

Tentamen ta3290 – 15 januari 2009, 9-12 uur

Dit tentamen bevat 6 vragen, op 8 pagina's. U mag gebruik maken van schrijfmateriaal, rekenmachine en het periodiek systeem dat staat afgedrukt achteraan dit tentamen. Lees de vragen vooraf door en deel de beschikbare tijd in voor de vragen. U start met 10 punten, en kunt met de vragen nog eens 90 punten behalen.

DEEL I – LEVENSCYCLUSANALYSE

1. **LCA Achtergrond (9 pt)** – Gemiddeld komt zink in een concentratie van 65 g/ton voor. Canada bevat de grootste zinkmijnen, omdat 90% van alle bewezen voorraden zich daar bevinden. De belangrijkste binding waarin zink voorkomt is sfaleriet (ZnS) en heeft meestal een bruinzwarte kleur, afhankelijk van de hoeveelheden en soorten onzuiverheden. De belangrijkste onzuiverheid is ijzer in de vorm FeS. Zwavel in beide verbindingen moet worden verwijderd en dat gebeurt onder hoge temperaturen met een overmaat zuurstof. Daarbij ontstaat SO₂. De ontstane zinkbinding (ZnO) wordt daarna verder verwerkt.
Een bedrijf weegt af van zinkproductie middels reductie in horizontale naar verticale distilleerkolven over te stappen. Het huidige installatie is van verouderd een verouderd type en erg inefficiënt. Arbeiders voeden de installatie met batches van 0.5 ton van de zinkbinding (ZnO), waarvan 60% reageert tot puur zink. De nieuwe installatie in verticale opstelling voorkomt vele problemen en heeft niet de noodzaak tot het opereren in batches.
 - a. Waarvoor staat LCA?
 - b. Wat zijn de vier belangrijkste stappen in een LCA? Geef kort aan hoe de stappen samenhangen.
 - c. Noem een nadeel dat je met een LCA zou kunnen onderbouwen van het werken in batches een waardoor de overstap naar de verticale kolven is gerechtvaardigd.
 - d. Kan je verklaren waarom de huidige installatie, ondanks zijn slechte prestaties, nog in gebruik is?

2. **LCA ontwerp (18 pt)** – Het bedrijf wil een LCA laten uitvoeren met als doel een vergelijking te maken in de milieuwinst tussen de huidige en de voorgestelde nieuwe centrale.
 - a. Kun je een ander doel verzinnen waarvoor eenzelfde LCA zou worden uitgevoerd?
 - b. Beargumenteer en kies een geschikte functionele eenheid voor de LCA. Waar moet een functionele eenheid aan voldoen? Waarom is het kiezen van een functionele eenheid cruciaal voor de LCA?
 - c. Welke processtappen zou je meenemen in de LCA? Waarom? Teken een globale procesboom van die stappen. Benoem ook de afbakening die je maakt (bijv. cradle-to-grave)

Naast zink komt (onder andere) ook as uit de centrale. Als een proces meerdere outputs heeft krijg je bij het ontwerpen van de LCA te maken met de notie van *allocatie*. Ga er voor onderstaande vragen vanuit dat *alleen* zink en as worden geproduceerd.

- d. Wat is allocatie?
- e. Noem twee fundamenteel verschillende allocatiemethodes en geef een voorbeeld van beiden.
- f. Heb je hier te maken met allocatie? Welke allocatie zou je hier toepassen?

Interpretatie en presentatie van de uitkomsten is cruciaal voor de opdrachtgever.

- g. Noem in het kader van interpretatie en presentatie een manier waarmee de conclusie kan worden beïnvloed. Wat zou voor de opdrachtgever aanleiding zijn om die manier toe te passen in deze casus.
- h. Welke rol zou een verbeteranalyse kunnen hebben in deze LCA?

3. **LCA uitvoering (18 pt)** – Zink wordt ook hergebruikt. Belangrijke secundaire zinkbronnen zijn stof van staalproductie, residu van zinkelektrolyse en slakken. In een LCA studie naar het gieten en recyclen van zink, wordt onder andere naar verschillende zinkmixen vergeleken. Zie Figure 1, waar de resultaten staan beschreven voor vier verschillende mixen, van 100% primair tot 100% gerecycled zink. In de scores zijn onder andere de milieu-impacts opgenomen van klimaatverandering en verzuring.
- a. Noem vijf voorbeelden van data met verschillend karakter die je nodig hebt in deze LCA. Geef voor elk van die data aan hoe je die zou verzamelen.
 - b. Hoe kun je een vergelijking maken tussen twee impacts op een zelfde milieuthema, bijvoorbeeld twee verschillende stoffen die bijdragen aan verzuring? Kan je in Figure 1 zien of hiervan gebruik maken?
 - c. Hoe kun je een vergelijking maken tussen de impacts op verschillende milieuthema's? Neem als voorbeeld een emissie die bijdraagt aan verzuring en één die bijdraagt aan klimaatverandering. Kan je in Figure 1 zien of hiervan gebruik maken?
 - d. De verticale as in het plaatje is niet benoemd. Kun je bedenken welke eenheid op die as zou kunnen staan?
 - e. Kies een standpunt en beargumenteer of relatieveer de conclusie van deze studie dat het recyclen van zink veel milieuwinst oplevert en noodzakelijk is. Hoe zou een verbeteranalyse je standpunt kunnen onderbouwen?

DEEL II – ECONOMIE

Zinc is found as sulfide ore, in open pit (8%), underground mines (80%) and combined mining operations (12%). A head grade of zinc ore of 3-9% is common, which is typically concentrated at the mine to 50%.

The majority of zinc ore (80%) is processed with the hydrometallurgical Roasting-Leach-Electrowinning route (RLE-route). This can be divided into three steps: (i) roasting (ii) leaching (iii) electrolysis. Roasting comprises calcining (oxidizing) the concentrate in a fluid bed roaster. Leaching is done in a neutral leach, where the oxides are dissolved in dilute sulphuric acid. In a second step, further leaching is completed to increase zinc recovery and to remove iron as a residue. The zinc recovered is recycled to the first leach. The zinc oxide solution from the first leach is purified using zinc dust and subjected to electrolysis.

With time, technological capability has advanced as summarized in below table, which states the maximum capacities for a single processing unit.

Table 1: RLE-route to zinc – information

<i>Process</i>	<i>Max. Capacity 1990</i>	<i>Max. Capacity 2009</i>
	<i>(in ton Zinc ore per day)</i>	<i>(in ton Zinc ore per day)</i>
Concentration (to 50% Zn)	5000	20000
	<i>(in ton Zinc per day)</i>	<i>(in ton Zinc per day)</i>
Roasting	400	1600
Leaching	200	800
Secondary Leaching	200	800
Electrolysis	100	200

The second leach step produces residues such as jarosite, hematite and goethite that cannot be processed and pose a huge environmental problem due to the other metals contained.

4. (7 pt) Investering in kapitaal intensieve bedrijfsmiddelen zoals de hierboven beschreven ontwikkeling van een nieuwe zinkmijn en bijbehorende installaties zijn vaak complex en worden niet alleen gekenmerkt door een groot investeringsbedrag.
- Wat zijn de belangrijkste karakteristieken van een groot investeringsproject? Noem minimaal **acht** verschillende karakteristieken.
 - Een investeringsproject kent in het algemeen **zes** fasen van ontwikkeling. Welke fasen zijn dit? Geef per fase een korte omschrijving van de belangrijkste activiteiten?
 - Noem een tweetal dominante risico's die zich voordoen bij een dergelijk grootschalig investeringsproject
5. (10 pt) – In 2007, CanZinc started development of a new, very promising Canadian zinc mine that contains a relatively high-grade ore, 12wt% Zn. The Canadian Plant Cost Index for 2009 equates to 512. The previous mine developed by CanZinc contains 4 wt% zinc ore. The investment in a concentration plant built in 1990 for that mine to process 20.000 t/day zinc ore amounted to 200 Million Cn\$. At the time, the Canadian Plant Cost Index was 358.
- Calculate a first +/- 50% “order-of-magnitude” capital cost estimate for a zinc concentration plant with 1600 ton zinc/day processing capacity for your new mine
 - What other costs will need to be covered by the revenue obtained from zinc-concentrate sold?
 - Stel dat de rentevoet te verwaarlozen is en de fabriek in 20 jaar wordt afgeschreven. Vanaf welke prijs van zinkconcentraat gaat CanZinc dan iets verdienen?
6. (10 pt) Een van de belangrijkste criteria bij een grootschalige investering is te bepalen in hoeverre deze rendabel is.
- Geef de definitie van cashflow
 - Noem twee methoden om via cash-flows het rendement te berekenen en licht deze toe.
 - Bij de berekening of een investering rendabel is, wordt gerekend met de zgn. vermogenskostenvoet (of ook wel WACC). Wij zouden graag willen weten of het volgende investeringsvoorstel voor een bestaande zinkfabriek rendabel is. Geef daarbij ook je berekeningen weer en motiveer je uitkomst:
 Levensduur van het project is 5 jaar
 WACC is 12%
 Jaarlijkse besparing (cash flow) = €100.000,-
 Aanvangsinvestering is € 350.000,-

7. **(10 pt)** – Zinc production using the RLE-route usually implies that these plants are designed and constructed as a single, integrated facility. As a vertically-integrated producer, CanZinc's development will include a new RLE-complex.
- Advising the management of CanZinc in 2007, on the basis of the information given, what method or combination of methods would you use to arrive at a first capital cost estimate for a new production complex that processes the zinc concentrate? Why?
 - You know the investment for the RLE complex in 1990 amounted to 500 million Cn\$. Use the method selected under a), where you correctly use all information given in table 1 to arrive at your estimate for 2009.
 - Explain possible underlying (technological) reasons why the advancement in maximum scale and economy-of-scale between (roasting, leaching) and electrolysis differ.
8. **(8 pt)** – Around the world, more than half the volume of zinc produced is used to galvanize steel, an important constituent of automobiles. In 2007, CanZinc repeatedly was approached by major steel corporations to engage in long-term contracts for the delivery of zinc.
- Make a concise diagram depicting the zinc value chain.
 - Discuss the zinc value chain, where you indicate cost and revenue distribution over the players involved.
 - What impacts do you foresee from the current financial crisis on these players?
 - What actions of CanZinc do you expect with respect to their new project?