

Urvalsprovet i geovetenskap

30.5.2023 kl. 9–12

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. Svara på alla delar. Spara alltid dina svar innan du lämnar essäuppgiften. Systemet sparar andra svar automatiskt.

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

Du får endast öppna materialet i webbläsaren. Det är tillåtet att ha fliken som öppnats i ett separat fönster invid frågorna.

Du får använda webbläsarens sökfunktion.

Räknaren i provsystemet är i bruk när du får använda räknaren för att göra uppgifter.

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 45.

Du kan bli antagen endast om du i provets andra del får minst det lägsta antalet poäng för att kunna bli antagen. Det lägsta antalet poäng för att kunna bli antagen bestäms av provets bedömningsgrupp. De sökandes slutliga antagningsordning avgörs på basis av de sammanlagda poängen för del 2 (högst 20 poäng).

Del 1, uppgift 1

Provets första del är en flervalsuppgift 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.

För paleontologer och paleoekologer är evolutionsteorin den viktigaste referensramen för forskningen och därför är det viktigt att förstå dess grunder. Flervalsfrågorna 1.1 och 1.2 handlar om evolutionsteori. Välj det alternativ som du anser att är RÄTT.

Fråga 1.1

Lämplighet är ett av de allra viktigaste begreppen inom evolutionsteori. Här nedan finns det information om fyra olika ödleindivider. Vilken av ödlorna har störst lämplighet?

	Ödla 1	Ödla 2	Ödla 3	Ödla 4
Kroppslängd (cm)	20	13	13	15
Antal avkommor	30	35	28	42
Antal överlevande avkommor	25	28	22	26
Livslängd (år)	5	4	4	6

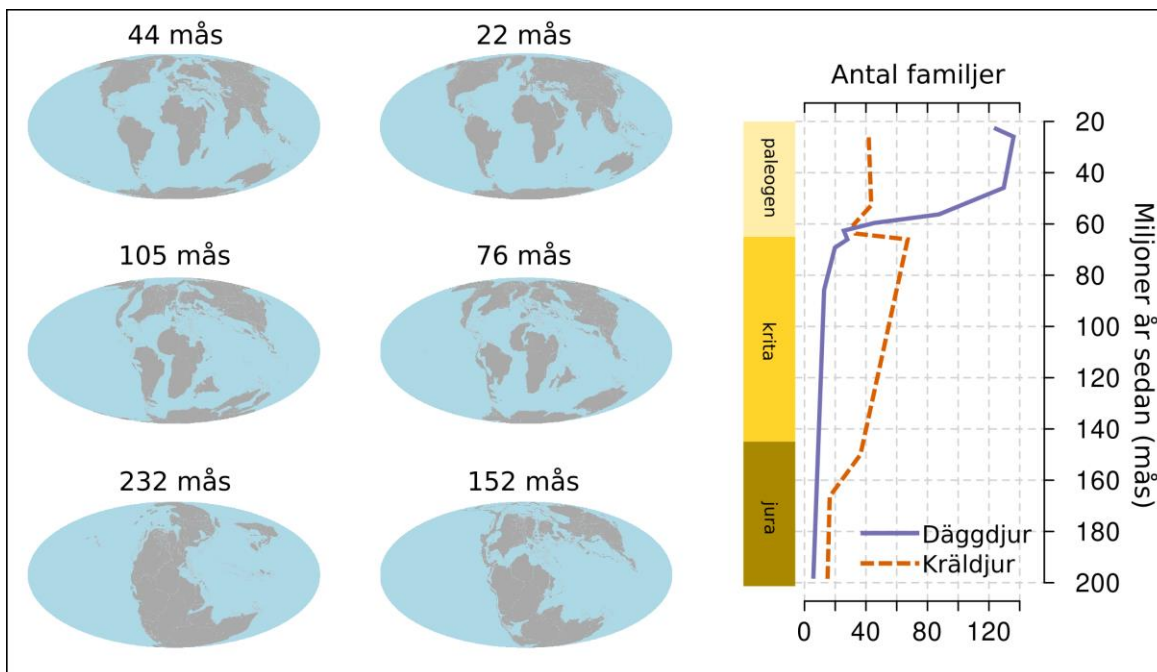
- a) Ödla 1
- b) Ödla 2**
- c) Ödla 3
- d) Ödla 4

Fråga 1.2

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

Utifrån informationen som ges på bilden, vilken av de evolutionsprocesser som nämns där förklarar bäst den relativt snabba förändringen i mångfalden av däggdjur i och med övergången från mesozoikum till kenozoikum?

- a) Uppkomsten av en ny art till följd av geografisk isolering
- b) Uppkomsten av en ny art utan geografisk isolering
- c) Adaptiv radiering**
- d) Genetisk drift



Fråga 1.3

Under en istid binder glaciärerna enorma mängder 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 låglänta markerna runt omkring bergen.

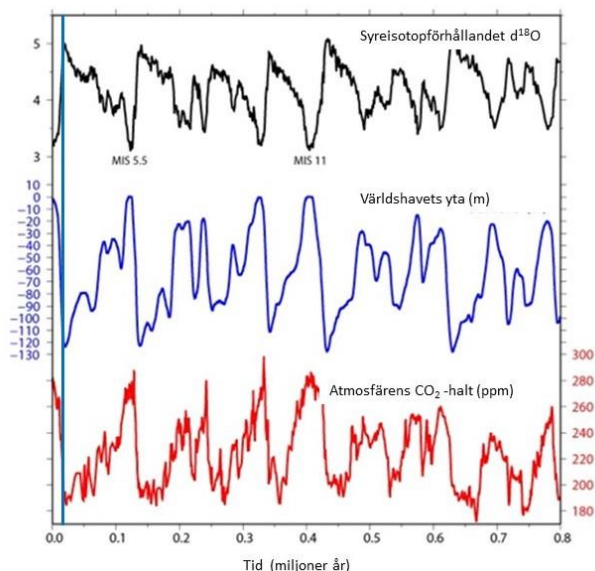
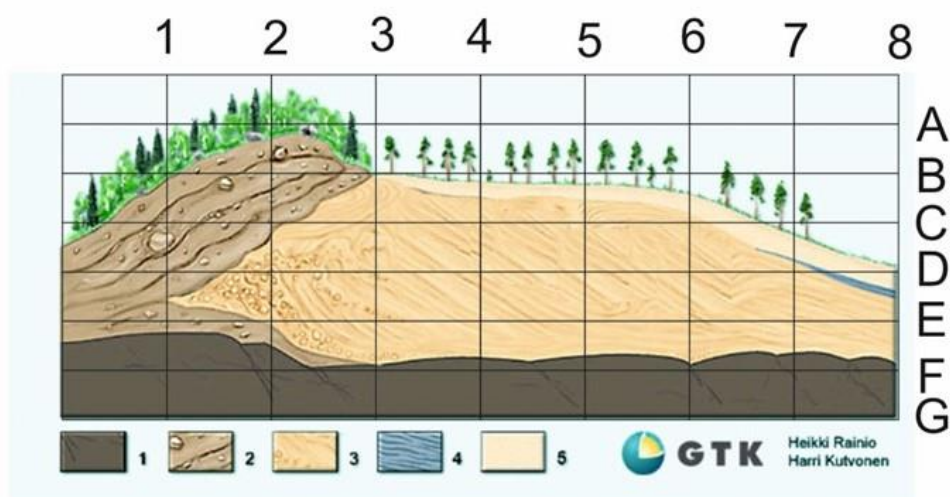


Bild modifierad av Lisieki & Raymo, 2005

På bilden visas hur världshavets yta har förändrats under de senaste 800 000 åren (den blåa kurvan i mitten). På bilden syns också förändringen i syreisotoperna (den övre kurvan) i skalet på foraminiferer som levde på världshavets botten under samma tidsperiod och förändringen i atmosfärens CO₂-halt (den nedre kurvan). MIS 5.5 (Marine Isotope Stage) står för det förra varma mellanstadiet, interglacialtiden Eem. Resonera dig fram till RÄTT alternativ med hjälp av bilden:

- a) För 150 000 år sedan var världshavets yta mer eller mindre på samma nivå som i dag
- b) Världshavets höga yta under superinterglacaltiden MIS 11 korrelerade med den låga CO₂-halten i atmosfären
- c) **Den blåa lodräta linjen på bildens vänstra kant beskriver det maximala skedet för Weichsel-istidens glaciär**
- d) De maximala värdena i kurvan som beskriver syreisotopförhållandet i skalet på foraminifererna på världshavets botten korrelerar med klimatets varmare skeden

Fråga 1.4



- 1. Berggrund
- 2. Osorterat sediment, där kornstorlek varierar mellan lera och block
- 3. Sorterat sediment, där kornstorlek varierar mellan sand och grus
- 4. Lera
- 5. Sorterat finkornigt sediment, kornstorlek finkornig sand och silt

Bilden föreställer ett tvärsnitt av Salpausselkä. Resonera dig fram till vilket alternativ som är RÄTT utifrån bilden.

- a) Det slutbildande sedimentet av Salpausselkä (mellan 0–7 på bilden) är morän som avlagrats vid kanten av glaciären
- b) **Glaciärens kant har under en längre tid varit vid punkt 3**
- c) Nivån på vattenytan vid tidpunkten för den översta avlagringen har legat på nivå C
- d) Glaciärens flödesriktning har varit från höger till vänster på bilden

Fråga 1.5

Det finns stenkol förekömmster kring den 55°N breddgraden i norra Britannien som har bildats under den varma och fuktiga karbonperioden för ca 300 miljoner år sedan. Dessa förekomster bildades av ormbunksskogar som växte i tropiken mellan breddgrader 23°N och 23°S. Vad är den kortaste sträckan (avstånd) Britannien har vandrat under tiden av 300 miljoner år? Jordklotets radie (r) är 6370 km. Cirkelns längd (p) är $2\pi r$. Cirkelns gradantal är 360°.

Välj RÄTT alternativ:

- a) Circa 2700 km
- b) Circa 8700 km

- c) Circa 5500 km
- d) **Circa 3500 km**

Fråga 1.6

Vid övergången från paleocen till eocen (för cirka 55 miljoner år sedan) steg den globala temperaturen väldigt snabbt med cirka 5–8 C°. Klimatet förändrades troligen (delvis) till följd av den ökade vulkaniska verksamheten. Enligt uppskattningar frigjordes sammanlagt cirka 12 Tt kol (vilket motsvarar cirka 44 Tt koldioxid) i atmosfären under cirka 50 000 år. År 2019 uppskattade man att den vulkaniska verksamheten i dag varje år frigör sammanlagt 280–360 Mt koldioxid i atmosfären. De antropogena CO₂-utsläppen var cirka 39,4 Gt år 2021. Välj RÄTT påstående:

- a) I lite över hundra år har det frigjorts lika mycket koldioxid i atmosfären från de nuvarande utsläppen som under 50 000 år under paleocen
- b) **I lite över tusen år har det frigjorts lika mycket koldioxid i atmosfären från de nuvarande utsläppen som under 50 000 år under paleocen**
- c) I lite över tiotusen år har det frigjorts lika mycket koldioxid i atmosfären från de nuvarande utsläppen som under 50 000 år under paleocen
- d) I lite över hundratusen år har det frigjorts lika mycket koldioxid i atmosfären från de nuvarande utsläppen som under 50 000 år under paleocen

Fråga 1.7

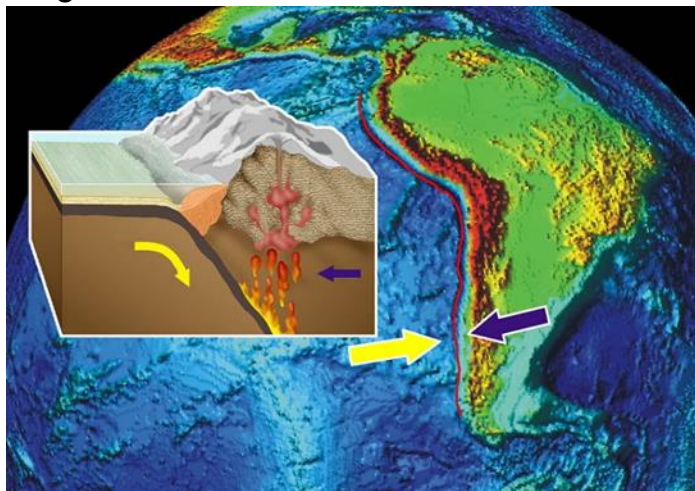


Bild: Harri Kutvonen, GT

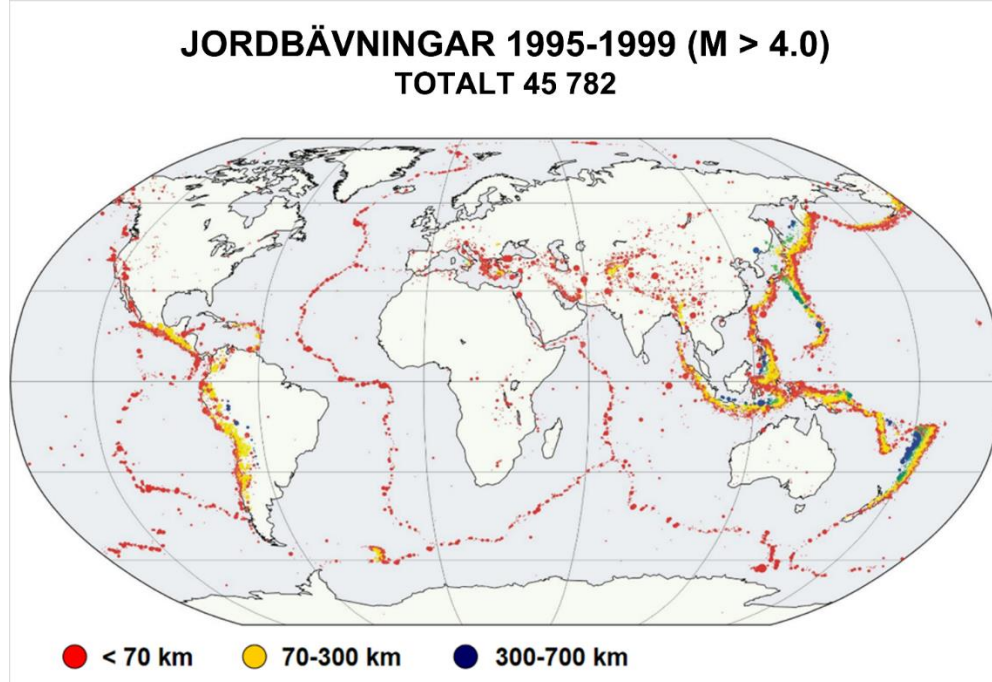
Vilken process beskrivs? Välj RÄTT alternativ.

- a) **Nazcaplattan trycks in under den sydamerikanska kontinentalplattan i subduktionszonen**
- b) Nazcaplattan trycks in under den sydamerikanska kontinentalplattan i överskjutningszonen
- c) Nazcaplattan böjer sig nedåt vid den passiva plattgränsen under tyngden av Anderna
- d) Nazcanplattan är en tung marin platta som sjunker ner i astenosfären under tyngden av sin egen vikt vid den passiva plattgränsen

Fråga 1.8

Elektronegativitet beskriver ett grundämnes förmåga att dra till sig elektroner i en kemisk bindning och anger i vilken mån bindningen mellan två grundämnen är jonisk eller kovalent.

Fråga 1.10



Material: USGS

Studera kartan över utbredningen av jordbävningar med en magnitud på mer än 4 över jordklotet i förhållande till jordbävningarnas djup. Välj RÄTT påstående:

- a) De djupaste jordbävningarna förekommer i bergstrakter, eftersom jordskorpan är som tjockast där.
- b) Jordbävningar observeras endast vid plattornas gränser.
- c) Jordbävningar observeras allra mest vid konvergenszonerna.
- d) **Subduktionszonernas lägsta jordbävningar sker hos den subducerande plattan.**

Del 2, uppgift 2

Provets andra del baserar på materialet "Långa tidsserier i forskningen om klimatförändringen". Läs och bekanta dig noggrant med materialet och besvara frågorna i uppgifterna 2 och 3 på basis av det.

Du kan få sammanlagt 20 poäng från provets andra del: 14 poäng i uppgift 2 och 6 poäng i uppgift 3.

Fråga 2.1

Varför förångas ^{16}O lättare och mer sannolikt förblir till vattenånga i atmosfären? (2 p)

Fråga 2.2

Undersök bild 1. Beskriv med egna ord hur temperaturen har förändrats a) under de senaste 50–1 miljoner åren, b) för 500 000–20 000 år sedan och c) under holocen tid (11 700-nutid). Vilka olika faktorer och hur kan de ha påverkat jordens temperaturförändringar i dessa olika skeden? (5 p)

Fråga 2.3

Undersök bild 1. Hur långt bak i tiden måste man gå för att hitta klimatet som motsvarar det varmaste framtidsscenariot år 2200 i den geologiska tidsserien? (2 p)

Fråga 2.4

Undersök bild 3. Beskriv de förändringar som skedde i klimatet och växtligheten i Medelhavsområdet för 500 000–300 000 år sedan. Motivera din tolkning med egna ord och i fullständiga meningar (5 p)

Del 2, uppgift 3

Provets andra del baserar på materialet "Långa tidsserier i forskningen om klimatförändringen". Läs och bekanta dig noggrant med materialet och besvara frågorna i uppgifterna 2 och 3 på basis av det.

Du kan få sammanlagt 20 poäng från provets andra del: 14 poäng i uppgift 2 och 6 poäng i uppgift 3.

Fråga 3.1

Undersök bild 2. Fundera vad utbredningen av hasselbusken för 6000 år sedan berättar om Finlands klimat. Motivera med egna ord och i fullständiga meningar. (2 p).

Fråga 3.2

Undersök bild 2. Hur har man forskat utbredningen av hasselbusken för 6000 år sedan? (2 p)

Fråga 3.3

Varför finns det inga långa tidsserier om klimatförändringar från Finland. (2 p.)

Material

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

Långa tidsserier i forskningen om klimatförändringen

Jordens temperatur har kraftigt varierat under dess historia. En hypotes är att jorden för cirka 700 miljoner år sedan var så kall att den till största delen var täckt med is och snö under miljontals år (s.k. snöbolls-jorden). Triasperioden var däremot så varm att havsvattnets ytemperatur vid ekvatorn kunde vara upp till +38 grader. Det växte tropisk skog på Antarktis. Även historiskt sett har man upplevt stora klimatförändringar. Ett ovanligt varmt klimatskede dominerade Europa under medeltiden då bland annat vintrarna var snöfattiga och milda ända upp till Mellersta Finland. Å andra sidan håller jorden ännu på att återhämta sig från den över 500 år långa så kallade lilla istiden då jordens medeltemperatur var cirka en halv grad lägre än idag.

En av faktorerna till klimatförändringarna är variationer i atmosfärens sammansättning av gaser. På grund av detta har växthuseffekten tidvis varit svagare och ibland starkare under jordens historia, till exempel som en följd av aktiv vulkanism. Till exempel har uppkomsten av det tidiga eocena klimatoptimum, för cirka 50–53 miljoner år sedan, förklarats med öppnandet av norra Atlanten och kraftig vulkanisk aktivitet som ökade koldioxidhalten i atmosfären. Till hettan kan också ha bidragit till att metanen som bundits som klatrarer på världshavens botten plötsligt bröt ut i atmosfären.

Den stora vändpunkten i jordens klimathistoria skedde då människan efter den industriella revolutionen orsakade en rekordsnabb ökning av koldioxidhalter i atmosfären. De växthusgasutsläpp som människan orsakat har redan förändrat klimatet betydligt. Förenta nationernas klimatpanel (IPCC) konstaterar i sin sjätte bedömningsrapport att sannolikheten för väderfenomen som orsakar flera skador har ökat. Även förändringar på många hav och kontinentala glaciärer är redan nu oåterkalleliga eller återgår långsamt. Omfattningen på de kommande förändringarna beror på hur utsläppen av växthusgaser, särskilt koldioxid, utvecklas i framtiden. Vid sidan av denna superinterglacialorsakad av människor fortsätter jordens naturliga processer som tidigare och fortsätter ständigt förändra jordens klimat.

Enligt den nuvarande uppfattningen har jordens klimat under dess ca 4,6 miljarder år gamla historia huvudsakligen varit varmt. Jorden har dock ändå haft flera perioder av varma klimatskeden och åtminstone sex olika nedisningsperioder som varat i miljoner år. För närvarande lever vi i den senaste kalla nedisningsperioden som började för drygt 30 miljoner år sedan då Antarktis blev isolerat från det sydliga polarområdet på grund av plattetektoniken. Detta ledde till bildning av en kall ström som cirkulerade Antarktis. Den kalla havsströmmen fryste Antarktis vilket ledde till att snötäcket inte längre smälte ens under sommaren utan började bilda kontinentala glaciärer för ca 34 miljoner år sedan. Under de senaste miljontals åren har också koldioxidhalten i atmosfären minskat till följd av den naturliga processen. En central orsak till detta är att bergen, särskilt Himalaya, stiger vilket har snabbat på vittringsprocesserna där silikatmineraler som stigit till marken binder mycket koldioxid från atmosfären.

Även under nedisningsperioden varierar klimatet mellan kalla och varmare perioder. Denna omväxling är förenad med jordens omloppsbana och förändringar i jordaxelns lutning (s.k. orbitalcykler). Istid (glacial) avser en tidsperiod då glaciärerna expanderar till stora områden som täcker kontinenterna när klimatet blir kallare. Mellanistid (interglacial) avser å sin sida en varmare period mellan två istider, såsom holocen (11 700 år sedan – idag), som för närvarande råder på jorden.

Långa tidsserier kan användas i geologisk forskning för att kunna spåra dessa klimatförändringar hundratals miljoner år tillbaka. Dessa tidsserier är till exempel borrarde lager serier i sankor på havs- eller sjöbotten eller borrarde islager serier i kontinentala glaciärer. Även organiska avlagringar som avlagrats under varma tidsperioder berättar om klimatet under den perioden. Genom att undersöka jordens klimathistoria får man en bättre förståelse för kommande klimatförändringar och dess påverkan på ekosystemet. Man får också information om hur jorden tidigare har reagerat även på snabba klimatförändringar och kan förutse förändringar i framtiden.

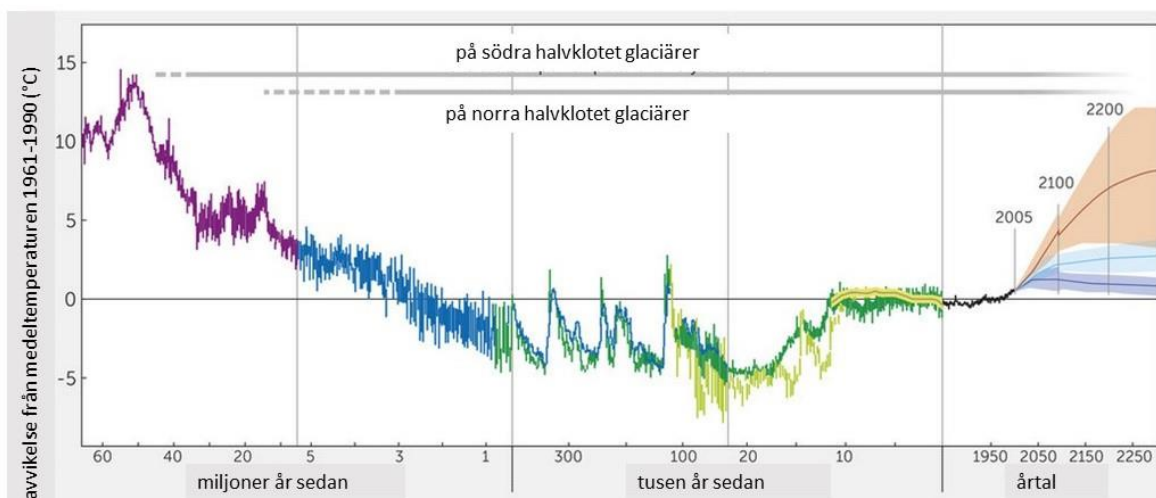


Bild 1. Jordens klimat har under dess historia betydligt varierat. På bilden syns en långvarig kylningsutveckling, en kortvarig variation av olika orsaker och temperaturstigning i klimatet orsakat av människans produktion av växthusgaser. Observera att diagrammet tidsaxel ändrar vid de vertikala linjerna. De olika kurvorna är resultat av olika undersökningar och scenarier. Framtidens temperaturutveckling beskrivs med tre olika kurvor som representerar olika scenarier baserade på utsläpp av växthusgaser. Den violetta, blåa och orangea kurvan beskriver den mest sannolika förutsättningen för varje scenario och det skuggade området runt kurvorna beskriver osäkerheten för varje scenario (GEOS1 2021).

Växtligheten och havsvattnets växt- och djurplankton har en direkt koppling till jordens klimat. Även sammansättningen på sedimentlager berättar om avlagringsmiljön och därmed om det rådande klimatet. Inom forskningen om tidigare klimatvariationer kan man använda växt- eller djurfossil eller de isotopiska sammansättningarna av de grundämnen de innehåller. Till exempel berättar syreisotoper om det tidigare klimatet var kallt, varmt, torrt eller regnigt. Sådana material (fysikaliska, kemiska eller biologiska) som ger indirekta observationer av objektet i fråga (till exempel temperatur) kallas proxy.

Syre finns i flera centrala delar av klimatsystemet: det är den andra vanligaste gasen i atmosfären, det finns i vattenånga i atmosfären och naturligtvis som en del av vattenmolekyler i allt rinnande vatten (världshav, sjöar, åar) eller glaciärer. Syre har 3 stabila isotoper i naturen, ^{16}O , ^{17}O och ^{18}O , varav ^{16}O är den vanligaste (99,757 %) och ^{17}O den mest ovanliga (0,038 %). ^{16}O förångas lättare än ^{18}O och till följd av detta är den vattenånga som bildar moln berikad med ^{16}O , medan havsvattnet är berikat med ^{18}O . Som vattenånga i molnet kondenseras ^{18}O dessutom lättare som regnvatten än ^{16}O , som fortsätter sin resa som vattenånga i molnet.

Ju längre vattenången färdas då molnen rör sig mot högre breddgrader, desto mer avlägsnas ^{18}O från vattenången som regn. När molnen når polarområdena blir snön som kondenserats med vattenånga ännu mer berikad med ^{16}O . När snön samlas och bildar glaciäris lagras den relativt största delen av ^{16}O i glaciärisen i tiotusentals och hundratusentals år.

Under istiderna är havsvattnets $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (isotopförhållande) alltså annorlunda än under tider då jorden inte är täckt med glaciärer. Förändringen i havsvattnets förhållande av syreisotoper över tid kan undersökas genom att mäta isotopförhållandet i kalcitiska skal från foraminiferer som avlagrats på havsbotten. Isotopförhållandet beskrivs med talet $\delta^{18}\text{O}$ där förhållandet mellan syreisotoper i provet jämförs med det nuvarande kända förhållandet för dagens havsvatten (standard):

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

Under kalla perioder ökar havsvattnets $\delta^{18}\text{O}$ -värde då en del av det $\delta^{16}\text{O}$ -haltiga vattnet är bundet till glaciärer.

Förändringar i växtligheten berättar om förändringar som skett i klimatet

Som alla levande organismer har växter en egen livsmiljö, och vissa växtarter växer under vissa temperatur- och fuktighetsförhållanden och bildar växtsamhällen. Tillsammans med andra organismer och biotiska och abiotiska faktorer bildar växtsamhällen biomer som gränsar till jordens klimatzoner. Växt- och djurarternas förekomstområden har över tid förändrats i takt med klimatförändringarna. När man ser på förändringar i växtligheten i Europa under de senaste två miljoner åren kan man observera att skogarna tar över området under de varmare och/eller fuktigare perioderna, medan mer öppen tundra- och stäppvegetation sprider sig under kallare och/eller torrare

perioder. Till exempel har växtligheten i Finland stegvis förändrats under den holocena tiden på grund av ändringar i klimatförhållandena. Så fort landområdena var utsatta för inlandsis och under vatten bestod vår växtlighet av gräs och halvgräs. När klimatet blev varmare började träden dominera landområdena, ledda av björk (*Betula*) och tall (*Pinus sylvestris*). Under holocens varma period präglades vår växtlighet av ädla lövskogar längre norrut än idag. Det kallare klimatet som inleddes under mitten av holocen och spridningen av gran (*Picea abies*) från öster förvandlade våra skogar till dagens nordliga barrskog.

Förändringar i växtligheten under tidigare klimatperioder kan undersökas med hjälp av till exempel mikroskopiska pollen eller växtmakrofossiler, dvs. växtrester, lagrade i sedimentlager i sjöar eller torvavlagringar i myrar. Växter producerar enorma mängder pollen som blandas och sprids i luften och slutligen avlagras i till exempel sjöar eller myrar. Således representerar det pollen som avlagrats på botten av sjöar och myrar växtligheten vid tiden för avlagringen. På samma sätt kan växtrester som begravts i dessa avlagringar berätta vilken sorts växtlighet som vuxit i sjöns omgivning eller i myren och dess närområde under avlagringsperioden.

Till exempel indikerar en stor andel pollen av barrträd att en barrskog vuxit på området och på motsvarande sätt indikerar en stor andel pollen av lövträd tillväxten av lövskogar på området. En hög andel pollen av andra växter, såsom gräs och örtväxter tyder däremot på en mer öppen miljö under avlagringsperioden. Den sammansättning av växtlighet som tolkas med hjälp av pollen ger också information om klimatförhållandena vid avlagringsperioden. Upptäckten av pollen eller växtrester av växter som växer under varmare förhållanden än idag i forna sjösedimentlager och torvavlagringar indikerar tidigare, varmare klimatförhållanden än idag. På liknande sätt kan förändringar i växtligheten såsom avsaknaden av vissa arter eller ökad pollenbildning indikera ett svalare klimat och att klimatförhållandena blivit torrare eller fuktigare. Till exempel är spridningen av gran i Finland delvis kopplad till svalare klimatförhållanden.

I Finland omfattar dessa arkiv över sjöar och myrar, vanligtvis skapade efter istiden, endast den holocena perioden, och endast ett fåtal avlagringar som bildats under den tidigare Eem-interglacialen har bevarats i Finland.

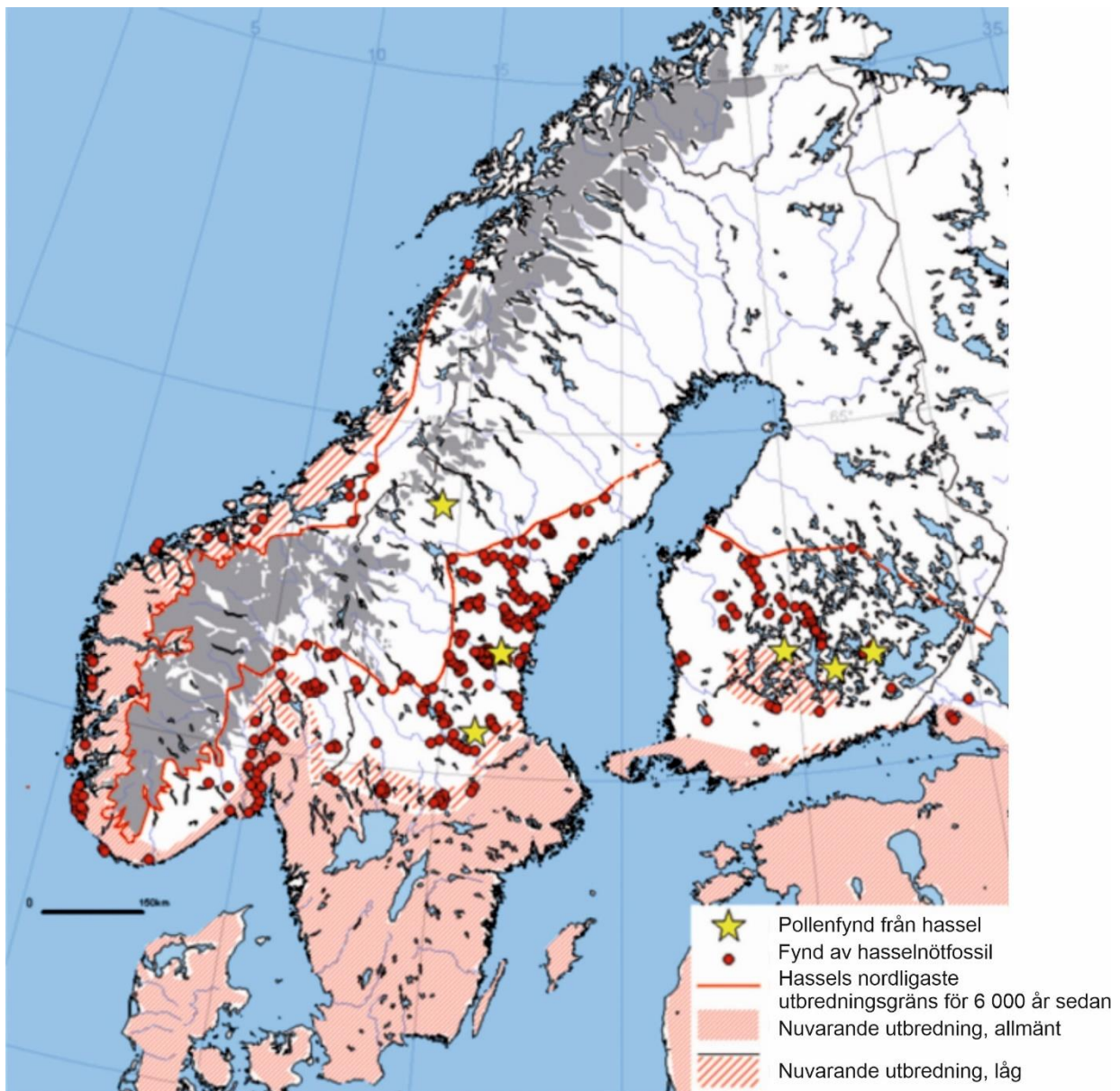


Bild 2. Bilden visar den nuvarande utbredningen av hasselbusken (*Corylus avellana*) och dess förekomst för cirka 6 000 år sedan (ändrad Seppä m.fl. 2015).

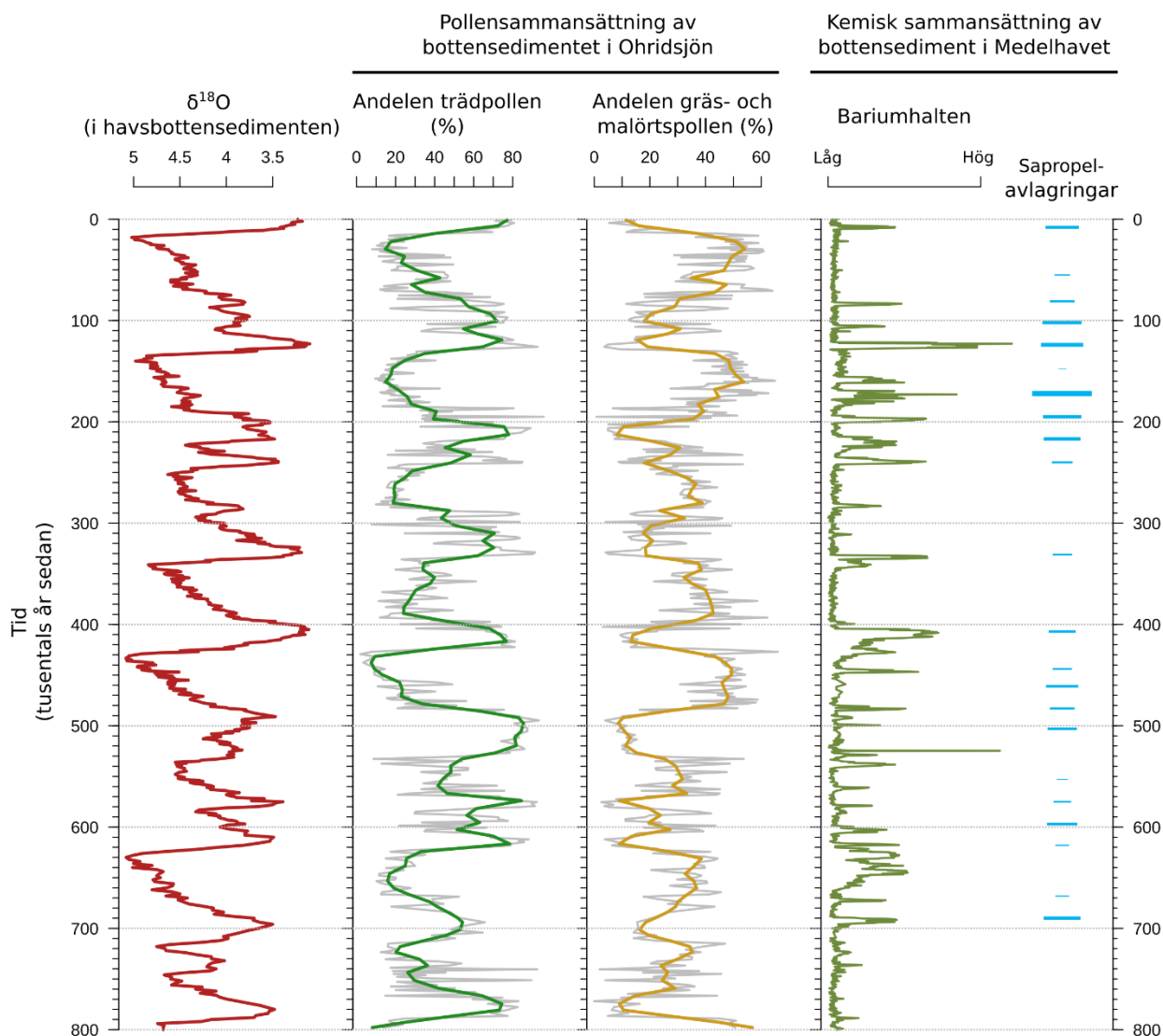


Bild 3. En 584 meter lång sedimentserie har borrats från bottensedimentet i Ohridsjön på gränsen mellan Albanien och Nordmakedonien. Genom att studera pollensammansättningen i sedimentet har man bildat en exakt bild av förändringarna i växtligheten i Medelhavsområdet under de senaste 1360000 åren. Bilden visar förändringen i andelen träd-, gräs- och malörtspollen i Ohridsjöns sedimentserie under de senaste 800 000 åren. Dessutom visar bilden en kurva över förändringarna i $\delta^{18}\text{O}$ -värdet över tid, baserat på kalcitiska skal från foraminiferer från havsbottensedimenten, samt bariumphalten och dateringar av sapropel-avlagringar i bottensedimentet i Medelhavet.

Medelhavets kemiska sediment som klimatproxy

Medelhavsområdet är särskilt känsligt för klimatförändringar eftersom det ligger på gränsen till Saharas ökenområde och Europas tempererade zon. Klimatförändringarna påverkar områdets växtlighet, men också på Medelhavets tillstånd. Vattnet i Medelhavet är vanligtvis mycket klart eftersom näringsbelastningen från det relativt torra tillrinningsområdet är låg, varefter algproduktionen och nedbrytningen är liten. Dessutom avdunstar vattnet i östra Medelhavet så effektivt att densiteten på det kvarvarande vattnet stiger, och det tyngre vattnet sjunker till havets botten. Under fuktigare klimatperioder ökar flodströmmarna så mycket att de inre strömmarna förändras helt i Medelhavet. Sötvatten rinner från kontinenterna till havet och ytvattnets densitet minskar. Då kan Medelhavet avlagras på samma sätt som dagens Östersjö, och drabbas av syrebrist på djupt vatten. Under dessa förhållanden ökar både den yttre och inre näringsbelastningen, och

produktionen och nedbrytningen av alger ökar kraftigt. Sådana perioder (skeden) kan identifieras i Medelhavets sedimentkemiska profiler. De framstår i sedimentet som s.k. *sapropel*-avlagringar.

Sapropel är sedimentlager som innehåller mycket organiskt material och som därför förekommer som svarta lager i sedimentprov. De har också höga halter av barium (Ba) eftersom bariumsulfat, eller baryt, bildas i havsvatten när organiskt material bryts ner. Sedimentets bariumhalt är en ännu bättre proxy för bildning av sapropel än sediment av organiskt material. När det efter bildandet av sapropel är en lång period då syrehalten i vattnet är hög, kan det organiska materialet i saproplet sönderdelas och saproplet kan helt försvinna ur sedimentarkivet. Baryt är dock ett hållbart mineral som kvarstår i sedimentet och gör det möjligt att rekonstruera sapropelperioder. Bildandet av sapropel är särskilt korrelerat med förändringar i rörelsen i jordens axel, dvs. *precessions*cykler, vars frekvens är högre än de glacial-interglaciala cyklerna. Därför kan sapropel bildas flera gånger under en glacial-interglacial cykel. Sannolikheten för bildning av sapropel är dock högst under interglaciala perioder då klimatet är relativt varmt och fuktigt.

Referenser:

Donders, T., Panagiotopoulos, K., Koutsodendris, A., Bertini, A., Mercuri, A.M., Masi, A., Combourieu-Nebout, N., Joannin, S., Kouli, K., Kousis, I., Peyron, O., Torri, P., Florenzano, A., Francke, A., Wagner, B., Sadori, L., 2021. 1.36 million years of Mediterranean forest refugium dynamics in response to glacial–interglacial cycle strength. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118, e2026111118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2026111118>

Emeis, K.-C., Sakamoto, T., Wehausen, R., Brumsack, H.-J., 2000. The sapropel record of the eastern Mediterranean Sea — results of Ocean Drilling Program Leg 160. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 158, 371–395. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00059-6)

GEOS1 2021. Lukion maantiede GEOS1 Maaailma muutoksessa, SanomaPro, Helsinki.

Grant, K.M., Amarathunga, U., Amies, J.D., Hu, P., Qian, Y., Penny, T., Rodriguez-Sanz, L., Zhao, X., Heslop, D., Liebrand, D., Hennekam, R., Westerhold, T., Gilmore, S., Lourens, L.J., Roberts, A.P., Rohling, E.J., 2022. Organic carbon burial in Mediterranean sapropels intensified during Green Sahara Periods since 3.2 Myr ago. *Commun Earth Environ* 3, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00339-9>

Lunkka, J.P. 2008. Maapallon ilmastohistoria, Gaudeamus, Helsinki, 286 s.

Salonen, J.S. 2021. Viisi maailmanloppua, Gaudeamus, Helsinki, 285 s.

Seppä, H., Schurgers, G., Miller, P. A., Bjune, A. E., Giesecke, T., Kühl, N., Renssen, H., & Salonen, J. S. 2015. Trees tracking a warmer climate: The Holocene range shift of hazel (*Corylus avellana*) in northern Europe. *The Holocene* 25(1), 53–63. <https://doi.org/10.1177/0959683614556377>

Bedömningsgrunder

Del 2: max 14 p

Fråga 2.1: Varför förångas ^{16}O lättare och mer sannolikt förblir till vattenånga i atmosfären? (2 p)

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

^{16}O är 2 neutroner (1 p) lättare än ^{18}O och kräver därför mindre energi (1 p) för att förångas.

För att få full poäng krävs dessutom att svaret är logiskt och formulerat med rätta vetenskapliga termer.

Fråga 2.2: Undersök bild 1. Beskriv med egna ord hur temperaturen har förändrats a) under de senaste 50–1 miljoner åren, b) för 500 000–20 000 år sedan och c) under holocen (11 700-nutid). Vilka olika faktorer kan ha påverkat jordens temperaturförändringar under dessa olika skeden? (5 p)

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

- a) Det finns en tydlig, kylande, långsiktig trend (0.5p) under perioden. Dessutom konstateras att kylningen tillfälligt avbrutits för 30–10 miljoner år sedan, vilket gör det möjligt att upptäcka 1–2 varmare faser (0.25p).*
- b) Det finns en tydlig rotation mellan varma och kalla faser (0.5p). Det anges att värmetopparna upprepas med cirka 100 000 års mellanrum och/eller med regelbundna intervaller och/eller är kopplade till växlingen av glaciär- och interglasalfaser (0.25p).*
- c) Enligt grafen har temperaturen varit ganska stabil under holocen (0.5p). Alldeles i slutet av perioden kan man se en temperaturökning på grund av mänsklig aktivitet (0.25p).*

Det framgår tydligt att variationerna i atmosfärens gassammansättning, särskilt av växthusgaserna såsom koldioxid och metan, påverkar temperaturen, dvs. man har förstått betydelsen av växthuseffekten (0.5p). Dessutom/i stället har källor till växthusgaserna nämnts (gaserna nämns också), t.ex. vulkanverksamhet, utsläpp av metan som varit bundet i havsbotten eller mänsklig verksamhet som ökar mängden växthusgaser i atmosfären och värmer den (0.5p).

Plattektoniken introduceras (0,25 p). Dessutom nämns hur berg formas och hur den accelererande vittringen har en minskande effekt på koldioxidhalten (0,25 p) och/eller plattektonikens effekt på havsströmmar och deras effekt på temperaturen (0,25 p) och/eller plattektonikens effekt på kontinenternas läge och storlek (0,25 p).

Det framgår tydligt att förändringar i jordens omloppsbana (inklusive axelvinkel) orsakar en regelbunden cyklisk variation mellan kalla och varma perioder (0.75p).

För full poäng krävs dessutom att grafens x- och y-axlar har tolkats korrekt och att svaret är logiskt och formulerat med rätta geovetenskapliga termer.

Fråga 2.3: Undersök bild 1. Hur långt bak i tiden måste man gå för att hitta klimatet som motsvarar det varmaste framtidsscenariot år 2200 i den geologiska tidsserien? (2 p)

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

Klimatet som motsvarar det varmaste framtidsscenariot år 2200 finns på nivån för den röda kurvan (ca 40–15 miljoner år, 1p) på jordens klimatkurva. Då man tar i beaktande kurvans orangea område för osäkerhet rådde klimatet på den högsta nivån för 40–45 miljoner år sedan på jordens klimatkurva (1p).

För fulla poäng krävs dessutom att svaret är logiskt och formulerat med rätta geovetenskapliga termer.

Fråga 2.4: Undersök bild 3. Beskriv de förändringar som skedde i klimatet och växtligheten i Medelhavsområdet för 500 000–300 000 år sedan. Motivera din tolkning med egna ord och i fullständiga meningar (5p)

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

För mellan 500 000 och 300 000 år sedan skedde stora förändringar i klimatet vid Medelhavsområdet. På basis av havsbottnens sedimentsprofil $\delta^{18}O$ varierade klimatet i området cykliskt (med en frekvens på cirka 100 000 år) (1 p). Detta berodde på förändringar i jordens omloppsbana och axelvinkel (1 p).

Under perioden i fråga fanns det två glacial maximum (när de kontinentala glaciärer var som mest utbredda och klimatet var relativt kallt) och tre interglacialer (när glaciärerna var på sitt minimum och klimatet var relativt varmt) (1 p). Fluktuationer i den totala massan av glaciärer mellan dessa perioder var asymmetriska, eftersom övergången från glacialt maximum till interglacial var snabbare än tvärtom (1 p).

På basis av pollenmaterialet från Ohridsjöns sediment dominerades växtligheten i Medelhavsområdets landområden under glacialmaximerna av maruner och gräs. Å andra sidan var träd den dominerande vegetationen under interglacialerna (1 p). Detta kan förklaras av att klimatet i området var relativt kallt under glacialerna, och relativt varmt under interglacialerna (1 p).

Den kemiska sammansättningen av Medelhavets sediment tyder på att det också skedde stora förändringar i nederbörden i regionen. Höga Ba/Al-värden och sapropelavlagringar är sällsynta vid glaciala maxima, medan interglacialer uppvisar rikliga avlagringar (1p.). Detta kan förklaras av att nederbörden ökade under mellanistiderna och att Medelhavets vattenpelare började skiktas och Medelhavet började lida av syreförlust och eutrofiering (1p).

För full poäng krävs att grafens axlar har tolkats korrekt. Svaret är dessutom fullständigt motiverat med egna ord, logiskt och formulerat med korrekta geovetenskapliga termer.

Del 3: max 6 p

Fråga 3.1: Undersök bild 2. Fundera vad utbredningen av hasselbusken för 6000 år sedan berättar om Finlands klimat. Motivera med egna ord och i fullständiga meningar. (2 p).

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

Idag sträcker sig utbredningen av hasselbusken till det sydligaste Finland (0.25 p), där klimatet är mer tempererat än det övriga landet (0.25 p). Hasselbuskens utbredning har för 6000 år sedan sträckt sig längre norrut än nu (0.5 p), varvid klimatet i Finland måste ha varit varmare än idag (0.5 p), vilket möjliggör ett nordligare utbredningsområde (0.5 p).

Fullständiga poäng kräver ett fullständigt motiverat och logiskt svar med dina egna ord och med korrekta geovetenskapliga termer.

Fråga 3.2: Undersök bild 2. Hur har man forskat utbredningen av hasselbusken för 6000 år sedan? (2 p)

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

Hasselbuskens utbredning för 6000 år sedan har studerats utifrån pollen och växtmakrofossil, såsom hasselnötter (1 p), som deponerats i sjösediment (0,25 p) och torvlager (0,25 p). Pollen och växtmakrofossil indikerar vilken typ av vegetation som växte i området under avlagringsperioden (0,5 p). Svaret beskriver tolkningen av utbredningen med hjälp av en karta (0,25 p).

Fullständiga poäng kräver ett fullständigt motiverat och logiskt svar med dina egna ord och med korrekta geovetenskapliga termer.

Fråga 3.3: Varför finns det inga långa tidsserier om klimatförändringar från Finland. (2 p)

Kriterier för ett bra svar, exempelinnehåll:

Glaciärer har eroderat och transporterat bort äldre jordlager (0,5 p). Jordmånen och landformerna i Finland har huvudsakligen bildats under och efter den sista istiden (0,5 p). Följaktligen började sedimentlagren av sjöar (0,25 p) och torvlagren av myrar (0,25 p) att bildas först när området i Finland exponerades under den kontinentala glaciären (0,5 p). På grund av detta omfattar Finlands tidsserier endast holocen (0,25 p), cirka 11 700 år (0,25 p). I Finland finns få Eem-interglaciala avlagringar (0,25 p) som ger information om den föregående värmeperiodens omgivning (0,25 p).

Fullständiga poäng kräver ett fullständigt motiverat och logiskt svar med dina egna ord och med korrekta geovetenskapliga termer.