

TU Delft
Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Subfaculteit Civiele Techniek
Sectie Gezondheidstechniek

Tentamen CTgz3420 - Gezondheidstechniek

Datum : 22 augustus 2006
Tijd : 09.00 - 12.00

Er zijn 5 vragen die even zwaar zullen worden gewogen. Bij alle vragen staat voorop dat u inzicht moet tonen in de materie. Motiveer steeds uw antwoord en vraag u af of het antwoord compleet is.

Indien er onduidelijkheden zijn betreffende de vraagstelling, meld deze dan om verwarring te voorkomen.

Gebruik voor iedere vraag een apart antwoordvel. Voorzie ieder vel van uw naam en studienummer.

Overzicht vragen

1. Verontreiniging en zelfreiniging
2. Waterchemie
3. Drinkwater
4. Afvalwater
5. Riolering

Algemene gegevens

Tabel 1 - Atoommassa van de belangrijkste elementen in de waterchemie.

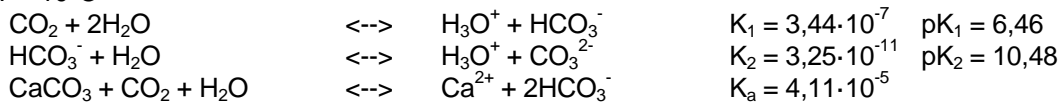
Element	Atoommassa	Element	Atoommassa
H	1	S	32
C	12	Cl	35,5
N	14	K	39
O	16	Ca	40
F	19	Mn	55
Na	23	Fe	56
Mg	24	As	75
Al	27	Pb	207
P	31		

Tabel 2 - Dynamische en kinematische viscositeit als functie van de temperatuur.

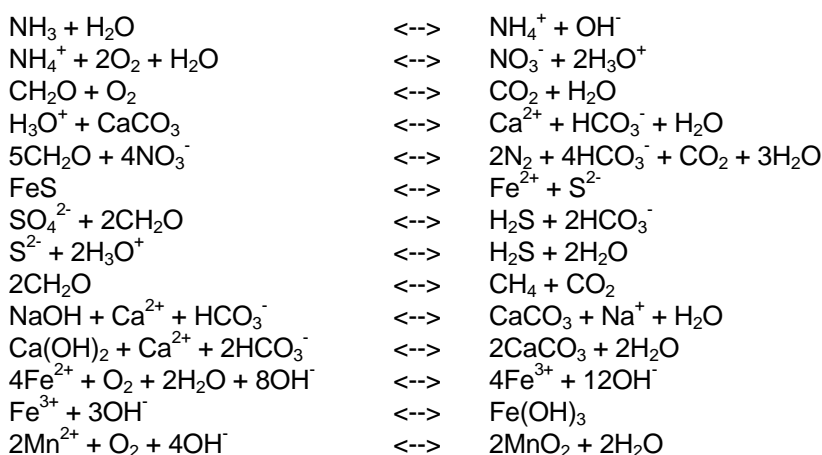
Temperatuur [°C]	Dynamische viscositeit [10^{-3} Pa·s]	Kinematische viscositeit [10^{-6} m ² /s]
0	1,79	1,79
5	1,52	1,52
10	1,31	1,31
15	1,15	1,15
20	1,01	1,01
25	0,90	0,90
30	0,80	0,80

Relevante formules waterchemie:

bij T = 10°C



Gasuitwisseling: $\frac{dc}{dt} = k_2 \cdot (c_s - c), \quad \frac{c_s - c}{c_s - c_0} = e^{-k_2 \cdot t}$



Toelaatbare oppervlaktebelasting zandvangens = 40 m/h

Tabel 3 - k_D -waarden voor verschillende gassen als functie van de temperatuur.

k_D	0°C	10°C	20°C
Stikstof	0,023	0,019	0,016
Zuurstof	0,049	0,039	0,033
Methaan	0,055	0,043	0,034
Kooldioxide	1,710	1,230	0,942
Zwavelwaterstof	4,690	3,650	2,870
Tetrachlooretheen	-	3,380	1,880
Trichlooretheen	-	4,100	2,390
Chloroform	-	9,620	5,070

Tabel 4 – Samenstelling lucht in volumeprocenten bij 10°C en onder atmosferische druk (101325 Pa).

Gas	Samenstelling [volumeprocenten]
Stikstof	78,084
Zuurstof	20,948
Argon	0,934
Koolzuur	0,034
Methaan	0,0001

Vraag 1

Een fabriek is gelegen aan een riviertje in een natuurgebied. Om de belasting van het riviertje met afvalstoffen te verminderen, beschikt de fabriek over 2 (calamiteiten)bassins met ieder een netto inhoud van 1000 m^3 . Als er een calamiteit optreedt kan het afvalwater van de fabriek door deze bassins stromen voordat het wordt geloosd op het riviertje. De vraag is nu hoe deze bassins ingezet moeten worden om de vuilvracht naar het riviertje zo klein mogelijk te maken. Er zijn hierbij 3 mogelijkheden:

1. De bassins worden parallel bedreven, d.w.z. dat de afvalwaterstroom gelijkelijk verdeeld wordt over beide bassins.
 2. De bassins worden in serie bedreven, d.w.z. dat de totale afvalwaterstroom eerst door het ene bassin stroomt en vervolgens door het andere.
 3. De bassins worden intermitterend bedreven, d.w.z. dat ze leeggepompt worden na een calamiteit en weer gevuld bij de volgende calamiteit.
-
- 1.1 Bereken de evenwichtsconcentratie in het effluent bij de parallelle bedrijfsvoering, bij een continue lozing van $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ met een concentratie van 100 mg/l en een afbraakcoëfficiënt van 1d^{-1} .
 - 1.2 Wat wordt de evenwichtsconcentratie in het effluent bij dezelfde lozing wanneer de bassins in serie bedreven worden?
 - 1.3 Wanneer de basins eenmalig gevuld worden met 1000 m^3 van hetzelfde afvalwater (intermitterende bedrijfsvoering), wat wordt dan de concentratie in de bassins na 1 dag en na 10 dagen?

In de praktijk zal het dikwijls onbekend zijn hoe vaak, hoe lang en hoeveel afvalwater vrijkomt bij calamiteiten.

- 1.4 Wat voor praktijkadvies kunt U desalniettemin geven voor de optimale bedrijfsvoering van de bassins? Ga in op seriële, parallelle of intermitterende bedrijfsvoering, afhankelijk van bedrijfssituatie.

Vraag 2

De koningsbron bij Spa in de Ardennen heeft de volgende watersamenstelling:

CO_2 = 440 mg/l

HCO_3^- = 610 mg/l

Ca^{2+} = 200 mg/l

2.1 Bereken de pH van het water

De bron bestaat uit een onderaardse grot waar het water uit de spleten van het kalksteen naar beneden drupt. Neem aan dat het water in kalk-koolzuurevenwicht is. Bij het vallen van de waterdruppels daalt vervolgens de concentratie van het CO_2 naar 220 mg/l.

2.2 Hoeveel kalksteen kan zich nu gaan afzetten, ervan uitgaande dat de CO_2 concentratie 220 mg/l blijft?

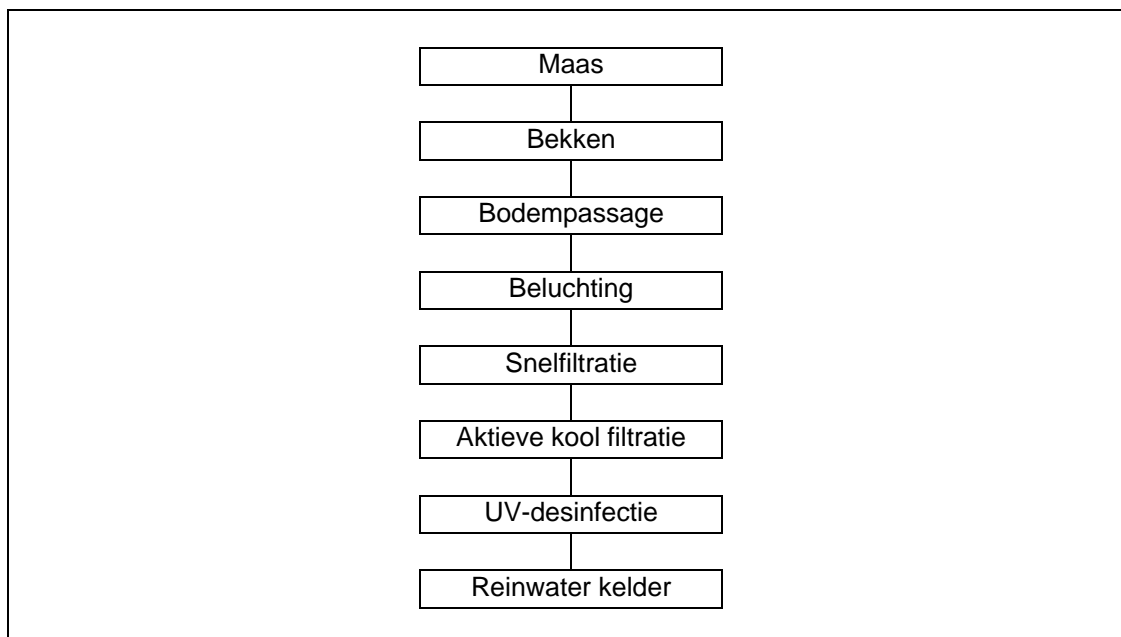
Aan het plafond vormt zich een stalactiet met een oppervlak van 1 m^2 . Het soortelijk gewicht van CaCO_3 bedraagt 2600 kg/m^3 . Het debiet van de bron bedraagt $1 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.3 Bereken de groeisnelheid van de stalactiet in m/jaar (neem aan dat zich 100 mg/l kalksteen afzet)

2.4 Is het mogelijk om van het water van de koningsbron (CO_2 -gehalte = 220 mg/l) Spa Rood te maken (CO_2 -gehalte = 4000 mg/l)? Zo ja, welk natuurkundig/fysisch principe ligt hieraan ten grondslag en hoe kan het gerealiseerd worden?

Vraag 3

De WML bouwt momenteel bij Heel in Limburg een groot oppervlaktewaterproject waarvan in afb. 1 het zuiveringsschema is gegeven. De samenstelling van het Maaswater staat weergegeven in tabel 5.



Afb. 1 – Zuiveringsschema oppervlaktewaterproject Heel.

Tabel 5 – Gemiddelde waterkwaliteit van de Maas.

Parameter [eenheid]	Waarde	Parameter [eenheid]	Waarde
Temperatuur [°C]	13,5	IJzer [mg/l]	0
Zwevende stof [mg/l]	13	Mangaan [mg/l]	0
Troebelheid [NTU]	10	Ammonium [mg/l]	0
pH [-]	7,7	Atrazine [µg/l]	0,18
Chloride [mg/l]	61	Diuron [µg/l]	0,22
Calcium [mg/l]	63	Koloniegetal, 22°C [n/ml]	3000
Waterstofcarbonaat [mg/l]	100	E-coli's [n/100 ml]	4800
Zuurstof [mg/l]	9,7		
Koolzuur [mg/l]	1,0		

- 3.1 Wat zijn de functies van het bekken en geef aan welke parameters in welke mate beïnvloed worden?
- 3.2 Wat zijn de functies van de bodempassage en geef aan welke parameters in welke mate veranderen?
- 3.3 Wat zijn de functies van de beluchting/snelfiltratie en geef aan welke parameters in welke mate veranderen?
- 3.4 Wat zijn de functies van de actieve koolfiltratie en geef aan welke parameters in welke mate veranderen?
- 3.4 Wat zijn de functies van de UV-desinfectie en geef aan welke parameters in welke mate veranderen?
- 3.6 Het gezuiverde water wordt door middel van een "slagader" door geheel Limburg getransporteerd naar bestaande grondwaterpompstations. Noem hiervan enkele voor- en nadelen.

Vraag 4

De waterlijn van een RWZI van 150.000 i.e bestaat uit de volgende onderdelen:

- grofrooster – capaciteit max. 6.000 m³/h
- vijzelgemaal – 3 vijzels, elk 2.000 m³/h
- gootzandvanger – 3 goten, elk 2m·25m·0,9m (breedte·lengte·diepte)
- fijnrooster – 3 stuks, elk 2.000 m³/h
- voorbezinking – 2 ronde tanks, elk 44m·2m (diameter·zijwaterdiepte)
- beluchting – totaal volume 15.000 m³; slibgehalte 4 g/l
- nabezinking – 4 ronde tanks, elk 49m·2m (diameter·zijwaterdiepte)

Het dagdebiet bedraagt 21.000 m³/d; de maximale aanvoer is 6.000 m³/h

Tabel 6 – Watersamenstelling

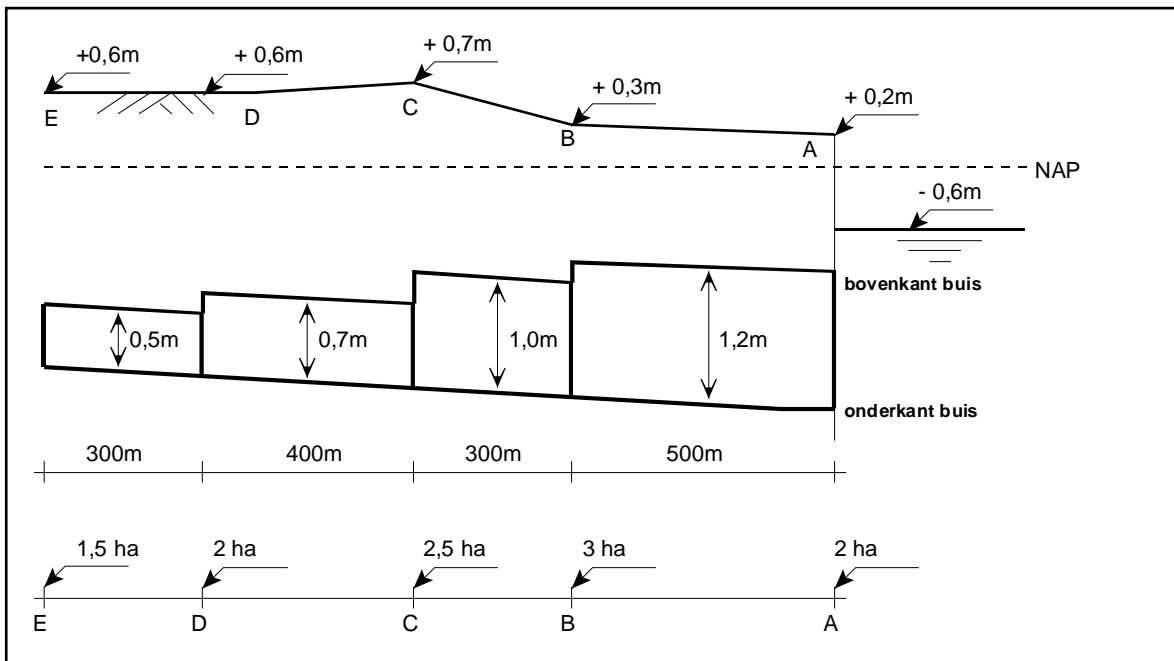
Parameter	Influent	Afloop voorbezinking	Effluent
BZV [mg O ₂ /l]	350	200	8
CZV [mg O ₂ /l]	850	500	70
Kjeldahl [mg N/l]	65	60	4
Nitraat [mg N/l]	0	0	3
Totaal-P [mg P/l]	10	2	0.7

- 4.1 Waartoe dient het grofrooster?
Welke staafafstand moet worden toegepast?:
5-10 mm
10-50 mm
50-100 mm
100-200 mm
- 4.2 Is de gootzandvanger over- of onderbelast? Verklaar uw antwoord.
Wat is de horizontale stroomsnelheid in de zandvanger?
- 4.3 Waarop duidt de lage concentratie van P-totaal in de afloop van de voorbezinking?
- 4.4 Waarom stijgt de nitraat-concentratie in de RWZI?
- 4.5 Waarom zijn er meer en grotere nabezinktanks nodig dan voorbezinktanks?
- 4.6 Bereken de gemiddelde verblijftijd van het afvalwater in de voorbezinktanks.

Vraag 5

Een rioelstelsel is ontworpen met de Rationele Methode. Het stelsel is weergegeven in afb. 2. Bij A is het stelsel van een nooduitlaat (overstort onder de waterspiegel) naar het oppervlaktewater voorzien. De uitlaat is voorzien van een klep om binnendringen van oppervlaktewater te verhinderen.

Streng	Q (l/s)	D (m)
AB	1.0	1.2
BC	0.8	1
CD	0.5	0.7
DE	0.3	0.5



Afb. 2 - Rioelstelsel

$$C = 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

$$Q_{\text{poc}} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{\text{dyn}} = \frac{L \cdot Q^2}{C^2 \cdot A^2 \cdot R}$$

- 5.1 Bepaal de berging (mm) en poc (mm/h) van het rioelstelsel.
- 5.2 Bereken de overstortingsfrequentie van het rioelstelsel met behulp van bijgevoegde Veldkamp-grafiek.
- 5.3 Controleer of nergens water op straat optreedt (uittreeverlies is verwaarloosbaar).

Bij water op straat zijn grotere buisdiameters, dus grotere berging een voor de hand liggende oplossing. Een andere mogelijke oplossing van het probleem is het bouwen van een overstort.

- 5.4 Beredeneer hoe door bouwen van overstort een water op straat probleem opgelost kan worden en waar in het stelsel de overstort gebouwd moet worden, gesteld dat overal in het stelsel geschikt oppervlaktewater aanwezig is (zo mogelijk ook in een tekening weergegeven).

Veldkampgrafiek

