



SPELEOLOGĪJA IESĀCĒJIEM - ALU NOSLĒPUMI

Alas kaļķakmens (karsta) iežos veidojas, ūdenim šķīstīnot iezi. Lietus ūdens, izejot cauri augsnei, uzņem oglekļa dioksīdu (CO_2) no augu sakņu elpošanas un organisko vielu sadalīšanās, veidojot vāju skābi. Šī skābe šķīdina kaļķakmeni (CaCO_3), veidojot ūdenī izšķīdušu kalcija bikarbonātu:



Kad šis ūdens iepil alā, spiediens samazinās, daļa izšķīdušā CO_2 izgaro atpakaļ gaisā, un reakcija notiek pretējā virzienā - kalcijs atkal nogulsņējas kā cietais CaCO_3 (kalcīts). Tā pa pilienam, veidojas stalaktīti (griestos) un stalagmīti (grīdā).

1. uzdevums - cik ātri aug stalagmīts?

Kādā alā zinātnieki novēroja pilēšanas punktu ar šādiem parametriem:

- pilienu tilpums: $V = 0,05 \text{ ml}$
- pilēšanas intervāls: 1 piliens ik pēc 20 sekundēm
- izšķīdušā $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ koncentrācija ūdenī: $c = 250 \text{ mg/l}$
- Alā nogulsņējas $k = 0,6$ jeb 60 % no izšķīdušā kalcija bikarbonāta (pārējais aizplūst tālāk ar ūdeni)
- molārā masa: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = 162 \text{ g/mol}$, $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ g/mol}$ (reakcijā zūd CO_2 un H_2O daļa masas)
- kalcīta blīvums: $\rho = 2,71 \text{ g/cm}^3$

a) Cik pilienu nokrīt vienā gadā? (diennaktī 86 400 s, gadā 365 dienas)

b) Kāds ir šo pilienu kopējais ūdens tilpums (litros) gadā?

c) Cik daudz $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (gramos) satur šis ūdens gadā?

d) Cik daudz kalcija bikarbonāta faktiski nogulsņējas kā CaCO_3 (ņem vērā k un molāro masu attiecību 100/162)?

e) Stalagmīta šķērsriezuma laukums ir 15 cm^2 . Aprēķini, par cik centimetriem gadā pieaug tā augstums.

2. uzdevums

Alā ir trīs dažādas pilēšanas vietas ar atšķirīgiem apstākļiem. Izmantojot 1. uzdevumā iegūto formulu ķēdi, aprēķini katras vietas augšanas ātrumu (cm/gadā) un ieraksti tabulā. Pieņem, ka visās trīs vietās $k = 0,6$, $\rho = 2,71 \text{ g/cm}^3$, un šķērsriezuma laukums visur ir 15 cm^2 .

Parametrs	A vieta	B vieta	C vieta
Pilēšanas intervāls	10 s	20 s	60 s
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ koncentrācija	150 mg/l	250 mg/l	400 mg/l
Aprēķinātais augšanas ātrums (cm/gadā)			

f) Kurā vietā stalagmīts veidojas visātrāk? Kas ietekmē augšanas ātrumu vairāk: pilēšanas biežums vai izšķīdušā kalcija daudzums?

3. uzdevums

Alu pētnieki (speleologi) griež stalagmītus uz pusēm un pēta to šķērsriezumu (līdzīgi kā koka gadskārtas). Gaišāki un tumšāki kalcīta slāņi mainās atkarībā no gadalaika un nokrišņu daudzuma.

i) Ko, tavuprāt, var liecināt neparasti biezs vienas krāsas slānis stalagmīta šķērsgriezumā, kas atbilst noteiktam laika periodam pagātnē?

j) Kāpēc stalagmīti ir vērtīgs "arhīvs" klimatologiem, kas pēta, kāds klimats bijis pirms tūkstošiem gadu - pat vietās, kur nav koku (un tāpēc nav gadskārtu)?



Atbilžu lapa skolotājam

1. uzdevums:

- a) $86\,400\text{ s} / 20\text{ s} = 4320\text{ pilieni/dienā} \times 365 = 1\,576\,800\text{ pilieni/gadā}$
- b) $1\,576\,800 \times 0,05\text{ ml} = 78\,840\text{ ml} \approx 78,8\text{ l/gadā}$
- c) $78,8\text{ l} \times 250\text{ mg/l} = 19\,710\text{ mg} \approx 19,7\text{ g Ca(HCO}_3)_2\text{/gadā}$
- d) $19,7\text{ g} \times 0,60 = 11,8\text{ g reaģē}$; $11,8\text{ g} \times (100/162) \approx 7,3\text{ g CaCO}_3\text{/gadā}$
- e) tilpums = masa/blīvums = $7,3\text{ g} / 2,71\text{ g/cm}^3 \approx 2,7\text{ cm}^3$; augstums = tilpums/laukums = $2,7\text{ cm}^3 / 15\text{ cm}^2 \approx 0,18\text{ cm/gadā}$ ($\approx 1,8\text{ mm/gadā}$)
- f) $30\text{ cm} / 0,18\text{ cm/gadā} \approx 167\text{ gadi}$

(Piezīme skolotājam - reālie stalagmītu augšanas ātrumi dabā parasti ir daudz lēnāki - no dažām desmitdaļām mm līdz dažiem mm gadā, jo ne viss izšķīdušais kalcijs nogulsņējas uzreiz).

2. uzdevums:

- A vieta (10 s, 150 mg/l): pilieni/g. = 3 153 600; ūdens = 157,7 l; $\text{Ca(HCO}_3)_2 = 23,65\text{ g}$; $\text{CaCO}_3 = 8,76\text{ g}$; augstums $\approx 0,215\text{ cm/g}$.
- B vieta (20 s, 250 mg/l): kā 1. uzdevumā $\approx 0,18\text{ cm/g}$.
- C vieta (60 s, 400 mg/l): pilieni/g. = 525 600; ūdens = 26,28 l; $\text{Ca(HCO}_3)_2 = 10,51\text{ g}$; $\text{CaCO}_3 = 3,89\text{ g}$; augstums $\approx 0,095\text{ cm/g}$.
- Secinājums: A vieta aug visātrāk. Pilēšanas biežums (ūdens daudzums laika vienībā) ietekmē augšanas ātrumu spēcīgāk nekā koncentrācija, jo kopējā ūdens plūsma nosaka, cik daudz izšķīdušā materiāla vispār nonāk alā.

3. uzdevums:

- ~~Virzienu nosaka CO₂ daudzums/spiediens un ūdens piesātinājums ar kalciju. Augstā CO₂ koncentrācijā (augsnē) šķīst iezis, zemā CO₂ koncentrācijā (alas gaisā) CO₂ izgaro un notiek nogulsņēšanās.~~
- ~~Pēc lietus augsnē ir vairāk mitruma un bioloģiskās aktivitātes, tātad vairāk CO₂ un ūdens, kas iesūcas, tādējādi izraisot straujāku šķīšanu un straujāku pilēšanu alā; sausā laikā mazāk ūdens sasniedz alu.~~

4. uzdevums:

- Biezāks/atšķirīgs slānis var liecināt par ilgāku vai mitrāku periodu ar spēcīgāku ūdens pieplūdi (vai par sausu periodu, ja slānis ir plānāks/blīvāks); precīza interpretācija atkarīga no izotopu analīzes, bet skolēniem pietiek ar secinājumu par nokrišņu daudzuma saistību ar augšanas ātrumu.
- Stalagmīti aug vidē, kas ir aizsargāta no virszemes traucējumiem (uguns, erozijas), un tos var precīzi datēt (piemēram, ar U-Th metodi), tāpēc tie sniedz nepārtrauktu klimata ierakstu.