

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

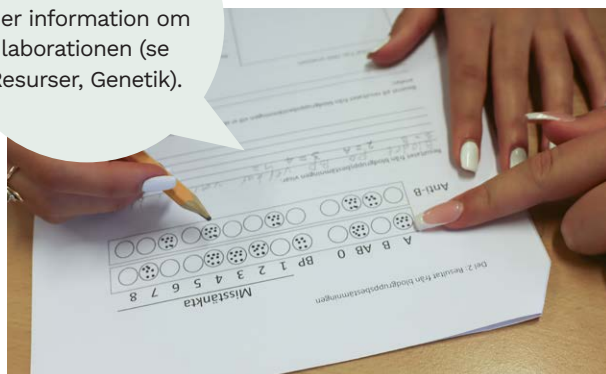
Fallbeskrivning högstadiet

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.

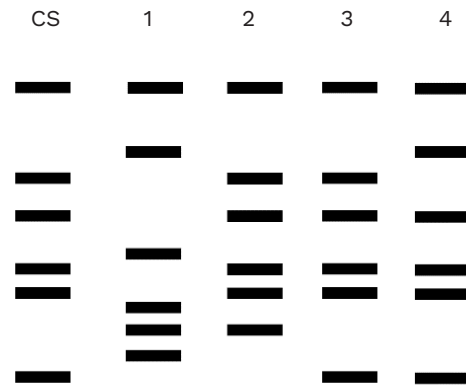
På en frisvarsfråga om vad eleverna vill veta mer om genteknik och varför, svarade ungefär hälften "vet ej" eller "inget" och några motiverade svaret med att de visste tillräckligt redan. Omkring en fjärdedel ville lära sig mer om grunder i genetik, andra ville istället lära sig mer om släktskap mellan 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 lärar erfarenheter 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 upp-diktade 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.

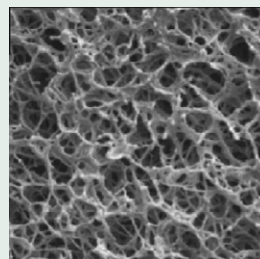
* Skolforskningsinstitutet. *Laborationer i naturvetenskapsundervisningen*. Systematisk översikt 2020:01. Solna: Skolforskningsinstitutet. ISBN 978-91-985316-2-6. Finns som pdf på www.skolfi.se.

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.

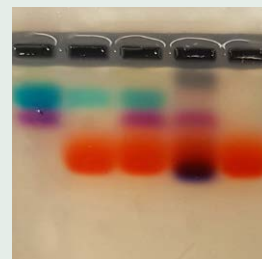
I korthet är gelelektrofores en separationsmetod för molekyler med olika laddning och storlek. Prover med molekyler av olika slag (DNA eller färgämnen till exempel) tillsätts till hål (brunnar) i ena änden av en gelplatta. Gelmaterialet är på mikroskopisk nivå som ett nätverk av trådar och håligheter (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 molekyler 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 molekyler hamnat. Om färgade molekyler (som färgämnen) används syns det direkt. Ett område i gelen där en viss storlek/längd på molekyler hamnat kallas för ett band. Dessa är inte alltid så skarpa utan kan vara ganska suddiga (se bild nedan).



1 μm

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.