GÖTEBORGS UNIVERSITET

Why aren't the kids down with Darwin?

En forskningsöversikt om evolutionsundervisningen

Fabian Anderson och Emelie Berggren
Ämneslärarprogrammet

Uppsats/Examensarbete: 15 hp
Kurs: LGBI2G
Nivå: Grundnivå
Termin/år: HT 2022
Handledare: Mats Andersson
Examinator: Mats Andersson
Kod: LGBI2G

Nyckelord: Evolution, Undervisning, Problematik, Missförstånd, Undervisningsmetoder, Religion.

Abstract

The theory of evolution is a complex scientific theory that contains several difficult concepts which can cause difficulties for both students and teachers around the world. In this literature analysis we aim to answer the questions: “What’s stopping students from understanding the theory of evolution, what seems to be the causes and what can be done to solve these problems?”. The results found in relevant research articles are summarized in this article. The articles used were found through search engines such as ERC and GU Supersök as well as through chain-searching. All of the referenced texts were peer-reviewed. The obstacles for students’ understanding that have been documented by researchers can be divided into three categories: cognitive difficulties, emotional difficulties and structural problems. The cognitive difficulties include complicated concepts, confusing the scientific meaning of a word with the everyday meaning and the creation of alternative ideas. The emotional difficulties are either due to religious beliefs or philosophical ideas. In connection to religious beliefs the link between accepting the theory of evolution and understanding it is discussed. The evidence on this particular subject is conflicting however, as such a link has yet to be definitely proven. The last category of obstacles to understanding discussed in the text is structural problems which consists of teaching methods that have proved to be ineffective in helping students understand the theory of evolution, as well as aspects of the school system and society itself which may affect students’ way of thinking. Research indicates that the theory of evolution needs to be introduced to students at an earlier age-level to increase the effect of the teaching. Also, the theory of evolution needs to no longer be taught as a separate subject in school and instead be seen as a framework for the biology subject. Other practical advice for teachers and educators which is supported by the research include supplying students with physical evidence of evolutionary processes taking place, respecting students' convictions and for the teacher to acquire an understanding of students’ knowledge levels before starting any teaching on the subject. All of these teaching methods as well as others mentioned later in the text have been shown by researchers to improve students’ understanding of evolution and increase knowledge-gain compared to other commonly used practices.

Sammanfattning

Evolutionsteorin är en komplex vetenskaplig teori som innehåller flertalet svåra begrepp och koncept som leder till svårigheter för både elever och lärare över hela världen. I denna forskningsanalys ämnar vi att svara på frågan: “Vad hindrar elever från att förstå Evolutionsteorin, vad är orsakerna och vad skall man göra för att lösa dessa problem?”. Således sammanställs de svårigheter som dokumenterats av forskningen samt andra relevanta aspekter av problemen. Sökmotorer, framförallt ERC och GU Supersök, användes för att finna forskningsartiklarna som hänvisas till i texten. Alla texter som används i analysen är peer-reviewed. De förståelsehinder som forskningen funnit kan delas in i tre kategorier: kognitiva svårigheter, emotionella svårigheter och strukturella problem. De kognitiva svårigheterna är bland annat komplicerade begrepp, förväxlingar med vardagsbegrepp och skapandet av alternativa förklaringar. De emotionella svårigheterna är antingen religiösa eller vetenskapsfilosofiska i sin grund. I samband med religiös tro diskuteras även kopplingen mellan acceptans av evolutionsteorin samt förståelse av den. Forskningen är dock motstridig på denna punkt och någon sådan koppling har inte kunnat bevisas. Den sista typen av problem som diskuteras i texten är strukturella problem som innebär att lärarens och skolans undervisningsmetoder har påvisats vara ineffektiva i att få elever att förstå evolutionsteorin. Forskningen tyder på att evolutionsteorin behöver introduceras i tidigare årskurser för att öka undervisningens effektivitet. Evolutionsteori bör även ses som ett ramverk som genomsyrar hela biologiämnet. Mycket av forskningen ger också praktiska råd. Bland annat handlar det om att ge fysiska bevis för evolutionen, respektera elevers övertygelser och att ha god förståelse för elevers kunskapsnivåer innan påbörjad undervisning. Alla dessa undervisningsmetoder är sådana som forskning visat på är effektiv och har lett till ökad kunskap och förståelse.

Abstract **2**

Inledning **4**

Bakgrund **5**
1. Conceptual change 5
2. Evolutionsteorin i skolor över världen 6
3. Evolutionsteorin i svenska skolan 6

Metod **7**

Resultat **9**
1. Typer av svårigheter 9
2. Nyckelkoncept 10
3. Kognitiva problem 11
    3.1 Begrepp 11
    3.2 Alternativa förklaringar 12
    3.3 Teleologiska förklaringar 13
4. Emotionella svårigheter 14
    4.1 Evolutionsteorin och religiösa motsättningar 14
    4.2 Är tron ett hinder för förståelse? 15
5. Undervisningsproblem 16
    5.1 Strukturella Problem 16
    5.2 Problematiskt språk 16
    5.3 Samhällsproblem 17
6. Hur lyckas man med evolutionsundervisning - Vad säger forskningen? 17
    6.1 Hur uppnås Conceptual Change? 17
    6.2 Undervisningsmetoder 19
        6.2.1 Den vetenskapliga metoden 19
        6.2.2 Acceptans och förståelse 19
        6.2.3 När och hur mycket ska man prata om evolutionen? 20
        6.2.4 Motverka alternativa förklaringar 20

Diskussion och Avslutande ord **22**

Referenser **24**

Inledning

Evolutionsteorin är en välkänd och en väl accepterad vetenskaplig teori som lärs ut i skolor från tidig ålder världen över. Har man inte förstått evolutionsteorin och naturligt urval, kommer man aldrig förstå hur eller varför vi har den mångfald och komplexitet bland levande varelser idag, vilket kan innebära att man inte ser värdet av den heller. Forskningen visar på att det finns många missuppfattningar hos elever och studenter på alla undervisningsnivåer om ett flertal av evolutionens mest grundläggande koncept. Många aktuella samhällsproblem visar på en bristande förståelse av evolutionsteorins grundläggande idéer, vilket vi anser visar på vikten av att lyckas med undervisning i ämnet.

Vår biologiska mångfald är hotad på många fronter idag, av ökande industrialisering, skogsröjning, bränder och klimatförändringar för att bara nämna några. Lyckad undervisning i evolutionsteorin tror vi skulle leda till en större förståelse av värdet av den biologiska mångfald vi har och kanske då även öka ansträngningen för att behålla den.

Antibakteriell eller antimikrobiell resistens är ytterligare ett aktuellt samhällsproblem där felaktig användning eller överanvändning av antimikrobiella produkter orsakat en ökande mängd patogener som är resistenta mot de ämnen som används mot dem. I ett allt mer troligt skräckscenario kan detta leda till att vi i framtiden inte har mediciner för att bota många vanligt förekommande sjukdomar. Utvecklingen av resistenta mikrober är ett modernt exempel på evolution genom naturligt urval. En grundläggande förståelse av evolutionsteorin skulle i detta fall underlätta för gemene man att förstå problemet med resistenta mikrober samt vad de kan göra för att undvika skräckscenariot.

I denna litteraturanalys har vi sammanställt relevant forskning i ämnet evolutionsundervisning med målet att ta reda på vilka hinder till förståelse och acceptans av Evolutionsteorin elever bär med sig in i klassrummet, vad de bakomliggande orsakerna är till dessa hinder och hur man som lärare på bästa sätt bemöter dem.

Bakgrund

Evolutionsteorin är den bästa förklaringen till den mångfald och artrikedom vi har idag, men trots sin höga status som vetenskaplig teori finns det mycket kring evolutionsteorin som gör den svårförståelig och lätt att missuppfatta. Forskning har visat att det som främst gör evolutionsteorin komplicerad är att det i grunden är en statistisk process där små förändringar över lång tid får en stor sammanlagd effekt (Thagard & Findlay, 2010). Det finns dock många fler svårigheter med att få elever att både förstå och acceptera evolutionsteorin som kommer förklaras vidare i resultatet.

1. Conceptual change

conceptual change är en sorts inlärning som bygger på att ny kunskap antingen kan assimileras in i elevens existerande världsbild, det vill säga smidigt integreras i elevens kunskap. Alternativt kan världsbilden behövas justeras för att den nya kunskapen ska kunna accepteras, så kallad ackommodation. Båda dessa processer leder till *conceptual change* (Posner m.fl., 1982). Förståelse och acceptans av ett nytt koncept börjar när eleven blir missnöjd med sin nuvarande världsbild då de misslyckas med att förklara ett fenomen (exempelvis evolutionen). Om eleven förstår den nya mer vetenskapligt korrekta förklaringen som den får av exempelvis läraren och den verkar trovärdig för eleven kan den accepteras antingen via assimilering eller ackommodation och då kan man säga att det skett conceptual change (Deniz m.fl., 2008; Posner m.fl., 1982). Detta är en för eleverna nödvändig process att genomgå för att fullkomligt förstå och acceptera ny kunskap som exempelvis evolutionsteorin.

2. Evolutionsteorin och religion i världen

Hur undervisningssystem i världen behandlar den påstådda konflikten mellan tro och evolutionsteorin beror på vilken religion och vilket land man undersöker. I västvärlden är det vanligt att konflikten inte är lika uttalad i undervisningen med vissa undantag. I USA finns det delstater som kräver att kreationismen lärs ut samtidigt

som evolutionen, i andra fall försöker skolor direkt motbevisa evolutionen (*States that Don't Teach Evolution, 2022*). I länder där Islam är den huvudsakliga religionen är det inte ovanligt att det är förbjudet att lära ut evolutionsteorin (Alassiri, 2020). I vissa muslimska länder är det uttalade målet med evolutionsundervisningen att ge eleven uppskattning för guds skapelse (Asghar m.fl., 2010) vilket är i klar konflikt med evolutionsteorin. Detta kan leda till att elever har svårt att acceptera evolutionsteorin, när de utbildar sig på högre nivå, då den inte passar in med vad de lärt sig. Elever med föräldrar som själva gått utbildning på universitetsnivå verkar däremot mer benägna att acceptera evolutionsteorin, möjligen då föräldrarna redan känner till den och eleverna kan ha hört talas om teorin hemma (Deniz m.fl., 2008). Att ha kunskap om olika länders undervisning om evolutionen blir allt mer relevant då det inte är ovanligt att ha elever i sin klass med många olika nationaliteter och ursprung. Det är därför viktigt att ha kunskap om vilka konflikter som kan uppstå mellan en elevs tro och evolutionsundervisning, något som belyses senare i uppsatsen. Dessa motsättningar gör det svårare för elever att acceptera evolutionsteorin men inte nödvändigtvis att förstå den.

3. Evolutionsteorin i svenska skolan

Enligt Skolverkets läroplan för grundskolan lärs evolutionen tidigast ut vid årskurs 4 (*Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet* [Lgr22], 2022). Detta sker i biologikursen då eleverna enligt kursplanen skall lära sig om: ”Vad liv är och hur livets utveckling kan förklaras med evolutionsteorin. Biologisk mångfald och organismers anpassningar till miljön.” (Lgr, 2022). Hur djupgående denna aspekt av biologiundervisningen är lämnas till den individuella läraren. Det är värt att nämna att evolutionsteorin inte explicit nämns i betygskraven (Lgr, 2022). Detta kan potentiellt betyda att en elev kan klara kursen utan att ha en grundläggande förståelse för evolutionen. Hur evolutionsundervisningen ser ut i gymnasiet beror på de val som eleven gör. I gymnasieskolan finns det flera olika kurser som innehåller undervisning om evolution. Den vanligaste är den som ingår i ämnet naturkunskap. Här ser det olika ut beroende på vilken eller vilka kurser eleven läser. Om de läser Naturkunskap 1a1 och 1a2 eller Naturkunskap 1b kommer de endast få lära sig om evolutionen i relation till gentekniska applikationer. Väljer eleverna att gå naturkunskap 2 får

eleven en mer djupgående inblick i evolutionen. I denna kursen täcks inte bara evolutionens mekanismer i detalj utan också organens evolutionära historia. Enligt kursplanen för ämnet biologi (Lgr, 2022) sker den mest djupgående evolutionsundervisningen under gymnasiet i de två biologikurserna för det naturvetenskapliga programmet, Biologi 1 och 2. I kursen Biologi 1 handlar två av fyra avsnitt om ärftlighet och evolutionen. Biologi 2 fortsätter evolutionsundervisningen med områden som evolutionär molekylärbiologi och evolution kopplat till organismers beteende. Det är tydligt att evolutionsundervisningen kan skilja sig mycket beroende på elevens egna val.

Metod

I denna forskningsöversikt är det främst sökmotorer av olika slag som har använts för att nå forskningen som undersökts. De sökmotorer samt sökord som använts presenteras i tabell 1, där visas även i färgkod vilka sökord som använts med vilken sökmotor. Sökresultaten sorterades efter “peer-reviewed” för att endast få forskningsresultat som kan anses vara accepterade samt väl granskade. De sökord som användes initialt var “Teaching+Evolution” samt “Evolution+Misconceptions” då dessa ansågs vara mest riktade mot frågan. Efter genomförda sökningar lästes sammanfattningarna på artiklar som verkade passa sökområdet. Om artiklarna passade in i ämnesområdet lästes de sedan utförligt och relevanta delar sammanfattades. Kedjesökning genomfördes även då en del artiklar presenterade annan intressant och relevant forskning i ämnet. I dessa fall undersöktes även de artiklarna på samma vis. Vidare läsning av forskningen ledde oss till att förstå att *conceptual change* var en relevant term i forskningen och något som behövde undersökas vidare, begreppet användes därav som sökord både enskilt samt i kombination med andra relevanta termer (se tabell 1). Ytterligare sökord som användes efter vidare läsning av forskningen var “Use+Disuse” då dessa termer är kopplade till vanliga missuppfattningar som undersöks i forskningen. Vidare användes en del religiösa termer som sökord då forskning om svårigheter att *acceptera* evolutionsteorin visade sig ofta vara kopplad till religiös tro (se tabell 1 för hela listan). Sökorden “Natural selection” användes i kombination med andra sökord

för att ytterligare spetsa till sökningen då en del snävare forskning undersökte just denna del av svårigheterna med evolutionsteorin (se tabell 1 för hela listan). Slutligen sammanställdes forskningsresultaten i denna uppsats.

Tabell 1

Sammanställning av sökord och sökmotorer.

Sökord 1		**Sökord 2**		**Sökord 3**	
Teaching	+	Evolution	+	Misconceptions	
		Natural selection		Challenges	
Evolution	+	Misconceptions			
		Education			
		Conceptual change			
Natural selection	+	Use	+	Disuse	
		Religion			
		Creationism			
		Misconceptions			
		Conceptual change			**Sökmotor**
Biological evolution	+	Christianity			ERC*
		Islam			GU Supersök
		Conceptual change			Skolverket
Evolutionen	+	Undervisning			ERC+Supersök

*Education Research Complete

Resultat

1. Typer av svårigheter

Enligt Thagard & Findlay (2010) kan de svårigheter som elever upplever med att förstå evolutionen delas in i två kategorier: kognitiva och emotionella. Kognitiva svårigheter avser de svårigheter som förhindrar att elever förstår evolutionen. Denna

problemtyp kan vidare delas in i konceptuella, metodologiska eller sammanhangsbundna svårigheter (Thagard & Finley, 2010). De konceptuella svårigheterna innebär att koncepten bakom evolutionen inte förstås av eleven. Metodologiska svårigheter avser vetenskapsfilosofiska anledningar att inte fullständigt acceptera evolutionsteorin. Exempel på en metodologisk svårighet kan vara att elever anser att teorier aldrig ska accepteras fullkomligt då de kan komma att justeras eller ersättas av en bättre teori i framtiden. Slutligen kan eleven stöta på sammanhangsbundna problem, vilket innebär att evolutionsteorin inte passar ihop med andra uppfattningar som eleven har. Emotionella svårigheter däremot avser ej de problem som uppstår på grund av rationella avvägningar som till exempel brist på evidens. Problemen grundar sig istället i att evolutionsteorin för vissa kan upplevas som emotionellt obehaglig. Detta kan bero på religiösa eller livsfilosofiska anledningar (Thagard & Finley, 2010). Ett exempel är att evolutionen kan upplevas minska människans värde på grund av att vi likställs med andra djur. Vår översikt av den undersökta litteraturen kommer att använda Thagard och Finleys (2010) uppdelning men kommer även diskutera problem med undervisningen i sig. Undervisningsproblem är sådana som tros bero, inte på grund av några av elevernas problem eller motsättningar utan på själva undervisningen. Det kan vara till exempel problematiska uttryck som används av många lärare, ineffektiva förklaringsmodeller eller undervisningens upplägg. Vi har valt denna uppdelning eftersom de olika typerna av problemen oftast undersöks separat samt bäst bemöts med olika metoder.

Värt att nämna är att elevers emotionella svårigheter att acceptera och förstå evolutionsteorin ofta grundar sig i religiösa motsättningar. Motsättningarna beror vanligtvis på att evolutionsteorin påstår att alla arter har samma ursprung och är besläktade. Detta skiljer sig från många religioners version av skapelseberättelsen. De abrahamitiska religionerna (Kristendom, Judendom och Islam) är till större del överens om hur arterna och människorna kom till. Det var gud som skapade alla djur och människor som de är idag och människan är skapad i guds avbild. Denna tanken står som sagt i direkt konflikt med det evolutionsteorin påstår, då den menar att alla djur har nått sin nuvarande form efter många miljoner års utveckling och att människor är “skapade” av samma system. Det är dock viktigt att tillägga att hur

individer upplever sin tro är individuellt och kanske inte speglas av denna sammanfattningen.

2. Nyckelkoncept

Enligt ett flertal forskare (Ferrari & Chi, 1998; Tibell & Harms, 2017; Wallin, 2004) finns det ett antal *nyckelkoncept* som behöver bemästras för att uppnå en fullständig förståelse av evolutionen. Med nyckelkoncept menas i denna kontext: koncept, termer och underteorier som undersökningar har visat är kritiska för elevernas förståelse av evolutionsteorin. Dessa nyckelkoncept är en del av vad som i denna text kommer att kallas för kognitiva problem, vilket kommer förklaras ytterligare längre fram i texten. Det första av nyckelkoncepten är det som vanligtvis kallas *variation* och det syftar på att det måste finnas genetisk variation mellan individer i en population för att ett urval skall kunna ske. Variationen beror på mutationer, genetisk rekombination, genöverföringar och överförande av gener via sexuell förökning. Nästa koncept är *Ärftlighet*, vilket i detta sammanhang syftar på att den genetiska variationen går i arv. Vidare är det centralt att de förändringar som ger en fördel går i arv oftare än de som ger en nackdel. Det sista nyckelkonceptet i Tibell och Harms (2017) lista är *Selektion*. Selektion ger evolutionen en "riktning" och avgör reproduktionschanserna hos en individ. De individer som har fördelaktiga egenskaper blir "utvalda". Ferrari och Chi (1998) föreslår ytterligare tre nyckelkoncept som är värda att nämna. De föreslår *differential survival rate,* vilket syftar på att överlevnadsfrekvensen skiljer sig beroende på individers olika egenskaper. Vidare föreslår de även *differential reproduction rate,* med vilket menas att individer i en population har olika framgång med att reproducera sig beroende på deras egenskaper. Till sist föreslår de nyckelkonceptet *Ackumulation* vilket poängterar att evolutionen inte fungerat om inte dessa förändringar ackumulerats över tid och över många generationer. I senare delar av texten kommer vi presentera vilka aspekter av dessa nyckelkoncept som elever och studenter tycks ha svårt att förstå eller acceptera och på vilka sätt det visar sig.

Tabell 2

Nyckelkoncept för att förstå evolutionsteorin

Tibell & Harms (2017), Ferrari & Chi (1998), Wallin (2004)	Ferrari & Chi (1998) och Wallin (2004)
Ärftlighet	Differential survival rate
Selektion	Differential reproduction rate
Variation	Ackumulation

3. Kognitiva problem

3.1 Begrepp

Evolutionsteorin innehåller svårförstådda begrepp. Forskning visar att särskilt missförstått bland elever är begreppet *fitness* (Ferrari & Chi, 1998; Wallin, 2004; Wescott & Cunningham, 2005). Elever tror ofta att det syftar på de mer vardagliga definitionen av *fitness* det vill säga; hälsa, intelligens och styrka till skillnad från den vetenskapliga betydelsen där det syftar på chanserna att bilda mer avkomma. *Anpassning* (på engelska *adaptation*, vilket även används i vissa delar av svenska skolan) är ett annat begrepp som elever förväxlar med de vardagliga meningarna av ordet. Det finns flera vardagliga betydelser av anpassning, exempelvis kan det betyda att en hund vänjer sig till ett nytt hem. Alternativt kan det innebära en fysiologisk acklimatisering som till exempel gåshud i respons till kyla (Björn m.fl., 2003; Shtulman, 2006). Inom biologin däremot har anpassning endast en innebörd: artspecifika nedärvda egenskaper. Detta betyder att en individ i biologisk mening inte kan anpassas, utan det är en process som sker över generationer. Detta verkar vara något som många elever har svårt med (Ferrari & Chi, 1998; Wallin, 2004). Anpassning tycks vara ett svårförstått begrepp i flera språk, vilket kan bero på att elever inte förstått underliggande begrepp såsom populationer och frekvens, detta kan i sin tur bero på förväxling med vardagsbegrepp (Wallin, 2004).

Variation är ännu ett begrepp som elever ofta missförstår. Elever lägger fokus på de mer synliga variationerna i organismer såsom färg, form och beteende. Även i dessa mer synliga kategorier anser många elever och även universitetsstudenter att det inte finns någon större variation, de tycks alltså ha svårt att förstå inomartsvariation. I

en omfattande studie från 1990 undersöktes elva klasser under åtta år (Greene Jr., 1990). Greene fann bland annat att endast hälften av studenterna använde begreppet *befintlig variation* när de skulle beskriva naturligt urval (efter universitetsundervisning i ämnet). Förklaringarna till variationen är också till viss del bristande. Ytterst få elever ansåg att variation beror på miljö och arv, de flesta ansåg att variationen berodde på endast det ena eller det andra (Björn m.fl., 2003; Wallin, 2004). Elever tycks inte heller förstå den naturliga uppkomsten av variation samt betydelsen av denna. Elever tycks tro eller vilja tro att förändringar i naturen alltid har en orsak och slumpmässighet tycks utgöra ett betydande förståelsehinder. Elever gör inte heller kopplingar mellan genetik och evolution (Wallin, 2004). Svårigheten att förstå evolution tycks bestå oavsett om eleverna fått undervisning i genetik eller inte (Wallin, 2004).

3.2 Alternativa förklaringar

Utöver svårförståeliga begrepp är det vanligt att eleverna skapar sina egna förklaringar av komplicerade koncept i form av det som Wallin (2004) och Ferrari & Chi (1998) kallar för “alternativa idéer/förklaringar”. De alternativa idéer och förklaringar som presenteras nedan är exempel på vanliga missförstånd eller svårigheter som lett till egna förklaringar eller felaktiga tolkningar av vetenskapliga förklaringar av evolutionsteorin.

En av de vanligaste svårigheterna elever har enligt ett flertal studier är att skilja på de slumpmässiga mutationer som leder till nya egenskaper och urvalet som organismer utsätts för på grund av omgivningen (Bishop & Anderson, 1990). Cirka 7% av elever använder sig av begreppen slump och urval i sina förklaringar av evolutionära processer även efter undervisning i ämnet (Bizzo, 1994). En del elever tror att huruvida en egenskap används eller inte avgör dess utveckling, om egenskapen behålls eller inte. Exempel på detta är att grottlevande salamandrar inte använde sina ögon och därmed tillslut blir av med dem (Kampourakis & Zogza, 2007). Vidare verkar elever tro att utveckling av egenskaper sker p.g.a behov eller strävan för att säkerställa individens/populationens/artens överlevnad. Exempelvis att geparder behövde springa snabbt för att få mat från omgivningen och därmed

utvecklade arten den egenskapen. Denna uppfattning är vanlig även bland studenter på eftergymnasial nivå (Brumby, 1984; Ferrari & Chi, 1998; Greene Jr., 1990; Wallin, 2004).

3.3 Teleologiska förklaringar

En annan slags vanlig alternativ förklaring är de *teleologiska* förklaringarna till evolutionens mekanismer. Teleologiska förklaringar innebär att ett fenomen kan förklaras av dess ändamål. Exempelvis att evolutionens mål är att skapa den “bästa” varelsen. Inom evolutionsundervisning tar detta sig formen av att elever tror att individer utvecklas för att bli snabbare, starkare och mer intelligenta (Bartov, 1978). Evolution likställs hos eleverna med framsteg, förbättring eller tillväxt, samt något som i slutändan leder fram till människan (Bizzo, 1994). Ett relaterat kognitivt problem är att elever ofta ger evolutionära förklaringar som antyder att organismer “vill” utvecklas i en viss riktning. Ett exempel på detta är att elever tror att bakterier som blivit utsatta för antibiotika genomför en sorts analys. Enligt eleverna så kan de bakterier som överlevt behandlingen samla in prov av antibiotikan och testa olika metoder för att kontra läkemedlet som sedan kan ge dem resistens. Elever förklararar inte alls hur just dessa bakterier överlever antibiotikan och säger helt enkelt att de hade tur (Moore m.fl., 2002). Det som genomsyrar många av dessa alternativa förklaringar är att de liknar Lamarckism. Den alternativa evolutionsteorin som föreslogs av Jean-Baptiste Lamarck kännetecknas av att förändringar som sker hos en individ ärvs vidare till dess avkomma (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia, 2022). En gepard som springer snabbt kommer få snabbare avkomma, en ödla som inte använder ögonen kommer få avkomma som ser sämre och så vidare. Varför just sådana förklaringar är så populära bland elever beror främst på att de är enklare och mer lättförståeliga. Vidare har eleverna som hyser sådana här uppfattningar en bristande förståelse för genetiska koncept (Stover & Mabry, 2007).

4. Emotionella svårigheter

4.1 Evolutionsteorin och religiösa motsättningar

Som tidigare nämnt är emotionella svårigheter sådana problem som förhindrar eller försvårar elevens möjligheter att acceptera evolutionen. Det är främst religiösa eller moralfilosofiska motsättningar till evolutionen och dessa hinder är oftast mer svåröverkomliga än de kognitiva eftersom de vanligtvis bygger på någon form av religiös övertygelse. Detta är ofta något som utvecklas i ung ålder hos elever och därmed ligger dem väldigt nära, detta gör det svårt för elever att åsidosätta sin tro för att acceptera evolutionen (Cavallo & McCall, 2008). En av anledningarna att religion är nära kopplat till skepticism kan komma från att accepterandet av evolutionen uppfattas leda till tveksamheter kring resten av religionens ideér. Studenter påstår att om de accepterar evolutionen som sann, så har de ingen anledning att tro på andra delar av religionen (Martin-Hansen, 2008).

En del av elevers religiösa motsättningar har sitt ursprung i att elever har missuppfattningar om hur evolutionen och den vetenskapliga metoden fungerar. Exempelvis kan det komma från att eleverna missförstår betydelsen av ordet släkting. De uppfattar att släkting endast innefattar förfäder av samma art, det vill säga att människor har människosläktingar och fåglar har fågelsläktingar. Eleverna med sådana uppfattningar hävdar vidare att alla människor har gemensamma förfäder i form av Adam och Eva enligt gamla testamentet. Eleverna missförstår även vad evolutionen säger om människans förfäder. Många elever har missuppfattningen att människor utvecklats direkt från moderna apor, när de egentligen delar en gemensam förfader (BouJaoude m.fl., 2011).

Det finns också mer direkta motsättningar med religionen i form av att elever inte kan acceptera evolutionen eftersom den inte är kompatibel med deras tro. Här handlar det ofta om att eleverna tror att en gud skapade alla nu levande organismer precis som de ser ut idag och de kan därmed inte ha utvecklats från andra organismer (BouJaoude m.fl., 2011). Detta är vanligt främst bland elever från länder där religion är en stor del av kulturen. Detta för att dessa länder ofta integrerar biologiundervisning med religiös lära. I vissa fall är det uttalade målet med

biologiundervisning att eleven skall få en större uppskattning för deras guds skapelse (Asghar m.fl., 2010). Vissa religiösa studenter upplever en form av social motsättning till att acceptera evolutionen. Studenterna upplever att om de accepterar evolutionsteorin kommer detta att leda till att de ses som ateister och därmed bli distanserade från sina närstående och vänner.

4.2 Är tron ett hinder för förståelse?

Att inte kunna acceptera evolutionsteorin behöver inte nödvändigtvis vara kopplad till att inte kunna förstå den, men på denna punkt är inte forskarna helt överens. Enligt en studie på high school elever i USA är en elevs trosuppfattningar inte det största hindret för acceptans och förståelse av evolutionsteorin utan det var elevernas ingående kunskapsnivå och resonemangsförmåga som i denna studie var den största prediktorn för elevers "kunskapsökning" (Sinatra m.fl., 2003). Mycket tyder dock på att relationen mellan kunskap och acceptans är komplicerad då olika studier får motstridiga eller tvetydiga resultat (Lawson & Worsnop, 1992; Sinatra m.fl., 2003). Vissa studier kunde inte visa på någon relation, varken negativ eller positiv, mellan elevers förståelse av evolutionsteorin och deras acceptans av den (Lawson & Worsnop, 1992; Sinatra m.fl., 2003). Det samma gäller elevers trosuppfattningar, religiös tro har inte kunnat påvisas vara en tillförlitlig prediktor för varken acceptans eller förståelse av evolutionen (Deniz m.fl., 2008). Sinatra m. fl. fann i sin studie från 2003 ett elevers "epistemological sophistication" samt "openminded disposition" var den mest tillförlitliga prediktorn för acceptans (Sinatra m.fl., 2003). Studien fann även ett omvänt förhållande mellan "religiöst engagemang" och acceptans samt förståelse. En liknande studie, även den på high school elever, fann att elever med låg ingående kunskap om evolutionen men hög resonemangsförmåga som förväntat hade störst "kunskapsökning" och de med störst religiöst engagemang hade minst knowledge-gain (Lawson & Worsnop, 1992).

5. Undervisningsproblem

5.1 Strukturella Problem

En av faktorerna som kan förhindra en elevs förståelse för evolutionen är brister i själva biologiundervisningens struktur. Detta kan ta många former. Den mest vanliga formen av undervisning är föreläsningen, men enbart föreläsningar i ämnet kan vara otillräckligt för att uppnå conceptual change. Brumby (1984) menar att endast föreläsningar ofta inte skapar tillräckliga interna konflikter hos eleverna för att uppnå conceptual change. I vissa fall kan till och med föreläsningar om evolution lämna så mycket öppet för tolkning att de tvärtemot sitt syfte istället förstärker missförstånd. Ett annat problem är att evolutionen lärs ut som ett diskret fenomen och inte som en sammanbindande teori. Detta visar sig tydligast i kurslitteraturen för biologi där evolutionen ofta är ett eget avsnitt/kapitel likt cellbiologi eller ekologi. Enligt Nehm m.fl., (2009) bör evolutionen ses som ett ramverk som samtliga biologiska koncept stödjer sig på. Att inte göra detta är problematiskt eftersom det förstärker mentala modeller där evolutionen står för sig och inte är relaterat till resten av biologiämnet. Detta kan i sin tur leda till bristande förståelse för hur olika koncept är relaterade till varann (Speth m.fl., 2014).

5.2 Problematiskt språk

Gregory (2009) menar att användandet av ett icke vetenskapligt språk är vanligt bland lärare som lär ut evolutionen (Gregory, 2009). Exempelvis när lärare talar om evolution förklarar de ofta hur evolutionen *vill* olika saker; evolutionen *vill* att fiskar ska simma snabbt och så vidare. Sådant språk förstärker missuppfattningar som eleven kan ha om hur evolutionen fungerar. Detta stärks av en studie av Moore m.fl. från 2002, som påpekar att det vetenskapliga språket och det språk som används i biologiundervisning i syfte att göra evolutionens tidsspann mer begripliga inte alltid kan urskiljas av elever (Moore m.fl., 2002). Detta leder till missförstånd och förvirring kring hur lång tid evolutionär förändring tar.

5.3 Samhällsproblem

Det är inte bara lärares undervisningsstrategier som är orsaken till problem, ibland kan hela skolsystemet och samhällets utformning påverka evolutionsundervisningen. Kampourakis och Zogza förklarar förekomsten av de Lamarckiska förklaringarna genom att peka på samhällets fascination med design och självstyre (Kampourakis & Zogza, 2007). Design är närvarande överallt i det moderna samhället, i miljön vi bor i och alla de produkter som omringar oss. Det är då inte förvånande att elever föreställer sig att levande ting också har en medveten tanke bakom sitt beteende eller utveckling. Egenvilja på ett liknande sätt är något som har hög status i samhället idag. Det kan vara därför som eleverna föreställer sig att organismer själva har bestämt hur de ska se ut.

Samhällsdebatter tränger sig också ofta in i evolutionsundervisningen. Som nämnt tidigare i denna översikt sker det ofta konflikter mellan religion och evolutionslära. En studie hävdar att många lärare gör situationen svårare för sig själva genom att lägga upp religion och evolutionsteorin som motsatta ideologier (Tang & Yang, 2019). Elever upplever då att de måste välja mellan en av dessa och därmed ökar risken att elever låser fast sig vid sitt val och ignorerar undervisningen.

6. Hur lyckas man med evolutionsundervisning?

6.1 Hur uppnås Conceptual Change?

Det som på många sätt utmärker att man lyckats med evolutionsundervisningen är att eleverna har uppnått conceptual change. Därför är mycket av den forskningen som presenteras nedan fokuserad på metoder som främjar conceptual change. För att uppnå conceptual change finns det flera föreslagna och testade modeller. En sådan modell kallas för *Teaching for Transformative Experiences in Science* (TTES). Modellen består av tre olika metoder som antingen kan användas i kombination eller individuellt. Den första metoden innefattar att läraren förklarar vilken relevans ett koncept har för elevens vardag. I evolutionsundervisning kan detta exempelvis innefatta att en lärare förklarar vad som sker om man inte slutför en antibiotikakur

och varför. Den andra metoden går ut på att läraren berättar en personlig upplevelse av ämnesområdet. Detta kan likt första metoden exempelvis innefatta att läraren berättar om en gång som de själva avslutade en antibiotikakur för tidigt och fick en allvarlig infektion som konsekvens. I den sista metoden skall eleven själv återge en upplevelse de haft med ett koncept. Exempelvis att de kanske haft en liknande upplevelse som läraren. Dessa metoder har i en studie visat sig vara mer effektiva för att uppnå conceptual change jämfört med traditionell undervisning (Heddy & Sinatra, 2013). Modellen kan också vara effektiv för att hjälpa elever att förstå hur evolutionen är relevant i deras vardag. I en liknande studie bad man elever värdesätta hur relevant evolutionen var för olika delar av livet, eleverna utfrågades före och efter ett undervisningsmoment om evolutionen. En stor del av eleverna upplevde att evolutionen inte var relevant i deras vardagsliv innan undervisningen och inte hade stor påverkan på hur de betedde sig. Denna andel minskade dock efter ett undervisningsmoment som fokuserade på evolution i elevernas vardag. Elever ansåg dock både innan och efter att evolutionen var mycket relevant för biologirelaterade studier och även i en mindre utsträckning för samhällsvetenskapliga studier (Infanti & Wiles, 2014).

Det är värt att nämna att elevens egna engagemang har stor påverkan på hur effektiv undervisningen är i att uppnå conceptual change. Vidare påverkar hur mycket eleven identifierar sig med vetenskapen samt ser sig själv som vetenskapligt utbildad hur stora chanserna är för conceptual change (Pugh m.fl., 2010). Begrepp har beskrivits som en svårighet för elever tidigare i texten, där anpassning var ett av dem. För att främja en mer vetenskaplig förståelse av evolutionär anpassning kan lärare undervisa om anpassning som en frekvensändring för vissa gener (eller nedärvda egenskaper, beroende på nivå) för att undvika att eleverna tolkar anpassning enligt den mer vardagliga betydelsen som en individuell förändring (Wallin, 2004).

6.2 Undervisningsmetoder

6.2.1 Den vetenskapliga metoden

En metod för att minska elevers upplevda konflikt mellan tro och evolutionen är att trycka på hur den vetenskapliga metoden fungerar. Den vetenskapliga metoden behandlar sådant som går att falsifiera och undersöka vilket, lämpar sig väl för en problembaserad undervisningsmetod. Istället för att enbart presentera evolutionen som ren fakta. Detta leder till att eleverna enklare kan se skillnad mellan sin egen tro och det de lär sig i klassrummet vilket kan öka chanserna för acceptans (Tang & Yang, 2019). För att detta skall gå att genomföra menar Martin-Hansen att lärare måste ha en bra förståelse för hur vetenskapen fungerar för att på bästa sätt presentera bevis för evolutionen (Martin-Hansen, 2008). Att ge eleverna en tydlig förståelse för hur den vetenskapliga metoden fungerar har den ytterligare effekten att göra koncept senare i elevernas utbildning mer lättförståeliga. Det kan dock vara så att lärare inte är medvetna om de konflikter som uppstår hos elever och därmed missar att bemöta dem. För att lösa detta kan man använda sig av en sorts diagnos som kan kartlägga tro-acceptans-kunskap innan/under undervisning om evolution. Detta kan vara effektivt för att se om det överhuvudtaget finns några konflikter (Blackwell m.fl., 2003).

6.2.2 Acceptans och förståelse

Det verkar inte som att elevers acceptans av evolutionen är kopplat till användandet av någon enskild pedagogisk metod. En studie av Laidlaw m.fl. (2022) jämförde elevers acceptans av evolutionen efter tre olika lektioner med tre olika pedagogiska metoder baserade olika filosofier. Den första metoden var anteckningsfokus vilket innefattar att elever direkt skriver ner det som läraren säger. Den andra var en konstruktivistisk metod, där läraren uppmanade till diskussion inom klassen om möjliga förklaringar till olika evolutionära fenomen. Den sista var en behavioristisk metod, där läraren först förklarade olika komplicerade koncept inom evolutionen och sedan bad eleverna att flera gånger återupprepa förklaringen som läraren hade gett. Resultaten visade att det inte var några statistiska skillnader i elevers acceptans mellan de olika metoderna. Studien fann dock att lärare som använde sig av fler metoder i sin utbildningen uppnådde högre nivåer av acceptans. Det kan därmed

vara lämpligt att variera sin undervisning inom evolutionen för att nå önskade resultat (Laidlaw m.fl., 2022).

6.2.3 När och hur mycket ska man prata om evolutionen?

När introduktionen till evolutionen sker är också en aspekt att ta i beaktande. Elever i grundskolan hade i en studie varierande uppfattningar kring hur djur kom till. En del trodde att de skapades av en gud, en del hade inget svar, vissa trodde att djuren uppstod från ägg, jorden eller något slags frö. Efter en grundläggande introduktion till evolutionen ändrade de flesta sina uppfattningar till en enklare vetenskaplig förklaring. Detta ger belägg för att elever i yngre åldrar har större möjligheter att acceptera evolutionen eftersom de ännu inte är för fästa vid sina uppfattningar. Dessa möjligheter minskar med ålder. Det kan därför vara fördelaktigt att så tidigt som möjligt i biologiundervisningen ta upp evolutionen (Berti m.fl., 2017).

Hur mycket tid man lägger på evolutionen kan också vara värt att betänka.
En del forskare anser på att man bör lägga en stor del av evolutionundervisningen på att bemöta alla missuppfattningar som eleverna kan besitta (Gregory, 2009). Detta görs bäst genom att först undersöka vilka missuppfattningarna kan vara och sedan bemöta dem en för en. Tid behövs också för att öka acceptansen, lärare bör ta sin tid när de försöka förändra elevers åsikter och visa stort tålamod eftersom förändringar i elevernas åsikter kan ta väldigt lång tid. Evolutionen har dessutom en kontroversiell plats i samhället vilket ytterligare försvårar ändringar i uppfattningar och åsikter (Cavallo & McCall, 2008). Detta stärks av Meadows m.fl. som menar att den mest effektiva metoden för att bemöta elevers konflikter mellan religion och evolutionen är att respektera deras tro samt att göra så att elevernas känslor blir hörda av alla elever (Meadows m.fl., 2000). Vidare skall läraren tydligt redogöra för eleverna sin strategi för att mediera möjliga konflikter mellan elever och mellan elev och lärare.

6.2.4 Motverka alternativa förklaringar

För att motverka alternativa förklaringar såsom att behov styr evolutionen anser ämnesdidaktikern (Greene Jr., 1990) att den genetiska och fenotypiska variation som finns bland individerna i en population måste uppmärksammas i undervisning om

evolution för att undvika behovsresonemang hos eleverna. Kampourakis, Kostas (2007) anser att man bör betona rollen av chans inom evolutionen för att undvika alternativa förklaringar som bygger på vilja eller teleologi. Bartov bygger vidare på detta och föreslår flera metoder för att undvika att elever tar till sig teleologiska förklaringar (Bartov, 1978) . En av dessa är att när man undervisar om någon sorts evolutionär anpassning, bör man uppmana eleverna att först ge teleologiska förklaringar till anpassningen. Det vill säga att anpassningen sker för att uppnå ett ändamål. Sedan ber man eleverna att ge orsak-verkan förklaringar. Det innefattar sådana förklaringar där anpassningar kan förklaras av orsakerna, till exempel kyla eller selektionstryck. Detta leder till att eleverna tänker kritiskt kring vad det egentligen är som orsakar evolutionär anpassning, istället för att ge förklaringar såsom “Geparden blir snabb för att kunna fånga mer mat”. En som annan metod som förespråkas av Speth m.fl. (2014) är att man skall lära ut biologi från ett systemiskt perspektiv. Det vill säga att fokuset skulle ligga på att få eleverna att förstå hur olika biologiska koncept är relaterade och bygger på varann, likt matematiken. Detta kan leda till att eleverna inte lika lätt blandar ihop olika delar av biologi såsom fysiologisk anpassning och evolutionär anpassning.

När man väl har identifierat missuppfattningar eller alternativa förklaringar rekommenderar ett flertal forskare att lärare skall försöka dra alternativ till sina logiska slutsatser (Lawson & Worsnop, 1992; Wescott & Cunningham, 2005). Detta för att visa för eleverna hur deras missuppfattningar leder till felaktiga slutsatser som inte stämmer överens med verkligheten. Detta leder till argumentation och reflektion vilket ökar förståelsen. Läraren bör sedan ge eleverna möjligheter att motbevisa dem. En annan en effektiv metod för att öka acceptans att visa elever direkta bevis för evolutionen (Smith & Siegel, 2016). Detta kan ta sig komma i form av fossiler eller möjligtvis genom att visa eleverna delar av människokroppen som är kvarlevor från våra evolutionära förfäder.

Tabell 3

Sammanställning av forskningens rekommendationer för undervisning i evolution.

DO	DO-NOT
Ge fysiska bevis för evolutionen	Ställ religion och evolution mot varann
Bemöta missuppfattningar	Lär ut evolution som separat kapitel
Uppmärksamma elevers tro	Lär endast ut genom föreläsningar
Ta upp evolutionen i tidig ålder	Använd vardagliga begrepp
Använd flera undervisningsmetoder	
Förtydliga missförstådda begrepp	
Kartlägg förståelse & tro innan start	

Diskussion och Avslutande ord

Diskussion

Tydligt efter denna litteraturanalys är att det finns många fler hinder, missförstånd och motsättningar som försvårar för elever att ta till sig och förstå evolutionsteorin än vi tidigare trott. Krångliga begrepp som förväxlas med vardagsbegrepp, felaktiga egna förklaringar, religiösa motsättningar och strukturella problem i skolan samt förlegade undervisningsmetoder som inte främjar förståelse för att bara nämna några. Den nuvarande evolutionsundervisningen i svenska skolan är inte upplagd för att främja elevers förståelse. Forskningen tyder på att skolundervisning i evolution behöver genomgå en strukturell förändring där evolutionen tas upp i tidigare ålder och är ramverket som genomsyrar och omsluter hela biologiämnet. På detta vis bör eleverna få en större uppskattning för teorins betydelse, skapar färre strikta filosofiska eller religiösa motsättningar vilket i sin tur motverkar de emotionella svårigheterna (Berti m.fl., 2017; Speth m.fl., 2014; Tang & Yang, 2019).

Som lärare i biologi bör man noga fundera över hur man bäst kan gå tillväga för att hjälpa eleverna förstå evolutionens ibland kontraintuitiva koncept. Forskningen är relativt överens om nyckelkoncepten för att förstå evolutionen, undervisningen bör för att uppnå conceptual change byggas upp runt dessa samt poängtera skillnaden i vanligt missförstådda begrepps vardagliga respektive vetenskapliga betydelse. Vidare visar forskning på att elevers ingående (miss)förståelse samt religiösa/filosofiska motsättningar bör kartläggas innan undervisningens början för att den ska få bäst resultat (Blackwell m.fl., 2003; Greene Jr., 1990; Wallin, 2004). Genom att som lärare bemöta de missförstånd eleverna bär med sig, tydliggöra den statistiska och långsiktiga naturen av evolutionen samt hjälpa elever att skilja på tro och vetenskap, kan den individuella läraren ge eleverna en korrekt och hållbar förståelse av evolutionsteorin.

En kvarstående fråga efter vår undersökning är huruvida acceptans och förståelse verkligen är länkade? Forskningen i ämnet är minst sagt motstridig med flertal motsägelsefulla resultat. Medan vi väntar på att forskningen fortsätter undersöka ämnet kan vi konstatera att varken förståelse eller acceptans främjas av att ställa religiös tro och evolutionsteorin mot varann. Trosuppfattningar ska uppmärksammas, men inte presenteras som ett alternativ till den vetenskapliga teorin. Genom att fokusera på vad som skiljer exempelvis en vetenskaplig teori från en vardaglig teori samt hur den vetenskapliga metoden går till, kan lärare inte bara öka elevernas förståelse för vetenskap i allmänhet, men det kan även ge eleverna en ökad förståelse för evolutionsteorin och vad som ger den en sån särskild ställning inom vetenskapen.

Avslutande ord

Som framtida biologilärare ligger elevernas kunskap i våra händer. De kan antingen bli kunniga och kompetenta biologer eller så kan de lämnas med stora hål i sin förståelse. Värst av allt är att de kan sprida vidare sina missförstånd likt ett virus som minskar hela världens kollektiva kunskap. Det är vår moraliska plikt att inte tillåta denna utveckling. Använd därför råden i denna text som ett vapen, mot dina elevers tendens att missuppfatta allt. Om du blir skicklig i din stridskonst mot okunskap, kan du ta del i kampen mot att elever tror att geparden vill få snabbare barn.

Tack för att ni läst och tack Mats för all fantastisk handledning.

Referenser

Alassiri, M. (2020). Evolution is the disguised friend of Islam. *Nature Human Behaviour*, *4*(2), 122–122. https://doi.org/10.1038/s41562-019-0771-7

Asghar, A., Wiles, J. R., & Alters, B. (2010). The origin and evolution of life in Pakistani High School Biology. *Journal of Biological Education (Society of Biology)*, *44*(2), 65–71. https://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656196

Bartov, H. (1978). Can students be taught to distinguish between teleological and causal explanations? *Journal of Research in Science Teaching*, *15*(6), 567–572. https://doi.org/10.1002/tea.3660150619

Berti, A., Barbetta, V., & Toneatti, L. (2017). Third-Graders' Conceptions About the Origin of Species Before and After Instruction: An Exploratory Study. *International Journal of Science & Mathematics Education*, *15*(2), 215–232. https://doi.org/10.1007/s10763-015-9679-5

Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection

and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(5), 415–427. https://doi.org/10.1002/tea.3660270503

Bizzo, N. M. V. (1994). From down house Landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(5), 537–556. https://doi.org/10.1002/tea.3660310508

Björn, A., Frank, B., Birgitta, F., Mats, H., Ingrid, J., Christina, K., Eva, N., Anita, W., & Ann, Z. (2003). *Att förstå naturen—Från vardagsbegrepp till biologi, fyra "workshops"*. https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/10626

Blackwell, W. H., Powell, M. J., & Dukes, G. H. (2003). The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*, *37*(2), 58–67. https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655852

BouJaoude, S., Wiles, J. R., Asghar, A., & Alters, B. (2011). Muslim Egyptian and Lebanese Students' Conceptions of Biological Evolution. *Science & Education*, *20*(9), 895–915. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9345-4

Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2022, September 6). Lamarckism. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/science/Lamarckism

Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, *68*(4), 493–503. https://doi.org/10.1002/sce.3730680412

Cavallo, A. M. L., & McCall, D. (2008). Seeing May Not Mean Believing: Examining Students' Understandings & Beliefs in Evolution. *American Biology Teacher (National Association of Biology Teachers)*, *70*(9), 522–530. https://doi.org/10.1662/0002-7685-70.9.522

Deniz, H., Donnelly, L. A., & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to

acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(4), 420–443. https://doi.org/10.1002/tea.20223

Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, *20*(10), 1231–1256. https://doi.org/10.1080/0950069980201005

Greene Jr., E. D. (1990). The logic of university students' misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, *27*(9), 875–885. https://doi.org/10.1002/tea.3660270907

Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, *2*(2), 156–175. https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1

Heddy, B. C., & Sinatra, G. M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*, *97*(5), 723–744. https://doi.org/10.1002/sce.21072

Infanti, L. M., & Wiles, J. R. (2014). "Evo in the News:" Understanding Evolution and Students' Attitudes Toward the Relevance of Evolutionary Biology. *Bioscene*, *40*(2), 9–14.

Kampourakis, K., & Zogza, V. (2007). Students' Preconceptions About Evolution: How Accurate is the Characterization as "Lamarckian" when Considering the History of Evolutionary Thought? *Science & Education*, *16*(3–5), 393–422. https://doi.org/10.1007/s11191-006-9019-9

Laidlaw, C. T., Bybee, S. M., Shumway, S., Ogden, T. H., Peck, S., & Jensen, J. L.

(2022). An Examination of Constructivism, Active Learning, and Reflexive Journaling and Their Independent and Combined Effects on Student Acceptance of Biological Evolution. *Journal of College Science Teaching*, *51*(3), 88–98.

Lawson, A. E., & Worsnop, W. A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(2), 143–166. https://doi.org/10.1002/tea.3660290205

Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet. (2022). Skolverket. https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan

Martin-Hansen, L. (2008). First-Year College Students' Conflict with Religion and Science. *Science & Education*, *17*(4), 317–357. https://doi.org/10.1007/s11191-006-9039-5

Meadows, L., Doster, E., & Jackson, D. F. (2000). Managing the Conflict between Evolution & Religion. *The American Biology Teacher*, *62*(2), 102–107. https://doi.org/10.2307/4450848

Moore, R., Mitchell, G., Bally, R., Inglis, M., Day, J., & Jacobs, D. (2002). Undergraduates' understanding of evolution: Ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biological Education*, *36*(2), 65–71. https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655803

Nehm, R. H., Poole, T. M., Lyford, M. E., Hoskins, S. G., Carruth, L., Ewers, B. E., & Colberg, P. J. S. (2009). Does the Segregation of Evolution in Biology Textbooks and Introductory Courses Reinforce Students' Faulty Mental

Models of Biology and Evolution? *Evolution: Education and Outreach*, *2*(3), 527–532. https://doi.org/10.1007/s12052-008-0100-5

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, *66*(2), 211–227. https://doi.org/10.1002/sce.3730660207

Pugh, K. J., Linnenbrink-Garcia, L., Koskey, K. L. K., Stewart, V. C., & Manzey, C. (2010). Motivation, learning, and transformative experience: A study of deep engagement in science. *Science Education*, *94*(1), 1–28. https://doi.org/10.1002/sce.20344

Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, *52*(2), 170–194. https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2005.10.001

Sinatra, G. M., Southerland, S. A., McConaughy, F., & Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(5), 510–528. https://doi.org/10.1002/tea.10087

Smith, M., & Siegel, H. (2016). On the Relationship Between Belief and Acceptance of Evolution as Goals of Evolution Education. *Science & Education*, *25*(5/6), 473–496. https://doi.org/10.1007/s11191-016-9836-4

Speth, E. B., Shaw, N., Momsen, J., Reinagel, A., Le, P., Taqieddin, R., & Long, T. (2014). Introductory Biology Students' Conceptual Models and Explanations of the Origin of Variation. *CBE—Life Sciences Education*, *13*(3), 529–539. https://doi.org/10.1187/cbe.14-02-0020

Stover, S. K., & Mabry, M. L. (2007). Influences of Teleological and Lamarckian Thinking on Student Understanding of Natural Selection. *Bioscene: Journal of*

College Biology Teaching, *33*(1), 11–18.

Tang, K.-S., & Yang, X. (2019). Student Agency in Negotiating the Relationship Between Science and Religion. *Research in Science Education*, *49*(5), 1301–1317. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9655-x

Thagard, P., & Findlay, S. (2010). Getting to Darwin: Obstacles to Accepting Evolution by Natural Selection. *Science & Education*, *19*(6–8), 625–636. https://doi.org/10.1007/s11191-009-9204-8

Tibell, L., & Harms, U. (2017). Biological Principles and Threshold Concepts for Understanding Natural Selection. *Science & Education*, *26*(7–9), 953–973. https://doi.org/10.1007/s11191-017-9935-x

Wallin, A. (2004). *Evolutionsteorin i klassrummet: På väg mot en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution* [Göteborg : Acta Universitatis Gothoburgensis]. https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/9494

Wescott, D., & Cunningham, D. (2005). Recognizing Student Misconceptions about Science and Evolution. *MountainRise*, *2*.

World Population Review. *States that Don't Teach Evolution 2022*. Hämtad 4 oktober 2022. https://worldpopulationreview.com/state-rankings/states-that-dont-teach-evolution