

Svar til opgaverne "Test din forståelse"

Kapitel 1

1.1: Kodeordene skal minimum bestå af 3 baser, hvilket giver $4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$ forskellige koder. To baser ville kun give $4 \cdot 4 = 16$ mulige koder. Gener aflæses da også netop i "tripletter" bestående af tre baser, se den genetiske kode i fig. 2.10.

1.2: Hvis vi siger, at vi skal 300.000 år tilbage i tiden for at finde mennesker på vores udviklingslinje, der er synligt forskellige fra os (det er en grov antagelse!), og vi siger, at generationstiden er 20 år, så skal der stå 15.000 mødre hånd i hånd. Vi kan lave det samme tankeeksperiment med chimpanser. Her skal vi mindst 6 millioner år tilbage i tiden for at finde den seneste fælles forfar til dig og chimpansen.

1.3: Da venstrehåndethed ikke er en arvelig egenskab, vil selektion ikke kunne ændre på hyppigheden af denne egenskab i næste generation. Så selvom venstrehåndede evt. skulle få flere børn end højrehåndede, ville det ikke ændre på antallet af venstrehåndede. En mulig strategi kunne være intensiv træning i at bruge venstre hånd i fx de yngste skoleklasser.

1.4: Mange pattedyr har gavn af at bevæge deres ører, når de skal lokalisere en lyd eller udtrykke en følelse. Når du skal finde ud af, hvor en lyd kommer fra, drejer du typisk hele hovedet. Din øremuskulatur er et vidne om vores fælles evolutionære historie. Musklerne bruges ikke mere, men vi har dem stadig. Det samme gælder andre "overflødige" karakterer som fx visdomstænder og brystvorter hos mænd. Og din hvirveldyrshistorie er også tydelig i fostertilværelsen, hvor du i en kort periode havde en rigtig hale bestående af 7 ryghvirvler. De er nu vokset sammen og udgør dit haleben.

Kapitel 2

2.1: Vælg en kæde af aminosyrer med upolære sidekæder, som eksempelvis Leu, Ile, Phe eller Trp (se øverste halvdel af fig. 2.4). Det afgørende for et stofs vandopløselighed er nemlig dets polaritet. Polære stoffer kan blandes med vand, fordi vandmolekyler er polære, mens upolære stoffer er vandskyende (hydrofobe). Upolære stoffer vil klumpe sammen i vand, fordi kontaktfladen mellem vandet og de upolære molekyler på den måde minimeres.

Du møder fænomenet, når du hælder olivenolie i en gryde med vand. I eksemplet med æggehvinder skyldes æggehvidens størkning netop, at proteinerne ikke længere kan opløses i vand, når de mister deres struktur. Hydrofobe sidekæder fra proteinernes indre kommer frem, og proteinerne klumper sammen og fælder ud.

2.2: Den komplementære streng er TTCAGAGCCGAAATT. Hvis den modstående streng var lavet af RNA, ville basen thymin (T) være erstattet af uracil (U): UUCAGAGCCGAAUU. Denne sekvens består af 15 nukleotider og kan derfor oversættes til 5 aminosyrer.

2.3: Den første aminosyre er altid methionin (Met). Efter de første to baser ses et startkodon AUG. Herfra kan baserækkefølgen deles op i kodons: AUG-CGU-UGC-AAG-GCA-GCU-GUU-CGU-UAA, der kan oversættes til Met-Arg-Cys-Lys-Ala-Ala-Val-Arg. (UAA er et stopkodon, så der indsættes ikke flere aminosyrer, og mRNA frigøres fra ribosomet).

2.4: Alle cellens proteiner kodes nu af det syntetiske genom, og efterhånden som cellerne deler sig, er proteinerne fra den originale modtagecelle blevet fortyndet ud.

2.5: Den livsform, hvor der opstår små fejl i kopieringen af arvematerialet, vil have størst chance for at overleve i det lange løb. Fejl skaber nemlig variation, og variation er evolutionens råstof. Variation er hele grundlaget for, at biologiske arter har kunnet tilpasse sig Jordens mange forskelligartede miljøer.

Kapitel 3

3.1: Det kan vi selvfølgelig ikke vide med sikkerhed, men hver bakteriekoloni på agarpladen kan i princippet være startet af en enkelt bakteriecelle. Så der har mindst været et antal bakterier, der svarer til antallet af runde kolonier på agarpladen. Du kan tælle dem, hvis du har lyst.

3.2: Bakterien i fig. 3.4 er grampositiv, ligesom bakterien i venstre side af fig. 3.5. Både grampositive og gram-negative bakterier har en cellevæg bestående af peptidoglycan, der omgiver cellemembranen. Bakterier er derudover også kendetegnet ved at være meget små, at have et cirkulært kromosom liggende frit i cytoplasma og ved at mangle de organeller, der findes i eukaryote celler (se fig. 4.3).

3.3: Diffusionstiden vokser med afstanden i anden potens. Så i forhold til den lille kugleformede celle med en radius på 1 μm bliver diffusionstiden fra overfladen til midten hhv. $10^2 = 100$ gange så stor og $100^2 = 10.000$ gange så stor for de kugleformede bakterier med en radius på hhv. 10 μm og 100 μm . For celler med

en aflang facon (stavformede) kan cellen have et større volumen, uden at afstanden fra midten af cellen til overfladen bliver for stor. Kugleformede bakterier er da også typisk mindre end stavformede bakterier.

3.4: Populationens sammensætning ændres, fordi kun bakterier med resistens overlever og deler sig. Resistens er en arvelig egenskab, så efterkommerne arver resistensen, og populationen består derfor nu af bakterier med et højere resistensniveau. Bakterier har gode forudsætninger for at udvikle resistens, fordi de findes i meget stort antal (stor populationsstørrelse), hvilket giver større samlet genetisk variation og dermed stor sandsynlighed for, at der tilfældigvis findes en genetisk variant med resistens. Derudover er generationstiden meget kort, og mutationer opstår oftest i forbindelse med kopiering af arvematerialet før celledeling, så nye mutationer opstår hurtigt i en bakteriepopulation. Endelig kan bakterier opnå resistens ved horisontal genoverførsel, se fig. 3.25. Mange resistensgener findes allerede hos bakterier i naturen, som forsvarsmekanismer mod fx svampegifte. Hvis bakterier, der kan give sygdomme hos mennesker eller husdyr, modtager sådan et resistensgen ved horisontal genoverførsel, vil vores brug af antibiotika hurtigt selekttere for denne nye resistente variant, og vi vil få sværere ved at behandle bakterieinfektioner.

Kapitel 4

4.1: Ilt (dioxygen, O_2) kan passere cellemembranen ved simpel diffusion. Det er en passiv transportproces, der ikke koster cellerne energi. Glukose er for stort og polært til at passere membranen, så det optages gennem membranen ved faciliteret diffusion. Celler, der skal bruge meget glukose (fx muskelceller), skal derfor have særlige glukosetransportproteiner i membranen for at kunne optage glukose fra blodet. Læs mere om glukoseoptag i kapitel 6.

4.2: 1: a, b. 2: a, b, c, d, g. 3: c, d, e, g.

4.3: Både kloroplaster og mitokondrier er opstået ved endocytose, hvor en prokaryot er blevet omsluttet af værtscellens membran. Dermed er de nu omsluttet af to membraner: deres egen og værtscellens. I kloroplaster findes ud over den indre og den ydre membran de såkaldte thylakoider, der er opbygget som stakke af flade membransække. Disse strukturer dannes i modningen af kloroplasterne, når de udsættes for lys, og de ses også hos cyanobakterier, kloroplasternes "forfædre".

4.4: I kapitel 2 kan du læse, at DNA er opbygget af nukleotider, der indeholder både fosfor (P) og nitrogen (N), se fig. 2.7. Proteiner består af aminosyrer, der alle indeholder N i aminogruppen. Desuden indeholder aminosyren cystein et svovlatom (S), se fig. 2.4.

4.5: Den eukaryote celledens indre transportsystemer fjerner en begrænsning, der findes hos prokaryoterne: nemlig at fordeling og transport af mange stoffer ikke alene er afhængig af diffusion. Det giver cellen mulighed for at blive større. Og for mange encellede eukaryoter er det netop en fordel at være stor, da det mindsker risikoen for at blive fagocyteret af andre encellede eukaryoter.

4.6: Nogle gærceller vil have en tendens til at "hænge sammen" med andre gærceller, mens andre gærceller ikke vil have denne egenskab. Egenskaben er arvelig, dvs. at den skyldes tilstedeværelsen eller fraværet af én eller flere genvarianter. Ved at udvælge gærceller fra bunden af røret udvælges gærceller, der vil have en tendens til at klumpe sammen, og da egenskaben er arvelig, vil deres efterkommere have samme egenskab. Man kan sige, at selektion (forskernes udvælgelse) favoriserer de genvarianter, der giver gærceller evnen til at klumpe sammen.

Kapitel 5

5.1: I både brændeovnen og i dine celler frigøres den kemiske energi i kulstof-forbindelserne i en forbrændingsproces, der kræver ilt. Men i modsætning til forbrændingen i brændeovnen så styres forbrændingen i dine celler af enzymer, der i respirationsprocessen trinvis nedbryder kulstofforbindelserne til kuldioxid og vand. Den enzymatiske nedbrydning foregår ved kropstemperatur, og den kemiske energi i maden lagres som kemisk energi i ATP. Det er ikke al madens kemiske energi, der i respirationen kan overføres til ATP, noget af energien frigives som varme.

5.2: A) 6 liter, B) ca. 4,7 liter, C) Åndedrætsdybde ca. 0,9 liter, Åndedrætsfrekvens ca. 12 min^{-1} , D) Åndedrætsdybde ca. 3 liter; åndedrætsfrekvens ca. 12 min^{-1}

5.3: Hæmatokritværdien er omtrent 45 %. Hæmatokritværdien fås ved at måle højden af den røde del af søjlen, svarende til blodcellernes andel, og dividere med væskesøjleens samlede højde og omregne til procent. Dvs. (målt på billedet): Hæmatokritværdi = $(1,9 \text{ cm} / 4,2 \text{ cm}) \cdot 100 \% = 45 \%$.

5.4: Personens blodtryk er 120/80, idet det systoliske blodtryk er 120 mm Hg, og det diastoliske blodtryk er 80 mm Hg. Pulsen angives i antal slag pr. minut. Da der ses 11 slag på 10 sekunder, er pulsen 66 slag/min.

5.5: I en bypass-operation laves en "omkørsel" for blodet i en kranspulsår. En blodåre sys på kranspulsåren, så iltet blod dirigeres uden om en blokering og dermed gendannes iltforsyningen til den berørte del af hjertet "nedenstrøms" for blokeringen. Problemet med blokering af kranspulsårerne er først blevet aktuelt i nyere tid, dels fordi vi bliver ældre, og dels fordi den vestlige livsstil øger sandsynligheden for forsnævring.

Skulle en mutation opstå, der giver tværbindinger mellem hjertets kranspulsårer, vil det ikke give en større overlevelse i den del af livet, hvor man typisk får børn, så det vil ikke påvirke reproduktionen. Mutationen vil derfor ikke blive favoriseret af naturlig selektion.

5.6: Når arealerne er lige store, er det, fordi lagrene af ATP og kreatinfosfat, der blev brugt til den anaerobe energiproduktion ved arbejdets start, skal gendannes. Og mælkesyren, der ligeledes blev produceret anaerobt, skal omdannes til glykogen. Alt i alt kræver disse processer den samme mængde ilt, som blev "lånt" ved arbejdets start. Ved intens træning skal depoterne ikke blot fyldes op igen, når arbejdet slutter. Små skader i bl.a. muskelfibrene skal repareres, og kroppen vil superkompensere (se afsnit 5.7) for den hårde træning ved at blive endnu stærkere end før træningen. Det koster ekstra energi og giver derfor et større iltforbrug efter træning.

5.7: **A)** ca. 3,2 L/min **B)** 46 mL O₂/min·kg **C)** Personens maks.-puls er ca. 200 slag/min, så hvis vi bruger tommefingerreglen, der siger, at maks.-puls er 220 fratrukket alderen i år, så er personen ca. 20 år. Vi kender imidlertid ikke personens køn. For en 20-årig kvinde vil et kondital på 46 være "højt", mens det for en 20-årig mand vil være "middel", ifølge tabellen i fig. 5.27.

5.8: Hæmatokritværdien er den procentdel af blodets volumen, der udgøres af røde blodceller. Når man træner ved havets overflade, stiger det samlede blodvolumen, men hæmatokritværdien er uændret, fordi både antallet af røde blodceller og mængden af blodplasma stiger proportionalt. Ved højdetræning reagerer kroppen med en akut sænkning af plasmavolumen. Da der ikke bliver færre røde blodceller, vil de udgøre en større procentdel af blodets volumen, dvs. at hæmatokritværdien stiger.

Kapitel 6

6.1: **A)** 588 g. **B)** Dels indeholder glukose og andre kulhydrater hverken vitaminer eller mineraler, så det er nødvendigt at spise varieret for at dække kroppens behov. Glukose mætter ikke ret meget og giver tynd mave, hvis det indtages i større mængder, pga. osmotisk stress i tyndtarmen. Glukose giver også en hurtig og stor stigning i blodglukosekoncentrationen, og det belaster blodglukosereguleringen, se afsnit 6.5. Og så har vi slet ikke nævnt, at syredannende bakterier i din mund også elsker glukose, hvilket som bekendt kan give huller i tænderne.

6.2: **A)** Temperaturoptimum er ca. 37 grader °C for både pepsin og lipase. **B)** Pepsin skal arbejde i mavesækken, hvor pH er meget lav, mens lipase arbejder i tarmen. Pepsin har et pH-optimum på ca. 1,5. Lipase har et pH-optimum på ca. 8.

6.3: Kød er langt nemmere at nedbryde enzymatisk end plantemateriale. Planter cellvægge indeholder ufordøjelige kulhydrater som cellulose og hemicellulose, og ingen dyr producerer enzymer, der kan nedbryde dem. Planteædere tygger derfor føden grundigt og har cellulose-nedbrydende bakterier boende i fordøjelsessystemet. Ved at have en lang fordøjelseskanal sikres en lang passagetid og dermed bedre mulighed for at optage den (ofte sparsomme) næring, der er i plantematerialet. En lang fordøjelseskanal giver også plads til indtagelse af store mængder plantemateriale, hvilket er nødvendigt for at skaffe energi nok til en stor planteæder som fx en hest. Heldigvis er græs ikke så svært at fange, så det koster ikke så meget energi at skaffe mad.

6.4: I dette tilfælde kunne en mulig behandling være overførsel af afføring fra en rask donor til en patient med en bestemt psykisk lidelse. For at undersøge om denne behandling har en virkning, er det vigtigt, at undersøgelsen foregår på en større gruppe patienter, og at gruppen repræsenterer mennesker med forskellig

alder, køn, etnicitet osv. Det er også vigtigt at have en kontrolgruppe med den samme lidelse, der ikke modtager behandling. Kontrolgruppens størrelse og sammensætning skal være sammenlignelig med gruppen, der modtager behandling, så sygdomsbilledet i de to grupper kan sammenlignes efter forsøget. Hvis det er muligt, kan det være en rigtig god ide, at patienterne (og måske også behandlerne) ikke er klar over, om de er med i gruppen, der modtager behandling, eller om de er en del af kontrolgruppen. På den måde vil en forventning til forsøgets resultat ikke påvirke udfaldet. Endelig kunne man inkludere en gruppe patienter, der ikke får behandlingen, men får at vide, at de får behandlingen. Det kan nemlig udelukke, at en positiv effekt i gruppen, der modtager afføring fra raske donorer, ikke skyldes patienternes forventninger om at blive raske – det vi kalder placeboeffekten.

6.5: **A)** Kun monosakkarider optages i blodet fra tyndtarmen, så polysakkariderne i det grove brød skal først hydrolyseres af glukosidaser i tyndtarmen. Det forsinker blodglukosestigningen. **B)** Efter et kulhydratrigt måltid frigives insulin til blodet fra β -cellerne i bugspytkirtlen. Insulinfølsomme celler reagerer på insulinet ved at optage glukose fra blodet, som vist i fig. 6.25. **C)** I fig. 2.10 ses det, at fire forskellige kodons koder for prolin: CCU, CCU, CCA og CCG. To kodons koder for asparaginsyre: GAU og GAC. For at ændre prolin til asparaginsyre skal et prolinkodon altså udskiftes med enten GAT eller GAC på det rette sted i genet.

Kapitel 7

7.1: Mennesker har kønnet formering, som illustreres i fig. 7.3. Hos kvinder dannes kønscellerne i æggestokkene og hos mænd i testiklerne. Så cellen mærket "B" i fig. 7.3 er en celle i enten æggestokkene eller testiklerne, der giver ophav til enten ægceller eller sædceller. Det kan du læse meget mere om i kapitel 8.

7.2: 1) 6 børn, 3 piger, 3 drenge.

2) De har begge genotypen Aa. Ellers ville de ikke kunne have fået to syge børn, der begge har genotypen aa.

3) Sandsynligheden er 25 %. Situationen svarer til eksemplet i fig. 7.10.

7.3: Hos cellen i fig. 7.12 er $n = 1$, da arvematerialet er fordelt på ét kromosom. Cellen er $2n$, da den har to homologe kromosomer, altså 2 udgaver af sit ene kromosom. Hos mennesker er $n = 23$, og dine kropsceller er $2n$, så du skulle tegne 23 røde og 23 blå kromosomer i den øverste celle, og det samme antal skulle du tegne i hver af de to datterceller nederst.

7.4: Ektodermen er embryoens yderste cellelag, og det giver ophav til hud, nerver og øjne, se fig. 7.18. Hos mennesker og andre hvirveldyr dannes øjne i fosterudviklingen som en udvækst fra hjernen. Som vi vil vende tilbage til i kapitel 9, giver dette dig en blind plet i øjet!

7.5: Ukønnet formering er effektiv ud fra en energiøkonomisk betragtning. En organisme kan hurtigt producere en masse afkom. Til gengæld er alt afkommet genetisk identisk, og der vil ikke være genetisk variation blandt afkommet. Kønnet formering er dyrt energimæssigt, men til gengæld øges den genetiske variation for arten, så arten samlet set har en bedre tilpasningsevne, hvis miljøet pludselig ændres. Denne tilpasningsevne mangler sterile kulturplanter som bananen, der kun kan dyrkes af avlerne ved ukønnet formering.

Det skal nævnes, at mutationer i forbindelse med DNA-replikation også øger den genetiske variation blandt afkommet, så selvom nogle organismer formerer sig ukønnet, kan de stadig have en stor tilpasningsevne. Det gælder fx bakterier, der formerer sig meget hurtigt. Læs mere i kapitel 3.

7.6: En ændring til C er en tavs mutation, da den ikke betyder et aminosyreskift, se også fig. 2.10. En ændring til G medfører,

at aminosyren ændres fra Cys til Trp, så det er en missens-mutation. En ændring af T til A medfører et stopkodon, så her er der tale om en nonsens-mutation.

7.7: **A)** Sygdomme, der først er dødelige sent i voksenlivet, forhindrer ikke, at personer får børn og dermed risikerer at give den sygdomsfremkaldende allel videre. **B)** Person to ses – ligesom den syge kontrol – at have et DNA-bånd, der ikke vandrer så langt ind i gelen. Dette må være den sygdomsfremkaldende allel, da den ikke findes hos den raske kontrol. **C)** Personer, der er heterozygote, vil have to bånd, da deres alleler ikke er lige lange. Hos homozygoterne vil der kun ses ét bånd, da de to alleler er lige lange og vandrer lige langt ind i gelen.

7.8: Når mutationen findes på begge homologe kromosomer, vil alt afkom arve mutationen. Man kan sige, at hanmyggene steriliserer "døtrene" af alle de hunmyg, de parrer sig med. Det samme vil alle hanmyg i næste generation osv. Der vil til sidst ikke være nogle hunmyg tilbage, der kan få afkom. Denne måde at sprede gener på i en population kaldes et "gene-drive", og den virker allerede i laboratoriet. Om det er en god ide at udrydde malaria på denne måde, skal diskuteres! Hvad synes du?

Kapitel 8

8.1: Evnen til selvbestøvning gør formering meget effektiv, da fx tvekönnede blomster kan bestøve sig selv uden hjælp fra bestøvere eller vind. På den måde er træerne sikre på at sætte frø i blomstringsperioden, uafhængigt af, om der er mange bestøvende insekter eller vindstille. Denne fordel går selv-inkompatible planter glip af. Til gengæld sikrer selv-inkompatibilitet en større genetisk variation hos afkommet, nøjagtigt ligesom kønnet formering hos dyr.

8.2: B, C, D.

8.3: FSH stimulerer follikelmodning i starten af cyklus. Follikelcellerne producerer østrogen, så østrogenkoncentrationen i blodet stiger, i takt med at folliklen vokser. Østrogen nedregulerer udskillelsen af FSH fra hypofysen ved negativ feedback. Så en follikel, der vokser, forhindrer, at andre follikler modnes.

8.4: **A)** En graviditetstest er positiv, hvis hormonet HCG findes i urinen. HCG dannes af det lille nye foster.

B) En ægløsningstest reagerer på hormonet LH. Koncentration af LH stiger kraftigt 1-2 døgn før ægløsning.

Kapitel 9

9.1: Det er tilstrækkeligt for regnorme, der lever i mørket under jorden, at kunne skelne mellem lys og mørke. Det sætter dem i stand til at søge væk fra lyset. Det er ikke af nogen yderligere overlevelseshæmsig værdi for regnormen at udvikle billedannende øjne.

9.2: **A)** Både stavcellerne og de grønne tappe og røde tappe reagerer på lys med en bølglængde på 550 nm. Både de grønne og røde tappe absorberer lys med en bølglængde på 600 nm. Hjernen kan skelne rødt fra grønt lys ved at sammenligne signalet, der kommer fra hhv. de grønne og røde tappe. Frekvensen af nerver signaler vil være størst fra de røde tappe ved 600 nm, mens den vil være ca. lige stor fra grønne og røde tappe ved 550 nm. **B)** Begge opsin-gener sidder på X-kromosomet (se fig. 9.12), som mænd kun har en enkelt kopi af (se kapitel 7). Så selvom egenskaben "rød-grøn farveblind" har en recessiv arvegang, kommer den altid til udtryk hos mænd, der arver egenskaben, mens kun kvinder, der er homozygote for allelen, bliver farveblinde.

9.3: De helt unge bramgæs må på et tidspunkt forlade reden for at finde føde. Kun unge bramgæs, der tør tage springet, har mulighed for at overleve og blive voksne. Derfor har evolutionen favoriseret

denne risikofyldte adfærd hos bramgåsen, selvom mange gæs er døde af faldet i hver generation. Nok gæs har overlevet springet til, at denne adfærd er kodet ind i hjernerne på medlemmerne af denne fugleart i en sådan grad, at vi i dag vil kalde springet fra reden for et instinkt.

9.4: A) Hjernen modtager nervesignaler via de sensoriske nerver. Forskellige dele af hjernen modtager nervesignaler fra bestemte sanseceller, derfor kan hjernen skelne mellem fx syns- og smagsindtryk. **B)** Der findes kun én slags nervesignal: aktionspotentialer (se kapitel 10). "Styrken" af nervesignalet ligger i frekvensen af aktionspotentialer. Hjernen kan skelne mellem kraftige og svage signaler ved at registrere frekvensen, dvs. antallet af aktionspotentialer, der ankommer hvert sekund.

Kapitel 10

10.1: (b) og (e) er rigtige svar.

10.2: Når natriumkanalerne åbner, og natriumioner strømmer ind i cellen, bliver membranen depolariseret lokalt. Grunden til, at der dannes et nyt aktionspotential "til højre" i fig. 10.6, er at natriumkanalernes tærskelværdi overskrides i dette område. Det gør de også i området til venstre (ikke vist), men her kan natriumkanalerne ikke åbnes i refraktærperioden, så et nyt aktionspotential kan altså kun opstå "mod højre" i figuren. Refraktærperioden er ganske kort, og der kan sendes mange nervesignaler hvert sekund langs aksonet, men altså kun i én retning.

10.3: Jo flere muskelfibre der aktiveres i en muskel, jo større kraftudvikling. Også frekvensen af nervesignaler har betydning. Mange aktionspotentialer, der ankommer hurtigt efter hinanden til den neuromuskulære synapse, giver en hurtigere og kraftigere sammentrækning af muskelfiberen, end hvis frekvensen af nervesignaler er lavere. Så fra den motoriske cortex kan både antallet af motoriske nerver, der "fyrrer", og frekvensen af aktionspotentialer bruges til

at regulere styrken og hastigheden af en muskelsammentrækning.

10.4: Muskelceller stimuleres i de neuromuskulære synapser af transmitterstoffet acetylcholin. Botox forhindrer motoriske nerver i at udskille acetylcholin, mens kurare blokerer receptorerne, der binder acetylcholin. Begge giftstoffer blokerer derfor signaloverførslen og dermed aktiveringen af musklen.

10.5: Serotonin er et transmitterstof i hjernen (en neurotransmitter), der bl.a. er involveret i regulering af det, man kan kalde "stemningsleje", se fig. 10.23. Nogle depressioner skyldes et lavt serotonin-niveau, og nogle patienter kan derfor have gavn af SSRI-præparater, der hindrer genoptag af serotonin i de præsynaptiske nerveceller, hvilket øger koncentrationen af serotonin i synapsespalterne, se fig. 10.26.

Kapitel 11

11.1: Forslag til abiotiske faktorer i økosystemet "egeblad": lysindstråling, temperatur, luftfugtighed. Forslag til biotiske faktorer: egeblad, bladlus, bakterier på bladets overflade.

11.2: Det begrænsende stof i fig. 11.7 er jern. Vandet kan nemlig ikke stå højere i tønden end til højden af det bræt, der er mærket "jern". Jern skal bruges af forskellige proteiner, der deltager i både fotosyntesen og i dannelsen af klorofyl. Når der mangler jern, bliver fotosyntesen og dermed primærproduktionen begrænset. En effekt af jernmangel i et økosystem er derfor, at der bliver et mindre fødegrundlag for alle konsumenterne i økosystemets fødekæder. Senere i kapitlet, i fig. 11.25, skal vi se, hvordan tilførsel af jern har medført opblomstring af planteplankton i det sydlige Polarthav.

11.3: Hvis der i hvert led videregives 1/10 af energien, vil der i fjerde led være 1/1000 af energien tilbage. Så hvis bruttoprimærproduktionen på engen er

15 MJ/m²/år, vil bruttoproduktionen på 4. trofiske niveau være 15 MJ/m²/år * 1/1000 = 15 KJ/m²/år. Til sammenligning skal en mand på 19 år indtage ca. 12 MJ/døgn. (mJ = Megajoule, kJ = Kilojoule).

11.4: Tilfældige mutationer, der påvirker dyrenes udseende, er blevet favoriseret af naturlig selektion. I alle de viste tilfælde skyldes selektionen andre dyrs adfærd.

11.5: De første planter vil typisk være pionerarter. Senere vil klimaksarterne komme til. De vinder konkurrencen ved at være mere nøjsomme, dvs. de kan klare sig med mindre næring eller lys. Den tidlige udvikling kaldes succession.

11.6: De drivende pionerarter kan skygge for makroalger (tang) og ålegræs, der vokser på bunden, så de får dårligere vækstforhold. Når de bundhæftede alger og ålegræsset forsvinder, forsvinder der mange nicher i økosystemet, og det har bl.a. den effekt, at biodiversiteten reduceres.

11.7: Først skal du vælge, hvordan du vil opgøre biodiversiteten, og hvordan du vil opgøre nitratkoncentrationen, samt hvilken nitratkoncentration du definerer som høj.

- Biodiversiteten kan opgøres i antal insektarter, der indfanges ved en standardiseret prøvetagningsmetode.
- Nitrat kan opgøres ved at måle koncentrationen i vandet.
- Der kan laves tidsserier over udvalgte vandløb, hvor biodiversitet og nitrogenkoncentration følges på bestemte tidspunkter hvert år. Du kan se resultaterne af sådanne undersøgelser på Danmarks Miljøportal.
- Forskellige sammenlignelige vandløb kan undersøges for nitrat og insektfauna.
- Vandløb, hvor der er en punktudledning af nitrogen, kan undersøges umiddelbart opstrøms og nedstrøms for udledningen – et slags eksperiment i naturen.
- Der kan opstilles en teoretisk model ud fra vores eksisterende viden, som kan hjælpe med at forudsige resultatet.

Kapitel 12

12.1: 96,5 % af verdens vand findes i havene. Grundvandet udgør 30,1 % af verdens ferskvand. Ferskvand udgør 2,5 % af verdens samlede vandbeholdning. Andelen af verdens samlede vandbeholdning, der udgøres af grundvand, er derfor $0,301 \cdot 0,025 = 0,0075$, svarende til 0,75 %.

12.2: Hvis du lægger tallene sammen for alle pilene, der fører carbon væk fra atmosfæren, får du en samlet fraførsel af carbon på $2,3 + 2,6 + 1,7 + 0,3 = 6,9$ Gt C pr. år. Atmosfæren indeholder i alt 829 Gt C. Dvs. at turn over-tiden er: $829 \text{ Gt C} / 6,9 \text{ Gt C pr. år} = 120$ år.

Stigningen i kulstofindholdet i atmosfæren kan beregnes som forskellen mellem den samlede tilførsel og den samlede fraførsel: Der tilføres: 10,7 Gt C pr. år og fraføres 6,9 Gt C pr. år. Den årlige stigning er: 3,8 Gt C.

12.3: Når tilførslen af nitrat fra land øges, påvirker det hele nitrogenkredsløbet. Nitrogen er en begrænsende faktor (for forklaring: se kapitel 11), og derfor øges væksten hos havets primærproducenter, fx planteplankton.

12.4: **A)** Ja, til- og fraførsel balancerer stort set. Selvom der tilføres betydelige mængder antropogent N (dvs. 'forårsaget af mennesker' = røde tal), ser det ud til, at denitrifikationen tilbagefører tilsvarende store mængder N til atmosfæren, dvs. der er en øget omsætning af N. En af effekterne af den øgede omsætning af N er, at produktionen af drivhusgassen N_2O øges. N_2O har en lang opholdstid i atmosfæren og er omkring 300 gange kraftigere end drivhusgassen CO_2 . N_2O er et "biprodukt" i nitrifikationen og denitrifikationen.

B) Hvis verdenshavene gødes med N, vil en begrænsende faktor for primærproduktionen fjernes, det sætter gang i primærproduktionen, og der fikseres mere kulstof. "Kulstofhjulet" vil dreje hurtigere.

12.5: Svingningerne skyldes årstidsvariationer i primærproduktionens størrelse. Om sommeren er primærproduktionen størst, og der produceres mere ilt ved fotosyntese, end der forbruges ved respiration. Derfor er der en nettotilførsel af ilt til atmosfæren. Om vinteren forbruger respirationen mere ilt, end fotosyntesen producerer, og nettoresultatet er, at der fjernes ilt fra atmosfæren. På den nordlige halvkugle er kurven forskudt, da det er sommer, når det er vinter på den sydlige halvkugle, hvor disse målinger stammer fra. Ved ækvator er der ingen årstidsvariation.

Kapitel 13

13.1: Personen, der udtaler dette, forstår naturen som "det uberørte" eller "det vilde"; noget, der er modstillet det dyrkede land og byerne. Natursyn: "Naturen har værdi i sig selv", idet der tales om "følgerne for naturen", ikke følgerne for os mennesker.

13.2: Den mest udbredte hypotese er, at der har været en vekselvirkning mellem evolutionen af menneskeslægten og megafaunaen gennem de millioner af år, hvor mennesket udviklede sig i Afrika. Efterhånden som menneskene langsomt udviklede nye jagtteknikker, har det påvirket dyrenes evolution således, at deres adfærd ændredes, så de oftere undslap menneskene.

13.3: Hypotesen er, at bæverne bl.a. ved at bygge dæmninger skaber variation i miljøforholdene. Et øget antal nicher betyder, at flere insekter, især dem der er knyttet til vådområder, kan sameksistere. Dermed er der føde til de flagermus, der spiser insekter. Studiet fra Finland vist i fig. 13.7 underbygger hypotesen, og udsætning af bævere kan være en metode til at forhindre tilbagegange i bestanden af flagermus.

13.4: Kvas og grene giver flere nicher og høj biodiversitet, fx flere insekter, der tiltrækker flere forskellige fugle. En have fuld af næringsstoffer og fed muldjord favoriserer hurtigtvoksende pionerarter (se evt. kapitel 11), og det er ofte store planter, der undertrykker de små langsomt voksende arter. På jorder med få næringsstoffer finder man ofte høj mangfoldighed af vilde blomster og insekter.

13.5: Den sjette masseuddøen er ikke forårsaget af markante geologiske forandringer som de tidligere fem episoder. Arter uddør hele tiden, fordi de ikke tilpasses til ændringer i miljøet eller ikke overlever konkurrence fra andre arter. "Baggrundsuddøen" sker hele tiden og er et resultat af naturlig selektion.

13.6: På fig. 12.20 kan det ses, at udbredelsen af ålegræs er gået kraftigt tilbage siden 1901. Ålegræssets udbredelse afviger derfor markant fra en uforstyrret tilstand, og hvis naturtilstanden vurderes alene ud fra dette, må den betragtes som af "ringe" eller "dårlig" kvalitet. Ålegræssets udbredelse kan bruges som et kvalitetselement, idet ålegræsset kan vokse på større dybder og dermed få en større udbredelse, når vandet er klart, fordi lyset så når bunden på dybere vand. Udbredelsen responderer altså på menneskeskabte påvirkninger, som fx næringsstofudledning.