

Urvalsprovet i geovetenskap

31.5.2022 kl. 15-18

Läs noggrant igenom alla anvisningar

Provet består av två delar. Provet tar 3 timmar. Du kan fördela tiden på de olika delarna hur du vill. Du kan fritt förflytta dig mellan de olika delarna under provets gång. Om någon del blir på hälft sparas den senaste versionen som ditt provsvar. Svara på alla delar.

Under provet får du öppna endast urvalsprovssystemet och en separat materialfil. Du kan planera dina svar och skriva egna anteckningar på konceptpappret. Anteckningarna på konceptpappret beaktas inte i bedömningen.

Bedömningen av urvalsprovet

Urvalsprovets högsta möjliga poäng är totalt 30 poäng. Första uppgiften i urvalsprovet (uppgift 1, 10 poäng) är en gallrande uppgift, på basis av vilken de sökande rangordnas. De sökande som fått mest poäng i den första uppgiften går vidare till andra skedet av bedömningen. Antalet sökande som går vidare till andra skedet av bedömningen är minst tre gånger större än kvoten för provpoängsantagningen.

Du kan bli antagen endast om du får minst 8 provpoäng i provets andra skede. De sökandes slutliga antagningsordning avgörs på basis av de sammanlagda poängen för de övriga uppgifterna, förutom den gallrande uppgiften (högst 20 poäng).

Del 1, uppgift 1

Provets första del är en flervalssuppgift som innehåller tio frågor. Varje fråga har fyra svarsalternativ, varav en är rätt och tre är fel. Rätt svar ger +1 poäng och andra svar -0,5 poäng. Att lämna frågan obesvarad ger 0 poäng.

(Vid provtillfället var svarsalternativen i randomiserad ordning)

För paleontologer och paleoekologer är evolutionsteorin den viktigaste referensramen för forskningen och därför är det viktigt att förstå dess grunder. Flervalssfrågorna 1.1. – 1.3. handlar om evolutionsteori. Välj det alternativ som du anser att är RÄTT.

Fråga 1.1

Darwinfinkarna på Galapagosöarna, och som omfattar sammanlagt 14 arter, är en av de allra kändaste arterna inom evolutionsforskningen och de används ofta som exempel på evolutionsmekanismer. De här finkarna är särskilt kända för storleken och formen på deras näbbar och hur de skiljer sig åt mellan de olika arterna.

På vilka sätt utvecklades de olika näbbarna ursprungligen hos Darwinfinkarna på Galapagosöarna?

- a) Förändringarna i näbbens storlek och form uppstod till följd av ett behov av att använda olika näringskällor.
- b) Förändringarna i näbbens storlek och form uppstod av en slump och de finkar med näbbar vars morfologi lämpade sig väl för att utnyttja näringskällorna fick fler avkommor.**
- c) Miljöfaktorerna åstadkom önskade genetiska förändringar, vilket resulterade i de nödvändiga förändringarna i näbbens storlek och form.
- d) Finkarnas näbbar förändrades gradvis från generation till generation och hos vissa finkar blev näbbarna större än föregående generation, medan de blev mindre hos andra.

Fråga 1.2

Vilken är den viktigaste förändringen i som sker med tiden i en av populationerna med Darwinfinkar som lever på ön?

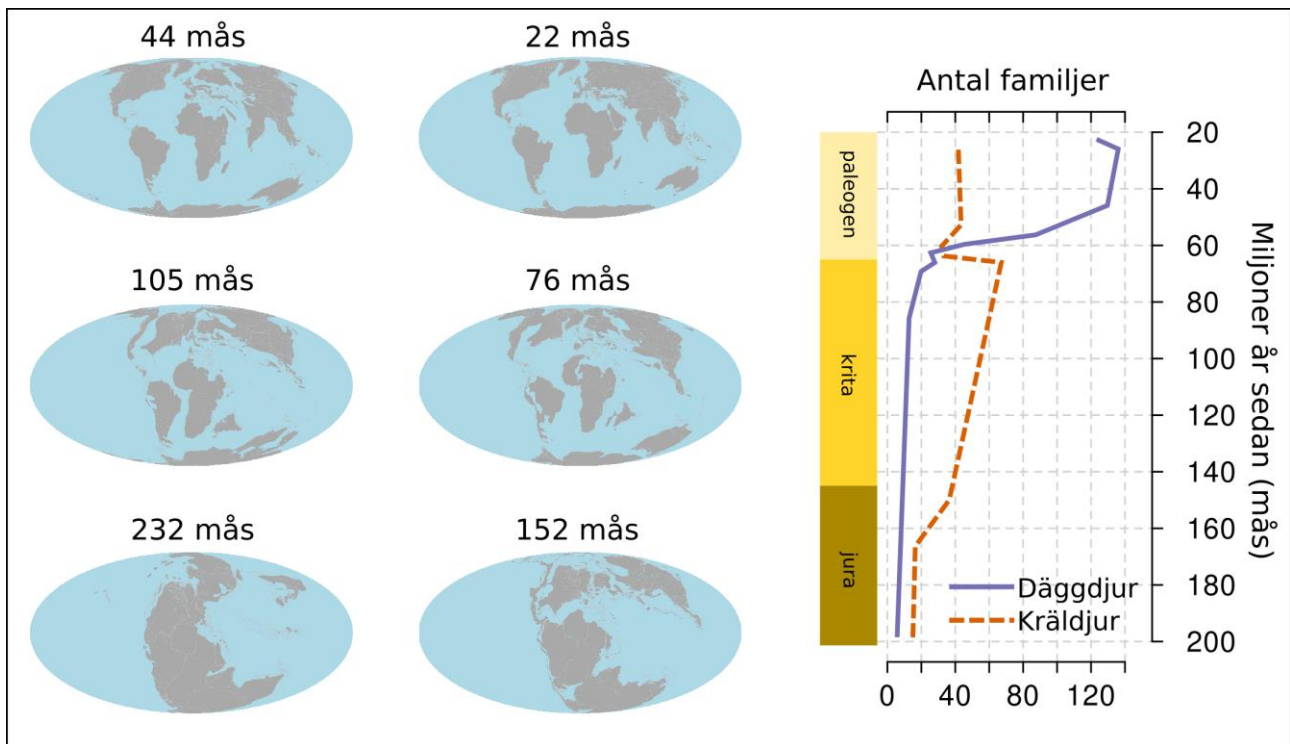
- a) Egenskaperna hos varje individ förändras efter hand.
- b) De allra lämpligaste individernas egenskaper förändras efter hand.
- c) Andelen olika egenskaper i populationen förändras efter hand.**
- d) Det sker mutationer i populationen efter hand för att svara på de behov som uppstår till följd av förändringarna i miljön.

Fråga 1.3

Förändringen i den biologiska mångfalden och orsakerna till förändringarna under historiens lopp är populära forskningsfrågor inom paleontologi. På bilden visas förändringen i mångfalden av kräddjur och däggdjur (antal familjer) under mesozoikum och början av kenozoikum (modifierad av Benton, 2010). Dessutom visar bilden kontinenternas geografiska läge under periodens olika faser.

Vilken av de evolutionsprocesser som nämnts förklarar bäst förändringen i mångfalden av kräddjur under mesozoikum utifrån den information som ges i bilden?

- a) Artbildning genom geografisk isolering**
- b) Artbildning utan geografisk isolering
- c) Adaptiv radiering
- d) Genetisk drift



FrÅga 1.4

Under en istid binder glaciÄrerna enorma mÅngder vatten och dÄrför sjunker vÄrldshavets yta avsevÄrt, till exempel fÖr 110 000–10 000 År sedan under Weichsel-istiden sjÖnk vÄrldshavets yta med upp till cirka 120 meter. GlaciÄrernas smÄltning efter istidens slut fick likasÅ havsytan att stiga och det som tidigare varit berg blev Öar nÄr havet tÄckte de lÅg-lÄnta markerna runt omkring bergen.

Efter den senaste glaciationen insÅg man att de mammutflokar som i generationer betat pÅ mammutstÄpperna som omgavs av berg i nordÖstra Sibirien, var Ömammutar. VÄrldens sista mammutar Överlevde pÅ ett par Öar i Ishavet i tusentals År lÄngre Än sina slÄktingar pÅ andra hÅll.

I sedimenten pÅ Wrangels Ö har man hittat ben frÅn mammutar (*Mammuthus* sp.) som man daterar genom radiokolmetoden. Halveringstiden fÖr radiokol ^{14}C Är 5730 År. Av analysen framgÅr att det återstÅr 62 procent av den ursprungliga halten i den andel radiokol som finns kvar i provet.

Ett radioaktivt Ämnes halveringstid anges med bokstaven T och Ämnets ursprungliga mÄngd med bokstaven N_0 . DÅ Är mÄngden radioaktivt Ämne efter t

$$N(t) = N_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 \times 2^{-\frac{t}{T}}$$

VÄlj det alternativ som du anser att Är RÄTT.

- Ännu cirka 4000 År sedan levde mammutar pÅ Wrangels Ö
- Ännu cirka 2000 År sedan levde mammutar pÅ Wrangels Ö
- Ännu cirka 1000 År sedan levde mammutar pÅ Wrangels Ö
- Radiokolmetoden lÄmpar sig inte fÖr att datera proverna

Fråga 1.5

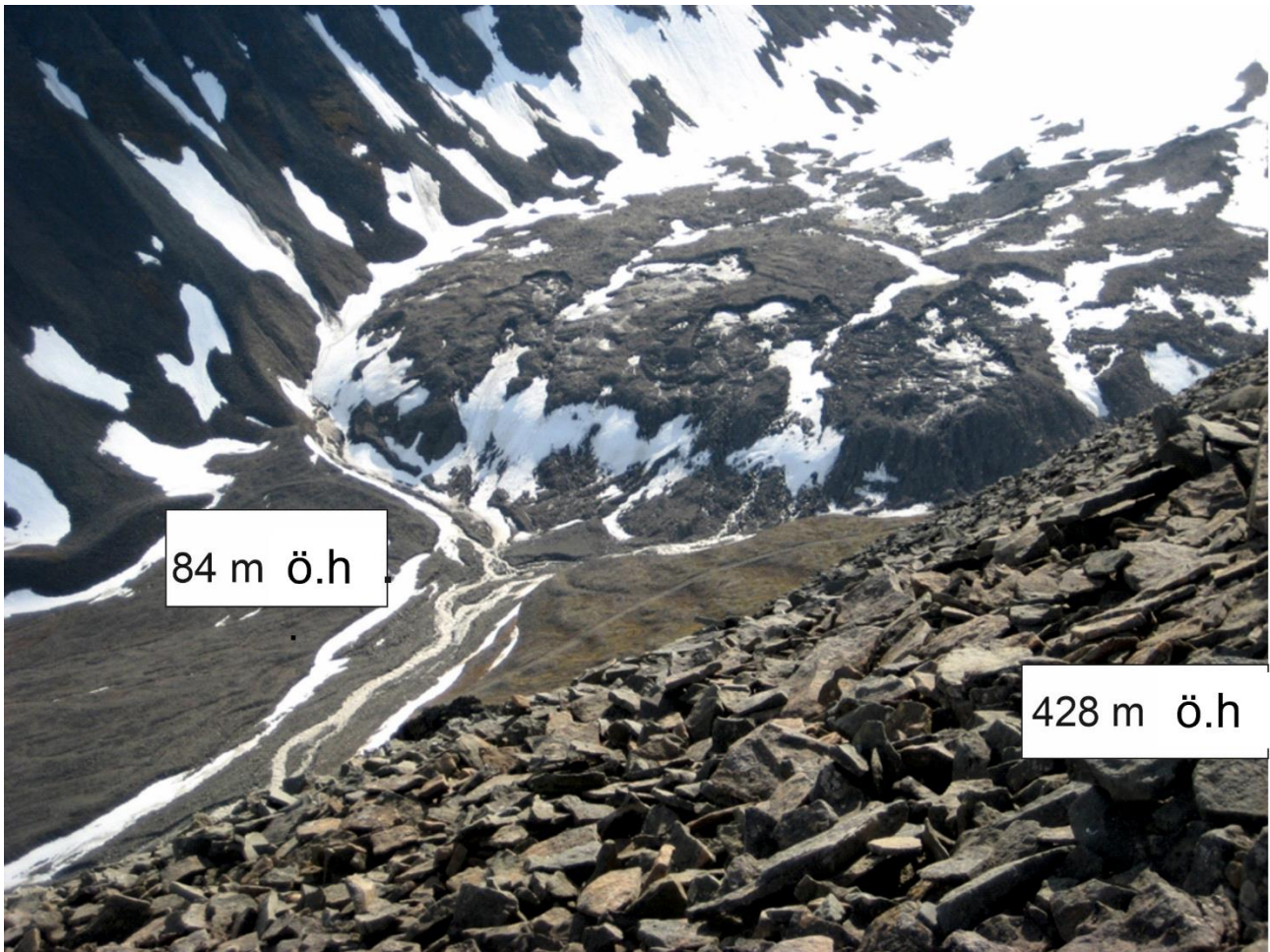


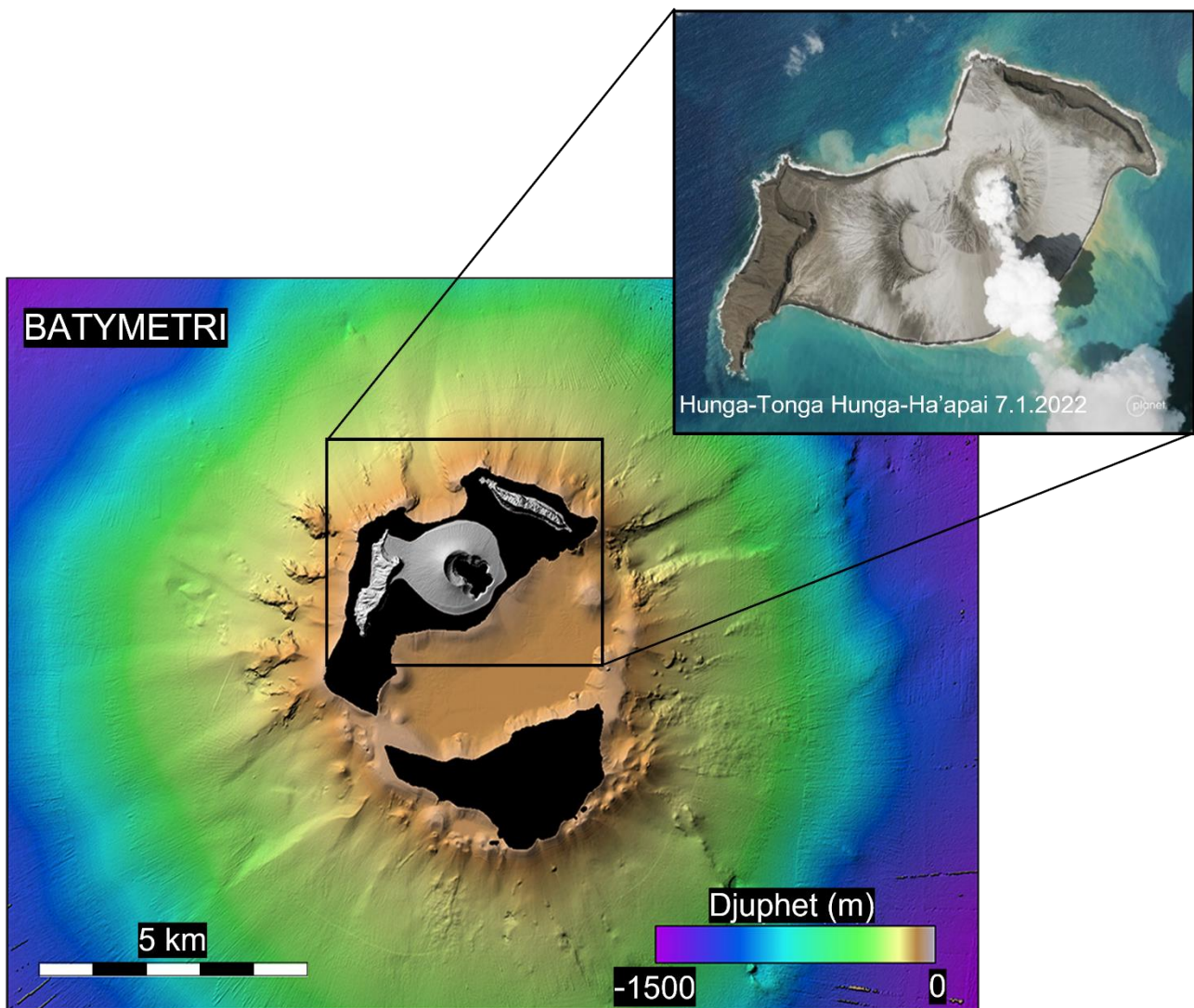
Bild: Seija Kultti

Bilden är från Svalbard och föreställer en dalglaciär. Höjderna 84 m över havets yta och 428 m över havets yta har märkts ut på bilden. Välj det påstående som INTE stämmer.

- a) På det torra landet framför glaciären finns ett sandurdelta som bildats av en flätflod
- b) På dalens båda sidor finns det konformade formationer. Formationens material syns i närbild nere i den högra kanten på bilden. Frostvittringen har gett upphov till formationerna
- c) Det mörka sedimentet som kan urskiljas på glaciären har förts dit med isen
- d) Glaciären strömmar nerifrån från vänster upp till höger, eftersom den drar sig tillbaka**

Fråga 1.6

Utbrottet i vulkanen Hunga Tonga-Hunga Ha'apai som ligger sydöster om Nya Zeeland på ön Tonga i januari 2022 var det största vulkanutbrottet i världen på tre decennier. Under-vattensvulkanen fick ett utbrott 64 km från Tongas huvudstad. Utbrottet täckte Tonga med ett 1–2 centimeter tjockt lager av aska, vilket försvårade vatten- och matförsörjningen och bröt telekommunikationskabeln på Tonga. Det steg pyroklastiskt material trettio kilometer upp i luften, ända upp till stratosfären, där materialet har potential att spridas till ett stort område och skymma solljuset och sänka temperaturen.



Jämför nyheten med dina egna kunskaper om endogena processer och välj det påstående som INTE stämmer.

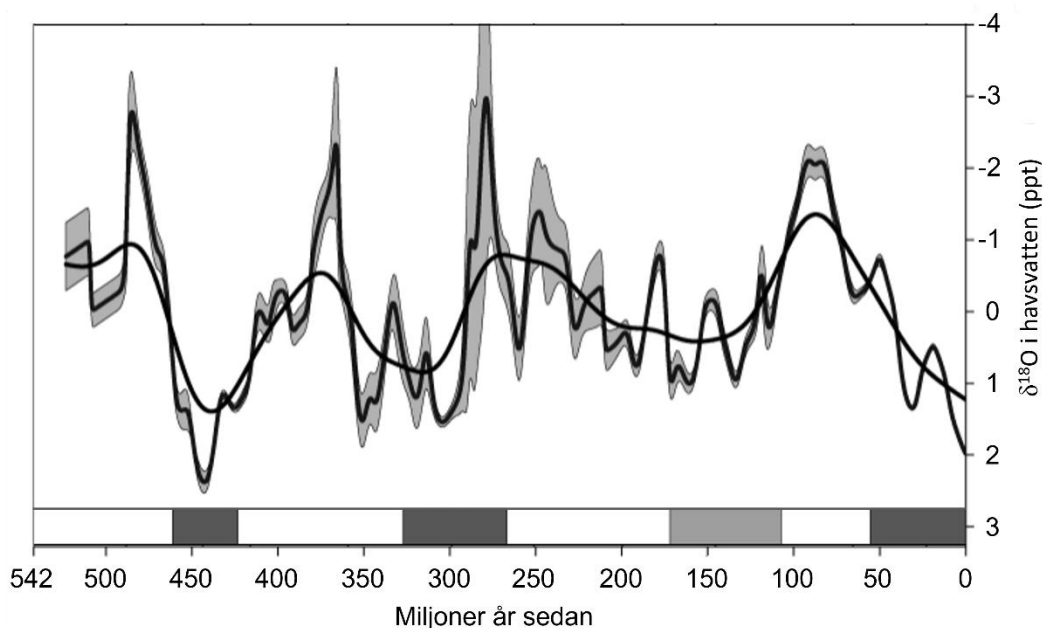
- Ett kraftigt explosivt utbrott kan spränga hela vulkanens tak, varvid vulkanen kollapsar ner i den tömda magmakammaren, vilken skedde på Tonga
- Det finns rikligt med vulkanisk aska, smälta lavadroppar och giftiga svavelgaser i det pyroklastiska materialet som utbrottet orsakar
- Tongas vulkaner har bildats i subduktionszonen
- Magman i en stratovulkan, såsom den på Tonga, innehåller lite kisel som orsakar viskositet, till skillnad från de platta sköldvulkanernas basalter, som bland annat har bildat Hawaii.**

Fråga 1.7

Syre har 3 stabila isotoper, ^{16}O , ^{17}O och ^{18}O , av vilka ^{16}O är den vanligaste (99,757 procent) och ^{17}O är den mest sällsynta (0,038 procent). För att vattenmolekyler med ^{16}O är mer benägna att avdunsta än molekyler med ^{18}O , anrikas den vattenånga som bildar moln med ^{16}O medan havsvatten har anrikats med ^{18}O . Dessutom kondenseras ^{18}O i molnen lättare och faller som nederbörd hellre än ^{16}O , som fortsätter sin färd i molnet i form av vattenånga.

Ju längre bort vattenången färdas när molnen rör sig mot höga breddgrader, desto mer försvinner ^{18}O relativt till ^{16}O från vattenången som nederbörd. När molnen uppnår polarområdena, blir snön som kondenseras ur vattenången alltmer anrikad med ^{16}O . Då snö aggregeras och bilds glaciäris, proportionellt sett mer ^{16}O lagras i glaciärisen för tiotusentals och hundratusentals år. Under perioder av istid är $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (isotopförhållandet) i havsvatten alltså annorlunda än under perioder när det inte finns glaciärer på jordklotet. Man kan studera förändringen i havsvattnets syreisotopförhållande med tiden genom att mäta isotopförhållandet i foraminiferernas kalcitiska skal i avlagringarna på havsbotten. Isotopförhållandet anges med $\delta^{18}\text{O}$ -talet, där man jämför syreisotopförhållandet i provet med det i dagens havsvatten (standard).

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{prov}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000 \text{ ‰}$$



Bildtext: Förhållandet mellan syreisotoper i havsvatten mätt från kalcitiska skal. Bild modifierad av Veizer et al. 2000 och Wikimedia Commons.

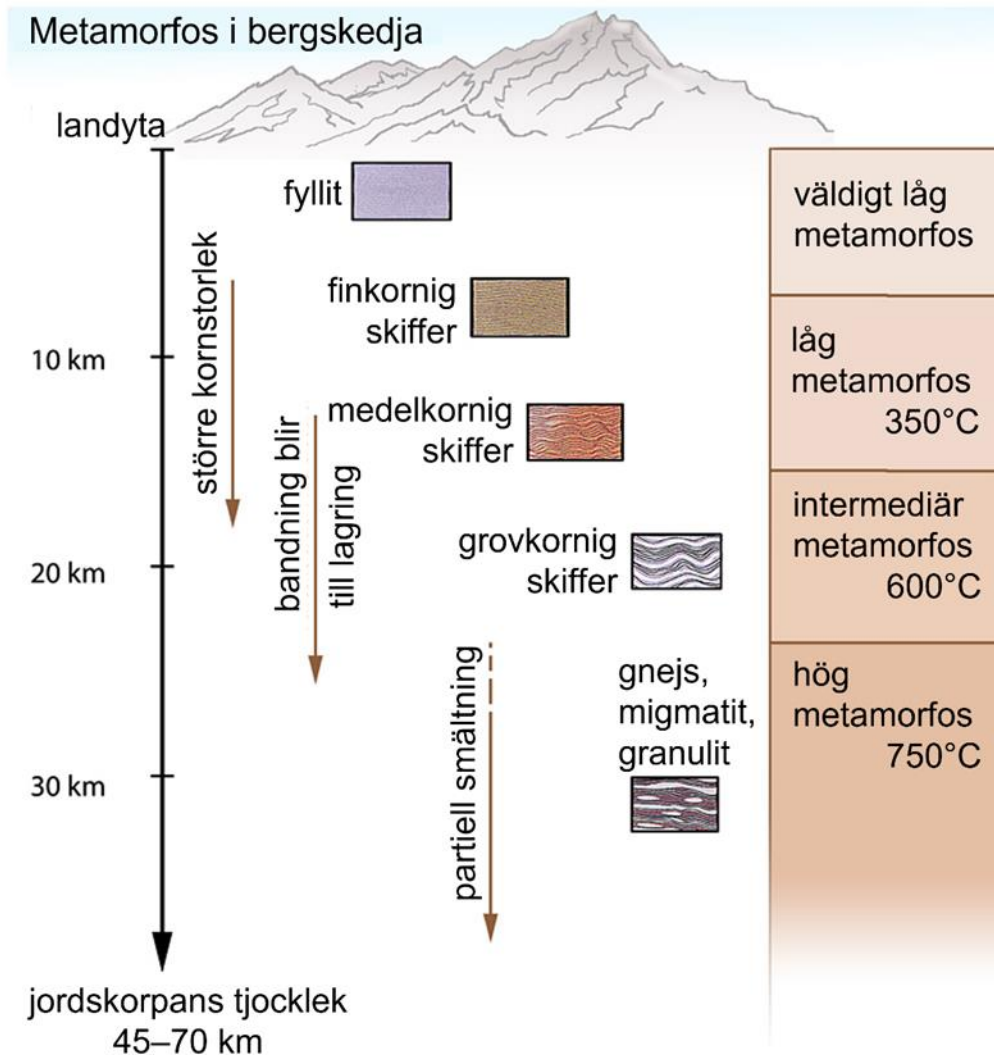
Vad betyder de mörka rektanglarna på bildens nedre kant? Välj RÄTT alternativ.

- De mörka rektanglarna står för varma perioder då det inte har funnits glaciärer på jordklotet
- De mörka rektanglarna står för varma perioder då det endast har kommit lite regn på jordklotet
- De mörka rektanglarna står för kyliga istider då glaciärer har funnits på jordklotet**

- d) De mörka rektanglarna står för fuktiga perioder då det har kommit rikligt med regn på jordklotet

Fråga 1.8

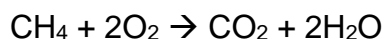
Gnejs och migmatit är två av Finlands vanligast förekommande bergarter. Utifrån bilden nedan och det som du lärt dig tidigare, vad kan du dra för slutsatser? Välj RÄTT alternativ.



- a) Det finns mycket migmatit och gnejs i Finlands berggrund eftersom temperaturen i jordskorpan var högre när stenarna bildades då Finland låg närmare ekvatorn.
- b) Det finns mycket migmatit och gnejs i Finlands berggrund eftersom temperaturen i jordskorpan var högre när stenarna bildades för att en kortare tid sedan Big bang hade gått
- c) Det finns mycket migmatit och gnejs i Finlands berggrund eftersom delar av berggrunden består av bergskedjors rötter som har genomgått metamorfos djupt inne i jordskorpan och blivit synliga i och med de yttersta lagren vittrat bort**
- d) Det finns mycket migmatit och gnejs i Finlands berggrund eftersom ytan av Finlands äldre berggrund som bestod av djupbergarter har genomgått metamorfos samtidigt som Skanderna bildades i Norge.

Fråga 1.9

Metan (CH₄) är en viktig växthusgas som bildas i anaeroba miljöer. Metanets koncentration i atmosfären påverkas dock av följande reaktion med syre:

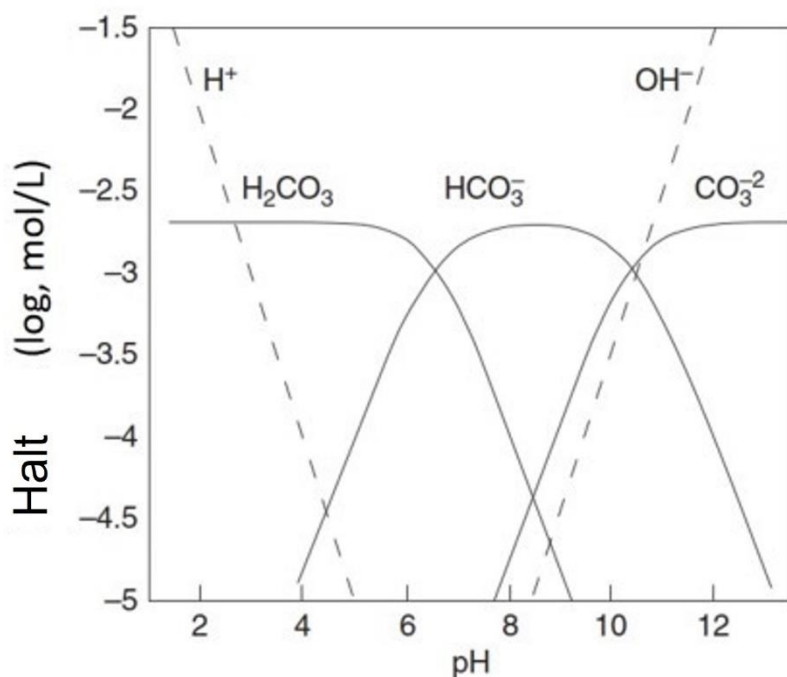
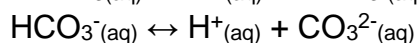
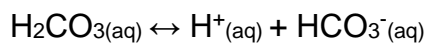


Vilket av följande påståenden är korrekt?

- a) I reaktionen oxideras syret och vätet reduceras
- b) I reaktionen oxideras kolet och syret reduceras**
- c) I reaktionen oxideras vätet och kolet reduceras
- d) I reaktionen oxideras kolet och vätet reduceras

Fråga 1.10

En lösningens surhet, som anges som pH-värde, är en viktig parameter som påverkar många kemiska balanser i naturliga vatten. Studera formlerna i karbonatsystemet och bilden i anknytning till det.



Vilket av följande påståenden är RÄTT?

- a) När pH stiger organiserar balanserna sig på nytt och bildar H₂CO₃
- b) När pH sjunker organiserar balanserna sig på nytt och bildar H₂CO₃**
- c) När pH sjunker organiserar balanserna sig på nytt och bildar CO₃²⁻
- d) pH påverkar inte halterna av H₂CO₃, HCO₃⁻ eller CO₃²⁻

Del 2, uppgift 2

Provets andra del är materialbaserat och innehåller tre frågepaket. Bekanta dig med materialet som finns som PDF-fil och besvara uppgifterna 2A, 2B och 3 på basis av det. Du kan få sammanlagt 20 poäng från provets andra del: 2A (8 p), 2B (8 p) och 3 (4 p).

Uppgift 2A

Svara på alla följande frågor (numrera dina svar):

1. I vilken geologisk enhet finns Finlands yngsta stenar? (0,5 poäng)
2. Vilken är rapakivgranitenhetens högsta och lägsta ålder enligt informationen i tabell 1 och bild 2? (0,5 poäng)
3. Vilken bergart i Ladoga-Brahestadbältet innehåller kismineraller? (1 poäng)
4. Vilket mineral förekommer i alla upplistade bergarter? (0,5 poäng)
5. Vilket mineral som innehåller järn förekommer i granulit? (0,5 poäng)
6. Förklara med egna ord varför man grundade en Ni-Cu-gruva i Pyhäsalmi. Använd hela meningar. (5 poäng)

Uppgift 2B

Svara på alla följande frågor (numrera dina svar). Motivera dina svar med hela meningar.

1. Vad heter det djupaste jordlagret som ligger ovanpå berggrunden? (0,5 poäng)
2. Varför finns det ler- och siltsediment i södra och västra Finland? (0,5 poäng)
3. Frigörs det aluminium i vattnet när plagioklas vittrar? (0,5 poäng)
4. Hur förändras svavlets oxidationstal när pyrit vittrar? (1 poäng)
5. Från vilket mineral kan det frigöras nickel i miljön? (0,5 poäng)
6. Jämför platserna 3 (Pyhäsalmi), 4 (Jyväskylä) och 5 (Kotka). Förklara med egna ord varför Ni-halterna i bäckvattnet på de här platserna skiljer sig från varandra. Använd hela meningar. (5 poäng)

Del 2, uppgift 3

Provets andra del är materialbaserat och innehåller tre frågepaket. Bekanta dig med materialet som finns som PDF-fil och besvara uppgifterna 2A, 2B och 3 på basis av det. Du kan få sammanlagt 20 poäng från provets andra del: 2A (8 p), 2B (8 p) och 3 (4 p).

Uppgift 3

Svara på alla följande frågor (numrera dina svar). Motivera dina svar med hela meningar.

1. Med beaktande av sammansättningen i kismineraller i Pyhäsalmi (tabell 2), vilka metaller kunde åtminstone lakas från Pyhäsalmis gruvavfallinläggningar? (1 poäng)
2. Vilken/vilka grundämnen i sjövattnet härstammar inte från gruvområdet (endast) på basis av bild 6? (1,5 poäng)
3. Välj 2 – 4 grundämnen som fastläggs sämst till sedimentet i skogsdiket på basis av bild 6? (1,5 poäng)

Material

Det här materialet ingick i provet som ett separat PDF-dokument. En del uppgifter besvarades på basis av materialet.

Förekomsten av kismalmer i Finland

Finlands berggrund består av olika *enheter* (bild 1) som bildades under olika tider i Finlands 3000 miljoner år långa geologiska historia, och de sträcker sig delvis utanför Finlands gränser. Enheterna består av olika bergarter. Namnet på enheterna, samt på de geologiska *eoner* då de bildades, visas i tabell 1. Bild 2 föreställer en förenklad geologisk tidslinje.

Inuti enheterna finns det olika *bälten* som består av vissa *bergarter*. Bergarterna består å sin sida av *mineraler* och mineralerna innehåller *grundämnen*, såsom kisel, syre, järn, koppar, nickel, guld osv. En bergart består vanligtvis av några huvudmineraler samt av tillsatsmineraler, som i sig självt innehåller flera grundämnen (tabell 2). Grundämnenas halter i de olika mineralerna varierar mycket.

I Finlands berggrund innehåller rikligt med användbara grundämnen för batterier och annat industriellt bruk. En stor del av de ekonomiskt viktiga grundämnena förekommer i sulfid- (*kis*)-mineraler. I kismineralerna binds metallen till svavlet (S) som en sulfid, dvs. svavlets oxidationstal är negativt (-2 eller -1), medan metallernas oxidationstal i samma mineral är positivt (+1 eller +2). Järn är den vanligast metallen i kismineral (där den bildar *pyrit*), men även nickel (Ni), koppar (Cu) och zink (Zn) är viktiga kisbildande metaller i Finlands berggrund (tabell 3).

I Finland förekommer det kismineraler till exempel i enheterna Svekofenniska orogenen och den Karelska provinsen (bild 1). I *Björneborg-Vammalabältet*, *Ladoga-Brahestadbältet* och *Kajanaland-Outokumpubältet* finns det rikligt med skiffersten (sedimentära och vulkaniska bergarter som har genomgått *metamorfos*) som innehåller ställvis stora mängder kismineraler. Av denna orsak har ett flertal av Finlands viktigaste gruvor koncentrerats till dessa områden, såväl förr i tiden som nuförtiden. Fördelningen av kismineralerna i vart och ett bälte är trots detta väldigt heterogent och för att hitta malmförekomsten krävs det intensiv geologisk forskning och prospektering.

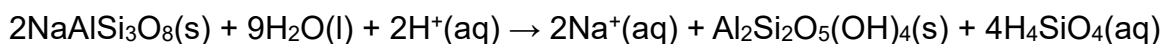
Jordskorpans inverkan på miljökemien

Berggrunden sönderdelas till mindre partiklar till följd av *fysikalisk vittring*. Därför återspeglas berggrundens kemiska sammansättning i *moränen* ovanpå (bild 3). Det är alltså möjligt att utifrån moränens sammansättning kartlägga urbergets kemiska egenskaper. Under projektet Suomen geokemian atlas som genomfördes i Finland på 1980–1990-talet samlade man in moränprover från hela Finland (1 prov/4 km²) och fastställde deras kemiska sammansättningar (mängd grundämnen). Kartan över moränens nickelhalt visas till exempel på bild 4.

Under senare perioder i södra och västra Finland då dessa områden fortfarande låg under vatten, har ler och silt avlagrad ovanpå moränen (bild 4). Ler- och siltsedimenten innehåller också kismineraller, men jämfört med *malmavsättningar* i berggrunden har mineralen inte koncentrerats till ansamlingar och därför är de inte ekonomiskt betydelsefulla eller utnyttjbara.

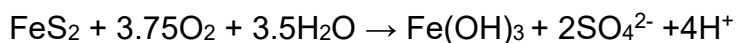
Genom *kemisk vittring* kan grundämnen frigöras från moränen samt ler- och siltavlagringarna till grundvattnet och slutligen till ytvattnet. Vissa mineraler *hydroliseras* (sönderdelas i reaktion med vatten) vid den kemiska vittringen och andra *oxideras* (reagerar med syret i atmosfären). Som ett resultat upplöses vissa grundämnen från mineraler till vatten, medan vissa grundämnen utfälls in i *sekundära mineraler*, såsom ler- eller oxidmineraler (formlerna 1–2).

Formel 1: Hydrolys av plagioklasen (*albit*)



albit + vatten + vätejon → natriumjon + kaolinit (lera) + kiselsyra

Formel 2: Oxidering av pyriten



pyrit + syre + vatten → järnoxid + sulfatjon + vätejon

Den kemiska vittringen påverkar alltså grundämnenas halter i vattendragen och därför varierar vattnets naturliga kemiska egenskaper enligt område. Även från kisminerallerna frigörs grundämnen, såsom nickel (bild 4), i miljön genom naturlig vittring. Man måste ta detta i beaktande när man bedömer hurdana effekter den mänskliga verksamheten har på vattendragen.

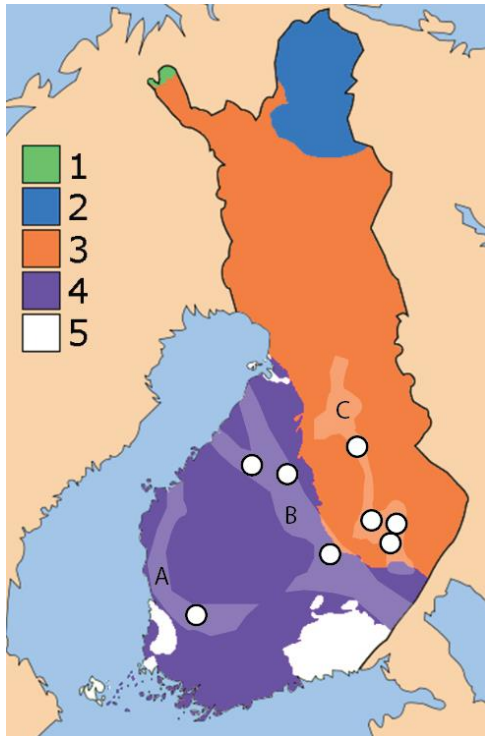


Bild 1. Huvudenheterna i Finlands berggrund (1–5, en förklaring hittas i tabell 1). Skifferbältena i södra och mellersta Finland, där det förekommer rikligt med kismineraler, visas i de allra ljusaste nyanserna: A= Björneborg-Vammalabältet, B= Ladoga-Brahestadbältet, C= Kajanaland-Outokumpubältet. De vita punkterna: viktiga platser för gruvverksamhet (1900–2020).

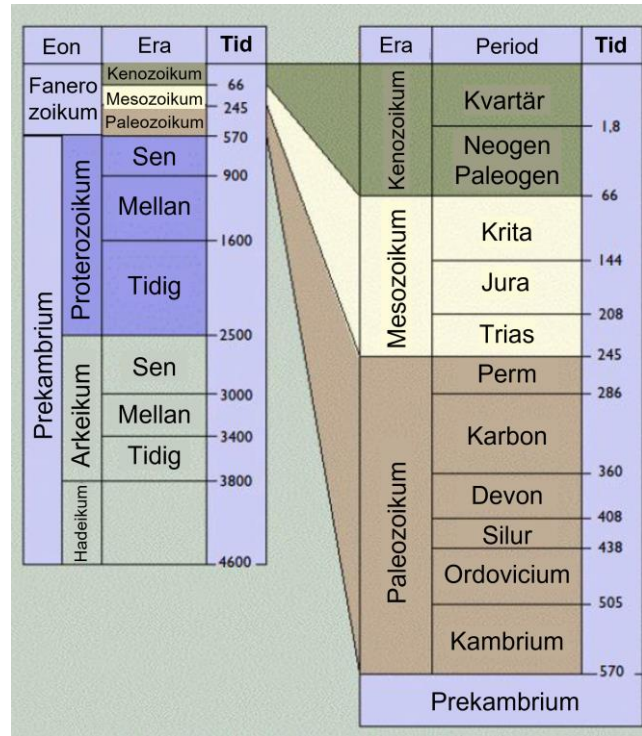


Bild 2. Tarbucks och Lutgens (1996) geologiska tidslinje från boken *Suomen Kallioperä – 3000 vuosimiljoonaa*, Lehtinen et al. 1998. Tidsenheten är miljoner år.

| Koder finns i bild 1 | Enhetens namn | Eon |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | Kaledoniska skifferlager | fanerozoikum |
| 2 | Kolaprovinzen | arkeikum + proterozoikum |
| 3 | Den Karelska provinsen | arkeikum + proterozoikum |
| 4 | Den Svekofenniska orogenesisen | proterozoikum |
| 5 | Rapakivigranit | proterozoikum |

Tabell 1. Namnen på enheterna i Finlands berggrund och eonerna då de bildades.

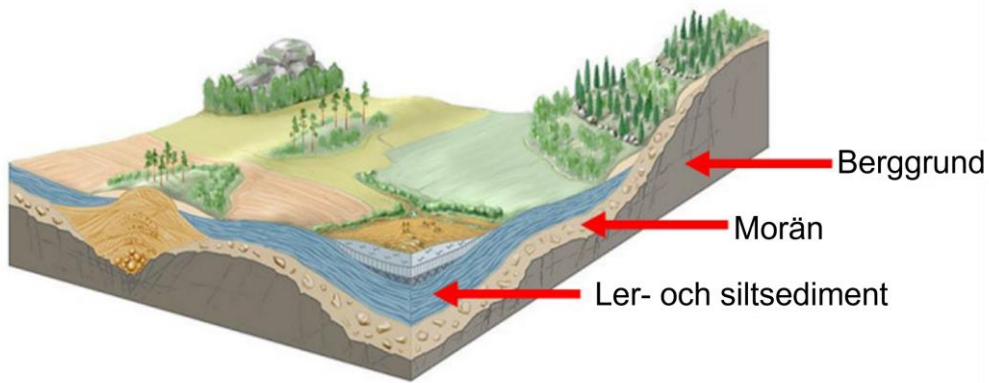


Bild 3. Bild av södra Finlands *jordskorpa* (berggrund + jordmån). Jordmånen består av morän och annat material såsom ler- eller siltsediment. *docplayer.fi, H. Kutvonen, GTK*

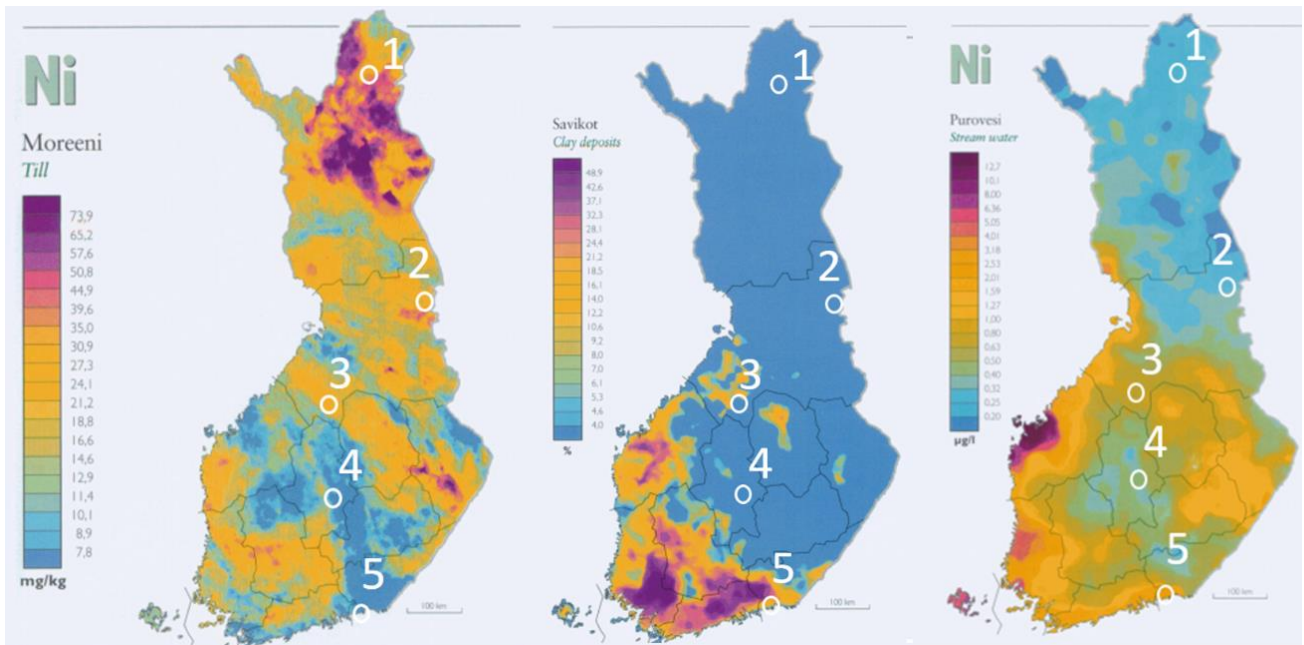


Bild 4 Ni-halt i moränens finkorniga fraktion (mg/kg) (till vänster). Ler- och siltsedimentens genomsnittliga andel av ytan (i mitten) och Ni-halten i bäckvattnet ($\mu\text{g/L}$) (till höger). All information kommer från projektet *Suomen geokemian atlas*, Lahermo et al. 1996 (GTK). Platserna 1–5 på följande sätt: 1: Enare, 2: Saarikylä, 3: Pyhäsalmi, 4: Jyväskylä, 5: Kotka

| Bergart | Exempelmineraller | Mineralernas sammansättning | Exempel på plats (kod på bild 4) | Ni morän (mg/kg) | Ni bäckvattnet (µg/L) |
|----------------|-------------------|--|----------------------------------|------------------|-----------------------|
| Granulit | pyroxen | $\text{Ca, Na}(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$ | 1.Enare | 29 | 0.2 |
| | plagioklas | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | | | |
| | ortoklas | KAlSi_3O_8 | | | |
| | granat | $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ | | | |
| Grönskiffer* | klorit | $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$ | 2.Saarikylä | 27 | 0.3 |
| | plagioklas | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | | | |
| | hornblände | $\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ | | | |
| | epidot | $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Fe,Al})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$ | | | |
| Skiffersten* | hornblände | $\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ | 3.Pyhäsalmi | 30 | 1.5 |
| | plagioklas | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | | | |
| | pyrit | FeS_2 | | | |
| | kopparkis | CuFeS_2 | | | |
| | zinkblände | $(\text{Zn,Fe})\text{S}$ | | | |
| | pentlandit | $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ | | | |
| Granodiorit | plagioklas | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | 4.Jyväskylä | 7 | 0.4 |
| | kvarts | SiO_2 | | | |
| | hornblände | $\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ | | | |
| | biotit | $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$ | | | |
| Rapakivigranit | ortoklas | KAlSi_3O_8 | 5.Kotka | 6 | 2.5 |
| | plagioklas | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | | | |
| | kvarts | SiO_2 | | | |
| | biotit | $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$ | | | |

Tabell 2. Exempel på bergarter som förekommer i Finland, deras mineraler och mineralernas typiska kemiska sammansättning. Exempelen på platser, där dessa bergarter förekommer, motsvarar dem på bild 4. Man har angett Ni-halterna för moränen som finns på berggrunden och i bäckvattnet på basis av kartorna på bild 4. *Skifferstenens och grönskiffers sammansättningar varierar mycket. I tabellen har man gett förenklade exempel på dessa.

| Kismineral | Kemisk sammansättning | Metaller | Används i |
|------------|------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| pyrit | FeS_2 | järn (Fe) | järnindustrin, byggnadsindustrin |
| kopparkis | CuFeS_2 | koppar (Cu) | elektronikindustrin |
| zinkblände | ZnS | zink (Zn) | galvanisering, legeringar |
| blyglans | PbS | bly (Pb) | eldvapen, som tillsatsämne i bensin |
| pentlandit | $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ | nickel (Ni) | batterier, katalysatorer, legeringar |

Tabell 3. De viktigaste kismineralerna som förekommer i Finland, deras kemiska sammansättning och exempel på den historiska användningen av metaller utvunna ur dessa mineraler.

Sulfidmalmgruvornas miljökonsekvenser

Gruvor påverkar alltid miljön. Geovetenskaplig expertis och kunnande behövs inte bara i utnyttjandet av malmer, utan också för att minimera potentiella skador på miljön. Miljönackdelar måste kunna hållas under kontroll och effekterna måste vara godtagbara i enlighet med noggrann miljölagstiftning. Av metallmalmgruvorna är det i synnerhet sulfidmalmgruvorna som kan orsaka utsläpp av metaller på miljön. Gruvområdenas största utmaningar hänför sig huvudsakligen till miljöbelastningen som orsakas av det avrinnande vattnet som bildas på anläggningarna för utvinningsavfall. Utöver belastningen på ekosystemen kan skadeverkningarna även drabba hälsan hos lokalinvanarna och de människor som rör sig på området.

Vid sidan av brytningen bildas så kallade *gråberg* då stenmaterialet omkring användbara malmen bryts för att komma åt malmen. Gråberg är alltså naturligt stenmaterial som ofta innehåller en del, men inte tillräckligt med sulfidmineraler att vara ekonomiskt brytbar. Malmen bearbetas för att separera de värdefulla mineral och metaller från övriga mineralmaterial. Vattenhaltigt mineralavfall som blir kvar kallas *anrikningssand*. Eftersom anrikningsprocessen är aldrig helt effektiv, innehåller anrikningssanden ofta fortfarande metaller och ibland även rester av anrikningskemikalier. Anrikningssanden deponeras vanligtvis i så kallade uppdämda *sandmagasin*, och gråberget läggs på hög i närhet till gruvan. Beroende på gråbergets egenskaper kan man använda det som byggnadsmaterial och ofta är gråberget återdeponerad i dagbrott då verksamheten avslutats. Material som kan inte användas blir permanent gruvavfall på gruvplatsen.

När sulfidmineraler i gråberget eller anrikningssand kommer i kontakt med syre börjar de vittra naturligt. När sulfiderna oxiderar (formel 2), bindningen mellan svavel och järn bryts. Reaktionen släpper ut sulfat, metaller och vätejoner (sänker pH) till vattenlösning och sura metallhaltiga lakvatten uppkommer (på engelska Acid Mine Drainage, AMD). Uppkomsten av sura lakvatten beror på förhållandet mellan de syrabildande (sulfider) och neutraliserande mineralerna (karbonater) i gruvavfall och syrets och vattnets kontakt med avfallet. När pH sjunker i vatten så blir generellt många metaller mer lösliga och sprider sig enklare i miljön. Den sura miljön bidrar även ofta till att metallerna kan lakas enklare. Minimeringen av dess miljökonsekvenser bygger på god hantering av lakvattnet och det avrinnande vattnet på gruvområdet samt på kännedom om flödesförhållandena i botten- och ytvattnet i omgivningen.

Pyhäsalmi gruvområde vid Pyhäjärvi strand består av gruvbyggnader, en underjordisk gruva, dagbrott, anrikningsverk och av sammanlagt fyra sandmagasiner (A–D) och gråbergshögar (bild 5). År 2008 uppskattade man att i sandmagasinet B sipprar cirka 3,3–5,7 l/dygn vatten per dammeter genom den västra dammen ut ner i marken utanför bassängen. Dammen är cirka 750 m lång (bild 5, den röda streckade linjen). Man strävar efter att samla sippervattnet i diken som omger avfallsområdet, varifrån det sedan pumpas tillbaka till sandmagasinet för rengöring. Efter rengöringen släpps vattnet ut i Pyhäjärvi, där spillvattnet blandas med sjövattnet. År 2008 uppskattade man att en del av vattnet i marken trots allt sipprar förbi de omgivande diken ut i skogsområdet, samlas i skogsdikena och rinner ut i Pajulahti (bild 5, de röda pilarna). De upplösta metallerna i sippervattnet kan i alla fall sedimenteras och blir kvar i dikens och våtmarksområdets bottensediment om förhållande är gynnsamma (bild 6). Våtmarksområden används ofta som passiva "bioreningsverk" för gruvmiljöernas avrinningsvatten.

Vattenkvaliteten hos vattendrag påverkas av ett antal faktorer. Vattenkroppens storlek, mängden vatten och dess omsättning påverkar vattensystemets förmåga att neutralisera och späda ut eventuell belastning som kan hamna i den. Vattenkroppens näringslindning,

livsmiljöerna som omger den och områdets berggrund och jordmån påverkar vattnets naturliga kemiska sammansättning.

Markanvändning (jord- och skogsbruk), industri (t.ex. produktion av torv och råmaterial) och samhällen orsakar diffusa och punktblastningar, och det är från fall till fall hur vattenförekomsten tål lasten. Den ekologiska statusen för Pyhäjärvi har uppskattats vara goda/utmärkt år 2022 och nödortig för Junttiselkä (bild 5), SYKE 2022.

Miljöpåverkan från mänsklig verksamhet kan exempelvis studeras genom vattenprover. Genom att jämföra kemiska sammansättningen av vatten i skogsdiket, våtmarksområdet och sjön med varandra (bild 6) kan man övervaka spridningen av lakvatten och bedöma den miljöbelastning som orsakas av gruvområdet, förutsatt att den kemiska sammansättningen av vattnet i skogsdiket återspeglar lakvattnet i avfallsområdet.

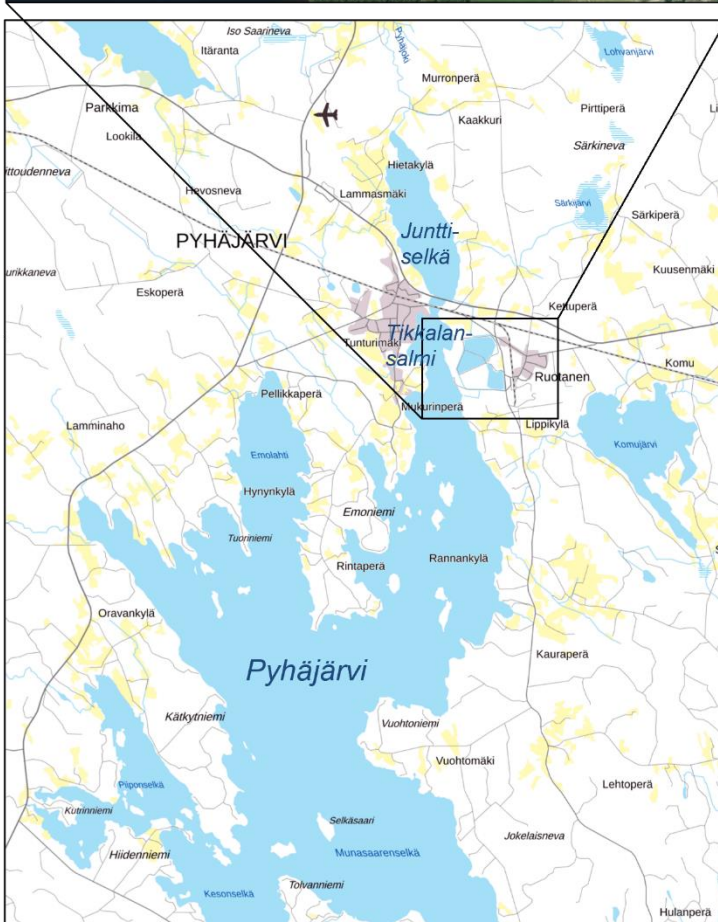
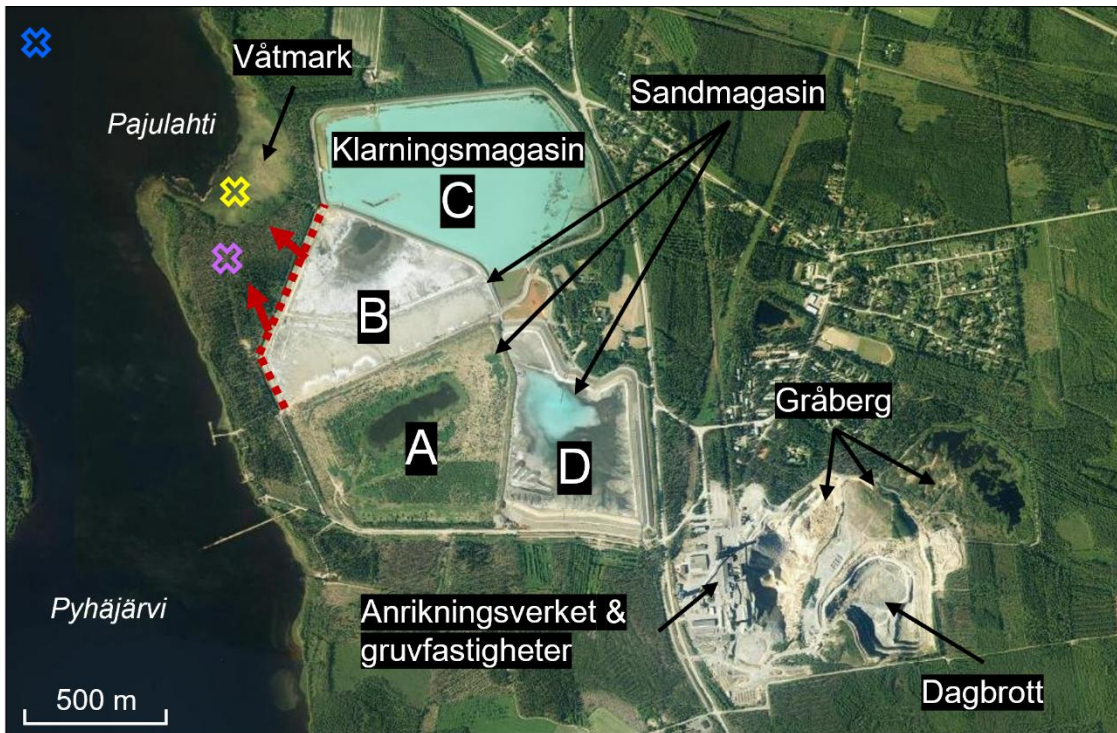


Bild 5: Pyhäselkä gruva, Pyhäjärvi. Gruvområdet består av avrikningssandmagasiner (A–D), grobergshögar, anrikningsverk och dagbrott. Sippervattnet som tränger igenom dammen i B-bassängen (den röda streckade linjen) samlas huvudsakligen i diken som omger avfallsområdet, men en del av det sipprar ut i skogsområdet (de röda pilarna), samlas i skogsdiken och, där strömmar genom våtmarksområdet i Pajulahti.

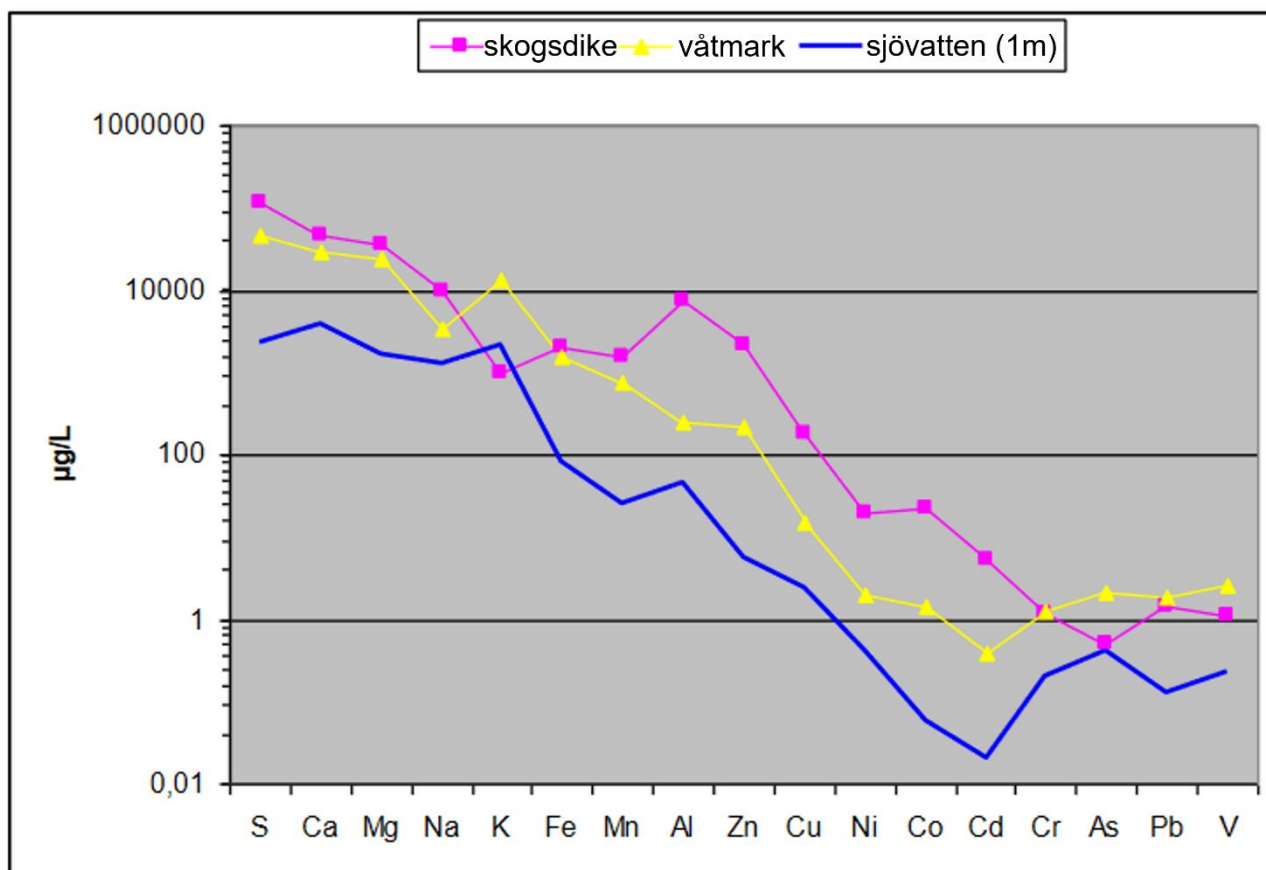


Bild 6: Fördelningen av grundämneshalterna i vattnet år 2008 i skogsdiket, våtmark i Pajulahti och sjövattnet (på 1 meters djup), Pyhäsalmi gruvområde, Pyhäjärvi. Provtagningspunkter på bild 1, färgerna motsvarar varandra. Data: Räsänen 2015.

Referenser:

Räsänen 2015, Geologian tutkimuskeskuksen arkistoraportti 59/2015, Kuopio.

<https://docplayer.fi/63047231-Rikastushiekka-altaan-suotoivesivaikutukset-pajulahden-ja-vanharannan-valisella-maa-ja-vesialueella-vuosina-2006-ja-2007-pyhajarvi.html>

Lahermo, P.; Väänänen, P.; Tarvainen, T. ja Salminen, R. 1996. Suomen geokemian atlas, Osa 3: Ympäristögeokemia - purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus, Erikoisjulkaisut - Special Publications, Vol. 20. 149 s. E-julkaisu:

https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_020.pdf

Lehtinen Martti, Nurmi Pekka och Rämö Tapani (toim.) 1998. Suomen kallioperä: 3000 vuosimiljoonaa. Helsinki, Suomen Geologinen Seura ry., 375 s. E-julkaisu:

<https://www.geologinenseura.fi/fi/seura/julkaisut/suomen-kalliopera>

SYKE (Suomen ympäristökeskus), Vesikartta, Vesien tila

<https://paikkatieto.ymparisto.fi/vesikartta>

Bedömningsgrunder

Uppgift 2A (max. 8 poäng)

Svara på alla följande frågor (numrera dina svar):

1. I vilken geologisk *enhet* finns Finlands yngsta stenar? (0,5 poäng)

I Kaledoniska skifferlager

2. Vilken är rapakivgranitenhetens högsta och lägsta ålder enligt informationen i tabell 1 och bild 2? (0,5 poäng)

Max. 2500 miljoner år sedan (0,25 poäng), min. 570 miljoner år sedan (0,25 poäng)

3. Vilken bergart i *Ladoga-Brahestadbältet* innehåller kismineraller? (1 poäng)

Skiffersten

4. Vilket mineral förekommer i alla upplistade bergarter? (0,5 poäng)

Plagioklas

5. Vilket mineral som innehåller järn förekommer i granulit? (0,5 poäng)

Granat

6. Förklara med egna ord varför man grundade en Ni-Cu-gruva i Pyhäsalmi. Använd hela meningar. (5 poäng)

Poängen ges baserat på den logiska strukturen i svaret och riktigheten av fakta. Modellsvaret innehåller följande punkter, ordnade på ett sådant sätt att helheten är konsekvent och tydligt visar att sökanden har förstått det tillhandahållna materialet:

- Ni-Cu behövas för olika industriella behov (elektronikindustrin, batterier, legeringar, katalysatorer).
- Ni-Cu förekommer i sulfidmineraller (t.ex. pentlandit, kopparkis).
- Dessa mineraller förekommer i skifferstenar
- Skifferstenar förekommer rikligt i Pyhäsalmi-regionen, som är en del av Ladoga-Brahestadbältet i Svekofenniska orogenesisen.
- I Pyhäsalmiområdet har Ni-Cu också observerats i moränen ovanpå berggrunden, vilket återspeglar berggrundens vittring.
- Annan rationell motivering, t.ex. ekonomiskt lönsam.

Exempel på felaktiga motiveringar:

- Gruvan har placerats i Pyhäjärviområdet för att begränsa miljöpåverkan, t.ex. på grund av sjöns storlek, eller förekomsten av våtmarker.
- Gruvan har placerats i Pyhäjärviområdet på grund av bristen på ler- och siltavlagringar.

Uppgift 2B (max. 8 poäng)

Svara på alla följande frågor (numrera dina svar). Motivera dina svar med hela meningar.

1. Vad heter det djupaste jordlagret som ligger ovanpå berggrunden? (0,5 poäng)

Det djupaste jordlagret som vanligtvis täcker berggrunden kallas morän.

2. Varför finns det ler- och siltsediment i södra och västra Finland? (0,5 poäng)

Lera- och siltsediment förekommer i södra och västra Finland eftersom området var under vatten under den senaste geologiska historien.

3. Frigörs det aluminium i vattnet när plagioklas vittrar? (0,5 poäng)

Vittring av plagioklas frigör inte aluminium i vatten (0,25 p.), i stället förblir aluminium i fast fas som kaolinit (0,25 p.)

4. Hur förändras svavlets oxidationstal när pyrit vittrar? (1 poäng)

När pyrit vittrar, ökar (0,5 p.) svavlets oxidationstal från -1 (0,25 p.) till +6 (0,25 p.)

5. Från vilket mineral kan det frigöras nickel i miljön? (0,5 poäng)

Nickel kan frigöras från pentlandit, som har nickel i sammansättning.

6. Jämför platserna 3 (Pyhäsalmi), 4 (Jyväskylä) och 5 (Kotka). Förklara med egna ord varför Ni-halterna i bäckvattnet på de här platserna skiljer sig från varandra. Använd hela meningar. (5 poäng)

Poängen ges baserat på den logiska strukturen i svaret och riktigheten av fakta. Modellsvaret innehåller följande punkter, ordnade på ett sådant sätt att helheten är konsekvent och tydligt visar att sökanden har förstått det tillhandahållna materialet:

- Bäckvattnet i Pyhäsalmi (3) och Kotka (5) har högre Ni-koncentrationer än i Jyväskylä (4).
- I Pyhäsalmi-regionen är moränens Ni-halten relativt högt. Nickel frigörs i kemisk vittring från morän till vatten.
- Höga Ni-koncentrationer i moränen beror på sammansättningen av berggrunden nedan (Ni-innehållande mineraler i skiffersten).
- Gruvdrift kan påverka Ni-halten i Pyhäsalmi bäckvatten.
- Det finns relativt rikligt leravlagringar i Kotka-region. Lera innehåller nickel, därför frigörs nickel i kemisk vittring från lera till vatten.
- I Jyväskylä har moränen ett lågt Ni-koncentration och lite ler- och siltsedimenten. Därför frigörs mindre nickel i vatten i kemisk vittring.

Exempel på felaktiga motiveringar:

- Nickel frigörs från Rapakivi i Kotka-regionen.
- Nickel har ackumulerat Kotka-området från avrinningsområdet.
- Nickeln i bäckvattnet kommer från havsvatten.
- Det finns ingen morän i Jyväskylä.
- Det finns många sjöar i Jyväskylä-området som utspäder Ni-koncentrationerna i bäckvatten.

Uppgift 3 (max. 4 poäng)

Svara på alla följande frågor (numrera dina svar). Motivera dina svar med hela meningar.

1. Med beaktande av sammansättningen i kismineraler i Pyhäsalmi (tabell 2), vilka metaller kunde åtminstone lakas från Pyhäsalmis gruvavfallinläggningar? (1 poäng)
Modellsvaren listar rätta elementen: **Fe (0,25 p.), Cu (0,25 p.), Zn (0,25 p.), Ni (0,25 p.)**. Felaktiga elementen minskar dock poäng till -0,25 p så att den totala poängen för svaret inte kan gå till minus.
2. Vilken/vilka grundämnen i sjövattnet härstammar inte från gruvområdet (endast) på basis av bild 6? (1,5 poäng)

Poängen ges ur rätta grundämnen (**K och/eller As**) (0,5 p.) och ur en exakt, systematisk och förståelig motivering (1 p.) oavsett av ämnen man har nämnt. Om samt rätta och fela ämnen har nämnts, ges 0.25 poäng. Motivering baserar på:

- **Jämförelse mellan koncentrationer i vatten från skogsdiket och sjövattnet.**
- Om sjövattnet har mer / lika mycket av ett ämne som skogsdiket, måste det ha kommit till sjön från flera källor.

Om systematik bakom motivering är åt rätt håll, men bilden har tolkats fel eller motiveringen är annars i slutsatsen felaktig eller ologisk, ges 0,25–0,5 p., t.ex.:

- Jämförelse mellan koncentrationer i vatten från skogsdiket och våtmarken (då frågan handlade uttryckligen sammansättningen av sjövattnet).
- Om motivering och slutsatsen är felaktiga, men svaret tydligt visar att sökanden har förstått det tillhandahållna materialet och processen.

Exempel av felaktiga motiveringar:

- Ämnena a och b, för att koncentrationen av dessa är de högsta / lägsta
- Ämnena a och b, för att mineralen i berggrunden i Pyhäsalmi inte innehåller dessa ämnen enligt tabellen 2

3. Välj 2 – 4 grundämnen som fastläggs sämst till sedimentet i skogsdiket på basis av bild 6? (1,5 poäng)

Poängen ges ur 2–4 rätta grundämnen (**Cr, Pb, Fe, Ca, Mg**) (0,5 p.) och ur en exakt, systematisk och förståelig motivering (1 p.) oavsett av ämnen man har nämnt. Om endast ett ämne eller samt rätta och fela ämnen har nämnts, ges 0.25 poäng. Motivering baserar på:

- **Jämförelse mellan koncentrationer i vatten från skogsdiket och våtmarken.**
- Ju färre koncentrationen har minskat från diket till våtmarken (d.v.s. ju mindre är skillnaden mellan koncentrationen i diket och våtmarken), desto sämre har ämnet fastlagts i skogdikets sediment.

Om systematik bakom motivering är åt rätt håll, men bilden har tolkats fel eller motiveringen är annars i slutsatsen felaktig eller ologisk, ges 0,25–0,5 p., t.ex.:

- Nämning av ämnen vilkas koncentrationer har ökat från diket till våtmarken (d.v.s. är större i våtmarken än i skogsdiket; K, As, V), då detta indikerar att ämnen har flera källor än endast skogsdiket, och gör det omöjligt att uppskatta skogdikets fastlagningsförmåga.
- Om motivering och slutsatsen är felaktiga, men svaret tydligt visar att sökanden har förstått det tillhandahållna materialet och processen.
- Jämförelse mellan koncentrationer i sjövatten och skogsdiket ger inga poäng, då beaktar man inte utspädning som händer i sjövatten och kan inte skilja fastläggning som händer i skogsdiket och i våtmarken.

Exempel av felaktiga motiveringar:

- Ämnena a och b, för att koncentrationen av dessa är de högsta / lägsta (i skogsdiket / våtmarken / sjövatten).
- Ämnena a och b, för de är skadliga för akvatiska ekosystem.