

Tentamen ta3290
22 januari 2010
9-12 uur

Aanwijzingen:

- U mag gebruik maken van:
 - schrijfmateriaal
 - rekenmachine
 - periodiek systeem (afgedrukt achteraan dit tentamen).
- Het tentamen heeft betrekking op het systeem aluminium.
- Op de laatste pagina vindt u een korte systeembeschrijving.
- Lees de vragen vooraf door en deel de beschikbare tijd in voor beantwoording van de vragen.
- Gebruik de informatie uit de systeembeschrijving!

Dit tentamen bevat 6 vragen, op 5 pagina's.

DEEL I - LEVENSCYCLUSANALYSE

1. (12 points) **LCA achtergrond en milieubeleid**
 - (a) Waarvoor staat LCA?
 - (b) Wat zijn de vier belangrijkste stappen in een LCA? Geef kort aan hoe de stappen samenhangen.
 - (c) Noem twee verschillende partijen waarvoor een LCA voor aluminiumproductie kan worden uitgevoerd. Noem drie aspecten waarop een LCA zal verschillen voor die twee opdrachtgevers.
 - (d) Milieubeleid is door de afgelopen decennia heen ontwikkeld op Europees, nationaal en regionaal niveau en bestaat uit een scala aan regels, voorschriften en beleidsinstrumenten. Beschrijf drie verschillende soorten maatregelen die overheden in milieubeleid voor aluminium kunnen toepassen.
 - (e) Licht toe of en hoe LCA deze maatregelen kan ondersteunen/onderbouwen.
 - (f) Een beroemde formule voor milieu-impact is $I = P \times A \times T$ (IPAT). Licht de termen in deze formule toe.
 - (g) Beschouw de relatie tussen IPAT en LCA.
2. (15 points) **LCA ontwerp** – Lees de systeembeschrijving over aluminium en beantwoord daarmee onderstaande vragen. Er wordt een LCA ontwerp gemaakt om de afweging te maken welke bron van bauxiet moet worden gebruikt voor aluminium.
 - (a) Teken op basis van de gegevens een systeemdiagram van het de volledige aluminiumketen waarin de functie van het systeem en de systeemafbakening duidelijk zichtbaar zijn. 1) Inventariseer alle stromen. 2) Beschrijf de belangrijkste keuzes die je daarmee hebt gemaakt.
 - (b) In LCA's staat de functionele eenheid centraal. Wat is een functionele eenheid?
 - (c) Kies een geschikte functionele eenheid voor de analyse van het beschreven systeem. Laat zien hoe deze functionele eenheid samenhangt met het hiervoor getekende systeemdiagram.
 - (d) Welke belangrijke ontwerpkeuzes voor de LCA vergroten de haalbaarheid van de analyse?
 - (e) Noem een mogelijke aanbeveling op basis van een dergelijke LCA.
3. (18 points) **LCA uitvoering** – Transport over water staat momenteel in de belangstelling in verband met het gebrek aan milieuregelgeving omtrent de emissies die daarbij plaatsvinden. Een internationale LCA studie vindt plaats om meer inzicht te krijgen in de aluminiumproductie. Voor het transport van bauxiet worden stookolie en diesel gebruikt en vinden diverse emissies plaats, waaronder CO_2 en SO_2 .
 - (a) Teken een systeemdiagram van deze stap.
 - (b) Breng in je diagram onderscheid tussen economische stromen en milieustromen. Waarom wordt in de LCA dit onderscheid gemaakt?
 - (c) Wat is allocatie? Wanneer moet je in beginsel alloceren?
 - (d) Noem twee fundamenteel verschillende allocatiemethodes en geef een voorbeeld van beiden.
 - (e) Heb je hier te maken met allocatie? Zo ja, geef aan hoe je zou alloceren. Zo nee, waarom niet?

- (f) Noem drie 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.
- (g) Hoe kun je in LCA's een vergelijking maken tussen CO_2 en SO_2 emissies?
- (h) Geef een voorbeeldberekening, waarin je laat zien hoe dit werkt.
- (i) Geef een onderbouwde aanbeveling voor de opdrachtgever van deze studie of en hoe je deze vergelijking zou willen maken.

DEEL II - ECONOMIE

Brazauxite - in 2008 heeft Brazauxite besloten tot de ontwikkeling van een nieuwe bauxietmijn in Brazilië - Trombetas. De Raad van Bestuur van Brazauxite wil dat dit één van de grootste bauxiet operaties wordt waarmee vanaf 1 januari 2011 tweewekelijks één ertstanker van 100.000 ton kan worden gevuld. De bouw van de fabriek begint in 2009. De South American Plant Cost Index (SAPCI) voor 2009 is gelijk aan 430.

Brazauxite heeft al een mijn in exploitatie in het Surinaamse Moengo, een fabriek die in 1980 is opgeleverd en in bedrijf gesteld voor een investering van omgerekend 200 Miljoen USD. Het bauxiet dat deze fabriek produceert wordt tweewekelijks met één schip met 20.000 ton laadvermogen afgevoerd. De SAPCI in 1980 was 190. Brazauxite is van plan de nieuwe mijn en fabriek met evenveel mensen in bedrijf te houden als op de locatie Moengo - de totale loonkosten bedragen daar 5 miljoen USD per jaar. De overigen operationele kosten bedragen op beide locaties eveneens 5 miljoen USD per jaar.

4. (15 points) **Investeringsbeslissing**

- (a) Beschrijf kort de verschillende fasen van besluitvorming voor een miljoenenproject bij een bedrijf als Brazauxite
- (b) Noem twee andere typen kosten dan investering en rente te maken bij realisatie van een nieuwe fabriek (niet:operationele kosten).
- (c) Maak geschikte aannames en bereken een eerste +/- 50% orde-van-grootteinvesteringsschatting voor de opwerkingsfabriek bij de nieuwe mijn van Brazauxite.
- (d) Brazauxite zou deze schatting kunnen verfijnen door gebruik van de Functional Unit Methode (FUM)
 - i. Er is nog een andere investeringsschattingmethode die informatie vraagt op apparatuur niveau. Welke methode is dat?
 - ii. Geef de formule waarmee de investeringsschatting volgens FUM berekend wordt
 - iii. Bevat de beschrijving het Bayer proces (zie laatste pagina's) voldoende informatie voor het bepalen van de zgn. Complexity Factor? Beargumenteer.
 - iv. In hoeveel en welke functional units zou u het proces opdelen voor het bepalen van een schatting met FUM? Beargumenteer.

5. (18 points) **Investeren en financieren** - Neem aan dat de nieuwe fabriek van Brazauxite 500 miljoen USD kost. Om de fabriek te kunnen financieren heeft Brazauxite al in 2008 een langlopende lening van 500 miljoen USD afgesloten bij een grote bank, die dat bedrag op 31 december 2008 aan Brazauxite heeft overgemaakt. Vanaf 1 januari 2009 betaalt het bedrijf 5% rente aan de bank. In 2009 wordt de helft van de investering gerealiseerd en ontvangt Brazauxite voor een overeenkomstig bedrag aan rekeningen van haar leveranciers die ze in hetzelfde jaar betaalt; in 2010 volgt de andere helft. Vanaf 1 januari 2011 gaat Brazauxite de lening terugbetalen in 10 gelijke jaartermijnen. Brazauxite schrijft al haar fabrieken in 20 jaar af.

- (a) Op de balans van Brazauxite van 2007 staat totaal 5 miljard USD aan activa en passiva. Het eigen vermogen is 2 miljard USD.
- i. Geef twee voorbeelden van typen activa die normaliter op de balans staan
 - ii. Is eigen vermogen een activum of passivum?
 - iii. Welke post(en) verschijnen en/of verdwijnen er ivm de lening van 500 miljoen USD op de balans van 2008?
 - iv. Welke post(en) verschijnen en/of verdwijnen er ivm de lening van 500 miljoen USD op de balans van 2009?
- (b) De nieuwe fabriek en de kasstroom van Brazauxite:
- i. Geef een definitie van kasstroom
 - ii. Welke effect hebben de investerings- en financieringsactiviteiten op de kasstroom in 2008? (benoem de posten die in het kasstroomoverzicht zullen verschijnen of verdwijnen)
 - iii. Idem in 2009 (en 2010)
6. (12 points) **Rendement investeringen** - Ondernemingen zijn op zoek naar investeringen die voldoende rendement opleveren.
- (a) Stel dat de rentevoet te verwaarlozen is en Brazauxite haar fabrieken in 20 jaar afschrijft.
- i. Bereken de prijs van bauxiet waarbij Brazauxite met haar nieuwe fabriek net quitte speelt, i.e. de winst /verlies rekening voor de fabriek in 2011, 2012 etc. komt precies uit op 0. Neem weer aan $I = 500$ miljoen USD.
 - ii. Hoe groot is in dit geval de ROI?
 - iii. Hoe groot is bij deze prijs de kasstroom van de nieuwe fabriek in 2011? (Stel de prijs op 30 USD/ton als u ze niet heeft kunnen berekenen)
 - iv. Hoeveel winst of verlies genereert Brazauxite bij deze prijs in 2011 met haar oude fabriek in Suriname?
 - v. Hoe groot is bij deze prijs de kasstroom van de oude fabriek in 2011 in Suriname?
 - vi. Als de kasstroom van de nieuwe fabriek in 2011 en daarna 50 miljoen USD positief is, wat is dan de terugverdientijd?

ALUMINIUM

Aluminium *Al* wordt geproduceerd uit aluminiumoxide of bauxiet, Al_2O_3 , dat weer wordt geproduceerd uit bauxieterts.

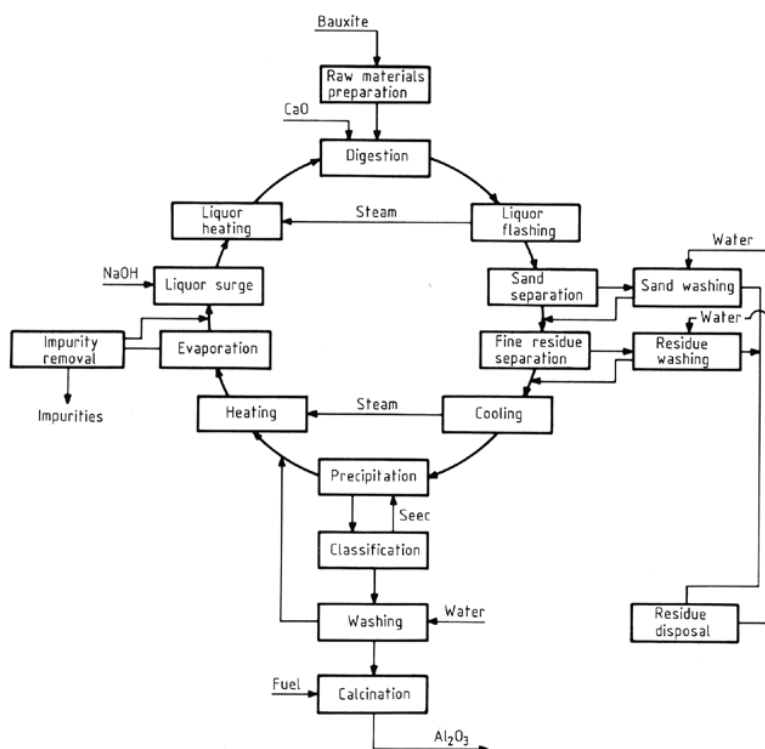
1 Bauxiet

De wereldvoorraden bauxiet bevinden zich onder meer in Australië, Brazilië en Suriname. De samenstelling van bauxieterts verschilt per regio

Land en locatie	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Loss on ignition
Australië (Darling Range)	37	26.5	16.4	1.1	19.3
(Weipa)	58	4.5	6.9	2.5	26.8
Brazilië Trombetas	52	5.1	13.9	1.2	28.1
Suriname (Onverdacht)	59	4.3	3.1	2.5	30.9
(Moengo)	54	4.2	10.4	2.8	28.9

2 Bayer Proces

Gezien de samenstelling van bauxieterts zal Al_2O_3 hieruit moeten worden geëxtraheerd. Dit gebeurt al meer dan 100 jaar in het zgn. Bayer proces. Daarin worden het erts opgelost in in natronloog, een oplossing van $NaOH$ bij verhoogde temperatuur. Waar Al_2O_3 bij verhoogde temperatuur goed oplost, zijn de meeste overige bestanddelen van het erts redelijk inert voor natronloog. De silica SiO_2 lost wel op, maar vormt in oplossing een zout dat neerslaat. Daarmee is het mogelijk een voldoende zuivere natrium-aluminaat oplossing te maken, de fysieke verontreinigingen af te scheiden en puur $Al(OH)_3$ te verkrijgen uit de afgekoelde oplossing.



Figuur 1: Bayer Process (bron:Ullmann Encyclopedia of Chemical Technology)

Het Bayer proces is qua opzet al 100 jaar hetzelfde; wel is in de loop van een eeuw een enorme schaalvergroting mogelijk gemaakt. Hieronder staat het flowsheet van het proces. Zoals uit het schema blijkt wordt voorbereid, vermalen erts toegevoerd aan een kringproces waar met natronloog de $Al(OH)_3$ wordt afgescheiden. Dat wordt vervolgens in een oven gecalcineerd tot Al_2O_3 .

De verwerking van bauxiet tot Al_2O_3 vindt veelal plaats bij de mijn. Naast Al_2O_3 levert het proces ook een grote afvalstroom op, de zogenaamde red mud die veelal ongezuiverd op (lokale) rivieren wordt geloosd.

3 Hall Hérault proces

De produktie van primair aluminium vindt plaats door middel van elektrolyse in het zgn. Hall Hérault proces. Hierin wordt bauxiet opgelost in cryoliet, een anorganische fluorverbinding met verhoudingsformule Na_3AlF_6 . In het proces wordt ongeveer 0.5 kg koolstof anode per kg Al geconsumeerd. Een aluminiumsmelter bestaat uit een serie van elektrolytische cellen, waarvan gemiddeld elke drie jaar de 'lining' vervangen moeten worden. Daarbij komt een flinke hoeveelheid vast ovenafval vrij. Aluminiumsmelters zijn tevens een bron van vluchtige anorganische fluoriden, die een sterke broeikasgaswerking hebben. Daarom heeft een moderne aluminiumsmelter een installatie voor het zuiveren van afgassen.

Aluminiumsmelters staan veelal op plaatsen waar goedkope elektriciteit beschikbaar met hoge leveringszekerheid. "Although the Hall-Hérault process has gained industrial dominance, it has several inherent disadvantages. The most serious are the large capital investment required and the high consumption of costly electrical power. There are also the costs of the Bayer alumina refining plant and of the carbon anode plant. Many of the aluminum-producing countries must import alumina or bauxite. The supply of petroleum coke is limited." (Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology).

4 Periodiek System der Elementen

1 1A																	18 8A										
1 H 1.008	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	2 He 4.003										
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18										
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95										
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80										
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Ge 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3										
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0											
87 Fr (223)	88 Ra 226	89 Ac (227)	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108 Uno	109 Une	110 Uun	111 Uuu	112 Uub	81 Tl 204.4	82 Sn 207.2	83 Bi 209	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)										
58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0	90 Th 232.0	91 Pa (231)	92 U 238.0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

Figuur 2: Periodiek System der Elementen