

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings

Aan: Rob Zelis, Jan Eurlings (RWE)
Van: Steven Lemain
Datum: 6 december 2024
Ons kenmerk: BH2364NT003F02
Classificatie: Projectgerelateerd
Goedgekeurd door: Tom Houben

Onderwerp: Einde-afvalstatus producten FUREC Chemelot

1 Algemeen

1.1 Inleiding

RWE is voornemens project FUREC te realiseren op industrieterrein Chemelot in Sittard-Geleen. Het betreft de productie van verschillende producten uit afvalstoffen. Voor dit project vraagt RWE een milieuvergunning aan. Voorliggende notitie gaat in op de status van de verschillende producten die door FUREC worden geproduceerd. Deze notitie is onderdeel van de vergunningaanvraag en is bedoeld om bevoegd gezag te ondersteunen bij de beoordeling van de status van de stoffen.

1.2 Ingaande afvalstoffen

Het ingaande afval betreft in hoofdzaak het zogenaamde 'SRF' (Solid Recovered Fuel, een 'brandstof' gewonnen uit restafval. SRF is een vorm van 'RDF' – Refuse Derived Fuel, in pellet-vorm. SRF wordt gewonnen uit huishoudelijk- en bedrijfsafval. Het betreft een fractie die bestaat uit o.a. biomassa, kunststoffen, textiel en papier, en die ongeschikt is voor traditionele vormen van (materiaal)recycling. Deze hoogcalorische afvalstromen worden tot op heden veelal ingezet als brandstof in energiecentrales, de cementindustrie etc.

De SRF-pellets worden geproduceerd op een locatie elders, waar afvalstoffen worden ingenomen afvalstromen gescheiden, gedroogd en gepelletiseerd. Als gevolg van de diverse voorbereidingsstappen zijn de pellets een biologisch stabiel materiaal, en door een laag vochtgehalte kan het materiaal gemakkelijk worden opgeslagen en verwerkt. Vanuit het pelletiseerstation worden de pellets aangeleverd aan FUREC op de locatie Chemelot.

Naast bovengenoemde SRF-pellets is de installatie ook geschikt voor andere afvalstromen. FUREC zal ook gedroogd afvalwaterzuiveringsslib verwerken.

Details over de herkomst en samenstelling van de afvalstoffen zijn gegeven in het AV-AO/IC (bijlage M8 bij de aanvraag) en de ZZS-studie (bijlage M12 bij de aanvraag).

1.3 Wettelijk kader

1.3.1 Kra

De Kaderrichtlijn afvalstoffen (Kra, 2008/98/EG) heeft als doel het milieu en de menselijke gezondheid te beschermen door preventie van afval en beperking van de negatieve gevolgen van afvalbeheer (art. 1). Zij beoogt ook bij te dragen aan de transitie naar een recyclingmaatschappij, waarin de productie van afval wordt voorkomen en afvalstoffen als grondstof worden gebruikt.

De Kra is in Nederland geïmplementeerd in de Wet milieubeheer (Wm) en o.a. in de Regeling Eural. Beleidsmatig is de richtlijn verwerkt in het Landelijk afvalbeheerplan (LAP 3).

In de Kra is een definitie van afval gegeven, en zijn voorwaarden gegeven waaraan 'afval' moet voldoen om géén afval meer te zijn: einde-afval (art. 6). Deze zijn overgenomen in de Wet milieubeheer (artikel 1.1).

1.3.2 Wm

De Wet milieubeheer (Wm) geeft in artikel 1.1, lid 8, de voorwaarden voor stoffen om niet langer als afvalstof te worden beschouwd:

Afvalstoffen die een behandeling van recycling of andere nuttige toepassing hebben ondergaan, worden niet langer als afvalstoffen beschouwd, indien zij voldoen aan de volgende voorwaarden:

- a) de stoffen, mengsels of voorwerpen zijn bestemd om te worden gebruikt voor specifieke doelen;*
- b) er is een markt voor of vraag naar de stoffen, mengsels of voorwerpen;*
- c) de stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen; en*
- d) het gebruik van de stoffen, mengsels of voorwerpen heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.*

1.3.3 LAP3

Het landelijk afvalbeheerplan (LAP3) gaat o.a. in op einde-afval. Enkele relevante passages zijn hieronder opgenomen.

B.6.2.3 Einde-afvalstatus

In eerste instantie is het aan de houder van een materiaal om na te gaan of het materiaal een afval- dan wel een productstatus heeft. In het geval van einde-afval moet deze beoordeling plaatsvinden op basis van bovenstaand beoordelingskader van ofwel de voorwaarden en vereisten ofwel de criteria, afhankelijk van het materiaal ter zake. In paragraaf B.6.4 wordt weergegeven welke rol de het bevoegd gezag en de rechter hierbij hebben en bij welke besluiten van het bevoegd gezag een beoordeling plaatsvindt.

B.6.3 Indicatieve toetsingsgronden: handvatten voor de praktijk.

Om duidelijker te maken hoe een beoordeling van de product- dan wel afvalstatus van een bepaald materiaal in de praktijk plaats moet vinden, zijn in de Leidraad Afvalstof of Product drie indicatieve toetsingsgronden geformuleerd.

De cumulatieve toetsingsgronden zijn:

- het gebruik van het materiaal moet **zeker** zijn;*
- het gebruik van het materiaal moet **rechtmatig** zijn; en*
- het gebruik van het materiaal moet **voldoende hoogwaardig** zijn.*

Opgemerkt moet worden dat de drie toetsingsgronden een indicatieve status hebben. Ze dienen niet als doorslaggevende voorwaarden, maar als richtsnoer voor de beoordeling of sprake is van een materiaal waaraan al dan niet de afvalstatus is verbonden. De beoordeling moet immers steeds per geval plaatsvinden aan de hand van alle feiten en omstandigheden van het individuele geval (voor de einde-afvalstatus geeft dit de vereisten a en b aan) en op basis van de wettelijke beoordelingsgrondslagen.

B.6.4 Bevoegdheden: beoordelen per geval en toezicht

*De houder van een materiaal oordeelt in de eerste plaats zelf over de vraag of zijn materiaal al dan niet afval is. Dit doet hij door te kijken of is voldaan aan de voorwaarden (of eventuele criteria) voor bijproducten of einde-afval, of door rechtstreeks te toetsen aan de afvaldefinitie in geval van (voortgezet) gebruik. Dit sluit aan bij hetgeen in de rechtspraak is bepaald ten aanzien van de voorwaarden voor bijproducten en onverminderd de bewijsregeling die in het kader van import en export is opgenomen in artikel 50, leden 4bis en 4ter, van de EVOA. De houder dient desgevraagd alle relevante informatie te verstrekken om aan te tonen dat aan de voorwaarden van artikel 1.1, zesde of achtste lid, van de Wm of de definitie van afvalstoffen in artikel 1.1, eerste lid, van de Wm is voldaan, afhankelijk van de relevante beoordelingsroute. Het is de verantwoordelijkheid van **bevoegd gezag** om te toetsen of het oordeel van een houder klopt op basis van de relevante informatie.*

Voorliggende notitie betreft de relevante informatie om aan te tonen dat, per stof, aan de voorwaarden van artikel 1.1, achtste lid van de Wm is voldaan.

1.3.4 Leidraad Afvalstof of Product

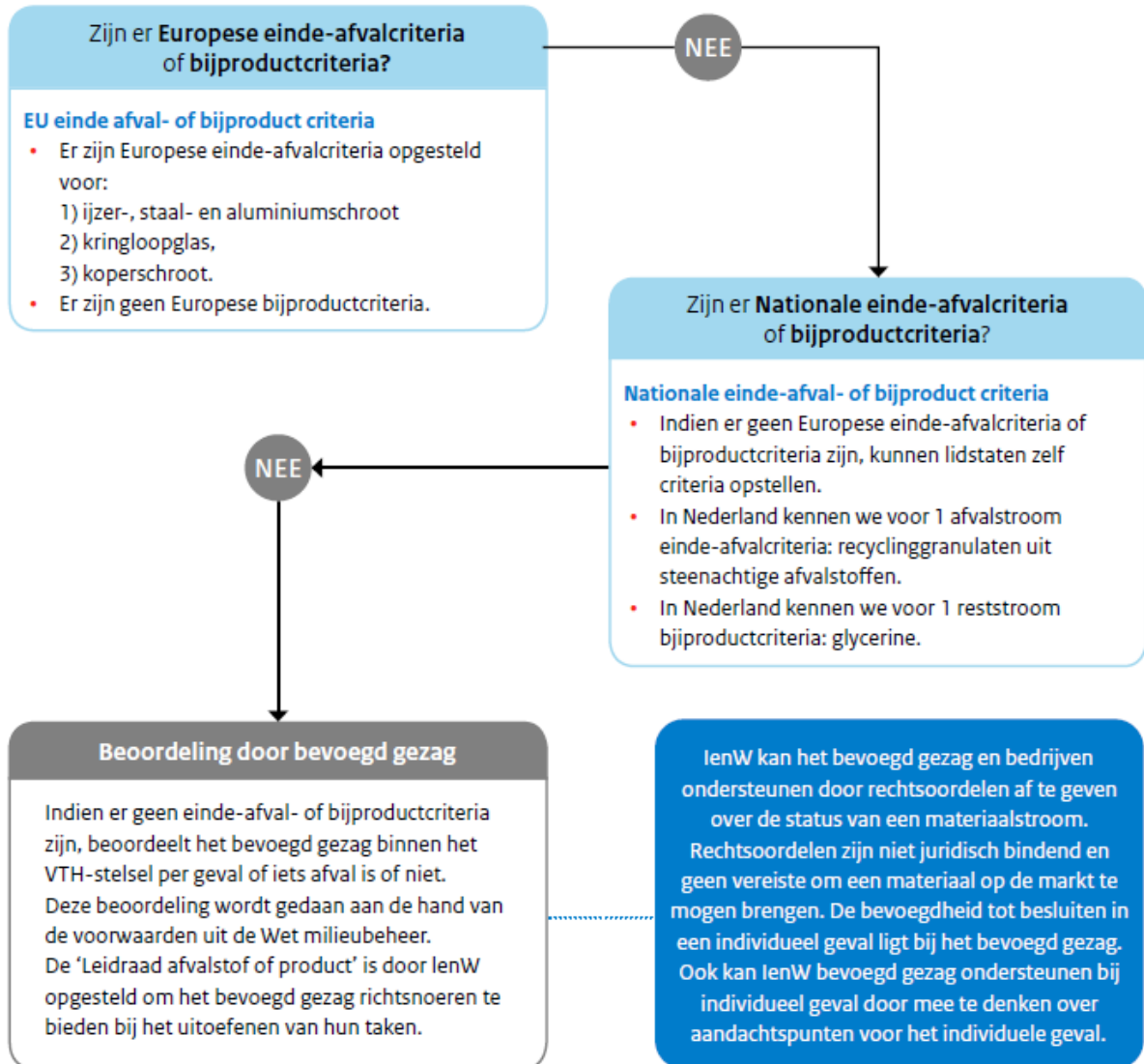
De '[Leidraad Afvalstof of Product](#)' gaat in op verschillende vragen met betrekking tot de status van materialen. Onderstaand zijn enkele passages opgenomen die ingaan op de verantwoordelijkheden van verschillende actoren bij de statusbepaling.

Rechtsoordelen zijn bedoeld als ondersteuning en hulpmiddel voor ondernemers en bevoegd gezag bij deze beoordeling. Een rechtsoordeel is een advies van lenW – geen besluit – met betrekking tot een beoordeling van de status van een materiaal, toegesneden op een specifieke casus. In het licht van de rechtspraak (bijvoorbeeld ABRvS 18 april 2013, ECLI:NL:RVS:2013:BZ8384) is een rechtsoordeel geen appellabel besluit in de zin van de Algemene wet bestuursrecht. Dit betekent dat er geen bezwaar kan worden gemaakt (indien van toepassing) en dat de mogelijkheid van beroep en hoger beroep niet openstaat. Een rechtsoordeel is namelijk slechts een gemotiveerd advies. Desalniettemin heeft een rechtsoordeel wel degelijk een zekere bindende werking voor het bevoegd gezag op grond van de bestuursrechtelijke beginselen van behoorlijk bestuur (zorgvuldigheidsbeginsel, motiveringsbeginsel en beginselen van rechtszekerheid en gelijkheid).

De vaststelling of in een concreet geval daadwerkelijk (feitelijk) sprake is van een afvalstof of niet blijft te allen tijde de verantwoordelijkheid van het betrokken vergunningverlenende of toezichthoudende bevoegd gezag.

Een beslisboom voor de beoordeling van einde-afval is opgenomen in de Leidraad en weergegeven in onderstaande figuur.

Figuur 4 – Einde-afvalcriteria of bijproductcriteria



Tweeledige doelstelling

Zoals hiervoor aangegeven is niet op voorhand te definiëren welke materialen afvalstoffen zijn en welke niet. Dit dient per geval beoordeeld te worden. Deze beoordeling gebeurt in het geval van einde-afval aan de hierboven genoemde voorwaarden. Van belang is om naast deze voorwaarden de doelstellingen van de Kaderrichtlijn afvalstoffen mee te wegen. Met andere woorden: in de beoordeling dient te worden meegewogen in welke mate materiaalwinst optreedt bij beoordeling als product, en in welke mate in die situatie milieurisico optreedt. In de Leidraad is het volgende opgenomen:

Bij de beoordeling per geval moet volgens de rechtspraak van het Europese Hof van Justitie (zie par. 2.2.1) rekening worden gehouden met de doelstelling van de Kra en moet ervoor worden gewaakt dat geen afbreuk wordt gedaan aan de doeltreffendheid van de richtlijn. De Kra kent een tweeledige milieudoelstelling (art. 1):

- **Milieubescherming:** bescherming van het milieu en de menselijke gezondheid door preventie of beperking van de negatieve gevolgen van de productie en het beheer van afvalstoffen;
- **Efficiënt grondstoffengebruik:** beperking van de gevolgen in het algemeen van het gebruik van de natuurlijke hulpbronnen en verbetering van de efficiëntie van het gebruik ervan.

Beide onderdelen van de doelstelling zijn richtinggevend voor iedere beslissing over de status afvalstof of product; niet alleen voor de houder van een materiaal, maar ook voor het bevoegd gezag bij het nemen van besluiten in het kader van vergunningverlening, toezicht en handhaving en bij het afgeven van rechtsoordelen.

Grondslag voor stempel 'afval': milieu- / gezondheidsrisico

In de Leidraad is de grondslag opgenomen waarom er noodzaak is materialen als afvalstof te bestempelen.

Ten opzichte van producten in hun normale gebruiksfase, lopen producten die aan het einde van hun levenscyclus zijn gekomen een verhoogd risico dat ze:

1. *Onbeheerd worden achtergelaten of ongecontroleerd worden geloosd of verwijderd; of*
2. *Zodanig (onverantwoord) worden gebruikt dat nadelige gevolgen voor het milieu en/of de menselijke gezondheid kunnen optreden.*

De voorwaarden zoals gedefinieerd in de Wm voor einde-afval kunnen aan bovengenoemde risico's worden gelinkt. Wanneer aan de voorwaarden is voldaan zijn bovengenoemde risico's gemitigeerd. Andersom geldt: als bovengenoemde risico's zijn gemitigeerd of als verwaarloosbaar worden ingeschat is in feite de grondslag om een stof als afvalstof te (blijven) bestempelen afwezig.

1.4 Aanpak en uitgangspunten

1.4.1 Besluit

De Leidraad gaat in op het feit dat een rechtsoordeel geen besluit is. Hoewel de Leidraad aangeeft **wie** de eindverantwoordelijkheid heeft voor de beoordeling, namelijk het bevoegd gezag binnen het VTH-stelsel, benoemt de leidraad niet concreet **welk besluit** het geëigende middel is om de 'afval- of productstatus' mee vast te leggen.

Afvalcirculair.nl zegt, in lijn met de leidraad, het volgende:

Bij wie moet ik nu mijn einde-afvalstatus krijgen?

De bevoegdheid voor de beoordeling of iets afval is of niet ligt bij het bevoegd gezag in het kader van de VTH-taken. Dit is niet gewijzigd. Een rechtsoordeel is slechts een advies vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om bedrijven en bevoegd gezag te ondersteunen bij de beoordeling.

Bron: <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/afval/toetsing-afval/>, dd 23 december 2022

Op basis van bovenstaand is het uitgangspunt van RWE dat de milieuvergunning in het kader van de Wabo, voor de (deel)inrichting FUREC, het besluit is waarmee de productstatus van de producten van FUREC wordt vastgelegd. Hiervoor zijn Gedeputeerde Staten van de provincie Limburg (vertegenwoordigd door RUD-ZL) het bevoegd gezag.

1.4.2 REACH

Rol van registratie

REACH (EG nr. 1907/2006) is een Europese verordening die gaat over stoffen die op de Europese markt worden gebracht. REACH staat voor de Registratie, Evaluatie, Autorisatie en restrictie van Chemicaliën. REACH krijgt met nadruk aandacht in het kader van einde-afval omwille van de volgende redenen:

1. Een stof is een afvalstof of niet. Als een (geproduceerde) stof geen afvalstof is, is het in veel gevallen een stof als bedoeld in artikel 3 van REACH, en is REACH daarmee van toepassing. Kortgezegd is REACH van toepassing op bewust geproduceerde stoffen. Met als gevolg dat als verwerking van een afvalstof leidt tot de bewuste productie van een stof, REACH op deze geproduceerde stof van toepassing is. Op stoffen die 'einde-afval' zijn is in veel gevallen zodoende REACH van toepassing. Dit is blijkens jurisprudentie (TNS NIPO; LAPIN) overigens niet omkeerbaar: dat een stof een REACH-registratie heeft betekent niet direct dat het om een niet-afvalstof gaat. Waarbij moet worden opgemerkt dat zodra de conclusie is genomen dat een stof een afvalstof betreft, REACH per definitie niet (meer) van toepassing is (REACH, art. 2 lid 2).
2. Het kunnen aansluiten bij een bestaande REACH-registratie vormt een argument in de vier voorwaarden uit de Wet milieubeheer aangaande einde-afval (art. 1.1, lid 8). Het gegeven dat er een bestaande registratie van een stof is waarbij kan worden aangesloten betekent immers dat:
 - a. de stof is bestemd voor een specifiek doel (toepassingen zijn gedefinieerd in de registratie) en geproduceerd op een specifieke samenstelling,
 - b. de stof op de (Europese) markt is,
 - c. het gebruik rechtmatig is, en
 - d. de gezondheids- en milieurisico's van de stof in kaart zijn gebracht en gebruik binnen gedefinieerde toepassingen met in acht name daarvan als acceptabel is beoordeeld.

Terugwinning uitgesloten van registratie

Voorgaande betekent dat het aansluiten bij een bestaande REACH registratie van belang is voor de 'einde-afvalstatus'. Waarbij overigens direct wordt opgemerkt dat op basis van REACH artikel 2, lid 7 (d) de stof die het resultaat is van een terugwinningsproces zelf niet geregistreerd hoeft te worden:

"REACH artikel 2, lid 7

Vrijgesteld van de titels II, V en VI zijn: [...] d) stoffen, als zodanig, in mengsels of in voorwerpen, die zijn geregistreerd overeenkomstig titel II en die in de Gemeenschap worden teruggewonnen indien:

- I. de stof die resulteert uit het terugwinningsproces dezelfde is als de stof die is geregistreerd overeenkomstig titel II; en*
- II. bij de inrichting die de terugwinning verricht, de krachtens artikelen 31 en 32 vereiste informatie over de overeenkomstig titel II geregistreerde stof beschikbaar is."*

Op basis van een zogeheten Substance Identity Profile (SIP) van een geregistreerde stof kan een initiatiefnemer van een terugwinningsactiviteit nagaan of zij voldoet aan de specificaties van de registratie, zonder dus zelf te hoeven registreren als 'manufacturer'. Wel zijn overigens andere verplichtingen vanuit REACH onverminderd van toepassing, zoals het opstellen en meeleveren van een veiligheidsinformatieblad (VIB).

Stoffen uitgesloten van registratie

Sommige stoffen vallend onder de definitie van artikel 3 zijn echter uitgesloten van registratie. REACH Artikel 2, lid 7 zegt hierover dat zijn vrijgesteld van registratie (o.a.):

- De in bijlage IV opgenomen stoffen, omdat vanwege hun intrinsieke eigenschappen de risico's die ze veroorzaken op grond van toereikende informatie minimaal worden geacht;
- De onder bijlage V vallende stoffen, omdat registratie van deze stoffen ongeschikt of onnodig wordt geacht en omdat het feit dat zij van deze titels zijn vrijgesteld, de doelstellingen van deze verordening onverlet laat;

Relevant voor FUREC is dat **waterstof** en **koolstofdioxide** zijn genoemd in bijlage IV, en **stikstof** is genoemd in bijlage V.

Van stoffen die zijn uitgesloten van registratie bestaat om die reden geen substance identity profile (SIP) waarin is toegelicht op welke methode en met welke criteria kan worden getoetst of sprake is van overeenkomstigheid met die stof (sameness). In dit geval kan worden teruggegrepen naar:

- REACH art. 3, lid 1: *'stof' is een chemisch element en de verbindingen ervan, zoals zij voorkomen in natuurlijke toestand of bij de vervaardiging ontstaan, met inbegrip van alle additieven die nodig zijn voor het behoud van de stabiliteit ervan en alle onzuiverheden ten gevolge van het toegepaste procedé, doch met uitzondering van elk oplosmiddel dat kan worden afgescheiden zonder dat de stabiliteit van de stof wordt aangetast of de samenstelling ervan wordt gewijzigd*
- Guidance for identification and naming of substances under REACH and CLP Version 2.1 - May 2017, Table 2 - Definitions: *Mono-constituent Substance: As a general rule, a substance, defined by its composition, in which one main constituent is present to at least 80% (w/w).*

Voorts zal het voor een producent van belang zijn aan te sluiten bij industriestandaarden. Om te toetsen wat gangbare samenstellingen zijn van producten in de markt kunnen bestaande veiligheidsinformatiebladen en vakliteratuur worden geraadpleegd.

1.4.3 Andere studies

ZZS

Opgemerkt wordt dat een ZZS-studie is opgenomen in bijlage M12 bij de aanvraag. Deze studie gaat in op de mogelijke aanwezigheid van zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) in het ingaande afval en de mate waarin dit in het proces van FUREC vrijkomt. De conclusie uit deze studie is dat aanwezige ZZS zullen concentreren in de slak en de filterkoek. Overige producten en emissies zijn vrij van ZZS.

AV-AO/IC

Het acceptatie- en verwerkingsbeleid, de administratieve organisatie en interne controle van ingaande afvalstoffen (AV-AO/IC) is opgenomen in bijlage M8 bij de aanvraag.

2 Beoordeling per stof

In relatie tot de einde-afvalbepaling zijn de geproduceerde stoffen bij FUREC in vier categorieën in te delen:

1. Het product is vrijgesteld REACH-registratie
2. Het product sluit aan bij een bestaande REACH-registratie
3. Einde-afval op basis van EU-criteria
4. Overig

Dit geeft voor FUREC de volgende overzichtstabel van geproduceerde stoffen. Een overzicht van de geproduceerde stoffen en waar deze in het gehele proces worden geproduceerd is opgenomen in het blokschema, bijlage M7 bij de aanvraag. Geproduceerde hoeveelheden zijn opgenomen in de massabalans in het MER, bijlage M3 bij de aanvraag.

Tabel 2-1: Overzichtstabel geproduceerde stoffen FUREC op locatie Chemelot

Stof	Beoordeling	Categorie
Waterstof (H ₂)	Product	Vrijgesteld REACH-registratie
Koolstofdioxide (CO ₂)	Product	Vrijgesteld REACH-registratie
Stikstof (N ₂)	Product	Vrijgesteld REACH-registratie
Zout (NaCl)	Product	Aansluiting REACH-registratie
Zwavel (S)	Product	Aansluiting REACH-registratie
Metalen (Metaalschroot)	Product	EU-criteria
Slak	Product	Aansluiting REACH-registratie of eigen REACH-registratie indien nodig
Filterkoek	Nader onderzoek noodzakelijk	Overig

2.1 Waterstof

De gassamenstelling van de geproduceerde waterstof is gegeven in bijlage M7 bij de aanvraag. Hieruit volgt allereerst dat gesproken kan worden van 'waterstof': het aandeel waterstof bedraagt 99,2 vol-%, ruimschoots meer dan 80%. Aanwezige verontreinigingen bestaan uit stikstof (N₂) en argon. Deze betreffen geen zeer zorgwekkende stoffen of zelfs gevaarlijke stoffen (maar alomtegenwoordige stoffen in atmosferische lucht).

a) De stoffen, mengsels of voorwerpen zijn bestemd om te worden gebruikt voor specifieke doelen
Beoogd is waterstof te produceren met als doel deze waterstof in te zetten als grondstof door derden, zoals de productie van ammonia (NH₃, als component in de productie van kunstmest). De geproduceerde waterstof is zodoende bestemd om te worden gebruikt voor een specifiek doel.

b) Er is een markt voor of vraag naar de stoffen, mengsels of voorwerpen
Er is een duidelijke markt voor (groene) waterstof. De door FUREC geproduceerde waterstof zal met een pijpleiding direct worden afgevoerd naar afnemers op het terrein van Chemelot. Bij aanvang heeft het project een belangrijke hoofdafnemer. Naar de toekomst kunnen meer afnemers op het terrein van waterstof worden voorzien.
In haar Strategie 2050 heeft Chemelot een duidelijke rol voor groene waterstof voorzien, waarbij de productie van waterstof uit huishoudelijk afval concreet als activiteit is benoemd.

c) De stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen
Voor waterstof, CAS-nr. 1333-74-0, bestaan diverse productspecificaties, zoals ISO 14687:2019 en PAS 4444:2020. De specificaties grade A in ISO 14687:2019 en de PAS 4444:2020 zijn gericht op het gebruik in gasverbrandingstoestellen. Deze gaan uit van o.a. een waterstofgehalte van 98 mol-%. Industriestandaarden voor waterstof bij toepassing als grondstof zijn niet voorhanden. FUREC zal de waterstof aan de specificaties van haar afnemers produceren.
De te behalen zuiverheid volgt uit de gebruikte techniek van FUREC: vergassing gevolgd door CO-shift en PSA. Elk van deze technieken is genoemd in het rapport *Een verkenning naar waterstofsificaties* van DNV GL, februari 2021. Hierin is o.a. het volgende opgenomen: *"Pressure Swing Adsorption (PSA) is de huidige industriestandaard voor het zuiveren van waterstof [...] Afhankelijk van de doorstroomsnelheid, procescondities en gebruikte adsorptiematerialen kan een PSA waterstofzuiverheden realiseren tussen de 98-99.9999 mol%."*
Waterstof is niet in wet- en regelgeving genoemd als stof met beperkte productie of toepassing. De geproduceerde waterstof voldoet zodoende aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor het product geldende wetgeving en normen.

d) Het gebruik van de stoffen, mengsels of voorwerpen heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid
Waterstof is vrijgesteld van REACH-registratie omdat vanwege de intrinsieke stofeigenschappen de risico's die het veroorzaakt op grond van toereikende informatie minimaal worden geacht. De aanwezige verontreinigingen stikstof en argon zijn inerte gassen en zijn alom aanwezig in atmosferische lucht. Het gebruik van de geproduceerde waterstof heeft zodoende over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.

Conclusie

Op basis van voorgaande toelichting wordt geconcludeerd dat de door FUREC geproduceerde waterstof een product is.

2.2 Koolstofdioxide (CO₂)

De gassenstelling van de geproduceerde CO₂ is gegeven in bijlage M7 bij de aanvraag. Hieruit volgt allereerst dat gesproken kan worden van koolstofdioxide: het aandeel koolstofdioxide bedraagt 99,0%, ruimschoots meer dan 80%. Aanwezige verontreinigingen bestaan uit waterstof (H₂), koolstofmonoxide (CO), stikstof (N₂) en waterstofsulfide (H₂S) (water is een oplosmiddel en vormt als zodanig geen onderdeel van de definitie van de stof). Dit betreffen geen zeer zorgwekkende stoffen. Waterstofsulfide is wel een gevaarlijke stof (geen ZZS). De concentratie is met 5 ppm laag.

De geproduceerde CO₂ kan aan afnemers op het terrein van Chemelot of daarbuiten worden geleverd. CO₂ dat niet wordt afgenomen wordt afgeblazen. In de aanvraag van de Wabo-vergunning is uitgegaan van een worst case situatie waarbij alle koolstofdioxide wordt afgeblazen. Het is in dat geval een emissie en geen (vaste of vloeibare) afvalstof.

De emissie van koolstofdioxide - in de situatie van volledige afblazing - is getoetst en aangevraagd. In bijlage M21 bij de aanvraag en hoofdstuk 6 van het MER is ingegaan op de CO₂-besparing van het initiatief, zowel in de situatie van afblazen als in de situatie van gebruik van CO₂ (CCU). In beide situaties vormt FUREC een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie.

Deze beschouwing gaat uit van de situatie dat de geproduceerde koolstofdioxide wordt afgenomen en ingezet door derden. Deze inzet betreft geen opslag (CCS) maar inzet als grondstof (CCU).

a) De stoffen, mengsels of voorwerpen zijn bestemd om te worden gebruikt voor specifieke doelen; Beoogd is koolstofdioxide te produceren met als doel deze koolstofdioxide in te zetten als grondstof door derden, zoals in de glastuinbouw of in de chemische industrie (bijvoorbeeld de productie van ureum en melamine).

b) Er is een markt voor of vraag naar de stoffen, mengsels of voorwerpen; De voor opslag/inzet beschikbare hoeveelheid CO₂ bedraagt ruim 800.000 ton/jaar. Het betreft CO₂ dat in het geproduceerde synthesegas aanwezig is en dat wordt geconcentreerd door het wassen van het synthesegas met Rectisol (methanol). Deze wassing / CO₂-afscheiding is een integraal onderdeel van het huidige ontwerp en leidt naast een sterk geconcentreerde waterstofstroom tot een sterk geconcentreerde CO₂-stroom. In geval van afname van de CO₂ wordt deze bij FUREC op druk gebracht en via pijpleiding getransporteerd.

De markt voor CO₂ is opkomend. Een overzicht van toepassingen van CO₂ is gegeven in onderstaande tabel.¹ Hierbij wordt opgemerkt dat deze beschouwing ziet op CO₂ die bij derden wordt afgezet (en dus niet afgeblazen of opgeslagen). Afname is steeds direct, via pijpleiding. CO₂ die niet wordt afgenomen wordt afgeblazen - dit is opgenomen als uitgangsscenario, is getoetst en is als beter beoordeeld dan de referentiesituatie. Zodoende kan bij het bestempelen van CO₂ als product van FUREC geen sprake zijn van verhoogd risico dat deze stof onbeheerd wordt achtergelaten of ongecontroleerd wordt geloosd of verwijderd.

¹ Verkregen uit '3.N76 - Screening LCA for CCU routes connected to CO₂ Smart Grid - 10 July 2018', CE Delft

Table 2 - Overview of identified prospective utilization application of CO₂ as raw material

CCU technology	TRL	Current (2017) (kt CO ₂)	Near term (5 years) (kt CO ₂)	Long term (10 years) (ktCO ₂)
Horticulture	9	400-500	850-1,000	1,200
Carbonate mineralization	4-8	0	100-200	100-300
Polymer processing	8	-	12-23	30-45
Concrete curing	7-8	-	-	30
Synthetic methanol (including methane)	8	-	-	220
Methanol yield boosting	9	630	900	1,250
Rounded total		~400	~1,000	~1,700

Source: Table from (Ecofys, 2017). 'Methanol yield boosting' is specifically related to methanol production at BIOMCN in Delfzijl.

- c) *De stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen; en*

Voor koolstofdioxide, CAS-nr. 124-38-9, bestaan diverse productspecificaties. De gevraagde concentratie CO₂ wisselt per toepassing volgens CE Delft, zie onderstaande tabel.²

Table 4 - Specification requirements for applications and transportation

	Horticulture*	Mineralisation (Compensatiesteent)	MeOH production	CCS
CO ₂ (vol%)	≥ 99.3%	60%	≥ 99.9%	≥ 99.9%
Pressure (bar(a))	≥ 21	unknown	50 - 100	130

* Specifications as currently met in the OCAP pipeline.

Wanneer de CO₂ van FUREC aan klanten geleverd wordt zal dit op specificatie van de klant zijn. Indien dit specifieke toepassingen betreft waarbij productregelgeving van toepassing is op de door FUREC aangeleverde CO₂ dan zal de CO₂ hieraan voldoen.

- d) *het gebruik van de stoffen, mengsels of voorwerpen heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.*

Koolstofdioxide is vrijgesteld van REACH-registratie omdat vanwege de intrinsieke stoffeigenschappen de risico's die het veroorzaakt op grond van toereikende informatie minimaal worden geacht. De aanwezige verontreinigingen in de CO₂ van FUREC worden niet van dien aard en omvang geacht dat deze de aard van het product veranderen. Het gebruik van de geproduceerde koolstofdioxide heeft zodoende over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.

Bovendien wordt hierbij herhaald dat we spreken over die CO₂ die als grondstof wordt ingezet. In het slechtste geval wordt de geproduceerde CO₂ afgeblazen. Deze emissie is getoetst, aangevraagd en als beter beoordeeld dan de referentiesituatie. Zodoende kan in alle gevallen worden geoordeeld dat gebruik van de koolstofdioxide niet leidt tot een verhoogd risico op zodanig (onverantwoord) gebruik dat nadelige gevolgen voor het milieu en/of de menselijke gezondheid kunnen optreden.

Conclusie

Op basis van voorgaande toelichting wordt geconcludeerd dat de door FUREC geproduceerde en af te zetten koolstofdioxide een product is.

² Verkregen uit '3.N76 - Screening LCA for CCU routes connected to CO₂ Smart Grid - 10 July 2018', CE Delft

2.3 Stikstof

Stikstofgas (N_2) wordt door FUREC geproduceerd uit lucht middels een luchtscheider en niet uit een afvalstof. Dit is een gebruikelijke manier om het product stikstofgas te produceren. De beoordeling 'einde-afval' is daarom niet op stikstofgas van toepassing.

2.4 Zout

Het zout (natrium- en kaliumchloride, circa 80% NaCl en 20% KCl) van FUREC komt vrij bij de proceswaterbehandeling. Het product komt voort uit NaCl en KCl uit het afval dat deels vervluchtigd is in de vergasser, en de resterende chloride die verder volledig is vervluchtigd in de vergasser als HCl. Naderhand wordt door toevoeging van natronloog (NaOH) ter neutralisatie van HCl, additioneel NaCl geproduceerd. De proceswaterbehandeling is ontworpen voor de terugwinning van water en zout. In dit proces worden aanwezige componenten in het proceewater afgescheiden, resulterend in een filterkoek.

Zout (EG nr. 231-598-3, CAS nr. 7647-14-5) is een REACH-geregistreerde stof. Het zout van FUREC zal aantoonbaar gelijk zijn aan een bestaande registratie. Omdat het zout een product is van een terugwinningshandeling hoeft FUREC niet als producent te registreren (REACH art. 2.7 d).

Het zout wordt zoals hierboven beschreven ten dele geproduceerd uit een afvalstof. Omwille hiervan is in onderstaande ingegaan op de voorwaarden voor 'einde- afval'.

a) *De stoffen, mengsels of voorwerpen zijn bestemd om te worden gebruikt voor specifieke doelen;*
Het zout is bestemd als ontdooiingsmiddel. Hiervoor bestaat een specifieke markt, met eigen productspecificaties. Zie ook punt c.

b) *Er is een markt voor of vraag naar de stoffen, mengsels of voorwerpen;*
Het zout is bestemd als ontdooiingsmiddel. Hiervoor bestaat een specifieke markt, met eigen productspecificaties. Zie ook punt c.

c) *De stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen; en*
Het zout zal voldoen aan *NEN-EN 16811-1*, 'Uitvoering voor de winterdienst, Ontdooiingsmiddelen, Deel 1: Natriumchloride - Eisen en beproevingsmethoden'. Hierin is onder andere opgenomen hoe hoog het zoutgehalte dient te zijn, en zijn limieten voor zwavel (sulfaat) en voor metalen gesteld. Het product van FUREC zal hier aantoonbaar aan voldoen. Bovendien zal het zout van FUREC aantoonbaar aansluiten bij een bestaande REACH-registratie (waarin een *substance identity profile* is opgenomen). Natrium- en Kaliumchloride zijn voorts niet in wet- en regelgeving genoemd als stof met beperkte productie of toepassing. Het geproduceerde zout zal zodoende voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor het product geldende wetgeving en normen.

d) *Het gebruik van de stoffen, mengsels of voorwerpen heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.*
De bestaande REACH-registratie brengt de effecten van de stof voor het milieu of de menselijke gezondheid in beeld. Door hierbij aan te sluiten is aangetoond dat over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid optreden bij het gebruik van deze stof.

Conclusie

Op basis van voorgaande toelichting wordt geconcludeerd dat het door FUREC geproduceerde zout een product is.

2.5 Zwavel

De zwavel van FUREC komt vrij bij de Claus-unit. Zwavel is aanwezig in het ingaande afval (typisch 0,5- % droog, zie de acceptatiecriteria in het AV-AO/IC), en vormt in de vergasser H_2S . In de gas clean-up wordt H_2S uit het syngas afgevangen. De Claus-unit is toegevoegd en ontworpen om H_2S om te vormen tot elementair zwavel (S, in vloeibare vorm). De omvang van de productie is ruim 3.000 ton per jaar.

Zwavel (EG nr. 231-722-6, CAS nr. 7704-34-9) is een REACH-geregistreerde stof. De zwavel van FUREC zal aantoonbaar gelijk zijn aan een bestaande registratie. Omdat de zwavel een product is van een terugwinningshandeling hoeft FUREC niet als producent te registreren (REACH art. 2.7 d).

De zwavel wordt zoals hierboven beschreven geproduceerd uit een afvalstof. Omwille hiervan is in onderstaande ingegaan op de voorwaarden voor 'einde- afval'.

a) *De stoffen, mengsels of voorwerpen zijn bestemd om te worden gebruikt voor specifieke doelen;*
Zwavel is een elementaire stof. Als zodanig kent de stof een grote verscheidenheid aan toepassingen. In de chemische industrie wordt zwavel veelvuldig gebruikt als grondstof voor velerlei verbindingen. Belangrijke afnemers van zwavel zijn de productie van zwavelzuur, de rubberindustrie waar het wordt gebruikt voor het vulkaniseren, de productie van kunstmest en de productie van gewasbeschermingsmiddelen.

b) *Er is een markt voor of vraag naar de stoffen, mengsels of voorwerpen;*
Zie punt a). Zwavel kent een grote verscheidenheid aan toepassingen en daarmee een verschillende markten. De huidige wereldwijde zwavelproductie is vrijwel geheel afkomstig van diverse ontzwavelingsprocessen van gas, olie en teerzanden. Het wereldwijde jaarverbruik bedraagt ca. 70 megaton zwavel. Hiervan wordt 80-90% gebruikt voor de productie van zwavelzuur (H_2SO_4). Meer dan de helft van het zwavelzuur gaat naar de productie van fosfaatkunstmest. Het wordt gebruikt om fosfaat vrij te maken uit slecht oplosbare calciumfosfaatverbindingen die voorkomen in fosfaatertsen. Andere belangrijke toepassingen zijn de productie van nylons, pigmenten, explosieven, accu's, gewasbeschermingsmiddelen en de winning van metalen uit ertsen. Naast zwavelzuur wordt de rest van de zwavelproductie afgezet als elementaire zwavel. Deze zwavelvorm wordt veel gebruikt in de pulp- en papierindustrie en voor het vulkaniseren van rubber.³

c) *De stoffen, mengsels of voorwerpen voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen; en*
De zwavel van FUREC zal worden afgeleverd op de specificaties van de klant. In de industrie is een norm van > 99 massa-% zwavel gebruikelijk. De techniek van FUREC (Claus-unit) is dezelfde als die gebruikelijk is bij de ontzwaveling/zwavelproductie in de olie- en gasindustrie (de huidige grootste producent van elementair zwavel). FUREC gaat er daarom vanuit gebruikelijke industriestandaarden te halen. Bovendien zal de zwavel van FUREC aantoonbaar aansluiten bij een bestaande REACH-registratie (waarin een *substance identity profile* is opgenomen).
Zwavel is voorts niet in wet- en regelgeving genoemd als stof met beperkte productie of toepassing. De geproduceerde zwavel zal zodoende voldoen aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor het product geldende wetgeving en normen.

³ *Alterra, Wageningen UR, '30 vragen en antwoorden over zwavel', 2016*

d) *Het gebruik van de stoffen, mengsels of voorwerpen heeft over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid.*

De bestaande REACH-registratie brengt de effecten van de stof voor het milieu of de menselijke gezondheid in beeld. Door hierbij aan te sluiten is aangetoond dat over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid optreden bij het gebruik van deze stof.

Conclusie

Op basis van voorgaande toelichting wordt geconcludeerd dat de door FUREC geproduceerde zwavel een product is.

2.6 Metalen (metaalschroot)

Metalen (metaalschroot) komen vrij bij het breken van de verkoolde SRF-pellets. De verkoolde (getorreficeerde) SRF-pellets bevatten typisch 2-3% metalen. Deze metalen zitten (door de torrefactie) doorgaans gevangen in agglomeraten. Zodoende worden de verkoolde pellets eerst grof gemalen (gebroken), waarna magnetische en eddy current technieken de metalen verwijderen.

De metalen betreffen ferro en non-ferro metalen. Zoals opgenomen in de massabalans in het MER betreft dit vooral ferro-metalen (ijzer en staal, ruim 2.000 ton/jaar) en in mindere mate non-ferro (ruim 1.000 ton/jaar), waarvan met name aluminium.

De metalen van FUREC komen voort uit de hierboven beschreven mechanische bewerkingen. Dit zijn in de industrie gebruikelijke technieken voor het afscheiden van metalen. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de voorafgaande torrefactie van de SRF-pellets een temperatuur behaalt van maximaal 400 °C en zodoende geen effect heeft op de samenstelling van aanwezige metalen (e.g. smeltpunt aluminium 660 °C, koper 1080 °C, ijzer 1535°C).

Het is in het belang van de syngasproductie dat de afscheiding van metalen nauwkeurig gebeurt, waarbij alle metalen en alleen de metalen worden afgescheiden zodat al het resterende materiaal zo veel en zo zuiver mogelijk naar de voeding van de vergasser kan worden gevoerd.

Het metaalschroot wordt teruggewonnen uit een afvalstof (SRF-pellets). Voor metaalschroot bestaan Europese einde-afvalcriteria. De criteria zijn opgenomen in Verordening (EU) Nr. 333/2011 (ijzer-, staal- en aluminiumschroot) en Verordening (EU) Nr. 715/2013 (koperschroot). Enkele belangrijke punten zijn de volgende:

- IJzer- en staalschroot: 98% zuiver
- Aluminiumschroot: 90% zuiver
- Koperschroot: 98% zuiver
- Metaalschroot wordt ingedeeld overeenkomstig specificatie van klant of industrie of norm voor rechtstreeks gebruik bij de productie van metalen stoffen of voorwerpen door staalfabrieken of gieterijen.

De metalen zullen voldoen aan de criteria genoemd in de EU-verordeningen, en worden geleverd op specificatie van klant of industrie of norm voor rechtstreeks gebruik bij de productie van metalen stoffen of voorwerpen door staalfabrieken of gieterijen.

Conclusie

Op basis van voorgaande toelichting wordt geconcludeerd dat de door FUREC teruggewonnen metalen een product zijn.

2.7 Slak

Tijdens de vergassing komen de inerte delen, dat wil zeggen anorganische, niet-brandbare componenten van de voeding, samen als slak in de onderkant van de vergasser. Deze slak is geheel verglaasd en bestaat voor meer dan 98% uit metaaloxides (voornamelijk SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , FeO ; zie de deelstroomsamenstelling in bijlage M7). Door de glasstructuur zijn aanwezige componenten, waaronder niet-vluchtige zware metalen zoals Cu, V, Mn, Co, Cr en Ni, volledig ingekapseld. Aanwezige componenten zijn daardoor slecht-uitloogbaar. De vaste slakken vormen zich in het waterbad aan de onderkant van de vergasser, in het slakkenbad waar ook het quenchwater in samenkomt. De slakken worden met een sluis uit het slakkenbad gevoerd en opgeslagen. De productie van slak bedraagt ruim 120.000 ton per jaar.

In 2020 heeft RWE in een testopstelling proeven laten uitvoeren. De proeven betreffen de vergassing van getorreficeerd en vermalen RDF. Dit is qua samenstelling gelijkaardig aan het materiaal zoals FUREC Chemelot zal accepteren. Onder andere de samenstelling en het uitlooggedrag van de gevormde slak in deze testopstelling zijn geanalyseerd. De testresultaten zijn opgenomen in bijlage 1.

Door de stofsamenstelling en verglaasde structuur is het materiaal steenachtig. Dit wordt onderbouwd door onderzoek gepresenteerd in bijlage 2, wat ingaat op een vergelijking tussen het uitlooggedrag van slak van afvalvergassing, slak van steenkoolvergassing en natuursteen. De opgenomen grafiek laat zien dat deze drie soorten slak/steen op verschillende componenten een wisselend resultaat hebben, maar over het geheel op alle componenten gelijkaardig zijn. Geconcludeerd wordt dat slak van afval een vergelijkbaar uitlooggedrag heeft als slak van steenkool en als het beschouwde natuursteen.

De beoogde toepassing van de slakken is als grond/bouwstof, bijvoorbeeld ter vervanging van fijn grind. Wanneer de daadwerkelijke slak uit de installatie beschikbaar is zal deze worden geanalyseerd. Omdat de toepassing van invloed kan zijn op het gedrag van de stof wordt – indien van toepassing - niet alleen de zelfstandige slak maar ook de slak in het gebruikte medium (zoals beton) geanalyseerd. Hiervoor zal toetsing plaatsvinden aan kwaliteitscriteria (Beoordelingsrichtlijn, BRL), productcriteria (EN) en milieucriteria. In Nederland wordt voor secundaire grondstoffen voor beton en/of asfalt vaak gekozen voor het opstellen van een CROW-CUR Aanbeveling, waarin ondermeer het toepassingsgebied en de hiervoor geldende eisen voor de grondstof worden beschreven. Basis hiervoor is een omvangrijk geschiktheidsonderzoek. Hiervoor wordt een gespecialiseerd onderzoeksinstituut ingezet.

Het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) hanteert voorts de volgende definitie van een bouwstof: *‘materiaal dat is bestemd om te worden toegepast, waarin de totaalgehalten aan silicium, calcium en aluminium tezamen meer dan 10 gewichtsprocent van dat materiaal bedragen, met uitzondering van vlakglas, metallisch aluminium, grond of baggerspecie.’*

Verder borgt het Bbk de milieukwaliteit van bouwstoffen. Alle bouwstoffen in de hele bouwstoffenketen moeten voldoen aan maximale samenstellings- en emissiewaarden. De maximale samenstellings- en emissiewaarden zijn opgesteld voor stoffen die vaak in bouwstoffen voorkomen en die invloed hebben op de kwaliteit van de bodem. De maximale samenstellings- en emissiewaarden zijn te vinden in Bijlage A van de Regeling bodemkwaliteit 2022.

De einde-afvalstatus van bouwstoffen is in algemene zin nader besproken in een briefrapport van het RIVM.⁴

⁴ *Einde-afval bij afvalwater en bouwstoffen, RIVM Briefrapport 607710004/2014, J. Spijker, E. van der Grinten*

De bouwstof valt bovendien onder stoffenwetgeving REACH. Dit betekent dat RWE de stof zal registreren of zal aansluiten bij een reeds bestaande registratie.

Conclusie

Op basis van voorgaande toelichting is het aannemelijk dat de geproduceerde slak nuttig kan worden toegepast, als grond of bouwstof. Onder genoemde voorwaarden wordt geconcludeerd dat de door FUREC geproduceerde slak als product kan worden aangemerkt zodra dit is aangetoond met de genoemde analyses passend bij de beoogde toepassing.

2.8 Filterkoek

Filterkoek ontstaat in de proceswaterbehandeling, als gevolg van precipitatie (neerslag) en filtratie. Er vinden twee soorten precipitatie plaats: grove en fijne precipitatie.

Grove Precipitatie

Verontreinigingen (veelal fijne slakdeeltjes) worden uit het proceswater gehaald middels precipitatie (neerslag). Hiervoor wordt gebruik gemaakt van coagulatie en flocculatie. Coagulatie betreft het neutraliseren van de negatieve lading van de verontreinigingen door een positieve lading met een toegevoegde chemische stof, een zogenaamde coagulant (in dit geval ijzerchloride). Door deze ladingneutralisatie stoten de deeltjes elkaar niet langer af, maar klonteren samen. Deze samengeklonterde deeltjes zullen bezinken en kunnen daardoor uit het proceswater worden verwijderd. Door aan het water vlokvormers (flocculant) toe te voegen wordt dit proces versneld. Het bezinksel (filterkoek) dat hier wordt verkregen bestaat voor ca. 10% uit koolstof dat niet geconverteerd is in de vergasser. Het overige deel bestaat uit slak en is inclusief aanwezige zware metalen. De filterkoek die hier ontstaat gaat terug naar de voeding van de vergasser, zodat zoveel mogelijk koolstof wordt geconverteerd.

Fijne Precipitatie

In de fijne precipitatie vindt een laatste filtratie plaats, waaruit eveneens een filterkoek ontstaat. Deze filterkoek bestaat voornamelijk uit dezelfde metaaloxides als de slak, echter met sterk verhoogde concentraties (zware) metalen. De metalen Cu, Pb, Zn, Sb en Sn maken >95% uit van de milieutechnisch relevante zware metalen (zie ook onderstaande tabel, links). De chemische samenstelling van de filterkoek lijkt sterk op die van zink erts, zoals blijkt uit onderstaande tabellen; links de samenstelling van de filterkoek, gemaakt tijdens de vergassingstest in 2020 (zie bijlage 1) en rechts de samenstelling van Shalkiya reservoir zinkerts (Rusland; zie bijlage 3). Daarom wordt afzet van de filterkoek in de metallurgische industrie als realistisch gezien, waarbij waardevolle metalen kunnen worden gerecycled.


 PROJECT: RWE IRDF GSP PROJECT NO: 158-2019	Process water analysis	REVISION: 1
	Torrefied RDF	DATE: 2021-01-13
	RWE (IRDF) –Tests	

Table 3 Results of X-ray fluorescence analysis of process water solids, original, pulverized (< 10 µm)

	NKV158-76	NKV158-77
<i>Main elements in wt.-%</i>		
Na	0.91	0.82
Mg	1.17	1.13
Al	5.68	5.50
Si	6.45	6.07
P	0.71	0.72
S	2.38	2.17
K	0.14	0.15
Ca	0.33	0.34
Ti	14.71	13.73
Fe	1.08	0.93
<i>Trace elements in ppm</i>		
Cl	1379	1489
V	82	66
Cr	458	397
Mn	1698	1236
Co	61	57
Ni	158	123
Cu	3472	3310
Zn	17690	17750
As	172	176
Se	11	9
Sr	527	469
Mo	95	86
Cd	75	90
Sn	5641	5934
Sb	3078	3489
Ba	1955	1677
Pb	3146	3086
Sum trace elements in ppm	37743	37767
Total in wt.-%	42.5	38.5

Table 1
Chemical composition of lead-zinc ore sample

Component	Content, %
SiO ₂	40.15
TiO ₂	0.10
Al ₂ O ₃	2.00
FeO _t	2.47
CaO	19.21
MgO	8.71
MnO	0.09
K ₂ O	0.66
Na ₂ O	<0.02
P ₂ O ₅	0.05
S _t	2.80
Cl	0.08
C _{org}	1.11
CO ₂	16.63
Cr	0.02
Cu	0.01
Zn	4.13
Pb	1.21
Total	99.43

Of de status van de filterkoek als product kan worden aangemerkt kan in dit stadium niet met zekerheid worden vastgesteld. RWE zal dit in de komende periode onderzoeken.

Conclusie

Omdat de productstatus op dit moment niet met zekerheid kan worden vastgesteld wordt, tot uit vervolgonderzoek nadere inzichten naar boven komen, ervan uitgegaan dat de filterkoek de status van afvalstof heeft.

BIJLAGE 1 – UITLOOGKARAKTERISTIEKEN SLAK

Onderstaande betreft Annex 2 – uitloogkarakteristieken van slak bij het rapport *Final R&D Test Report, Gasification tests for torrefied RDF*, door DBI Virtuhcon in opdracht van RWE (2020).

Sample Number	NKV158-149	NKV158-150	NKV158-151			
Date	5.2.20	5.2.20	5.2.20			
Sample ID	NKV158-149	NKV158-150	NKV158-151			
Time	12:20	13:20	14:50			
Kind of Sample	mixed slag	mixed slag	mixed slag			
Determination from the eluate	Unit	LOQ	Method			
pH value			DIN 38404-C5 / DIN EN ISO 10	10.9	11.5	11.4
total carbon (TC)	mg/l	12	DIN EN 1484	8.93	9.66	8.1
total organic carbon (TOC)	mg/l	2		5.3	5.2	4.4
total inorganic carbon (TIC)	mg/l	15		< LoD	< LoD	< LoD
chloride	mg/l	0.00	DIN 51727	4.86	2.53	6.48
fluoride	mg/l	0.04	DIN 51723	1.34	0.56	0.80
bromide	mg/l	0.04	DIN 51723	0.16	0.29	0.60
sulphate	mg/l	1.00		17.23	5.71	7.57
sulfide	mg/l	0,1		0.00	0.00	0.00
Phosphat	mg/l	0.1		< LoD	< LoD	< LoD
formiate	mg/l	2		< LoD	< LoD	< LoD
sodium	mg/l	0,012	DIN EN ISO 14911	6.47	3.74	6.96
potassium	mg/l	0,033	DIN EN ISO 14911	1.63	1.03	2.64
lithium	mg/l	0,02	DIN EN ISO 17294-2	< LoD	< LoD	< LoD
barium	mg/l	0,0003	DIN EN ISO 17294-2	0.02	0.14	0.2
lead	mg/l	0,017	DIN EN ISO 17294-2	< LoD	< LoD	< LoD
cadmium	mg/l	0.000	DIN EN ISO 17294-2	-	-	-
manganese	mg/l	0,0001	DIN EN ISO 17294-2	< LoD	< LoD	< LoD
nickel	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	< LoD	< LoD	< LoD
mercury	mg/l	0.000	DIN EN 1483	-	-	-
selenium	mg/l	0,01	DIN EN ISO 17294-2	-	-	-
zinc	mg/l	0,0003	DIN EN ISO 17294-2	< LoD	< LoD	< LoD

BIJLAGE 2 – VERGELIJKEND ONDERZOEK UITLOGING

Vergelijkend onderzoek naar uitloogkarakteristieken van slak van afval, slak van steenkool en natuursteen. Bron: *Noell-Konversionsverfahren zur Verwertung und Entsorgung von Abfällen*, ISBN 3924511829; Jürgen Carl, Peter Fritz; 1996.

Bild 14: Eluatverhalten von Schmelzgranulaten

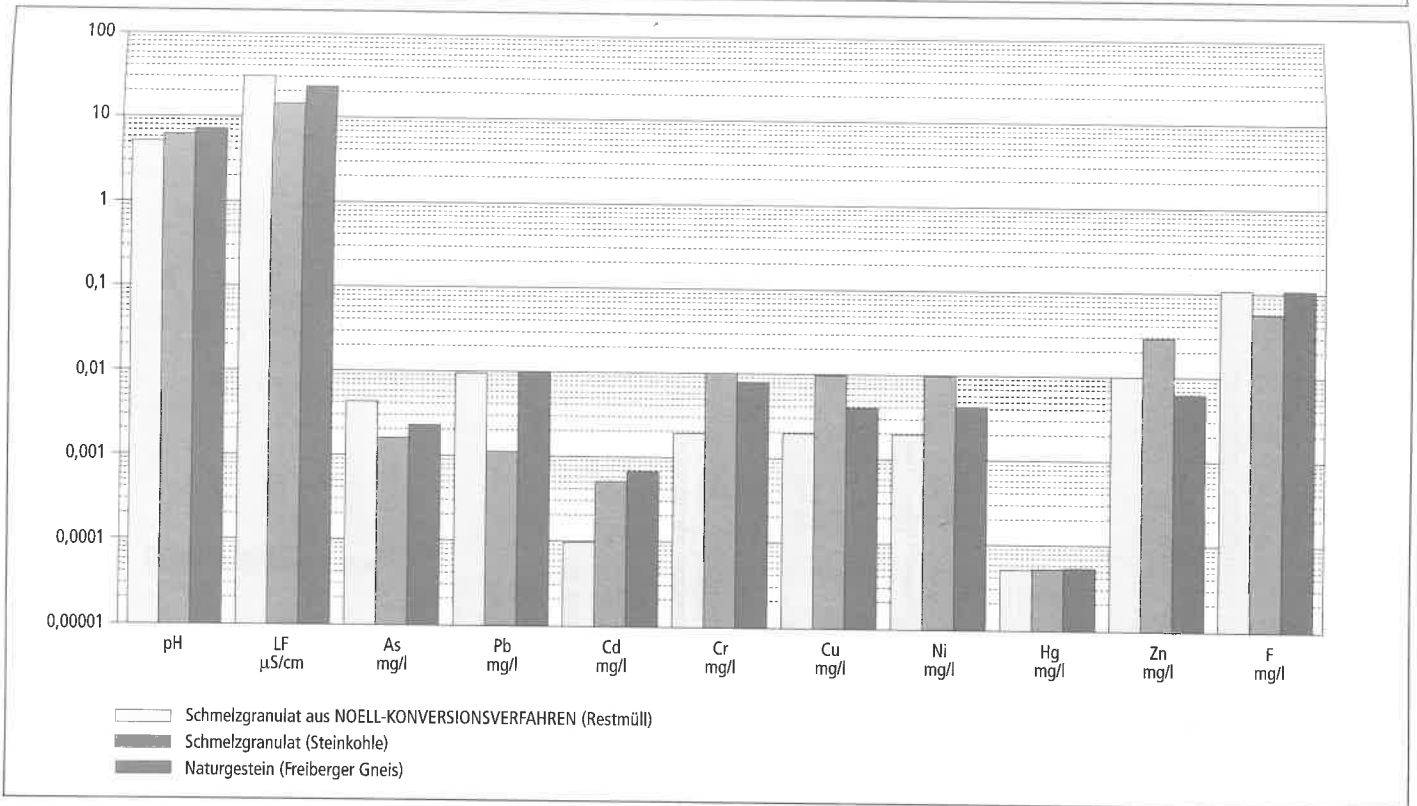
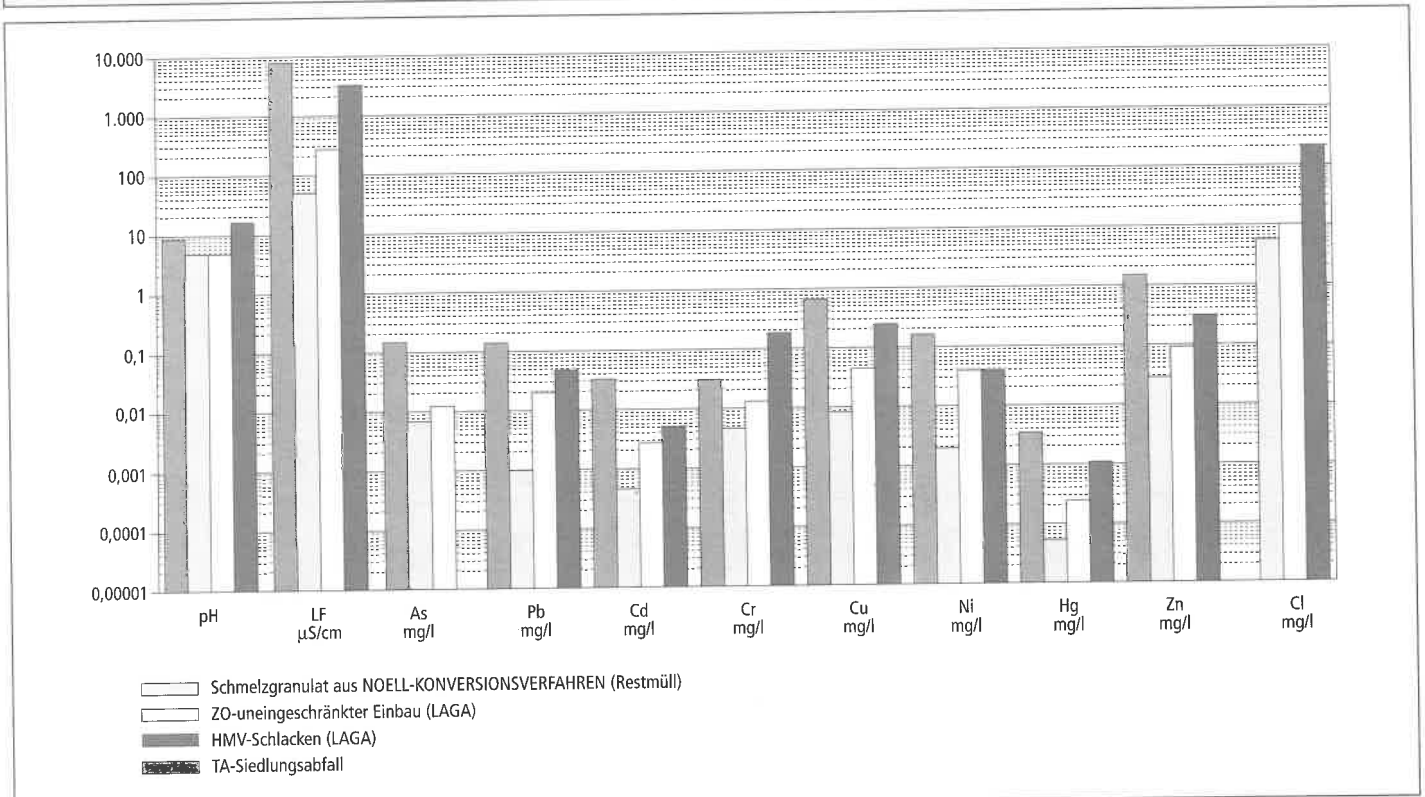


Bild 15: Verhalten von Schmelzgranulaten im Vergleich mit ausgewählten Richtwerten



BIJLAGE 3 – SAMENSTELLING LOOD-ZINKERTS

Study of the material composition of lead-zinc ore of the Shalkiya deposit in order to determine the possibility of its processing; Yushina; Non-ferrous on-Metals, 2022, No. 2, pp. 8–14

Study of the material composition of lead-zinc ore of the Shalkiya deposit in order to determine the possibility of its processing

T. I. Yushina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mineral Processing and Technogenic Raw Materials¹, e-mail: yuti62@mail.ru

A. R. Yergeshev, Post-Graduate Student¹

A. M. Dumov, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Department of Mineral Processing and Technogenic Raw Materials¹

A. R. Makavetskias, Senior Lecturer, Department of Mineral Processing and Technogenic Raw Materials¹

¹NUST MISiS College of Mining, Moscow, Russia.

The need for lead-zinc ore mining and processing has recently increased significantly due to the ever-increasing use of lead and zinc in various industries. Lead-acid batteries alone account for about 80% of lead consumption, while electroplated steel coatings account for about 50% of zinc use. The presence of a significant number of explored but undeveloped deposits allows the Republic of Kazakhstan to develop the mining and processing of lead-zinc ores.

The article presents the results of the material composition's study of lead-zinc ore at the Shalkiya deposit, whose total zinc reserves account for more than 30% of all reserves in the Republic of Kazakhstan and are the fifth largest in the world. Proven and probable reserves amount to 6.5 million tons of zinc by JORC classification.

The proportion of galena in the free particles is 47.42%, sphalerite — 39.52%. The particle sizes of galena and sphalerite are less than 5 and 10 μm , respectively, indicating a low prospect of separation by gravity method, which was confirmed during beneficiation at the spiral separator. Analysis of the material composition showed that the ores of the Shalkiya deposit belong to the category of hard-to-beneficiation ores.

Key words: lead-zinc ore, material composition, galena, sphalerite, particle-size composition, mineralogical analysis

DOI: 10.17580/nfm.2022.02.02

Introduction

Lead and zinc are non-ferrous metals with unique physical and chemical properties. To meet the steadily growing demand of various industries for these metals, producing companies are constantly increasing the volume of mining and processing of lead and zinc ores. Total supplies are expected to peak between 2025–2030 for lead and 2030–2050 for zinc [1].

The world leader in lead production as of 2019 was China (2.1 million tons of lead or 46.7% of global production). The contribution of other leading producers, including Australia, Peru and the United States, was less than 10% of global production in 2019 [2]. According to 2021 data, global refined zinc production (14.13 million tons) shows outstripping growth in comparison with consumption (14.09 million tons) [3]. The main natural sources of lead and zinc are ores from sulfide deposits, and the industrially important minerals of lead and zinc are galena and sphalerite [4, 5].

The main useful minerals in the ores of the Shalkiya deposit are sphalerite, galena and pyrite, which have phenocrysts from dusty to 0.1 mm and are characterized by close intergrowth between themselves, as well as with minerals of waste rock, in particular quartz and carbonates. According to the Brook Hunt research company, total

zinc reserves account for more than 30% of Kazakhstan's reserves and are the fifth largest in the world. According to JORC classification proven and probable reserves amount to 6.5 million tons of zinc. Ore reserves according to categories B+C1+C2 — 127.5 million tons with zinc content of 4.27% and lead of 1.28%. The very fine phenocrysts of lead and zinc minerals are complicated by the presence of carbonaceous matter, which is present both in the host rocks and in the useful minerals. In earlier studies on the development of ore beneficiation technology of the Shalkiya deposit were proposed collective-selective and selective flotation schemes [6–8].

At the same time, the development of beneficiation technology for ores from the Shalkiya deposit is complicated by the following circumstances:

1. Complex mineral composition of ores, thin phenocrysts and close intergrowth of sulfide minerals throughout the ore body.

2. Ore of Shalkiya deposit does not contain valuable by-product components typical for polymetallic ores, but contains harmful impurities in the form of carbonaceous substances, which due to high sorption properties complicate the flotation process and increase reagent consumption. As an example, there is a lack of sufficiently effective processing technology for similar ores at the Zhayrem

(Kazakhstan) and Ozernoye (Russian Federation) deposits [9–13].

1. At the moment there are no effective technologies for beneficiation of high carbonaceous polymetallic ores, as well as selective separation of natural hydrophobic carbonaceous substances and sulfide minerals, including such minerals as galena.

2. Over the last 20 years new deposits of lead and zinc have not been practically developed, as a result of which the tendency of depletion of existing resources can be traced and the task of processing hard-to-beneficiation ores with low content of valuable components is becoming actual. [14, 15].

3. An additional factor which complicates the development of the technology for processing such ores is that it is very difficult to recovery sphalerite from them [16].

Thus, the development of an effective technology for processing hard-to-beneficiation lead-zinc ores requires, first of all, a deep comprehensive study of their material composition and technological properties, including research into the interaction of new reagents with the surface of minerals.

Study of the material composition of lead-zinc ore of the Shalkiya deposit

A comprehensive study of the material composition of lead-zinc ore samples from the Shalkiya deposit included macro- and microscopic studies using optical methods, electron microscopy, local X-ray spectral (microprobe) analysis, atomic emission and mass spectrometric methods with inductively coupled plasma, titrimetric and gravimetric methods, sieve, sedimentation, chemical and assay analysis.

Nikon equipment was used for optical research methods: polarizing microscope ECLIPSE LV100-POL, optical stereo microscope SMZ-1500 equipped with digital photomicrographic system DS-5M-L1 and stereo microscope SMZ-645. The composition of minerals in the briquettes was determined on an MLA 650 (FEI Company) instrumental automatic complex, including an FEI Quanta 600 SEM scanning electron microscope equipped with an X-ray microanalysis system with two detectors.

The content of the main monitored components in the process sample and in individual size classes was determined by X-ray spectral analysis in the IGEM RAS laboratory of mineral matter analysis (certificate of state accreditation № POCC RU. 0001.514143). Granulometric composition of the sample material was determined by the standard wet method using a set of laboratory sieves (GOST 3584–72). The chemical composition of the Shalkiya deposit ore sample is given in **Table 1**.

The main components in the studied sample of ore material are silicon oxide 40.15%, calcium oxides 19.21% and magnesium 8.71%. The main valuable components of industrial interest in this product are lead (content 1.21%) and zinc 4.13%. The ore also contains iron (in terms of FeO 2.47%), organic carbon 1.11%.

Table 1
Chemical composition of lead-zinc ore sample

Component	Content, %
SiO ₂	40.15
TiO ₂	0.10
Al ₂ O ₃	2.00
FeO _t	2.47
CaO	19.21
MgO	8.71
MnO	0.09
K ₂ O	0.66
Na ₂ O	<0.02
P ₂ O ₅	0.05
S _t	2.80
Cl	0.08
C _{org}	1.11
CO ₂	16.63
Cr	0.02
Cu	0.01
Zn	4.13
Pb	1.21
Total	99.43

When analyzing the particle size distribution of the examined samples and the nature of the distribution of the main valuable components into size classes, the main attention was paid to the parameters that determine the predicted technological properties of the ore:

- particle size of the beginning of the liberation of the main valuable minerals;
- optimum particle size of the separation process;
- stadiality of grinding and beneficiation;
- presence of the productive fraction and expediency of its separation;
- expediency (or inexpediency) of ore material deslurrying before the separation process.

The optimum particle size of the separation process is determined by establishing the particle size of the beginning of the liberation, characterized by the prevalence of the content of the valuable component in the class over the initial content, and the particle size of the complete liberation, determined by the maximum excess of its distribution over the yield.

The level of unavoidable losses is determined by the value of the distribution of the valuable component in the size class of less than 0.020 mm; in flotation – less than 0.010 mm.

The expediency of deslurrying is determined by the output of the slurry class, the concentration of the valuable component in it, and the value of the distribution of the valuable component in a given slurry fraction.

The behavior of the associated component in the subsequent separation is determined by the correlation of its content with the content of the main valuable component and, accordingly, by comparing the values of their distribution.

Table 2
Granulometric composition and distribution of main elements in the Shalkiya deposit ore sample, crushed to a –1 mm grain size

Size grade, mm	Yield	Content, %					Distribution, %				
		Zn	Pb	S	Fe	SiO ₂	Zn	Pb	S	Fe	SiO ₂
–1+0.5	44.73	3.26	0.92	2.35	1.54	43.77	39.51	38.89	40.86	40.32	47.75
–0.5+0.25	16.65	3.45	0.88	2.54	1.54	41.66	15.58	13.88	16.43	14.94	16.92
–0.25+0.1	15.85	3.90	1.09	2.77	1.78	42.42	16.77	16.34	17.05	16.49	16.40
–0.1+0.074	2.92	4.56	1.22	3.26	1.94	39.73	3.61	3.39	3.70	3.31	2.83
–0.074+0.044	4.24	4.98	1.30	3.60	2.14	38.45	5.72	5.25	5.93	5.28	3.98
–0.044+0.020	6.28	6.05	1.26	1.76	2.15	29.95	10.31	7.49	4.29	7.89	4.59
–0.020+0.010	3.01	5.15	0.94	1.69	1.98	28.32	4.20	2.70	1.97	3.47	2.08
–0.010+0	6.32	5.41	1.51	1.99	2.04	27.08	9.27	9.07	4.89	7.53	4.17
Initial sample (by balance)	100.00	3.69	1.05	2.57	1.71	41.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Direct measuring		4.12	1.21	2.79	1.91	40.12					

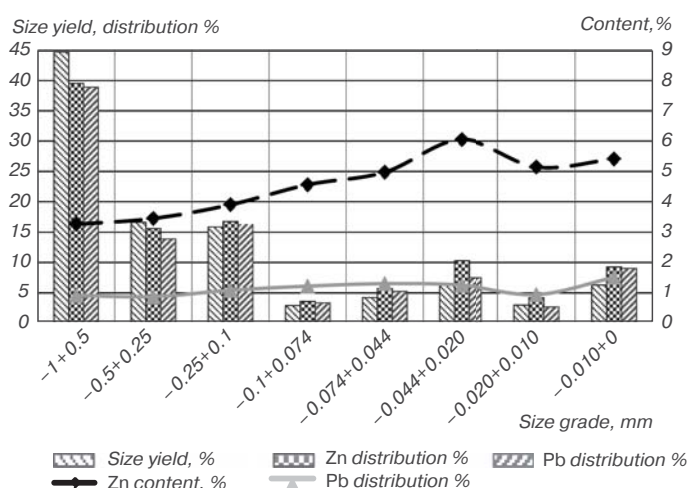


Fig. 1. Distribution by size of Shalkiya deposit ore sample, crushed to 1 mm size; content and distribution in size classes of lead and zinc

Analysis of the particle size distribution of the original ore sample (Table 2, Fig. 1), crushed to a size of –1 mm, showed that the bulk of the sample accounts for a large class –1+0.5 mm (44.73%), a significant yield have classes –0.5+0.25 and –0.25+0.1 mm (16.65 and 15.85%, respectively). The yield of the slurry class –0.044+0 is 15.62%.

According to the results of the analysis it was found that the content of lead and zinc increases with decreasing the size of the ore material. The beginning of liberation of galena is observed in the class –0.25+0.1 mm and has a bimodal distribution character with peaks in the classes –0.074+0.044 and –0.010+0 mm. For sphalerite we can note a unimodal distribution character with a peak in the size class –0.044+0.020 mm.

The Mineral Liberation Analysis (MLA) was carried out on a briquette made from the sample material of the initial ore of the Shalkiya deposit, crushed to a particle size of –0.25 mm. Microphotographs of the surface of the anslip briquette are shown in Fig. 2.

During the automated mineralogical analysis of samples were identified mineral phases grouped into separate mineral

groups, depending on their chemical composition and physical properties (Table 3).

Further description of the analysis results is given according to the final grouping of minerals.

The mineral composition of the sample, calculated on the basis of the data of microscopic studies, X-ray spectral and mass spectrometric analysis, is given in Table 4.

Ore minerals are represented by galena, sphalerite, and pyrite. The host rocks are represented by quartz and carbonates (dolomite and calcite), the ore also contains small amounts of carbonaceous matter, feldspars, and muscovite.

Table 5 shows the distribution of zinc and lead by mineral groups. According to MLA data, the main mineral concentrators of elements are:

- zinc: sphalerite and carbonates with a distribution of 87.44% and 8.04%, respectively;
- lead: galena and carbonates with a distribution of 86.99% and 10.64%, respectively.

The distribution of the main minerals by particle size in the initial sample is shown in Table 6.

Analysis of the distribution of clusters by the number of mineral phases showed that the degree of liberation of lead and zinc sulfides is rather low; the proportion of galena accounted for free particles is 47.42%, sphalerite – 39.52%.

The predominance of the stable mineral association of carbonates with galena and sphalerite among binary clusters should be noted. Among the polymineral clusters with galena and sphalerite, quartz prevails.

Galinite and sphalerite are characterized by a low proportion of fully disclosed particles (no more than 48%).

Analysis of the quality distribution of galena-containing intergrows showed that the mineral in the sample is present in 11.86% of all particles analyzed, of which 9.23% are particles with sphalerite content less than 10%, 1.62% of particles are poor and ordinary clusters, 0.27% are rich clusters and 0.74% are free particles. The main distribution of the mineral falls on free particles (47.42%), rich (15.60%) and ordinary clusters (12.17%), amounting in total to 75.19%. But it should be noted that the grain size of free galena particles is less than 5 μm and this re-

duces the contrast for the gravitational separation process. Sphalerite (up to 6.16%) and carbonates (up to 14.41%) are present in the mineral composition of galena-rich matrixes, which can lead to higher zinc, calcium and magnesium contents in the lead concentrate

An analysis of the quality distribution of sphalerite-containing particles showed that the mineral is present in

the sample in 33.87% of all particles analyzed, 21.30% of which are particles with sphalerite content less than 10%, 8.18% of particles are poor and ordinary clusters, 1.65% are rich clusters and 2.74% are free particles. The main distribution of the mineral falls on free particles (39.52%) and rich (21.00%) and ordinary clusters (17.56%), amounting in total to 78.08%. The size of free sphalerite

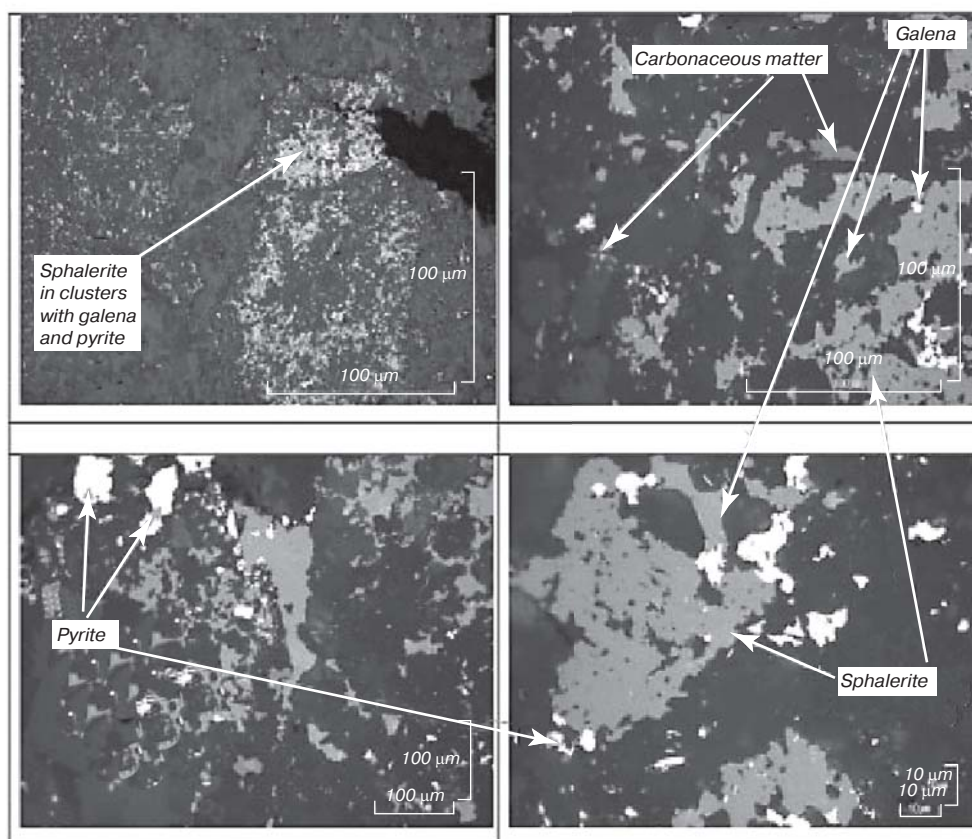


Fig. 2. Image of the polished section of an ore sample from the Shalkiya deposit in reflected light

Table 3

Mineral groups after mineral combining (according to MLA)

Mineral group	Minerals in the group
Galena	Galena
Sphalerite	Sphalerite, sphalerite + muscovite
Sulfides (pyrite, chalcopyrite, tennantite)	Pyrite, pyrite + sphalerite, pyrite + quartz, chalcopyrite, tennantite
Smithsonite	Smithsonite
Quartz	Quartz, quartz + smithsonite + siderite, orthoclase, oligoclase, quartz + muscovite, oligoclase, quartz + dolomite, quartz + calcite, quartz + sphalerite, quartz + siderite + muscovite + dolomite, quartz + orthoclase + galena.
Carbonates	Calcite, dolomite, calcite + feldspars, ankerite, calcite + quartz, dolomite + muscovite, dolomite + quartz + muscovite + galena + smithsonite, dolomite + orthoclase, dolomite + quartz, calcite + smithsonite, dolomite + muscovite + siderite, calcite + dolomite, smithsonite + rhodochrosite.
Mica and clay minerals (muscovite, kaolinite, chlorite)	Muscovite, muscovite + calcite, kaolinite, muscovite + sphalerite, muscovite + galena + sphalerite, chlorite, muscovite + galena, smithsonite + muscovite + galena, muscovite + pyrite.
Iron hydroxides	Goethite + galena + siderite + smithsonite, hydrogoethite + kaolinite + carbonates, hydrogoethite + carbonates.
Other barren minerals	Apatite, baryte, iron scrap, epidote, rutile, aluminum scrap

particles is less than 10 μm . The mineral composition of sphalerite-rich clusters contains quartz (up to 8.43%), carbonates (up to 6.67%), sulfides (up to 4.94%) and mica (up to 3.31%), which may lead to higher concentrations of quartz, calcium, magnesium and iron in zinc concentrate.

Table 4
Mineral composition of the sample

Mineral Group	Content, wt. %
Galena	1.57
Sphalerite	6.94
Sulfides (FeS_2 , CuFeS_2 , $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)	4.28
Smithsonite	0.02
Quartz	38.13
Carbonates	43.97
Mica and clay minerals (muscovite, kaolinite, chlorite)	3.38
Iron hydroxides	0.23
Other barren minerals	0.17
Carbonaceous matter	1.30
Total	100.00

Table 5
Distribution of zinc and lead by main mineral groups (according to MLA data)

Mineral group	Distribution, %	
	Zn	Pb
Galena	–	86.99
Sphalerite	87.44	–
Sulfides (FeS_2 , CuFeS_2 , $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)	0.30	–
Smithsonite	0.24	–
Quartz	0.02	0.13
Carbonates	8.04	10.64
Mica and clay minerals (muscovite, kaolinite, chlorite)	3.87	1.98
Iron hydroxides	0.09	0.26
Total	100.00	100.00

Table 6
Distribution of minerals by particle size (according to MLA data)

Mineral	Distribution (%) by particle size (μm)								
	up to 5	5–10	10–20	20–44	44–74	74–100	100–250	250–500	over 500
Galena	33.94	16.23	12.67	13.51	7.91	4.03	8.38	3.33	–
Sphalerite	15.01	18.86	16.38	14.71	11.50	7.30	13.15	3.09	–
Sulfides (FeS_2 , CuFeS_2 , $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)	17.75	22.00	17.13	18.72	13.97	8.95	1.48	–	–
Smithsonite	8.14	10.23	17.07	0.92	–	40.35	23.29	–	–
Quartz	3.58	6.55	8.00	10.63	11.43	10.10	40.38	9.14	0.19
Carbonates	9.85	13.10	14.41	14.38	10.09	7.31	25.30	5.56	–
Mica and clay minerals (muscovite, kaolinite, chlorite)	21.29	20.59	13.43	11.50	10.09	6.20	15.69	1.21	–
Iron hydroxides	8.63	14.82	19.13	10.23	31.00	5.60	10.59	–	–
Other barren minerals	12.98	20.84	27.44	25.96	5.52	2.88	4.38	–	–

Analysis of the distribution of clusters by the open surface share of galena showed that almost all particles containing galena are closed and almost closed (9.94% out of 11.86% with a mineral distribution of 19.66%). The bulk of the mineral (up to 80.33) is distributed in open and partially open clusters, which account for only 1.92% of the 11.86% of particles containing galena. It should be noted that fully exposed galena particles (with a mineral distribution of up to 47.53%) have a particle size of less than 5 μm , which can lead to lower flotation recovery.

The analysis of the distribution of clusters according to the open surface share of sphalerite showed that the bulk of the particles containing sphalerite are closed (22.80%) and almost closed (33.87%); the distribution of the mineral in them is 12.65%. The bulk of the mineral (up to 87.35%) is distributed in open and partially open clusters, which account for 11.07% of the 33.87% of sphalerite-containing particles. Up to 41.68% of sphalerite is distributed in completely open particles, but their particle size is less than 10 μm .

The results of mineralogical analysis showed that the ore of the Shalkiya deposit is very likely to be difficult to beneficiation. Mainly, it is caused by very fine embedding of particles of valuable minerals, significant number of clusters and, to a lesser degree, the presence of carbonaceous material. When grinding to the size required for the liberation of clusters, the reciprocal activation of galena and sphalerite surface is very likely, which can lead to deterioration of the selective flotation process. The direction of further research should be chosen taking into account the use of new highly selective reagents and the development of combined beneficiation schemes.

To assess the quantitative characteristic of recoverable sufficiently rich in galena clusters we carried out experiments on preliminary beneficiation of ore after coarse crushing to the size of -0.25 mm by gravity method on the “CBIII-500” spiral separator. The indicators are given in Table 7.

We managed to recover 6.16% of lead (product content 30.61%) into gravity concentrate with a yield of 0.27%, but

Table 7
Results of preliminary beneficiation at the spiral separator

Product	Yield, %	Content, %		Recovery, %	
		Zn	Pb	Zn	Pb
Concentrate	0.27	10.51	30.61	0.59	6.16
Middlings 1	10.07	10.97	2.16	22.66	15.98
Middlings 2	50.19	3.76	1.04	38.73	38.21
Light suite	39.46	4.70	1.37	38.02	39.65
Initial ore	100.00	4.88	1.36	100.00	100

Table 8
Flotation results

Product	Yield, %	Content, %		Recovery, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
Main Pb concentrate	12.67	4.38	4.35	52.75	14.84
Control Pb concentrate	6.38	2.42	5.03	14.71	8.65
Main Zn concentrate	15.31	0.82	14.89	11.89	61.45
Control Zn concentrate	4.41	0.62	8.15	2.59	9.69
Tailings	61.23	0.31	0.32	18.06	5.36
Initial ore	100.00	1.05	3.71	100.00	100.00
Total lead concentrate	19.05	3.72	4.58	67.46	23.50
Total zinc concentrate	19.72	0.78	13.38	14.48	71.14

Table 9
Reagent flotation mode

Process	Reagents, consumption (g/t)
Grinding up to 88% of the 0.074 mm class	CaO (150); Na ₂ S (200); ZnSO ₄ (150)
Main lead flotation (pH = 9), time – 10 min.	CaO (30); Na ₂ SiO ₃ (150); Na ₂ S (400); FlotentGL3G (reagent substitute of cyanide (NaCN), 450); Basf DP-OMC-1078 (carbonaceous material depressor, 150); ZnSO ₄ (500); Potassium butylxanthate (150); Oxal (30)
Control lead flotation, time – 7 min.	CaO (10); Na ₂ SiO ₃ (50); Na ₂ S (200); FlotentGL3G (50); Basf DP-OMC-1078 (30); ZnSO ₄ (60); Potassium butylxanthate (5); Oxal (5)
Basic zinc flotation (pH = 10.5), time – 8 min.	CaO (400); CuSO ₄ (700); Potassium butylxanthate (80); Aeroflot (20)
Control zinc flotation, time – 10 min.	CaO (500); CuSO ₄ (100); Potassium butylxanthate (70); Aeroflot (20)

zinc recovery was only 0.59% (at 10.51% content). Almost the same zinc content was observed in the first middlings (10.97%) with a recovery of 22.66%. Thus, it is shown low efficiency of processing lead-zinc ore, crushed to a particle size of -0.25 mm, using gravity pre-beneficiation on the “CBIII-500” spiral separator, but the feasibility of gravity beneficiation should be proved or disproved in further experiments on beneficiation of Shalkiya deposit ore

and technical and economic calculations, taking into account the complexity of the technological scheme, the need for additional equipment, etc.

Experiments were also carried out according to the direct selective flotation scheme to assess the quantitative characteristic of lead and zinc recovery into the respective concentrates and to estimate the level of losses of target metals with flotation tailings. The results of preliminary flotation studies are shown in **Table 8**, the reagent mode — in **Table 9**.

As a result of flotation of ore crushed to a particle size of 87–88% –0.074 mm, up to 67.46% of lead is extracted in the total lead concentrate, and up to 71.14% of zinc is extracted in the zinc concentrate. Based on the results of the analysis of the material composition, gravity and flotation studies it is proposed to use the scheme of direct selective flotation for beneficiation of lead-zinc ores of Shalkiya deposit.

Conclusion

The main components in the studied sample of lead-zinc ore are silicon oxide – 40.15%, calcium oxides – 19.21% and magnesium 8.71%. The main valuable components of commercial interest in this raw material are lead (content 1.21%) and zinc – 4.13%. According to the results of sieve analysis, the content of lead and zinc increases with a decrease in the particle size of the ore material. The beginning of galena liberation is observed at the –0.25+0.1 mm class and has a bimodal distribution with peaks at the –0.074+0.044 and –0.010+0 mm classes. For sphalerite, we can note a unimodal distribution with a peak at the particle size class –0.044+0.020 mm.

According to MLA data, the main element-concentrating minerals are:

- zinc: sphalerite and carbonates, 87.44% and 8.04% distribution, respectively;
- lead: galena and carbonates, 86.99% and 10.64% distribution, respectively.

The fraction of galena in the free particles is 47.42%, sphalerite – 39.52%. The particle sizes of galena and sphalerite in free particles are less than 5 and 10 microns, respectively, which indicates a low perspective of separation by gravity methods, which was confirmed by the results of beneficiation on the spiral separator.

A high fraction of galena and sphalerite has a completely open surface, with most of the particles being less than 10 μm in size. A complex analysis of the material composition of the Shalkiya deposit ores made it possible to characterize them as hard-to-beneficiation ores.

References

1. Sverdrup H. U., Olafsdottir A. H., Ragnarsdottir K. V. On the Long-Term Sustainability of Copper, Zinc and Lead Supply, Using a System Dynamics Model. *Resources, Conservation & Recycling: X*. 2019. Vol. 4. 100007.

2. Minerals and Metals Facts. Lead facts. The Official Website of the Government of Canada: URL: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/lead-facts/20518> (Accessed: 23.11.2022).
3. Mineral Commodity Summaries 2022. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf> (Accessed: 23.11.2022).
4. Indian Minerals Yearbook. 2019. Part-II: Metals and alloys. 58th ed. Lead & Zinc (Advance Release). URL: https://ibm.gov.in/writereaddata/files/10142020122001Lead_Zinc_2019_AR.pdf (Accessed: 23.11.2022).
5. Betekhtin A. G. Course of Mineralogy. 4th ed. Moscow: KDU, 2007. 721 p.
6. Shalkia Deposit. URL: <https://tks.kz/mestorozhdenie-shalkiya/> (Accessed: 23.11.2022).
7. Mitryaeva N. M., Iskakova G. A. Material Composition and Technological Properties of Shalkia Ores. *Geologiya i poleznye iskopaemye Yuzhnogo Kazakhstana*. 1988. No. 8. pp. 149–155.
8. Development of Technology for the Benefication of Pb – Zn Ores of the Shalkiya Deposit with the Production of Pb and Zn Concentrates with the Issuance of Recommendations for Implementation. Research Report/VNIITSVETMET. No. 6-03-35-Ust-Kamenogorsk, 2003.
9. Gredelj S., Zanin M., Grano S. R. Selective Flotation of Carbon in the Pb – Zn Carbonaceous Sulphide Ores of Century Mine, Zinifex. *Minerals Engineering*. 2009. Vol. 22, Iss. 3. pp. 279–288.
10. Pan Z., Xiong J., Cui Y., Wei Q., Jia W., Zhang Z., Jiao F., Qin W. Effect Mechanism of Carbonaceous Materials on the Flotation Separation of Lead – Zinc Ore. *Separation and Purification Technology*. 2022. Vol. 294. 121101.
11. Chen X., Liu S., Peng Y. A New Approach to Selectively Reject Naturally Hydrophobic Gangue in the Flotation of Base Metal Sulphide Minerals. Mining, *Metallurgy & Exploration*. 2021. Vol. 38, Iss. 2. pp. 713–720.
12. Ruchkin G. V., Konkin V. D. Pb–Zn deposits of Eastern Russia. *Rudy i Metally*. 2010. No. 1. pp. 82–91.
13. Smaylov B. B. Development of a Method for Assessing the Benefication Capacity and Modeling Notation Schemes for Processing Hard-to-Beneficiate Lead-Zinc Ores. A Dissertation ... Candidate of Technical Sciences. Moscow: IPKON RAN, 2018. 182 p.
14. Nayak A., Jena M. S., Mandre N. R. Benefication of Lead-Zinc Ores – a Review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 2022. Vol. 43, Iss. 5. pp. 564–583.
15. Schodde R. The Long Term Outlook for the Global Exploration Industry – Gloom or Boom. Geological Society of South Africa GeoForum 2013 Conference. 2nd-5th July 2013, Johannesburg. URL: <https://minexconsulting.com/wp-content/uploads/2019/04/Long-Term-Outlook-for-Exploration-Schodde-GSSA-Conf-July-2013-FINAL.pdf> (Accessed: 23.11.2022).
16. Mudd G. M., Jowitt S. M., Werner T. T. The World's Lead-Zinc Mineral Resources: Scarcity, Data, Issues and Opportunities. *Ore Geology Reviews*. 2017. Vol. 80. pp. 1160–1190.