

Vem är mördaren?

Utveckling av en laboration i kriminalteknik med DNA-sekvensering på Vetenskapens Hus

My Makrigianni Sköld

Institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik

Självständigt arbete i naturvetenskapsämnenas didaktik med inriktning mot biologi inom ämneslärarprogrammet, UM9103, 30 hp

Naturvetenskapsämnenas didaktik

Ämneslärarprogrammet i matematik, naturvetenskapliga ämnen och teknik, 300 hp

Vårterminen 2019

Handledare: Jesús Piqueras

Examinator: Helena Danielsson Thorell

English title: The development of a laboratory in forensics with DNA sequencing at House of Science



Stockholms
universitet

Vem är mördaren?

Utveckling av en laboration i kriminalteknik med DNA-sekvensering på Vetenskapens Hus

My Makrigianni Sköld

Sammanfattning

Denna studie syftar till att utveckla ett skolprogram i kriminalteknik med DNA-sekvensering på Vetenskapens Hus i Stockholm med en uppföljningslektion i skolan. Vetenskapens Hus är ett science center som erbjuder olika skolprogram i de naturvetenskapliga ämnena, ofta i form av avancerade laborationer som leds av universitetsstudenter. I studien beskrivs hur en uppföljningslektion utvecklades utifrån laborationens med syfte att fördjupa elevers förståelse om biotekniken i DNA-sekvensering. I studien deltog en gymnasieklass, som gick sista året på det Naturvetenskapliga programmet. I ett första steg undersöktes vilka svårigheter eleverna mötte under laborationen. Utifrån analysen från laborationen utvecklades, tillsammans med klassens lärare, en uppföljningslektion där man gick igenom laborationens instruktion. Därefter studerades vilka frågor eleverna tog upp under uppföljningslektionen. Data består av inspelade elevsamtal under laborationen och uppföljningslektionen. Samtalen analyserades med praktisk epistemologisk analys. Som tidigare studier, visar vår undersökning vikten av efterföljande aktiviteter för att förstärka elevers lärande i miljöer utanför skolan. Vidare diskuteras förslag på utvecklingsmöjligheter av detta skolprogram, Kriminalteknik med DNA-sekvensering.

Nyckelord

science center, uppföljningslektion, informell lärandemiljö, laborativt arbete, Vetenskapens Hus, Praktisk Epistemologisk Analys

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Inledning	1
Laborationer i naturvetenskaplig undervisning	1
Laborationers syften	2
Undervisning i informella lärandemiljöer	3
Syfte och frågeställningar	4
Metod	5
Pilotstudie	5
Datainsamling och urval	5
Beskrivning av laborationen Kriminalteknik med DNA-sekvensering	6
Beskrivning av uppföljningslektionen	8
Databearbetning och analysmetod	9
Etiska principer	10
Resultat	11
Svårigheter under laborationen	12
Öva på att pipettera	12
Provbearbetning	14
Elevens analys av resultat	16
Diskussion i uppföljningslektionen	19
Diskussion och slutsats	24
Referenser	29
Bilaga 1	31

Inledning

Denna studie har genomförts på Vetenskapens Hus i Stockholm och kommer att benämnas som en informell lärandemiljö. Vetenskapens Hus erbjuder skolprogram till grundskolor och gymnasieskolor i Stockholms län, detta i samarbete med Stockholms universitet och Kungliga Tekniska Högskolan (Anderhag 2015; Vetenskapens Hus, 2019). Skolprogrammen erbjuds i de naturvetenskapliga ämnena, där bland annat biologi och innefattar främst laborationer med modern och avancerad forskningsutrustning som skolor vanligtvis inte kan erbjuda (Anderhag, 2015; Vetenskapens Hus, 2019). Dessa skolprogram leds vanligen av studenter från Stockholms universitet och Kungliga Tekniska Högskolan (Vetenskapens Hus, 2019). Skolprogrammen har explicita syften och kan kopplas till Skolverkets kurs- och ämnesplaner (Anderhag, 2015; Vetenskapens Hus, 2019). Det huvudsakliga syftet för Vetenskapens Hus är att inspirera barn och ungdomar till att skapa intresse för naturvetenskap och synliggöra hur det är att arbeta inom detta ämnesfält, i en häftig miljö, för att inspirera till vidarestudier i naturvetenskap (Johansson, 2004; Vetenskapens Hus, 2019).

Laborationer i naturvetenskaplig undervisning

Under grundskolans senare år och i gymnasiet är laborationer i biologiämnet, likaså i övriga naturvetenskapliga ämnena, en central och viktig del av undervisningen (Högström, Ottander & Benckert, 2006). Laborativt arbete är en del av Skolverkets centrala innehåll för grundskolans år 7–9 och för gymnasieskolans kursplaner för biologi och de andra naturvetenskapliga ämnena (Skolverket, 2011a, 2011b). Enligt Millar (2004) karaktäriseras naturvetenskap av laborativt arbete och menar att det är nödvändigt för att utveckla kunskaper i och om naturvetenskap. I laborativt arbete får elever möjlighet att applicera sina kunskaper i ett praktiskt handhavande, vilket kan ha en positiv inverkan på elevers inläring och intresseskapande i naturvetenskap (Hofstein & Lunetta, 2004; Högström, Ottander, & Benckert, 2010; Millar, 2004). Likväl får elever möjligheten att tillsammans praktisera sin kommunikativa förmåga kring naturvetenskapliga fenomen, och således bearbeta begrepp, teorier och metoder med varandra under laborativt arbete (Anderhag, Thorell, Andersson, Holst, & Nordling, 2014; Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007; Millar, 2004). Tidigare studier har visat att elever associerar laborationer med de naturvetenskapliga ämnena och att dem uppskattar laborationer (Anderhag, Thorell, et al., 2014; Lunetta et al., 2007; Millar, 2004). Fördelarna är att det ger ett avbrott från traditionella klassrumslektioner, att eleverna får möjlighet att arbeta tillsammans och att ämnet följaktligen blir mer lustfyllt och lättillgängligt (Anderhag, Thorell, et al., 2014; Lunetta et al., 2007; Millar, 2004). Det är emellertid viktigt att poängtera att bara för att elever upplever ett ämne mer lustfullt, i detta fall laborativt arbete, betyder det inte automatiskt att laborationer främjar elevernas intresse för naturvetenskap (Abrahams, 2009; Abrahams & Millar, 2008; Anderhag, 2015; Millar, 2004). Anderhag, Hamza, och Wickman (2014) menar att det även är viktigt att elever både känner en inre motivation, samt att ämnet upplevs tillgängligt och vardagsnära. Framför allt måste elever även kunna relatera och identifiera sig med ämnesundervisningen, det är således viktigt att eleven känner sig inkluderad i ämnespraktiken och kan delta i ämnesspråket samt dess normer (Anderhag, Hamza & Wickman, 2014).

Laborationers syften

Flera studier visar att naturvetenskapligt lärande hos elever i grundskolans senare år och på gymnasiet inte alltid förstärks av laborationer i undervisningen (Högström, Ottander & Benckert, 2012; Lunetta et al., 2007). En vanlig problematik som lyfts fram är att elever har svårt att förstå vad syftet är med laborationen, men även att de har svårigheter att avgöra vad som är relevant innehåll i laborationen, samt att det innefattar många saker för elever att hålla reda på. Svårigheten att förstå laborationens syfte beror vanligtvis på att laborationer många gånger innefattar flera olika moment, vilket kan avleda eleven från lärarens intentioner med laborationen (Säljö & Bergqvist, 1997; Hofstein & Lunetta, 2004; Högström et al., 2010). Detta kan resultera i att elevens fokus exempelvis hamnar på utförandet och inte den teoretiska kunskap som laborationen är avsedda att behandla (Säljö & Bergqvist, 1997; Hofstein & Lunetta, 2004; Högström et al., 2010). Säljö och Bergqvist (1997) har i sin studie belyst att eleverna inte uppfattade lärarens syfte med laborationen, vilket resulterade i att eleverna inte förstod vad de skulle göra och uttryckte själva en irritation kring detta. Anderhag, Thorell, et al., (2014) menar att en möjlig risk när elever inte förstår syftet är att detta kan skapa en irritation på undervisningen, vilket kan leda till en exkludering från ämnespraktiken och således har en negativ inverkan på intresseskapandet för ämnet. Flera studier har visat att detta kan undvikas om läraren lyckas förmedla tydliga explicita syften för laborationen till eleverna, vilket gör att eleverna vet vad som förväntas av dem och kan arbeta målinriktat och självständigt (Anderhag, Thorell, et al., 2014; Högström et al., 2012). Under laborationens gång är det betydande att läraren stöttar eleverna för att synliggöra vad som förväntas av dem och skapar en kontinuitet i lärandet (Anderhag, Thorell, et al., 2014). En ytterligare problematisk aspekt, som en studie av Högström et al. (2010) uppvisar, är att lärarens handlingar kan avspeglas i vad elever tolkar som syftet med aktiviteten och kan därför vilseleda elever i vad det avsedda syftet är. Läraren bör därmed ha en självinsikt om sitt kommunikativa förhållningsätt för att avspegla de syften en har avsett för laborationen och göra dessa syften explicita för elever och inklusive själv (Högström et al., 2010). Det kommunikativa förhållningsättet innebär inte bara den verbala kommunikationen utan även hur en handlar och förhåller sig i situationer visar Högström et al. (2010) i studien. Vilket Högström et al. (2010) menar kan möjliggöra en ökad förståelse i hur, varför och vad vid ett genomförande, när läraren synliggör syftet mer explicit.

Hofstein och Lunetta (2004) uttrycker att det finns många anledningar till att lärare applicerar laborationer i sin undervisning, bland annat för att elever ska få möjligheten att utveckla praktiska färdigheter i laborativt arbete, men även för att förmedla ämnesinnehåll. Skolverkets mål och syfte med laborativt arbete i grundskolans senare år och i de naturvetenskapliga ämnena på gymnasiet såsom biologi är framförallt att eleverna ska utveckla förmågan att planera, genomföra, tolka och redovisa experiment, samt kunna hantera material och utrustning (Skolverket, 2011a, 2011b). Högström m.fl. (2006) har genomfört en studie där lärare i de senare åren i grundskolan intervjuas i syfte att analysera vad lärare har för syften med laborativt arbete. Det mest förekommande syftet visade Högström m.fl. (2006) var relaterat till kognitiva aspekter, såsom att utveckla begrepps- och fenomenförståelse, kunna reflektera och resonera kring laborationer samt koppla laborationen till vardagen. Sekundärt behandlade syften omfattade istället affektiva aspekter, såsom att utveckla lust och intresse för naturvetenskap. Psykomotoriska aspekter som exempelvis praktiskt arbete prioriterades inte lika mycket enligt studien, likväl inte det naturvetenskapliga arbetssättet (Högström et al., 2006). Oberoende av lärarens vilja att inkludera laborationer i undervisningen och de tänkta syftena med dem, finns en problematik kring utförandet från skollärdningsnivå som gör att det laborativa arbetet på skolor kan begränsas (Hofstein & Lunetta, 2004; Tiberghien, Veillard, Maréchal, Buty, & Millar, 2001). Det kan handla om resurser i form av tidsbrist, material och utrustning, stora

klasstorlekar, samt att omfattande och tidskrävande teori ska behandlas, vilket kan medföra att läraren eventuellt underlättar sitt arbete genom att exempelvis använda färdiga laborationer från pedagogiska hjälpmedel (Hofstein & Lunetta, 2004; Högström, Ottander, & Benckert, 2012; Tiberghien et al., 2001).

Undervisning i informella lärandemiljöer

Informella lärandemiljöer är en vedertagen term och avser miljöer utanför den ordinarie skolmiljön, exempelvis museum, botaniska trädgårdar, akvarier och science centers (Anderhag 2015).

Vetenskapens Hus i Stockholm är ett så kallat science center och ses vanligen som en informell *naturvetenskaplig* lärandemiljö (Anderhag 2015). Ett science centers fokus är naturvetenskap och vars syfte är att frambringa intresseväckande och lustfulla besök i en miljö utanför skolans väggar samt att främja elevers lärande i just naturvetenskap (Anderhag, 2015; Johansson, 2004). Vetenskapens Hus är en unik informell lärandemiljö, då den erbjuder skolprogram som endast riktar sig mot skolklasser i Stockholm och inte mot allmänheten (Anderhag 2015; Vetenskapens Hus, 2019). Ytterligare är dessa besökt kopplade till skolans kurs- och ämnesplaner (Anderhag, 2015; Piqueras, Hamza, & Edvall, 2008). Detta gör att Vetenskapens Hus ibland må anses ha fler likheter med en formell undervisningsmiljö än en informell som är öppen för allmänheten, som exempelvis muséum (Anderhag, 2015; Piqueras et al., 2008). Men likt andra informella lärandemiljöer menar Anderhag (2015) att skolprogrammen på Vetenskapens Hus leds av en besökshandledare som endast har kontakt med eleverna vid besökstillfället, samt att det erbjuder lärande i miljöer som skolor inte kan erbjuda och kan följaktligen ses som en informell lärandemiljö. I denna studie kommer Vetenskapens Hus därför behandlas som en informell lärandemiljö.

Flera studier visar positiva effekter på elevers lärande av besök i informella lärandemiljöer, där bland annat Dierking (2005) menar att genom att flytta undervisningen utanför skolans väggar till en informellmiljö bryts det vardagliga för eleverna och detta frambringar ett större intresse för undervisningen och en ökad nyfikenhet. Vilket likväl Anderhag (2015) visar, att informella lärandemiljöer kan förstärka elevers lärande och intresse för naturvetenskap i sin rapport för Vetenskapens Hus och Utbildningsförvaltningen. Studier har visat att elever många gånger minns besöken från informella lärandemiljöer och därigenom förstärka elevers intresse och syn på naturvetenskap (Anderhag, 2015; Bell, Lewenstein, Shouse, & Feder, 2009; Sturm & Bogner, 2010). Denna positiva konsekvens som uttrycker det, har författarna synliggjort i sin studie. I studien studeras en undervisningsaktivitet i två skilda lärandemiljöer, ett klassrum och i en informell lärandemiljö; ett muséum. Syftet med studien var att studera huruvida elevers motivation till lärande kan påverkas av inlärningsmiljön. Sturm och Bogner (2010) visade att eleverna i den informella lärandemiljön påverkades betydelsefullt i motivation och lärandet, jämfört med eleverna som genomförde aktiviteten i klassrummet i skolan. Dock är det viktigt att poängtera bara för att elever upplever något som lustfyllt och intressant betyder det inte automatiskt att elevers lärande främjas och att ett intresse för naturvetenskap förstärks samt kommer självmant (Abrahams, 2009; Abrahams & Millar, 2008; Anderhag, 2015; Millar, 2004). Utan istället menar Bell et al., (2009) samt Falk, Needham, Dierking, och Prendergast, (2014) att det är viktigt att understryka att undervisning i informella lärandemiljöer bör fungera som ett komplement till ordinarie undervisning och inte ersätta den ordinarie undervisningen i skolan. Anderhag (2015) synliggör två viktiga aspekter som elever får möjlighet att förstärka i lärandet under ett besök i en informell lärandemiljö, där det ena är det sociala sammanhanget, att elever och lärare tillsammans besöker en informell lärandemiljö i mötet med

ämnesexperter för att lära om naturvetenskap utanför klassrummet och delta i en naturvetenskaplig praktik. Johansson (2004) och Piqueras et al. (2008) menar även att detta kan resultera i att eleven möjligtvis kan göra en personlig koppling till naturvetenskap utanför skolans väggar. En ytterligare aspekt som Anderhag (2015) lyfter fram är att informella lärandemiljöer kan erbjuda elever andra ingångsvägar till naturvetenskap, än vad skolan vanligtvis kan erbjuda. Anderhag (2015) anser även att undervisningen i en informell lärandemiljö bör kopplas till ett sammanhang i den ordinarie undervisningen. Detta belyser även flera studier, bland annat Bell et al. (2009), DeWitt och Osborne (2007), Füz (2018) samt Kisiel (2005), som berör en problematik kring att undervisningen i informella lärandemiljöer många gånger endast blir ett besök som isoleras från ordinarie undervisningen, istället för att nyttja tillfället och koppla den till undervisningen i skolan. En anledning till detta kan vara, som exempelvis Sturm och Bogner (2010) samt Griffin och Symington (1997) uppmärksammar är lärare ofta inte vet hur dem ska nyttja informella lärandemiljöer. Detta kan leda till att syftena inte blir explicita för eleven, samt läraren har svårt att koppla besöket till den ordinarie undervisningen (Griffin & Symington, 1997; Sturm & Bogner, 2010). Vilket är en viktig aspekt, att lärare kopplar undervisningen i den informella lärandemiljön till undervisningens kurs- och ämnesplaner för att skapa en kontinuitet i lärandet (Anderhag, 2015; DeWitt & Storksdieck, 2008; Griffin & Symington, 1997). Denna kontinuitet kan skapas genom att lärandetillfället i den informella lärandemiljön blir en del av ett undervisningsmoment, som förbereds med en förberedelselektion och fångas upp med en uppföljningslektion som behandlar elevernas mötena i besöket (Anderson, Lucas, Ginns, & Dierking, 2000; Anderhag, 2015; DeWitt & Hohenstein, 2010; DeWitt & Osborne, 2007; DeWitt & Storksdieck, 2008; Dierking, 2005). När läraren skapar denna kontinuitet kan syftet och målet med undervisningen tydliggöras för eleverna vid besöket, vilket kan främja lärandet i den informella lärandemiljön (Anderson et al., 2000; DeWitt & Osborne, 2007, 2010).

Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att utveckla ett skolprogram, en laboration i kriminalteknik på Vetenskapens Hus i Stockholm med hjälp av en uppföljningslektion. I studien analyseras laborationen för att utveckla en uppföljningslektion med syfte att fördjupa elevers förståelse om biotekniken som ligger till grund för DNA-sekvensering. Denna studie behandlar följaktligen vad eleverna behöver lära sig om bioteknik för att kunna dra mest nytta av laborationen. I studien har jag fokuserat på vilka svårigheter eleverna möter under laborationen och vilka frågor om bioteknik eleverna tar upp under uppföljningslektionen. Forskningsfrågorna som har lett min studie är:

- Vilka svårigheter möter eleverna under laborationen och hur hanterar de dessa?
- Vilka frågor om bioteknik uppstår när eleverna diskuterar laborationen under uppföljningslektionen i skolan?

Metod

Pilotstudie

Innan studien utfördes ett förarbete i form av en didaktisk analys av laborationen, det genomfördes två auskultationer och en preliminär analys under Kriminalteknik med DNA-sekvensering på Vetenskapens Hus. Pilotstudien grundar sig i ett bekvämlighetsurval, med andra ord urvalet baseras på de personer som är tillgängliga vid studiens tillfälle (Bryman & Nilsson, 2018). Auskultationerna genomfördes för att få en bild av laborationen och under den preliminära analysen spelades elever, lärare och besökshandledare in i syfte för att få en större förståelse om elevernas lärande i handling under laborationen. Inspelningarna i den preliminära analysen gjordes med hjälp av diktafoner, totalt sju stycken. Besökshandledaren och läraren hade en diktafon hängandes runt halsen, då de cirkulerade i klassrummet. Medan eleverna hade en varsin diktafon placerad på bänken i respektive laborationsgrupp, totalt fem grupper av elever spelades in. Grupperna bestod av två elever vardera. Det inspelade materialet genomlyssnades därefter, i syfte för att få en större förståelse om vad som sker i handling under laborationen samt för att se hur väl diktafonerna fungerar i den laborativa miljön. Vid genomlyssningen var det stundtals svårt att höra eleverna, vilket var en lärdom som togs med till den ordinarie studien. Bryman och Nilsson (2018) rekommenderar att genomföra en pilotstudie vid ett bekvämlighetsurval, just för att testa forskningsinstrumenten fungerar innan den egentliga studien.

Datainsamling och urval

Denna studie omfattar en biologilaboration i Kriminalteknik med DNA-sekvensering på Vetenskapens Hus i Stockholm och en uppföljningslektion på laborationen i en gymnasieskola. Likt pilotstudien har studien grundats i ett bekvämlighetsurval (Bryman & Nilsson, 2018). Studien har genomförts i en klass som går sista året gymnasiet på en kommunal gymnasieskola i Stockholms län. Detta skolprogram på Vetenskapens Hus är ett moment i gymnasieskolans valbara kurs, naturvetenskaplig specialisering, som eleverna får möjlighet att läsa sista året på det naturvetenskapliga programmet. Elevernas förkunskaper inför besöket är att läraren har förberett eleverna med en lektion med fokus på cellens genetik och pyrosekvensering, enligt läraren har eleverna en vana i att använda pipetter (Personlig kommunikation, 24 januari 2016). Under laborationen närvarande 17 elever och på uppföljningslektionen 16 elever. Eleverna och deras lärare spelades både in under laborationen på Vetenskapens Hus och under uppföljningslektionen i skolan. Besökshandledaren på Vetenskapens Hus spelades in under klassens skolprogram på Vetenskapens Hus. Under besöket på Vetenskapens Hus delades eleverna in i åtta grupper, varje grupp bestod av två elever med undantag i en grupp med tre elever. För inspelningarna användes 13 diktafoner, sju av dem kunde hängas runt halsen och de andra sex placerades på bänken. Läraren och besökshandledaren hade en diktafon vardera runt halsen eftersom de cirkulerade i laborationssalen. I fem av sju grupper hade eleverna varsin diktafon och i två grupper delade eleverna på en diktafon. Eleverna som delade diktafon hade den placerad på bänken för att fånga upp samtliga röster i gruppen. För att begränsa studien uteslöts delar från laborationstillfället på Vetenskapens Hus och uppföljningslektionen bort, då stora inspelningar genomfördes. Under laborationen valdes moment där eleverna inte aktivt kommunicerar med varandra bort, exempelvis under föreläsningarna och under pyrosekvenseringen. Två av elevgrupperna uteslöts från studien, då de kommunicerade väldigt lite med varandra.

Under uppföljningslektionen användes sju diktafoner. Två av eleverna som närvarande under laborationen på Vetenskapens Hus var inte med på uppföljningslektionen på skolan. Dessutom tillkom tre nya elever på uppföljningslektionen, som var frånvarande på Vetenskapens Hus. Först placerades eleverna i sina grupper från Vetenskapens Hus, dock med undantag på grund av frånvaro och tillkomst. Därför blev det totalt sex stycken grupper, tillkomna elever fick sitta med elever som varit med på besöket. Varje grupp tilldelades varsin diktafon, som placerades på bänken. Därefter placerades grupperna i tre större grupper, om cirka fem till sex elever och varje grupp fick två varsina diktafoner placerade på bänken. För att avgränsa studien användes inte inspelningarna från de sex grupperna. En av de tre större grupperna användes inte i studien för att eleverna inte följde uppgiften.

Det transkriberade materialet från laborationen på Vetenskapens Hus och uppföljningslektionen på skolan utgör det empiriska materialet som denna studie ska baseras på.

Istället för ljudinspelningar kan videoinspelningar genomföras som kan synliggöra handlingar som inte ljudinspelningar inte kan fånga upp. Dock bör videoinspelningar undvikas enligt Vetenskapsrådet (2017) på grund av etiska principer, om det absolut inte är nödvändigt för studien. I denna studie ansågs videoinspelningar inte nödvändigt, utan ljudinspelningar anses generera tillräcklig data som krävs för att besvara studiens frågeställningar. I detta fall förstärkes ljudinspelningarna med ett stort antal diktafoner för att underlätta och säkerställa avlyssningen av elevernas samtal vid transkribering. Likväl kunna fastställa eventuella otydligheter i inspelningarna och underlätta identifiering av eleverna. En nackdel med många diktafoner är att en stor mängd data genereras, som Bryman och Nilsson (2018) menar inte är tidseffektivt.

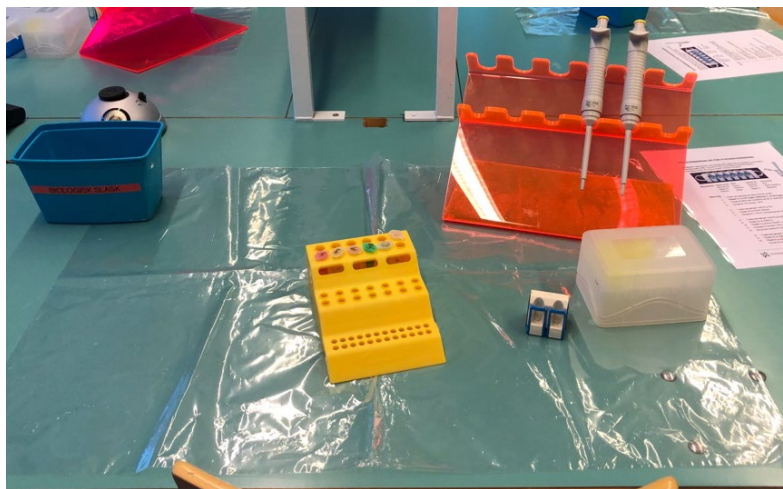
Beskrivning av laborationen Kriminalteknik med DNA-sekvensering

Laborationen Kriminalteknik med DNA-sekvensering baseras på ett fiktivt fall där en person blivit mördad och elevernas uppgift är att identifiera ett hårstrå som hittats i den mördades badrumsskåp, detta med hjälp av analysmetoden pyrosekvensering. Laborationen är ungefär tre timmar lång och består av både praktiska moment, korta föreläsningar och filmdemonstrationer (Vetenskapens Hus, 2019). Besökshandledaren och läraren beskrev att syftet för laborationen var att ge elever möjligheten att genomföra en DNA-sekvensering med hjälp av avancerad teknik, som skolor vanligtvis inte har tillgång till. Dessutom få kunskap om hur en sekvenseringsmetod fungerar, likväl få en inblick hur det är att arbeta som biotekniker. För att elever ska få känna på hur det är att arbeta som biotekniker är laborationen utformad efter hur det kan se ut i verkligheten (Personlig kommunikation, 25 januari 2019).

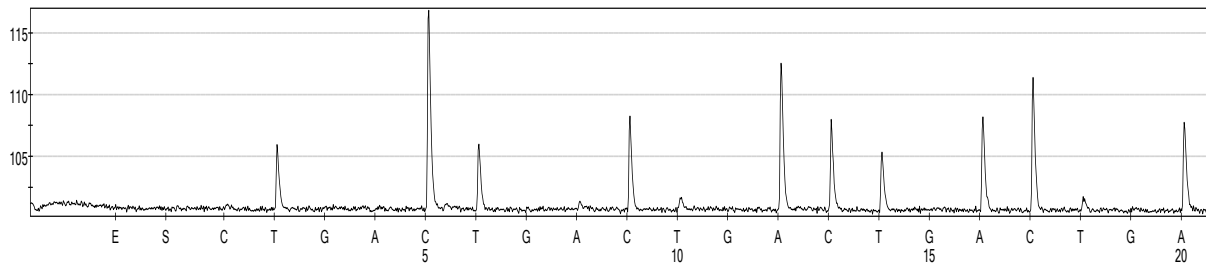
Laborationen startar redan utanför laborationssalen, där det sker en säkerhetsgenomgång och utdelning av labbrockar. Eleverna sätter sig parvis i salen i totalt åtta grupper, en av grupperna består av tre elever. Elevernas arbetsbänk är täckt med en plastfilm, på denna finns ett pipettställ med två mikropipetter med olika intervall, magnetställ, provrörsställ, pipettspetsar och en biologiskslask (figur 1). Besökshandledaren håller en presentation på cirka 20 minuter, som bland annat presenterar laborationens syfte och upplägg, som består av fyra huvudmoment; öva på att pipettera, provberedning, pyrosekvensering och tolkning av resultat. Efter presentationen ska eleverna öva på att arbeta med mikropipetter, besökshandledaren visar först en demonstrationsfilm och sedan illustrerar själv hur mikropipetter används. Elevernas uppgift är att pipettera två olika volymer vatten, 50 µl och 2 µl. Vätskan ska pipetteras ut på plastfilmen på arbetsbänken i syfte för att illustrera volymskillnaden.

Därefter presenterar besökshandledaren vad eleverna ska göra under provberedningen, vars syfte är att förbereda elevernas respektive PCR-produkt av DNA-proverna för pyrosekvensering. Totalt finns det åtta misstänkta för det fiktiva mordfallet, varje elevgrupp tilldelas varsin misstänkts DNA-prov. Eleverna blir fåt ett laborationsprotokoll med tydliga steg-för-steg som ska följas (bilaga 1). Detta laborationsprotokoll består av tre övergripande moment. I det första momentet ska magneter kopplas till den ena DNA-strängen, i det andra momentet ska separera DNA-strängen med natriumhydroxid och i det sista momentet tillsätts en sekvenseringsprimer. De kemikalier som används av eleverna är; en magnetkulelösning (med streptavidin), DNA från misstänkt (med biotin), Tris-EDTA buffert (TE), 0,1 M Natriumhydroxid (NaOH), Annealing buffert (A), Primer NUSPT, enzym och substrat (Se bilaga 1).

Efter det första momentet ska elevernas prover inkuberas i 20 minuter, under tiden håller besökshandledaren en föreläsning om kriminalteknik, DNA och mitokondrie-DNA och ett quiz med tre frågor, som eleverna besvarar med klickers. När provförberedningen är klar gick klassen ner till pyrosekvenseringsmaskinen i källaren och där proverna placerades för analys i cirka 20 min. Under den tiden har besökshandledaren en presentation om pyrosekvensering, vem som uppfann det, hur metoden fungerar, en pyroanimation visas och en genomgång på hur resultatet ska analyseras. När pyrosekvenseringen är färdiganalyserad får grupperna varsitt pyrogram med deras misstänktes DNA-sekvens (Se figur 2). Elevernas pyrogram är försedd med en referenstopp, som motsvarar en kvävebas (en Tyrosin). Eleverna får också ett dubbelprov av besökshandledaren, för att eleverna ska kunna jämföra sina pyrogram om de blir osäkra. Eleverna tolkar och identifierar sin misstänktes DNA-sekvens med hjälp av dubbelprovet. I slutet jämför eleverna sina misstänkts DNA med Polisens DNA-sekvens på hårstrå från den mördades badrumsskåp. En misstänkt stämmer övers med polisens upphittade DNA-sekvens. Därefter diskuteras kort trovärdigheten av den misstänkte i helklass.



Figur 1, Fotografi på hur arbetsbänksbänken ser ut och består av plastduk, biologisklask, provrörsställ, magnetställ, pipethållare med två pipetter, pipettspetsar och protokoll med tvättschema på baksidan.



Figur 2, Ett pyrogram från en labbgruppens misstänkta DNA-sekvens, Philip. I pyrogrammet kan sekvensen, CTC AAC TAC CA. D identifieras. De markanta topparna i figuren motsvarar kvävebaserna i DNA-sekvensen, de väldigt låga topparna motsvarar bakgrundsbrus. Den första kvävebasen, T är en referenstopp för att visa storleksordningen för topparna.

Beskrivning av uppföljningslektionen

En uppföljningslektion planerades i samråd med elevernas lärare för att utveckla laborationen på Vetenskapens Hus. Anledningen till detta var att laborationen på Vetenskapens Hus fokuserade på ett utförande, vilket ledde till att eleverna inte fick möjlighet att fördjupa sin förståelse DNA-sekvenserings biotekniska aspekter. Vilket blev synligt under laborationen och utgjorde grunden för uppföljningslektionen. Läraren presenterade lektionens syfte som att göra ett efterarbete för att få klarhet i hur de praktiska momenten hör ihop med teorin (Personlig kommunikation, 1 februari 2019).

Denna uppföljningslektion var 75 minuter lång och under lektionen arbetade eleverna inledningsvis i 20 minuter i sina laborationsgrupper från Vetenskapens Hus, som läraren kallade för de vågräta grupperna. Därefter placerades eleverna i nya så kallade lodräta grupper, som består tre tvärgupper med cirka sex till sju elever resterande del av lektionen. Läraren presenterade uppgiften för eleverna under lektionen i följande utformning,

1. Samling i de (gamla) vågräta grupperna i ca 20 min
2. Tänk igenom och skriv ner vad som hände vid varje steg från protokollet (bilaga 1) i utförandeprocessen.
3. Samling i de nya lodräta grupperna och jämför och diskutera och korrigera det ni kommit fram till. Gör en slutgiltig sammanfattning i ett "drive-dokument" som ni delar med varandra och undertecknad (resten av lektionen). Illustrera gärna med bilder.

Eleverna blev med andra ord tilldelade det laborationsprotokoll som användes under provbearbetningen under laborationen, där det stod tydligt steg för steg vilka moment som genomfördes (bilaga 1). Detta för att eleverna själva skulle få reflektera över vad de faktiskt gjorde och varför, för att få möjlighet att koppla ihop det praktiska handhavandet med de bakomliggande teoretiska biotekniska aspekterna i DNA-sekvensering. I steg ett och två ovan, fick eleverna sitta i sina labbgrupper (så kallade vågräta grupper) från Vetenskapens Hus och försöka återkoppla till laborationens utförande och anteckna detta. Senare, i steg tre, placerades eleverna i nya större grupper (så kallade lodräta grupper) om fem till sex elever för att återberätta de som vardera grupp kom fram till. I dessa lodräta grupper skulle eleverna sammanställa ett dokument i vad som hände vid varje steg under laborationen. (Personlig kommunikation, 1 februari 2019).

Databearbetning och analysmetod

Inspelade samtal från laborationen på Vetenskapens Hus och uppföljningslektionen på skolan genomlyssnades ett flertal för att få en helhetsbild över laborationen. Under tiden antecknades tider vid tillfällena som kunde uteslutas från studien, som har diskuterats tidigare. Detta för att underlätta när transkription av samtalen skulle ske. Samtalen transkriberades ordagrant. De transkriberade samtalen analyserades med analys av *praktisk epistemologisk analys* (Practical Epistemologies Analysis, PEA), som bygger på ett pragmatiskt- och sociokulturellt perspektiv i lärandet (Wickman & Östman, 2002). Analysmetoden möjliggör att synliggöra lärandet i handling i undervisning, detta för att se vad elever lär sig i förhållande till syftet för undervisningen (Wickman, 2004; Wickman & Östman, 2002). Således lärandet ur elevernas perspektiv, i vad eleven möter, hur eleven tolkar situationen och vad som är viktigt i den för att bygga vidare ett samtal (Piqueras et al., 2008). Där lärandet kan ses som en resa vars riktning styrs av vilka mellanrum eleven stöter på samt vilka relationer som etableras längst vägen (Wickman, 2004). I denna studie ska fyra analytiska begrepp i PEA användas; *mellanrum*, *möte*, *relation* och *stå fast* (Wickman & Östman, 2002). I undervisningen sker olika möten för eleverna, som möte syftar till och kan exempelvis vara möten mellan elever, lärare och artefakter (Wickman, 2004; Wickman & Östman, 2002). I dessa möten menar Wickman och Östman (2002) att mellanrum kan uppmärksammas, vilket är en distans mellan det eleven uppmärksammar i dennes tidigare kunskap och ny erhållen kunskap. Den tidigare kunskapen är något som står fast för eleven, kunskap som inte ifrågasätts i ett specifikt sammanhang. Dock betyder inte detta ifrågasätts i ett annat sammanhang. Ett mellanrum kan fyllas och då skapas en så kallad relation i mötet, mellan det som står fast och ny erhållen kunskap i den specifika situationen uttrycker Wickman och Östman (2002).

Kommande två exempel visar hur pragmatiska epistemologier (PEA) kommer användas för att analysera elevernas samtal i studien för att besvara studiens två forskningsfrågor. Det första exemplet är exemplifierar ett samtal från laborationen på Vetenskapens Hus. I samtalet är det två elever och besökshandledaren involverade, eleverna ska precis börja att öva på att pipettera. PEA kommer att användas för att synliggöra vilka svårigheter elever möter under laborationen för att besvara den första forskningsfrågan (vilka svårigheter möter eleverna under laborationen och hur hanterar de dessa?). Dessa svårigheter kommer att operationaliseras i termen mellanrum och hur eleverna hanterar dessa svårigheter operationaliseras som relationer.

Exempel 1,

- Joakim: Man kanske kan börja med intervall? Eller vänta...
[Besökshandledaren kommer]
Jag blir jätteförvirrad, hehe.
- Besökshandledare: Ja, det är okej.
- Joakim: Ja, jag förstod inte... Eh, först ska man välja intervall på det där?
- Besökshandledare: Först så ska... Vad är det ni ska pipettera? En av er ska pipettera 50 mikroliter och en av er ska pipettera 2 mikroliter.
- Joakim: Ja...Mm...Så den här ska vi ställa in på 50?
- Magda: och den här på 2?
- Joakim: Aa...

Samtalet inleds med att Joakim uppmärksammar ett *mellanrum* i *mötet* med pipetten, i vad eleven ska göra först. När besökshandledaren kommer uttrycker Joakim en känsla som besökshandledaren besvarar. Joakim synliggör sitt mellanrum. Besökshandledaren besvarar med en fråga och tydliggör uppgiften. Joakim bekräftar och yttrar ett påstående och etablerar en *relation* och elevens mellanrum fylls. Magda följer upp och bekräftar Joakims relation, som tyder på att även Magda etablerar en relation. Joakim bekräftar Magdas relation och följande *står fast* mellan eleverna. Excerpten visar därmed att svårigheten eleverna möter är ”*om en börjar med att ställa in intervallet*”, med andra ord ”*vad som ska göras först*”. Eleverna hanterar den uppkomna svårigheten i detta excerpt genom att försöka konstruera en relation i samråd med besökshandledaren, som möjliggör för eleverna att etablera en relation och fylla mellanrum.

Det andra exemplet exemplifierar ett elevsamtal från uppföljningslektionen i skolan och kommer användas för att besvara den andra forskningsfrågan (vilka frågor om bioteknik uppstår när eleverna diskuterar laborationen under uppföljningslektionen i skolan). Elevernas frågor kommer att operationaliseras i termen av mellanrum. I detta exempel samtalar eleverna om ett steg i laborationsprotokollet där de ska låta sitt prov svalna i rumstemperatur.

Exempel 2

- Line: Låt svalna i rumstemperatur. [Läser i protokollet]
- Joakim: Mm...
- Allan: Mm...
- Line: Jag känner att det inte behöver vara något specifikt, det är väll för att man inte ska... eller så skulle det kunna vara för att, om man skulle nu, vad heter det, inte låta det svalna och bara göra allt det här [visar tidigare steg i protokollet]. Så kanske den är för varm sen för enzymerna, så dom skulle...
- Allan: Ja, det är möjligt. Ja, det säkert!
- Line: Så, låta proverna svalna för att inte denaturera. Ehm... enzymerna som ska tillsätts i steg 15... Så!
- Joakim: Mm...

Samtalet börjar med att Line läser från labbprotokollet och synliggör ett *mellanrum* i *mötet* med protokollet. Allan och Joakim bekräftar mellanrummet. Line försöker att konstruera en relation när eleven uttrycker sin tanke. Allan håller med i det som Line påstår och konstruerar en *relation* till det uppkomna mellanrummet. Line uttrycker ett antagande till sin tidigare tanke, vilket skapar en relation och mellanrummet för eleven fylls. Joakim bekräftar Lines relation och *står fast* mellan eleverna. I detta excerpt synliggörs en fråga i ”*varför kyls provet i rumstemperatur*” och eleverna försöker lösa frågan i samråd med varandra för att etablera en relation.

Etiska principer

Eleverna, läraren och besökshandledaren i studien informerades muntligt och skriftligt om studien i enlighet med de etiska principer som svensk forskning ska ta hänsyn till. Samtyckesbrev fyller i av

elever, lärare och besökshandledare. Det finns fyra etiska principer att ta hänsyn till för att värna om deltagarna i studien. *Informationskravet*, är den första principen och syftar att deltagarna ska informeras om studiens syfte, frivillighet, moment och att den deltagandes medverkan kan avslutas när som helst. Den andra principen är *Samtyckeskravet* som poängterar att medverkan i studien är helt frivillig, som ska styrkas med ett skriftligt samtycke för varje deltagare. Om en deltagare är under 15 år ska underskrift behövs även ett samtycke från dess vårdnadshavare. Detta var inte aktuellt i denna studie, då samtliga deltagare var över 15 år gamla. *Konfidentialitetskravet* som är den tredje principen, anger att uppgifter ska behandlas med konfidentialitet och personuppgifter ska skyddas från obehöriga. Till den sista principen, *nyttjandekravet* som uppger att det insamlade materialet får endast användas för det ändamål för den specifika studien. (Bryman & Nilsson, 2018; Vetenskapsrådet, 2017). Eleverna, läraren-, skolans- och besökshandledaren- i studien är tilldelade fiktiva namn i de excerpten som redovisas.

Resultat

Nedan presenteras totalt 16 excerpt med samtal mellan elever, lärare och besökshandledaren. Analysen av resultaten presenteras i en kronologisk ordning, först laborationen på Vetenskapens Hus presenteras och därefter uppföljningslektionen på skolan. Därutöver har en sammanställning av studiens identifierade mellanrum som uppstod under studiens moment, både från laborationen på Vetenskapens Hus och från uppföljningslektionen på skolan. Sammanställningen presenteras nedan i figur 3, där mellanrummen är presenterade efter studiens huvudmoment i spalterna; ”öva på att pipettera”, ”provbearbetning”, ”analys av resultat” och ”diskussion i tvärgrupper”, kategoriserat efter studiens moment och grupper.

Öva på att pipetterna	Provbearbetning	Analys av resultat	Diskussion i tvärgrupper
<p>Grupp 1 Hur intervall ställs in Vilket eppendorfrör innehåller vatten? Användning pipett Användning pipett</p>	<p>Grupp 1 Användning pipett Vätska kvar i eppendorfröret Blanda utan mixer, hur? Avfall eppendorfrör</p>	<p>Grupp 4 Användning pipett Tina eppendorfrör Användning pipett Magnetställ (tvättning)</p>	<p>Grupp 1 Tolkning av topp Bakgrundsbrus</p>
<p>Grupp 2 Var ska vätskan pipetteras? Byte av pipettspets Användning pipett Skakighet på hand</p>	<p>Grupp 2 Byte av pipettspets Öppna eppendorfrör Tilldelade för lite DNA Missförstånd buffert Intervall pipett Tvättning Användning pipett</p>	<p>Grupp 5 Användning pipett Vätska kvar i eppendorfröret Öppna eppendorfrör Skakighet på hand Byte av pipettspets Användning pipett Byte av pipettspets Användning pipett</p>	<p>Grupp 2 Tolkning av topp Tolkning av topp Tolkning av topp Bakgrundsbrus</p>
<p>Grupp 3 Vilket intervall?</p>	<p>Grupp 3 Byte av pipettspets</p>	<p>Grupp 3 Tolkning av pyrogram Bakgrundsbrus</p>	<p>Tvärgrupp 1 Varför används olika buffertar? Bufferternas funktion Bufferternas funktion Varför tvättning? DNA strängens vätebindningar Var binder primern?</p>
<p>Grupp 4 Användning pipett Vad är uppgiften?</p>		<p>Grupp 4 Tolkning av topp Tolkning av topp</p>	<p>Tvärgrupp 2 Biotin Varför Washing buffert? Streptavidin Streptavidins magnetiska egenskaper Varför tvättning? Bufferlösningens funktion Hur DNA fäster på magnetkuloma Bufferternas funktion Varför används olika buffertar? Bufferternas funktion Primers funktion Varför skulle provet svalna? Bufferternas funktion Substrat vs. enzym Involverade enzymer & funktion Pyrofosfat</p>
<p>Grupp 5 Vad är uppgiften? Vilket eppendorfrör innehåller vatten? Användning pipett</p>		<p>Grupp 5 Tolkning av topp</p>	

Figur 3. Sammanfattning av de mellanrummen som dyker upp hos eleverna under laborationen på Vetenskaps Hus och uppföljningslektionen på gymnasieskolan. Mellanrummen presenteras i kronologiskordning efter studiens huvudmoment; öva på att pipettera, probbearbetning, analys av resultat och diskussion i tvärgrupper. I dessa huvudmoment kategoriseras mellanrummen gruppvis i en kronologiskordning. Texten som är fetmarkerad är de excerpten som valts att presenteras i studiens resultat.

Svårigheter under laborationen

För att besvara den första forskningsfrågan (vilka svårigheter elever möter under laborationen?) presenteras tio excerpt av samtal mellan elever, besökshandledaren och läraren vid laborationstillfället på Vetenskaps Hus. Dessa tio excerpt är indelade under tre rubriker, ”öva på att pipettera”, ”provbearbetning” och ”analys av resultat”, utifrån laborationens moment.

Öva på att pipettera

I detta moment ska eleverna pipettera upp två volymer vätska, som pipetteras ut på en plastfilm där volymstorleken på dropparna ska jämföras. Från detta moment presenteras tre excerpt där eleverna samtalar kring utförandet, i samtalen uppmärksammas mellanrum, en del fylls genom att relationer konstrueras och som leder till att eleverna tar sig vidare i samtalet.

Asabea och An samtalar om hur pipetten ska användas för att pipettera vätska:

Excerpt 1

1. Asabea: Nej, jag fick inte upp någonting. [Pipettering av vätska]
2. An: *Hör inte* gå ner, trycker ner och sen släpper. Tryck inte ner hela vägen.

[...]

3. An: Nej, nej. Du ska släppa, släpp tummen. såå ja!
4. Asabea: Ah!
5. An: Sen trycka ner och sen klämmer.
6. Asabea: Yes!

Samtalet inleds med att eleven Asabea uppmärksammar ett mellanrum i sitt handhavande med pipetten, att inget pipetteras upp (rad 1). Följande mellanrum uppmärksammas, likaså av An som delar med sig av sin tidigare erfarenhet i hur pipetten ska användas (rad 2–3). Detta leder till att en relation konstrueras och mellanrummet fylls för Asabea. Vilket också bekräftas när An delar med sig av en ytterligare erfarenhet, som Asabea bekräftar att relationen konstrueras till handhavandet av pipetten och att detta nu står fast mellan eleverna (rad 5–6). Användandet av pipetten står nu fast mellan eleverna i detta sammanhang. Sammanfattningsvis, synliggör detta excerpt en svårighet i *hur pipetten ska användas* och eleverna löser detta i samråd med varandra.

Line och Jannis samtalar om hur vätska pipetteras och vad uppgiften är:

Excerpt 2

7. Line [Pipetterar vätska]
8. Jannis: Aha, den ska inte hela vägen, utan den ska bara dit? [Pipettens knapp,]
9. Line: Eh...Man behöver inte trycka så hårt.
[...]
Första läget... så. [Pipetterar]
10. Jannis: Ja... Sen skulle vi dutta det eller...skulle vätskan tillbaka? Aha...
[Plastfilmen/ependorfröret]
11. Line: Skulle vi inte ta ut den här så vi skulle se skillnaden på...?
12. Jannis: Aha, på dropp...på storleken, okej, okej!
13. Line: Ja och sen trycker man ut den ”plupp” [för att byta pipettspets]

Samtalet inleds med att Line pipetterar. Jannis uppmärksammar ett mellanrum i mötet med Lines pipettering, Line besvarar Jannis i hur pipetten ska användas (rad 8–9). Jannis bekräftar Line samtidigt som Jannis uttrycker ett ytterligare mellanrum i mötet, vad uppgiften är (rad 10). Följaktligen synliggörs att en relation konstrueras i handhavandet till pipetten för Jannis, mellanrummet har fyllts och handhavandet står nu fast mellan Jannis och Line (rad 7–10). Det uppmärksammade mellanrummet i vad uppgiften är, besvarar Line, samtidigt som ett mellanrum uppmärksammas även för Line (rad 10–11). Jannis besvarar Line och konturerar en relation till uppgiften och mellanrummet fylls, därefter konstruerar Line en relation till uppgiften och mellanrummet fylls (rad 11–13). Detta betyder att det står fast mellan Line och Jannis vad uppgiften är i situationen. Svårigheter som utmärkes i detta samtal är *hur pipetten ska användas* och *vad som ska göras*. Eleverna hanterar svårigheten tillsammans med varandra.

Minna och Besökshandledaren diskuterar skakighet och pipettering:

Excerpt 3

14. Minna: Om jag är lite skakig och nuddar väggarna, det gör ingenting eller?
15. Besökshandledaren: Nej, absolut inte och känner man att man är skakig och man vill... jag är väldigt skakig själv [visar hur en kan hålla].
16. Minna: Kan man hålla såhär eller? [håller pipetten]
17. Besökshandledaren: Ja, precis. Så man får stöd av handen.
18. Minna: Aa...
19. Besökshandledaren: Jag skulle säga att det tvärtom, att det faktiskt är bra att nudda väggarna.
20. Minna: Jaha, till och med. [Pipetterar ut en droppe]

Excerpten inleds med att Minna uttrycker en fundering angående sin skakighet på handen med att nudda väggarna på eppendorfröret, vilket kan ses som ett mellanrum uppmärksammas i mötet med pipetten i huruvida det påverkar utförandet eller inte (rad 14). Besökshandledaren visar Minna hur denne kan hålla pipetten för att motverka skakighet (rad 15). Minna svarar besökshandledaren och visar hur eleven håller pipetten, besökshandledaren bekräftar att det är lämpligt (rad 15–17). Som leder till att Minna etablerar en relation till handhavandet av pipetten (rad 16–18). Besökshandledaren fortsätter samtalet som synliggör ett mellanrum för Minna, att det är bra att nudda väggen med pipetten vid pipettering, som Minna snabbt etablerar en relation till och mellanrummet fylls (rad 19–20). Havandet av pipetten står nu fast. De uppmärksammade mellanrummen explicerar svårigheter om "hur pipetten ska användas" och eleven löser svårigheten i samråd med besökshandledaren.

Provbearbetning

Provbearbetningen behandlar den laborativa delen av laborationen där eleverna följer laborationsprotokollet med tydliga steg vad som ska göras. I denna del presenteras fyra excerpt som representerar samtalen under probbearbetningen.

Bonnie, Jannis och Line samtalar om funderingar kring byte av pipettspets:

Excerpt 4

21. Bonnie: Juste, bytte ni pipett när...? [Pipettspets]
22. Line: Ja...
23. Jannis: Vi ska byta varje.
24. Line: Ja....man ska alltid byta.
25. Bonnie: Aa, då gör jag det [mumlar]

Samtalet börjar med att Bonnie uttrycker en fråga i mötet med pipetten och uppmärksammar ett mellanrum i när pipettspetsen ska bytas (rad 21). Både Jannis och Line uttrycker att pipettspetsen ska bytas (rad 22–23). Bonnie etablerar en relation till att byta pipettspetsen och elevens mellanrum fylls, denna syns i elevens bekräftade (rad 24–25). Svårigheten som uppmärksammas i termen av mellanrum ”när ska pipettspetsen bytas” och eleverna löser den uppkomna svårigheten i diskussion tillsammans med varandra.

Elif, Joakim, Magda och Besökshandledaren diskuterar om det finns vätska kvar i eppendorfröret:

Excerpt 5

26. Elif: Vänta, nej det finns ju...
27. Joakim: Finns det fortfarande vätska där?
28. Elif: Det känns så...Eh...
29. Besökshandledare: Ja!
30. Elif: Känns det bara eller finns det fortfarande vätska?
31. Besökshandledare: Det finns massor av vätska
[Pipetterar]
32. Magda: Är det slut på vätska?
33. Besökshandledare: Jättebra!
34. Joakim: Är det slut på vätska?
35. Elif: Typ.

I mötet med eppendorfröret försöker Elif och Joakim etablera en relation till huruvida det finns vätska kvar i eppendorfröret (rad 26–28). De båda eleverna uppmärksammar ett mellanrum (rad 26, 28). Likaså Joakim uppmärksammar i mötet med eppendorfröret ett mellanrum när eleven frågar Elif om det fortfarande finns vätska kvar (rad 27). När besökshandledaren blir delaktig blir det även bekräftat att Elif har uppmärksammat ett mellanrum i mötet med eppendorfröret (rad 30). Besökshandledaren bekräftar att det finns vätska kvar i eppendorfröret (rad 31). När gruppen har pipetterat igen uppmärksammas ett mellanrum för både Magda och Joakim (rad 32, 34). Vilket betyder att Joakims tidigare mellanrum har dröjt kvar, medan Magdas uppmärksammas. Likaså visar samtalet att Elifs mellanrum inte är bekräftat och dröjer kvar i elevens svar (rad 35). Eleverna i detta samtalet försöker konstruera relationer till om det finns vätska kvar i eppendorfröret eller inte, men lyckas inte fylla mellanrummet och heller inte med hjälp av besökshandledaren. De svårigheter som uppmärksammas i följande transskript är ”hur ser en om det är vätska kvar i eppendorfröret”. I samtalet försöker eleverna hantera svårigheterna i samråd mellan varandra och besökshandledaren.

An och Asabea samtalar huruvida eleverna ska blanda provet utan en mixer:

Excerpt 6

36. An: Hur ska vi blanda då om vi inte får mixa?
37. Asabea: Vi ska inte blanda?

38. An: Det står "blanda men använd ej mixer" [läser ur protokollet]
39. Asabea: Okej, men då blandar vi sådär då [visar]... som *namn på läraren* gör.
40. An: Mm...

Ett första mellanrum uppmärksammas i mötet med protokollet och synliggörs av An (rad 36). I Asabeas respons uppmärksammas även ett mellanrum i mötet med Ans fråga (rad 37). An ger svarar Asabea genom att läsa ur protokollet, Asabea skapar en relation till hur eleven ska blanda med hjälp av sina tidigare erfarenheter (rad 38–39). An bekräftar Asabea och mellanrummet fylls (rad 40). Svårigheterna som uppmärksammas i detta excerpt sker i mötet med protokollets instruktioner "blanda men använd ej mixer", elevernas svårighet som uttrycks i samtalet är "*hur ska en blanda utan mixer*" med andra ord "*vad som ska göras*". Dessa svårigheter hanteras med hjälp av varandra.

An berättar en insikt om buffert för Asabea:

Excerpt 7

41. An: Mm, tvätta två gånger med buffert A. Jag trodde de menade när man tvättade att man varje gång skulle ha den där Washing...
42. Asabea: Vadå?
43. An: När jag gjorde fel, jag trodde att Washing buffert att man skulle ha den varje gång man tvättade.

Excerpten synliggör ett mellanrum, detta i mötet med protokollet genom att An uppmärksammar själv att eleven tidigare har uppmärksammat ett mellanrum (rad 41–43). Eleven använder tidigare erfarenheter med nya erhållna erfarenheter och konstruerar en relation till de olika buffertarna som tillsätts. Svårigheten som uttrycks i detta exempel är "*vad som ska tillsättas vid tvättning av prover*". I excerpten hanterar eleven svårigheten med hjälp av sig själv.

Elevers analys av resultat

Analys av resultat innefattar delmomentet där eleverna tolkar sina pyrogram (se exempel i figur 2) med sin misstänkes sekvens, varje pyrogram startar med en referenstopp och respektive grupp tilldelas även ett referenspyrogram. Elevernas jämför sitt pyrogram med Polisens för att se ifall sekvenserna stämmer överens. För detta moment har ett urval gjorts och tre representativa excerpt valts och presenteras nedan. Dessa samtal synliggör elevernas reflektioner i att tolka sina pyrogram.

Jannis och Line diskuterar hur de ska tolka topparna i sitt pyrogram:

Excerpt 8

44. Jannis: Där borde de då vara två topp...Nä, det här...
45. Line: Det där är två, jag skulle säga att det är två
46. Jannis: För jag tänker ändå att det liksom, för det där är ju...alltså den är ju inte dubbelt så hög som första toppen, om du liksom kollar på höjden.

47. Line: Nä, men hur ser bredden ut då?
[Jämför med referenstoppen i pyrogrammet]
48. Jannis: Bredden skulle typ kunna vara lit..lite bredare, men absolut inte mycket mer.... eller det kanske är två för den här är ju ändå lite mer... Den där är ju under hälften och den där över hälften.
49. Line: Mm... men det är uppskattningsvis. Jag skulle säga att det är två toppar.
[...]
50. Jannis: Mm...

Samtalet inleds med att Jannis uppmärksammar ett mellanrum i mötet med pyrogrammet, eleven uttrycker en fundering huruvida en av topparna motsvarar två kvävebaser eller inte (rad 44). Line svarar att pyrogrammet motsvarar två kvävebaser (rad 45). Jannis försöker etablera en relation till mötet med pyrogrammet, genom att jämföra toppen med den första toppen i pyrogrammet som är en referens som motsvarar en kvävebas (rad 46). Line besvarar tanken med att Jannis måste jämföra bredden också (rad 47). Jannis försöker igen konstruera en relation (rad 48). Line uttrycker ”att det är två toppar”, vilket kan ses som ett mellanrum då topparna motsvarar antal kvävebaser, då det inte framgår ifall eleven endast är råkar uttrycka sig hastigt med fel term (rad 49). Följande eventuella mellanrum dröjer kvar. Jannis väntar och bekräftar det Line precis sagt och de är överens, en relation konstrueras till pyrogrammet och mellanrummet fylls (rad 49–50). Följande står fast mellan eleverna. Detta excerpt utmärker svårigheter kring ”*hur pyrogrammet ska avläsas*”, som eleverna hanterar i samråd med varandra.

An, Asabea och Besökshandledaren samtalar om hur pyrogrammet ska avläsas:

Excerpt 9

51. An: Det tror jag. Tror du att det här tre?
52. Asabea: Det känns som den här går lite över såhär det sista strecket här... 116.
53. An: Ah!
54. Besökshandledare: Strunta i siffrorna, strunta i siffrorna! Bara titta på *hör inte*
[Tilltalar hela klassen]
55. Asabea: Jag skulle säga det här är typ två, det där är en och det där är tre.
56. An: Mm...

I mötet med pyrogrammet när An frågar Asabea angående antal toppar uppmärksammas ett mellanrum (rad 51). Asabea besvarar An (rad 52). Besökshandledaren inflikar i konversationen och tilltalar hela klassen att eleverna ska strunta i siffrorna (rad 53). Asabea uppmärksammar ett mellanrum till besökshandledaren, och omkonstruerar det eleven tidigare sagt till An (rad 55). Asabea och An är överens (rad 55–56). Följande excerpt uttrycker svårigheter i ”*hur pyrogrammet ska avläsas*” och hanteras i samråd med varandra och besökshandledaren.

Bonnie, Line, Elif, Jannis och Läraren samtalar om vad referenspyrogrammet ska användas till:

Excerpt 10

57. Bonnie: Vi hittar inte vår...fast ska man hitta den här sekvensen någonstans här eller?
58. Line: Det där är bara för att ni ska jämföra.
59. Bonnie: Men vad ska man jämföra?
60. Jannis: Den här sekvensen som står här, den ska vi kunna sam...För vi har den här sekvensen på nån av de här ställena och då är det ni.
61. Lärare: De här ska va identiska, det här är som ett facit.
62. Elif & Bonnie: Mm...
63. Lärare: Den här ska stämma överens med den här.
64. Bonnie: Det gör den inte, hehe!
65. Lärare: Så har jag uppfattat det.... Det är väll så att de här små rackarna tillhör väll bakgrundsbruset. Där har ni T... C...
66. Bonnie: Aha! Du menar.. aha så! C, T, C T C. Åh gud, det, det är ju exakt...Ja!

Vid mötet med pyrogrammet uppmärksammar Bonnie ett mellanrum i vad de ska använda det utdelade referenspyrogrammet till (rad 57). Bonnie försöker konstruera en relation med hjälp av klasskamraters erfarenheter som bekräftar mellanrummet ytterligare (rad 58–59). Jannis och läraren förklarar och då synliggörs ytterligare ett mellanrum för Bonnie i tolkning av pyrogrammet (rad 61–64). Med hjälp av läraren och eleverna konstruerar Bonnie en relation till pyrogrammet och elevens mellanrum fylls (rad 65–66). Bonnie bekräftar det läraren säger med egna ord, detta synliggör att eleven konstruerar en relation, samtidigt som ett mellanrum i att avläsa pyrogrammet synliggörs och men fylls (rad 66). Svårigheten som uppkommer under följande del är *”hur pyrogrammet ska avläsas”* och *”vad ska referens pyrogrammet användas till”*, som eleverna hanterar i samråd med gruppen.

Sammanfattningsvis, under laborationen i kriminalteknik på Vetenskapens Hus uppmärksammade eleverna mellanrum och lyckades med att konstruera relationer med hjälp av varandras, lärarens och besökshandledaren. De flesta mellanrum lyckades eleverna konstruera relationer till, ur excerpt 5 dröjer mellanrum kvar i huruvida det finns vätska kvar i eppendorfröret eller inte (rad 27–36). Dessa mellanrum har operationaliserats i termen av svårigheter och de som synliggjordes under laborationen var; *”hur ska pipetten användas?”* (rad 1–6, 10–13, 14–17, 17–20, 36–40), *”vad är uppgiften?”* (rad 7–10), *”vad som ska tillsättas vid tvättning av prover?”* (rad 41–43), *”hur ser en om det är vätska kvar i eppendorfröret”* (rad 26–35), *”när ska pipettspetsen bytas?”* (rad 21–25), *”hur avläses pyrogrammet?”* (rad 44–50, 51–56, 57) och *”vad ska referens pyrogrammet användas till?”* (rad 57–66). Ett återkommande mönster i svårigheterna som uppstår är att det handlar om handhavandet, i vad som ska göras och i hur något görs. Ingenting i elevernas utsagor tyder på svårigheter kring den teoretiska kunskapen som laborationen är baserad på, utan elevernas fokus ligger på själva handhavandet. I excerpten exemplifieras att svårigheterna uppstår i mötet med genomförande steg i laborationen, exempelvis i pipettanvändandet som är en genomgående svårighet under laborationen, inte bara i momentet där eleverna ska öva på att pipettera (rad 1–6, 10–13, 14–17, 17–20, 36–40). Denna återkommande svårighet visas likväl i sammanställningen av de uppkomna mellanrummen ses i

figur 3. Största delen svårigheter som eleverna stötte på under laborationen hanterades med hjälp av varandra utan samråd med besökshandledaren eller läraren (rad 1–6, 7–13, 21–25, 36–40, 41–43, 44–50). Medan andra svårigheter hanterade eleverna tillsammans med besökshandledaren eller läraren (rad 14–20, 26–35, 51–56 och 57–66).

Diskussion i uppföljningslektionen

För att svara på den andra forskningsfråga (vilka frågor om bioteknik uppstår när eleverna diskuterar laborationen under uppföljningslektionen i skolan?) presenteras här sex excerpt där elever diskuterar de olika stegen som beskrivs laborationens instruktion.

An, Minna och Elif diskuterar buffertarnas funktion i laborationen:

Excerpt 11

67. An: Varför tvättar man med den ena först och den andra sen och inte...?
68. Minna: Men de är två olika ämnen tror jag...
69. Elif: Aa men...
70. An: Ja, men vad har de för funktion?
71. Elif: Aa...
72. An: Det är det vi undrar?
73. Minna: Buffertens funktion tror jag är att pH...
74. An: Ska vara optimalt... för en buffert är ju något man sätter i... tror jag
75. Elif: Aha... så...
76. An: Men då är det då att den andra bufferten är mer optimalt för det pH:t för bara när den ena strängen är kvar då kanske? Det kan vi ju anta.

Samtalet inleds med att ett mellanrum uppmärksammas i mötet med protokollet, An funderar kring varför de tvättar provet med olika buffertar (rad 67). Minna försöker konstruera relationen genom att besvara Ans fråga med tidigare erfarenheter, i detta uppmärksammas ett mellanrum för Minna (rad 68). Ans mellanrum dröjer kvar och eleven förtydligar sin fråga i vad har respektive buffert för funktion och då uppmärksammas ytterligare ett mellanrum (rad 70). Elif håller med. Minna delar med sig av en tidigare erfarenhet, som gör att An kopplar det Minna säger till tidigare erfarenheter (rad 72–73). Elif bekräftar och uppmärksammar ett mellanrum, men konstruerar en relation till Ans påstående till buffertars funktion (rad 75). An avslutar med en ytterligare erfarenhet och en relation konstrueras (rad 76). Dock framgår det inte huruvida Minnas mellanrum dröjer kvar eller ej. De frågor som togs upp i detta excerpt är ”*varför används olika buffertar?*” och ”*vad är buffertarnas funktion?*”. Eleverna besvarar frågorna genom att konstruera relationer med hjälp av varandras tidigare erfarenheter för att dra slutsatser i form av antaganden. An och Elif får svar på sina frågor, men om Minna fick svar på sin fråga framgår inte i excerpten.

Allan, Line och Joakim diskuterar varför det används olika buffertar i laborationen:

Excerpt 12

77. Line: Mm, det var det vi tänkte på också... men varför använder vi inte någon av dem andra? Varför är det just en annan?
78. Allan: Ja precis, varför använder vi inte samma buffert hela tiden om det bara är som tvättmedel allihopa?
79. Line & Joakim: Mm...
80. Allan: Det är märkligt för jag råkade ta fel, vad heter den buffert andra gången vi tvätta...
81. Line: Jaha, haha!
82. Allan: ...men det gick ju ändå bra liksom. Så de verkar ju ändå fungera ganska bra ändå.
83. Line: Ja... vad är det för skillnad på dem då?
84. Joakim: Det är säkert en sån där jätteliten grej... en jätteliten skillnad på dem.

Line inleder med att uppmärksamma ett mellanrum och undrar varför de tvättar provet med olika buffertar (rad 77), Allan hakar på Lines tanke och även denne uppmärksammar ett mellanrum i frågan (rad 78). Allan använder ordet "tvättmedel", vilket betyder att ordvalet står fast mellan Allan, Line och Joakim, då Line och Joakim inte ifrågasätter ordvalet utan bekräftar Allan (rad 78–79). Allan delar med sig av en tidigare erfarenhet från laborationen på Vetenskapens hus och talar om att elevens laborations grupp använde en annan buffert och fick trots det ett bra resultat (rad 80). Line uttrycker ett mellanrum i vad för skillnad det är mellan bufferterna (rad 83). Joakim avslutar med ett antagande i att det förmodligen är en liten skillnad mellan buffertarna (rad 84). Mellanrummen som uppmärksammas dröjer kvar och inga relationer etableras. I samtalet synliggörs följande frågor, "varför används olika buffertar?", "vad är buffertarnas funktion?" och "varför kunde fel buffert användas utan att resultatet påverkades?", från följande frågor försöker eleverna etablera relationer i form av antaganden till frågorna. Dock lyckas inte eleverna etablera relationer och kunde inte hjälpa varandra i relationsbygget med deras tidigare erfarenheter. Vilket betyder att dröjer kvar och likaså mellanrummen.

Line, Allan och Joakim återgår till samma diskussion som ovan och diskuterar buffertarnas funktion:

Excerpt 13

85. Line: Det var vi heller inte säkra på, varför man tvättade det kanske är för det fanns orenheter från DNA:t på den misstänkta som man vill få bort. För det här lagret har ju liksom DNA:t man vill ha som är liksom fäst på magnetkulorna och inte massa annat som man kanske inte vill ha och flyter runt i lösningen.
86. Allan: Å sen så tänkte... men vad är skillnaden mellan TE och WB. TE är ju tris-EDTA...

87. Joakim: Det var det vi också...
88. Allan: Så den gör ju liksom någonting annat...
89. Joakim: Ja...
90. Allan: Men vad gör den?
91. Line: Ja det är frågan...snabb-googling kanske?
[Läser på google]
Men det kanske är en speciell buffertlösning som inte innehåller massa vanliga ämnen som annars kanske stör?
92. Allan: Så, den tvättar bort störande ämnen alltså?
93. Line: Ja, det kanske är så...bara för att tvätta.
94. Joakim & Allan: Mm...

I detta excerpt är deltar samma elever som excerpt 12 ovan, eleverna återkommer till den förgående kvardröjda frågan, varför används olika buffertar. Line inleder med att presentera två antaganden i form av tidigare erfarenheter i mötet med protokollet (Rad 85). Allan uppmärksammar ett mellanrum i vad skillnaden är mellan ”TE” (tris-EDTA) och ”WB” (Washing buffert) i mötet med Lines påstående (rad 85–86). Likaså uppmärksammar Joakim ett mellanrum i frågan (rad 87). Vilket bekräftar att mellanrummen i excerpt 12 har dröjt kvar. Line försöker etablera en relation genom att ”snabb-googla”, senare efter Line har googlat, gör eleven ett antagande i att buffertlösningen är speciell och inte innehåller ”störande ämnen” (rad 91). Allan besvarar Line med en fråga, där ett mellanrum uppmärksammas för Allan (rad 92). Line etablerar en relation till tvättning och buffert, samtidigt som mellanrummet fylls (rad 93), som Allan även konturerar en relation till (rad 94). I detta excerpt synliggörs frågan ”*varför används olika buffertar?*”. Eleverna hanterar svårigheterna i samråd med varandra.

Nedan presenteras ett urval av tre excerpt som behandlar frågor som uppkommit för eleverna under uppföljningslektionen som behandlar Streptavidins magnetiska egenskaper, DNA-strängens vätebindningar och primerns funktion.

I Allan, Line och läraren diskuterar magnetkulorna och streptavidins relation:

Excerpt 14,

95. Allan: Aa, biotin binder till magnetkulornas streptavidin.
96. Line: Aa.
97. Allan: Det är nummer tre...eh...
98. Line: Fast streptavidin sitter nog inte vid magnetkulorna just då...eller gör de? För magnetkulorna blir inte magnetiska förens man har själva magneten på dem, eller?... Funkar det inte så?
99. Lärare: Ja, dem är magnetiska...kulorna.
100. Allan: Ja, de är magnetiska.

101. Line: Aa, så magneten är bara för att få dem...?
102. Lärare: Ja, för att fånga kulorna.
103. Line: Aah okej, ja men då sitter de på kulorna från början.
104. Allan: Mm.

Samtalet inleds med att Line yttrar sig och Allan håller med, det står fast för eleverna (rad 95–96). Line uttrycker en tanke om Streptavidinet alltid är bundet till magnetkulorna eller ej, alltså uppmärksammas ett mellanrum (rad 98). Läraren och Allan bekräftar att kulorna är magnetiska, att streptavidinet är bundet till magnetkulorna (rad 99–100). Line försöker etablera en relation och ställer en till fråga, som synliggör ett mellanrum (rad 101). Läraren bekräftar Line och Line etablerar en relation till att streptavidin är bundet till magnetkulorna från början, som Allan håller med om och detta står nu fast (rad 103–104). Frågan som synliggörs ”är streptavidin alltid bundet till magnetkulorna?” och ”vad magnetställets funktion är?”. Eleverna besvarar frågan med hjälp av varandras tidigare erfarenheter och lärarens stöd.

An, Elif, Minna och läraren diskuterar tankar kring DNA:s vätebindningar:

Excerpt 15

105. Elif: Alltså, eh när den andra strängen, alltså bryts av. Vad händer med de bindningarna som finns kvar på den som behövs, den strängen?
106. Minna: Aa, Aha, aa...
107. Lärare: Mm...
108. Minna: Hm...det är en bra fråga!
109. Elif: Ja, det kan man fråga sig haha!
110. Minna: Men de måste binda till någonting...för de kan inte bara vara ensamma.
111. Elif: Aa...så var är det den binder till?
[...]
112. Lärare: Haha! Men kan dem inte vara ensamma? Kan de inte binda till något då?
113. Magda: Aa... fria radikaler.
114. An: De föredrar ju att binda till någonting...
115. Lärare: Aa...
116. An: Men om det inte finns något att binda till så kan de ju inte liksom...
117. Lärare: Sen ska de ju binda, ni ska ju tillsätta nukleotiderna, det är ju då de ska binda va?
118. Elif: Aa, men alltså molekyler gillar ju inte att vara typ laddade så skulle ju

helst vilja...

119. Lärare: Ja, men det är ju en vattenlösning så att så att vatten binder dem ju till.

120. Elif: Aha...

Elif uppmärksammar ett mellanrum när eleven förmedlar en tanke om vad som händer med vätebindningarna i det enkelsträngade DNA:t som inte tvättas bort, innan den komplementära strängen bildats (rad 105). Minna håller med och synliggör att även denna elev har ett mellanrum rörande frågan (rad 106). Eleverna bollar fram och tillbaka, läraren flikar in och ställer en fråga, som synliggör mellanrum hos Magda och An i frågan (rad 107–116). Eleverna bidrar med tankar för att försöka konstruera relationer, vilket läraren försöker stötta eleverna i med att följa upp med följdfrågor och avslutar med ett påstående (rad 117–119). Elif accepterar det läraren säger och konstruerar en relation till vätebindningarna (rad 120). Förmodligen dröjer Minnas, Magdas och Ans mellanrum kvar då annat inte framgår i excerptet. Frågan som diskuteras i samtalet handlar om *är "vad binder väderbildningarna till i det enkelsträngade DNA:t?"*. Vilket samtliga elever i denna del av samtalet uppmärksammar ett mellanrum i. En elev, Elif lyckas konstruera en relation till frågan och på så sätt löser frågan med hjälp av läraren och sina klasskompisars tidigare erfarenheter.

Joakim, Line och Allan diskuterar primerns funktion:

Excerpt 16

121. Joakim: Sen har vi primern...som vi tillsätter...?

122. Line: Aa...Det är ju för att avgränsa den DNA-sekvensen man vill ha.

123. Joakim: Aa...

124. Allan: Mm precis, så att de här DNA-polymeras som är ett av de här proteinerna som tillförs måste fästa någonstans på DNA-molekylen och för att veta var dem ska fästa så behövs det primers.

125. Joakim: Mm...

126. Line: Mm...Skriv det, det låter jättebra!

[Allan skriver]

127. Allan: Det var därför hon på Vetenskapens Hus sa att det var så viktigt att få i den, för att om man inte fick i den så...

128. Line: Nä... exakt.

129. Joakim: Nä.

130. Allan: ...då händer det ingenting. Då finns det ingenstans å fästa för dem här DNA-polymeras.

131. Joakim: Exakt.

Samtalet inleds med att Joakim uppmärksammar ett mellanrum i mötet med protokollet, i ifall en primer tillsätts, Line intygar och besvarar Joakims fråga (rad 121–122). Joakim svarar Line och konstruerar en relation till frågan (rad 123). Allan utvecklar Lines svar, som uppmärksammar ett

mellanrum och Line konturerar därefter en relation och mellanrummet fylls (rad 124–126). Allan tydliggör hans påstående och kopplar det till besöket på Vetenskapens Hus och eleverna håller med varandra resten av samtalet (rad 128–131). I detta samtal resonerar eleverna med tidigare erfarenheter, den frågan som uppvisas är *”vad är primerns funktion?”*, det vill säga Joakim och Lines tidigare mellanrum som fylldes genom att eleverna kunde etablera en relation till Allans tidigare erfarenheter och då löser eleverna frågan.

Sammanfattningsvis, analysen visar att i mötet med instruktioner uppstår frågor som kräver att eleverna resonerar om biotekniska aspekter av DNA-sekvensering. Detta avspeglas i de frågor som dök upp; *”varför används olika buffertar?”* (rad 67–76, 77–84, 85–94), *”vad är buffertarnas funktion?”* (rad 70–76, 80–84), *”hur fungerar Streptavidins magnetiska egenskaper?”* (rad 95–104), *”varför används olika buffertar?”* (rad 105–120) och *”vad är primerns funktion?”* (rad 121–131). Frågorna synliggör att det krävs att eleverna elevernas får möjlighet att reflektera över handhavandet och koppla det till biotekniska aspekterna av DNA-sekvensering, alltså dess teoretiska kunskap. Till dessa frågor försöker eleverna etablera relationer både i samråd med varandra och med läraren, som gör att dem tar sig vidare i samtalen. Detta framgår exempelvis i excerpt 12 och 13, som exemplifierar ett samtal där eleverna löser med ett antagande en fråga i samråd med varandra, där eleverna sedan återgår tillbaka till frågan och rekonstruerar antagandet (rad 77–84, 85–94).

Diskussion och slutsats

Syftet med denna studie var att utveckla en laboration på Vetenskapens Hus. Laborationen utvecklades med en uppföljningslektion i samråd deras lärare. Under laborationen analyserades vilka svårigheter eleverna stötte på under laborationen och hur eleverna löste dem. Medan under uppföljningslektionen analyserades vilka frågor som uppmärksammades. Analysen av laborationen visar att de svårigheter som eleverna mötte under laborationen på Vetenskapens Hus handlade om praktiskt handhavande, som de löste främst i samråd med varandra, sekundärt med besökshandledaren eller läraren. Analysen av uppföljningslektionen visar att de frågor som eleverna ställde i mötet med laborationens instruktion uppmärksammade metodologiska och teoretiska aspekter av DNA-sekvensering och hjälpte dem att fördjupa sin förståelse i bioteknik. Detta går i linje med det som tidigare studier visat, att en uppföljningsaktivitet av undervisningen i en informell lärandemiljö främjar elevers lärande (Anderhag, 2015; DeWitt & Hohenstein, 2010; DeWitt & Storksdieck, 2008; Dierking, 2005).

I studiens analys framgår det att elevernas svårigheter uppstår i mötet med undervisningens artefakter under laborationen, som till exempelvis pipetter, laborationens instruktioner och pyrogram. Samtalen skiljer sig åt mellan grupperna och eleverna stöter på olika svårigheter under laborationens gång. Vissa liknar dock varandra och en vanlig och återkommande svårighet i grupperna är framför allt hur pipetten ska användas för att pipettera, men exempelvis när dess pipettspetsen ska bytas och hur en håller i pipetten. Likväl synliggörs svårigheter i mötet med pyrogrammen från DNA-sekvenseringen, i hur det ska avläsas och tolkas. Eleverna försöker lösa de uppkomna svårigheterna främst i samråd med varandra och sekundärt med hjälp av besökshandledaren eller läraren. Dessa svårigheter avspeglas i linje med besökshandledarens och lärarens avsedda syfte för laborationen. Vilket är, att ge elever möjligheten att genomföra en DNA-sekvensering med hjälp av avancerad teknik, som skolor vanligtvis inte har tillgång till. Syftet handlar även om att få kunskap om hur en DNA-

sekvenseringsmetod fungerar, likväl få en inblick hur det är att arbeta som biotekniker. För att eleverna ska få känna på hur det är att arbeta som biotekniker är laborationen utformad efter hur det kan se ut i verkligheten. Ingenting i elevernas samtal implicerar på svårigheter i den teoretiska kunskapen som laborationen bygger på, utan elevernas fokus riktas hela tiden till det praktiska handhavandet. Alltså behandlas inte de teoretiska delarna i syftet i hur en DNA-sekvenseringsmetod faktiskt fungerar. Följaktligen betyder det att inte hela syftet för laborationen behandlas fullt ut. Utifrån resultatet av analysen från laborationen utvecklades en uppföljningslektion i samråd med klassens lärare, med avsikt att behandla just denna del av syftet. Läraren konstruerade syftet för uppföljningslektionen och uttryckte det i att eleverna ska få en klarhet över hur de praktiska momenten hänger ihop med teorin (Personlig kommunikation, 1 februari 2019). I analysen för uppföljningslektionen åskådliggjordes att elevernas frågor uppmärksammades i mötet med laborationens instruktioner under deras samtal, exempelvis frågor kring buffert var återkommande under samtalets gång i båda grupperna. Övrigt skiljer sig gruppernas samtal sig emellan och även i hur mycket eleverna behandlar varje fråga. Eleverna diskuterar och försöker lösa dessa frågor i samråd med varandra och även med hjälp av läraren. Frågorna visar att eleverna behöver resonera om biotekniska aspekter av DNA-sekvensering för att kunna besvara sina ställda frågor, samtidigt som frågorna grundas i de praktiska momenten. Frågorna kan därmed avspeglas i laborationens syfte och indikerar att eleverna arbetar mot syftet för uppföljningslektionen.

Studiens resultat visar likt tidigare forskning att uppföljningsaktiviteter efter undervisning i informell lärandemiljö gynnar elevernas lärande (Anderson et al., 2000; DeWitt & Osborne, 2010; DeWitt & Storksdieck, 2008; Falk & Dierking, 2013). Vilket kan ses i de frågor som eleverna ställer under uppföljningslektionen, att de får möjlighet att dyka ner på djupet i de biotekniska aspekterna av DNA-sekvensering. DeWitt och Storksdieck (2008) menar att en uppföljningsaktivitet kan främja utvecklingen av kognitiva- och affektiva förmågor i lärandet. Detta avspeglas i analysen för uppföljningslektionen i elevernas ställda frågor, som framförallt behandlar kognitiva aspekter där det bland annat krävs en reflektionsförståelse för att besvara deras frågor. Likväl som frågorna explicerar på att eleverna drivs av lust att söka svar på sina frågor i uppföljningslektionen där de försöker dyka djupare i frågor och exempelvis återkommer i ett av fallen till frågan kring buffert (rad 77–84, 85–94). Medan de uppkomna svårigheterna indikerar mer på psykomotoriska förmågor med ett fokus på handhavandet. I dessa svårigheter är det svårt att se huruvida eleverna behandlar affektiva aspekter i sin kommunikation, då de samtalar främst om handhavandet. Dessutom behandlas inte affektiva förmågorna automatiskt i ett genomförande av en laboration, utan det är viktigt att elever kan knyta ihop teori och laborationer för att lärandet ska behandla just denna aspekt (Högström et al., 2006; Millar, 2004). Vilket uppföljningslektionen kan uppvisa i elevernas ställda frågor. På så sätt kan det såväl bekräftas att laborationen används som ett komplement till den ordinarie undervisningen, som Bell et al. (2009) likväl Falk et al. (2014) poängterar är en viktig aspekt vid nyttjande av informella lärandemiljöer. Laborationen i DNA-sekvensering i Kriminalteknik på Vetenskapens Hus erbjuder elever att genomföra en laboration med avancerad teknik, som skolor vanligtvis inte har tillgång till och hur det är att arbeta som biotekniker samt att få kontakt med naturvetenskap i en utanför skolan (Anderhag, 2015; Vetenskapens Hus, 2019). Eleverna får sedan möjlighet i skolmiljö att diskutera och återkoppla till vad dem faktiskt gjorde, detta kan resultera i ett långsiktigt lärande enligt DeWitt och Storksdieck (2008). Dessutom visar dessa resultat att läraren skapar en kontinuitet i elevernas lärande med uppföljningslektion för besöket i den informella lärandemiljön. Denna kontinuitet kan leda till att syftet tydliggörs för eleverna och även att och resulterar i ett förstärkt lärande (Anderson et al., 2000; DeWitt & Osborne, 2007, 2010).

Dock kan en ifrågasätta huruvida eleverna faktiskt är medvetna om syftet under laborationen. Säljö och Bergqvist (1997) samt Hofstein och Lunetta (2004) har uttryckt i sina respektive studier, att elever kan distraheras från syftet i laborationer. Dessa författare menar att en svårighet för elever i laborativt arbete är vanligen att förstå syftet, för att laborationer ofta behandlar flera olika moment och istället riktas fokus på det praktiska handhavandet i att genomföra laborationen. Dessa aspekter överensstämmer med aktiviteten på Vetenskapens Hus, då den innefattar många moment och dessutom är tre timmar lång. Därtill har studier visat att elever kan distraheras i en informell lärandemiljö, i och med att det är en ny lärande miljö med många intryck (DeWitt & Osborne, 2007). Flera studier har visat att detta kan undvikas om läraren lyckas förmedla tydliga explicita syften för laborationen till eleverna, vilket gör att eleverna vet vad som förväntas av dem och kan arbeta målinriktat och självständigt (Anderhag, Thorell et al., 2014; Högström et al., 2012). Följaktligen kan en återgå till tanken kring huruvida de affektiva förmågorna behandlas, om eleverna drivs av ett intresse i laborationens utförande eller om de bara gör det för de måste. En tanke som en kan ställa sig, i det som DeWitt och Hohenstein (2010) uttrycker "However, some previous work has characterized field trips to museums and science centers as 'missed educational opportunities' that failed to take advantage of the unique opportunities for learning afforded by such experiences." (s. 457), är hur elevers lärande hade sett ut utan en uppföljningslektion och besöket blir en isolerad aktivitet? Eftersom att i elevernas utsagor från laborationen inte nödvändigtvis behöver antyda att eleverna är medvetna om syftet, kan då ett besök leda till negativa konsekvenser i lärandet. I form av att eleverna inte känner sig delaktiga i ämnespraktiken och risk att elever inte skapar ett intresse, för att syftet möjligen inte blir tydligt och eleverna exkluderas från ämnespraktiken (Anderhag, Thorell, et al., 2014; Säljö & Bergqvist, 1997). Ifall laborationen ses utifrån detta perspektiv, kan en uppföljningslektion motiveras som en betydande utveckling av laborationen, för att inte lärandet ska få de ovan beskrivna negativa konsekvenser och att alla delar av laborationens syfte behandlas i elevernas samtal. Dock kan excerpten inte fastställa huruvida eleverna är medvetna om laborationens syfte eller. Då studien använder en analysmetod med ett pragmatiskt perspektiv och analyserar elevernas lärande i handling och därför synliggörs inte elevernas egna tankar (Wickman & Östman 2002; Wickman, 2004). Från denna synvinkel kan det vara intressant att komplettera studien med att intervjua eleverna, där de själva får berätta vad de anser syftet med lektionen och vad de lärt sig.

Hamza och Wickman (2009) beskriver lärandet som en kontingent process, alltså att lärandet påverkas av de tillfälligheter i elevernas möten som sker i undervisningen. Det kan därför vara betydande att tänka på att besök i informella miljöer påverkas av de tillfälligheter som uppstår i undervisningssituationen och att lärandets riktning inte kan förutspås (Hamza & Wickman, 2009; Piqueras et al., 2008). Elevers interaktioner är därför betydande för vilken riktning lärandet tar och vad som sker under en aktivitet (Anderhag, 2015; Piqueras et al., 2008). Denna studie är endast genomförd i en klass med i dessa elevers möten. Därför kan det vara lämpligt att genomföra studier i fler klasser för att få en större bild av vilka tillfälligheter, i form av svårigheter som dyker upp under besöket på Vetenskapens Hus. Likväl tillfälligheter i form av frågor i en uppföljningslektion. Dessutom har Vetenskapens Hus olika besökshandledare som leder skolbesöken, likaså har klasserna olika lärare. Till exempel har Anderhag, Thorell m.fl. (2014) genomfört en studie där två klasser medverkade med varsin lärare under en laboration. Klasserna genomförde precis samma laboration och lärarna hade samma syfte för lektionen, studien visade att vägen dit skilje sig åt, detta på grund av de oförutsedda tillfälligheter som uppstår i undervisningssituationer (Anderhag, Thorell et al., 2014). Även kan en studie genomföras i syfte för vilken inverkan en förberedelselektion kan ha för elevernas lärande under laborationen och hur detta kan påverka elevernas handlande under besöket på Vetenskapens Hus. DeWitt och Storksdieck (2008) menar att förberedelseaktiviteter är betydande

inför ett besök i en informell lärandemiljö. Förslagsvis kan både förberedelse- och uppföljningsaktiviteter hållas innan och efter ett besök i en informellmiljö, vilket enligt DeWitt och Storksdieck (2008) kan öka kvaliteten i undervisningen och maximerar lärandet av en informell lärandemiljö. Anderhag, Thorell et al (2014) uttrycker att det finns få studier som fokuserar på vad som sker i handling under laborationer, utan studier är mestadels baserade på intervjuer och enkäter kring elevers upplevelser i ämnet. Därför kan det vara intressant att göra fler liknande studier som denna som är i större omfattning. Detta för att få ett mer generaliserbart resultat, som gör en kvalitativ studie mer tillförlitligt (Bryman & Nilsson 2018).

Utifrån resultaten av denna studie kan förslag på utvecklingsmöjligheter presenteras för skolprogrammet i Kriminalteknik med DNA-sekvensering på Vetenskapens Hus. Analysen av laborationen behandlar, som nämnt, främst praktiskt handhavande som eleverna får möjlighet att utveckla under laborationen, men den bakomliggande teorin behandlas inte i elevernas utsagor. Ett förslag är därför att tydliggöra vad skolbesöket fokuserar på för förmågor, där läraren redan på hemsidan förbereds på att en uppföljningslektion krävs som behandlar den teoretiska kunskapen i genomförandet om DNA-sekvensering. Ett ytterligare förslag, DeWitt och Osborne (2010) argumenterar för är att informella lärandemiljöer kan erbjuda exempelvis korta filmklipp på deras hemsida för att maximera lärandet. DeWitt och Osborne (2010) menar att klippet kan visas innan besöket eller efter besöket i den informella miljön. Där effekten av att visa ett klipp innan besöket kan förbereda eleverna på vad som komma skall och leda till ökad motivation. Att visa ett klipp under en uppföljningslektion kan utgöra inledning för en diskussion och/eller användas som diskussionsutgångspunkt i en uppföljningslektion. DeWitt och Osborne (2010) anser att visa klipp eller foton kan stimulera positiva betingelser, som gör att eleven kopplar besöket till en positiv upplevelse. Denna förberedelse kan därför vara av värde för elever, för att just undvika risken att någon ska bli distraherad i en ny miljö. Detta särskilt för elever som tidigare inte befunnit sig i en sådan miljö menar DeWitt och Osborne (2010).

Även kan förslag yttras ur de svårigheter och frågor eleverna ställer sig kring laborationen under studiens två innefattande moment. Ett exempel på en återkommande svårighet från laborationen är användningen av pipetten. Detta trots att läraren uttryckt att eleverna har tidigare kunskaper och en vana av pipettanvändning (Personlig kommunikation, 25 januari 2019). Vilket visar att just pipettanvändandet inte står fast i miljön på Vetenskapens Hus, men enligt läraren står fast i skolan. Kan automatpipetter vara ett alternativ för att eleverna ska komma vidare i genomförandet och mer tid kan exempelvis läggas på svårigheten i att analysera pyrogram? Funderingar i laborationens struktur kan även framföras från de frågor eleverna ställer under uppföljningslektionen, exempelvis varför olika buffertar används som är en återkommande fråga i elevernas samtal. I excerpten är det tydligt att eleverna söker en djupare förklaring i varför det används olika buffertar och vad deras respektive funktion är, medan för att skapa en förståelse för laboration behöver eleverna rimligtvis veta att dem används för att skapa optimala saltkoncentrationer och pH för de reaktioner som ska ske. Detta antyder att eleverna har utmaningar i att avgränsa sig i hur djupt de ska gå i den teoretiska kunskapen i laborationen. Kan detta möjligtvis tydliggöras under laborationen på Vetenskapens Hus eller är detta en aspekt som en uppföljningslektion bör behandla?

I studien kan brister utmärkas, exempelvis att en del grupper inte kommunicerar lika mycket som främst avspeglas i figur 3. Detta kan även ses i de grupper som utslöt från studien, två grupper från laborationen i brist på kommunikation och en grupp från uppföljningslektionen på grund av att samtalet inte följde uppgiften. Detta kan möjligtvis bero på att eleverna inte kände inte känna sig trygga i ämnesspråket och dess normer, som Anderhag, Hamza och Wickman (2014) belyser som

viktiga aspekter i den naturvetenskapliga undervisningen för att känna sig inkluderad i ämnespraktiken. En annan anledning kan vara att eleverna inte hade syftet tydligt och kan leda till att intresseskapandet minskar för lärandet, som bland annat Säljö och Bergkvist (1994) visade i sin studie.

Avslutningsvis, i studien utvecklades ett skolbesök på Vetenskapens Hus med en uppföljnings där eleverna fick möjlighet att fördjupa sin förståelse om biotekniken i DNA-sekvensering som laborationen baserades på. Vilket tyder på att följande krävs för att eleverna ska dra så stor nytta som möjligt från sitt besök på Vetenskapens Hus. Studie visar sålunda hur ett besök i informell lärandemiljö kan utvecklas med en uppföljningslektion för att öka kvalitén i besöket. Detta i linje med tidigare forskning i att en uppföljningslektion kan vara betydelsefullt för elevers lärande (Anderhag, 2015; DeWitt & Hohenstein, 2010; DeWitt & Storksdieck, 2008; Dierking, 2005). Dock, som tidigare framhåvt bör vidare forsknings genomföras för att få mer tillförlitliga resultat kring detta.

Referenser

- Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2335–2353. <https://doi.org/10.1080/09500690802342836>
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Anderhag, P. (2015). *Hur kan informella lärmiljöer användas för att stödja elevers lärande och intresse för naturvetenskap?* Hämtad från https://www.researchgate.net/publication/274079976_Hur_kan_informella_larmiljoer_anvandas_for_att_stodja_elevers_larande_och_intresse_for_naturvetenskap
- Anderhag, P., Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2014). What Can a Teacher Do to Support Students' Interest in Science? A Study of the Constitution of Taste in a Science Classroom. *Research in Science Education*, 45(5), 749–784. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9448-4>
- Anderhag, P., Thorell, H. D., Andersson, C., Holst, A., & Nordling, J. (2014). Syften och tillfälligheter i högstadie- och gymnasielaborationen: En studie om hur elever handlar i relation till aktivitetens mål Purposes and contingencies in the lower and upper secondary school lab. *Nordic Studies in Science Education*, 10(1), 63–76. <https://doi.org/10.5617/nordina.862>
- Anderson, D., Lucas, K. B., Ginns, I. S., & Dierking, L. D. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities. *Research in Science Education*, 84(5), 658–679. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200009\)84:5<658::AID-SCE6>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200009)84:5<658::AID-SCE6>3.0.CO;2-A)
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A., & Feder, M. (2009). Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits. *Museums & Social Issues*, 4(1), 113–124. <https://doi.org/10.1179/msi.2009.4.1.113>
- Bryman, A., & Nilsson, B. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Stockholm: Liber.
- DeWitt, J., & Hohenstein, J. (2010). School trips and classroom lessons: An investigation into teacher-student talk in two settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 454–473. <https://doi.org/10.1002/tea.20346>
- DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685–710. <https://doi.org/10.1080/09500690600802254>
- DeWitt, J., & Osborne, J. (2010). Recollections of Exhibits: Stimulated-recall interviews with primary school children about science centre visits. *International Journal of Science Education*, 32(10), 1365–1388. <https://doi.org/10.1080/09500690903085664>
- DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A Short Review of School Field Trips: Key Findings from the Past and Implications for the Future. *Visitor Studies*, 11(2), 181–197. <https://doi.org/10.1080/10645570802355562>
- Dierking, L. D. (2005). Lessons without limit: how free-choice learning is transforming science and technology education. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 12, 145–160. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702005000400008>
- Falk, J., H., & Dierking, L., D. (2013). *The museum experience revisited*. Walnut Creek, Calif.: Left Coast Press.
- Falk, J., H., Needham, M., D., Dierking, L., D., & Prendergast, L. (2014). *International Science Centre Impact Study: Final Report*. Corvallis, OR.
- Füz, N. (2018). Out-of-School Learning in Hungarian Primary Education: Practice and Barriers. *Journal of Experiential Education*, 41(3), 277–294. <https://doi.org/10.1177/1053825918758342>
- Griffin, J., & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81(6), 763–779. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199711\)81:6<763::AID-SCE11>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199711)81:6<763::AID-SCE11>3.0.CO;2-O)
- Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2009). Beyond explanations: What else do students need to understand science? *Science Education*, 93(6), 1026–1049. <https://doi.org/10.1002/sce.20343>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>

- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2006). Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse. *Nordic Studies in Science Education*, 2(3), 54. <https://doi.org/10.5617/nordina.414>
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Lab Work and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education*, 40(4), 505–523. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9131-3>
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2012). Laborativt arbete i grundskolans senare år: Lärares perspektiv. *Nordic Studies in Science Education*, 6(1), 80. <https://doi.org/10.5617/nordina.332>
- Johansson, K. E. (2004). House of Science: a university laboratory for schools. *Physics Education*, 39(4), 342–345. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/39/4/002>
- Kisiel, J. (2005). Understanding elementary teacher motivations for science fieldtrips. *Science Education*, 89(6), 936–955. <https://doi.org/10.1002/sci.20085>
- Lunetta, V., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 392–441). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates inc.
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper presented at the Paper prepared for the meeting High school science laboratories: Role and vision. Washington, DC:National Academy of Sciences.
- Piqueras, J., Hamza, K. M., & Edvall, S. (2008). The Practical Epistemologies in the Museum: A Study of Students' Learning in Encounters with Dioramas. *The Journal of Museum Education*, 33(2), 153–164. <https://doi.org/10.1080/10598650.2008.11510596>
- Skolverket (2011a). *Ämne – Biologi* [Ämnesplan för grundskolan]. Hämtad 27 maj 2019 från <https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan/laroplan-lgr11-för-grundskolan-samt-för-forskoleklassen-och-fritidshemmet?url=1530314731%2Fcompulsorycw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DGRGRBIO01%26tos%3Dgr%26p%3Dp&sv.url=12.5dfce44715d35a5cdfa219f>
- Skolverket (2011b). *Ämne - Biologi* [Ämnesplan för gymnasiet]. Hämtad 27 maj 2019, från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DBIO%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfce44715d35a5cdfa92a3>
- Sturm, H., & Bogner, F. X. (2010). Learning at workstations in two different environments: A museum and a classroom. *Studies in Educational Evaluation*, 36(1–2), 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2010.09.002>
- Säljö, R., & Bergqvist, K., (1997). Seeing the light: Discourse and practice in the optics lab. I L. B. Resnick, R. Säljö, C. Pontecorvo, & B. Burge (Red.), *Discourse, tools, and reasoning: essays on situated cognition* (s. 385–405). Hämtad från <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3098715>
- Tiberghien, A., Veillard, L., Maréchal, J.-F. L., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483–508. <https://doi.org/10.1002/sci.1020>
- Vetenskapens Hus. (2019). Kriminalteknik med DNA-sekvensering, lång (gy). Hämtad 2019-03-04 från <https://www.vetenskapenshus.se/bokning/skolprogram/kriminalteknik-med-dna-sekvensering-lang-gy>
- Vetenskapsrådet. (2017). *God forskningssed*. Stockholm: Vetenskapsrådet. Hämtad 2019-05-22 från https://www.vr.se/download/18.2412c5311624176023d25b05/1555332112063/God-forskningssed_VR_2017.pdf
- Wickman, P.-O. (2004). The practical epistemologies of the classroom: A study of laboratory work. *Science Education*, 88(3), 325–344. <https://doi.org/10.1002/sci.10129>
- Wickman, P.-O., & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, 86(5), 601–623. <https://doi.org/10.1002/sci.10036>

Bilaga 1

PROVFÖRBEREDELSE FÖR PYROSEKVENSERING

Kemikalier: Magnetkolor (med streptavidin), DNA från en misstänkt* (med biotin), Washing buffer (WB), Tris-EDTA (TE), 0,1M Natriumhydroxid (NaOH), Annealing buffert (A), Primer NUSPT, Enzym, Substrat

***Misstänkta:**

Valdemar 68, Offer	Helene 34, Brorsdotter
Michelle 29, Hustru	Philip 42, Son
Albert 61, Halvbror	Ove 37, Känd brottsling
Edit 64, Butler	Katja 17, Barnbarn

Utförande:

1. Tvätta (se baksida) en gång med 50 µl WB.
2. Tillsätt 48 µl WB (ingen tvättning → använd inte magnetstället)
3. Tillsätt 52 µl DNA från misstänkt, blanda (slutvolym: 100 µl)
4. Inkubera i 20 minuter i 43°C
5. Tvätta två gånger med 50 µl TE
6. Tillsätt 20 µl NaOH, blanda
7. Inkubera i 1 minut i rumstemperatur **Obs! inte i magnetstället**
8. Tvätta två gånger med 50 µl buffert A
9. Tillsätt 20 µl buffert A
10. Tillsätt 2 µl primer NUSPT, blanda
11. Inkubera 3 minuter i 70°C
12. Låt provet svalna till rumstemperatur i 10 minuter
13. Tvätta två gånger med 50 µl buffert A
14. Tillsätt 40 µl buffert A och blanda
15. Tillsätt 6 µl **enzym** och 6 µl **substrat** – blanda (använd ej mixer!)
Provet är nu klart för sekvensering!

Stockholms universitet/Stockholm University
SE-106 91 Stockholm
Telefon/Phone: 08 – 16 20 00
www.su.se



**Stockholms
universitet**