiques-v03 Guide de référence pour l'étude d'orientation', direction générale opérationnelle (dgo3)

Tabel 2.6 Verschillen tussen Vlaams standaardanalysepakket STAP grond en Nederlandse analysepakket A

Niet in Waals standaardanalysepakket PSA wel in Nederlands pakket A	Niet in Nederlands pakket A, wel in Waals standaardanalysepakket PSA
PAK(10)	PAK(16)
Minerale olie (C10-C40)	Minerale olie (C5-C35)
	Arseen
	Chroom
	Chroom VI
	BTEX
	Styreen
	Fenolindex
	Vrije cyaniden
	Methyl-tert-butyl-ether (MTBE)
	VOC(10)*

* Chloorethyleen, 1,2-dichloorethaan, 1,2-dichlooretheen (cis+trans), dichloormethaan, 1,1,1-Trichloorethaan, 1,1,2-Trichloorethaan, Trichlooretheen, Trichloormethaan, Tetrachloormethaan, Tetrachlooretheen

Er wordt tevens voorgeschreven dat een beperkt aantal representatieve onverdachte monsters moet worden geanalyseerd op pH, TOC en kleigehalte.

De regels en onderzoeksverplichtingen voor het toepassen van grond zijn vastgelegd in het besluit over het beheer en de traceerbaarheid van grond¹⁴. De kwaliteit wordt vastgelegd in een 'rapport de qualité des terres'. De minimaal te analyseren parameters zijn opgenomen in bijlage 1 van het 'Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols' (BS 03.22.2018). Dit zijn de parameters die in tabel 10 zijn opgenomen.

2.5 Denemarken

Voor de inhoud van het Deense standaardpakket is een rapport¹⁵ van het Deense ministerie voor milieu geraadpleegd, waarin de wijze van bodemonderzoek in Denemarken wordt geëvalueerd.

De inhoud van het analysepakket voor bodemonderzoek is weergegeven in het overzicht in bijlage 1 van dit rapport. Tabel 2.7 geeft de verschillen met het huidige Nederlandse standaard analysepakket A weer.

¹⁴ Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la gestion et à la traçabilité des terres et modifiant diverses dispositions en la matière (M.B. 12.10.2018), <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol007.htm>

¹⁵ Prøvetagningsstrategier til undersøgelse af overfladejord- udredningsprojekt, Miljøministeriet Miljøministeriet Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 2173, Juni 2021

Tabel 2.7 Verschillen tussen Deense standaardanalysepakket grond en Nederlandse analysepakket A

Niet in Deens standaardanalysepakket wel in Nederlands pakket A	Niet in Nederlands pakket A, wel in Deens standaardanalysepakket
PAK(10)	PAK(7)
Minerale olie (C10-C40)	Minerale olie (C6-C35)
Kwik, barium, kobalt, molybdeen	Chroom
PCB(7)	
Organische stof en lutum	

Het Deens standaardpakket is kleiner dan het Nederlandse; 6 metalen in plaats van 9, een kleiner PAK-pakket, geen PCB's en geen organisch stof en lutum. Minerale olie wordt geanalyseerd, de fracties waarnaar wordt gekeken wijken iets af, waarbij ook wat vluchtige olie wordt meegenomen. In enkele regio's wordt tevens standaard onderzocht op BTEX.

2.6 Frankrijk

In Frankrijk is er een "standaard" analysepakket ISDI (Installation de stockage de déchets inertes) gegeven in het besluit¹⁶ over de opslag van inert afval van het Ministerie van Ecologie, Duurzame Ontwikkeling en Energie. Daarnaast is er een wet die de omgang met verontreinigde locaties en bodems beschrijft.

De inhoud van het ISDI-analysepakket is weergegeven in het overzicht in bijlage 1 van dit rapport. Tabel 2.8 geeft de verschillen met het huidige Nederlandse standaard analysepakket A weer.

Tabel 2.8 Verschillen tussen Frans analysepakket (ISDI) en Nederlandse analysepakket A

Niet in Frans pakket ISDI selon l'arrêté du 12/12/14 wel in Nederlands pakket A	Niet in Nederlands pakket A, wel in Frans pakket ISDI selon l'arrêté du 12/12/14
Organisch stof	TOC (total organic carbon / Carbone Organique Total)
PAK(10)	PAK(16)
Lutum	BTEX
Zware metalen (cadmium, koper, kwik, lood, nikkel, zink, barium, kobalt, molybdeen)	Uitloogonderzoek (cadmium, koper, kwik, lood, nikkel, zink, barium, molybdeen, arseen, chroom, antimoon, seleen, chloride, fluoride, sulfaat, fenolindex, TOC, oplosbare fractie)

Wat opvalt is dat de zware metalen niet in een samenstellingsonderzoek worden onderzocht, maar in een uitloogonderzoek, inclusief anionen en fenolindex. Het pakket PAK is groter en BTEX wordt standaard onderzocht.

¹⁶ Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées, NOR : DEVP1412523A, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000029893828/>, geraadpleegd 29 januari 2024

2.7 Spanje

In Spanje wordt geen standaard analysepakket gehanteerd. Op welke parameters moet worden onderzocht, wordt regionaal bepaald en hangt af van wat op basis van voorinformatie wordt verwacht.

2.8 Vergelijking standaardpakket grond Nederland met andere Europese landen

2.8.1 Beschouwing

PAK

In elk beschouwd pakket worden PAK meegenomen. In Nederland is dit PAK(10). In andere landen is dit PAK(16), PAK(10) of PAK(7).

Minerale olie

In het Nederlandse standaard analysepakket worden de oliefracties C10-C40 geanalyseerd. Standaardpakketten uit andere landen bevatten ook minerale olie, maar de geanalyseerde fracties kunnen verschillen. Daar waar wordt afgeweken van C10-C40 wordt ook de vluchtige fractie geanalyseerd en een kleiner deel van de zwaardere fractie: C6-C35 of C5-C35.

Bodemtypecorrectie

In Vlaanderen wordt de pH van de grond onderzocht ten behoeve van de bodemtypecorrectie. In Nederland wordt de bodemtypecorrectie alleen uitgevoerd aan de hand van organisch stof en lutum. In plaats van organisch stofgehalte wordt ook wel het gehalte TOC (total organic carbon) bepaald.

Uitloogonderzoek

In Duitsland en incidenteel in Frankrijk wordt ook een uitloogonderzoek op grond uitgevoerd, om toepasbaarheid van de grond te bepalen. Of dit verplicht is, kan afhangen van de resultaten van het samenstellingsonderzoek. In Nederland geldt dit alleen als voor grond met relatief hoge gehalten aan metalen een indeling als emissiearm (voor het grootschalig toepassen van grond of baggerspecie op of in de landbodem of in een oppervlaktewaterlichaam) wordt nagestreefd.

Metalen

De metalen arseen en chroom(totaal) zijn in Nederland in 2008 uit het standaard stoffenpakket A geschrapt, maar worden in andere landen vaak wel meegenomen. In Duitsland maakt thallium deel uit van het standaard analysepakket. In Wallonië wordt naast chroom(totaal) ook chroom(VI) onderzocht.

Fenolindex

De fenolindex maakt deel uit van het Waalse en Franse standaardpakket. De fenolindex geeft het totaalgehalte van fenolachtige stoffen in het monster, het is geen specifieke analyse. Er is dan ook geen interventiewaarde voor de fenolindex. Bij een hoge fenolindex kan alleen met specifieke analysetechnieken worden achterhaalt waardoor dit wordt veroorzaakt. In Nederland maakte de fenolindex deel uit van het basispakket voor grondwater, maar werd bij invoering van het nieuwe standaardpakket vervangen door chloorbenzenen.

Overige parameters

Overige parameters die deel uitmaken van een of meerdere standaard analysepakketten in andere landen zijn:

- Chroom VI
- BTEX
- Styreen
- Methyl-tert-butyl-ether (MTBE)
- VOCl(10)
- Vrije cyaniden

2.8.2 Conclusie

De andere beschouwde Europese landen hanteren op hoofdlijnen een analysepakket met dezelfde parameters als in Nederland. Er worden soms andere fracties van minerale olie bepaald en/of ander componenten PAK. In Nederland dient het standaardpakket te worden uitgebreid met de voor die locatie verdachte stof(fen), in situaties waarbij er sprake is van een specifieke verdenking van verontreiniging.

3 Beschouwing standaardpakket bouwstoffen

In dit hoofdstuk wordt eerst een beschouwing gegeven van het analysepakket voor bouwstoffen in Nederland. In de daaropvolgende paragrafen worden een aantal andere West-Europese landen beschouwd. In paragraaf 3.6 wordt een vergelijking tussen de andere landen en Nederland gegeven en een conclusie getrokken.

3.1 Nederland

IPLO schrijft op haar website dat voor bouwstoffen er geen standaard stoffenpakket bestaat, zoals dat wel voor grond, baggerspecie en (water)bodems het geval is. In principe moeten voor bouwstoffen dus alle genormeerde stoffen uit bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit 2022 (Rbk 2022) onderzocht worden. Er is geen verplichting om alle genormeerde stoffen uit bijlage A te analyseren en er kan dus (beargumenteerd) van worden afgeweken en op minder stoffen worden onderzocht. In de praktijk zien we dat veelal de samenstellingsanalyses (voor organische stoffen en asbest) en uitloging (voor 15 metalen en 4 anionen) in wisselende frequentie worden onderzocht.

Het huidige Nederlandse analysepakket is vastgesteld gedurende de ontwikkeling van het Bouwstoffenbesluit. In het RIVM/RIZA rapport uit 1993 dat ten grondslag ligt aan het Bouwstoffenbesluit¹⁷, wordt het huidige pakket vermeld maar dit is al eerder geformuleerd, vermoedelijk rond 1990. Het oorspronkelijke pakket bevatte ook vrij en complex cyanide, deze laatste 2 parameters zijn vrij snel geschrapt, vanwege analytische problemen. De precieze motivering voor dit pakket is niet gevonden. Wel is bekend dat er in aanloop naar het Bouwstoffenbesluit heel veel onderzoek is gedaan aan allerlei soorten bouwmaterialen, zowel op laboratorium- als op semi-praktijkschaal (Mammoet onderzoek). Hier was TAUW ook bij betrokken. De keuze voor het analysepakket is in elk geval niet (volledig) gebaseerd op het beschikbaar zijn van ecotoxicologische grenswaarden, in het RIVM/RIZA rapport (voetnoot 21) wordt expliciet vermeld dat die nog niet voor alle geselecteerde elementen beschikbaar zijn. Dit was ook niet nodig omdat de normen van het Bouwstoffenbesluit zijn gebaseerd op het uitgangspunt van marginale bodembelasting (1 % toename in gehalte gedurende 100 jaar). Ons idee is dat bij de keuze meerdere aspecten meegespeeld hebben: er was ook toen al een selectie metalen die routinematig werden geanalyseerd, hierbij zaten metalen die veel werden toegepast en waarvan bekend was dat ze schadelijke effecten kunnen hebben. Verder zal vermoedelijk hebben meegespeeld dat de geselecteerde stoffen in een of meer van de onderzochte bouwstoffen in verhoogde, goed aantoonbare, gehalten aanwezig waren. Ten slotte wordt opgemerkt dat de analytische mogelijkheden in de jaren '80 aanzienlijk beperkter waren dan nu. Brede screenings, zoals die tegenwoordig worden aangeboden, waren toen niet beschikbaar.

In Nederland worden anorganische stoffen uitsluitend beoordeeld op basis van uitloging in een kolomproef (L/S 10) en organische stoffen (en asbest) alleen op basis van samenstelling. De standaardpakketten zijn samengevat in tabel 3.1. Vaak worden minder organische componenten geanalyseerd dan in de lijst staan. Dit omdat gemotiveerd kan worden dat deze stoffen niet aanwezig zijn, bijvoorbeeld door de vorming van een reststof bij een hoge temperatuur. Ook geldt dat er diverse uitzonderingen zijn, waarbij stoffen niet bepaald hoeven te worden of hogere toetsingswaarden gelden, zoals voor producten met bitumen, asfalt en puingranulaten.

Tabel 3.1 Standaardanalysepakket bouwstoffen in Nederland

Samenstelling	Uitloging (kolomproef L/S 10)
PAK(16)	Antimoon, arseen, barium, cadmium, chroom, kobalt,
PCB(7)	koper, kwik, lood, molybdeen, nikkel, seleen, tin,
Minerale olie	vanadium, zink.
Benzeen, ethylbenzeen, toluen, xylenen (som), fenol	Bromide, chloride, fluoride, sulfaat
Asbest	

¹⁷ RIVM/RIZA (1993): Milieuhygiënische kwaliteit van primaire en secundaire bouwmaterialen in relatie tot hergebruik en bodem- en oppervlaktewaterenbescherming. Rapport 771402006, RIVM, Bilthoven.

3.2 Duitsland

In de Ersatzbaustoffverordnung wordt ook het standaard analysepakket voor secundaire bouwstoffen beschreven. Uitloging van de secundaire bouwstoffen voor de analyses dient te geschieden volgens DIN 19528 waarin een kolomtest, korte kolomtest of schudtest worden beschreven met een water/vaste stof verhouding van 2:1. Bij de beoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen 3 categorieën: minerale secundaire bouwstoffen, bodem (grond en bagger) en ballast materiaal voor het spoor (steenslag). De minerale secundaire bouwstoffen zijn verdeeld in: hoogovenslakken (grof), slakkenzand, staalslakken, koperslakken, koepelovenslakken, gieterijzand, smeltslakken (bepaald type as van steenkool), bodemassen uit steenkool, vliegassen uit steenkool, vliegassen uit bruinkool, as uit afvalverbranding en puingranulaten.

De grenswaarden voor de verschillende stoffen worden per secundaire bouwstof gegeven, zo wordt de DOC waarde bijvoorbeeld alleen voor gieterijzand gevraagd, en de fluoride waarden alleen voor gieterijzand en staalslakken. Deze waarden staan in tabel 1 van het oorspronkelijke decreet. Er is een aparte categorie vermeld voor spoorballast met voornamelijk herbiciden.

Tabel 3.2 geeft de verschillen van het Duitse analysepakket voor bouwstoffen met de parameters waarvoor in bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit kwaliteitseisen voor bouwstoffen zijn opgenomen.

Tabel 3.2 Verschillen tussen Duitse analysepakket voor bouwstoffen en de parameters waarvoor in bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit kwaliteitseisen voor bouwstoffen zijn opgenomen

Niet in Duits analysepakket, wel in Nederlands pakket	Niet in Nederlands pakket, wel in Duits analysepakket
<u>Samenstelling:</u> PCB(7) Minerale olie Benzeen, ethylbenzeen, toluen, xylenen (som), fenol <u>Uitloging:</u> Barium, kobalt, seleen, kwik, tin Bromide	<u>Uitloging:</u> pH (geen harde eis) Geleidbaarheid (geen harde eis) PAK(15) DOC (alleen voor gieterijzand)

Zoals beschreven in paragraaf 3.1, worden de organische componenten in Nederland vaak niet allemaal geanalyseerd. En hoewel bepaling van de pH en geleidbaarheid in Nederland niet is voorgeschreven, gebeurt dit wel omdat de norm voor uitvoering van de kolomproef dit vereist.

3.3 Vlaanderen

De eisen die gelden voor bouwstoffen zijn beschreven in het Vlarema¹⁸. De beoordeling in Vlaanderen vertoont overkomsten met de Nederlandse systematiek, maar er is een belangrijk verschil in de zin dat voor acht metalen ook samenstellingseisen zijn geformuleerd. Daarnaast zijn er extra organische componenten, maar de normwaarden liggen vaak aanzienlijk hoger dan in Nederland. Het analysepakket van het uitloogwater is beperkt tot acht metalen. De normwaarden voor niet vormgegeven bouwstoffen verschillen in beperkte mate van de Nederlandse waarden.

Tabel 3.3 Verschillen tussen Vlaamse analysepakket voor bouwstoffen en de parameters waarvoor in bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit kwaliteitseisen voor bouwstoffen zijn opgenomen

Niet in Vlaams analysepakket, wel in Nederlands pakket	Niet in Nederlands pakket, wel in Vlaams analysepakket
<u>Samenstelling:</u> PAK(16) fenol <u>Uitloging:</u> Antimoon, barium, kobalt, molybdeen, seleen, tin, vanadium Bromide, chloride, fluoride, sulfaat	<u>Samenstelling:</u> PAK(10) Heptaan, hexaan, octaan EOX 8 metalen (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

In een evaluatie door Ovam¹⁹ uit 2015 wordt bepleit om het analysepakket van eluaten uit te breiden tot het volledige Nederlandse pakket (15 metalen en 4 zouten), het aantal te analyseren PAK uit te breiden tot 16 en EOX te laten vervallen. Evenals in de huidige situatie, zijn er voor PAK alleen normen per individuele component, niet voor de som.

Er zijn op basis van modellering en risico-grenswaarden voor grond en grondwater ook nieuwe uitloognormen afgeleid. Deze sluiten deels aan bij de Nederlandse waarden maar er zijn ook opmerkelijke verschillen: de waarden voor chroom, antimoon, molybdeen en seleen zijn een factor 3 of meer hoger, nikkel, tin en chloride zijn eveneens hoger maar lood en zink lager. Het is bedoeling om deze evaluatie om te zetten in regelgeving, maar er zijn vanuit brancheorganisaties bezwaren ingebracht (dit betreft niet primair de hierboven beschreven aanpassingen).

3.4 Denemarken

In Denemarken gelden, evenals in Nederland, voor bouwstoffen uitloogeisen²⁰. Deze zijn gebaseerd op een schudproef bij L/S 2. De normen variëren naar gelang de toepassingseisen (wel of niet met een gedeeltelijke afdekking, laagdikte en dergelijke), dit is deels vergelijkbaar met het onderscheid tussen vrij toepasbare en IBC-bouwstoffen. In Denemarken zijn er aanvullend ook eisen aan de gehalten van een aantal metalen maar geen eisen voor organische verontreinigingen, zie verder tabel 3.4.

¹⁸ Vlarema: Besluit van de Vlaamse Regering van 17 februari 2012 tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen. Geraadpleegd op 11 maart 2024

¹⁹ Ovam (2015): Afleiding en onderbouwing gemeenschappelijk normenkader voor grondstoffen en uitgegraven bodem in Vlaanderen. Ovam, Mechelen

²⁰ Danish Statutory Order No. 1672 of 15 Dec. 2016 on utilisation of residual waste materials, soil and sorted, unpolluted C&D waste

Tabel 3.4 Verschillen tussen Deense analysepakket voor uitloging van bouwstoffen en de parameters waarvoor in bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit kwaliteitseisen voor bouwstoffen zijn opgenomen

Niet in Deens analysepakket, wel in Nederlands pakket	Niet in Nederlands pakket, wel in Deens analysepakket
<u>Samenstelling:</u> Alle organische componenten	<u>Samenstelling:</u> As, Cd, Cr, Cr(VI), Cu, Ni, Pb, Zn
<u>Uitloging:</u> Antimoon, kobalt, molybdeen, tin, vanadium Chloride, sulfaat	<u>Uitloging:</u> Natrium

3.5 Frankrijk

De verschillen tussen Frankrijk en Nederland zijn samengevat in tabel 3.5²¹. In Frankrijk wordt, in elk geval voor AEC-bodemas, onderscheid gemaakt tussen 2 typen toepassingen.

Tabel 3.5 Verschillen tussen Deense analysepakket voor uitloging van bouwstoffen en de parameters waarvoor in bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit kwaliteitseisen voor bouwstoffen zijn opgenomen

Niet in Frans analysepakket, wel in Nederlands pakket	Niet in Nederlands pakket, wel in Frans analysepakket
<u>Samenstelling:</u> Fenol	<u>Samenstelling:</u> Dioxines (TEQ)
<u>Uitloging:</u> Kobalt, tin, vanadium Bromide	<u>Uitloging:</u> TDS (totaal opgeloste stoffen)

3.6 Vergelijking Nederlandse pakket bouwstoffen met andere Europese landen

3.6.1 Beschouwing

De ons omringende landen (en ook andere Europese landen) hanteren op hoofdlijnen veelal dezelfde systematiek als in Nederland, namelijk een combinatie van eisen aan uitloging en samenstelling. Een aantal landen stelt, naast samenstellingseisen aan organische componenten, ook eisen aan de gehalten van een aantal metalen. Het pakket metalen en zouten dat in het eluaat moet worden geanalyseerd, is in Nederland het meest uitgebreid. Wel worden er in andere landen soms nog enkele andere parameters bepaald, dan in Nederland is voorgeschreven.

Onze indruk is dat sommige Europese landen het analysepakket (mede) hebben bepaald op basis van criteria voor het storten van afval. Hierin zijn onder meer criteria voor het storten van inert afval vermeld en dit afval bestaat voor een groot deel uit stromen als betonpuin, metselwerk, glas en dergelijke²². Deze stromen kunnen ook (na bewerking) als bouwstof worden toegepast.

²¹ Blasenbauer, D. et al (2020): Legal situation and current practice of waste incineration bottom ash utilisation in Europe. Waste Man. 102, p. 868-883

²² Beschikking van de Raad van 19.12.2002 tot vaststelling van criteria en procedures voor het aanvaarden van afvalstoffen op stortplaatsen overeenkomstig artikel 16 en bijlage II van Richtlijn 1999/31/EG betreffende het storten van afvalstoffen (2003/33/EG). Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, 16.01.2003

De criteria bestaan in hoofdzaak uit emissie-waarden, waarbij de uitloging moet worden bepaald met de kolomproef.

In de lijst van metalen en zouten ontbreken ten opzichte van het Nederlandse pakket: kobalt, tin, vanadium en bromide. Aanvullend moeten fenolindex, DOC, en TDS worden bepaald. Wij zien geen meerwaarde in de bepaling van fenolindex (in de vaste stof wordt al fenol bepaald) en TDS (de risico's van hoge zoutemissies worden afgedekt door de bepaling van met name chloride en sulfaat). DOC heeft wel meerwaarde uit oogpunt van karakterisering van een materiaal, maar hiervoor is op zichzelf geen toetsing mogelijk. Behalve voor uitloging, zijn er ook eisen voor de gehalten aan organische verontreinigingen BTEX, minerale olie, PCB's en PAK's plus TOC. Voor het totaal aan organische stof in bouwstoffen zijn er in de regel al eisen uit civieltechnisch oogpunt, daarom is opname van TOC in het pakket niet nodig.

Verder worden in enkele landen de volgende parameters extra bepaald ten opzichte van het Nederlandse pakket:

- pH
- Macrocomponenten: Al, K, Mn, Na, Ti
- Chroom (VI)
- Cyanide
- Nutriënten: ammonium, nitraat
- Geleidbaarheid, TDS
- DOC of COD
- Fenolindex
- Beryllium

Veelal komen deze stoffen 1 of 2x voor in een overzicht van normen voor AEC-bodemas in 16 Europese landen (zie voetnoot 21). Alleen pH (4x), cyanide (3x), DOC (3x) en TDS (4x) worden vaker genoemd.

Wij zien een generieke uitbreiding van het analysepakket met een van deze parameters niet als nuttig, uitgezonderd de pH en geleidbaarheid. Deze worden al standaard gemeten bij uitloogonderzoek. Door deze parameters op te nemen in het pakket, wordt rapportage verplicht. Een directe toetsing is echter niet zinvol. De meeste secundaire grondstoffen (zoals staalslak, betongranulaat, AEC-bodemas) hebben een hoge pH maar of dit in de praktijk tot problemen leidt, is sterk afhankelijk van de toepassingscondities, zoals omvang, al dan niet contact met klein oppervlaktewater en dergelijke. Het lijkt beter om eventuele negatieve effecten van een hoge pH te reguleren via beperking van toepassingen (zoals al gebeurt met staalslak in de waterbouw) of het stellen van extra voorwaarden via BRL's.

Het opnemen van **macrocomponenten** (zoals Ca, Al, Na en K, zie onderstaande tekstkader) in het analysepakket is onzes inziens niet zinvol. In de eerste plaats zijn dit normale bestanddelen van de bodem en is het de vraag of er sprake is van toxische effecten. Voor zover dit tegenionen zijn van zouten, worden de emissies al gereguleerd via de toetsing van chloride en sulfaat.

Het percolaat van staalslak kan hoge concentraties aan calcium bevatten als gevolg van het oplossen van calciumhydroxide. Dit kan beheerst worden via regulatie van de pH-invloed.

De vraag wat als een macrocomponent is te beschouwen, kan beantwoord worden met behulp van de Geochemische bodematlas van Nederland²³. Hierin zijn van een groot aantal stoffen totaalgehalten te vinden. In tabel 5.1 zijn mediaanwaarden van een aantal elementen samengevat. Als de grenswaarde van een macrocomponent bij 0,2% wordt gelegd, vallen alleen magnesium in zandgrond en mangaan in klei en zand buiten deze definitie, bij 0,5 % geldt dit ook voor calcium, ijzer en titaan in zandgrond. De gehalten in veen zijn voor veel stoffen vergelijkbaar met die in klei.

Tabel 3.6 Mediaanwaarden van een aantal macrocomponenten in de toplaag van de Nederlandse bodem. Klei = gemiddelde van mariene en fluviale klei. Elementen zijn uitgedrukt als oxiden, in % (m/m). Bron: Geochemische bodematlas van Nederland.

	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂
Zand	2,3	0,2	0,4	0,8	0,03	0,01	0,5	99	0,2
Klei	9,5	1,7	3,6	2,0	0,5	0,1	0,7	77	0,6

Bouwstoffen bevatten veelal geen hoge gehalten aan uitloogbare **nutriënten** en veel toepassingen zullen ook niet in kwetsbare gebieden plaatsvinden. Als er wel ecologische risico's zijn, kan een opdrachtgever extra informatie eisen over de emissies van stikstof en fosfor. Het is voldoende om dit alleen in specifieke situaties te bepalen, een algemene verplichting lijkt niet proportioneel.

Qua samenstelling van de vaste stof is het grootste verschil dat enkele andere Europese landen ook eisen stellen aan de gehalten aan metalen. Dat is onzes inziens niet zinvol omdat verspreiding van verontreinigingen in het milieu primair plaatsvindt via uitloging. Door de eis van terugneembaarheid, blijft een bouwstof met verhoogde metaalgehalten niet achter in de bodem. In de meeste gevallen is er geen direct contact tussen bouwstof en mens of dier, aangezien de bouwstof onder een verharding of anderszins wordt toegepast. Bij open toepassingen, zoals halfverhardingen (zeker bij intensief gebruik; bijvoorbeeld speelplaats, sportbeoefening), is het te overwegen om restricties op te stellen aan het type materiaal dat daarvoor mag worden gebruikt.

3.6.2 Conclusie

De andere beschouwde Europese landen hanteren op hoofdlijnen veelal dezelfde systematiek als in Nederland, namelijk een combinatie van eisen aan uitloging en samenstelling. Het pakket metalen en zouten dat in het eluaat moet worden geanalyseerd, is in Nederland het meest uitgebreid. In enkele landen worden aanvullende parameters bepaald. Wij zien een generieke uitbreiding van het analysepakket met een van deze parameters niet als nuttig, uitgezonderd de pH en geleidbaarheid. Verder wordt geadviseerd kritisch te kijken naar open toepassingen waarbij contact tussen bouwstof en mens of dier mogelijk is (en eventueel restricties op te stellen).

²³ <https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.3920/978-90-8686-743-1>

4 Informatie voor specifieke materialen

4.1 Inleiding

Hoewel de huidige standaardpakketten zeker een relatie hebben met onderzoek naar de kwaliteit van bouwstoffen is niet zeker dat deze alle relevante stoffen omvatten. Hiervoor kunnen diverse redenen zijn, zoals:

- Sommige specifieke bouwstoffen kunnen ‘exotische’ elementen bevatten die in de meeste bouwstoffen niet aanwezig zijn en daarom over het hoofd worden gezien
- Voor sommige elementen of stoffen was in het verleden simpelweg geen aandacht, denk bijvoorbeeld in een ver verleden aan asbest en recenter aan PFAS
- De kwaliteit van bouwstoffen kan in de loop van de tijd zijn veranderd door introductie van nieuwe (hulp)stoffen. Bijvoorbeeld door het toenemend gebruik van lithium batterijen, kan lithium meer in secundaire grondstof/afvalstromen aanwezig zijn dan vroeger

Het is daarom zinvol om recent, diepgaand onderzoek naar de samenstelling en uitloging van bouwstoffen te evalueren en na te gaan of aanvullingen op het huidige standaardpakket nodig zijn. Hierbij beperken we ons tot informatie uit Nederland en andere Europese landen. Onze ervaring is dat de kwaliteit van reststoffen in onder meer Aziatische landen sterk kan afwijken van de kwaliteit van overeenkomstige reststoffen in Europa. Dit is aantoonbaar voor onder meer staalslakken en AEC-bodemas.

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op een aantal relevantie onderzoeken die zijn uitgevoerd naar meerdere van bovenstaande materialen. Zo wordt eerst ingegaan op het onderzoek dat ten grondslag ligt aan de Duitse Mantelverordnung. In de paragrafen 4.4 – 4.7 wordt ingegaan op een aantal specifieke materialen waarnaar onderzoek is gedaan. Deze specifieke materiaalstromen worden of in grote hoeveelheden toegepast, risico's aan toegekend of bestaat onduidelijkheid over.

4.2 Onderbouwend onderzoek Duitse Ersatzbaustoffverordnung

De basis van de huidige regelgeving voor bouwstoffen en verontreinigde grond in Duitsland wordt onder meer gevormd door een zeer uitgebreid onderzoek naar de samenstelling en de uitloging van een aantal materialen²⁴. De doelstelling was om de ‘bronsterkte’ van de betreffende materialen te bepalen, te weten:

- Puingranulaten: 0-10 en 0-32 mm en een 0-4 mm referentie-materiaal
- AEC-bodemas: 0-10 en 0-32 mm en een 0-4 mm referentie-materiaal
- Verontreinigde grond 0-56 mm en 0-2 referentie-materiaal
- Hoogovenstukslak 0-32 mm
- Gieterijzand, klei- resp. harsgebonden

²⁴ Susset, B., Leuchs, W. (2008): „Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes Sickerwasserprognose in konkrete Vorschläge zur Harmonisierung von Methoden“ - Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe.- Fachbericht zum UBA-UFOPLAN-Vorhaben FKZ:20574251, www.uba.de, 117 S., Anhang 93 S

- Loodslak 0-8 mm
- Grind 8-16 mm: bepaling achtergrondbelasting, werd in grootschalige proeven ook gebruikt als afdek materiaal

In een vooronderzoek werden meerdere monsters van bovengenoemde materialen onderzocht middels analyse van de samenstelling en eluaten van standaarduitloogproeven. De kern van het onderzoek bestaat echter uit grootschalige lysimeter proeven in de open lucht, waarbij honderden kilo's aan materiaal werd ingezet. De proeven duurden bijna 5 jaar.

Bij de bepaling van de anorganische samenstelling werden meerdere ontsluitingsmethoden toegepast, waaronder koningswater. De volgende elementen zijn bepaald: aluminium, antimoon, arseen, barium, beryllium, boor, calcium, cadmium, chroom, ijzer, kalium, kobalt, koper, kwik, lantaan, lithium, magnesium, mangaan, molybdeen, natrium, nikkel, lood, scandium, seleen, strontium, telluur, thallium, tin, titaan, uraan, vanadium, yttrium, zink en zirkoon. Van de organische stoffen zijn TOC, cyanide (totaal), BTEX, EOX, minerale olie en PAK (16 EPA) bepaald.

Bij het laboratorium uitloogonderzoek werden zowel schudproeven (L/S 2 -10) als kolomproeven (tot L/S 10) ingezet. De eluaten werden geanalyseerd op pH, geleidbaarheid, troebelheid, DOC of TOC, CZV, chloride, sulfaat, fluoride, ammonium, antimoon, arseen, cadmium, chroom (totaal), koper, lood, molybdeen, nikkel, vanadium en zink. Verder werden ook nitraat, aluminium, calcium, kalium, magnesium, mangaan, natrium, ijzer en silicium bepaald en barium, beryllium, boor, kobalt, seleen, telluur en thallium. Het organische pakket van cyanide, AOX, BTEX, PAK, minerale olie (index) en fenol-index werd in een deel van de monsters geanalyseerd.

In de navolgende tabel wordt een overzicht gegeven van een eerste schifting van de onderzochte parameters in het eluaat van de lysimeter proeven. De concentraties zijn getoetst aan referentiewaarden voor grondwater, deze benaderen veelal de Nederlandse achtergrondwaarden. Dit is een zeer conservatieve aanpak, bij de afleiding van emissienormen wordt immers rekening gehouden met verdunning en/of de reactie die optreedt met de bodem. De parameters die in deze eerste beoordeling afvallen vormen dus geen enkel risico, of de parameters die overblijven dat wel vormen is de vraag (die niet wordt beantwoord in het uitgevoerde onderzoek). In de tabel worden alleen de parameters vermeld die *geen* onderdeel uitmaken van het Nederlandse standaardpakket. Referentiematerialen en verontreinigde grond zijn niet meegenomen, de eerste zijn niet relevant voor de praktijk, voor verontreinigde grond geldt in Nederland een ander beleid.

Tabel 4.1 Toetsing resultaten lysimeter proeven aan referentiewaarden voor grondwater, zie tekst voor toelichting

Bouwstof	Niet relevante parameters	Relevante parameters
Puingranulaat 0-10	Fe, Mn, Be, B, Te, Tl, Min. olie	Al, NH ₄ , NO ₃ [*] , fenol, PAK
Puingranulaat 0-32	NO ₃ , Fe, Mn, Be, B, Te, Tl, Min. olie	Al, NH ₄ , fenol, PAK
AEC-bodemass 0-10	NH ₄ , Al, Fe, Be, Tl, fenol, PAK	Mn, NO ₃ [*] , B
AEC-bodemass 0-32	NO ₃ , Al, Be, B, Te, Tl, PAK	NH ₄ [*] , Fe, Mn, fenol
Hoogovenstukslak	NH ₄ , NO ₃ , Be, B, PAK	Fe, CZV, Te#, Tl*
Loodslak	NH ₄ , NO ₃ , Al, Mn, Be, B, Te	Fe, Tl*

Bouwstof	Niet relevante parameters	Relevante parameters
Gieterijzand, kleigeb.	NO ₃ , Mn, Be, B, Te, PAK	Al, Fe, NH ₄ , TI*, fenol
Gieterijzand, harsgeb.	NH ₄ , Be, B, Te, TI, fenol	NO ₃ , Al, Fe, Mn, PAK

*Geringe overschrijding referentiewaarde (N)# = nitraat, TI = thallium)

Voor telluur (Te) is geen referentiewaarde, elke aantoonbare concentratie wordt als relevant beschouwd. De gemiddelde concentraties in diverse L/S-fracties zijn < - 4 µg/l.

De resultaten laten zien dat de elementen beryllium, boor, telluur en thallium in het algemeen niet relevant zijn. Voor zover ze al aantoonbaar zijn, zijn de concentraties en zeker de emissies, laag. Alleen voor boor in AEC-bodemas 0-10 geldt dat de referentiewaarde aanzienlijk wordt overschreden, opvallend is dat dit niet geldt voor de 0-32 bodemas.

De concentraties van ammonium en nitraat zijn in veel gevallen niet relevant of laag, dit geldt niet voor puingranulaten (ammonium) en gieterijzand.

In alle materialen worden een of meer van de macrocomponenten aluminium, mangaan en ijzer als relevant beoordeeld. Het ontbreken van aluminium in het geval van AEC-bodemas is te verklaren door de lage pH-waarden van circa 7,5. Aluminium wordt mobieler naarmate de pH stijgt. Verse bodemas heeft in de regel een pH van circa 11. De pH daalt bij veroudering door carbonatie (reactie met CO₂), hiervoor is tijd nodig. Bij de standaard kolomproeven zijn de condities voor veroudering ongunstig (korte tijd en waterverzadiging), bij de lysimeter is de benodigde tijd wel beschikbaar en zijn de condities onverzadigd, zodat lucht gemakkelijker kan indringen. Ook zal afbraak van niet verbrand organisch materiaal een bijdrage leveren.

In de Duitse regelgeving (Ersatzbaustoffverordnung) komen de meer 'exotische' elementen niet terug. De parameters die getoetst moeten worden vormen een wat kleiner pakket dan het Nederlandse, aangevuld met DOC en PAK (zowel uitloging als samenstelling, dan wordt TOC bepaald in plaats van DOC). Verder zijn ook pH en geleidbaarheid opgenomen, maar dit zijn (behalve voor gieterijzand) geen harde eisen maar 'oriëntatie' waarden. Bovendien zijn het de ranges die normaal zijn voor het betreffende materiaal, bijvoorbeeld voor staalslak geldt dat de pH binnen de range van 9-13 moet liggen.

De Duitse eisen zijn materiaalspecifiek in die zin dat het aantal te analyseren parameters en de toetsingswaarden per materiaal verschillen. Bovendien zijn er vaak meerdere klassen per materiaal, met lagere en hogere emissies. Dit gaat gepaard met beperkingen in de toepassing, bijvoorbeeld wel of niet mogen toepassen in grondwaterbeschermingsgebieden.

4.3 Overige relevante onderzoeken

In de periode 1985 – 1990 is het project 'Milieuhygiënische implicatie van nuttige toepassingen van primaire en secundaire grondstoffen, op of in de bodem', kortweg 'Mammoet 1985' uitgevoerd. De deelprojecten zijn uitgevoerd door ECN, Intron, TNO en het RIVM. De onderzoeksresultaten hebben bouwstenen aangedragen voor de onderbouwing van het bouwstoffenbesluit. Het uitloggedrag van vijftien bulkafvalstoffen in droge toepassingen is onderzocht. De materialen zijn doorgelicht om inzicht te krijgen in mechanismen en omvang van uitloging van een groot aantal componenten.

Vervolgens werd in semi-praktijk onderzoek de vertaling naar feitelijke toepassingen bestudeerd.

Zo heeft TNO gedurende 2 jaar op semi-praktijkschaal onderzoek uitgevoerd naar de uitloging van een achttal toepassingen van primaire en secundaire grondstoffen als wegfundering²⁵. Het betreffen: AVI-slak; E-centrale bodemas; betongranulaat (ongewassen); lavaliet; mengsel van fosforslak en hoogovenslakkenzand; mengsel van hoogovenslak, staalslak en hoogovenslakkenzand; vliegashoudend (E-centraal, neutraal)/cement stabilisatie en zand/cement stabilisatie. In proefbakken van 1 bij 2 meter is een wegconstructie aangebracht, bestaande uit een zandlaag van circa 20 cm dikte, het wegfunderingsmateriaal (de toepassing) met een dikte van circa 20 cm en een asfalt-afdeklaag met aan weerszijden een grasberm. Run-off en percolaatstromen zijn periodiek bemonsterd en geanalyseerd op Ca, Fe, Na, Cl, F, PO₄, SO₄, As, Cd, Cr, Mn, Mo en V. Incidenteel zijn ook analyses uitgevoerd op K, Ba, Cu, Pb, Sb, Se Sn en Zn. Van het huidige standaardpakket (15 metalen en 4 anionen) zijn Co, Hg, Ni en Br niet meegenomen. Aanvullend op het standaardpakket zijn Ca, Fe, Na, PO₄, Mn en K meegenomen. De percolaten uit de proefbakken met daarin AVI-slak, E-centraal-bodemas, lavaliet, fosforslak en zand (blanco) waren neutraal (pH 7-8). De (kleine hoeveelheden) afgefilterd neerslag uit deze percolaten bestonden waarschijnlijk uit mangaan- en/of ijzercomplexen, meegespoeld uit het zandbed. De percolaten uit de overige proefbakken, met daarin betongranulaat, het mengsel van hoogoven- en staalslak, vliegashoudend/cement-stabilisatie en zand/cement stabilisatie, waren sterk basisch (pH 12-12,5). De hierin aangetroffen grote hoeveelheden neerslag bleken grotendeels te bestaan uit humuszuren, meegevoerd uit het zandbed.

De verschillende onderzochte materialen zijn met elkaar vergeleken op uitloging, op basis van cumulatieve emissies bij L/S=5. De primaire funderingsmaterialen (zand (blanco), lavaliet, en zand/cement-stabilisatie) geven over het geheel een geringe uitloging. Een uitzondering vormt de calcium-uitloging uit de zand/cement-stabilisatie die vrij hoog is.

Vergelijken met de referentiematerialen (primaire grondstoffen), geven de onderzochte funderingsmaterialen voor de volgende componenten een aanzienlijke (meer dan een factor 5) tot hoge (meer dan een factor 20) uitloging te zien:

- AVI-slak: een aanzienlijke uitloging van sulfaat, molybdeen en antimoon
- Bodemas: een aanzienlijke uitloging van molybdeen
- Betongranulaat: uitloging in dezelfde grootteorde als van referentiematerialen
- Fosforslak: een hoge uitloging van fluoride, een aanzienlijke uitloging van sulfaat
- Hoogoven- en staalslak: een aanzienlijke uitloging van arseen
- Vliegashoudend/cement-stabilisatie: een hoge uitloging van chroom en molybdeen, een aanzienlijke uitloging van arseen en vanadium

²⁵ Milieuhygiënische implicaties van nuttige toepassingen van primaire en secundaire grondstoffen op of in de bodem. Mammoet-deelrapport 11 Semi-praktijkonderzoek naar het uitlooggedrag van primaire en secundaire grondstoffen als wegfundering. E. Mulder en R. Gerritsen, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO, Ref.nr90/006721, mei 1990

In 1997 heeft een technische evaluatie plaatsgevonden naar de milieukwaliteit van bouwstoffen in opdracht van het RIVM, het Ministerie van VROM en Rijkswaterstaat (Dienst Weg en Waterbouwkunde). Dit om zekerheid te bieden dat de inwerkingtreding van het Bouwstoffenbesluit een milieuhygiënisch kader biedt voor het toepassen van alle steenachtige bouwstoffen in een werk (en daarmee hergebruik van secundaire bouwstoffen stimuleert), waarbij bodem en oppervlaktewater wordt beschermd. Het boek *Bouwstoffen nader bekeken*²⁶ biedt relevante informatie over primaire en secundaire bouwstoffen. Bijlage 1 van het boek bevat materiaalbladen met de meest relevante gegevens over de bouwstof, zoals toepassingsmogelijkheden, de milieuhygiënische kwaliteit (1993-1997), gerealiseerde kwaliteitsverbetering en perspectieven van kwaliteitsverbetering. Het analysepakket dat hier wordt beschouwd betreft de huidige 15 metalen en 4 anionen voor uitloging inclusief cyanide. Er wordt opgemerkt dat in beginsel het complete pakket voor organische en anorganische stoffen moet worden onderzocht. In de praktijk wordt meestal niet op het gehele pakket van stoffen geanalyseerd, maar wordt hieruit een selectie geanalyseerd. Voor de meest gangbare bouwstoffen geldt in het algemeen dat in regulier kwaliteitsonderzoek alleen op die stoffen wordt geanalyseerd, waarvan eerder onderzoek heeft uitgewezen dat deze als kritisch aan te merken zijn. Al in het provinciaal interimbeleid 'Werken met secundaire grondstoffen' uit 1994 en 1997 worden voor een groot aantal secundaire bouwstoffen de kritische parameters aangegeven. Met kritische parameters worden hier bedoeld; die chemische componenten die in de meeste gevallen de categorie van die bouwstof bepalen. Dit zijn allen parameters die onderdeel uitmaken van het huidige standaardstoffenpakket. In de figuren 4.1 en 4.2 zijn tabellen opgenomen met voor primaire en niet-vormgegeven en vormgegeven secundaire bouwstoffen de kritische stoffen. Dit zijn de stoffen die een overschrijdingspercentage hebben dat groter is dan 5 %. (Ter vergelijking; kritieke stoffen volgens het Bbk zijn stoffen die vaker dan 1x per 5 jaar worden getoetst volgens de statische evaluatie (k-waarde berekening)

²⁶ *Bouwstoffen nader bekeken. Milieuhygiënische kwaliteit en toepasbaarheid van bouwstoffen in relatie tot het Bouwstoffenbesluit*, Th.G. Aalbers, C. Zevenbergen, P.G.M. de Wilde, J. Keijzer, P.J. Kroes en R.T. Eikelboom, RIVM, IWACO, Rijkswaterstaat, Ministerie van VROM, februari 1998

Bouwstof	h (m)*	Stoffen (>U1)	Stoffen (>U2)	Stoffen (>SB)
Asfaltgranulaat	0,2			Naf Ph
Asfaltgranulaat teerh.****	0,2			Naf, Ph, An, Fla, Chr, BaA, BaP, BkF, IP, Bpe, PAK10
AVI-bodemas****	2,0	Cu, Mo, Sb, Br, Cl, CN-tot, CN-vrij, F, SO ₄	Cu, Mo, Sb, Br	
Baggerspecie (vers)	2,0	Br, Cl, SO ₄ , F,	Br	As, Cd, Cu, Pb, Zn, Min.olie
Baggerspecie (gerijpt)	2,0	Sb, Br, Cl, CN-tot, F, SO ₄	Br, Cl	Naf, Ph, An, Fla, Chr, BaP, PAK10, Min.olie
Betonggranulaat	0,2			
Brekerzand (recycli.)	2,0	Cu, CN-tot, F, SO ₄		PAK10, Min.olie
EC-bodemas	2,0	Ba, Mo, Sb, Se,	Mo, Se	
EC-bodemas, gecert.	2,0			
ELO-slak	2,0	Ba, Cr, Mo	Mo	
Fosforslak	0,2	Cl, F		
Fosforslak				
Gereinigde grond	2,0	As, Cd, Cu, Hg, Ni	Cd, Ni	
Hoogovenslakkenmengse l	0,2	Ba, Br, Cl, SO ₄		
Hydraulische fosforslak	0,2	Cl, F		
LD-staalslak	2,0	Ba, F		
LD-staalslak	2,0	Ba		
Menggranulaat	0,2	CN-tot, CN-vrij		
Metselwerkgranulaat **	0,2	Br, CN-tot, SO ₄	Br	PAK 10, Minerale olie
Mijnsteen (GER)	2,0	Cl		
Mijnsteen (GER)	2,0			
Mijnsteen (NL)	2,0			
Tarragrond	2,0	geen gegevens beschikbaar		
Verontreinigde grond***	2,0	As, Cu, Hg, Zn		
Vormzand, cementgeb	2,0	Ba		
Zeefzand (breker)	2,0	Sb, CN-tot, CN-vrij, F, SO ₄	CN-tot	PAK10, Min.olie
Zeefzand (sorteer)	2,0	Cu, Mo, Sn, CN-tot, F, SO ₄	Sn	PAK10, PCB, EOCL, Min.olie

* maximale toepassingshoogte, die voor het betreffende materiaal in werken normaliter wordt gerealiseerd

** wordt vrijwel niet als zodanig toegepast, maar wordt verwerkt in andere bouwstoffen

*** het betreft alleen partijen verontreinigde grond waarvan de samenstelling voldoet aan de SG van het Bouwstoffenbesluit (zie voor het gebruik van kritische parameters voor verontreinigde grond de toelichting in de tekst)

**** deze bouwstoffen vallen in een bijzondere categorie bij overschrijding van SB voor PAK door TAG (is alle TAG) en overschrijding van U2 en SB door AVI-bodemas

curs. toepassing in brak oppervlaktewater of zeewater

ond. toepassing in oppervlaktewater

Figuur 4.1 Kritische stoffen in niet-vormgegeven secundaire bouwstoffen in hun meest voorkomende toepassingshoogte (bron Bouwstoffen nader bekeken, 1998)

Bouwstof	Stoffen (>U1)	Stoffen (>U2)	Stoffen (>SB)
Asfaltbeton Regeneratieasfaltbeton Beton met betonggranulaat Beton met E-kunstgrind Beton met LD-staalslak Breekasfaltcement Fosforslak <i>Fosforslak</i> Geb. Teerh. Asfaltgranulaat Hoogovenslakkenmengsel Hydr. Fosforslak Hydr. Menggranulaat LD-staalslak	 Cl* Cl, F Br, SO ₄ V, Br		 Naf, Ph, An, Fla, Chr, BaA, BaP, PAK10

* overschrijding is mogelijk een gevolg van de toepassing van een LD-staalslak dat geproduceerd is voor de periode dat overgeschakeld is op zoetwater
curs. toepassing in brak oppervlaktewater of zeewater

Figuur 4.2 Kritische stoffen in vormgegeven secundaire bouwstoffen (bron Bouwstoffen nader bekeken, 1998)

In het Handboek Uitloogkarakterisering²⁷ zijn van diverse materialen datasheets opgenomen. In tabel 4.2 is een overzicht opgenomen van de materialen en de in het Handboek gerapporteerde uitloogkarakteristieken.

Tabel 4.2 Samenvatting uitloogkarakteristieken van datasheets diverse materialen (bron: Handboek Uitloogkarakterisering)

Materiaal	Bijzonderheden en uitloogkarakteristieken
Cement	Hydraulisch bindmiddel dat met water verhard, dus kan alleen worden getest in schudproeven met hoge L/S, pH 13. Conventioneel cement vertoont wat betreft uitloging geen kritische elementen.
Kalk	Natuurlijk gemalen materiaal dat voornamelijk bestaat uit calciumcarbonaat, pH 7,9
AVI-vliegias	Door zeer geringe deeltjesgrootte meegevoerd in rookgassen en wordt uit de rookgassen gehaald met filters of gaswassers. In Nederland mag AVI-vliegias niet worden gemengd met AVI-bodemas. In verschillende landen buiten Nederland wordt dit wel gedaan. De beschikbaarheid voor uitloging is relatief hoog vanwege het feit dat de matrix slechts in beperkte mate fasen, zoals silicaten, Fe- en Mn-oxiden, bevat waarin componenten kunnen worden vastgelegd. AVI-vliegias bevat een relatief hoog oplosbaar zoutgehalte, voornamelijk bestaande uit Na, K, Cl, Ca en sulfaat
Baggerspecie	De samenstelling van baggerspecie kan sterk variëren afhankelijk van de herkomst. Verder is voor uitloging van baggerspecie van belang: redox-omstandigheden en saliniteit
Natuurlijk zand	Is los afzettingsgesteente met minerale delen tussen de 63 µm en 2 mm, waarvan samenstelling en aard sterk kunnen variëren. De pH waarde is algemeen neutraal en de buffercapaciteit is gering. De samenstelling/achtergrondwaarde van anorganische componenten in niet-verontreinigde gebieden is in diverse onderzoeken onderzocht. Als het zand niet is verontreinigd door menselijk handelen, is er geen sprake van verontreiniging met organische componenten. De uitloging van contaminanten uit natuurlijk zand is gering (tenzij het om verontreinigd zand gaat).
(breker)Zeefzand	Zeefzand is hoofdzakelijk natuurlijk materiaal dat vrijkomt wanneer bouw- en sloopafval een eerste zeefgang ondergaat, alvorens het materiaal in de breker wordt geleid. De korrelfractie is 0-10 mm, waarvan circa 80 % kleiner is dan 2 mm. De uitloging van anorganische componenten is over het geheel genomen beperkt, uitgezonderd sulfaat. In zeefzand zijn met name PAK's van belang
E-bodemas	E-bodemas wordt ook poederkoolbodemas of ketelzand genoemd. E-bodemas is een bruin tot zwart gekleurd materiaal dat bestaat uit "zware" asdeeltjes welke worden gevormd tijdens het verbrandingsproces in poederkoolgestookte elektriciteitscentrales. E-bodemas is een neutraal-reagerend materiaal en heeft, mede

²⁷ Uitloggen op karakter Handboek Uitloogkarakterisering I, II, CROW, 1994

Materiaal	Bijzonderheden en uitloogkarakteristieken
	daardoor, slechts gering zuurneutraliserend vermogen. De samenstelling en uitloging wisselt per installatie en gebruikte kolensoort. Als gidsparameters bij de uitloogkarakterisering van E-bodemas gelden barium, seleen en sulfaat. Daarnaast kunnen (in sommige gevallen) ook kobalt, koper, molybdeen en nikkel van belang zijn.
Hoogoven-slakkenzand	Hoogovenslakkenzand bestaat uit gegraneerde of gebroken hoogovenslak, ontstaan bij de bereiding van ruwijzer in een hoogoven. Uit de beperkte beschikbare uitlooggegevens volgt dat vanadium de enige component is die sterk kan uitlogen. De uitloging van de meeste andere componenten is niet of nauwelijks meetbaar.
Grind	Los afzettingsgesteente, bestaande uit steenkorrels van natuurlijke herkomst met een korrelgrootte tussen de 2 en 63 mm. Grind wordt in diverse korrelgraderingen verhandeld. De meest van belang zijde elementen bij de uitloogkarakterisering van grind zijn molybdeen en zink. Grind loogt slechts in beperkte mate uit. Er kan op basis van het uitgevoerde, beperkte onderzoek niet worden geconcludeerd of deze componenten milieuhygiënisch gezien relevant zijn.
Lavasteen	Lavasteen is een gebroken, poreus gesteente van eruptieve oorsprong. Lava is neutraal-reagerend materiaal en heeft, mede daardoor, slechts een gering zuurneutraliserend vermogen. Er zijn weinig anorganische componenten die sterk uitlogen. In sommige gevallen kunnen vanadium en cadmium matig tot sterk uitlogen. Er kan op basis van het uitgevoerde, beperkte onderzoek niet worden geconcludeerd of cadmium milieuhygiënisch gezien relevant is.
AVI-bodemas	De verbrandingsresten van een afvalverbrandingsinstallatie worden AVI-bodemas genoemd, en ook wel AEC-bodemas. AEC is de afkorting van afvalenergiecentrale. Er is veel onderzoek naar AVI-bodemas uitgevoerd. Koper, molybdeen en zouten logen reeds in de eerste LS fractie uit, terwijl andere elementen een veel tragere uitloging vertonen (bijvoorbeeld lood en zink). De uitloging van koper wordt in sterke mate bepaald door de aanwezigheid van opgeloste organische stof, waarmee koper complexeert. Dit bepaalt met name de uitloogbaarheid van koper in het pH-traject tussen 5 en 10. Ook hier zijn redox-omstandigheden bepalend voor de uitloging even als de pH die als gevolg van carbonatatie met de tijd daalt. AVI-bodemas heeft een sterk heterogeen karakter. Zelfs na zeer zorgvuldige monsterneming en -voorbehandeling kan niet worden voorkomen dat zich incidenteel uitschieters in samenstelling van, onder meer, lood, koper en zink voordoen. Dit kan grote invloed hebben op de samenstelling, maar het heeft doorgaans geen gevolgen voor het uitlooggedrag. Een ander fenomeen dat wordt aangestipt is dat bij breken "vers" oppervlak vrijkomt dat bij de proeven tot een hogere evenwichtsinstelling van de pH leidt. Het uitlooggedrag van met name lood en zink lijkt hierdoor hoger te zijn dan zich in de werkelijke situatie zal voordoen.
Betongranulaat	Betongranulaat is granulaat dat is verkregen door selectief slopen en het adequaat bewerken van betonpuin en betonwaren in een bouw- en sloopafvalbewerkingsinrichting. De pH is gemiddeld 11,6-11,7. Het zuurneutraliserend vermogen is ongeveer 3 mol/kg. Voor de beoordeling van het uitlooggedrag van betongranulaat zijn geen kritische componenten aan te geven. Het meest relevante element voor de beoordeling is barium. Betongranulaat

Materiaal	Bijzonderheden en uitloogkarakteristieken
	vertoont voor de meeste componenten geen sterk uitlooggedrag. Door wassen neemt de beschikbaarheid voor uitloging van een aantal componenten enigszins toe, behalve voor chloride.
Asfaltgranulaat	Asfaltgranulaat is gebroken of gefreesd asfaltbeton. Naast een onderverdeling naar herkomst (gebroken of gefreesd) kunnen ook teerhoudend en niet-teerhoudend asfaltgranulaat worden onderscheiden. De pH-waarden zijn in het bereik 6,5-7,5. De uitloging van asfaltgranulaat is niet kritisch wat betreft anorganische componenten. De belangrijkste organische componenten voor de beoordeling van asfaltgranulaat zijn de PAK's.
Cementbeton	Cementbeton is een al dan niet verhard mengsel van grof en fijn toeslagmateriaal, cement, water en eventueel hulp- en/of vulstoffen. In cementbeton worden zowel primaire als secundaire grondstoffen toegepast. In algemene zin zijn de eigenschappen van beton sterk afhankelijk van de grondstofmengverhouding, die weer afhankelijk is van de aan het beton te stellen eisen, gerelateerd aan de toepassing. Het uitlooggedrag van cementbeton uit natuurlijke grondstoffen is ten aanzien van tin in sommige gevallen kritisch. Daarnaast kunnen als gidselementen bij uitloogproeven dienen: calcium en antimoon. Voor cementbeton waarin ook secundaire grondstoffen zijn verwerkt, gelden daarnaast ook de gidselementen van de betreffende secundaire grondstoffen.
Betonwaren	Betonwaren zijn voorgevormde, uit cementbeton vervaardigde, elementen voor de civiele, utiliteits- en huizenbouw. Voorbeelden van betonwaren zijn straatstenen, tegels, trottoirbanden, rioleringsbuizen, betonnen vensterbanken, et cetera. Naast primaire grondstoffen worden in betonwaren ook steeds vaker (gedeeltelijk) secundaire grondstoffen verwerkt. Op basis van beschikbare informatie zijn voor wat betreft het uitlooggedrag van betonwaren uit natuurlijke grondstoffen, geen kritische elementen aan te geven. Als milieuhygiënisch meest relevant kunnen worden aangemerkt: antimoon, tin en zink. Voor betonwaren waarin ook secundaire grondstoffen zijn verwerkt, gelden daarnaast ook de gidselementen van de betreffende secundaire grondstoffen.
Asfaltbeton	Asfaltbeton is een mengsel dat bestaat uit fijn en grof mineraal toeslagmateriaal, vulstof, hulpstoffen, bitumen en eventueel asfaltgranulaat. Asfaltbeton wordt ook wel aangeduid als bitumineus gebonden mengsel. De relatief geringe uitloogbaarheid van de meeste anorganische componenten wordt voor een groot deel veroorzaakt door het hydrofobe (waterafstotende) karakter van het materiaal. Er is een grote spreiding in PAK-gehalten. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de aan- of afwezigheid van één of meerdere lagen teer in het bitumineuze asfalt: bitumen bevatten vrijwel geen PAK's, terwijl teer relatief hoge concentraties aan PAK bevat. Bij de uitloging van asfaltbeton uit natuurlijke grondstoffen gelden als milieuhygiënisch meest relevante gidselementen: seleen en PAK's. Voor asfaltbeton waarin ook secundaire grondstoffen zijn verwerkt, gelden daarnaast ook de gidselementen van de betreffende secundaire grondstoffen.
Kalkzandsteen	Kalkzandsteen is een materiaal met een binding op basis van calciumsilicaathydraten, vervaardigd uit een mengsel van gebluste kalk en een kwartshoudende stof (bijvoorbeeld zand), verkregen door verharding van verdichte vormlingen onder invloed van hoge drukstoom. Aan deze grondstoffen kunnen andere bestanddelen worden toegevoegd (bijvoorbeeld vlieg-as). De pH-waarden heeft een bereik van 10-10,6. De meest relevante elementen voor kalkzandsteen, eventueel met vlieg-as als toeslagmateriaal, zijn: nikkel, molybdeen en seleen.

Materiaal	Bijzonderheden en uitloogkarakteristieken
Cellenbeton	Kunststeen met een binding op basis van calciumsilicaathydraten, vervaardigd uit een mengsel van cement en/of kalk en fijngemalen of fijnkorrelige kiezelzuurhoudende stoffen (bijvoorbeeld zand) en een toevoeging van gasvormende producten (bijvoorbeeld aluminiumpoeder) en water. Aan deze grondstoffen kunnen eventueel andere bestanddelen zijn toegevoegd (bijvoorbeeld vliegias). Het mengsel wordt in gietvormen gestort en na rijzing en opstijving in de gewenste formaten gesneden en onder hoge drukstoom (autoclaaf) verhard. De pH-waarden heeft een bereik van 10,4-10,6. De uitloging van cellenbeton met poederkoolvliegias als toeslagmateriaal kan kritisch zijn voor molybdeen, sulfaat en fluoride.
Hoogoven-stukslak	Hoogovenstukslak bestaat uit gebroken hoogovenslak, ontstaan bij de bereiding van ruwijzer in een hoogoven. De pH-waarden heeft een bereik van 10,6-11,5. Voor de beoordeling van het uitlooggedrag van hoogovenstukslak is het van belang na te gaan of het materiaal bij toepassing al dan niet geoxideerd kan raken. De meest relevante componenten zijn barium en S-species (oa polysulfiden en sulfiden).
LD-staalslak	LD-slak is staalslak die vrijkomen bij de bereiding van staal volgens de methode van Linz-Donawitz. De pH-waarden heeft een bereik van 11,5-12,1. Ondanks het relatief hoge Cr-gehalte is de uitloogbaarheid van Cr uit LD-slak zeer gering. Chroom zal overwegend als Cr (III) in de slak aanwezig zijn vanwege de reducerende condities. Omzetting naar het mobielere chromaat zal in de meeste toepassingssituaties onwaarschijnlijk zijn. Voor de beoordeling van het uitlooggedrag van LD-staalslak is het van belang na te gaan of het materiaal bij toepassing al dan niet geoxideerd kan raken. De meest relevante componenten zijn vanadium, barium en S-species (oa polysulfiden en sulfiden).

4.4 AEC Bodemas

AEC-bodemassen komen vrij uit het verbrandingsproces bij een afvalenergiecentrale (AEC, voorheen uit een Afvalverbrandingsinstallatie, waardoor ook de term AVI-bodemassen wordt gebruikt). Het zijn de onbrandbare resten van het afval, zoals glas, zand en steentjes. Daarnaast is er ook een klein percentage onverbrand materiaal aanwezig. Van het integrale afval dat verwerkt wordt komt 20 % tot 22 % (m/m) vrij als bodemassen. Ruwe bodemassen uit een AEC worden opgewerkt, waarna de bodemassen in verschillende toepassingen worden gebruikt. Het type toepassing bepaald de opwerking:

- Fracties uitzeven en geschikt maken als toeslagmateriaal voor betonproducten
- Integrale bodemas immobiliseren met bindmiddelen zoals cement, vaak in combinatie met andere reststoffen
- Bodemas nat scheiden/wassen, hierbij wordt de fijnste fractie afgescheiden

Door TAUW is veel onderzoek gedaan naar de uitloging van AEC-bodemassen, onder meer met grote kolomproeven met niet gebroken materiaal (inzet circa 30 kg monster). Het eluaat van een vijftal monsters van opgewerkte (door middel van nat scheiden/wassen) bodemas is op een zeer uitgebreid analysepakket onderzocht. De resultaten worden hieronder samengevat als gemiddelde emissies bij L/S 10. Op verzoek van de producent wordt de herkomst van de monsters niet vermeld.

Van het standaardpakket (4 anionen en 15 metalen) logen de 4 zouten in meetbare hoeveelheden uit, vooral chloride en sulfaat. Van de metalen zijn alleen antimoon, barium, chroom, koper, lood, molybdeen en vanadium aantoonbaar, de emissies van de andere metalen ligt onder de rapportagegrens (een enkele maal op deze grens).

De emissies van een aantal macrocomponenten zijn tamelijk hoog, maar dit zijn gangbare waarden die ook bij andere secundaire grondstoffen (en deels ook bij primaire) gevonden zullen worden, zie tabel 4.3. De pH van ruim 11 is gangbaar voor verse bodemas.

Tabel 4.3 Gemiddelde emissies L/S 10 van macro-componenten bij 5 kolomproeven met niet verkleinde, opgewerkte AEC-bodemassen, in mg/kg ds.

pH	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Si	Ti
11,5-11,7	171	663	<0,54	107	<1	<0,01	268	48	<0,01

In tabel 4.4 zijn emissies van een aantal elementen uit de groepen 1-5 van het periodiek systeem plus boor samengevat. De meeste elementen zijn niet aantoonbaar, alleen boor, lithium en rubidium logen in meetbare hoeveelheden uit. Lithium is wellicht voor een groot deel afkomstig uit batterijen, de elementen boor en rubidium komen van nature voor in grond en diverse gesteenten (boor ook in plantaardig materiaal).

Tabel 4.4 Gemiddelde emissies L/S 10 van boor (B), beryllium (Be), cesium (Cs), hafnium (Hf), lithium (Li), niobium (Nb), rubidium (Rb), tantaal (Ta), yttrium (Y) en zirkoon (Zr) bij 5 kolomproeven met niet verkleinde, opgewerkte AEC-bodemas, in mg/kg ds.

B	Be	Cs	Hf	Li	Nb	Rb	Ta	Y	Zr
0,82	<0,01	<0,01	<0,01	0,58	<0,01	0,64	<0,1	<0,01	<0,01

In tabel 4.5 zijn emissies van een aantal elementen uit de groepen 6-16 van het periodiek systeem samengevat. Ook hiervoor geldt dat de meeste elementen niet aantoonbaar zijn, alleen strontium en wolfraam logen in meetbare hoeveelheden uit.

Tabel 4.5 Gemiddelde emissies L/S 10 van bismuth (Bi), germanium (Ge), indium (In), jodium (J), ruthenium (Ru), strontium (Sr), telluur (Te), thallium (Tl) en wolfraam (W) bij 5 kolomproeven met niet verkleinde, opgewerkte AEC-bodemas, in mg/kg ds.

Bi	Ge	In	J	Ru	Sr	Te	Tl	W
<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	6,0	<0,01	<0,01	0,04

Bij dit onderzoek zijn bijna alle zeldzame aardmetalen (namelijk lanthaan, cerium, praseodymium, neodymium, samarium, europium, gadolinium, terbium, holmium, erbium, thulium, ytterbium en lutetium) en een aantal actiniden (thorium en uranium) geanalyseerd. In alle gevallen waren deze niet aantoonbaar, dit betekent dat de emissies <0,01 mg/kg ds zijn. Dit geldt ook voor een aantal (semi-)edelmetalen, namelijk osmium, rhenium, palladium, platina en zilver.

Het is bekend dat huishoudelijk afval ook elektrische en elektronische apparaten bevat. Chips, beeldschermen, LED- en spaarlampen en dergelijke bevatten diverse zeldzame aardmetalen, indium, germanium en andere metalen. Hoewel niet is gemeten wat de totaalgehalten van deze elementen zijn, is duidelijk dat de uitloging niet aantoonbaar is. Hoewel de totaalgehalten wellicht laag zijn, is het oplosgedrag van stoffen ook van groot belang. Dit wordt geïllustreerd door de meetbare emissie van lithium, dit is een goed oplosbaar element. Lithium batterijen bevatten echter ook kobalt, dit wordt niet teruggevonden in het eluaat omdat het minder goed oplost/sterker wordt geadsorbeerd.

Samengevat blijkt uit dit omvangrijke onderzoek dat buiten het standaardpakket en de macro-componenten maar weinig elementen aantoonbaar zijn in het uitloogwater, dit zijn boor, lithium, rubidium, strontium en (in geringe mate) wolfraam. Uitgezonderd lithium en wolfraam, komen deze elementen in significante mate voor in grond en producten zoals kalk, cement, gips en dergelijke. Voor lithium heeft TAUW een oriënterende risicobeoordeling uitgevoerd. Daaruit bleek, bij de gehanteerde uitgangspunten, geen overschrijding van risico-grenswaarden.

4.5 Recyclinggranulaat

Recyclinggranulaat is een verzamelnaam voor verschillend (gebroken) steenachtig materiaal dat ontstaat uit de sloop van gebouwen, wegen en funderingen. Elk jaar komt er zo'n 22 miljoen steenachtig afval vrij door sloop. Daarvan is circa 12 miljoen beton en 10 miljoen metselwerk.

Er wordt onderscheid gemaakt in:

- Betongranulaat (uit beton en geschikt om weer toe te passen in beton)
- Menggranulaat (uit beton en metselwerk, geschikt als fundering van wegen)
- Hydraulisch gebonden recyclinggranulaat, dat gebonden is met een hydraulische binder zoals staalslakfracties, hoogovenslak of geopolymere

De herkomst van materialen in de beton(producten) is bekend. In principe wordt zand en grind wordt per schip aangevoerd en veelal afkomstig van een locatie niet verder dan 150 km van de productielocatie. Van elke productie is exact bekend waar grondstoffen vandaan komen via een uniek nummer op de afleverbon. De verantwoordelijkheid van de kwaliteit van het zand ligt bij de producent. Er worden monsters genomen en de kwaliteit wordt per schip gecontroleerd op zeefanalyse, vorm en chemie. Wordt het product afgekeurd, dan gaat de lading terug. Aan de voorkant is er dus veel informatie bekend over de herkomst van de materialen. In het stadium van sloop is deze informatie vaak niet (meer) beschikbaar.

Bij het slopen (van gebouwen) worden eerst de herbruikbare materialen, gevaarlijke stoffen en materialen die gescheiden moeten worden gehouden (conform de SVMS-007 onder andere gips en bitumineuze dakbedekking), verwijderd. Dit gebeurt, na de verplichte asbestinventarisatie en eventueel -sanering, op basis van inschatting en visuele waarnemingen door de sloopaannemer. In de tweede fase van de sloop worden de dragende delen van het werk gesloopt en de delen gebroken. Dit betreft metselwerkpuin en beton. Niet alle puingranulaat wordt zondermeer geaccepteerd. Er vindt een sortering plaats op basis van visuele beoordeling (op bijvoorbeeld aanwezigheid van asbest en ander visueel te onderscheiden onwenselijk materiaal) en veelal wordt afhankelijk van de functie van het gebouw of specifieke onderdelen van het gebouw de afweging gemaakt of de kwaliteit van het granulaat voldoet aan de gewenste chemische eisen. Een voorbeeld is bijvoorbeeld een gebouw met diverse rubbers rondom ramen. Indien er heel veel van deze rubbers aanwezig zijn, welke de kwaliteit van het omliggende metselwerk hebben beïnvloed, kan dit worden gescheiden van het overige metselwerk. In metselwerkpuin en beton, dat geen contact heeft gehad met bijzondere materialen die de kwaliteit negatief heeft beïnvloed en visueel geen verdachte onderdelen bevat, zijn geen andere stoffen (in risicovolle concentraties) te verwachten.

Omdat de afweging op basis van visuele inspectie en beschikbare informatie gaat, is de toepassing van AEC-bodemas in beton risicovol. AEC-bodemas in beton is visueel niet waar te nemen in het stadium van sloop. Een dergelijke toepassing zou dus moeten worden geregistreerd zodat ook in het stadium van sloop bekend is wat de gebruikte materialen in de betontoepassing zijn. De toepassing van AEC-bodemas in betonproducten is relatief jong en deze producten zijn nog niet aan het einde van de levensduur en (met uitzondering van productieafval) dus nog niet op de hergebruiksmarkt. Dit komt in de toekomst.

Geopolymeren zijn belangrijk voor de 'verduurzaming' van beton. Daar waar Portlandcement als bindmiddel in beton hooguit bijgemengd kan worden met secundaire grondstoffen zoals slak en vliegas, bestaan geopolymeren voornamelijk uit deze of andere secundaire grondstoffen, zonder cement. Beton waarin geopolymeren worden verwerkt heeft hele specifieke, hoogwaardige eigenschappen, vooral als het gaat om dichtheid, eindsterkte, en/of chemische resistentie. In de praktijk zijn er veel verschillende soorten en typen geopolymeren, ieder met hun typische eigenschappen en specifieke toepassingen.

4.6 Staalslakken

Hoogovenslakken en staalslak komen achtereenvolgens vrij in het productieproces van ruw ijzer en staal. De hoogoven wordt gevoed met een mengsel van (in hoofdzaak) ijzererts, cokes en een slakvormer, zoals kalksteen. Door de zeer hoge temperaturen en de reducerende condities ontstaat metallisch ijzer en vloeibare slak, daarin zitten vooral silicaten uit het erts en de asrest van de cokes en calcium uit de kalksteen. De zwaardere metalen (in hoofdzaak ijzer) zinken naar de bodem en bovenop blijven de resterende oxiden, de slak, achter. De slak dient ook ter bescherming tegen afkoeling en oxidatie van de metalen. De meer vluchtige metalen (zoals lood, zink) verdwijnen met het gevormde hoogovengas uit het systeem. Het staal dat in Nederland wordt geproduceerd is hoogwaardig staal, wat betekent dat het productieproces voortdurend wordt gemonitord en wordt bijgestuurd als dat nodig is. De kwaliteit van de hoogovenslak is daardoor ook hoog en constant. De hoogovenslakken worden vanwege de bindende eigenschappen bijna volledig (~95 %) toegepast in de cementindustrie ter vervanging van het standaard gebruikte portlandcement. De rest wordt toegepast in de wegenbouw. De slak wordt hoofdzakelijk via snelle koeling gegraneerd en ook wel slakkenzand genoemd. Een klein deel wordt langzamer gekoeld, dit is hoogovenstukslak.

LD staalslak komt vrij bij de productie van primair staal uit ruwijzer in het Linz-Donawitz procedé. Zuurstof wordt in een converter door het ruwijzer geblazen om de koolstof te verwijderen. Dolomiet, olivijn, serpentijn en kalksteen worden gebruikt om verontreinigingen uit het ruwijzer te binden in de slak. Verder wordt circa 10 % schroot toegevoegd. De staalslak productie van Tata Steel IJmuiden is volgens het RIVM-rapport 2022-0180 circa 700.000 ton per jaar. De slak komt in hoofdzaak vrij bij het aftappen van de converter (converterslak, 80 % van het totaal), verder zijn er slobslakken (15 %, komen vrij door 'overkoken' converter) en giethalslakken (5 %), resten die achterblijven in de staalpan. Bij het laatste proces kunnen legeringselementen worden toegevoegd, maar het is niet bekend in hoeverre dat bij Tata Steel IJmuiden gebeurt.

De staalslakken worden opgewerkt tot diverse producten, die vaak volledig bestaan uit converterslak. Alleen in de zandvervangingsproducten (ophoogmateriaal) zit ook slob- en giethalslak. Er zijn dus verschillende fracties staalslak die vrijkomen bij het LD-proces, waarmee primair staal wordt gemaakt. De term staalslak wordt echter breder gebruikt, ook bij de productie van secundair staal uit 100 % schroot komen slakken vrij en bij de productie van hoog gelegeerd staal als RVS (bevat veel chroom en nikkel).

Dergelijke slakken komen in Nederland niet vrij, maar in België en Duitsland wel. Als literatuur wordt beschouwd, is het dus belangrijk om duidelijk te hebben welk type slak is onderzocht. Staalslakken worden ook wel geïmporteerd uit Duitsland en België, maar de schaal waarop dit gebeurt is ons niet bekend.

De belangrijkste bestanddelen van LD-staalslakken zijn calciumsilicaten en oxiden van magnesium (Mg), calcium (Ca), ijzer (Fe), aluminium (Al) en mangaan (Mn). Op sporen niveaus tot rond 50 mg/kg is een aantal zware metalen aanwezig. Enkele metalen komen in hogere gehalten tussen 1.000 en 5.000 mg/kg voor, met name chroom en vanadium. In het RIVM-rapport 2022-0180 wordt ook een hoog gehalte aan tin gerapporteerd, dit is gebaseerd op één onderzoek aan Indiase staalslak (LD-fines). Dezelfde slak bevat ook beryllium. Uit niet gepubliceerde gegevens is ons bekend dat deze elementen in Nederlandse converterslak niet aantoonbaar zijn. Eventuele bronnen zijn vervuild schroot of het mengen van diverse slakken in een depot, zoals slakken van het produceren van legeringen of afvalstromen van de vertinning van staal voor de productie van blik. De metalen chroom en vanadium zijn wel aanwezig in de Nederlandse slak, dit zijn legeringselementen die via het schroot terug kunnen komen.

Voor wat betreft de genormeerde chemische samenstelling van organische stoffen, mag ervan worden uitgegaan dat de LD-staalslakken hieraan voldoen. De slakken ontstaan tijdens het oxystaalproces bij een temperatuur van 1.600 - 1.700 °C. Onder deze omstandigheden worden organische stoffen volledig omgezet tot eenvoudige elementaire verbindingen, zoals koolstof-oxiden, stikstofoxiden, zoutzuurgas, waterstoffluoride en waterdamp (RIVM-rapport 2022-0180). Volgens BRL 9345 is het niet vereist om staalslak te onderzoeken op organische stoffen, met uitzondering van minerale olie, dat bij de opwerking als contaminant in de slak terecht zou kunnen komen. De zeer hoge temperaturen bij het staalproductie proces maken het ook onwaarschijnlijk dat meer vluchtige metalen (zoals kwik, cadmium, lood en tin) in de slak aanwezig zijn.

Staalslakken kunnen op verschillende manieren worden toegepast, in de waterbouw als stortsteen (grovere fracties), als ophoogmateriaal (fijnere korrels), funderingsmateriaal, toeslagstof in beton (voor gebruik in niet-constructief beton) of asfalt en als bindende component in hydraulisch menggranulaat. Aan sommige funderings-materialen wordt een beperkt percentage hoogovenslak of betongranulaat toegevoegd.

In het RIVM-rapport 2022-0180 worden resultaten vermeld van uitloogproeven en veldmetingen en hieruit wordt geconcludeerd dat de kolomproef mogelijk geen juiste voorspelling geeft van de praktijksituatie. Deze conclusie is aanvechtbaar omdat het gaat om onderzoek aan Indiase staalslak (die qua samenstelling afwijkt van Nederlandse) of een gemengd depot van hoogoven- en staalslakken, van een omvang die vele malen groter is dan van gangbare toepassingen. Bij veldmetingen in sloten en dergelijke is het de vraag of de metalen uit de staalslak afkomstig zijn of uit de (water-)bodem, onder invloed van de hoge pH. De beoordeling van incidentele metingen in percolaat uit het veld, met daarin "ruim hogere concentraties" dan in het eluaat van de kolomproef, gaat voorbij aan het verloop van concentraties gedurende de kolomproef, dat veelal exponentieel dalend is.

Het is dus logisch dat een meting in het eerste eluaat van de staalslak hogere waarden geeft dan de gemiddelde concentratie van de kolomproef. Er is kortom geen goede onderbouwing dat de voorspelling van de kolomproef onjuist is. Wel is helder dat de hoge pH in het eluaat schadelijk kan zijn en dat het van groot belang is om zich te houden aan de gebruiksvoorschriften voor staalslakken.

Het RIVM stelt dat ook niet-genormeerde stoffen uitlogten: diverse macro-componenten zoals natrium (Na), calcium (Ca) en aluminium (Al), verder strontium (Sr), titanium (Ti), beryllium (Be) en boor (B). Voor Ti (als oxide), Be en B betreft dit een conclusie gebaseerd op samenstellingswaarden gemeten in LD-staalslakken uit India. De gehalten van deze metalen in staalslakken zeggen echter weinig over de te verwachten concentraties in de eluaten bij de uitloging. Het RIVM geeft, bij navraag, aan dat er geen onderzoeken zijn gevonden naar de uitloging van de metalen Ti, Be en B. Daarnaast is bekend dat de kwaliteit van LD-staalslakken uit India sterk kan afwijken van de kwaliteit van LD-staalslakken uit Europa.

4.7 Grond en baggerspecie

De milieuverklaring over de bodemkwaliteit voor partijen grond en baggerspecie kan worden afgegeven op basis van een partijkeuring of bodemonderzoek. Ter voorbereiding van een partijkeuring of bodemonderzoek wordt een vooronderzoek verricht. In het vooronderzoek wordt nagegaan welke bodemonderzoeken, activiteiten en ontwikkelingen op de ontgravingslocatie hebben plaatsgevonden. Op grond van de verkregen informatie wordt afgeleid en gerapporteerd in hoeverre in de bodem van de ontgravingslocatie rekening moet worden gehouden met de waarschijnlijke aanwezigheid van:

- Stoffen die deel uitmaken van het standaardonderzoekspakket
- Stoffen die geen onderdeel uitmaken van het standaardonderzoekspakket, in een concentratie die de kwaliteitseis voor de bovengrens van de kwaliteitsklasse 'landbouw/natuur, onderscheidenlijk 'algemeen toepasbaar', waarschijnlijk overschrijdt
- Andere verontreinigende stoffen of andere relevante parameters
- Bodemvreemd materiaal

Voor het vooronderzoek is de NEN 5725 (grond) en NEN 5717 (baggerspecie) van toepassing. In het onderzoek wordt de aanwezigheid (als in samenstelling in gehalten of hoeveelheid en eventueel emissies als het gaat om emissiearme grond of baggerspecie) bepaald van de verontreinigende stoffen, andere parameters en bodemvreemd materiaal. De onderzochte stoffen worden getoetst aan de eisen in bijlage B van Rbk. Voor andere verontreinigende stoffen of andere relevante parameters worden de concentraties, emissies, gehalten of waarden daarvan gerapporteerd. Daarnaast wordt melding gemaakt van de aard en hoeveelheid van bodemvreemd materiaal.

Doel van het vooronderzoek is relevante informatie te verzamelen over de locatie naar de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem en/of waterbodem, door informatie op te vragen, een terreininspectie en archiefonderzoek uit te voeren. Er wordt informatie verzameld over de volgende onderdelen:

- Aard van de activiteiten die in het verleden op de locatie hebben plaatsgevonden (bedrijfsactiviteiten, op- en overslag van stoffen, calamiteiten). Hierbij kan het Uniforme Bron Indeling(UBI)-model een hulpmiddel zijn om te beoordelen of een bedrijfsactiviteit verdacht is en welke verontreinigende stoffen kunnen worden verwacht. De UBI-systematiek geeft echter alleen gidsparameters aan en niet alle stoffen die in een bepaald bedrijfsproces worden gebruikt
- Informatie over ophogingen, dempingen, stortingen, opvullingen en verhardingen op de bodemonderzoekslocatie. Hierbij gaat het om de aard van de toegepaste materialen en de periode waarin deze zijn toegepast
- Informatie over toepassingen van asbesthoudende bouw-, bodem- of verhardingsmaterialen op de onderzoekslocatie

In heel Nederland zijn de bovengrond, geroerde bodems in de ondergrond en soms ook bodemlagen rond het grondwaterniveau verdacht op het (diffuus)voorkomen van PFAS. Uit het vooronderzoek volgt of er ook een verdenking is op de aanwezigheid van puntbronnen met PFAS. Naast het opvragen van informatie, maakt ook een terreininspectie onderdeel uit van het vooronderzoek.

Tijdens de terreininspectie wordt een algemeen beeld van de locatie verkregen (bebouwing, wegen, vegetatie, onderhoud en visuele waarnemingen over bijvoorbeeld asbestresten en dempingen). In bijlage A van de NEN 5725 is een kort overzicht gegeven van belangrijke potentieel verontreinigende activiteiten (informatief).

Door de geformaliseerde aanpak van bodemonderzoek, waarbij tijdens het vooronderzoek breed wordt gescreend welke verontreinigende stoffen of andere relevante parameters (ongeacht of deze in het standaardpakket zijn opgenomen) aanwezig kunnen zijn, wordt een zo compleet mogelijk beeld verkregen van de te verwachten milieuhygiënische bodemkwaliteit. De kwaliteit van het vooronderzoek bepaalt daarmee de kwaliteit van het bodemonderzoek en de milieuverklaring. In de praktijk zijn er verschillen in hoe volledig een vooronderzoek wordt uitgevoerd, maar de NENs stimuleren tot een complete beoordeling. Over het algemeen genomen is iedereen gebaat bij een zo volledig mogelijk onderzoek en wordt de gehanteerde systematiek als passend ervaren.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zijn de bevindingen van het onderzoek samengevat in conclusies en aanbevelingen. Er wordt in dit hoofdstuk gefocust op bouwstoffen omdat voor grond en baggerspecie een vooronderzoek wordt uitgevoerd waarmee inzicht wordt verkregen in overige verdachte parameters. In paragraaf 5.1 is een advies opgenomen hoe producenten en leveranciers voor de diverse materiaalstromen niet genormeerde stoffen en andere parameters kunnen identificeren die relevant zijn voor de milieuverklaring. Er wordt geadviseerd de pH en EC op te nemen in het analysepakket zodat rapportage wordt verplicht, zoals toegelicht in paragraaf 5.2. Vervolgens zijn conclusies opgenomen over een aantal stoffen en parameters die gelden voor de meeste bouwstoffen in paragraaf 5.3. In paragraaf 5.4 worden een aantal specifieke bouwstoffen beschouwd.

5.1 Advies milieuverklaring

Dit onderzoek heeft aangetoond dat Nederland met het huidige standaardanalysepakket in vergelijking met andere West-Europese landen een uitgebreid analysepakket van metalen en zouten in het uitloogwater heeft. Een groot aantal parameters wordt dus al geanalyseerd. Daarnaast dekt het huidige standaardpakket in hoofdlijnen de kritische parameters die de kwaliteit van bouwstoffen bepalen (zie navolgende paragrafen) en lijken er met de huidige beoordeling geen belangrijke stoffen gemist te worden. Dit neemt niet weg dat sommige specifieke bouwstoffen “exotische” elementen bevatten die in de meeste bouwstoffen niet aanwezig zijn of dat bouwstoffen een kwaliteitsverandering doormaken door gebruik en/of wijziging in grond-/hulpstoffen in de loop van de tijd. De verklaring over andere parameters en niet genormeerde stoffen dient hier invulling aan te geven. De producenten en leveranciers moeten relevante informatie verzamelen over de kwaliteit van hun inkomende grond- en hulpstoffen en daarmee bepalen of deze naar verwachting invloed heeft op de kwaliteit van hun product. Indien er aanwezigheid van een parameter en/of stof wordt verondersteld, wordt geadviseerd nader onderzoek uit te voeren om de daadwerkelijke aanwezigheid vast te stellen. Dit analoog aan de onderzoeksstrategie zoals deze voor grond en baggerspecie is vastgelegd in nationale normen. De relevante informatie die verzameld moet worden, betreffen:

- Informatie over de kwaliteit van inkomende grond- en hulpstoffen
- Aard van de activiteiten die hebben plaatsgevonden nabij de inkomende grond- en hulpstoffen (bedrijfsactiviteiten, op- en overslag van stoffen, calamiteiten)
- Informatie over toepassingen van asbesthoudende bouw-, bodem- of verhardingsmaterialen en/of toepassing van materialen met specifieke stoffen zoals brandvertragers en/of PFAS
- Aanvullende bijzonderheden over de toepassing van inkomende grond- en hulpstoffen die de kwaliteit heeft beïnvloed

5.2 Rapportageverplichting pH en EC

In vergelijking met andere Europese landen heeft Nederland het meest uitgebreide analysepakket van metalen en zouten in het uitloogwater. In enkele andere landen worden nog andere parameters geanalyseerd. Wij zien geen aanleiding om deze parameters standaard op te nemen in het Nederlandse pakket, uitgezonderd pH en geleidbaarheid. Deze parameters worden al bepaald, maar door ze op te nemen in het pakket, wordt rapportage verplicht. Een directe toetsing is echter niet zinvol (zie ook de volgende paragraaf). De meeste secundaire grondstoffen hebben een hoge pH maar of dit in de praktijk tot problemen leidt, is sterk afhankelijk van de toepassingscondities, zoals omvang, al dan niet contact met klein oppervlaktewater en dergelijke. Het lijkt beter om eventuele negatieve effecten van een hoge pH te reguleren via beperking van toepassingen (zoals al gebeurt met staalslak in de waterbouw). Er wordt geadviseerd in de milieuverklaring te rapporteren als een bouwstof een afwijkende pH en/of EC heeft. Dit leidt ertoe dat er bij de toepassing van de bouwstof rekening mee wordt gehouden en eventuele aanvullende eisen aan de toepassing worden gesteld.

5.3 Generieke stoffen en parameters bouwstoffen

Er is een aantal stoffen en parameters generiek van belang. Deze stoffen en parameters leiden in algemene zin niet tot duidelijke risico's, maar afhankelijk van lokale omstandigheden en vorm van toepassing is aandacht voor deze stoffen en parameters noodzakelijk.

pH

Problemen met een hoge pH worden veelal gemeld in relatie tot grootschalige toepassingen van staalslakken maar er zijn veel secundaire grondstoffen met een hoge pH, zoals puingranulaat, AEC-bodemas e.a. De pH van beton en ook van betongranulaat is vergelijkbaar met die van staalslak. Het invoeren van een grenswaarde voor de pH is niet zinvol, omdat:

- Enerzijds dit zou betekenen dat veel secundaire grondstoffen niet meer toegepast kunnen worden (maar ook primaire materialen, zoals beton)
- Een hoge pH is in veel toepassingen ook noodzakelijk voor het functioneren van de bouwstof
- Niet de pH van het materiaal doorslaggevend is maar de pH die in het milieu ontstaat. Deze pH is van veel factoren afhankelijk, zoals bijvoorbeeld de alkaliniteit van de bouwstof, de snelheid waarmee de bouwstof wordt geneutraliseerd, de omvang van de toepassing, de buffercapaciteit van de bodem en de verdunning die optreedt bij toepassing in oppervlaktewater.
- Een hoge pH weliswaar schadelijk kan zijn, maar dat de stof die de hoge pH veroorzaakt (het hydroxide-ion) niet intrinsiek giftig is en dat er eerder of later neutralisatie optreedt, waarbij reactie met CO₂ uit de atmosfeer of de bodem (of bicarbonaat in het water) de belangrijkste factor is.

Ook kan worden gesteld dat, analoog aan de emissies van metalen en zouten, een zekere belasting van het milieu acceptabel is. Het lijkt praktisch gezien het beste om eventuele negatieve effecten van een hoge pH te reguleren via beperking van toepassingen (door het stellen van toepassingsvoorwaarden).

Zo geldt er al lange tijd het advies geen staalslak toe te passen in klein oppervlaktewater, maar is toepassing in grote oppervlaktewateren wel toegestaan, daarbij ontstaan geen hoge pH-waarden. Verder is het zo dat Pelt & Hooykaas (de leverancier van staalslak) al voorschriften meegeeft voor een veilige toepassing van staalslak bij grootschalige toepassingen (als zandvervanging), bijvoorbeeld dat er geen onbehandelde lozing van drainagewater op sloten moet plaatsvinden. Deze voorschriften zijn echter niet afdwingbaar en in de praktijk gaan dingen soms mis. Er wordt geadviseerd de toepassingseisen een juridische grondslag te geven, zodat ook handhaving op de toepassingseisen mogelijk is.

Macrocomponenten

Als er sprake is van het aantreffen van niet-genormeerde stoffen, zijn dit voor een groot deel macro-componenten (zoals Ca, Al, Na en K). Het toevoegen van deze stoffen aan het analysepakket is onzes inziens niet zinvol. In de eerste plaats zijn dit normale bestanddelen van de bodem en is het zeer de vraag of er sprake is van toxische effecten. Voor zover dit tegenionen zijn van zouten, worden de emissies al gereguleerd via de toetsing van chloride en sulfaat. Het percolaat van staalslak kan hoge concentraties aan calcium bevatten als gevolg van het oplossen van calciumhydroxide. Dit kan beheerst worden via regulatie van de pH-invloed. Wel wordt aanbevolen om nader te beoordelen of aluminium ecotoxische effecten kan veroorzaken. Deze effecten zijn bekend van verzuurde bodems, hierin is aluminium echter in een andere vorm aanwezig, namelijk als Al^{3+} ion. Bij de hoge pH van bouwstoffen loogt aluminium uit als hydroxide-complex. Het is de vraag of aluminium in deze vorm opneembaar is. Verder is zeker dat aluminium bij afname van de pH al snel neerslaat als een onschadelijk hydroxide en op termijn wordt omgezet in oxide, een normaal bestanddeel van de bodem.

Nutriënten

Bouwstoffen bevatten veelal geen hoge gehalten aan uitloogbare nutriënten (ammonium, nitraat, fosfaat) en veel toepassingen zullen ook niet in kwetsbare gebieden plaatsvinden. Als er wel ecologische risico's zijn, kan een opdrachtgever extra informatie eisen over de emissies van stikstof en fosfor. Het is voldoende om deze stoffen alleen in specifieke situaties te bepalen, een algemene verplichting lijkt niet proportioneel.

Beoordeling samenstelling vaste stof

Qua samenstelling van de vaste stof is het grootste verschil met enkele andere Europese landen dat deze ook eisen stellen aan de gehalten aan metalen. Dat is onzes inziens niet zinvol omdat verspreiding van verontreinigingen in het milieu primair plaatsvindt via uitloging (welke al wordt vastgesteld en getoetst). Door de eis van terugneembaarheid, blijft een bouwstof met verhoogde metaalgehalten niet achter in de bodem. In de meeste gevallen is er geen direct contact tussen bouwstof en mens of andere organismen, aangezien de bouwstof onder een verharding of anderszins wordt toegepast. Bij open toepassingen, zoals halfverhardingen (zeker bij intensief gebruik; b.v. speelplaats, sportbeoefening), is het te overwegen om restricties op te stellen aan het type materiaal dat daarvoor mag worden gebruikt.

Overige stoffen

De elementen *boor* en *strontium* zijn in de eluaten van meerdere bouwstoffen in goed meetbare concentraties aangetroffen en dat geldt ook voor *rubidium* in eluaten van AEC-bodemmas. Al deze elementen komen vrij algemeen voor in de aardkorst en zullen naar verwachting in veel minerale grondstoffen aanwezig zijn. De risico's van deze elementen lijken niet heel groot, voor rubidium is op de site van het RIVM een ad hoc MTT-waarde voor zoet oppervlaktewater te vinden van 1.101 µg/l, voor strontium een waarde van 56 µg/l (echter, de strontium concentratie in zeewater is vele malen hoger). Aanbevolen wordt om de risico's van deze stoffen nader te beoordelen.

5.4 Materiaalspecifieke stoffen en parameters

Voor een aantal bouwstoffen zijn er wel opmerkingen te plaatsen.

Uit onderzoek blijkt dat in de eluaten van **AEC-bodemmas** lithium in goed meetbare concentraties is aangetroffen. Lithium is wellicht afkomstig uit batterijen. Uit een indicatieve beoordeling door TAUW blijken (voor de aangetroffen waarden) geen risico's. Aanbevolen wordt om conform de systematiek van het Besluit bodemkwaliteit een grenswaarde af te leiden voor de emissie. Het is overigens niet aannemelijk dat lithium ook in andere bouwstoffen in verhoogde gehalten wordt aangetroffen. Uit zeer uitgebreide analyses van het eluaat van opgewerkte AEC-bodemmas blijkt dat allerlei meer exotische metalen (zoals de lanthaniden en andere elementen die in elektronica worden toegepast) niet aantoonbaar zijn.

Voor **puingranulaten** zijn geen (extra) materiaalspecifieke stoffen te verwachten, wel moet rekening worden gehouden met het risico dat in sommige situaties, bijvoorbeeld bij de sloop van een fabriek, stoffen kunnen opduiken die niet in het standaardpakket staan. De branche is zich bewust van dergelijke risico's en past een afgewogen acceptatiebeleid toe voorafgaand aan recycling (op basis van visuele beoordeling en beschikbare informatie). Er is echter geen geformaliseerde aanpak voor de fase van het selectief slopen (muv het acceptatiebeleid van puinbrekers dat is geformaliseerd in de BRL). Er zou, analoog aan de onderzoeksstrategie voor grond en baggerspecie, een protocol opgesteld kunnen worden waarmee de aanpak wordt geformaliseerd, bijvoorbeeld als onderdeel van het innameprotocol.

Voor **staalslakken** zijn, behalve de eerdergenoemde parameters natrium (Na), calcium (Ca) en aluminium (Al), strontium (Sr) en de pH, geen extra stoffen geïdentificeerd. In het RIVM-rapport worden additioneel nog titanium, beryllium en boor genoemd maar dit betreffen samenstellingswaarden in een LD-staalslak uit India. Een significante uitloging van deze stoffen uit Nederlandse LD-staalslak is onwaarschijnlijk (uit niet gepubliceerde informatie is ons bekend dat beryllium niet aantoonbaar is in Nederlandse converterslak (de vaste stof) en titanium is in de regel slecht oplosbaar, bovendien is titanium in een redelijk hoog gehalte een normaal bestanddeel van de bodem). Wij achten het niet waarschijnlijk dat emissies van Ti, Be en B uit Nederlandse staalslak hoog zullen zijn en tot risico's leiden, maar dit kan eventueel worden geverifieerd.

Literatuurlijst

1. Standaard stoffenpakket bij milieuhygiënisch (water)bodemonderzoek vastgesteld, gezamenlijke uitgave van SIKB, NEN en Bodem+, 4 juni 2008
2. Toelichting Regeling bodemkwaliteit, Staatscourant 2007, 247
3. Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor bodemnormen in 2005, 2006 en 2007, ministerie van VROM, publicatie 8395, december 2008
4. Definitie van een standaardpakket voor milieuhygiënisch onderzoek van bodem/grond, waterbodem/baggerspecie en grondwater, TNO, kenmerk 2007-U-R0015/A, 12 januari 2007
5. Wijziging van de Regeling bodemkwaliteit, de Regeling uniforme saneringen, de Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming en de Regeling beoordeling reinigbaarheid grond 2006, Staatscourant van het Koninkrijk der Nederlanden, 2009 67, 2 april 2009
6. Regeling bodemkwaliteit 2022
7. Evaluatie standaardpakket Besluit bodemkwaliteit Status rapport: Implementatie standaardpakket tot medio 2009, Deltares, 1202212-000-BGS-0003, 11 maart 2010, definitief
8. Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV), <https://www.gesetze-im-internet.de/ersatzbaustoffv/>
9. Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) 5 November 2004 <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Mitteilungen.html>, geraadpleegd 24 januari 2024
10. Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, LAGA, 6 November 2003, <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Mitteilungen.html>, geraadpleegd 24 januari 2024
11. Oriënterend bodemonderzoek standaardprocedure, OVAM, 1 maart 2023
12. Opmaak van een technisch verslag standaardprocedure regeling voor gebruik van bodemmaterialen, OVAM, 20 april 2020
13. Bijlage VI van 'Définition du Paquet standard d'analyses (PSA), Code wallon de bonnes pratiques-v03 Guide de reference pour l'étude d'orientation', direction generale operationnelle (dgo3)
14. Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la gestion et à la traçabilité des terres et modifiant diverses dispositions en la matière (M.B. 12.10.2018), <http://environnement.wallonie.be/legis/solsoussol/sol007.htm>
15. Prøvetagningsstrategier til undersøgelse af overfladejord- udredningsprojekt, Miljøministeriet Miljøministeriet Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 2173, Juni 2021
16. Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées, NOR : DEVP1412523A, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000029893828/>, geraadpleegd 29 januari 2024

17. RIVM/RIZA (1993): Milieuhygiënische kwaliteit van primaire en secundaire bouwmaterialen in relatie tot hergebruik en bodem- en oppervlaktewaterenbescherming. Rapport 771402006, RIVM, Bilthoven.
18. Vlarema: Besluit van de Vlaamse Regering van 17 februari 2012 tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen. Geraadpleegd op 11 maart 2024
19. Ovam (2015): Afleiding en onderbouwing gemeenschappelijk normenkader voor grondstoffen en uitgegraven bodem in Vlaanderen. Ovam, Mechelen.
20. Danish Statutory Order No. 1672 of 15 Dec. 2016 on utilisation of residual waste materials, soil and sorted, unpolluted C&D waste
21. Blasenbauer, D. et al (2020): Legal situation and current practice of waste incineration bottom ash utilisation in Europe. Waste Man. 102, p. 868-883.
22. Beschikking van de Raad van 19.12.2002 tot vaststelling van criteria en procedures voor het aanvaarden van afvalstoffen op stortplaatsen overeenkomstig artikel 16 en bijlage II van Richtlijn 1999/31/EG betreffende het storten van afvalstoffen (2003/33/EG). Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, 16.01.2003.
23. Susset, B., Leuchs, W. (2008): „Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes Sickerwasserprognose in konkrete Vorschläge zur Harmonisierung von Methoden“ - Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe.- Fachbericht zum UBA-UFOPLAN-Vorhaben FKZ:20574251, www.uba.de, 117 S., Anhang 93S
24. Milieuhygiënische implicaties van nuttige toepassingen van primaire en secundaire grondstoffen op of in de bodem. Mammoet-deelrapport 11 Semi-praktijkonderzoek naar het uitlooggedrag van primaire en secundaire grondstoffen als wegfundering. E. Mulder en R. Gerritsen, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO, Ref.nr90/006721, mei 1990
25. Bouwstoffen nader bekeken. Milieuhygiënische kwaliteit en toepasbaarheid van bouwstoffen in relatie tot het Bouwstoffenbesluit, Th.G. Aalbers, C. Zevenbergen, P.G.M. de Wilde, J. Keijzer, P.J. Kroes en R.T. Eikelboom, RIVM, IWACO, Rijkswaterstaat, Ministerie van VROM, februari 1998
26. Uitloggen op karakter Handboek Uitloogkarakterisering I, II, CROW, 1994

Afkortingen

BTEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylene
BRL	Beoordelingsrichtlijn
COD	Chemical Oxygen Demand (chemisch zuurstofverbruik)
EOX	Extraheerbare niet-vluchtige Organo Halogeenverbindingen
DOC	Dissolved Organic Carbon
L/S	Liquid to Solid ratio (verhouding water tot vaste stof)
NEN	Nederlandse Norm
OCB	OrganoChloorBeschrijdingsmiddelen
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PCB	PolyChloorBifeny
TDS	Total Dissolved Solids (totaal opgeloste bestanddelen)
TOC	Total Organic Carbon

Bijlage 1**Overzicht inhoud standaardpakketten
grond**

Pakket grond	NL OUD (tot 2008)	NL pakket A	NL pakket C1	NL Pakket C2	NL Pakket C3	NL Pakket D	BE (V) SAP grond	BE (W) PSA grond	DE OUD (tot 2023)	DE Ersatzbaustoff- verordnung	DK Jordpakken	FR ISDI
pH-KCl							X	X		X		
korrelgrootteverdeling									X			
lutum								X				
org stof en lutum	X	X	X	X	X	X	X					
TOC								X	X	X		
Cadmium	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Koper	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Kwik	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Lood	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Nikkel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Zink	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Barium		X		X		X						
Kobalt		X		X		X						
Molybdeen		X		X		X						
Arseen	X		X	X	X	X	X	X	X	X		
Chroom	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Chroom VI								X				
Antimoon						X						
Seleen						X						
Tin						X						
Thallium										X		
Vanadium						X						
Cadmium (eluaat)									X	X		X
Koper (eluaat)									X	X		X
Kwik (eluaat)									X	X		X
Lood (eluaat)									X	X		X
Nikkel (eluaat)									X	X		X
Zink (eluaat)									X	X		X
Barium (eluaat)												X
Kobalt (eluaat)												
Molybdeen (eluaat)												X
Arseen (eluaat)									X	X		X
Chroom (eluaat)									X	X		X
Antimoon (eluaat)												X
Seleen (eluaat)												X
Tin (eluaat)												
Thallium (eluaat)										X		
Vanadium (eluaat)												
Chloride (eluaat)									X			X
Fluoride (eluaat)												X
Sulfaat (eluaat)									X	X		X
PAK(15) (eluaat)										X		
PCB(7) (eluaat)										X		
Naftaleen en methylnaftalenen (eluaat)										X		
Fenolindex (eluaat)												X
TOC (eluaat)												X
Oplosbare fractie (eluaat)												X
pH (eluaat)										X		
Ec (eluaat)									X	X		
PCB(7)		X	X	X	X	X				X		X
PAK(10)	X	X	X	X	X	X						
PAK(16)							X	X	X	X		X
PAK(7)											X	
Naftaleen		X	X	X	X	X	X	X	X			X
Acenafyleen							X	X	X			X
Acenafteen							X	X	X			X
Fluoreen							X	X	X			X
Fenantreen		X	X	X	X	X	X	X	X			X
Antraceen		X	X	X	X	X	X	X	X			X
Fluorantreen		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Benzo(a)antraceen		X	X	X	X	X	X	X	X			X
Chryseen		X	X	X	X	X	X	X	X			X
Benzo(b)fluorantreen							X	X	X		X	X
Benzo(k)fluorantreen		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Benzo(j)fluorantreen											X	
Benzo(a)pyreen		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Benzo(ghi)peryleen		X	X	X	X	X	X	X	X			X
Indeno(123cd)pyreen		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Dibenzo(ah)anthraceen							X	X	X		X	X
Pyreen							X	X				X
Minerale olie (C10-C40)	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X
Minerale olie (C6-C35)											X	
Minerale olie (C5-C35)								X				
BTEX								X				X
Styreen								X				
Fenolindex								X				
pentachloorbenzeen			X	X		X						
pentachloorfenol			X	X		X						
chloordaan (som van trans-chloordaan en cis-chloordaan.)			X	X		X						
aldrin			X	X		X						
dieldrin			X	X		X						
endrin			X	X		X						
isodrin			X	X		X						
telodrin			X	X		X						
som-drins (aldrin, dieldrin en endrin)			X	X		X						
a-endosulfan endosulfansulfaat			X	X		X						
a-HCH			X	X		X						
b-HCH			X	X		X						
g-HCH			X	X		X						
d-HCH			X	X		X						
som-HCH's (som van a-HCH, b-HCH, g-HCH en d-HCH)			X	X		X						
heptachloor			X	X		X						
som-heptachloorepoxide(som van trans-heptachloorepoxide en cis-heptachloorepoxide)			X	X		X						
hexachloorbutadieen			X	X		X						
som-OCB's			X	X		X						
hexachloorbenzeen			X	X	X	X						
DDT			X	X	X	X						
DDE			X	X	X	X						
DDD			X	X	X	X						
som-DDT/DDD/DDE			X	X	X	X						
Chloorethyleen								X				
1,2-dichloorethaan								X				
1,2-dichlooretheen (cis+trans)								X				
dichloormethaan								X				
1,1,1-Trichloorethaan								X				
1,1,2-Trichloorethaan								X				
Trichlooretheen								X				
Trichloormethaan								X				
Tetrachloormethaan								X				
Tetrachlooretheen								X				
Vrije cyaniden								X				
Methyl-tert-butyl-ether (MTBE)								X				
EOX	X								X			
Tributyltin					X							
Asbest						X						

Bijlage 2 Evaluatie standaardpakket Besluit bodemkwaliteit

Gemeenten

De Commissie Evaluatie Stoffenpakket heeft in 2009 aan de 46 deelnemende gemeenten gevraagd welke stoffen in aanvulling op het standaardpakket zouden moeten worden onderzocht. De resultaten zijn in tabel B1.1 weergegeven. Voor wat betreft arseen wordt over het algemeen aangegeven dat arseen in het beheergebied van nature in verhoogde gehalten voorkomt. Een aantal gemeenten leek de meting van EOX voort te zetten, terwijl daar inmiddels geen normering meer voor was. Gemeenten met veel (oude) boomgaarden of kassengebieden nemen OCB mee. Chroom wordt meegenomen vanwege natuurlijk verhoogde gehalten, voor het gebied specifieke verontreinigingsbronnen (chroommassen, leerindustrie) of de wens om deze parameter in de bodemkwaliteitskaart te houden. Er is ook vaak aangegeven dat asbest aanvullend wordt onderzocht, maar uit de motivatie blijkt dat dit met name bij asbestverdachte locaties het geval is.

Tabel B1.1 Voorkeur gemeenten voor aanvullingen op het standaard analysepakket

Stof	Aantal gemeenten
Arseen	22
OCB	17
Chroom	9
Asbest	7
EOX	2
Ammonium	1
Chloride	1
Trifenylytin (<i>bestrijdingsmiddel aardappelteelt</i>)	1

Daarnaast is de gemeenten gevraagd welke stoffen uit het standaardpakket zij als overbodig in dat pakket beschouwen (zie tabel B1.2). Als motivatie voor kobalt en molybdeen, maar ook voor kwik, wordt gegeven dat deze stoffen op onverdachte locaties zelden tot nooit boven de (toenmalige) Achtergrondwaarde worden aangetroffen. Het schrappen van de interventiewaarde voor barium wordt aangedragen als motivatie om deze ook te laten vervallen uit het standaardpakket. De voorkeur voor het laten vervallen van koper, zink en nikkel lijkt door dezelfde persoon namens meerdere gemeenten te zijn opgegeven, met als motivatie dat de MTR-waarde (maximaal toelaatbaar risiconiveau) veel hoger ligt dan de interventiewaarde.

Tabel B1.2 Voorkeur gemeenten voor verwijdering uit het standaard analysepakket grond

Stof	Aantal gemeenten
Molybdeen	20
Barium	19
Kobalt	17
PCB som	8
Koper	6
Nikkel	6
Zink	5
Kwik	4
Cadmium	2
Chroom	2
Minerale olie	1

Waterschappen

De Commissie Evaluatie Stoffenpakket heeft in 2009 aan de 19 deelnemende waterschappen gevraagd welke stoffen zij in aanvulling op het standaardpakket vaak (laten) onderzoeken. In tabel B1.3 is een overzicht gegeven van de antwoorden.

Tabel B1.3 Stoffen die waterschappen aanvullend op het standaard analysepakket onderzochten

Stof	Aantal waterschappen
Arseen	10
Chroom	6
OCB	6
IJzer	5
P	3
Zilver	2
Mangaan	2
Tin	2
Antimoon	2
Vanadium	2
N-Kj	2
Aluminium, seleen, calcium, kalium, magnesium, natrium, telluur, titanium, S-totaal, tributyltin, sulfaat en/of chloorbenzenen	1

In veel gevallen gaat het om arseen, chroom en OCB. Voor alle 3 de stoffen geldt dat deze voorheen deel uitmaakten van het voormalige basispakket voor de waterbodem, waarbij OCB's moesten worden gemeten wanneer de triggerwaarde voor EOX werd overschreden. Dit laatste gebeurde frequent, waardoor veel waterschappen OCB's al direct analyseerden. Arseen is voor veel waterschappen een relevante stof door de aanrijking die via het grondwater plaatsvindt in de waterbodem.