



Foto: Wikimedia Commons

Att inSe – Om visualisering i biologi- undervisningen

Text: Lena Tibell, Gunnar Höst,
Konrad Schönborn och Gustav Bohlin
Linköpings universitet

I takt med en ökad tillgång till bilder och andra visualiseringar i skolan så ökar även behovet av forskning kring hur elever använder dem. Visualiseringar är ett kraftfullt hjälpmedel i biologi men lärare bör vara uppmärksamma på fallgropar, menar forskare vid Linköpings universitet.



Figur 1. En illustration ur Comenius Orbis Pictus (engelsk version från 1727); The Outward and Inward Senses. Den förklarande texten på latin kompletterades i den här versionen med engelsk text. Vi beskrivs ha fem utåtriktade sinnen (ögat, örat, näsan, tungan och handen), tre inåtvända sinnen (sunda förnuftet, fantasin och minnet) och i övrigt bestod sinnet av sömn.

Det är svårt att tänka sig att undervisa i biologi utan bilder. Biologiböcker innehåller mängder av illustrationer för att visualisera, ”göra synligt”, olika fenomen. Förutom stillbilder som fotografier och förenklade illustrationer kan vi använda rörliga bilder; animationer och videofilmer som verktyg i undervisningen. Visualiseringar är effektiva och stimulerande hjälpmedel för att underlätta lärande men det krävs en genomtänkt planering av läraren för att nå önskad effekt.

Över 50% av hjärnan är aktiv i tolkning av synintryck. Det är då lätt att förstå varför lärande med hjälp av visuella verktyg är effektivt. Men denna fördel är samtidigt en svaghet. Om en bild misstolkats kan det vara svårt att omtolka den. Risken finns att det är den första, felaktiga, tolkningen som fastnar i minnet. För att kommunicera just det man vill gäller det att hitta en lämplig visualisering och att hjälpa de lärande att tolka den.

När man väljer bilder och animationer ska man tänka på hur visualiseringen fungerar utifrån elevernas olika förkunskaper och förmågor. Är man medveten om möjliga misstolkningar kan man anpassa undervisningen. Ett bra sätt att arbeta med visualiseringar i undervisningen är att kritiskt diskutera dem tillsammans med eleverna. Du får en känsla för elevernas förkunskaper, deras förmåga att tolka bilder och kan upptäcka och utmana eventuella misstolkningar.

Historisk tillbakablick

Bilden som kommunikationsmedel är nog lika gammal som det talade språket. Hällristningar och upp till 40 000 år gamla grottmålningar i Frankrike och Namibia vittnar om det. Den tidiga människans teckningar utvecklades via förenklade symboler till olika skriftspråk. När skriftspråken allt mer kom att dominera kommunikationen av kunskap fick bilden en mer undanskymd plats. Comenius pläderade på 1600-talet för bildens återupprättelse som undervisningsverktyg. Hans *Orbis Pictus* var en illustrerad lärobok som blev populär i Europa och Nordamerika (Figur 1).

Avtryck av Comenius pedagogik syns genom historien, från de gamla skolplanscherorna till den växande användningen av bildmaterial i läroböcker och undervisningsfilmer. Inom biologigämnet har illustrationen redan från början haft en central plats. Linné och hans lärjungar var skickliga tecknare. De tidiga medicinska studierna av människans inre illustrerades ofta av kända konstnärer. I och med de nya digitala mediernas snabba utveckling och datorernas allt högre prestanda har visualiseringen inom de biologiska vetenskaperna fått en ökad betydelse inom både undervisning och forskning. Idag är man helt beroende av bilder för analys och kommunikation.

“Bilder säger mer än tusen ord” – men hur ska de tolkas?

Visualiseringar i form av bilder kan vara allt ifrån grafer till förstoringar eller direkta avbildningar. En del bilder är tänkta att på ett realistiskt sätt efterlikna det som representeras medan andra är gjorda som schematiska förklaringar, se figur 5.

När en visualisering av något i den molekylära världen skapas så är det inte samma sak som att, som i mikroskopet, enbart förstora något. I samband med att bilden eller animationen skapas måste fenomenet göras om till något som vi kan känna igen. I dessa bilder som skapas finns mer eller mindre godtyckliga val som färgsättning eller symboler. Symbolerna har ofta en innebörd genom någon form av överenskommen regel snarare än att de liknar det som representeras. Exempel på detta är färgsättningen av atomer i molekylbilder och bilder av proteiner.

Det är med andra ord viktigt att tänka på att en visualisering är en modell av ett fenomen, det är inte själva fenomenet. En visualisering kan bara illustrera en begränsad mängd aspekter av fenomenet. En visualisering som illustrerar translationen (Figur 2) kan till exempel inte visa alla

“Visual literacy” - visuell kompetens

En engelsklärare som hör ordet “literacy” associerar nog till “verbal literacy” och att det handlar om att läsa och skriva text. En matematiklärare kanske istället kopplar ordet till “numerical literacy” och förmågan att tolka och använda siffror. “Visual literacy” handlar om förmågan att läsa, tolka, förstå och konstruera visuell information. Men väldigt sällan talar nog biologilärare om “visual literacy” - visuell kompetens. Är inte det konstigt med tanke på att kommunikation av biologisk vetenskap så mycket bygger på den visuella formen? En väl utvecklad visuell läsförmåga är verkligen en av de viktigaste ingredienserna i konstruktionen av meningsfull biologisk kunskap.

Sammanfattningsvis – hur påverkar visualisering undervisning och lärande?

Vi har idag tillgång till mängder av visualiseringar i form av animationer, interaktiva simuleringar, pedagogiska datorspel och “appar” för smartphones. Uttrycket “The visual turn” har använts för att beskriva de nya mediernas effekt på dagens kultur och man har frågat sig om detta kommer förändra våra läromedel. En relevant fråga inte minst för biologigämnet.

Det vi vill lyfta fram är att valet av visualisering, sammanhanget den presenteras i, och den guidning som ges vid undervisningstillfället är helt avgörande för resultatet. Så trots att dagens unga generation är en “visuell generation”, ska lärare inte ta för givet att elever automatiskt förstår visualiseringar. Flera länder har infört träning av elevers visuella kompetens i läroplanen. Kanske skulle det vara värdefullt även för elever i de svenska klassrummen?

Visuell kompetens i biologi

Visuell kompetens inom biologigämnet omfattar flera olika förmågor (“visual literacy skills”). Man ska kunna:

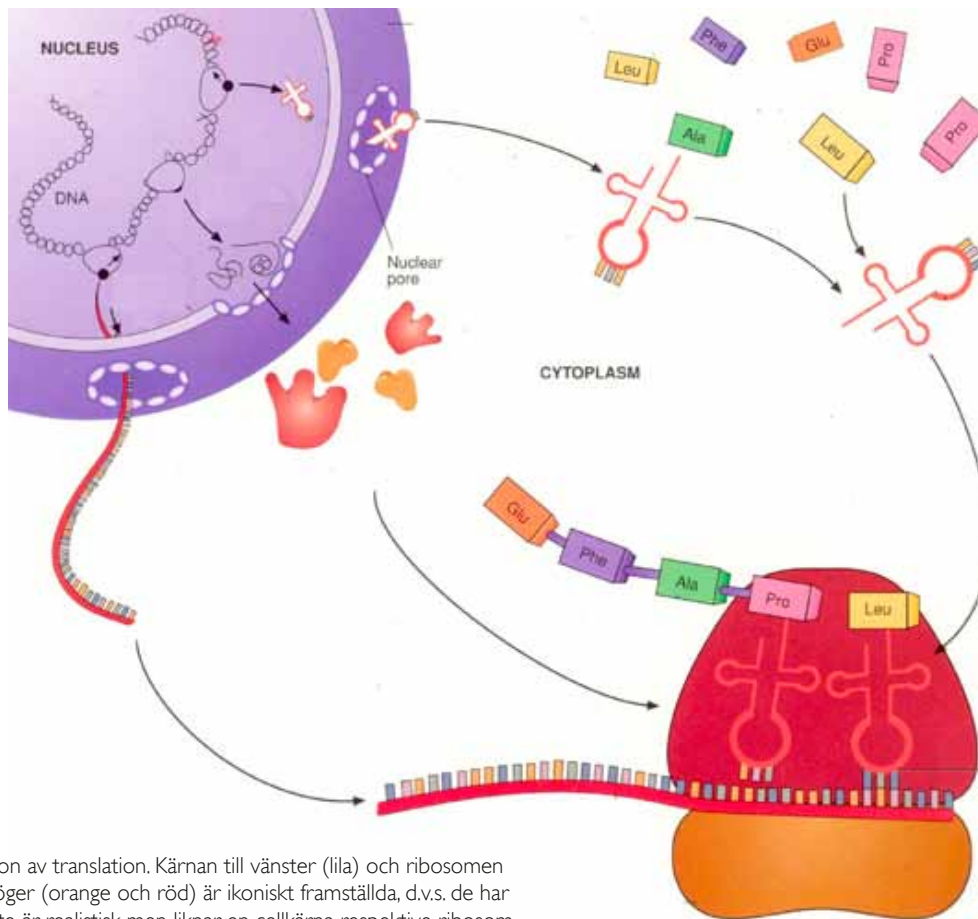
- o Förstå olika symboler och koder som används i biologiska bilder.
- o Koppla och integrera kunskap på olika nivåer av biologisk organisation.
- o Tolka olika former av visualisering av samma biologiska innehåll på samma strukturella nivå.
- o Konstruera egna visualiseringar för att lösa biologiska uppgifter.
- o Använda det visuella språk som krävs för att kommunicera biologiska begrepp.
- o Bedöma gränser och styrkor hos en biologisk visualisering.
- o Förstå vilken biologisk kunskap en visualisering “visar” och “inte visar”.

Biologilärare kan hjälpa elever behärska dessa “visual literacy skills” genom att själva vara medvetna om dem och genom att träna förmågorna som en del av klassrumsundervisningen.

Länktips

www.lenatibell.se/Lena_Tibell/Lena_Tibell.html. Under fliken Resources hittar du ett rikt länkarkiv till bra visuella resurser. Ett urval av dessa finns även med på Bioresurs hemsida.

www.visualiseringscenter.se
Besök Visualiseringscenter C på webben dygnet runt och i verkligheten när du är i Norrköping!



Figur 2. Illustration av translation. Kärnan till vänster (lila) och ribosomen längst ned till höger (orange och röd) är ikoniskt framställda, d.v.s. de har en form som inte är realistisk men liknar en cellkärna respektive ribosom. De små boxarna längst upp till höger utgör symboler av aminosyror och spiralerna i kärnan symboliserar DNA. De mer oregelbundna röda och orangea formerna snett under kärnan motsvarar de stora och små subenheterna som kombineras till ribosomer. De har en mer realistisk form än den stora ribosomen. Pilarna i figuren visar varifrån de olika komponenterna kommer som samverkar i processen. tRNA-molekylerna har en ikonisk form men antikodonen som består av tre kvävebaser är symboliskt illustrerade med olika färger. Illustration: Carl-Johan Rundgren.

vattenmolekyler, för då skulle inte ribosomen synas. Liksom alla modeller har visualiseringar sina begränsningar i vad de kan visa och inte visa.

Komplexa bilder ställer krav på tolkningsförmåga

Inte sällan blandas olika sätt att representera i en och samma visualisering. Ett exempel på detta är en illustration av hur aminosyror sätts samman till proteiner genom translation (Figur 2). Syftet med bilden är att klargöra en komplicerad process med många inblandade komponenter som alla är svåra att avbilda. Med hjälp av förenklade bilder och symboler där centrala komponenter är förstörade vill man alltså förklara men samtidigt ger bildspråket upphov till stora risker för missförstånd.

För det första är skalan och proportionerna mellan olika delar inte alls realistiska i denna illustration (Figur 2). Illustratören tycks ha varit inriktad på att ge en känsla av perspektiv (den

stora ribosomen ligger närmare betraktaren). Men det kräver att betraktaren förstår det och har förmåga att mentalt omvandla den tvådimensionella bilden till en tredimensionell. Annars kan man lätt tro att ribosomerna är mycket stora. I bilden är dessutom mRNA-molekylerna alldeles för stora i förhållande till ribosomen. I bilden visas olika typer av RNA (mRNA, rRNA och tRNA) på helt olika sätt: med olika storlek, färg och form. Detta kan skapa stor förvirring – hur kan RNA vara så olika? Här är det viktigt att läraren kan förklara att alla tre är RNA-molekyler som i grunden har en liknande byggnad men att man valt att rita dem olika för att lyfta fram att RNA-molekylerna kan ha olika tredimensionella former beroende på hur RNA-kedjorna veckas samman och att den skillnaden i struktur gör att de sedan får olika funktioner.

Bildtexternas betydelse

För att sätta in en bild eller annan visualisering i ett sammanhang och även för att göra informationen i bilden möjlig att tolka behövs en kompletterande text eller berättelse. När vi beskriver den cellulära och molekylära världen lånar vi ofta vardagliga ord som normalt beskriver den värld vi kan uppfatta med våra sinnen. ►

Många visualiseringar beskrivs med bildliga metaforer. Proteinsyntesen återges ofta som en välordnad löpande band-process inte helt olik "tomtarnas julverkstad". Virus beskrivs som om de aktivt och avsiktligt "söker" tills de hittar sina "målceller". Processer i cellerna beskrivs som "molekylära maskiner". Avsikten som är att ge betraktaren en referens för att bidra till en förståelse av hur processen fungerar är god, men det kan leda till misstolkningar.

Dynamiska processer utmanar

Många fenomen inom biologin är exempel på dynamiska processer som sker i tre dimensioner. I och med att sådana processer ofta visualiseras med bilder på en boksida eller en skärm så måste betraktaren/eleven själv "översätta" den till tre dimensioner och inse tidsdimensionen. Detta är något som kräver en väl utvecklad förmåga att tänka rumsligt – en förmåga som skiljer sig starkt åt mellan olika individer. Problemet med att förstå dynamiska processer som illustreras med stillbilder är väldokumenterat.

Med modern digital teknik kan man illustrera biologiska processer med dynamiska visualiseringar så som animationer (rörliga bilder) och simuleringar både i två och tre dimensioner (3D). De här hjälpmedlen hjälper många till att bättre förstå hur exempelvis processer i celler fungerar. Men även här finns svårigheter att ta hänsyn till. Om animationen är komplex, går för fort eller inte går att styra för användaren är risken stor att den kognitiva utmaningen blir för stor och att användaren inte hinner följa centrala detaljer. De bästa animationerna och simuleringarna är de där användaren kan styra och interagera med det som visas. Att själv ha möjlighet att spela upp, repetera och kanske påverka hastigheten i en animation kan vara tillräckligt. Interaktiva simuleringar har också visat sig vara oerhört effektiva för att underlätta problemlösning och förståelse av komplexa samband. Ett väldigt konkret sätt att interagera är att använda sig av fysiska 3D-modeller.

Fysisk 3D-modell av virusskal

I vardagen är vi vana vid att människor är inblandade när något byggs ihop. Därför ligger det nära till hands att anta att det finns något motsvarande, till exempel specialiserade enzymer, som sköter det molekylära byggandet. Sanningen är att byggstenarna i de allra flesta fall sätter ihop sig själva. Detta kallas "self-assembly". Men hur går det till?

Vi har undersökt hur man kan använda en fysisk modell av ett virusskal för att förstå detta (se www.itn.liu.se, sök på "An interactive physical model of self-assembly"). Den fysiska modellen si-

mulerar self-assembly genom att en burk med 12 magnetförsedda bitar av viruskalet skakas runt. Allteftersom bitarna av en slump hamnar så att magneterna håller dem samman växer det färdiga viruskalet fram. Den interaktiva aktiviteten låter de lärande testa sina idéer allteftersom de resonerar kring hur self-assembly fungerar. Resultaten visar att den fysiska modellen underlättar för de lärande att förstå hur slumpen kan bidra till att skapa ordning på den molekylära nivån.

Animationer, interaktiva simuleringar och pedagogiska datorspel kan på samma sätt som bilder misstolkas på grund av orealistiska proportioner mellan olika delar och svårtolkade former och färger. Här följer några exempel.

Hur tolkar elever och studenter bilder – exempel från forskning

Förenklade bilder och bildliga metaforer är ofta effektiva men kan leda till tolkningsproblem. Det finns en del forskning om hur visualiseringar uppfattas men det fattas kunskaper, speciellt vad gäller datorbaserad visualisering.

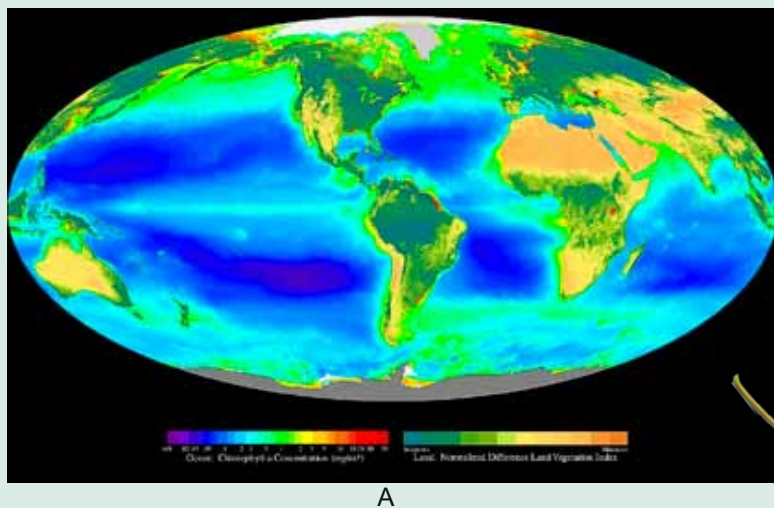
Förmågan att tolka visualiseringar är helt beroende av förkunskaper. Forskning har exempelvis visat att nybörjare inom cell- och molekylärbiologi har svårare att tolka förenklade bilder jämfört med experter. Men det är inte bara biologiska förkunskaper som har betydelse. Kännedom om det visuella språk som används, s.k. "visual literacy" är lika viktigt (se faktaruta).

Elever tolkar ofta förenklade bilder bokstavigt som om de var realistiska avbildningar eller förstoringar av fenomen. Ett enkelt schema över reaktionerna i glykolysen och citronsyracykeln är ett bra exempel. Vår forskning har visat att förstaårsstudenter kan tolka det som att metaboliterna faktiskt rör sig längs med glykolysens reaktionskedja i en ström i cytoplasman eller virvlar genom citronsyracykeln i mitokondriens matrix. Vissa tolkade schemat felaktigt som att det är olika organ i magen som utför olika delar av reaktionskedjorna.

Hur tolkar elever animationer – exempel från forskning

Vår forskargrupp har undersökt hur gymnasieelever och förstaårsstudenter tolkar två animationer som visar olika typer av transport över biologiska membran. Resultaten visar att studenterna genom dessa animationer får insikter som majoriteten av dem inte tidigare haft.

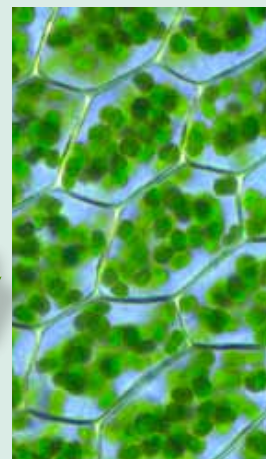
Den ena animationen visar hur protongradienten över mitokondriens innermembran driver syntes av ATP (se figur 3 nästa sida). Eleverna blir medvetna om att protontransporten är kopplad till strukturförändringar i ►



A



B



C

Foto: Kristian Peters - Fabeltröh

Figur 5. Visuella verktyg för att illustrera fotosyntes: A) En sammansatt bild av satellitdata över primärproduktion via fotosyntes i olika delar av världen. B) Foton av blad från ek, asp och björk i montage. C) Foto av celler med kloroplaster i ett bladlevermossblad taget i ljusmikroskop. Bilderna A, och C hämtade från Wikimedia Commons.

ATP-syntas. Men ATP-syntesanimationen förvirrade studenterna som misstolkade användandet av ett bildspråk som leder deras tankar till en turbin i ett vattenkraftverk. Det gör att de drar slutsatsen att reaktionen (som i princip är reversibel) bara kan gå åt ena hållet – mot ATP-syntes.

Den andra animationen visar hur vatten transporteras genom membranproteinet aquaporin (figur 4). Många blir förvånade över slumpmässigheten i rörelsen av vattenmolekylerna i aquaporinanimationen och att vattenmolekylerna inte trillar genom proteinet som slantar ned i en spargris. En annan observation är att studenterna, utifrån sin förkunskap, fyller i sådant som inte är illustrerat. Eleverna utgår

exempelvis från att aquaporin sitter i ett membran även om detta inte finns avbildat.

I aquaporinanimationen har en av vattenmolekylerna färgats gul för att man ska kunna följa den i den slumpvisa dynamiska processen med mängder av annars likadana vattenmolekyler. Detta förvirrade flera av eleverna, som tolkade den gula vattenmolekylen som en svavelmolekyl, eftersom svavelatomer enligt konvention brukar ges gul färg.

Flera bilder av samma sak – en fråga om perspektiv!

Det är välkänt att många elever har svårt att koppla samman fenomen på olika organisatoriska nivåer. Det vi kan uppfatta med sinnena kan exempelvis vara svårt att koppla till förklaringar på cellnivå.

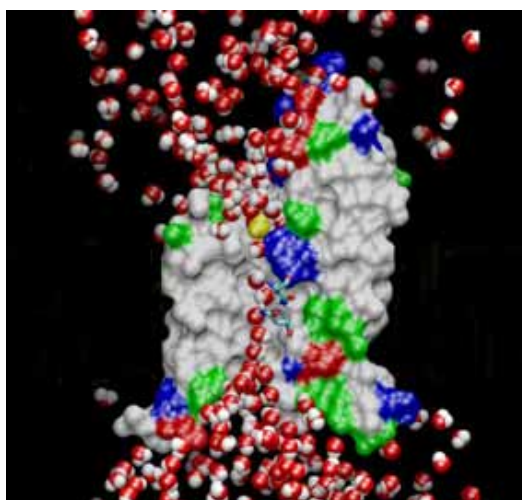
Ett vanligt visuellt grepp för att visa hur ett fenomen tar sig uttryck på olika organisatoriska nivåer är att använda flera olika typer av visualiseringar av samma fenomen intill varandra. Ett exempel på detta är fotosyntesen, där man kanske vill koppla landecosystemens primärproduktion och skogens tillväxt till de proteiner som är involverade i fotosyntesens ljus- och mörkerreaktioner (Figur 5).

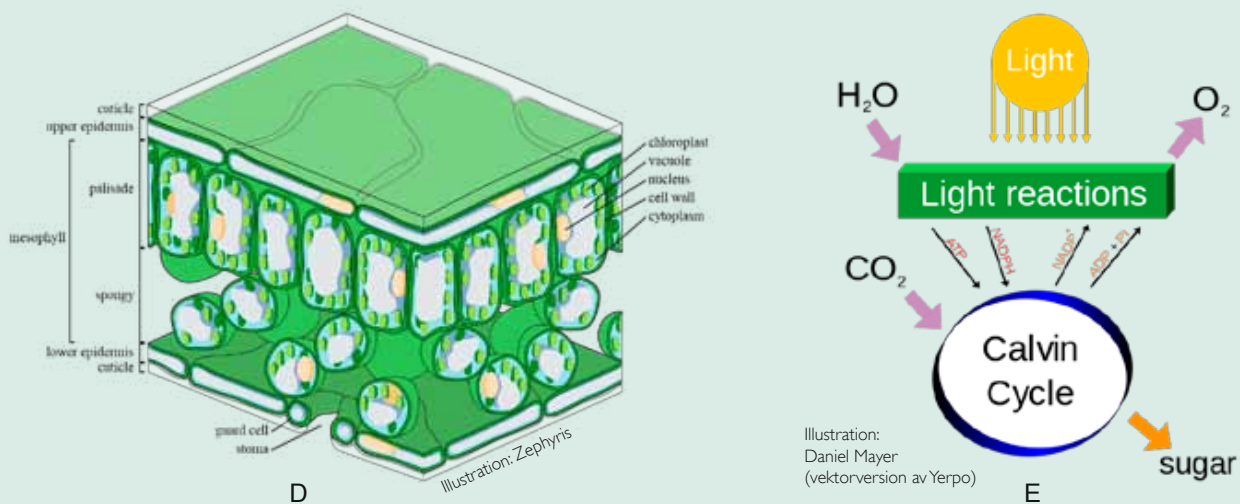
När man på det här sättet använder flera bilder för att visa ett fenomen på olika skalor ska man tänka på att det kan vara svårt för eleven att förstå kopplingarna mellan illustrationerna. Det behövs stöd i tolkningarna för att kunna koppla ihop både när det gäller förflyttningen i skala mot molekylnivån liksom förflyttningen till globala aspekter kopplade till ekologi, kretslopp eller evolution. Genom att aktivt jobba med att diskutera bilder och relationen mellan bilder i klassrummet kan du som lärare hjälpa eleverna att öka både sin förståelse av ämnesinnehållet och sin förståelse av hur bilder i biologi ska tolkas.

Figur 3. Bild från animation av ATP-syntas. Se youtube.com, sök på ATP synthase animation. Ljusa prickar i övre delen symboliserar protoner. Den röda komponenten börjar rotera vid inflöde av protoner.

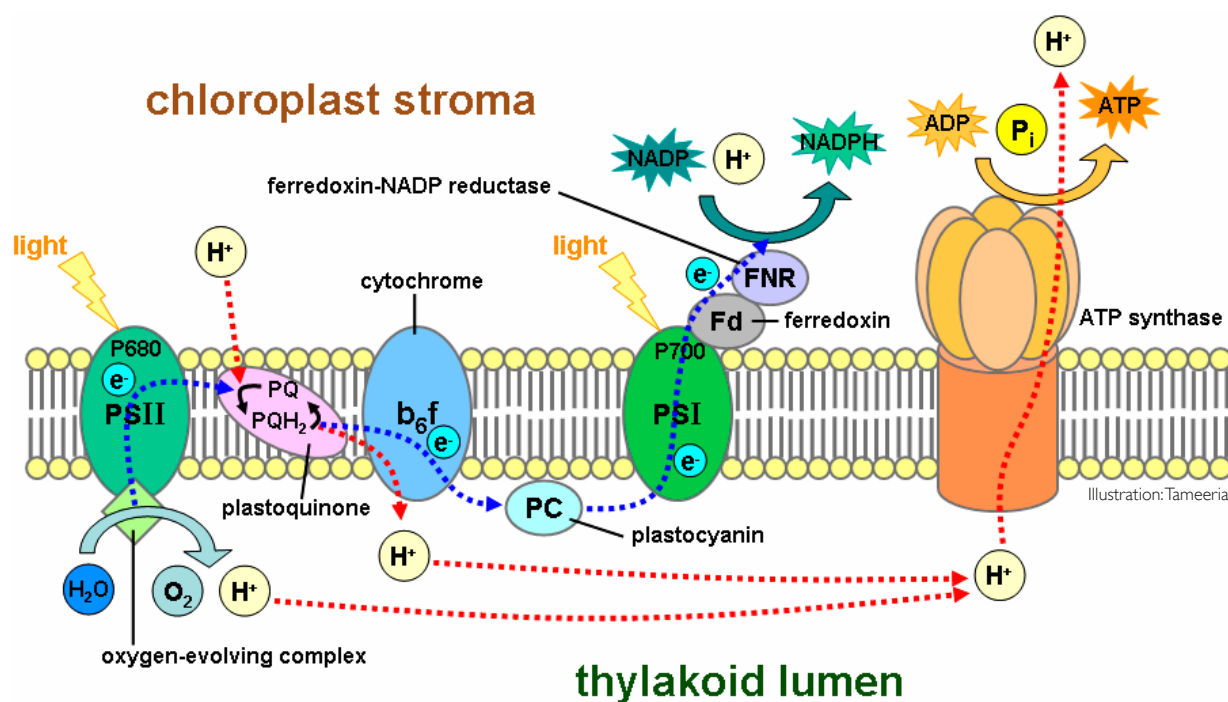


Figur 4. Bild från animationen som visar hur vattenmolekyler transporteras genom membranproteinet aquaporin. Se www.nobelprize.org, sök på animation water channel.





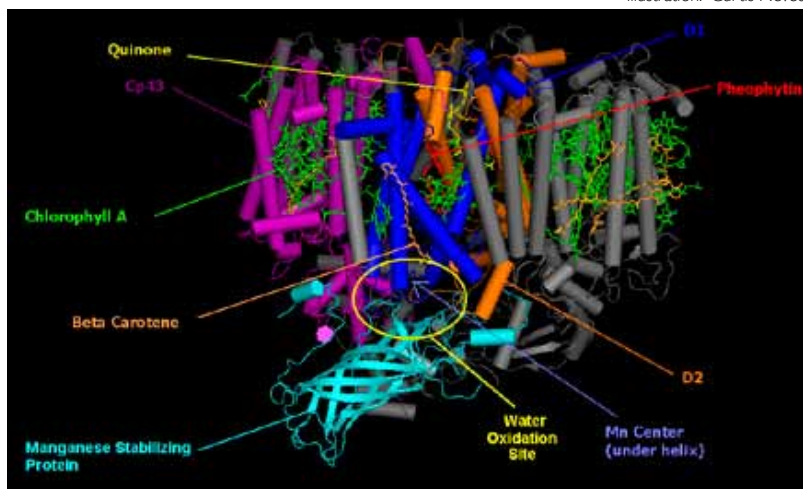
Figur 5. Visuella verktyg för att illustrera fotosyntes (forts.): D) Schematisk illustration av celltyper i ett blad i genomskärning. E) Översiktssbild över in- och utflöde i/ur fotosyntesen. F) Illustration av vad som händer i thylakoidmembranet i kloroplasten (ljusreaktionen). G) proteinstruktur fotosystem II i Cyanobacteria (monomer). Bilderna hämtade från Wikimedia Commons.



Presentation av författarna

Lena Tibell, Gunnar Höst, Konrad Schönborn och Gustav Bolin är alla verksamma inom forskargruppen Visuellt lärande och kommunikation på Linköpings universitet.

Forskargruppens inriktning är att studera lärande med hjälp av visualiseringar, främst visualiseringar av "osynliga" begrepp och processer inom molekylär livsvetenskap. Forsknings- och utvecklingsprojekten stöds av medel från Vetenskapsrådet och Wallenbergsstiftelserna och med ett rikt internationellt samarbete.



F

G