

TU Delft
Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen
Subfaculteit Civiele Techniek
Afdeling Watermanagement

Tentamen CT3011 – Inleiding watermanagement

Datum : 30 oktober 2006
Tijd : 9.00 – 12.00

Het tentamen bestaat uit 2 delen. Het eerste deel gaat over Gezondheidstechniek. Het tweede deel gaat over Waterbeheersing. Elk deel telt voor 50% mee in het eindcijfer.

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.

Een formuleblad met relevante formules is toegevoegd.

Lever ook het blad met de Tillmans kromme in en vermeld hierop uw naam en studienummer.

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.

Formuleblad CT3011 – Inleiding watermanagement

Algemene gegevens

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

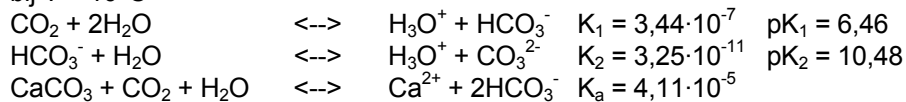
Element	Atoommassa	Element	Atoommassa
H	1	S	32
C	12	Cl	35,5
N	14	K	39
O	16	Ca	40
F	19	Mn	55
Na	23	Fe	56
Mg	24	As	75
Al	27	Pb	207
P	31		

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

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

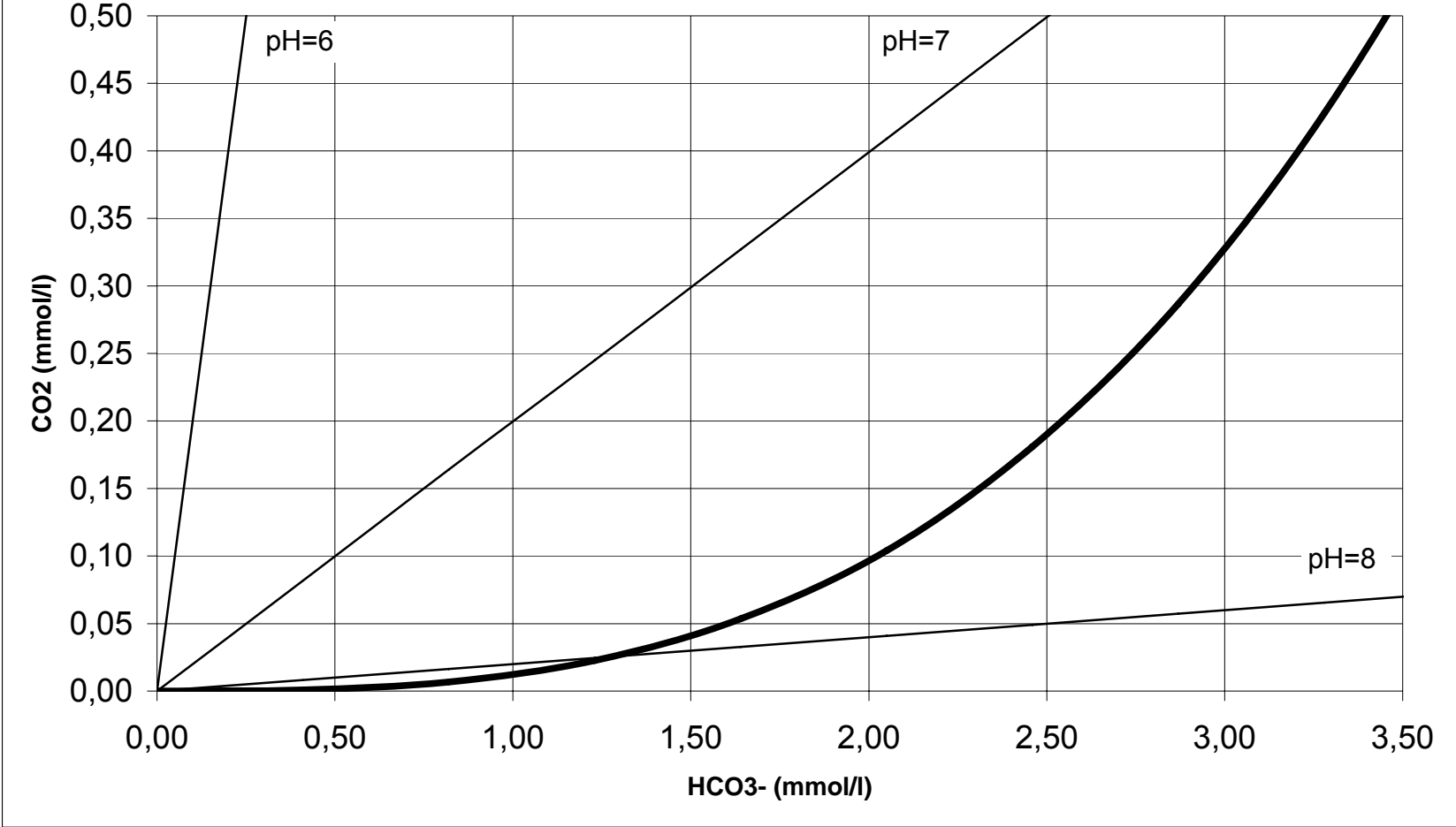
k_D	0°C	10°C	20°C
Stikstof	0,023	0,019	0,016
Zuurstof	0,049	0,039	0,033
Methaan	0,055	0,043	0,034
Kooldioxide	1,710	1,230	0,942
Zwavelwaterstof	4,690	3,650	2,870
Tetrachlooretheen	-	3,380	1,880
Trichlooretheen	-	4,100	2,390
Chloroform	-	9,620	5,070

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

Darcy-Weisbach	$\Delta H_w = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$ $\lambda = 0.02$
Reynolds getal	$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$
Slibbelasting	$k = \frac{Q \cdot BZV}{V \cdot Ga} = \frac{Bd}{V \cdot Ga}$
Totale vertragingsverliezen	$\Delta H_v = \sum \xi \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$
Totale kosten	$K_{\text{totaal}} = 19,2 \cdot 16,7 \cdot Q^3 \cdot D^{-5} \cdot L + 500 \cdot D \cdot L$
Darcy	$v = k \cdot i$
Donnan	$L^2 = \frac{8k \cdot D \cdot h + 4 \cdot k \cdot h^2}{R}$
Hooghoudt	$L^2 = \frac{8k \cdot d \cdot h + 4 \cdot k \cdot h^2}{R}$ $d = \frac{L}{8 \cdot F_n}$ $F_n = f(L, D, r_o)$
Rationele methode	$Q = C \cdot i \cdot A$ $i = f(t_c)$
Waterbehoefte	$I = \frac{ET_0 \cdot K_c - P_{\text{eff}}}{e_a}$
Capaciteit	$Q_d = F \cdot A$
Strickler	$Q = A \cdot u$ $u = k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}}$
Bernoulli	$p_1 + \frac{u_1^2}{2 \cdot g} = p_2 + \frac{u_2^2}{2 \cdot g}$
Overlaat	$Q = 1,7 \cdot C \cdot b \cdot H^{\frac{3}{2}}$
Onderspuier	$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z}$

Tillmans kromme



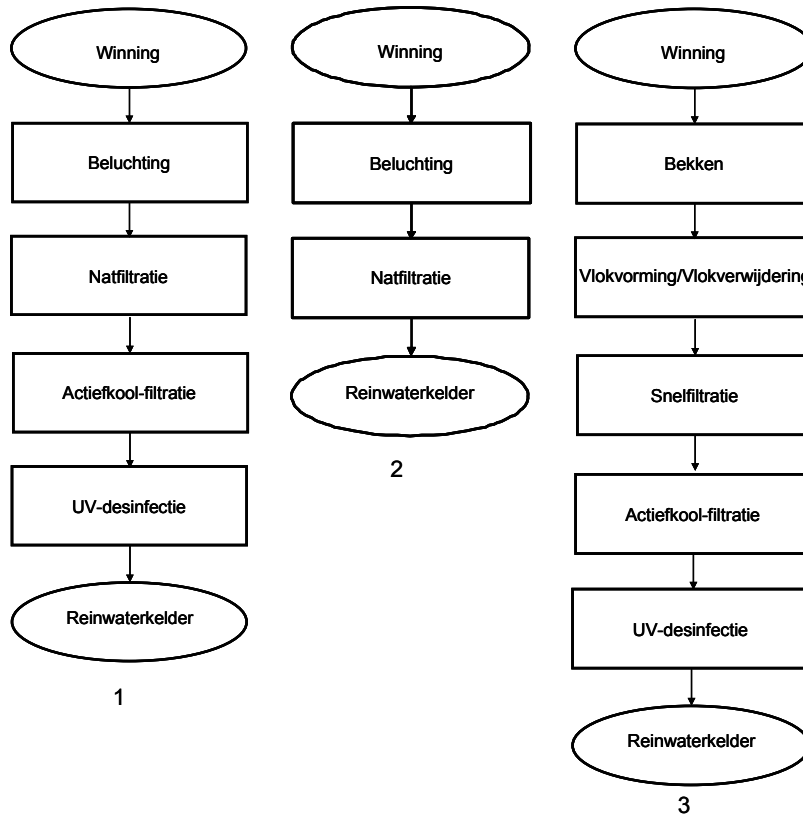
Naam:
Studienummer:

Deel I Gezondheidstechniek

Vraag 1

Drinkwaterzuivering

1.1 Gegeven zijn onderstaande zuiveringsprocessen. Geef aan welke zuivering bij welke bron hoort. Kies als bron: grondwater, oppervlaktewater of oevergrondwater.



1.2 Geef aan welke stoffen er uit de verschillende **bronnen** verwijderd moeten worden.

1.3 Geef aan welke stoffen er door de verschillende **zuiveringsstappen** in zuivering 1, 2 en 3 verwijderd worden.

Vraag 2*Waterchemie*

In onderstaande tabel staan de analyseresultaten van het grondwater van de veluwe in mg/l.

Parameter	Analyseresultaat (mg/l)
Cl ⁻	13
NO ₃ ⁻	7
SO ₄ ²⁻	9
HCO ₃ ⁻	78
Ca ²⁺	27
Mg ²⁺	2.5
Na ⁺	9
K ⁺	0.7
CO ₂	7
N ₂	19
O ₂	4.4
Mn ²⁺	0.03
Fe ²⁺	0.04

2.1 Bereken de ionensterkte van dit water.

2.2 Bereken de pH van dit water.

2.3 Bereken de hardheid van dit water. Is dit hard of zacht water?

2.4 Geef in de bijgevoegde Tillmans kromme met een punt aan in hoeverre het water in evenwicht is. Als het niet in evenwicht is, is het water dan kalkagressief of kalkafzettend?

2.5 Het water wordt belucht waardoor ontzuring plaatsvindt. Bereken de verzadigingsconcentratie van koolzuur in water in contact met de lucht onder atmosferische omstandigheden bij een temperatuur van 10°C.

2.6 Geef in de bijgevoegde Tillmans kromme met een punt aan in hoeverre het water in evenwicht is na de ontzuring. Als het niet in evenwicht is, is het water dan kalkagressief of kalkafzettend?

Vraag 3*Distributie*

Er wordt een nieuwe stad gebouwd met 50.000 inwoners. Deze stad krijgt een eigen grondwater pompstation. De dag piekfactor is 1,5. De uur piekfactor is 1,8. Het gemiddelde verbruik per inwoner is 130 l/d.

Vanaf het pompstation komt een leiding naar de stad. Deze leiding is 10 km lang en heeft een diameter van 400 mm.

Het aantal bochten is 10 ($\xi=0,5$ gemiddeld per bocht)

Het aantal afsluiters is 5 ($\xi=0,3$ gemiddeld per afsluiter)

Het aantal terugslagkleppen is 1 ($\xi=2,5$)

Instroming 1 ($\xi=0,5$)

Uitstroming 1 ($\xi=1,0$)

3.1 Bereken de capaciteit van het pompstation in m^3/jaar .

3.2 Bereken het maximale debiet en de maximale snelheid door de leiding.

3.3 Bereken het wrijvingsverlies en het verhang.

3.4 Bereken het vertragingverlies.

Deel II Waterbeheersing**Vraag 1***Algemeen*

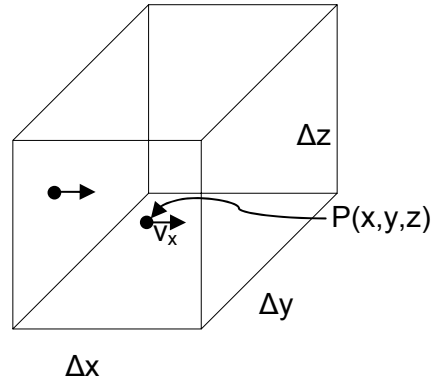
Ieder onderdeel (a,b,c,d,e) 5 punten.

- a) Welke overheid is de belangrijkste financier van aanleg en onderhoud van primaire waterkeringen: rijk, provincie, waterschap, of gemeente?
- b) Sorteert (van hoog naar laag) het watergebruik per persoon per jaar voor de volgende zaken: voedsel productie, baden, industriële productie, drinkwater.
- c) In irrigatie gebieden controleert men waterstromen vaak door naar het niveau te kijken dat benedenstrooms van een verdeelkunstwerk ligt. In drainage gebieden kijkt juist vaak stroomopwaarts. Leg (zeer) kort uit waarom dat is.
- d) Noem twee irrigatie methodes die in Nederland veel voorkomen.
- e) Hoe wordt in een plant de verdamping gecontroleerd (kort)?

Vraag 2*Afleiding van grondwaterniveau rond een put*

- a) Gegeven is de Wet van Darcy: $v_x = -K_s \cdot \partial h / \partial x$, met v_x de stroomsnelheid in de x richting, K_s de doorlatendheid, en h de stijghoogte van het water op een punt. Leidt met behulp van het continuïteitsprincipe voor een controle volume rond een punt P, de Laplace

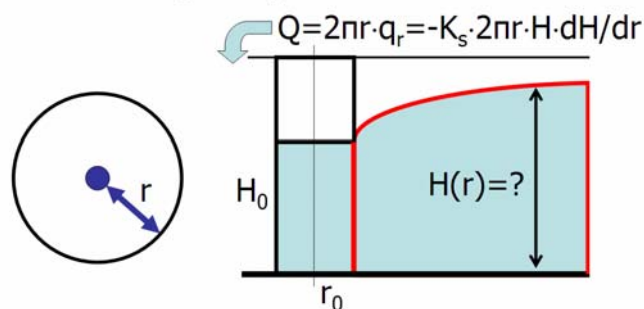
vergelijking af: $\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$ oftewel $\nabla^2 h = 0$, zie tekening (10 punten).



- b) Voor veel grondwater ontwateringsproblemen wordt niet gewerkt met de stijghoogte, h , maar met het grondwater niveau, H . Men gebruikt dan een stromingsvergelijking met de vorm $q_x = -H \cdot (K_s \cdot \partial H / \partial x)$. Een dergelijke formulering heeft geen verticale stromingscomponent meer. De aanname die men moet maken, zodat deze vereenvoudiging toelaatbaar is, wordt vaak Dupuit aanname genoemd. Wat houdt deze aanname fysisch in? (5 punten)
- c) Uit een put met straal r_0 wordt water gepompt uit een aquifer die op een ondoorlatende laag ligt. Het debiet, Q , is continu, en de waterhoogte in de put is H_0 . Omdat hier een radiale symmetrie geldt, wordt met de Dupuit aanname het probleem één dimensionaal (zie tekening). Leidt de vergelijking af voor de grondwaterhoogte rond de put als functie van Q , r_0 , H_0 , en r , de afstand tot de put:

$$\ln\left(\frac{r}{r_0}\right) = \frac{\pi K_s}{Q} (H^2 - H_0^2)$$

(10 punten)

Stroming naar put

Vraag 3*Regenduurlijn en afvoercapaciteit polder*

Van het KNMI krijgt u de volgende tabel die voor een herhalingstijd van 10 jaar de maximale totale regenval geeft voor buien van een gegeven lengte:

Regenduur (uur)	Regenval (mm)
1	8.2
2	11.2
3	13.9
4	15.0
5	15.9
6	17.3
8	18.7
10	19.5
12	21.4

- Schets de regenduurlijn (5 punten)
- De berging in het betreffende gebied is 14 mm, het gebied is 1200 ha. Wat moet de gemaalcapaciteit in m^3/s zijn als die gemiddeld niet vaker dan eenmaal per 10 jaar mag worden overschreden? (7 punten)
- Door verandering van de inrichting van het gebied, daalt de berging naar 10 mm. Gelukkig verbetert de weersvoorspelling waardoor men nu twee uur voor de aanvang van de regen weet hoeveel er gaat vallen. Gebruik de regenduurlijn om de nieuwe gemaalcapaciteit te berekenen. (9 punten)
- Als de gemaalcapaciteit niet veranderd kan worden maar wel nieuw open water in het gebied kan worden aangelegd dat 100 mm kan bergen, hoe groot moet dit open water oppervlak dan zijn om de afname in berging van 14 mm naar 10 mm in de rest van het gebied te compenseren? Ga er voor dit geval van uit dat we het weer niet kunnen voorspellen. (5 punten)

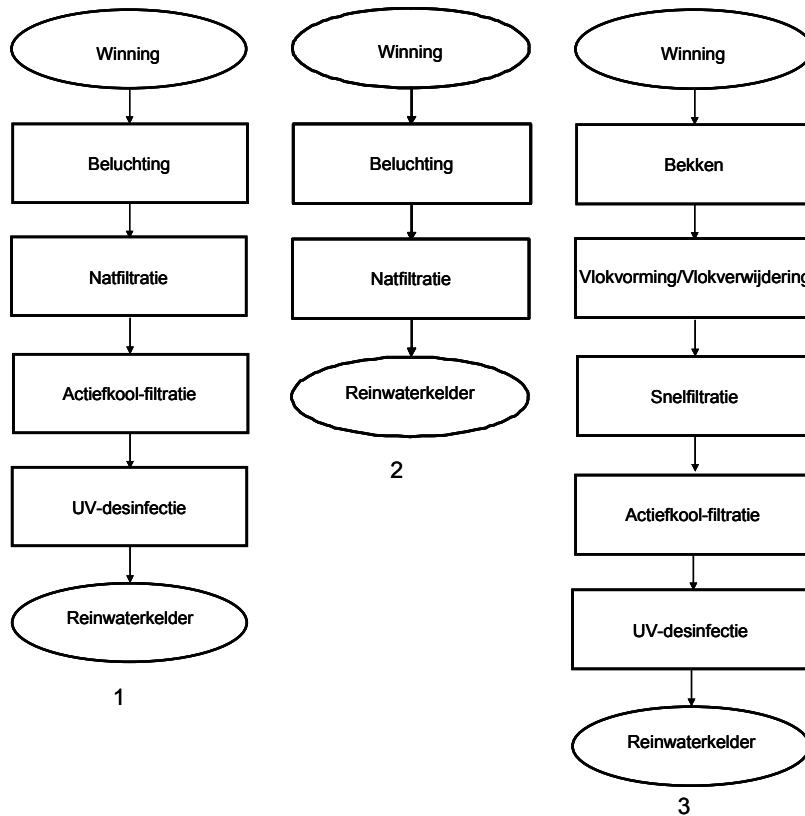
Vraag 4*Buitenopgave*

- Deze opgave dient gemaakt te worden als er geen buitenopdracht is ingeleverd.
 - De opgave mag gemaakt worden door iedereen. Het hoogste aantal punten zal gelden.
 - Voor ieder onderdeel (a,b,c,d,e) worden 5 punten gegeven bij een goed antwoord.
- a) Een onderdeel van de wijk Ypenburg heet De Bras. Deze wijk heeft een modern watersysteem. Geef uitleg over wat je verwacht van dat watersysteem op de volgende punten:
- 1 Is er meer of minder water in de wijk opgenomen dan in een bestaande wijk?
 - 2 Komen regenwater en afvalwater samen in één riool?
 - 3 Hoeveel van het oppervlak in de wijk is infiltrerend?
- b) De nieuwbouwwijk De Bras wordt op een laag opgespoten zand gebouwd.
- 1 Waarom gebeurt dat?
 - 2 Waaruit bestaat de oorspronkelijke ondergrond?
 - 3 Hoe diep schat je de aangebrachte zandlaag?
- c) In de buurt van De Bras ligt de Polder van Biesland, die in de toekomst natuurvriendelijker door de boer zal worden geëxploiteerd.
- 1 Mag de boer nu zelfstandig de waterstanden in de polder veranderen?
 - 2 Wat betekent een natuurlijk peil hier voor de opbrengst van de boer?
- d) Open water heeft natuur- en recreatiewaarde. Tevens kan men open water wellicht als dynamische berging gebruiken.
- 1 Wat is dynamische berging?
 - 2 Geef een beredeneerde schatting van het dynamisch bergend vermogen van een plas in m^3 , als gegeven is dat de plas een oppervlak van $10000 m^2$ heeft.
- e) In de polder staan diverse kleine gemaaltjes.
- 1 Wie beheert deze gemaaltjes?
 - 2 Als gegeven is dat de polder die met dit gemaaltje afwatert ongeveer 600 hectare is, hoeveel zou de pompcapaciteit van het gemaaltje ongeveer zijn in m^3/min ?

Antwoorden CT3011, oktober 2006, gedeelte Gezondheidstechniek

Vraag 1

1.1 Gegeven zijn onderstaande zuiveringsprocessen. Geef aan welke zuivering bij welke bron hoort. Kies als bron: grondwater, oppervlaktewater of oevergrondwater.



Antw: 1: oevergrondwater, 2: grondwater, 3: oppervlaktewater.

1.2 Geef aan welke stoffen er uit de verschillende bronnen verwijderd moeten worden.

Antw: Grondwater: opgeloste gassen, ijzer, mangaan, ammonium

Oevergrondwater: ijzer, mangaan, ammonium, microverontreinigingen

Oppervlaktewater: zwevende stof, microverontreinigingen, micro-organismen

1.3 Geef aan welke stoffen er door de verschillende zuiveringsstappen in zuivering 1, 2 en 3 verwijderd worden.

Antw: Beluchting: Gassen

Natfiltratie/snefiltratie: ijzer, mangaan en ammonium, micro-organismen

Actiefkool-filtratie: microverontreinigingen

UV-desinfectie: micro-organismen

Bekken: zwevende stof

Vlokvorming/verwijdering: zwevende stof

Vraag 2

In onderstaande tabel staan de analyseresultaten van het grondwater van de veluwe in mg/l.

Cl-	13
NO ₃ -	7
SO ₄ 2-	9
HCO ₃ -	78
Ca ²⁺	27
Mg ²⁺	2.5
Na ⁺	9
K ⁺	0.7
CO ₂	7
N ₂	19
O ₂	4.4
Mn ²⁺	0.03
Fe ²⁺	0.04

2.1 Bereken de ionensterkte van dit water.

Antw:

	Concentratie [mg/l]	Atoommassa MW [g/mol]	Valentie z	Equivalent conc. [eq/m ³]
Kationen				
Ca ²⁺	27	40	2	1.35
Mg ²⁺	2.5	24.3	1	0.10
Na ⁺	9	23	1	0.39
K ⁺	0.7	39	1	0.02
Fe ²⁺	0.04	56	2	0.00
Mn ²⁺	0.03	55	2	0.00
Totaal				1.9
Anionen				
HCO ₃ -	78	61	1	1.27
SO ₄ 2-	9	96.1	2	0.19
Cl-	13	35.4	1	0.37
NO ₃ -	7	78	1	0.09
Totaal				1.9

2.2 Bereken de pH van dit water.

Antw: $pH = 6.46 - \log\left\{\frac{[CO_2]}{[HCO_3^-]}\right\} = 6.46 - \log\left\{\frac{0.16}{1.28}\right\} = 7.36$

2.3 Bereken de hardheid van dit water. Is dit hard of zacht water?

Antw: $Hardheid = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}] = 0.10 + 0.68 = 0.78 \text{ mmol/l}$. Dit is zacht water.

2.4 Geef in de bijgevoegde Tillmans kromme met een punt aan in hoeverre het water in evenwicht is. Als het niet in evenwicht is, is het water dan kalkagressief of kalkafzettend?

Antw: kalkagressief.

2.5 Bereken de verzadigingsconcentratie van koolzuur in water in contact met de lucht onder atmosferische omstandigheden bij een temperatuur van 10°C.

Antw: Gebruik wordt gemaakt van de volgende formule om de verzadigingsconcentratie te berekenen:

$$c_s = k_D \cdot c_g = k_D \cdot \frac{p}{R \cdot T} \cdot MW$$

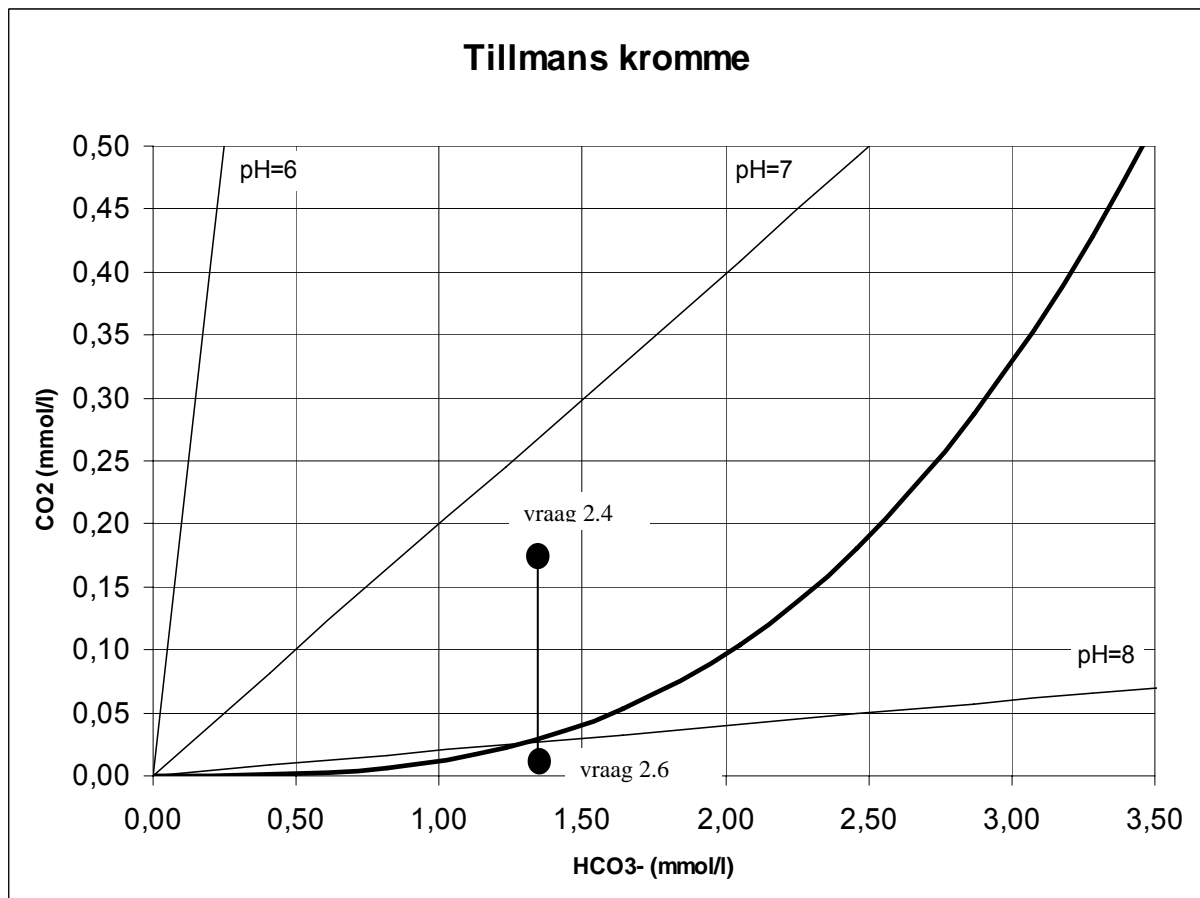
De waarde voor de verdelingscoëfficiënt k_D bedraagt 1.23 (zie tabel 3). Het molecuulgewicht MW van koolzuur bedraagt 44 g/mol, de gasconstante R bedraagt 8,3143 J/(mol·kg) en de temperatuur T bedraagt 283 °K.

Op zeeniveau bevat lucht ongeveer 0.034% koolzuur. De molaire fractie van koolzuur is dus 0.00034. De partiële druk van koolzuur is dan $0.00034 \cdot 101325 = 34.45$ Pa.

Na invulling in bovenstaande vergelijking volgt een verzadigingsconcentratie van koolzuur van $0.80 \text{ mg/l} = 0.02 \text{ mmol/l}$

2.6 Geef in de bijgevoegde Tillmans kromme met een punt aan in hoeverre het water in evenwicht is na de ontzuring. Als het niet in evenwicht is, is het water dan kalkagressief of kalkafzettend?

Antw: Ontgassing, verschuiving langs de verticale lijn, dus net kalkafzettend. $\text{CO}_2 = 0.02 \text{ mmol/l}$.



Vraag 3

Er wordt een nieuwe stad gebouwd met 50.000 inwoners. Deze stad krijgt een eigen grondwater pompstation. De dag piekfactor is 1,5. De uur piekfactor is 1,8. Het gemiddelde verbruik per inwoner is 130 l/d.

Vanaf het pompstation komt een leiding naar de stad. Deze leiding is 10 km lang en heeft een diameter van 400 mm.

Het aantal bochten is 10 ($\xi=0,5$ gemiddeld per bocht)

Het aantal afsluiters is 5 ($\xi=0,3$ gemiddeld per afsluiter)

Het aantal terugslagkleppen is 1 ($\xi=2,5$)

Instroming 1 ($\xi=0,5$)

Uitstroming 1 ($\xi=1,0$)

Bereken de capaciteit van het pompstation in m³/jaar.

$50.000 \cdot 130 \text{ l/d} = 2,4 \text{ miljoen m}^3 \text{ per jaar.}$

Bereken het maximale debiet en de maximale snelheid door de leiding.

$1,8 \cdot 2,4 \text{ miljoen m}^3 \text{ per jaar} / (365 \cdot 24) = 487,5 \text{ m}^3/\text{h}$

$487,5 \text{ m}^3/\text{h} / (\frac{1}{4} \pi 0,40^2) = 1,08 \text{ m/s}$

Bereken het wrijvingsverlies en het verhang.

$dH_w = \lambda \cdot L / D \cdot v^2 / 2g = 0,02 \cdot 10.000 / 0,40 \cdot (1,08^2 / (2 \cdot 9,81)) = 29,7 \text{ m.}$

Het verhang is $29,7 / 10 = 2,97 \text{ m/km}$

Bereken het vertragingverlies.

$dH_w = (10 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,3 + 2,5 + 0,5 + 1,0) \cdot (1,08^2 / (2 \cdot 9,81)) = 0,62 \text{ m}$

Antwoorden CT3011, oktober 2006, gedeelte Waterbeheer

Vraag 1

Algemeen

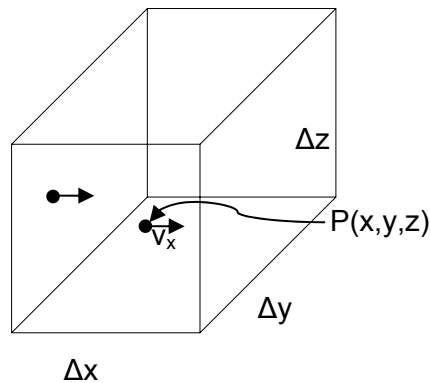
Ieder onderdeel (a,b,c,d,e) 5 punten.

- a) Welke overheid is de belangrijkste financier van aanleg en onderhoud van primaire waterkeringen: rijk, provincie, waterschap, of gemeente?
Rijk
- b) Sorteert (van hoog naar laag) het watergebruik per persoon per jaar voor de volgende zaken: voedsel productie, baden, industriële productie, drinkwater.
Voedsel-Industrie-Bad-Drinkwater
- c) In irrigatie gebieden controleert men waterstromen vaak door naar het niveau te kijken dat benedenstrooms van een verdeelkunstwerk ligt. In drainage gebieden kijkt juist vaak stroomopwaarts. Leg (zeer) kort uit waarom dat is.
In irrigatie wil men er zeker van zijn dat er voldoende toevoer is voor de (benedenstroomse) vraag terwijl de bovenstroomse toevoer (reservoir) niet beperkend wordt geacht. Bij drainage is dat andersom waarbij het reservoir vervangen wordt door een gemaal.
- d) Noem twee irrigatie methodes die in Nederland veel voorkomen.
Sprinkler, Sub-surface
- e) Hoe wordt in een plant de verdamping gecontroleerd (kort)?
Huidmondjes sluiten als de spanning in de sluitcellen te laag wordt als gevolg van of te weinig water aanvoer naar het blad toe en/of te hoge vraag vanuit de atmosfeer.

Vraag 2

Afleiding van grondwaterniveau rond een put

- a) Gegeven is de Wet van Darcy: $v_x = -K_s \cdot \partial h / \partial x$, met v_x de stroomsnelheid in de x richting, K_s de doorlatendheid, en h de stijghoogte van het water op een punt. Leidt met behulp van het continuïteitsprincipe voor een controle volume rond een punt P, de Laplace vergelijking af: $\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$ oftewel $\nabla^2 h = 0$, zie tekening (10 punten).



I: Continuïteit: Stroming door linker vlak + stroming door rechter vlak:

$$\text{links in:} \quad \left(v_x - \frac{1}{2} \Delta x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} \right) \cdot \Delta y \Delta z$$

$$\text{rechts uit:} \quad \left(v_x + \frac{1}{2} \Delta x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} \right) \cdot \Delta y \Delta z$$

$$\text{verschil:} \quad \frac{\partial v_x}{\partial x} \Delta x \cdot \Delta y \Delta z$$

De som van de verschillen voor alle richtingen moet nul zijn (onsamendrukbaar):

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

II: Darcy:

$$v_x = -K_s \frac{\partial h}{\partial x}$$

III: I&II

$$\rightarrow -K_s \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \right) = 0$$

of:

$$\nabla^2 h = 0$$

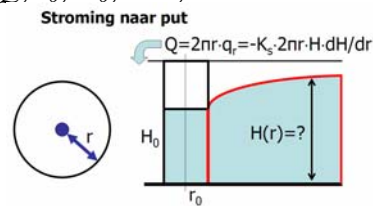
b) Voor veel grondwater ontwateringsproblemen wordt niet gewerkt met de stijghoogte, h , maar met het grondwater niveau, H . Men gebruikt dan een stromingsvergelijking met de vorm $q_x = -H \cdot (K_s \cdot \partial H / \partial x)$. Een dergelijke formulering heeft geen verticale stromingscomponent meer. De aanname die men moet maken, zodat deze vereenvoudiging toelaatbaar is, wordt vaak Dupuit aanname genoemd. Wat houdt deze aanname fysisch in? (5 punten)

De Dupuit aanname houdt in dat men de energie verliezen die gepaard gaan met de stroming van het water in verticale richting, te verwaarlozen is in vergelijking tot de energie verliezen in de horizontale richting(en).

c) Uit een put met straal r_0 wordt water gepompt uit een aquifer die op een ondoorlatende laag ligt. Het debiet, Q , is continu, en de waterhoogte in de put is H_0 . Omdat hier een radiale symmetrie geldt, wordt met de Dupuit aanname het probleem één dimensionaal (zie tekening). Leidt de vergelijking af voor de grondwaterhoogte rond de put als functie van Q , r_0 , H_0 , en r , de afstand tot de put:

$$\ln\left(\frac{r}{r_0}\right) = \frac{\pi K_s}{Q} (H^2 - H_0^2)$$

(10 punten)



Integreer van r_0 en H_0 naar r en H na scheiding van variabelen:

$$Q = -K_s \cdot 2\pi r \cdot H \frac{\partial H}{\partial r}$$

$$Q = -K_s \cdot 2\pi r \cdot H \frac{dH}{dr}$$

$$\int_{r_0}^r \frac{1}{r'} dr' = \int_{H_0}^H \frac{2\pi K_s}{Q} \cdot H' dH'$$

$$\ln\left(\frac{r}{r_0}\right) = \frac{\pi K_s}{Q} (H^2 - H_0^2)$$

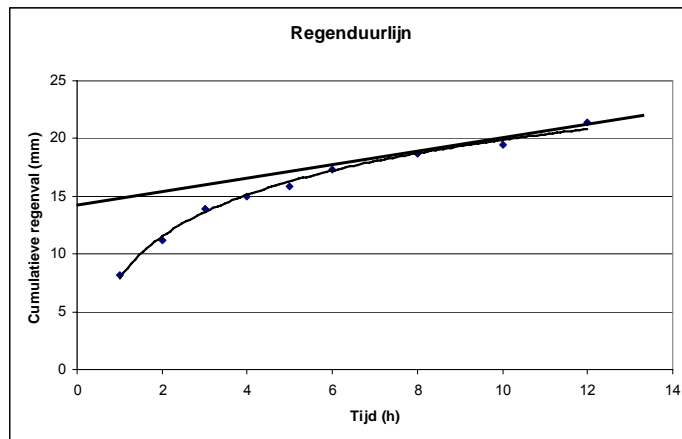
Vraag 3

Regenduurlijn en afvoercapaciteit polder

Van het KNMI krijgt u de volgende tabel die voor een herhalingsijd van 10 jaar de maximale totale regenval geeft voor buien van een gegeven lengte:

Regenduur (uur)	Regenval (mm)
1	8.2
2	11.2
3	13.9
4	15.0
5	15.9
6	17.3
8	18.7
10	19.5
12	21.4

a) Schets de regenduurlijn (5 punten)



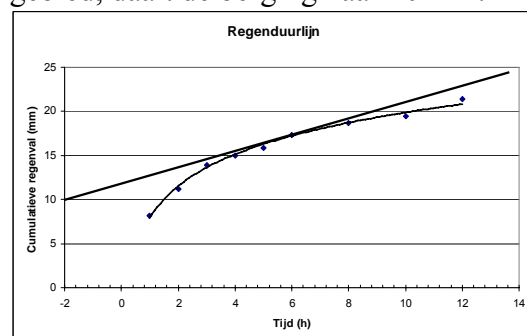
b) De berging in het betreffende gebied is 14 mm, het gebied is 1200 ha. Wat moet de gemaalcapaciteit in m^3/s zijn als die gemiddeld niet vaker dan eenmaal per 10 jaar mag worden overschreden? (7 punten)

De raaklijn heeft een helling van 0.6 mm/h, oftewel $7200 m^3/h$, oftewel $2 m^3/s$.

c) Door verandering van de inrichting van het gebied, daalt de berging naar 10 mm.

Gelukkig verbetert de weersvoorspelling waardoor men nu twee uur voor de aanvang van de regen weet hoeveel er gaat vallen. Gebruik de regenduurlijn om de nieuwe gemaalcapaciteit te berekenen. (9 punten)

De helling wordt nu 0.8 mm/h, oftewel $2.7 m^3/s$.



- d) Als de gemaalcapaciteit niet veranderd kan worden maar wel nieuw open water in het gebied kan worden aangelegd dat 100 mm kan bergen, hoe groot moet dit open water oppervlak dan zijn om de afname in berging van 14 mm naar 10 mm in de rest van het gebied te compenseren? Ga er voor dit geval van uit dat we het weer niet kunnen voorspellen. (5 punten)

De gemiddelde berging moet 14 mm blijven. De oppervlakte met open water, A, wordt dus:

$$\frac{(1200 - A) * 10 + A * 100}{1200} = 14$$

oftewel A=53 ha.

Vraag 4

Buitenopgave

- Deze opgave dient gemaakt te worden als er geen buitenopdracht is ingeleverd.
 - De opgave mag gemaakt worden door iedereen. Het hoogste aantal punten zal gelden.
 - Voor ieder onderdeel (a,b,c,d,e) worden 5 punten gegeven bij een goed antwoord.
- a) Een onderdeel van de wijk Ypenburg heet De Bras. Deze wijk heeft een modern watersysteem. Geef uitleg over wat je verwacht van dat watersysteem op de volgende punten:
- 1 Is er meer of minder water in de wijk opgenomen dan in een bestaande wijk?
 - 2 Komen regenwater en afvalwater samen in één riool?
 - 3 Hoeveel van het oppervlak in de wijk is infiltrerend?
- b) De nieuwbouwwijk De Bras wordt op een laag opgespoten zand gebouwd.
- 1 Waarom gebeurt dat?
 - 2 Waaruit bestaat de oorspronkelijke ondergrond?
 - 3 Hoe diep schat je de aangebrachte zandlaag?
- c) In de buurt van De Bras ligt de Polder van Biesland, die in de toekomst natuurvriendelijker door de boer zal worden geëxploiteerd.
- 1 Mag de boer nu zelfstandig de waterstanden in de polder veranderen?
 - 2 Wat betekent een natuurlijk peil hier voor de opbrengst van de boer?
- d) Open water heeft natuur- en recreatiewaarde. Tevens kan men open water wellicht als dynamische berging gebruiken.
- 1 Wat is dynamische berging?
 - 2 Geef een beredeneerde schatting van het dynamisch bergend vermogen van een plas in m^3 , als gegeven is dat de plas een oppervlak van $10000 m^2$ heeft.
- e) In de polder staan diverse kleine gemaaltjes.
- 1 Wie beheert deze gemaaltjes?
 - 2 Als gegeven is dat de polder die met dit gemaaltje afwatert ongeveer 600 hectare is, hoeveel zou de pompcapaciteit van het gemaaltje ongeveer zijn in m^3/min ?