

Bi-lagan



Växter i vatten – så skiljer
de sig från landväxter

Tema: Vattnet i kroppen
Vanliga missförstånd och
systemtänkande på olika nivåer

Proteinundervisning med
3D-modeller och bioinformatik

Fett och hälsa
– olika fettsyrorers betydelse

Bi-lagan

Bi-lagan ges ut av Nationellt resurscentrum för biologiundervisning, Bioresurs, och riktar sig till alla som arbetar med biologiundervisning, i alla skolformer.

Vid frågor om innehållet, skriv till skribenten eller info@bioresurs.uu.se.

Omslagsbild

Östersjön

Foto: Bioresurs

Övriga foton

Bioresurs, om inget annat anges.

Prenumeration

Bi-lagan utkommer med två nummer per år och att prenumerera är kostnadsfritt. Anmälningsformulär finns på vår webbplats.

Utgivna nummer

Samtliga utgivna nummer finns tillgängliga i pdf-format på vår webbplats. Kontakta Bioresurs om extra exemplar av Bi-lagan som papperstidning önskas.

Annonsering

Vill du annonsera i Bi-lagan? Se information under Publikationer på vår webbplats.

Upplaga: 4 000 ex

ISSN: 2000-8139

Tryck: Åtta45 Tryckeri
Produktionen av tidningen är Svanen- och FSC®-certifierad.

© Nationellt resurscentrum för biologiundervisning

Materialet i tidningen skyddas av upphovsrättslagen men får fritt kopieras i icke-kommersiellt syfte om källan anges. För att använda bilder ej tillhörande Bioresurs som fristående objekt kan tillstånd krävas. Vid citat ska upphovspersonens namn och källan anges.

Postadress

Nationellt resurscentrum för biologiundervisning
Box 592
751 24 Uppsala



Ammie Berglund

Föreståndare, lärare och utvecklare av undervisningsmaterial
ammie.berglund@bioresurs.uu.se
070-425 09 73



Kerstin Westberg

Lärare och utvecklare av undervisningsmaterial
kerstin.westberg@bioresurs.uu.se
073-469 79 58



Ida Solum

Lärare och utvecklare av undervisningsmaterial
ida.solum@bioresurs.uu.se
073-469 79 58



Lisa Reimegård

Redaktör för Bi-lagan
lisa.reimegard@bioresurs.uu.se
018-471 64 07

Nationellt resurscentrum för biologiundervisning, vid Uppsala universitet i samarbete med SLU, Biogiljälärarnas förening och Skolverket

Satsning på STEM

Under vintern 2024/2025 ska regeringen presentera en nationell STEM-strategi, framtagen av Utbildningsdepartementet. Strategin ska innehålla både kort- och långsiktiga åtgärder för hela utbildningssystemet för att öka antalet studerande som påbörjar och fullföljer en utbildning inom naturvetenskap, teknik, ingenjörsvetenskap eller matematik (*science, technology, engineering, mathematics*). Vi på Bioresurs hoppas att STEM-strategin leder till ökade resurser och förutsättningar för att både forskollärare och lärare i skolan ska kunna erbjuda en riktigt bra biologiundervisning! Vi hoppas också att de nationella resurscentrumen, inklusive Bioresurs, får fortsatt förtroende att ge stöd och inspiration till lärare oavsett var i landet man bor.

Håll utkik efter våra digitala och fysiska träffar som vi planerar för 2025 på vår webbplats (se Fortbildningar). Vi fortsätter jobba med förberedelserna inför GY25, men erbjuder även många andra spännande fortbildningar.

I detta nummer av Bi-lagan kan du bland annat läsa om fetters betydelse för hälsan, vanliga missuppfattningar om hur kroppen fungerar och så tittar vi närmare på ett nyligen presenterat ramverk för systemtänkande i biologi för att få ett större helhetsperspektiv.

Innehåll

Landväxters anpassningar till ett liv i vatten **s. 3–5**

Människokroppen – Separata organ eller sammanhängande system? **s. 6–7**

Vattnet i kroppen – Systemtänkande på olika nivåer **s. 8–13**

Gentekniklaboration – Mord och främmande arter som kontext **s. 14–17**

Epigenetik i skolan – Hur sker menings- skapande med hjälp av representationer? **s. 18–19**

Proteiner på ett nytt vis – 3D-modellering och bioinformatik **s. 20–21**

Fett – en klassfråga **s. 22–24**

Boffning – Ovanligt men mycket farligt berusningssätt **s. 25–27**

Landväxters anpassningar till ett liv i vatten

Text: Lena Kautsky, professor emeritus, Stockholms universitets Östersjöcentrum, lena.kautsky@su.se och Ellen Schagerström, forskare vid institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs universitet

Många vattenväxter har utvecklats från landväxter – som i sin tur en gång gick från ett liv i vatten till ett liv på land. Hur skiljer vattenväxter sig från landväxter? Vad behöver växter för att kunna växa och föröka sig i vatten? Östersjön med dess bräckta vatten innebär dessutom en extra utmaning.

Dagens landväxter har utvecklats från förfäder som levde i vatten, gissningsvis några föregångare till kransalger eller andra grönalger. De äldsta fossilen av landväxter är cirka 470 miljoner år gamla sporer som liknar sporer från dagens levermossor. Under årmiljonerna som följde fortsatte en rik utveckling av mossor, lummerväxter, ormbunksväxter och fröväxter. Alla med specifika anpassningar för ett liv på land.

För 140–65 miljoner år sedan blev klimatet varmare och många våtmarker och sjöar bildades. Då innebar anpassningar för ett liv i vatten återigen en överlevnads fördel, vilket gynnade utvecklingen av vattenväxter från många olika grupper av landväxter. Idag kan vi hitta vattenväxter bland bladmossor, fräkenväxter och blomväxter och någon enstaka lummerväxt och ormbunke. Beroende på hur djupt ner i vattnet de växer delas de in i övervattensväxter, flytbladsväxter och undervattensväxter (se illustration på sidan 4).

Övervattensväxter är den största gruppen och de är mest lika sina nära släktingar på land eftersom de har den största delen av växten ovanför vattenytan. I det vattentäckta bottensedimentet uppstår däremot ofta syrebrist, vilket skulle kunna döda rötterna, men genom stora luftkanaler (aerenkym) kan övervattensväxter förse rotsystemet med syre. Därmed klarar de av att växa i syrefattiga sediment.

De flesta övervattensväxter växer ut i vattnet från strandkanten. De sätter nya skott under ytan och tillväxten begränsas av ljusställningen, så de förekommer sällan djupare än cirka 2 meter. Några exempel är bladvass, blomvass, kaveldun, svärdsilja, säv och sjöfräken.

Flytbladsväxter har blad som flyter på ytan medan växten är förankrad med sitt rotsystem i botten, med några undantag – vissa flytbladsväxter sitter inte fast i botten utan flyter helt fritt på ytan. Flytbladsväxter har ofta två olika typer av blad, där bladen som flyter på ytan är tjockare och har klyvöppningar, vilket de tunnare undervattensbladen saknar. Flytbladen är ofta rundade och läderaktiga, med en vattenavstötande yta.

Flytbladsväxter förekommer på skyddade platser med liten påverkan av vågor, på 0–4 meters djup. Några exempel är andmat (hela växten flyter på ytan), gäddnate, gul näckros och vattenpilört.

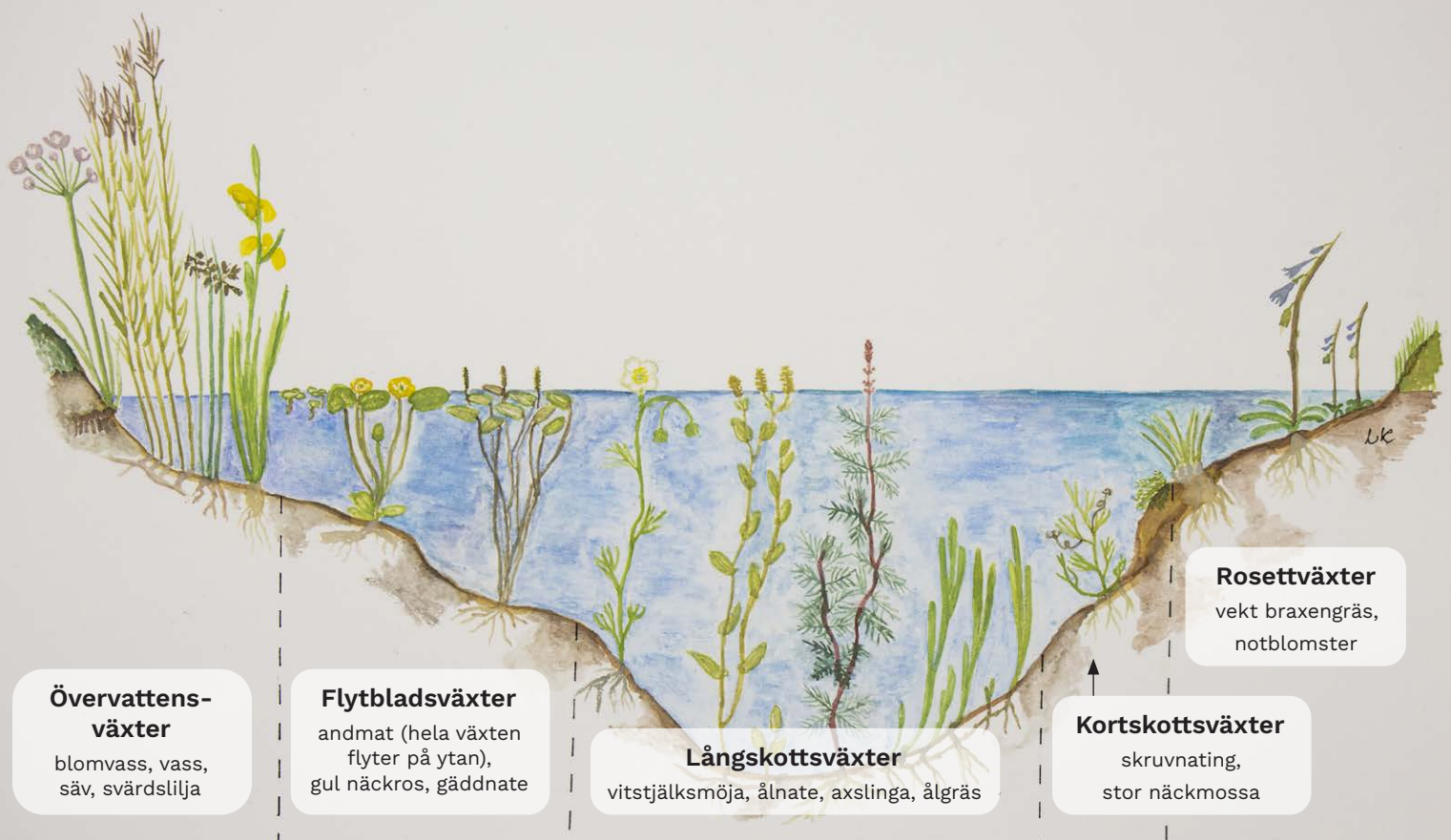
Undervattensväxter är förankrade med sitt rotsystem i botten och delas in i **långskottsväxter**, som har långa skott med mjuka, böjliga stjälkar och en blomställning som sticker upp ovanför vattenytan, **kortskottsväxter** och **rosettväxter**. Tillgång på ljus begränsar undervattensväxternas djuputbredning till som mest 8–10 meter. Vanliga långskottsväxter är många nateväxter, slingor, hornsärv och ålgräs. Hårsärv, havsnajas och vattenmossa är exempel på kortskottsväxter, medan vekt braxengräs (en lummerväxt) och notblomster är exempel på rosettväxter.



Dyblad, en flytbladsväxt

Foto: Lena Kautsky





Indelning av vattenväxter och var de växer. Långskottsväxter, korts-kottsväxter och rosettväxter är alla undervattensväxter. Samtliga växter i illustrationen finns i Östersjön men exempelvis vekt braxengräs trivs bara i vikar med stor tillförsel av sötvatten, som längst upp i norra Bottenviken. Illustration: Lena Kautsky

Olika liv på land och i vatten

Växter har olika anpassningar beroende på om de lever på land eller i vatten. Den största skillnaden är att växter på land riskerar att lida brist på vatten, något som växter som lever mer eller mindre nedsänkta i vatten aldrig drabbas av.

Upptag av näring och koldioxid

Via rotsystemet tar landväxter upp näringsämnen fosfor och kväve ur marken och transporterar näringen vidare upp till bladen och blommorna. Via klyvöppningar på bladen kan de reglera transpirationen och ta upp koldioxid ur luften.

Växter som lever under ytan tar upp näring och koldioxid direkt från vattnet genom sina tunna blad och behöver inte klyvöppningar för att överleva.

Växternas strukturer

På land utsätts växter för större och snabbare temperaturförändringar under ett dygn och under olika årstider än i vattenmiljön. Landväxter har utvecklat olika anpassningar som minskar vattenförlusten, som till exempel ett tjockt vaxskikt eller håriga blad, vilket minskar avdunstning.

Genom att vatten har en högre densitet än luft, bärs vattenväxter upp av vattnet och behöver inte lika styva strukturer som växterna på land.

Spridning på skilda vis

Många vattenväxter har blommor som sticker upp över ytan. Blommorna är ofta små och obetydliga och pollineras av vinden eller av flygande insekter. Ibland kan pollen också spridas på vattenytan till andra plantor. Andra arter blommar under ytan och är självpollinerande. Fröna sprids sedan med vattnet till nya platser. Många frön är tunga och sjunker till botten nära moderplantan, vilket minskar risken för att de hamnar i en miljö som är ogynnsam för fröet.

Vattenmiljön erbjuder även helt andra möjligheter att sprida sig med vegetativa skott över stora arealer än på land. Ålgräs, som både blommar under ytan och sprids vegetativt, blommar sällan i Östersjön på grund av vattnets låga salthalt, och är där mycket beroende av vegetativ förökning. Runt Åland och i norra Stockholms skärgård finns exempel på stora ålgräsängar som består av en eller några få genetiska individer, kloner. En ålgräsäng utanför Åland har uppskattats till att vara 1 000 år gammal.

Flera arter av slingor och hornsärv bildar speciella vegetativa små, korta och kompakta övervintringsdelar, turioner, på hösten (se bild på nästa sida). Turioner kan transporteras långa vägar innan de gror till en ny planta på en lämplig botten när temperaturen stiger på våren.



Vitstjälksmöja (till vänster), en nära släkting till smörblomma (till höger), har utvecklat flera anpassningar till ett liv i vatten. De vita blommorna står rakt upp ur vattnet med en styv stjälk och pollineras av insekter. När den är överblommad böjs blomstjälken ner under ytan så att fröna lossnar och faller till botten i närheten. Strukturerna (ledningsvävnaden) i stjälken är tunnare hos vitstjälksmöja jämfört med smörblomma, vilket gör stjälken mjuk och böjlig och minskar risken för att den bryts av i vågorna. Dess finflikiga undervattensblad kan ta upp näring och koldioxid direkt ur vattnet.

Foto: Lena Kautsky

Vattenväxter i Östersjön

Generellt är Östersjön med sitt bräckta vatten en artfattig miljö med låg biologisk mångfald jämfört med Västerhavet. Östersjön är ett ungt hav och få arter har hunnit anpassa sig till vattnet som är för sött för marina arter och för salt för sötvattensarter. De artrikaste miljöerna hittar vi i Östersjöns grunda vikar med stor tillförsel av sötvatten, där salthalten är nästan som i en sjö. Där är det framförallt vattenväxter och insekter som trivs i sötvatten men inte klarar av brackvatten som bidrar till den högre artrikedomen.

En aktuell fråga är hur klimatförändringar kommer att påverka förekomsten av olika arters utbredning. En förändring är ökad nederbörd vilket leder till ökad avrinning. En ökad tillförsel av sötvatten till kusten innebär att salthalten minskar, vilket kan gynna utbredningen av många vattenväxter. Klimatförändringarna förväntas också leda till fler värmeböljor och en längre växtsäsong. Många främmande arter kommer från varmare områden och kan spridas norrut när klimatet blir varmare. En sådan introducerad art som gynnas av varmare vatten är vattenpest. Kortare vintrar och mindre is innebär en längre växtsäsong, eftersom våren startar tidigare och hösten blir längre. Det kan gynna många vattenväxters tillväxt, förökning och spridning.



Turion från kransslinga. Foto: Lena Kautsky

Mer information

Lektionsbanken om Östersjön, se Ekologi och biologisk mångfald, www.su.se/lektionsbanken-om-ostersjon

Tångbloggen, tangbloggen.com

Växter och djur i Östersjön, *En fälthandbok*, av Östersjöcentrum, www.su.se/ostersjocentrum/falthandbok

Undersök och jämför växter

Låt elever i mindre grupper samla in 3–5 arter av landväxter respektive vattenväxter. Lägg växterna bredvid varandra i klassrummet och undersök blommor, blad och stjälkar. Beskriv anpassningar ni hittar för ett liv på land eller i vatten. Uppgiften går lika bra att göra vid en sjöstrand som vid Östersjön. För information och förslag till en studie om vattenväxters anpassningar, se Tångbloggen, tangbloggen.com.

Människokroppen

– Separata organ eller sammanhängande system?

Text: Pernilla Granklint Enochson, lektor i naturvetenskapernas didaktik vid institutionen för naturvetenskap, matematik och samhälle, Malmö universitet, pernilla.granklint-enochson@mau.se

Hur fungerar vi? Kroppen och dess organ fascinerar men felaktiga förklaringar till hur allt hänger ihop förekommer bland både barn och vuxna. Vad händer till exempel med vattnet som vi dricker?

Vi lever i en informationsrik värld där media och reklam ofta innehåller förenklade illustrationer där kroppen och dess organ representeras av enskilda delar, exempelvis en led, en magsäck eller en hjärna. Hjärtat visas ofta i kombination med ett cirkulationssystem men sällan tillsammans med nervsystemet. Även i våra läroböcker visas nästan alltid bara ett eller två organsystem i taget. Detta får konsekvenser för vår förståelse av kroppen som ett system.

Elever ställer ofta frågor om kroppen till lärare utifrån upplevd smärta eller känslan av att något inte stämmer. Ibland handlar frågorna om mer vardagliga företeelser, såsom *Vad händer egentligen med vattnet som vi dricker?*

Sammanhang saknas

Vad vet våra elever om kroppen? När elever i årskurs nio får i uppgift att beskriva smörgåsens väg genom kroppen i skrift är det inte alla som nämner cirkulationssystemet, man kopplar inte samman detta med matspjälkningsyste-

met. Men i princip kan alla elever göra sammankopplingen när de i lugn och ro i en intervjusituation får diskutera och resonera ihop de två systemen. Så långt är allt väl.

Men när de ska koppla samman ytterligare strukturer eller system så hjälper inte ens intervjusituationen. Cellerna som slutdestination för näringsutbytet nämns exempelvis sällan spontant när eleverna får svara på frågor om matens väg genom kroppen. Liknande iakttagelser har gjorts i flera andra länder, främst europeiska, det vill säga att det är svårt för eleverna att se cellen i ett större sammanhang. Tänk på hur det ser ut i våra läroböcker, visar bilderna cellen i ett sammanhang eller bara som en ensam struktur med olika organeller?

Vattnets väg genom kroppen

I flera sammanhang har jag frågat elever i grundskolans årskurs nio, högskolestudenter, lärare och skolledare om de kan beskriva vad som händer i kroppen från det att de dricker ett glas vatten till dess att

vatten urineras ut. Fenomenet är ytterst vardagligt, men ändå svårt att förklara. Varför blir detta så problematiskt? För att förklara vattnets väg krävs åtminstone att tre olika organsystem kan sammankopplas: matspjälknings-, cirkulations- och utsöndringssystemet. Det är ytterst få elever, eller för den delen vuxna, som klarar av att koppla samman dessa.

Men det finns också ett annat problem: "hitte-på"-förklaringar. Det är inte ovanligt att människor, ungdomar som vuxna, hittar på egna förklaringsmodeller som inte har någon vedertagen vetenskaplig förankring. Exempelvis är det en del som beskriver både i enkäter och vid intervjuer att vatten leds i en tredje strupe från halsen och direkt ner till njurarna. Ytterligare en föreställning är att vattnet går direkt ut i kroppen från magsäcken. Dessa förklaringsätt tyder på att personerna varken har förstått att vattnet tas upp i tarmen eller vilken roll cirkulationssystemet spelar för upptaget.

I flera europeiska studier liksom i mina svenska förekommer



Foto: pixabay.com

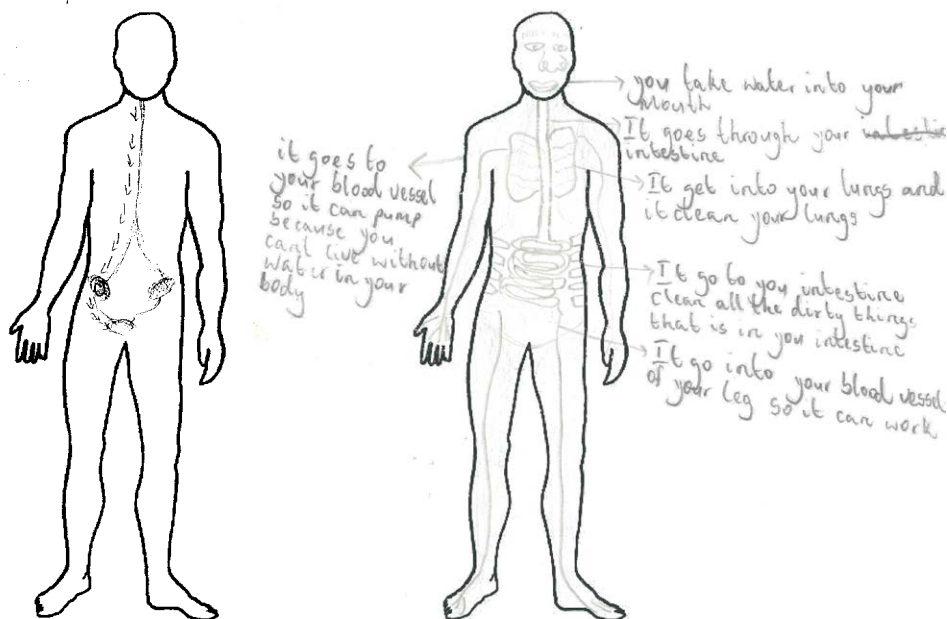
den senare av förklaringsmodeller-
na bland 15–25 procent av eleverna
i grundskola och gymnasiet samt
bland 30–50 procent av vuxna.
I en av mina svenska studier
kunde vi se att flera av de elever i
årskurs nio som använde sig av de
icke vetenskapliga förklaringsmo-
dellerna hade betydligt svårare att
förklara njurens funktion än de
andra eleverna.

Förklaringsmodellen att det
finns en extra strupe direkt ner till
njuren har jag och flera interna-
tionellt verksamma kollegor hittat
främst i Europa. När jag genom-
förde studien i Sydafrika fanns det
bara en elev som angav extrastu-
pen som förklaringsmodell. Vid
intervjun visade det sig att denna
årskurs nio-elev hade flyttat från
Europa till Sydafrika två år tidigare.
I Sydafrika fanns det däremot en
annan förklaringsmodell som var
vanligt förekommande, inte heller
den vetenskapligt förankrad. Den
gick ut på att eleverna trodde att
vattnet gick direkt till lungorna och
sedan vidare till matspjälknings-
systemet. I det aktuella området
finns ett ordspråk som går ut på
att det är viktigt att dricka vatten
för att hålla kroppens inre rent och
flera av eleverna angav att "vatten
är viktigt för att det renar krop-
pens delar", det vill säga alla organ
måste tvättas. Förklaringsmodellen
med lungorna visade sig finnas
bland ungefär hälften av eleverna.
Resultatet får man dock tolka lite
försiktigt då det bara genomförts
ett begränsat antal studier.

Hur ska vi göra?

Ska vi fortsätta att förlita oss på
enkla bilder som förklarar krop-
pen som ett ö-system utan broar
och hoppas på att eleverna själva
förstår kopplingarna? Det går inte
att undervisa utan att använda
enkla bilder och förklaringar för

Foto: Pernilla Granklint Enochson



Två förklaringsmodeller om vattnets väg genom kroppen som inte är vetenskapligt förankrade. Den vänstra, att det finns en extra strupe för just vatten som går direkt till njurarna, kommer från Sverige. Den högra, att vattnet går direkt till lungorna och sedan vidare till matspjälkningsystemet, från Sydafrika.

att åstadkomma en förståelse om grundprinciper för organen. Men för att eleverna ska kunna se sina kunskaper om olika organ, organsystem och celler i ett sammanhang behöver de få tillfälle att resonera och problematisera kroppen som system vid flera tillfällen under sin skolgång.

Ett sätt är att låta elever rita en kropp eller "bygga" en med hjälp av garn, ballonger, piprensare eller liknande. Då tvingas eleverna att själva sätta namn på organen och fundera över hur olika näringsämnen och vatten transporteras. Under högstadiet bör vi få eleverna att förstå hur näringsämnena och vattnet transporteras från munnen till tarmen och vidare ut i kroppen via celler. På gymnasiet är det relativt stort fokus på mikro- och submikronivåer i biologiämnet och även i kemi. Men det är viktigt att inte förlora resonemangen på makronivån. Annars finns risken att egna "hitte-på"-förklaringar

uppstår, av exempelvis vattnets väg genom kroppen. Även bland elever som läst biologi på gymnasiet finns dessa ovetenskapliga förklaringsmodeller.

Mer information

Granklint Enochson, P. & Redfors, A. (2011). Fem elevers föreställningar om organsystem – Vad händer i kroppen när vi dricker vatten? *NorDiNa*, 7(2), s. 160–178.

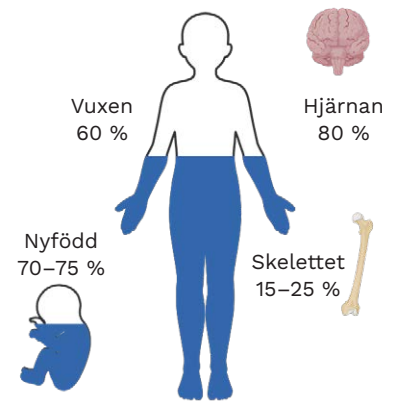
Granklint Enochson, P. & Redfors, A. (2012). Students' Ideas About the Human Body and their Ability to Transfer Knowledge Between Related Scenarios. *European Journal of Health and Biology Education*, 1 (1&2), s. 3–29.

Granklint Enochson, P. m.fl. (2015). Ideas about the Human Body among Secondary Students in South Africa. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 19, s. 199–211.

Granklint Enochson, P. (2024). Pre-service teachers' ideas about the path of water through the body and their intentions about explaining it to preschool children. *Journal of Biological Education*, 58(4), s. 772–781.

Vattnet i kroppen

– Systemtänkande på olika nivåer



Text: Ammie Berglund, Ida Solum och Kerstin Westberg, Bioresurs.

Se bildtext och källa till höger.

Hur kan vi öka förståelsen för kroppen som helhet? Här utgår vi från människans komplexa system för att bibehålla en stabil vätskebalans.

Om vi bara undervisar om organ-systemen var för sig blir det svårt för eleverna att få ihop helheten. Kroppen behöver undersökas som ett större system. I den här artikeln tittar vi närmare på hur systemtänkande kan ge förståelse för hur kroppens organ tillsammans kan upprätthålla en stabil inre miljö, homeostas, med fokus på vatten. Vi börjar dock med denna fråga: *Hur kan undervisningen utformas för att eleverna ska utveckla systemtänkande?*

Didaktiska principer

I artikeln "Undervisa om kroppen – grunderna eller helheten först?" (lästips 1) diskuterar Torodd Lunde möjligheterna för att skapa helhetsförståelse genom att sätta cellernas behov av energi och byggmaterial i fokus och sedan lägga till hur matspjälknings-systemet och cirkulationssystemet bidrar till att cellerna får det de behöver. Att sätta ett behov eller problem i fokus är *den första didaktiska principen* för design av undervisning som Momsen med flera (lästips 2) lyfter fram i ramverket *Biology Systems-Thinking* (BST).

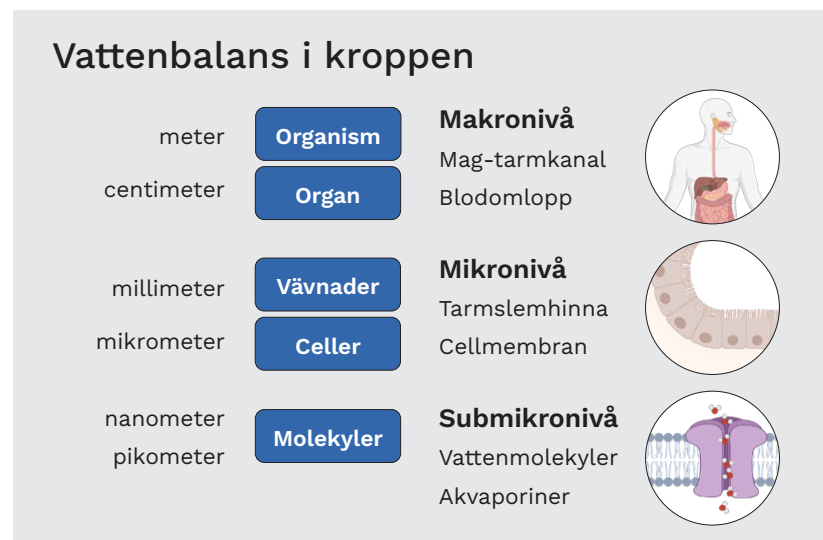
Den andra didaktiska principen handlar om att använda aktiviteter som på olika sätt modellerar systemen. Att teoretiskt eller i hands-on-övningar testa vad som händer i ett system om man förändrar förutsättningarna. Ställa frågan: *Vad händer om...? Till exempel: Vad händer med vätskebalansen om vi blir magsjuka?*

Den tredje didaktiska principen är att se möjligheten att utvidga gränserna för vad som ingår i ett system, för att integrera begrepp och modeller från fler områden inom biologin. Exempelvis jämföra olika organismers system

för att upprätthålla en stabil inre miljö. Eller att fördjupa detaljnivån så att molekyler, celler och organ kopplas samman, det vill säga, röra sig på fler organisationsnivåer.

Organisationsnivåer

När vi ska förklara biologiska fenomen, som kroppens förmåga att reglera vattenbalansen, behöver vi ofta hoppa mellan olika organisationsnivåer (se bild nedan). Läs mer om hopp mellan organisationsnivåer i artikeln på sidan 18–19.

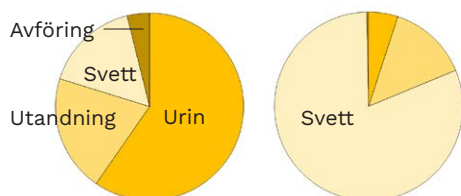


Källa (bilderna): Skapade i Biorender. Berglund, A. (2024) biorender.com/f81u444

Till vänster: Vattenhalten sjunker från födseln till i genomsnitt 60 (+/-15) procent hos vuxna. Kvinnor och äldre har lägre vattenhalt. Det är också stor skillnad mellan olika organ.

Källa: Skapad i Biorender. Berglund, A. (2024) biorender.com/h72x348

Nedan: Cirkeldiagrammen visar fördelningen i procent mellan olika typer av vattenförluster per timme i vila (till vänster) respektive fysisk aktivitet (till höger).



Behovet av att beskriva systemet på makro-, mikro- och/eller submikronivå beror dels på elevernas förkunskaper, dels på om förståelsen för systemet blir enklare eller svårare med eller utan detaljnivå. Onödiga detaljer ska undvikas men även elever på mellanstadiet kan förstå hur cellers näringsupptag går till genom att titta på animationer med cellmembran och transportproteiner (se Alma Jahic Pettersons forskning kring ett digitalt NTA-tema om kroppen, lästips 3). Elevers aktiva arbete med att tolka och skapa bilder (eller andra representationer) på olika organisationsnivåer har visat sig vara gynnsamt för lärandet om kroppen (lästips 4 och 5).

Det saknas evidens för att systemtänkande utvecklas enligt något visst mönster. Men att veta vilka delar som ingår i ett system är en förutsättning för att förstå hur de påverkar varandra. På följande sidor ger vi förslag på hur man kan undervisa elever med olika förkunskaper om kroppens system för att upprätthålla vattenbalans, med stöd av de didaktiska principerna enligt BST-ramverket.

Vad innebär systemtänkande?

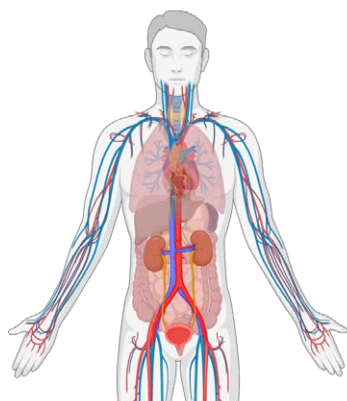
Enligt ramverket *Biology Systems-Thinking* (BST, lästips 2) kan systemtänkande beskrivas på fyra nivåer, här konkretiserade med exempel svar på frågan: *Varför måste man se till att få i sig vätska vid magsjuka?*

Nivå 1: Börja med att identifiera *vilka delar* som är relevanta för att svara på frågan. Klargör *vilka delar som är relaterade till varandra* och förklara *hur systemet som helhet bidrar till en viss funktion*. Exempel: Att man måste dricka pekar på att funktionen handlar om kroppens vätskebalans. Relevanta delar av kroppen är de som tar upp vatten (mag-tarmkanalen), avger vatten (hud, lungor och njurar) och cirkulationssystemet som skapar kontakt mellan alla delar.

Nivå 2: Klargör om *relationer mellan delar* i systemet är statiska (konstanta) eller dynamiska (förändras över tid). Resonera om *kvantitativa aspekter och direkta effekter* mellan två delar i systemet. Exempel: Vattenupptaget från tarm till blod är dynamiskt och varierar med vattenintaget. Magsjuka med diarré gör att maginnehållet transporteras så snabbt att vattenupptaget minskar och en direkt effekt blir att blodets innehåll av vatten sjunker tillfälligt.

Nivå 3: Se systemet som en helhet och förutse *indirekta effekter* i systemet. Exempel: Om blodet tillfälligt får en lägre halt vatten på grund av det lägre vattenupptaget vid magsjukan kan njurarna återta mer vatten så att vi kissar mindre, vilket återställer vattenbalansen för stunden. Men eftersom vi måste kissa för att göra oss av med avfallsämnen, och hela tiden förlorar vatten via andning och hud måste vatten tillföras, vilket förklarar rådet att vi måste dricka.

Nivå 4: *Relatera olika system till varandra* på samma eller olika *organisationsnivåer*. Exempel: Om man tittar på vattenupptaget i tarmen på cell- och molekylnivå kan man förklara hur vätskeersättning som förutom vatten innehåller joner och glukos (se sidan 13) ger ett bättre vattenupptag än om man bara dricker rent vatten.



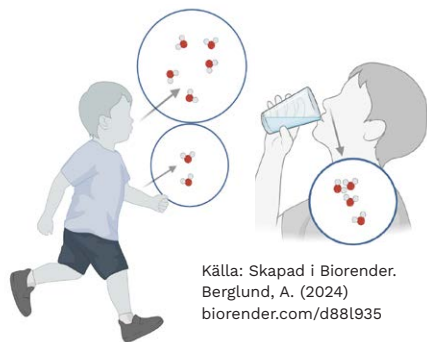
Alla representationer har begränsningar. För att tydligt visa hjärta, blodkärl och njurar har de lagts i förgrunden medan mag-tarmkanalen gjorts något transparent och lagts bakom i bilden. I verkligheten finns tarmar framför de stora centrala blodkärlen, och njurarna sitter bakåt mot ryggsidan av kroppen.

Källa: Skapad i Biorender. Berglund, A. (2024) biorender.com/p86q385

Lästips

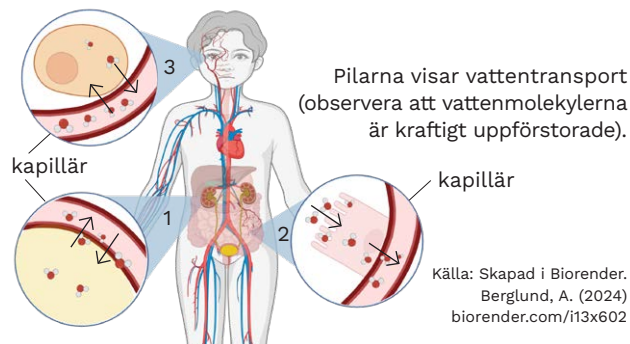
- Lunde, T. (2018). Undervisa om kroppen – grunderna eller helheten först? Karlstads Universitet. *Bi-lagan* nr 1 2018.
- Momsen, J. m.fl. (2022). Using Systems and Systems Thinking to Unify Biology Education. *CBE Life Sci Educ.* 21(2):es3.
- Jahic Petterson, A. (2021). *Top-sar och cellmembran: Kroppens näringsupptag i undervisning och elevtexter på mellanstadiet*. Doktorsavhandling, Linköpings universitet.
- Lunde, T. (2021). Utforska representationer banar väg för meningsskapande. *ATENA Didaktik*, 4(1).
- Tibell, L. (2024). Naturvetenskap och visualisering. Göransson, A. (2024) Representationer i biologiu ndervisningen. *Biologididaktik för lärare*. Naturvetenskapernas och teknikens didaktik, nr 8.

Tema: Vattnet i kroppen



Källa: Skapad i Biorender.
Berglund, A. (2024)
biorender.com/d881935

Tips! Vattenmolekyler kan avslöjas genom att andas på en kall yta eller knyta en plastpåse runt en hand och hoppa runt. Vattenångan blir till synliga vattendroppar i båda fallen.



Källa: Skapad i Biorender.
Berglund, A. (2024)
biorender.com/i13x602

Enklare förkunskaper

I linje med den första didaktiska principen enligt BST-ramverket kan vi utgå från behovet av att ersätta de vattenmolekyler som förloras via andning och svett när vi är fysiskt aktiva. Med fokus på hur vätska avges från huden kan vi ställa frågorna: *Hur kan vatten vi dricker hamna ute på huden? Vad händer om vi dricker mer än vi svettas?* För att svara på den första frågan behöver vi få med tarmarna där vattenupptaget sker till blodet (främst i tunntarmen, lite i tjocktarmen) och huden där svett bildas och vatten avdunstar, men också blodcirkulationen som med hjälp av hjärtat pumpar blod runt till alla delar av kroppen. Vatten som försvinner via svett fylls på från blodet som passerar huden.

För att förklara vad som händer om vi dricker mer än det vi svettats behöver vi lägga till njurarna. Oavsett hur mycket vi dricker filtrerar njurarna blodet och avfallsämnen (exempelvis det ämne som gör urinet gult) följer med vattnet ut som urin. Dricker vi mer än det vi svettats blir urinet mer utspätt (svagt gult).

Med stöd av den andra didaktiska principen kan man låta eleverna modellera hur vattnet rör sig i kroppen. Exempelvis kan de flytta en modell av en vattenmolekyl på en bild som visar alla organsystem. Samtidigt kan en bild med många organ vara svår att tolka. Ett tips är att rita in delarna vartefter i en kontur av en människokropp. Ritandet kan kombineras med att titta på 3D-modeller av kroppens inre, till exempel på webbsidan www.innerbody.com (välj *Human body*).

För att modellera vad som händer om vi dricker mer än vi gör av med kan man använda behållare för tarm, blod, svett och urin och decilitermått för att fylla på, flytta och tömma ur vatten för att visa upptag av vatten när vi dricker och hur njurarna hela tiden för bort överskottsvatten så att "blodbehållaren" håller en någorlunda konstant vätskenivå.

Om eleverna undrar varför vi blir törstiga kan man tänka på den tredje didaktiska principen och vidga systemet med hjärnan och nervsystemet. I hjärnan finns celler som kan reagera när blodet innehåller för lite vatten. Då aktiveras en törstreflex som gör att vi vill dricka.

Lite mer utförligt

Vi kan klara oss utan mat i flera veckor, men bara ett par dagar utan vatten: *Vad händer i kroppen om vi slutar dricka vatten? Kan kroppen spara vatten?* För att lite mer utförligt förstå konsekvenser av att inte dricka tillräckligt kan man ta med cellerna (mikronivå) och fördjupa förklaringarna genom att titta närmare på relationerna mellan olika organ (nivå 2 av systemtänkande, se sidan 9). Relationerna är dynamiska och genom att steg för steg resonera om direkta effekter i olika delar av systemet kan man närma sig en helhetsförståelse. Ett förslag är att börja med att reda ut varför det bildas urin, och att vi därför inte kan spara vatten genom att sluta kissa.

När kroppens celler arbetar bildas avfallsämnen. Koldioxid kan vi andas ut, men enda sättet att bli av med andra ämnen är att filtrera ut dem från blodet till det vi kallar urin. När blodet åker genom njurarna (1 i figuren ovan) passerar det små kapillärer. Där filtreras blodet och vi förlorar vatten som åker ut med urinet. Detta är livsnödvärdigt eftersom avfallsämnen som är kvar i blodet gör oss sjuka. Blodet fylls på med nytt vatten i tarmarna (2) där små kapillärer ligger nära tarmcellerna. Vattenmolekylerna rör sig in i tarmcellerna och in i blodet. Om vi inte dricker fylls blodet på med mindre vatten. Men, njurarna kan faktiskt "spara vatten" genom att dra tillbaka lite extra vatten till blodet. Urinet blir mer koncentrerat. Ett tecken på vätskebrist är mörkgul urin.

Så länge blodet kan få tillbaka tillräckligt med vatten genom njurarnas "sparande" kan kroppens celler fortsätta fungera. Till exempel kan en cell i ögats tårkanal (3) som fått vattenbrist, kanske på grund av tårar, få nytt vatten från små blodkärl (kapillärer). Vattenmolekyler från blodet åker in i cellen eftersom det är brist på vatten där. Så länge blodet innehåller gott om vatten kan vi tillverka tårar. Om mängden vatten i blodet minskar kommer istället cellerna tappa vattenmolekyler till blodet. Då fungerar cellerna sämre. Om alla celler i kroppen förlorar vatten blir vi uttorkade och kan till slut dö.

Fördjupande

Med äldre elever kan vi lägga till fler detaljer och röra oss mer på abstrakta nivåer som mikro- och submikronivå när vi förklarar. *Varför blir vi törstiga efter ett hårt träningspass? Varför kan vi behöva vätskeersättning en riktigt varm sommardag?* Först är det bra att påminna sig om varför vi behöver vatten.

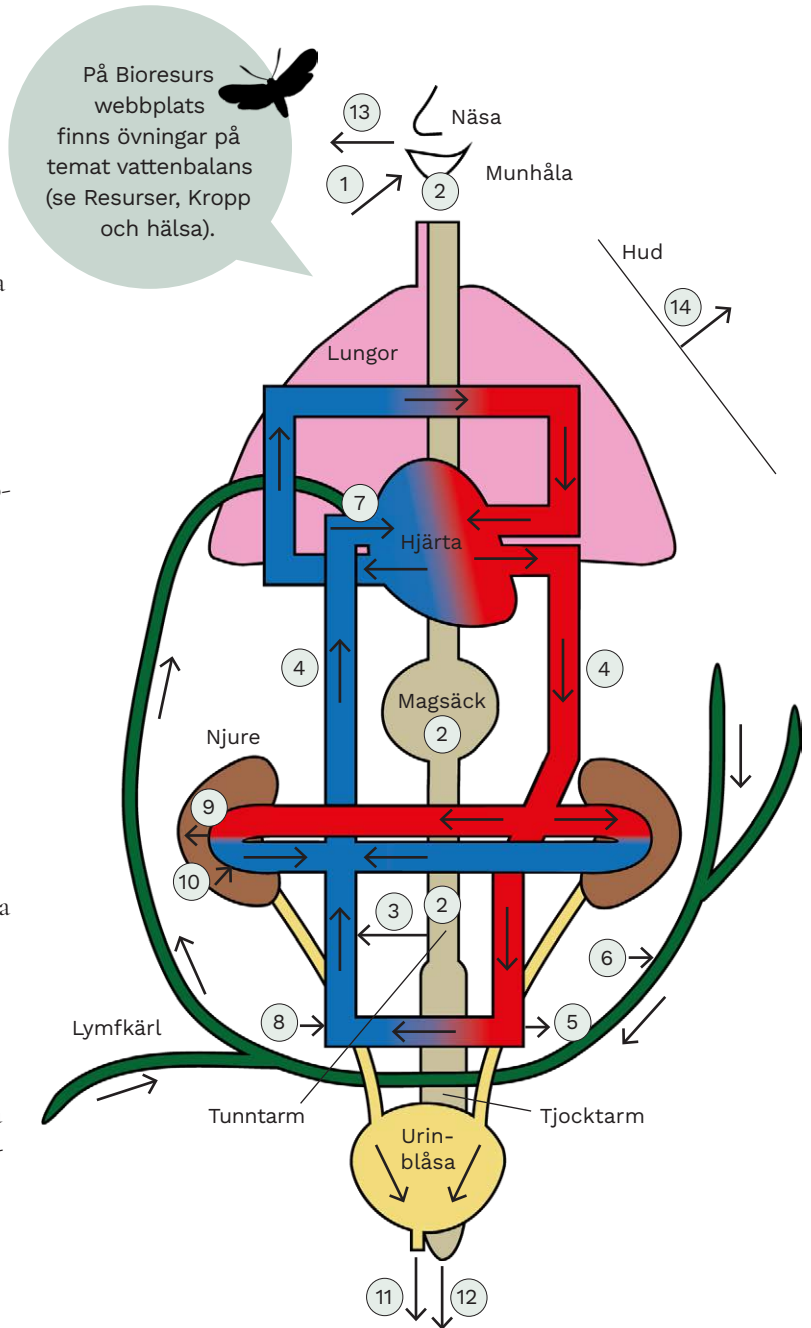
Varför är vatten viktigt?

Vatten är avgörande för kroppens förmåga att upprätthålla en inre balans, homeostas, för att organ och celler ska fungera. Vatten är huvudkomponent i blodet och gör det möjligt att transportera näringsämnen och avfallsprodukter till och från cellerna. I njurarna filtreras avfallsämnen ut med urinen. Vatten smörjer också leder och vävnader och fungerar som stötdämpning för våra organ. Vatten behövs för många kemiska reaktioner, exempelvis när stora molekyler ska brytas ner till mindre genom hydrolys. Samtidigt genereras vatten vid glykolysen och elektrontransportkedjan i cellandningen, så kallat metaboliskt vatten (upp till 300 ml per dag). För att täcka kroppens basalbehov behöver vi tillföra i genomsnitt 30 ml vätska per kg kroppsvikt och dygn. För en person som väger 70 kg motsvarar det 2,1 liter vatten.

Av kroppens vatten finns cirka 70 procent inuti cellerna (intracellulärt). Resterande 30 procent finns utanför cellerna (extracellulärt), dels mellan cellerna (vävnadsvätska), dels i blodplasma och lymfa. Vatten flyttar sig mellan de olika "rummen". En viktig drivkraft för förflyttningen är det vätskestryck som bildas när hjärtat pumpar blodet in i de trånga kapillärerna. Vatten pressas då ut mellan cellerna i kapillärväggarna och rör sig från blodet ut till vävnaden. En del vatten går tillbaka till blodet via lymfkärl eller återtas i kapillärerna på grund av osmos. Osmos beror i princip på skillnader i innehåll av lösta partiklar (exempelvis proteiner, joner) i olika "rum". Hög koncentration av partiklar ger en hög osmolalitet. Vattenmolekyler rör sig från låg till hög osmolalitet. Blodet som är kvar i kapillärerna får en hög osmolalitet efter att vatten pressats ut. Med osmos dras därför en del vatten tillbaka in i kapillärerna medan andra vattenmolekyler rör sig in och ut ur cellerna via cellmembranens vattenkanaler, så kallade akvaporiner (se sidan 13).

Svett hjälper till att kyla kroppen

Vid ett träningspass eller en varm sommardag regleras den inre temperaturen genom att vi svettas. Det



På Bioresurs webbplats finns övningar på temat vattenbalans (se Resurser, Kropp och hälsa).

En schematisk skiss av flera organsystem. I förgrunden visas cirkulationssystemet där syrefattigt blod illustreras med blå färg, syrerikt med röd färg. Övergången mellan blå och röd färg visar hjärtats högra respektive vänstra sida samt blodkapillärer i olika organ. Pilarna visar hur vatten kan röra sig i och mellan organsystemen. (Observera att organsystemens ordning i lager inte överensstämmer med verkligheten. Mag-tarmkanalen ligger inte längst bak mot ryggen.)

Sifforna motsvarar följande: (1) Intag av vatten. (2) Utsondring av vatten till saliv, mag- och tarmsaft. (3) Upptag av vatten från tunntarmen. (4) Cirkulation av vatten i blodet. (5) Utsläpp av vatten till vävnadsvätskan som cellerna badar i. (6) Upptag av vatten från vävnader till lymfan. (7) Påfyllnad av vatten från lymfan till blodet. (8) Upptag av vatten från vävnader till blodet. (9) Filtrering i njurarna. (10) Återupptag av vatten i njurarna. (11) Vattenavgång via urin. (12) Vattenförlust via avföring. (13) Vattenförlust via utandning. (14) Vattenförlust via svettning.

Tema: Vattnet i kroppen

finns två huvudsakliga typer av svettkörtlar: ekrina och apokrina svettkörtlar. Apokrina svettkörtlar finns främst i områden som armhålor och ljumskar, och producerar en tjockare svett som är kopplad till emotionella stimuli och doftproduktion. Ekrina svettkörtlar finns i huden över hela kroppen och ansvarar för temperaturregulering genom att producera vattenbaserad svett som avdunstar från hudytan och därmed kylv kroppen. Aktiv transport av joner ut från cellerna i svettkörtlarna leder till att vatten följer med genom osmos. Intensiv fysisk aktivitet leder till en omfattande vattenförlust som behöver ersättas.

Varför känner vi törst?

Vid låga vätskenivåer ökar osmolaliteten i blodet, framförallt på grund av natriumjoner. När jonkoncentrationen blir högre i blodet än i cellerna kommer en del vatten flöda ut ur cellerna på grund av osmos. När detta sker i så kallade osmoreceptorceller i hypothalamus i hjärnan krymper cellerna. Då aktiveras mekanoreceptorer vilket leder till en nervaktivering som ger en känsla av törst. Det resulterar också i att hormonet vasopressin, även kallat anti-diuretisk hormon (ADH), insöndras till blodet från bakre loben i hypofysen. När ADH når receptorer i njurarna leder det till att antalet akvaporiner ökar i samlingsrören vilket snabbar på vattenåterupptaget till blodet (se bild nedan).

Låga vätskenivåer ger även minskad blodvolym och lägre blodtryck som registreras av barorecepto-

rer som finns vid hjärtat och i blodkärl. Blodflödet till njurarna minskar och då aktiveras renin-angiotensin-aldosteronsystemet (RAAS). Angiotensin II, en av produkterna i detta system, stimulerar både törstcentrum i hjärnan och frisättningen av ADH, vilket bidrar till att kroppen håller kvar mer vatten. När vätskenivåerna i kroppen minskar bildas mindre saliv och en torr mun ger också en känsla av törst. När vi känner oss törstiga beror det alltså på ett samspel av flera faktorer.

Vätskeersättning och helhetstänkande

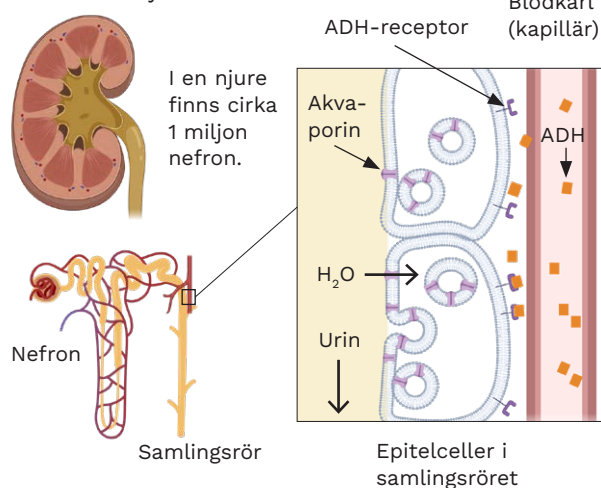
Om vi svettas mycket förlorar kroppen också viktiga joner (elektrolyter). Med vätskeersättning får vi i oss både vatten och elektrolyter som återställer osmolaliteten i blodet. Förutom salter innehåller vätskeersättning även glukos som bidrar till ett bättre vattenupptag i tunntarmen (se nästa sida).

Genom att besvara frågor om hur kroppen bibehåller homeostas vid vätskeförlust hanterar vi flera nivåer av systemtänkande. Vi kopplar ihop organsystem på makronivå (blodcirkulation, njurar, hormonsystem) men rör oss också mellan olika organisationsnivåer. Hur njurarna reagerar på ADH förklaras på både mikro- och submikronivå när vi pratar om osmolalitet och vattentransport genom cellmembranens akvaporiner. Förmågan att hålla en jämn vattenbalans bygger på dynamiska relationer mellan olika delar i kroppen som ger både direkta och indirekta effekter. Redan innan vi börjar dricka har njurarna börjat ställa om för att mer effektivt återta vatten och därmed minska vattenförlusten via urinproduktionen. Den andra didaktiska principen enligt BST-ramverket, som handlar om att ge eleverna möjlighet att modellera systemen, kan tillämpas på olika organisationsnivåer. Exempelvis kan man använda fysiska modeller av ADH, akvaporiner och vattenmolekyler som kan flyttas runt på en bild motsvarande den till vänster.

Den tredje didaktiska principen handlar om att se möjligheter att knyta samman olika områden inom biologin, till exempel evolution. Jämför anpassningar hos djur i torrare klimat med människans system eller titta på hur söt- och saltvattensfiskar bibehåller homeostas i olika livsmiljöer. Ett annat exempel är att knyta an till genetiken där gener och genreglering kan ge förståelse för hur vissa proteiner kan påverka balansen i kroppen.

Progressionen i lärandet om människokroppen handlar både om att fördjupa faktakunskaper med fler detaljer och att öka förståelsen för hur de olika organsystemen samverkar.

Tvärsnitt av njure



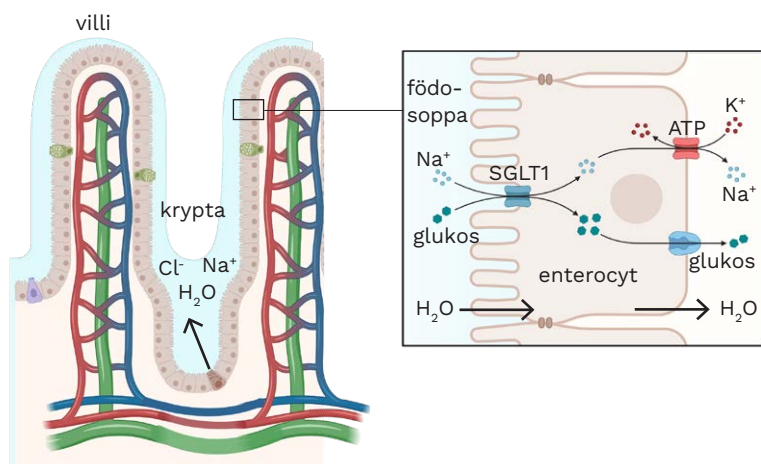
Hormonet ADH (orange fyrkant) kommer med blodet till njurarna där det fäster till receptorer på celler i samlingsröret. Effekten blir att vesiklar med akvaporiner rör sig mot samlingsrörets yta. När antalet akvaporiner ökar leder det till ett mer effektivt återupptag av vatten.

Källa: Skapad i Biorender. Berglund, A. (2024) biorender.com/h82s590 (text tillagd av Bioresurs)

Omfattande omsättning av vatten i tarmen

En vattenrik miljö i tarmen hjälper till att lösa upp mat, och enzymer kan lättare bryta ner näringsämnen. Man tänker kanske att vattnet i tarmen kommer direkt från det man nyss druckit eller ätit. Men av de 8–10 liter vätska som varje dygn rör sig i födosoppan inuti tarmarna kommer merparten från sekretoriska celler som främst sitter i tarmepitelets kryptor (se bild nedan). Dessa celler fylls i sin tur på av vätska från det ständiga blodflödet (under ett dygn passerar 7 000–8 000 liter blod hjärtat). I tunntarmens första hälft (duodenum och jejunum) återtas det mesta av vattnet från födosoppan. I sista delen av tunntarmen (ileum) och i tjocktarmen finjusteras vattenabsorptionen så att vi inte förlorar mer än cirka 100 ml vatten via avföring per dygn (mer än 200 ml ger diarré).

Absorptionen av vatten sker främst via tunntarmens epitelceller (enterocyter) i spetsarna på villi (se bild nedan). Det effektiva vattenupptaget beror på att det är kopplat till aktiv transport av natriumjoner och upptag av glukos. Med energi (ATP) pumpas natriumjoner ut från enterocyterna till området där det finns blod- och lymfkärl, inuti villi. Det skapas en koncentrationsgradient med färre natriumjoner inuti enterocyten jämfört med i födosoppan. Den gradienten utjämnas genom ett transportprotein som sitter i mikrovilli (SGLT1). Natriumjoner strömmar in och tar med sig glukos vilket ökar osmolaliteten inuti enterocyten som i sin tur gör att vatten via osmos tas upp från födosoppan. Man har räknat ut att två natriumjoner som pumpas ut leder till att en glukosmolekyl tas upp och att det indirekt medför att 260 vattenmolekyler flödar in genom vattenkanaler, akvaporiner. Enbart den mekanismen kan förklara upptaget av cirka 5 liter vatten per dygn från födosoppan. Sedan finns en rad andra ämnen i födosoppan som också påverkar osmolaliteten i enterocyterna på olika sätt (fruktos, peptider och aminosyror med mera).



Blodkärl (rött/blått), lymfkärl (grönt)

Vatten och elektrolyter (främst natrium- och kloridjoner) utsöndras till födosoppan från sekretoriska celler i kryptorna i tarmepitelet. Den inzoomade bilden visar en epitelcell, en enterocyt, med mikrovilli (fingerliknande struktur). Vatten tas upp ur födosoppan vid spetsarna på villi på grund av osmos (se förklaring ovan).

Källa: Skapad i Biorender. Berglund, A. (2024) biorender.com/u51y058 (text tillagd av Bioresurs)

Om akvaporiner

Vatten passerar i huvudsak genom det opolära cellmembranet via vattenkanaler, akvaporiner. Akvaporiner finns i de flesta celltyper och hos människan har många olika varianter identifierats (AQP1–AQP13). Vävnader och celler kan variera sin vattenpermeabilitet dels genom att flytta in eller ut akvaporiner via vesiklar (se figur på sidan 12), dels genom att reglera nyproduktion via proteinsyntes. Bilderna nedan visar strukturen på AQP1 om man ser den uppifrån (övre bilden, visar "hål" som vattenmolekylerna kan åka in genom) eller från sidan (nedre bilden). Symmetrin byggs upp genom att en kanal består av fyra olika peptidkedjor. Numera vet man att vissa akvaporiner även är viktiga för upptag av andra molekyler än vatten (exempelvis glycerol via AQP3-kanaler). Det har också visat sig att akvaporiner är mycket intressanta för forskningen om både cancer och Parkinsons sjukdom.

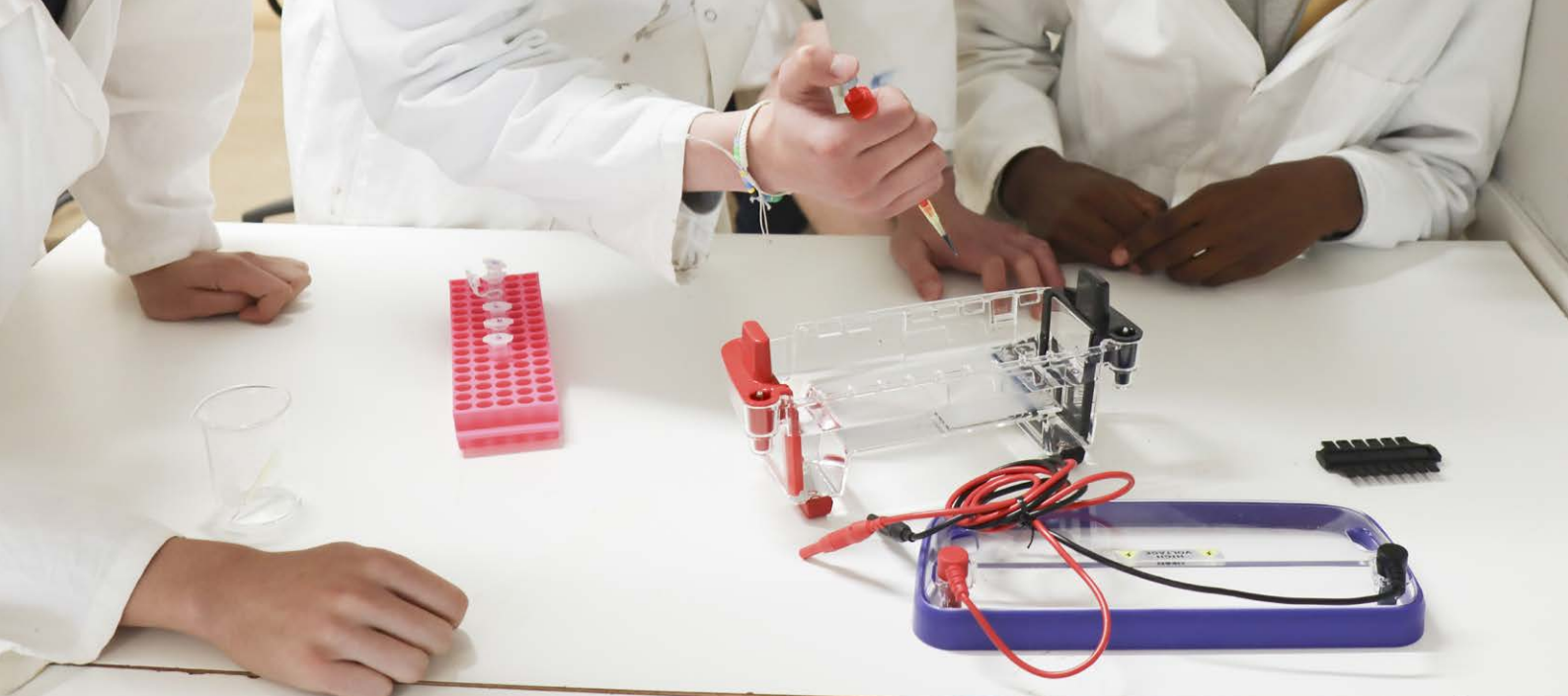


Källa: RCSB PDB of PDB ID 1J4N

Proteinbilderna här och på sidan 21 gjordes med hjälp av Mol* och kommer från RCSB.org.

Mol*: Sehna, D. m.fl. (2021). Mol* Viewer: modern web app for 3D visualization and analysis of large biomolecular structures. *Nucleic acids research*, 49(W1), W431–W437.

RCSB.org: Berman, H.M. m.fl. (2000). The Protein Data Bank. *Nucleic Acids Research* 28, s. 235–242.



Högstadiееlever pipetterar i samband med en gelelektroforeslaboration.

Gentekniklaboration

– Mord och främmande arter som kontext

Text: Mariette Bellqvist, biologilärare vid Centralskolan; Sara Fahlén, biologi- och kemilärare vid Örbyhus skola och Anna Nordström, biologi- och naturkunskapslärare vid Högbergsskolan, alla i Tierps kommun, samt Ammie Berglund, Bioresurs

Tillsammans med lärare i Tierps kommun har Bioresurs bidragit till att högstadiееlever och naturkunskapselever på gymnasiet numera integrerar en laboration på temat genteknik i sin undervisning.

Inom området genetik och genteknik är utbudet av laborationer på en lämplig nivå begränsat både för grundskolan och naturkunskapskurserna på gymnasiet. Därför startades ett samarbetsprojekt i syfte att utveckla undervisningen kring en laboration där eleverna använder gelelektrofores (se ruta på sidan 17).

Även om många biologilärare själva har provat på gelelektrofores är det en annan sak att planera och genomföra undervisning med elever. Många grundskolor saknar lämplig utrustning och lärare har begränsat med tid till för- och efterarbete för laborationer, vilket höjer tröskeln för att pröva ut och skapa rutiner för en ny laboration.

Syftet med samarbetsprojektet var att utveckla en lektionsserie kring en laboration med gelelektrofores, med visst stöd inledningsvis vad gäller utrustning och förberedelser. Målet var att eleverna skulle få utveckla

sin förmåga att söka svar på frågor genom systematiska undersökningar och öka sin förståelse för metoder och begrepp inom området genetik och genteknik.

Lektionsserien

För att sätta laborationen i ett sammanhang skapades olika fall, en mordgåta för högstadiet och ett problem rörande främmande arter för gymnasiet. En generell skiss över lektionernas innehåll visas i figuren på nästa sida och en utförlig lärarhandledning finns på Bioresurs webbplats. Ett stöd i arbetet med att få alla aktiviteter att hänga ihop har varit den didaktiska modellen Organiserande syften*.

* Organiserande syften är en didaktisk modell som tagits fram och utvecklats av forskare vid Stockholms universitet. Modellen beskrivs i Skolverkets Lärportal i artikeln *Från receptlaboration till naturvetenskapliga arbetsätt: larportalen.skolverket.se/api/resource/P03WCPLAR082983* (sidan 7–11)

Lektionen före

Fallbeskrivning presenteras och bearbetas
Begreppsförklaringar
Metodgenomgång
(PCR och gelelektrofores)

Laborationen

Träna på pipettering
Applicera prover på gel
Arbetsblad om hur gelelektrofores fungerar
Tolka resultat

Lektionen efter

Eventuellt ytterligare data bearbetas för att lösa problemet
Summering av fallet
Övning i problemlösning utifrån nya gelbilder
Utvärdering

Schematisk skiss över undervisningssekvenserna

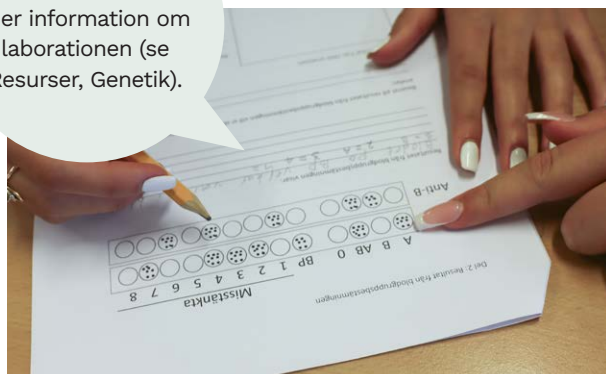
Fallbeskrivning högstadiet

Ett mord har skett! När eleverna kommer in i klassrummet är mordplatsen riggad i ett hörn. Läraren presenterar och sätter upp fotografier på de misstänkta på tavlan och länkar ihop deras kopplingar till mordoffret med streck á la "deckare på tv".

I ett dokument kallat polisrapport får eleverna sammanställa vad de fått veta inledningsvis. De får även resultat från en blodgruppsbestämning som har gjorts på alla misstänkta och på blod från brottsplatsen (se bild nedan). Utifrån denna kan eleverna dra slutsatsen att vissa individer kan uteslutas från utredningen. Dock kan ingen enskild misstänkt knytas till brottet utan man behöver gå vidare med en DNA-analys, som simuleras genom laborationen med gelelektrofores. Även en gelbild med bandmönster behöver analyseras innan fallet är löst. Efteråt får eleverna pröva sin förmåga att tolka gelbilder i tre nya fallbeskrivningar av olika karaktär (släktgåta, sjukdomsrisk och ytterligare ett kriminalfall).

För att kunna tillgodogöra sig undervisningen behöver eleverna ha viss kunskap om genetik, vilket gör det lämpligt att lägga denna undervisningssekvens efter eller i slutet av det arbetsområdet.

På Bioresurs webbplats finns mer information om laborationen (se Resurser, Genetik).



Elever analyserar resultatet från en blodgruppsbestämning av åtta misstänkta personer och jämför det med blodgruppen för det blod som hittats på brottsplatsen.

Fallbeskrivning gymnasiet

I kursen Naturkunskap 1B kopplas gentekniklaborationen till området *främmande arter* och projektet kan lämpligen genomföras i slutet av genetik- och genteknikavsnittet. Fallet utgår ifrån en nyhetsartikel om ett sjukdomsfall i anslutning till en badsjö. Som anställda på ett biotechföretag får eleverna i uppdrag av Länsstyrelsen att analysera DNA i insamlade vattenprover för att undersöka förekomst av en främmande, patogen mikroorganism i vattnet.

Som introduktion får eleverna genomföra en simulering som visar hur DNA rör sig i en gel. De får även göra en webbaserad laboration från Naturhistoriska riksmuseet (*DNA i miljöns tjänst*, se www.nrm.se/skola/lektionsmaterial), om insamling och analys av eDNA i syfte att undersöka förekomst av främmande arter i ett ekosystem.

Med hjälp av uppdragsbeskrivningen och en laborationshandledning samt en rapportmall får eleverna parvis genomföra gelelektrofores på okända vattenprover och jämföra dessa med referensprover. Eleverna sammanfattar sina resultat och sin analys i en fiktiv rapport till länsstyrelsen.

Laborationen

Laborationen inleds för både högstadiet och gymnasiet med att eleverna får träna på att pipettera på övningsgeler. När de fått in tekniken går de vidare och pipetterar sina prover på en riktig gel. Istället för DNA används blandningar av olika färgämnen. Därefter körs gelelektroforesen igång. Under väntetiden får eleverna jobba med ett arbetsblad med bildstöd och frågor för att öka förståelsen för vad som händer vid gelelektrofores. En utmaning är att förklaringsmodellen för gelelektrofores ges på en mikroskopisk skala (gelen består av ett nätverk av molekyler som gör att DNA-molekylerna bromsas), medan resultaten syns på makronivå (färgade områden, band, hamnar på olika ställen på gelen), se bilder på sidan 17.

Vad tycker eleverna?

Lektionsserien har utvärderats med en enkät efter genomförd undervisning både på högstadiet och gymnasiet. Vi har utgått från följande huvudfrågor:

- Hur fungerar mordgåta respektive främmande arter som kontext?
- Väcker undervisningen nya frågor?
- Vad lär sig eleverna?

För att få grepp om hur pass väl fallen med mordgåta respektive främmande arter fungerat ställde vi en frisvarsfråga om vad eleverna tyckte om laborationen. I en tematisk analys* av elevsvaren tolkade vi in tre övergripande teman som vi kallat "inställning", "innehåll" och "form". Majoriteten av både högstadie- och gymnasieelever uttryckte en positiv inställning (bra, kul, okej). Elever som motiverade sin positiva inställning nämnde att *innehållet* varit lärorikt, intressant, spännande, undersökande, klurigt med mera. Flera uppskattade undervisningens *form* (nytt, annorlunda men på ett bra sätt).

Vi frågade även om de hade föredragit någon annan typ av gåta. De flesta av högstadieeleverna tyckte mordgåtan var kul och intressant. En dryg tredjedel var också intresserade av att koppla labben till en släktskapsgåta. Även biologisk mångfald och livsmedelsfusk nämndes. I gymnasiegruppen uttryckte ungefär hälften ett intresse för en mordgåta och omkring en femtedel var intresserade av områdena släktskap respektive biologisk mångfald.

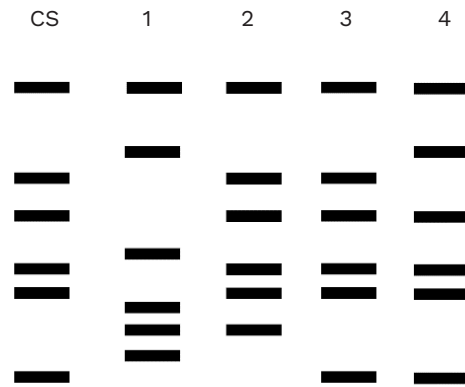
På en frisvarsfråga om vad eleverna vill veta mer om genteknik och varför, svarade ungefär hälften "vet ej" eller "inget" och några motiverade svaret med att de visste tillräckligt redan. Omkring en fjärdedel ville lära sig mer om grunder i genetik, andra ville istället lära sig mer om släktskap mellan människor och mellan djur och om hur olika gentekniska metoder fungerar.

På gymnasiet väcktes en diskussion om källkritik då fallet var fiktivt men platserna tycktes verkliga. Vissa elever började genast söka information om fallet på nätet när de såg artikeln. Arbetet med projektet gav många olika perspektiv med samhällskoppling. Såväl repetition kring invasiva arter som hälsoaspekter kring mikroorganismer samt miljöövervakning berördes.

Vad lär sig eleverna?

För att få en bild av i vilken mån eleverna förstått de lärandemål som sattes upp för undervisningen ställ-

* Tematisk analys beskrivs i ett videoklipp av NATDID: liu.se/forskning/natdid/fordjupa-dig-i-undervisning-pa-vetenskaplig-grund



DNA har säkrats från en brottsplats (crime scene, CS). Det finns fyra misstänkta personer i fallet. Alla får lämna in DNA-prover. Efter en analys av flera olika gener med PCR och gelelektrofores erhöles följande resultat, se ovan. Kan någon av de fyra misstänkta knytas till brottsplatsen och i så fall vem? Se svar i artikeltexten nedan.

des två faktafrågor och en frisvarsfråga. Majoriteten av eleverna svarade korrekt på frågan om vad som händer vid PCR genom att välja svarsalternativet: "Man får fler kopior av en speciell bit DNA". Eleverna visade även att de uppfattat att det är DNA som analyseras med gelelektrofores. Frisvarsfrågan handlade om att eleverna skulle tolka en gelbild för att lösa ett brott med hjälp av spår från en brottsplats (se bild ovan). Av totalt 72 elever gav 51 korrekt svar, att misstänkt 3 borde kunna knytas till brottsplatsen.

Slutsatser, lärdomar och utvecklingsområden

Utifrån resultaten av enkäten och våra lärararerfarenheter av lektionsserien är vårt övergripande intryck att både mordgåta och främmande arter fungerar väl som kontext för laborationen. Enkäterna och lärarnas observationer visar att lektionsserien väcker nya frågor och intresse hos eleverna, vilket ger möjligheter att knyta an till olika områden, exempelvis etik och samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll. En lärarreflektion är också att kontextens betydelse inte får underskattas. Eleverna går verkligen igång på en spännande historia, så ett tips är att lägga ner lite extra tid på historiens utformning och att hitta passande rekvisita. Det är belönande att höra eleverna diskutera fallet i korridorerna efter lektionen.

Intressant nog trodde vissa elever mer på sina egna idéer om vem som var skyldig utifrån den uppbyggda historien än på de data de fick fram under laborationen. Det visar att storyn engagerar och gör att eleverna lever sig in i berättelsen, men också att

det är viktigt att diskutera vilka data som går att lita på. Är tekniska bevis viktigast, eller någons upplevelser av situationen?

Vår studie visade att eleverna fick bättre förståelse för gelelektrofores, än för PCR-metoden. Gelelektrofores fick eleverna använda praktiskt, medan PCR enbart berördes teoretiskt. Detta indikerar att praktiska moment är viktigt för elevernas förståelse och lärande. I naturvetenskapliga ämnen är det av största vikt att eleverna får laborera och att det finns ändamålsenligt material tillgängligt.

Ett mål för projektet har varit att fler elever, lärare och skolor ska kunna erbjuda gentekniklaborationer. En viktig förutsättning för en långsiktig plan för arbetet i Tierps kommun har varit en investering i en "gentekniklåda". Lådan innehåller laborationsmaterial för övningspipettering, elektroforesapparater och material för att blanda till olika färgblandningar. För tillfället är det lärarna som varit involverade i projektet som ansvarar för bokning och underhåll av gentekniklådan. Andra lärare i kommunen som är intresserade av att använda den kommer att erbjudas att ta del av en kortare fortbildning.

En fortsättning på detta arbete skulle kunna vara att arbeta fram ännu fler fallbeskrivningar till laborationslådan, exempelvis ett fall om släktskap och ett fall om biologisk mångfald. Eftersom PCR inte genomförs praktiskt i själva laborationen skulle man också kunna se över möjligheten att införa någon form av simulering/övning. PCR som laboration lämpar sig bäst för eleverna på gymnasiet.

Projektsamarbetet mellan lärare på gymnasiet och högstadiet har gett insikter i skillnader och likheter mellan olika stadier och elevgrupper, gällande det övergripande syftet i undervisningen och den långsiktiga planeringen. Undervisningen på gymnasiet är mer nischad mot programmålen medan undervisningen på högstadiet har ett bredare syfte.

Enligt Skolforskningsinstitutets forskningsöversikt om laborationer* finns det tre olika huvudsyften för laborationer: att lära begrepp, utveckla förmåga till systematiska undersökningar och öka förståelsen för naturvetenskapens karaktär. Genom att bygga lektioner där flera olika aktiviteter hakar i varandra runt den praktiska laborationen med gelelektrofores finns goda möjligheter att arbeta mot alla dessa tre övergripande syften.

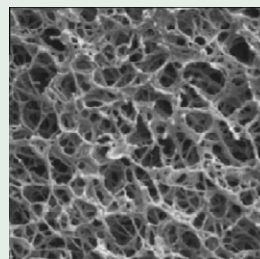
* Skolforskningsinstitutet. *Laborationer i naturvetenskapsundervisningen*. Systematisk översikt 2020:01. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN 978-91-985316-2-6. Finns som pdf på www.skolfi.se.

Gelelektrofores

Gelelektrofores har använts länge i många skolor. I artikeln *Laborera med enkla medel* i Bi-lagan nr 3 2011 beskrivs exempelvis hur karamellfärger kan användas för att skapa molekylblandningar till deckargåtor. Där beskrivs även hur man kan bygga enkla gelelektroforesapparater, men de har vissa begränsningar. Dels tar batterierna slut relativt fort, dels tar elektroforesen längre tid än med riktig utrustning.

Laborationen som beskrivs i den här artikeln har prövats ut med riktig utrustning, men vi höll fast vid idén att använda färgade molekyler och inte DNA. Då behöver inte gelerna färgas med DNA-bindande färgämnen, som är dyra och ibland ohälsosamma att arbeta med.

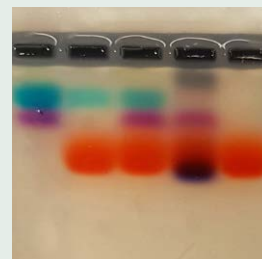
I korthet är gelelektrofores en separationsmetod för molekyler med olika laddning och storlek. Prover med molekyler av olika slag (DNA eller färgämnen till exempel) tillsätts till hål (brunnar) i ena änden av en gelplatta. Gelmaterialet är på mikroskopisk nivå som ett nätverk av trådar och håligheter (se bild nedan). Gelplattan läggs i ett kärl med en vätska (buffert) som leder ström. När spänningen kopplas på börjar negativt laddade molekyler vandra mot pluspolen (och tvärtom). Beroende på hur stora/långa eller små/korta molekylerna är bromsas de mer eller mindre av trådarna och håligheter i gelen. När strömmen stängs av kan resultatet av denna molekylvandring studeras. Om färglösa molekyler (som DNA) används måste man tillsätta färgämnen för att se var i gelplattan molekylerna hamnat. Om färgade molekyler (som färgämnen) används syns det direkt. Ett område i gelen där en viss storlek/längd på molekylerna hamnat kallas för ett band. Dessa är inte alltid så skarpa utan kan vara ganska suddiga (se bild nedan).



1 μ m

Till vänster: Mikroskopbild på en agarosgel.

Källa: Jayawardena, I. m.fl. (2023). Evaluation of techniques used for visualisation of hydrogel morphology and determination of pore size distributions. *Materials Advances*, 4, s. 669–682, CC BY-NC 3.0 (bilden är beskuren).



Till höger: Del av gel med fem brunnar (överst) och band från färgämnen som vandrat olika långt.

Epigenetik i skolan

– Hur sker meningsskapande med hjälp av representationer?

Hur resonerar elever i årskurs nio kring olika typer av bilder, visuella representationer, som berör epigenetik på olika organisationsnivåer? Detta har undersökts i två delstudier.

Text: Annika Thyberg, doktorand vid institutionen för miljö- och livsvetenskaper, Karlstads universitet, annika.thyberg@kau.se

Meningsskapande handlar om hur individer tolkar och organiserar tankar, känslor och handlingar genom livet – hur man utvecklar sin förståelse av världen. I två delstudier har högstadielärares meningsskapande av epigenetik med hjälp av olika bilder (visuella representationer) undersökts.

Att använda flera skilda representationer i undervisningen är värdefullt eftersom de erbjuder unik information var för sig, som tillsammans underlättar elevernas förståelse av begrepp. Representationer inom biologi kan beskrivas utifrån tre perspektiv: hur de presenteras (till exempel verkliga objekt, fotografier, animationer, grafer), vilken kunskap som förmedlas och vilken biologisk organisationsnivå representationerna tillhör.

Varje nivå har sitt specifika innehåll. Makronivå omfattar objekt som är synliga för blotta ögat, som vävnader och organ. Mikronivå handlar om sådant som kan ses med mikroskop, som celler och kromosomer.

Submikronivå omfattar strukturer såsom molekyler, till exempel DNA och proteiner. För att förklara epigenetiska fenomen behöver man röra sig från submikronivå (metylering av DNA) till mikronivå (effekt på celler och kromosomer) och makronivå (effekt på organ och hela kroppen).

Båda delstudierna bygger på data från fem gruppdiskussioner där elever i årskurs nio skapar mening kring epigenetik genom att peka på och resonera kring åtta visuella representationer på olika biologiska organisationsnivåer. Representationerna inkluderar både realistiska och symboliska bilder. Några exempel är illustrationer av metylgrupper och miljöfaktorer som påverkar metyleringsprocessen, fotografier som visar fenotypiska likheter och skillnader mellan genetiskt identiska individer samt bilder på kromosomer från genetiskt identiska individer som visar likheter och skillnader med avseende på epigenetiska markörer. På nästa sida visas bland annat kromosomer från två enäggtvillingpar, unga till vänster och äldre till höger.

På Bioresurs webbplats finns en övning om epigenetik som inspirerats av studien (se Resurser, Genetik).



Viktiga egenskaper

Resultaten från den första delstudien visar att eleverna använde flera olika sätt att länka samman biologiska organisationsnivåer i sitt meningsskapande av representationerna, se figur på nästa sida. Studien identifierade fem egenskaper som hjälpte eleverna med denna länkning:

- användning av flera representationer
- framträdande och lätt urskiljbara inslag (blå metylgrupper som binder till DNA)
- analoga symboler (on/off-switch, se nästa sida)
- vardagsnära och för elever lätt igenkännbara visuella element
- textbeskrivningar.

Jo-jo-resonerande

Resultaten från den andra delstudien visar att elevernas meningsskapande utvecklas över tid under gruppdiskussionerna, och att de går igenom fyra olika faser i sin meningsskapande process.

I fas 1 fokuserar eleverna på beskrivningar av visuella element i bilderna och försöker utveckla

funktionella beskrivningar: "Det är ju blåa saker där [pekar på metylgrupper] som påverkar vilka DNA-delar som ska stänga av sig [pekar på on/off-switchar]".

I fas 2 övergår eleverna till mer funktionella förklaringar genom att tillämpa och överföra vetenskapliga resonemang mellan olika visuella representationer på samma organisationsnivå.

I fas 3 sker huvudsakligen länkning mellan olika organisationsnivåer. Uppåtgående länkning ledde till tydligare kopplingar mellan form och funktion, och underlättade elevernas meningskapande i högre utsträckning än nedåtgående länkning.

I fas 4 växlar eleverna mer dynamiskt mellan nedåtgående

och uppåtgående länkning, vilket enligt litteraturen kan beskrivas som jo-jo-resonerande och är ett tecken på avancerat meningskapande (Knippels, 2002). Eleverna använder vetenskapliga resonemang för att koppla ihop olika representationer och länkar smidigt mellan organisationsnivåer (jämför med tidsnivådiagrammet nedan). Till exempel kunde eleverna peka på kromosomer från ett ungt tvillingpar (där de båda individernas epigenetiska mönstre liknar varandra) och sedan på kromosomer från ett äldre tvillingpar (med tydliga epigenetiska skillnader) och i samtal föra fram att de epigenetiska mönstren förändras under livets gång på grund av olika livsstil (se bild nedan).

Undervisningstips

Studien ger tre rekommendationer för undervisning i biologi med hjälp av olika typer av visuella representationer:

- Använd flera skilda representationer för att förklara vetenskapliga begrepp.
- Uppmuntra eleverna att länka ihop begrepp mellan olika organisationsnivåer.
- Identifiera vilken av de fyra progressionsfaserna eleverna befinner sig i och anpassa undervisningen för att erbjuda och upprätthålla stöd för elevernas meningskapande av visuella representationer.

Eleverna länkade samman biologiska organisationsnivåer i sitt meningskapande av representationer enligt följande mönster:

- horisontell länkning inom samma organisationsnivå
horisontella grå pilar
- vertikal länkning uppåt
röda pilar, +1 och +2
- vertikal länkning nedåt
svarta pilar, -1 och -2

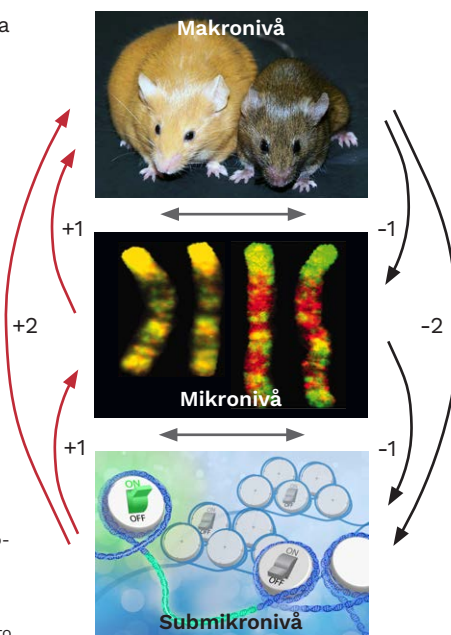
Bilderna förklaras i denna video:
www.pbslearningmedia.org/resource/biot09.sci.life.gen.epigenetics/epigenetics

Bildkällor

Mössen: Randy Jirtle and Dana Dolinoy, commons.wikimedia.org, CC BY 3.0

Kromosomerna: Fraga, M.F. m.fl. (2005). Epigenetic differences arise during the lifetime of monozygot twins, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 102 (30), s. 10604–10609. Copyright (2005) National Academy of Sciences, U.S.A.

Switch: Science History Images / Alamy Stock Photo



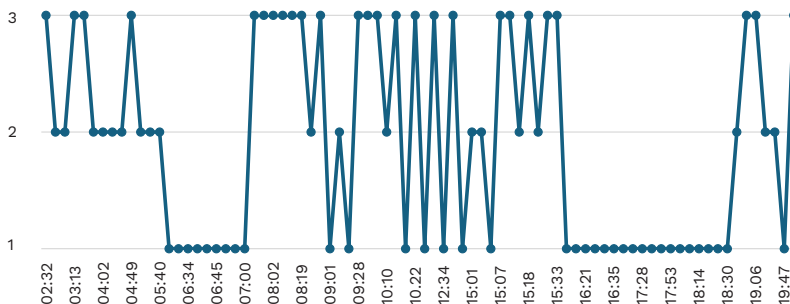
Information och referenser

Läs mer om Annika Thybergs forskning i hennes licenciatavhandling: *Students' meaning-making of epigenetic visual representations – An exploration within and between levels of biological organization* (Karlstads universitet, 2024), som finns på kau.diva-portal.org.

Jo-jo-tänkandet beskrivs i Marie-Christine Knippels avhandling: *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: The yo-yo learning and teaching strategy*. (Utrecht University, 2002), Utrecht University Repository, som kan nedladdas från dspace.library.uu.nl/handle/1874/219.

För fler referenser, kontakta Annika Thyberg.

Tidsnivådiagrammet visar hur eleverna länkade till olika organisationsnivåer under gruppdiskussionen. Varje prick representerar en pekning på en representation. Nivå 1 representerar submikronivå, nivå 2 mikronivå och nivå 3 makronivå. Tidpunkten för ett urval av pekningarna anges på x-axeln. Observationerna belyser den kronologiska utvecklingen av elevernas meningskapande under diskussionen.



Proteiner på ett nytt vis

– 3D-modellering och bioinformatik



Foto: Anders Blomqvist, Science on Stage SE

Muna Amanuel tilldelades utmärkelsen *The European STEM Teacher Award* under Science on Stage-festivalen i Finland 2024, för ett undervisningsmaterial som underlättar förståelse av proteiners struktur, med fokus på enzymet pepsin.

Text: Muna Amanuel, lärare vid ProCivitas Privata Gymnasium Stockholm, munamajid.amanuel@procivitas.se

Proteiner är livets byggstenar, de osynliga kuggghjul som får våra kroppar att fungera. I biologi- och kemiundervisningen är de centrala, men deras komplexitet gör det svårt för elever att greppa deras form och funktion fullt ut. För att väcka elevernas nyfikenhet och fördjupa förståelsen sökte jag efter sätt att berika deras fantasi, så att de kan föreställa sig vad som händer på molekylär nivå bortom två-dimensionella bilder. Detta ledde till starten av ett projekt som kom att utgöra den brygga mellan teori och verklighet jag letat efter. Dels skapade jag en tredimensionell proteinmodell som inte bara förklarar utan också låter eleverna hålla i och utforska ett protein, dels utvecklade jag en bioinformatikövning som en examinerande uppgift för en kurs vid Uppsala universitet våren 2023: "Bioinformatik i skolan för ämneslärare, 3 hp" (som Bioresurs står bakom).

Proteinmodellen representerar enzymet pepsin. Den fungerar som ett pedagogiskt verktyg som gör det lättare att förklara proteiners uppbyggnad och den komplexa vikningsprocessen (*protein folding*), från primär till kvartär struktur.

Modellen är byggd av enkla material som metalltråd, rörpärlor (sådana som används till pärlplattor),

magneter och en molekylmodellsats (för att bygga substrat samt inhibitor). Pärlorna representerar aminosyror och de olika färgerna deras kemiska egenskaper – för att skapa bättre förståelse för kopplingen mellan proteiners hydrofoba/hydrofila ytor. Pepsin är omgivet av vatten i magsäcken och har en övervägande hydrofil yta, medan de hydrofoba krafterna drar de opolära aminosyror mot proteinets inre.

I den bioinformatiska övningen får eleverna lära sig mer om pepsin via UniProt (*Universal Protein resource*) och PDB (*Protein Data Bank*), två centrala protein- och strukturdatabaser som är gratis att använda. Övningen är uppdelad i tre delar som får eleverna att upptäcka ett nytt sätt att studera proteiner samt bidrar till att befästa förståelsen av pepsins uppbyggnad och funktion.

Efter att ha arbetat med proteinmodellen och bioinformatikövningen har mina elever fått bygga egna fysiska modeller av proteiner med cirka 50–250 aminosyror (pärlor), till exempel insulin, HIV-1-proteas, lysozym och myoglobin. De har sedan fått titta närmare på proteinernas primära till kvartära struktur och fått försöka identifiera var den aktiva ytan finns och hur aminosyror är fördelade beroende på polaritet.

Proteinmodellen

Aktivering

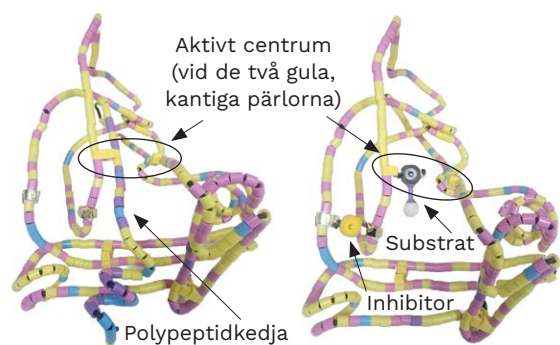
Modellen kan användas för att illustrera hur pepsinogen (pepsinets inaktiva tillstånd) aktiveras via en konformationsändring genom att en rörlig polypeptid, som blockerar den aktiva ytan i modellen, klyvs på grund av sänkt pH-värde i magsäcken.

Enzym-substratinteraktioner

Modellen visualiserar också enzym-substratinteraktioner, där magneter demonstrerar hur substratet binder till enzymets aktiva centrum, vilket leder till en subtil konformationsändring som är viktig för att reaktionen i den aktiva ytan ska kunna ske.

Inhibition

Modellen introducerar även begreppet inhibition, där magneter på ett allosteriskt bindningsställe visar hur en inhibitor kan påverka substratets bindning till den aktiva ytan. När en inhibitor binder, flyttar magneterna på den aktiva ytan sig bort från varandra, vilket försvagar substratets bindning.



Till vänster: Pepsinogen, den inaktiva formen av pepsin, med en polypeptidkedja som blockerar den aktiva ytan genom att binda till den ena av de två aminosyror där.

Till höger: Pepsin med en allosterisk inhibitor, som ökar avståndet mellan aminosyror i det aktiva centrumet. Detta gör interaktionen med substratet svag eller omöjlig. I modellen på bilden binder substratet endast till en av de två aminosyror i den aktiva ytan.

Science on Stage

Science on Stage (www.science-on-stage.eu) är ett nätverk där lärare från hela Europa utbyter undervisningsidéer inom STEM-ämnena (*science, technology, engineering, mathematics*). Vartannat år arrangeras en festival i ett av medlemsländerna och 2024 ägde den rum i Åbo, Finland, där jag deltog. Mitt projekt

Bioinformatikövningen

Del 1: Studera den primära strukturen

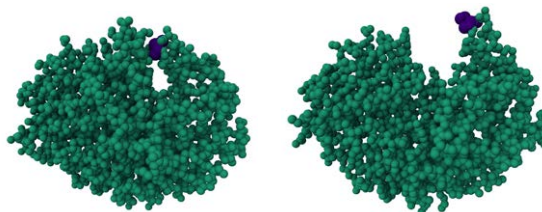
Eleverna får först undersöka pepsinets aminosyrasekvens på UniProt. Här kan de studera vilken gen som kodar för pepsin, på vilken kromosom den sitter samt hur många aminosyror proteinet består av.

Del 2: Analysera struktur och funktion

I nästa steg använder eleverna PDB för att jämföra pepsinets struktur i dess aktiva och inaktiva form genom att se hur proteinets aminosyror är ordnade och identifiera de segment av polypeptidkedjan som klyvs för att aktivera pepsin när pH-värdet i magsäcken sjunker. Denna del hjälper eleverna att förstå proteiners konformationsändringar och deras koppling till enzymaktivitet.

Del 3: Interaktion med substrat

Slutligen studerar eleverna hur pepsinets aktiva centrum binder ett substrat. Genom att titta på de bindningar som bildas mellan aminosyror i den aktiva ytan och substratet får de insikt i bindningarnas viktiga roll för de reaktioner som sker i den aktiva ytan. Vad händer om det skulle förekomma en mutation där eller om proteinet ändrar form?



Bilderna på pepsinogen (inaktivt protein) till vänster och pepsin (aktivt protein) till höger är skapade via PDB genom att ange "entry ID" 3PSG respektive 5PEP.
Källa: RCSB PDB of PDB ID 3PSG och 5PEP. Se även referens på sidan 13.

Undervisningsmaterialet (på engelska)

För beskrivning av hur proteinmodellen kan byggas samt instruktioner till bioinformatikövningen och annat undervisningsmaterial, besök webbplatsen sites.google.com/procivitas.se/the-protein-model.

väckte stort intresse, eftersom det gav lärarna enkla och konkreta verktyg i undervisningen om ett annars abstrakt ämne. Som en fin bekräftelse på projektets värde tilldelades jag utmärkelsen *The European STEM Teacher Award*. Det var en inspirerande upplevelse som gav ny energi och stärkte min övertygelse om hur viktigt det är för oss lärare att våga tänka nytt och konkretisera abstrakta processer för våra elever.

Fett – en klassfråga

Hur mycket fett bör vi äta och vilken typ av fett? Hur många dubbelbindningar fettsyror har – hur de klassificeras – spelar stor roll för hur fettet påverkar oss, inte minst vår lever. Här ges en inblick i hur fettintag och hälsa studeras.

Text: Fredrik Rosqvist, universitetslektor vid Institutionen för kostvetenskap vid Uppsala universitet, fredrik.rosqvist@uu.se

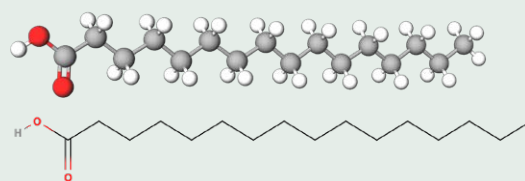
Lipider, det vill säga fett i vardagligt tal, är en mycket heterogen grupp av ämnen. Fett i maten består huvudsakligen av triglycerider, en glycerolmolekyl som bär tre stycken fettsyror. Dessa fettsyror karakteriseras bland annat utifrån sin mättnadsgrad, det vill säga hur många dubbelbindningar som finns i kolvätekedjan. Mättade fettsyror saknar dubbelbindningar, enkelomättade har en medan fleromättade har två eller fler (se exempel till höger). Antalet dubbelbindningar påverkar smältpunkten och avgör om fettet är fast eller flytande i rumstemperatur. Ju fler dubbelbindningar, desto lägre smältpunkt. Ett fett som är fast i rumstemperatur innehåller alltså en stor andel mättat fett. Denna klasstillhörighet är avgörande för vilken effekt fettet har på hälsan. Andra egenskaper som påverkar är kolvätekedjans längd, och för de omättade fettsyrorerna också dubbelbindningarnas antal, placering och konfiguration. Det är dubbelbindningarnas placering som ligger bakom den välkända benämningen av fettsyror som omega-3 och omega-6 (se rutor). Kombinationen av dessa karaktärsdrag ger upphov till en mängd olika fettsyror och således ett komplext landskap att navigera i gällande hälsoeffekter.

Studier av fettintag

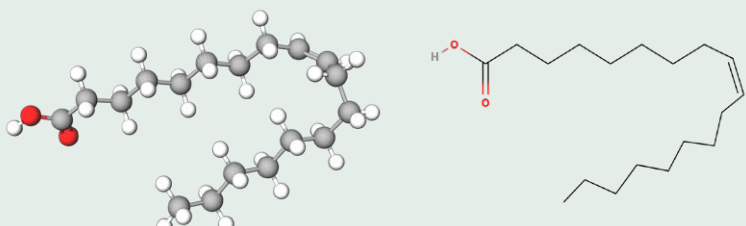
Sambandet mellan vårt intag av fett och olika hälsoparametrar har studerats under lång tid. Att studera nutrition och hälsa är dock mycket komplext, och kan göras på flera olika sätt. Ett vanligt sätt är *observationsstudier*, där en större

grupp individer får självrapportera vad och hur mycket de ätit under en viss tid genom att besvara olika frågeformulär varefter de "följs" i olika nationella register för att undersöka utveckling av sjukdom över tid. Styrkor med denna metod är att man kan studera många individer över lång tid, och således

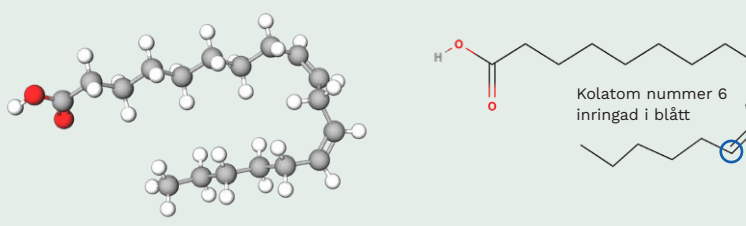
Fettsyror



Mättade fettsyror saknar dubbelbindningar i kolvätekedjan.
Exempel ovan: palmitinsyra (den vanligaste mättade fettsyran i komjölk)



Enkelomättade fettsyror har en dubbelbindning i kolvätekedjan.
Exempel ovan: oljesyra (finns i vegetabiliska oljor)



Fleromättade fettsyror har två eller flera dubbelbindningar i kolvätekedjan.
Exempel ovan: linsyra, omega-6-fettsyra (finns i vegetabiliska oljor)

Kolatombnummer 6 inringad i blått

studera sjukdomar som tar många år att utveckla. Nackdelar är att det är vanskligt att dra slutsatser om orsakssamband då det kan finnas förväxlingsfaktorer som stör samt att tillförlitligheten i självrapporterad kostdata kan vara otillräcklig.

Ett annat vanligt sätt är randomiserade *interventionsstudier*, där hälften av individerna i en mindre grupp får genomföra en förändring i sin kost under en kortare tid medan den andra hälften agerar kontroll. Med hjälp av fysiska undersökningar och blodprover före och efter kan man undersöka om kostförändringen hade någon effekt. Styrkor med denna metod är att förväxlingsfaktorer kan uteslutas, således kan orsakssamband fastställas. Nackdelar är kostnaden och att endast ett begränsat antal individer kan studeras under en begränsad tid. Detta innebär att

man i praktiken oftast bara kan studera riskfaktorer för sjukdom (till exempel kolesterolnivåer, blodtryck, blodsocker), snarare än sjukdomen i sig.

Biomarkörer

Användning av biomarkörer ger mer objektiv information än självrapporterad kostdata. Till exempel kan den relativa sammansättningen av fettsyror i blod eller vävnad användas som en biomarkör för både kostintag och vissa metabola processer. Denna mätning kan användas i observationsstudier för att studera sambandet mellan fettintag och hälsa men kan också användas som mått på följsamhet i interventionsstudier. Endast några få fettsyror fungerar dock som pålitliga biomarkörer för fettintag. De allra flesta fettsyror kan kroppen nämligen tillverka själv och man kan därför inte veta om en högre förekomst av dessa i blod eller vävnad beror på kosten eller den egna produktionen.

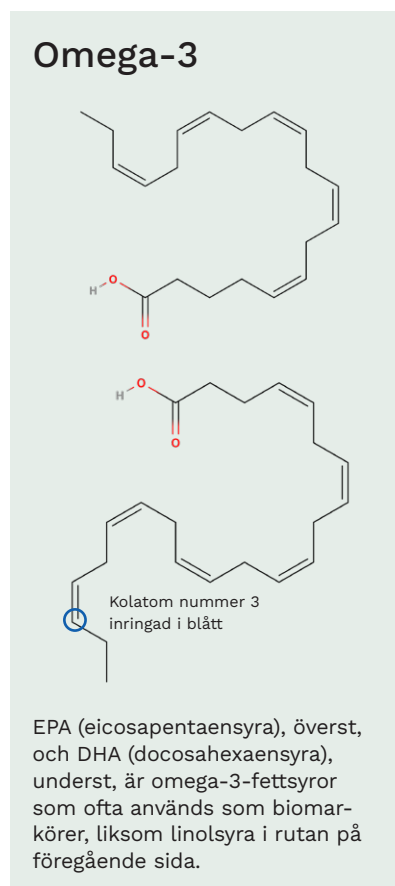
En god biomarkör för fettintag, som kroppen inte kan tillverka, är den essentiella fleromättade fettsyran linolsyra (omega-6, se föregående sida). Linolsyra är den främsta fleromättade fettsyran i kosten och förekommer rikligt i vegetabiliska oljor såsom solrosolja, sojabönolja och majsolja, men även i rapsolja. En högre proportion av linolsyra i blod eller vävnad är alltså en tydlig indikation på ett större intag av livsmedel innehållandes linolsyra.

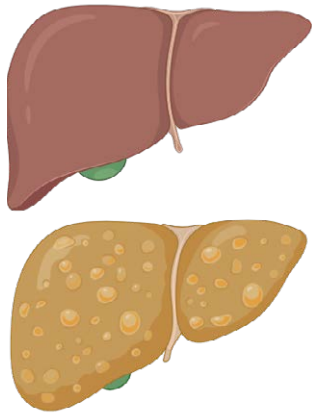
Två andra fettsyror som ofta används som biomarkörer för intag är EPA (eicosapentaensära) och DHA (docosahexaensära), långkedjiga omega-3-fettsyror som finns i fet fisk (se ruta till vänster). Dessa kan förvisso tillverkas endogent (det vill säga av kroppen), men inte i någon större utsträckning vilket gör att de ändå fungerar bra som biomarkörer.

Linolsyra, EPA och DHA kan med fördel användas som biomarkörer i kombination med självrapporterad kostdata, men kan även användas enskilt beroende på frågeställning. Sammansättningen av fettsyror i blod eller vävnad ger information om typen av fett i kosten ("kvaliteten"), men det finns ingen bra biomarkör som ger information om mängden fett i kosten (kvantiteten).

Råd om fettintag

Enligt de nordiska näringsrekommendationerna bör 25–40 procent av det totala energiintaget utgöras av fett (se referenser på sidan 24). Detta är ett brett spann och ger stort utrymme för individuella preferenser. Det är inte mängden fett i kosten som är det viktiga för hälsan, utan typen. Mättat fett bör utgöra mindre än 10 procent av energiintaget, fleromättat fett 5–10 procent och enkelomättat 10–20 procent. Ett viktigt skäl för detta är de olika effekterna som de olika fettklasserna har på våra blodfetter. Mättade fettsyror höjer nivån av LDL-kolesterol medan omättade fettsyror sänker nivån. LDL-kolesterol driver utvecklingen av åderförkalkning (ateroskleros), vilket är den underliggande orsaken till den främsta dödsorsaken: hjärt-kärlsjukdom (till exempel hjärtinfarkt). Att byta ut en del mättade fettsyror i kosten mot omättade, inte minst fleromättade omega-6 (linolsyra), minskar risken för hjärt-kärlsjukdom. Biomarkörstudier har visat att en högre andel linolsyra i blod eller vävnad, jämfört med en lägre andel, är kopplat till minskad risk för hjärt-kärlsjukdom. Kostens fettsammansättning kan även påverka hur mycket fett som lagras i levern.





En normal lever (överst) och en fettlever (underst). En fet lever påverkar vår hälsa negativt på flera sätt.

Källa: Skapad i Biorender. Berglund, A. (2024) biorender.com/v93b347

Fett i levern

Levern är central i vår ämnesomsättning och påverkar både blodsocker och blodfetter. Levern är således mycket viktig för vår hälsa. Levern omsätter mycket fett, men ska inte lagra några större mängder. Levern räknas som fet när den innehåller mer än cirka 5 procent fett. Att ha en fet lever är starkt sammankopplat med sämre reglering av blodsocker och blodfetter, samt ökad risk för typ 2-diabetes, hjärt-kärlsjukdom och allvarlig leversjukdom. Detta tillstånd är mycket vanligt och det uppskattas att cirka var tredje vuxen person på global nivå är drabbad. Hos grupper som redan utvecklat metabol sjukdom, till exempel typ 2-diabetes, kan förekomsten av fettlever vara cirka 65 procent. Den enskilt viktigaste bidragande orsaken bakom dessa höga siffror på befolkningsnivå är kroniskt för högt energiintag, det vill säga förekomsten av övervikt och obesitas. Det mest effektiva sättet att tömma levern på fett är genom viktminskning, det vill säga minskat energiintag. Effekten av viktminskning är kraftfull, mängden fett i levern kan halveras på

bara några veckor förutsatt att energiintaget är tillräckligt lågt.

Men det är inte bara det totala energiintaget som avgör hur mycket fett som ansamlas i levern, även kostens sammansättning spelar stor roll. En viktig faktor är just kostens fettsammansättning, där mättat fett (från till exempel smör, grädde och palmolja) leder till en ökad inlagring av leverfett medan fleromättat fett (från till exempel solrosolja) istället kan minska mängden leverfett, oberoende av förändringar i kroppsvikt. Dessa olikartade effekter har till och med visats under inducerad viktuppgång (medvetet ökat energiintag), där en kost rik på fleromättat fett kan motverka inlagring av leverfett, jämfört med mättat fett. Resultaten från dessa kontrollerade interventionsstudier har stöd i större observationsstudier där man använt biomarkörer och sett att en högre andel fleromättat fett i blodet är kopplat till lägre risk för fettlever. Även andra komponenter i kosten kan påverka, och ofta lyfts socker upp som den stora boven. Det verkar dock som att sockrets negativa effekter på leverfett till stor del kan tillskrivas det ökade energiintaget, snarare än själva sockret i sig. Studier som gjort en direkt jämförelse mellan socker och mättat fett (vid samma energiintag) har visat att mättat fett har större negativ påverkan än socker när det gäller leverfett. De underliggande mekanismerna som förklarar de markant olikartade effekterna av mättat och fleromättat fett på mängden leverfett är ofullständigt kartlagda och sannolikt är det en kombination av flera olika mekanismer. En sannolik delförklaring är att möjligheten att använda de olika fettyperna som energi skiljer sig åt. Det har nämligen visats vid upprepade tillfällen att fleromät-

tat fett oxideras till energi snabbare än vad mättat fett gör.

Mer fleromättat

Enligt den senaste nationella matvaneundersökningen (Riksmaten) hos vuxna utgjorde mättat fett 13,1 procent av det totala energiintaget och fleromättat fett 5,1 procent. Som nämndes tidigare bör mindre än 10 procent av det totala energiintaget utgöras av mättat fett, medan 5–10 procent bör komma från fleromättat fett. Det finns alltså gott om utrymme att öka intaget av fleromättat fett på bekostnad av mättat fett utan att nödvändigtvis påverka energiintaget. Detta utbyte kan förväntas ha en gynnsam inverkan inte bara på leverns hälsa utan även på kolesterolnivåerna och risken för hjärt-kärlsjukdom.



Foto: pixabay.com

Referenser

- Blomhoff, R. AR. m.fl. (2023). *Nordic Nutrition Recommendations 2023*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
- Retterstøl, K., Rosqvist, F. (2024). Fat and fatty acids – a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food Nutr Res.* 68.
- För fler referenser, kontakta Fredrik Rosqvist.

Boffning

– Ovanligt men mycket farligt berusningsätt

Text: Erik Lindeman, överläkare på Giftinformationscentralen, erik.lindeman@gic.se

Inandning av drivgas i berusningssyfte, kallat ”boffning”, kan leda till allvarliga hjärtarytmier med risk för dödlig utgång redan första gången man provar. I dagsläget är boffning inte utbrett bland barn och unga och allmänna informationskampanjer och uppmärksamhet i media riskerar att göra mer skada än nytta. Däremot är det viktigt att vuxna ingriper med riktade insatser om man misstänker att boffning förekommer.

Vad är boffning?

Man kan berusa sig genom att andas in gaserna butan och isobutan, enkla kolväten som förekommer i sprayer som torrschampo, doftspray och deodoranter. Gaserna fungerar som drivmedel för sprayerna. När man trycker på munstycket öppnas förbindelsen mellan den trycksatta flaskans inre och omvärlden och när gasen strömmar ut bär den med sig ett finfördelat moln av flaskans övriga innehåll (parfym, talk och så vidare). Vid normalanvändning av produkterna finns ingen risk för att gaserna ska ha någon rusframkallande eller toxisk effekt på kroppen. För att få en berusningseffekt måste man aktivt andas djupa andetag av ren gas ur en påse, vilket alltså brukar kallas att ”boffa”.

Förr och nu

Vid en enkätundersökning av mönstrandes drogvänor 1974 svarade nästan en fjärdedel av de tillfrågade att de någon gång be-

rusat sig genom att andas in ångor från flyktiga lösningsmedel*. Man brukar i Sverige kalla inandning av ångor i berusningssyfte ”sniffning”, medan inandning av gaser kallas ”boffning”. Tekniskt sett hade de mönstrande på 1970-talet alltså sniffat, men ur kemisk-farmakologisk synvinkel är distinktionen inte viktig. Rekryternas sniffningserfarenheter stämde väl överens med skolungdomars vid samma tid: 27 procent av pojkarna och 16 procent av flickorna i nionde klass uppgav att de hade provat att sniffa. Idag är situationen dramatiskt annorlunda, men man kan ändå haja till över att så många som 4 procent av niondeklassarna fortfarande uppgav att de provat att sniffa eller boffa. Det är dock troligt att bara en bråkdel av de som svarar så faktiskt gjort det som enkätfrågan avser. När eleverna ges utrymme att berätta vad de sniffat eller boffat svarar många ”weed”, ”luktsnus” eller till

*Flyktiga lösningsmedel är fettlösliga vätskor som lätt förångas, till exempel nagellackborttagningsmedlet aceton, som lyckligtvis är väldigt lågpotent som berusningsmedel.

och med ”kanel”. Majoriteten svarar ”lim”. Det är visserligen samma produktkategori som låg bakom mycket av sniffandet på 1970-talet, men de lim som idag förekommer som hushållsprodukter får sedan många år inte innehålla några av de ämnen som gjorde det möjligt att bli berusad genom limsniffning för femtio år sedan (till exempel toluen och trikloretylen). Den som sniffar ett lim köpt inom EU idag drabbas på sin höjd av lite huvudvärk.

Det finns dock elever som i enkäterna uppger att de provat att boffa sprayer, men det mesta tyder på att det är väldigt ovanligt och boffning verkar idag ligga bortom gränsen för vad de allra flesta ungdomar ser som lockande eller ens socialt acceptabelt.

Potentiellt livsfarligt

I april 2023 avled en 14-årig flicka på en skoltoalett i Luleå efter att ha boffat torrschampo. Man hade redan tidigare under våren förstätt att elever på skolan ägnade sig åt att boffa, eftersom man hit-





Tomma torrschampoflaskor som använts för boffning, på en gata utanför en högstadieskola i Edinburgh. Boffning har länge varit mycket vanligare i Storbritannien än i Sverige och leder till tiotals dödsfall bland barn och ungdomar varje år, medan dödsfall till följd boffning i Sverige är väldigt ovanligt.

tat stora mängder tomma sprayflaskor och begagnade plastpåsar i papperskorgarna på toaletterna i skolbiblioteket.

Giftinformationscentralen kontaktas flera gånger om året om liknande lokala "utbrott" av boffning från olika delar av landet. Ibland ringer akutsjukvården när något barn blivit dåligt; ibland är det föräldrar, skolsjukvård, socialtjänst eller media som blivit varse att boffning förekommer på orten. Ofta gäller det en mindre kamratgrupp där man fått upp ögonen för att det går att berusa sig med innehållet i sprayflaskor. Åldern på de boffande barnen är som regel låg; yngre högstadieelever (som i Luleå) är typiskt, men boffning förekommer även på mellanstadiet. Dödsfall inträffar lyckligtvis väldigt sällan i Sverige och enligt data från Rättsmedicinalverket har bara ett enda annat dödsfall (förutom Luleåflickans) inträffat sedan 2010.

Men det är viktigt att inse att *dödsfallen är få just för att berusningsmetoden är så pass ovanlig*. Erfarenheter från Storbritannien visar hur illa det kan bli om boffningsprevalensen ökar. I slutet av 1980-talet började var och varannan kiosk där sälja billig butangas i påfyllningsflaskor för exklusiva cigarettändare, och boffning av tändargas blev på bara några år väldigt vanligt förekommande. Under

de värsta boffningsåren 1988–92 dog i genomsnitt två barn i veckan och man uppskattar att hela tjugo procent dog första gången de provade. Dessa hemska siffror har sedan minskat efter att man infört restriktioner för hur tändargas får säljas, men med drygt 20 dödsfall om året har britterna fortfarande en mycket högre boffningsdödlighet än vi har i Sverige.

Varför så farligt?

Många enkla och halogenerade kolväten (kolväten som innehåller atomer ur gruppen halogener i det periodiska systemet, ofta klor eller fluor) har en rusframkallande eller rent av sövande effekt. Vanlig alkohol (etanol, C_2H_5OH) är ett exempel, om än med relativt låg potens. Ångorna från eter ($(CH_3CH_2)_2O$) och kloroform ($CHCl_3$) är exempel på betydligt kraftfullare substanser som båda använts som rusmedel, men som framför allt är bekanta som klassiska narkosmedel. Vi vet fortfarande inte riktigt hur dessa enkla molekyler verkar på nervsystemet, men det är tydligt att ju mer fettlösliga de är desto kraftfullare effekt har de (se diagram). Det är detta märkliga samband som förklarar varför så många vardagskemikalier (som vi till exempel använder för att förtunna oljefärg eller som lösningsmedel för här-

dare i klister) också kan användas för att åstadkomma berusning.

Vissa av lösnings-/narkosmedlen som beskrivs i diagrammet på nästa sida har inte bara effekt på nervsystemet, utan kan också påverka den elektriska impulsöverföringen i hjärtat, något som kan få katastrofala konsekvenser. Under andra hälften av 1800-talet, i anestesins barndom, ansåg många att kloroform var det perfekta narkosmedlet – det luktade angenämt, hade snabb och kraftfull effekt och exploderade inte (till skillnad från eter) även om man opererade i skenet från fotogenlampor. Men i början av 1900-talet tvingades alla till slut inse att kloroform var så pass livsfarligt att det inte gick att försvara dess vidare användning. Tusentals unga och friska människor hade vid det laget avlidit i en form av plötslig död som fått namnet "kloroform-synkope", ofta i samband med förhållandevis enkla kirurgiska ingrepp (till exempel en tandextraktion). På 1910-talet kunde man demonstrera i djurförsök att kloroformsövning i kombination med injektion av stresshormonet adrenalin ledde till uppkomst av en dödlig kaotisk elektrisk aktivitet i hjärtat: ventrikelflimmer, som man nu kunde visualisera med den nyuppfunna EKG-maskinen.

Eter, det andra stora narkosmedlet i anestesis tidiga historia, visade sig helt sakna denna hjärttoxiska effekt, liksom moderna narkosmedel (till exempel sevofluran), som är utvecklade med eter som "kemisk förebild".

Även ämnena som används för berusning är olika riskfyllda, när det gäller effekterna på hjärtat. Toluen, som på 1970-talet fanns i klister och "thinner", framkallar kraftig berusning redan vid väldigt låga koncentrationer i inandningsluften och är farligt för hälsan på många sätt, men det

ger inte upphov till ventrikelflimmer. Boffningsgaserna butan och isobutan däremot, de tillhör de farligaste ämnen vi känner till i det avseendet och det plötsliga hjärtstillestånd som på 1800-talet kallades "kloroformsynkope" har idag fått namnet "sudden sniffing death syndrome", men borde kallas "plötslig boffningsdöd".

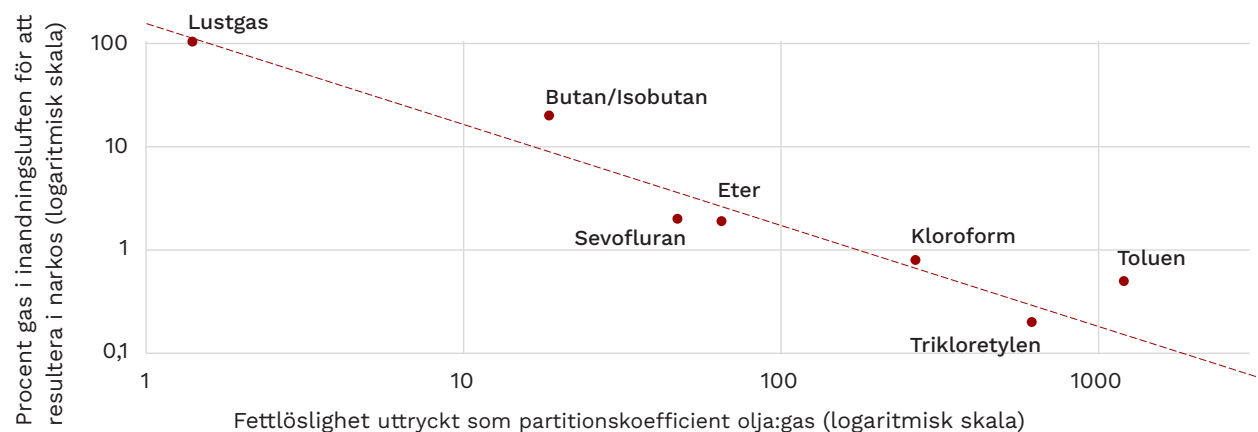
Rikta insatserna

Boffning innebär risk för plötslig död varje gång man provar och är därför mycket farligare än alla andra berusningsmetoder som barn på mellanstadiet och högstadiet kan tänkas experimentera med.

Trots att tillgängligheten av och populariteten hos sprayprodukter av olika slag är större än någonsin bland ungdomar, så är förekomsten av boffning av allt att döma låg eller mycket låg. Det är inte svårt att föreställa sig att en ökad medial uppmärksamhet kring boffning, eller informationskampanjer via skolan riktade till barn och unga i vilka man varnar för boffning, skulle kunna leda till att *fler* barn och ungdomar provar att boffa – tvärt emot insatsens avsikt. Vi har sett en antydning till detta fenomen, eftersom samtalen till Giftinformationscentralen om boffning ökade under månaderna efter det medialt uppmärksammade tragiska

dödsfallet i Luleå 2023. Vi på Giftinformationscentralen tror att det i dagsläget är en bättre strategi att sprida information om riskerna med boffning till vuxensamhället. Vuxna måste förstå att man behöver ingripa riktat, snabbt och med alla till buds stående medel när man misstänker att boffning börjat förekomma hos enskilda barn eller i form av lokala utbrott. Om vuxenvärlden bara är medveten om vilken dödlig risk varje berusning innebär för barnet är vi övertygade om att man snabbt kommer att kunna mobilisera de resurser som behövs, utifrån de unika förutsättningar som råder i varje fall, för att stoppa boffandet.

Ämnens narkosframkallande förmåga enligt Meyer-Overtonregeln



Grafen visar hur mycket av respektive gas/ånga som behöver tillföras via inandningsluften för att åstadkomma narkos.

- **Lustgas** har låg potens och kan inte ge så djup medvetslöshet att det kan kallas narkos ens när det tillförs i halter som innebär risk för kvävningdöd (över 80 procent).
- **Eter** och **kloroform** är mycket mera potenta och leder till djup medvetslöshet när de tillförs i halter om 2,5 respektive 0,8 procent av inandningsluften.
- Lösningssmedlen **toluén** och **trikloretylen**, som sniffades på 1970-talet, är också mycket potenta och behöver bara tillföras inandningsluften i några tiondels procentandelar för att ge en kraftig effekt.
- **Butan** och **isobutan**, gaserna som boffas, är mindre potenta och ger upphov till narkos när de tillförs inandningsluften i halter om 20–40 procent.

Den exakta verkningsmekanismen som förklarar hur alla dessa ämnen ger upphov till berusning/narkos är inte klarlagd. Det är troligt att samtliga ämnen påverkar membranspännande jonkanaler i centrala nervsystemet (GABA- och NMDA-receptorer) på en plats i den mest vattenavvisande (hydrofoba) delen av cellmembranet. Det är därför ämnena i figuren är mer potenta ju mer fettlösliga de är (uttryckt som partitionskoefficient olja:gas – det vill säga förhållandet mellan hur mycket av ämnet som löser sig i olja och hur mycket som stannar i gasfas vid jämvikt). Fenomenet kallas Meyer-Overtonregeln efter dess (två) upptäckare.

Risken för att ett lösningssmedel ska orsaka hjärtarytmier följer inte Meyer-Overtonregeln. Av ämnena i diagrammet medför boffningssubstanserna **butan** och **isobutan** samt **kloroform** och **trikloretylen** (kallat "TRI") en påtaglig risk för hjärtstillestånd, medan till exempel **lustgas**, **sevofluran** och **eter** helt saknar denna toxiska effekt.

Avsändare och retur:

Nationellt resurscentrum för biologiundervisning, Box 592, 751 24 Uppsala

Aktiviteter i vår

Ett urval – se mer på Bioesurs webbplats.

30 januari: Zooma med Bioesurs. Gy25 och samtal om läromedel i biologi

Februari–mars: Webbinarieserien *Hållbar påverkan på sjöar och hav*, se nedan

20 mars: *Systematiska undersökningar i NO*, i Svedala, för lärare i åk 7–9 med Bioesurs, KRC och NRCF

8, 15, och 21 maj: Kurs för lärare i åk F–6, se nedan

16–17 juni: Systematiska undersökningar i NO med fältstudier för lärare i åk 7–9, se nedan

Bioesurs planerar flera fortbildningar om fältundervisning i år. Läs mer i rutan bredvid!



Hållbar påverkan på sjöar och hav

I denna webinariserie bidrar forskare med en aktuell bild av ekosystemens status i Sveriges sjöar och hav. Webbinarierna ges av Bioesurs i samarbete med SLU och kommer särskilt ta upp frågor om restaurering – vilka åtgärder kan förbättra tillståndet? Och hur vet vi att det vi gör har avsedd effekt? Tre digitala träffar planeras under februari–mars. Håll utkik på Bioesurs webbplats (Fortbildningar).

Läsårskalender i nästa nummer

Har du saknat läsårskalendern som tidigare gavs ut av Bioesurs? I år kommer den tillfälligt tillbaka! Bi-lagan nr 2 2025 kommer att innehålla både en läsårskalender och ett flertal artiklar i vanligt format.

Prenumerera på Bi-lagan

Är du inte prenumerant? Teckna en gratis prenumeration på Bioesurs webbplats: www.bioesurs.uu.se/publikationer/prenumerationsanmalan

Bioesurs nyhetsbrev

Vill du få aktuell information om biologi och biologiundervisning via e-post ungefär en gång i månaden? Anmäl dig till Bioesurs nyhetsbrev: www.bioesurs.uu.se/nyhetsbrevsanmalan

Bioesurs på Facebook

www.facebook.com/bioesurs.uu.se

Fortbildningar i Uppsala

I Bioesurs enkät till lärare om önskemål om fortbildningar hamnade fältundervisning i topp. Därför satsar vi extra på detta område 2025. För mer information och anmälan, se Bioesurs webbplats (Fortbildningar).

Åk F–6: Naturupplevelser – bränsle för nyfikenhet i NO-undervisningen

Fortbildningen består av en kortare digital träff på eftermiddagen den **8 maj**, en fältkursdag i Hammarskog (Uppsala) den **15 maj** och en digital träff den **21 maj**. Genomförs i samarbete med Upplandsstiftelsen och Uppsala Naturskola.

Åk 7–9: Systematiska undersökningar i NO med fältstudier

Tillsammans med resurscentrum i kemi (KRC) och fysik (NRCF) erbjuder vi en tvådagarskurs den **16–17 juni** i samarbete med SLU i Uppsala. Förutom att pröva på bedömningsstöden för laborationer som tagits fram på uppdrag av Skolverket blir det fokus på fältundervisning. Forskare vid SLU visar hur metoder från kemi, fysik och biologi används i miljöövervakning.

Gymnasiet: Fältundersökningar och miljöövervakning

I början av september planeras två kursdagar fyllda med teori och praktik om undersökningar i skog och kring vatten, i samarbete med SLU. Metoder för inventering och kartering varvas med didaktiska perspektiv på att jobba med elever i fält. Vi bearbetar data, lyssnar på föreläsning om miljöövervakning och utbyter erfarenheter om framgångsfaktorer och fallor kopplade till fältundervisning.