



UPPSALA  
UNIVERSITET

Rapport IBG-LP 14-004

# Klimatkunskap och naturkunskap

En flervalundersökning av svenska tredjeårselever

Jonas Öhman

---

Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet  
Ämneslärarprogrammet 330 hp  
Lärarexamensarbete 15 hp, ht 2014  
Handledare: Elisabeth Långström  
Examinator: Karl Holm

# Klimatkunskap och naturkunskap: en flervalssundersökning av svenska tredjeårselever.

Jonas Öhman

Ämnesdidaktiskt projekt i naturkunskap, 15 hp, 2014.

## Sammandrag

En av vår generations stora frågor är klimatförändringarna. Nu, mer än någonsin, krävs handlingskraft från alla nivåer av samhället. Dagens gymnasieelever har genom sitt val av livsstil, folkrepresentanter och opinionsdeltagande möjlighet att påverka denna handlingskraft. Många anser att utan kunskap om problemet kan medborgarna inte vara delaktiga i lösningen av detsamma. Klimatförändringarna måste förstås, bland annat genom ett naturvetenskapligt perspektiv. Ämnet naturkunskap är det ämne som till sitt innehåll uttryckligen tar upp mest om miljöproblem och hur de påverkar oss, och hur vi kan påverka dem. Som ett ”stickprov” av de naturvetenskapliga kunskaper som naturkunskapselever erhållit under sin gymnasietid utfördes en elevundersökning. Tredjeårselever (n = 120) från två skolor i olika delar av Sverige fick med mentometrar svara på fyra flervalssfrågor. Frågorna representerar på olika vis sedan tidigare kända kunskapsbrister hos den breda befolkningen i ämnet; kopplingen mellan kolfixering och lagen om massans bevarande; överskattande av biosfärens framtida möjliga koldioxidupptag; och oförmåga att resonera kring utsläpp/upptagsförhållanden. Möjliga orsaker till deltagande elevers resultat diskuteras.

# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b> .....	4
Motivering o syfte .....	4
Kolfixering.....	4
Biosfärens CO <sub>2</sub> -buffrande förmåga .....	4
Kolflödet.....	5
Bakgrund .....	5
Underskattande av kolfixering.....	5
Överskattande av CO <sub>2</sub> -upptag .....	6
Missförstånd kring utsläpp/upptag-förhållande.....	8
Frågeställning .....	8
Delfråga 1 .....	8
Delfråga 2 .....	8
Delfråga 3 .....	8
<b>Metod</b> .....	9
Urval.....	9
Datainsamlingsmetod .....	9
Bortfall .....	9
Flersvarstestet.....	9
Övningsfråga: naturkunskapskurser .....	9
Fråga 1: kolfixering och massa.....	10
Fråga 2: prognos för framtida CO <sub>2</sub> -upptag.....	10
Fråga 3: utsläpp/upptag-förhållande (graf).....	11
Fråga 4: utsläpp/upptag-förhållande (text).....	12
Procedur .....	12
Databearbetningsmetoder.....	12
Reabilitet .....	13
Generaliserbarhet .....	13
Validitet .....	13
<b>Resultat</b> .....	15
Hur eleverna svarade.....	15
Fördelning av svar mellan fråga 3 och fråga 4.....	17
Bortfall .....	18
<b>Diskussion</b> .....	19
Svar på delfråga 1.....	19

Svar på delfråga 2.....	20
Svar på delfråga 3.....	20
Slutsats .....	22
Konsekvenser? .....	22
<b>Tack</b> .....	24
<b>Referenser</b> .....	25
<b>Bilaga 1</b> .....	28

## Inledning

### Motivering o syfte

FNs internationella klimatpanel varnar för de svåra konsekvenser klimatförändringarna redan har medfört, och att dagens åtgärder inte är tillräckliga för att motverka den rådande trenden mot ett ännu sämre klimatläge (IPCC, 2000a). Inför allvaret i situationen och storleken av utmaningarna är det frestande att förespråka en teknologisk lösning. En strategi där eliten inom forskning går samman och genom snabb teknologisk innovation förser oss med lösningar på klimathotet. Men en sådan strategi är på egen hand inte gångbar (Yang & Oppenheimer, 2007). Utbytet av äldre teknologi, energieffektiviseringar, livsstils- och konsumtionsändringar kräver samtliga, politikerna, och väljares, goda vilja för att vara genomförbara (Serman, 2008). Denna goda vilja kräver insikter i den naturvetenskap som formulerar problemet och de möjliga åtgärderna (Sjöberg *et al.* 2010). Och Sverige är inte en teknokrati. Beslut fattas av de folkvalda. Men kraven på deras kunskaper i enskilda frågor ställs i slutändan av väljarna. Väljarnas kunskaper och insikter, eller bristande sådana, i givna frågor bidrar till och formar deras attityder vid val av representanter. Således formar medborgarnas kunskaper maktavarnas beslut och den politiska handlingskraften. I fallet med klimatförändringarna kan man tala om begrepp som ”medborgerlig vetenskapsläskunnighet” (civic scientific literacy); en viss nivå av förståelse kring vetenskapliga termer och koncept, som möjliggör för individen att förstå argumenten hos båda sidor i en vetenskaplig fråga (Miller, 1998). I detta examensarbete undersöks om tredjeårselever på gymnasiet besitter delar av en sådan medborgerlig vetenskapsläskunnighet. De svarar på fyra frågor som testar några av de kunskaper och insikter som, rimligtvis, behövs för att göra informerade ställningstaganden i frågor som kan kopplas till klimatförändringarna. Att kartlägga och undersöka *alla* sådana kunskaper och insikter är väl bortom omfånget på detta arbete, men jag har valt att undersöka en liten del av dessa. De jag valt behövs för att förstå balansen i koldioxidens kretslopp, och i viss mån även klimatförändringarna. Dessa kunskaper kan kort beskrivas och motiveras på följande vis:

### Kolfixering

Växthusgasen koldioxid (CO<sub>2</sub>) ingår i kolets kretslopp, och kolfixeringen förklarar, delvis, var kolet är bundet när det inte finns i atmosfären. Att förstå att icke-reducerat kol utgör den största delen av biomassan är en viktig kunskap, inte bara för att förstå kretsloppet som sådant utan även för att förstå eventuella åtgärder mot den globala uppvärmningen. De antropogena utsläppen av växthusgaser är i grunden problematiska eftersom man ändrar balansen mellan komponenterna i berörda kretslopp. Att inte förstå magnituden av växternas kolfixering ökar risken att misstolka biosfärens roll i klimatförändringar.

Exempel på frågeformulering för att testa denna kunskap: varifrån har ett träd fått den största delen av sin massa? Korrekt svar: CO<sub>2</sub>.

### Biosfärens CO<sub>2</sub>-buffrande förmåga

CO<sub>2</sub> kan lösa sig i vatten och bindas i cellulosa. Att hav och biomassa ger en CO<sub>2</sub>-buffrande effekt är en viktig insikt. Och kanske ännu viktigare är det att förstå att denna buffrande förmåga påverkas av såväl temperatur som själva CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfären. Att anta att biosfär och hav kan binda upp CO<sub>2</sub> *ad infinitum*, eller att upptaget förhåller sig linjärt till CO<sub>2</sub>-koncentrationen och/eller temperatur riskerar leda till ett överskattande av den framtida

buffrande förmåga. Eftersom det rör sig om ett framtida förhållande finns i strikt mening inget rätt svar. Men det är ändå intressant att se hur eleverna svarar p.g.a. svarets implikationer.

Exempel på frågeformulering för att testa denna "kunskap": Om utsläppen av CO<sub>2</sub> är högre i framtiden, och jordens medeltemperatur stiger, vad kommer troligen att ske med upptaget av CO<sub>2</sub>? Korrekt svar: Upptaget kommer troligen att sjunka i absoluta tal jämfört med dagens upptag (Cox *et al.* 2000; House *et al.* 2002; IPCC, 2000b; Joos *et al.* 2001; Le Quere *et al.* 2007; Majkut *et al.* 2014).

### *Kolflödet*

Kopplingen mellan utsläpp och upptag är också viktig. Så länge utsläppen av CO<sub>2</sub> överstiger upptaget kommer mängden i atmosfären att öka. Detta kan tyckas uppenbart, men som vi skall se finns anledning att undersöka i vilken mån gymnasieelever har denna insikt.

Exempel på frågeformulering för att testa denna kunskap: om mängd x CO<sub>2</sub> tas upp varje år, hur mycket CO<sub>2</sub> kan släppas ut årligen om mängden CO<sub>2</sub> ska hållas konstant? Korrekt svar: Lika mycket som tas upp, d.v.s. mängd x.

## **Bakgrund**

Vad är syftet med ämnet naturkunskap (NK), och varför ska eleverna läsa det? Skolverket skriver att NK ska ge eleverna en "naturvetenskaplig medborgarbildning" (Skolverket, 2014a) och beskriver syftet med undervisning ämnet ska:

*"[...] ska syfta till att eleverna utvecklar kunskaper i naturvetenskap samt förmåga att kritiskt värdera och ta ställning i frågor som har ett naturvetenskapligt innehåll."* (Skolverket, 2014b)

Om läsaren lägger betoningen på "ta ställning" kan det tolkas som att Skolverket åberopar vad som har kallats för "demokratiargumentet". I korthet lyder det att om medborgare ska vara delaktiga i att lösa ett problem så måste de *förstå* det. (Sjöberg *et al.* 2010). Många, kanske de flesta, av de problem som måste lösas i dagens samhälle har en naturvetenskaplig koppling. Klimatförändringar är ett exempel på ett sådant problem. Klimatpåverkan nämns dessutom som en del av det centrala innehållet för både kurserna naturkunskap 1a1 och 1b (Skolverket, 2014a). Vidare skriver man att undervisningen ska ge eleverna förutsättningar för att göra ställningstaganden, och att de ska få kunskaper om naturvetenskapens roll i aktuella samhällsfrågor (Skolverket, 2014a). Elever som har läst NK borde alltså ha fått med sig vissa kunskaper som tillåter dem fatta informerade ställningstaganden gällande klimatförändringarna. Undersökningen syftar inte endast till att testa huruvida eleverna besitter en viss kunskap, utan även indirekt mäta om de vet att det är denna kunskap som skall användas för att besvara frågan. Det är av föga praktisk nytta om eleverna har en given kunskap, men inte inser när den skall användas (Dauer *et al.* 2014). Nedan diskuterar jag några sådana kunskaper och visar att det finns anledning att misstänka att många inte besitter dem.

### *Underskattande av kolfixering*

Flera studier har undersökt kunskaperna kring kolfixering hos olika delar av olika befolkningar. Undersökningarnas upplägg och målgrupp varierar, och vi kan inte utgå från att

alla resultaten är statistiskt signifikanta. En del av de studier som nämns nedan är dessutom interventionsstudier; studier då man undersökt elevernas kunskaper före och efter en viss intervention, t.ex. ett nytt lektionsupplägg. Resultaten jag hänvisar till nedan är alltid tagna innan interventionen i fråga. I alla de studier som jag har tagit hänsyn till (Hartley *et al.* 2011; Ozay & Oztas, 2003; Wilson *et al.* 2006) är det tydligt att många har svårt att förstå koncept som lagen om materiernas bevarande. Åtminstone i kontexten kolfixering. I en undersökning (Hartley *et al.* 2011) deltog elever vid olika amerikanska universitet (n = 525). Dessa fick svara på ett frågeformulär. En av frågorna handlade om varifrån trädet får den största delen av sin massa. Det korrekta svaret är koldioxid som absorberas ur luften av trädets blad. Endast 29 % av eleverna svarade rätt på frågan. I andra studier har resultaten för nästan identiska frågor varit ännu mer nedslående. Av deltagande elever (n = 141) på collage-nivå (motsvarande högskolenivå) kunde ca. 16 % svara rätt (Wilson *et al.* 2006). Och när (Ozay & Oztas, 2003) genomförde en studie på 14-15 åriga skolelever i Turkiet (n = 88) var endast 19 % av svaren korrekta.

Den s.k. lagen om massans bevarande, att massan i ett slutet system är konstant, behövs som förklaringsverktyg för att vara vetenskapligt läskunnig (Wilson *et al.* 2006). Orsaken till klimatförändringarna hänger direkt samman detta. Fossila bränslen ”försvinner” inte när de förbränns, lika lite som cellulosa bildas ur tomma intet. Växters kolfixering är ett slagkraftigt exempel på denna princip som tillsynes är så svår att tillämpa.

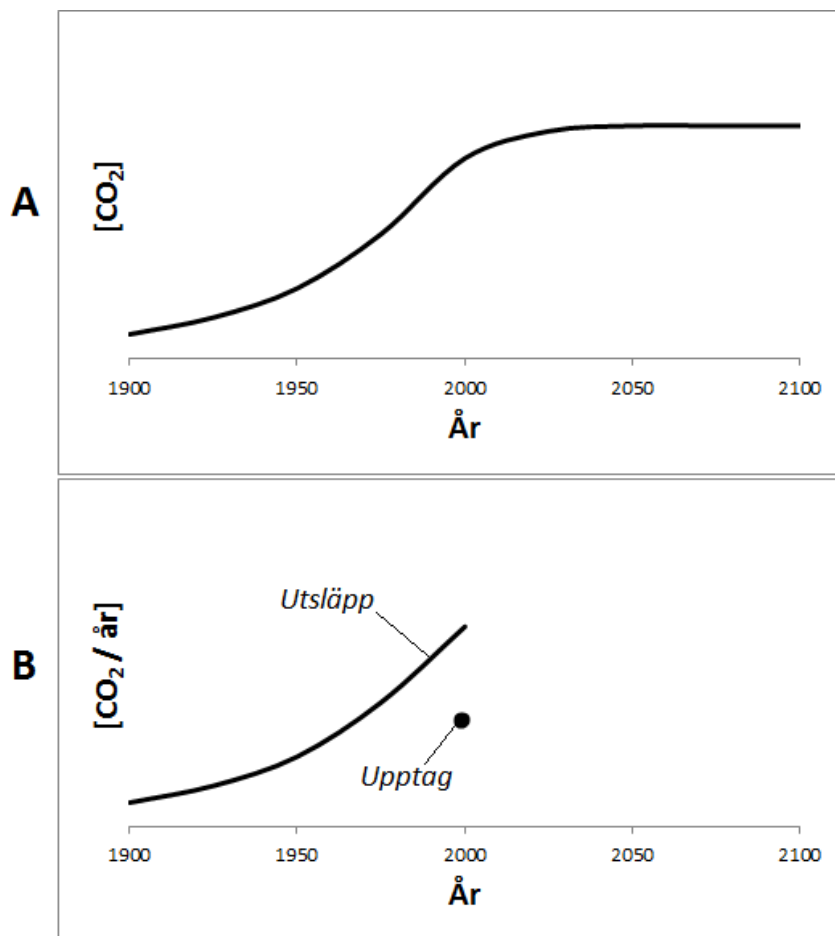
#### *Överskattande av CO<sub>2</sub>-upptag*

Sterman & Sweeney (2007) genomförde en studie som täcker upp för en rad frågor kring allmänhetens attityd gentemot klimatförändringarna på ett elegant vis. Målgruppen var studenter på MIT (n = 212). Dessa delades upp i två huvudgrupper som fick olika scenarion, A eller B, tillhörande den fråga de skulle besvara. Det är främst resultaten från den ena av dessa grupper som är av intresse för min egen studie. Notera därför att de resultat som beskrivs här endast kommer från denna ena hälft (n = 109).

De flesta amerikaner säger sig stötta Kyotoavtalet men vill samtidigt inte se policys som begränsar CO<sub>2</sub>-utsläpp. Sterman & Sweeney (2007) misstänkte att denna tillsynes motsägelsefulla ställning, delvis, kunde förklaras av bristande förståelse kring trögheten i klimatförändringar och relationen mellan utsläpp och upptag av CO<sub>2</sub>. De lät deltagarna först läsa en kort sammanfattning om grundläggande bakgrund till klimatförändringarna. Denna innehöll tre grafer med en tidslinje från år 1850–2000. Respektive grafs y-axel visade antropogena utsläpp/år, koncentrationen av CO<sub>2</sub> i atmosfären och jorden medeltemperatur. Samtliga visade en exponentiellt ökande trend. Där fanns även information som hänvisade till graferna. Bland annat nämndes att utsläppen av CO<sub>2</sub> år 2000 översteg nettoupptaget med ungefär det dubbla, och som ett resultat av detta har CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfären ökat. Därefter visades dels en graf (år 1900–2100) där koncentrationen CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfären planar ut och stabiliseras fram till år 2100 (figur 1 A). Och dels en graf med utsläppskurva för CO<sub>2</sub> fram till år 2000, samt en punkt för upptaget av CO<sub>2</sub> samma år (figur 1 B). Deltagarna ställdes en av tre olika varianter på en fråga (figur 2).

Av de deltagare som svarade på fråga version I så ritade 72 % en kurva som visade att upptaget av CO<sub>2</sub> skulle öka jämfört med nivån år 2000. Forskarvärlden ger inte en lika optimistisk prognos. Många studier tyder på att upptaget från världshaven kommer att minska allt eftersom vattnet blir mättat med CO<sub>2</sub> (Le Quere *et al.* 2007; Majkut *et al.* 2014). Och ett ökat upptag från biomassa på land är osannolikt (Cox *et al.* 2000; House *et al.* 2002; IPCC,

2000b; Joos *et al.* 2001). Deltagarna i denna studie har alltså troligen överskattat det verkliga framtida upptaget av CO<sub>2</sub>. En sådan överskattning skulle kunna förklara delar av den bristande handlingsvilja kring klimatförändringar som tycks finnas i den amerikanska väljarkåren (Sterman, 2008). Därför är det intressant att kartlägga svenska elevers prognos på området eftersom en överoptimistisk sådan säkerligen kan få konsekvenser i synen på klimatpolitiken. Ju lägre upptag, desto mer större minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp krävs för att stabilisera koncentrationen i atmosfären. Inom en snar framtid kan eleverna behöva ta ställning till olika former av s.k. koldioxidfångs och lagring; att med tekniska interventioner samla upp och binda mer koldioxid än vad biosfären kan göra på egen hand (Buessler och Boyd, 2003; Lee *et al.* 2014; Scott *et al.* 2004). En realistisk bild av upptags-prognosen torde underlätta ett informerat beslut.



**Figur 1:** Förenklad version av de grafer som visades i Sterman & Sweenys studie. Graf A visar ett framtidsscenario då CO<sub>2</sub>-koncentrationen stabiliseras. Graf B visar utsläppen av CO<sub>2</sub> fram till år 2000 och upptaget av CO<sub>2</sub> detta år. Baserad på Sterman & Sweeny (2007)



**Fråga version I:** Givet scenariot (A eller B), att CO<sub>2</sub>-koncentrationen ska stabiliseras fram till 2100, rita ut hur du tror att *upptaget* kommer se ut fram till dess. Rita därefter ut hur grafen *upptag* bör se ut fram till år 2100.

**Fråga version II:** Givet scenariot (A eller B), att CO<sub>2</sub>-koncentrationen ska stabiliseras fram till 2100, rita ut hur grafen bör se ut fram till år 2100.

**Fråga version III:** Givet scenariot (A eller B), att CO<sub>2</sub>-koncentrationen ska stabiliseras fram till 2100, vad bör ske med utsläppen? Välj ett alternativ (flervalsalternativ).

**Figur 2:** Efter att ha tagit del av sammanfattningen och scenario A eller B ställdes en fråga. Frågan var ställd i en utav tre möjliga versioner. Dessa frågor är fritt översatta och omskrivna i kortare form än i originalet av Serman & Sweeny (2007).

### *Missförstånd kring utsläpp/upptag-förhållande.*

Sammantaget, för alla tre typer av Sermans & Sweenys (2007) frågeformuleringar, hade 58 % av deltagarna, på ett eller annat sätt, svarat att CO<sub>2</sub>-koncentrationen kan bli stabil även om utsläppen  $\neq$  upptag. På fråga version I ritade 63 % att en graf som visade att stabilisering av utsläppen (CO<sub>2</sub>/år), i sig, skulle leda till en stabilisering av CO<sub>2</sub>-koncentrationen. Trots att stabiliseringen skedde på en nivå väl över upptaget. Detta är ett lika felaktigt och anmärkningsvärt resonemang som att påstå att ett badkar som fylls snabbare än det töms aldrig kommer svämma över, så länge inflödet av vatten är konstant. Det finns alltså stora brister i förståelsen av utsläpp/upptag-förhållandet av CO<sub>2</sub>.

### **Frågeställning**

Jag finner det intressant att undersöka om svenska elever som läst NK delar samma svårigheter som försökspersonerna i andra studier utanför Sverige (Hartley *et al.* 2011; Ozay & Oztas, 2003; Serman & Sweeney, 2007; Wilson *et al.* 2006). Samtliga resultat som tagits upp i inledningen är av intresse, eftersom de alla säger något om elevernas potentiella förmåga att fatta informerade ställningstaganden i frågor som rör klimatförändringarna. Men de är så olika att jag valt att dela upp min frågeställning i tre delfrågor.

#### *Delfråga 1*

Hur stor andel av eleverna besitter de kunskaper som krävs för att kunna identifiera en gas i atmosfären (CO<sub>2</sub>) som den primära källan till ett trädets massa?

#### *Delfråga 2*

Hur tror eleverna att upptaget av CO<sub>2</sub> kommer se ut i en framtid då utsläppen av CO<sub>2</sub> fortsätter att öka och jordens medeltemperatur fortsätter att stiga.

#### *Delfråga 3*

Hur stor andel av eleverna förstår att så länge det släpps ut mer CO<sub>2</sub> än vad som tas upp så kommer mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären att öka? Och hur påverkas denna fördelning av om frågan (och svarsalternativ) ges i form av en graf, eller fritext?

## Metod

### Urval

Deltagarna i studien är elever som läser tredje året av gymnasiet i ett program där minst en kurs i NK är obligatorisk. Klasserna valdes ut genom att kontaktpersoner vid respektive skola tillfrågades via mail om det på skolan torde finnas intresse att delta i undersökningen. Dessa kontaktpersoner bistod sedan med information om vilka klasser som föll inom undersökningens målgrupp. Därefter mailades nya förfrågningar om undersökningsdeltagande ut till de lärare som hade dessa klasser i helklasslektioner.

Totalt deltog 120 elever från 5 olika program. Dessa kom från 6 olika klasser. Skolorna i fråga ligger i städer i Mellansverige respektive Norrlands inland. Eftersom alla elever gick tredje året på gymnasiet var alla över 15 år gamla. Således behövdes inte förmyndares tillstånd för att de skulle få delta i studien. Samtliga informerades i enlighet med etiska riktlinjer (Johansson & Svedner, 2006) om studiens syfte, frivilligt- och anonymt deltagande. (bilaga 1). Denna information fick de både muntligt och skriftligt via en Power Point-presentation innan undersökningsfrågorna visades.

### Datainsamlingsmetod

Jag samlade in data i början av helklasslektioner med hjälp av mentometrar som jag delat ut till eleverna. Klasserna fick se totalt fem frågor, varav en övningsfråga, via projektor i form av en Power Point-presentation. För att visa denna presentation använde jag mig av mjukvaran Turning Point 4 (Turning Technologies, 2011), som även tillät mig att samla in svaren från respektive mentometer, trådlöst till visningsdatorn.

### Bortfall

Antalet närvarande elever noterades i början av varje frågesession och det är mot detta antal som bortfallet beräknats i resultatdelen. Bortfall i antal närvarande elever mot totalt antal elever i klasslistan har ej noterats.

### Flersvarstestet.

Nedan sammanfattas frågorna i omskriven och förkortad version (bilaga 1 ger fullständig frågeformulering) följt av motivering av fråga och formulering. Korrekta svar i **fetstil**.

*Övningsfråga: naturkunskapskurser*

*Vilken är den högsta NK-kurs du har läst?*

*1 - NK 1a1*

*2 - NK 1a2 / 1b*

*3 - NK 2*

*4 - (blank)*

En övningsfråga ger alla deltagare möjlighet att förstå upplägget, t.ex. att det finns ett blankt svarsalternativ. De som inte använt en mentometer förut får prova dem och eventuella tekniska problem kan uppmärksammas innan de riktiga frågorna ställs. Frågor om upplägget kan uppmärksammas och besvaras under övningsfrågan, vilket minskar risken för vilseledande moment under de "riktiga" frågorna. I detta fall valdes en fråga som alla borde känna svaret på; vilken som är den mest avancerade NK-kurs eleven har läst. Frågan

kontrollerar dels att alla närvarande faktiskt *har* läst någon kurs i ämnet NK. Och dels påminner den om att studien berör en kurs som för deltagarna redan är betygssatt och avslutad. Svaren på övningsfrågan kan dessutom i sig vara av intresse; om undersökningen skulle få tillräckligt många deltagare kan eventuella skillnader mellan de olika NK-kurserna studeras.

*Fråga 1: kolfixering och massa.*

*Varifrån har ett träd fått den största delen utav sin massa (vikt)?*

*1 - mineraler i jorden (absorberas av rötterna)*

*2 - vätska i jorden (absorberas av rötterna)*

*3 - gas i jorden (absorberas av rotknölar)*

***4 - gas i luften (absorberas av bladen)***

*5 - (blank)*

Denna fråga har formulerats olika i alla studier jag använt mig av (Hadenfeldt *et al.* 2014; Hartley *et al.* 2011; Ozay & Oztas, 2003; Wilson *et al.* 2006), men de undersöker alla samma sak: om eleverna förstår att CO<sub>2</sub>, en gas, är den primära källan till växters massa. Massa är visserligen inte detsamma som vikt i vetenskaplig mening, men i denna fråga spelar skillnaden föga roll. Valet av ett träd, framför andra icke-vedartade växter, är medvetet. Frågan berör växtens massa, men eftersom denna troligen förknippas med just vikt riskerar blötvikten hos många växter att styra valet av svar mot alternativ 2, vätska. Träd, å andra sidan, är familjärt som material och upplevs troligen både som massivt och tungt även i sitt torkade tillstånd. Förvirring kring vad som avses med massa, och om denna mäts vid torrsvikt eller blötvikt, undviks förhoppningsvis genom att ställa frågan om ett träd.

Svarsalternativen anges så neutralt som möjligt; vätska istället för H<sub>2</sub>O. Gas istället för CO<sub>2</sub>, o.s.v. Samtidigt anges respektive absorptionsväg för att visa att alternativen som möjliga.

*Fråga 2: prognos för framtida CO<sub>2</sub>-upptag.*

*År 2000 togs ungefär hälften av den utsläppta koldioxiden upp. Om utsläppen av CO<sub>2</sub> är högre i framtiden, vad kommer troligen att ske med upptaget av CO<sub>2</sub>, givet jordens stigande medeltemperatur?*

*1 - upptaget förblir konstant (i absoluta tal).*

***2 - upptaget minskar (i absoluta tal).***

*3 - upptaget förblir konstant (hälften av utsläppen).*

*4 - upptaget blir lika stort som utsläppen*

*5 - (blankt)*

För den enskilde påverkar troligen även en hypotetisk prognos ställningstaganden om hur snart, och hur mycket, utsläppen ska minska. Många i Sterman & Sweenys studie (2007) tycktes tro att det framtida upptaget av CO<sub>2</sub> skulle öka. Detta är inte fel i någon strikt mening. Ingen vet hur det framtida upptaget kommer att se ut. Men de flesta anser att det kommer minska (Cox *et al.* 2000; House *et al.* 2002; IPCC, 2000b; Joos *et al.* 2001; Le Quere *et al.* 2007; Majkut *et al.* 2014). Det är intressant att undersöka om eleverna i denna målgrupp har en realistisk uppfattning kring det framtida upptaget av CO<sub>2</sub>. Men om prognosen ställs som en del i svaret av en annan fråga, som i Sterman & Sweenys exempel, är det svårt att veta i vilken mån den speglar deltagarnas egentliga uppfattning om framtida CO<sub>2</sub>-upptag. Deras fråga förutsätter en framtida stabilisering av CO<sub>2</sub>-koncentrationen, något som i kontexten säkerligen anses vara önskvärt. Detta riskerar inbjuda önsketänkande, ”i-bästa-fall-scenarion”

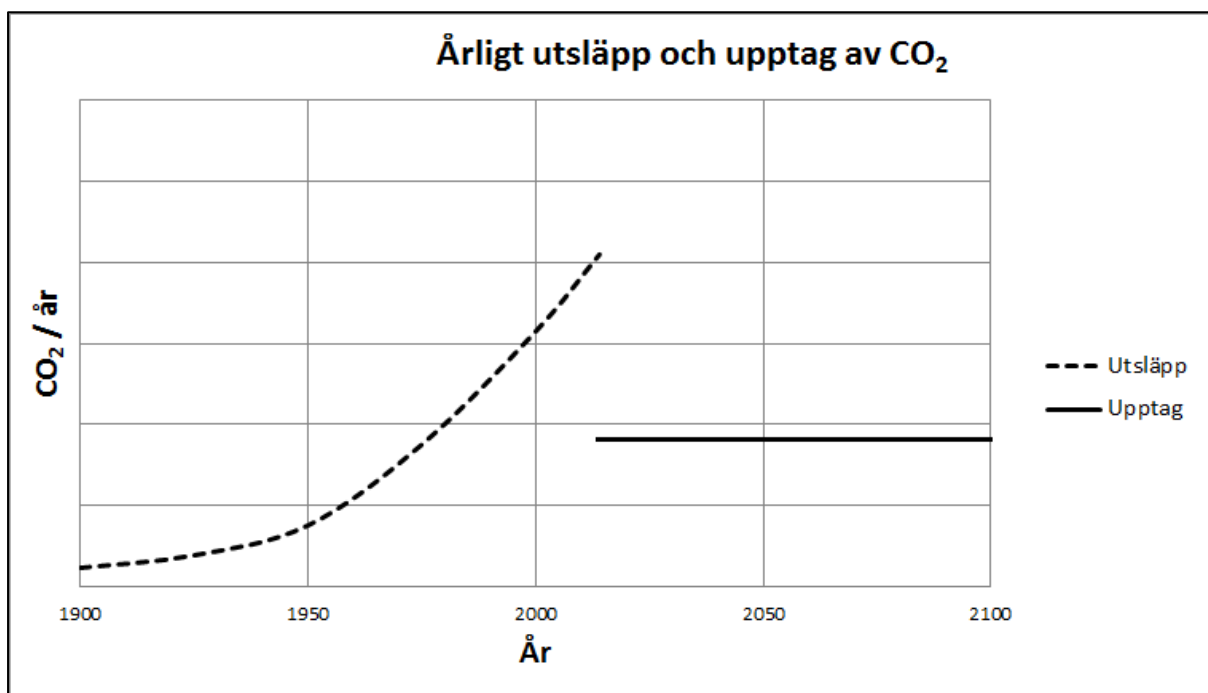
och ett svar som ämnar möta frågans premisser, snarare än att spegla den egna uppfattningen. Därför undersöker jag elevernas uppfattning kring framtida CO<sub>2</sub>-upptag i en separat fråga.

Frågan förutsätter uttryckligen att jordens medeltemperatur kommer att stiga, och att utsläppen av CO<sub>2</sub> kommer att öka.

*Fråga 3: utsläpp/upptag-förhållande (graf).*

*Mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären ökar. Men denna graf visar inte mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären. Den visar utsläpp av CO<sub>2</sub>/år (---) och upptag av CO<sub>2</sub>/år (—).*

*Hur måste utsläppen se ut om mängden CO<sub>2</sub> ska bli konstant i framtiden?*



**Figur 3:** Grafen som visades för eleverna i samband med fråga 3. Två linjer visar dels utsläppet av CO<sub>2</sub> (---) och del ett hypotetiskt framtida upptag av CO<sub>2</sub> (—).

- 1 - Bild (utsläppen planar ut och blir konstanta, på en nivå högre än upptaget).
- 2 - Bild (utsläppen sjunker och planar sedan ut, på en nivå som är högre än upptaget).
- 3 - Bild (utsläppen sjunker och planar sedan ut, på samma nivå som upptaget)
- 4 - Bild (utsläppen sjunker och planar sedan ut, på en nivå som är lägre än upptaget)
- 5 - (blankt)

Bilderna som visades återfinns i bilaga 1.

Likt Sterman & Sweeny (2007) visades eleverna som deltog i min undersökning en graf över utsläpp och upptag av CO<sub>2</sub>. Och både tidsintervall och utsläppsgrafens trend på den visade grafen är identiska med deras (figur 1 B). Men till skillnad från Sterman & Sweeny (2007) har jag valt att ange ett hypotetiskt framtida upptag. Eleverna i min studie har i föregående fråga gjort en prognos av framtida CO<sub>2</sub>-upptag. Av samma anledningar som jag valde att ställa den frågan för sig, exkluderar jag den delen i den här frågan. Resultatet torde vara lättare att tolka om det endast finns en variabel som deltagarna måste välja. Deltagarna får heller inte se någon graf över CO<sub>2</sub>-koncentration, CO<sub>2</sub>-utsläpp, eller jordens medeltemp, vilket deltagarna i Sterman & Sweenys studie fick. Detta är en mycket viktig skillnad eftersom artikelförfattarna tillskriver en stor del av resultaten som ett resultat av s.k.

mönsterkorrelerande heuristik (pattern matching heuristic), en psykologisk tumregel där människor tenderar att korrelera egenskaperna hos ett objekt med ett annat; i detta fall, formen på den ena grafen med den andra. Det teoretiska resonemanget lyder att om grafen över CO<sub>2</sub>-koncentration och CO<sub>2</sub>-utsläpp korrelerar, bör en stabilisering av CO<sub>2</sub>-koncentrationen vara ett resultat av en stabilisering av CO<sub>2</sub>-utsläppen (figur 1 A och B). Min version av frågan, inbjuder inte till ett sådant *visuellt* mönsterkorrelerande mellan grafer. På så vis testas, i någon mån, om mönsterkorrelerande heuristik är beroende av, eller påverkas av, tillgängligheten av visuell mönsterkorrelering.

För att inte dra uppmärksamhet från grafförhållandet visas inga värden på Y-axeln, och utsläpps- och upptagskurvorna slutar/börjar år 2014 för att göra scenariot mer relevant. Svartalternativen visas i form av bilder. Av dessa är det endast en som uppfyller kraven för frågans premisser; den då utsläpp blir det samma som upptag.

*Fråga 4: utsläpp/upptag-förhållande (text).*

*Anta att det under ett år släpps ut 10 Gt CO<sub>2</sub>. Hur mycket CO<sub>2</sub> måste tas upp under detta år om mängden CO<sub>2</sub> inte ska öka eller minska?*

1 - 5 Gt.

2 - **10 Gt.**

3 - 15 Gt.

4 - 20 Gt.

5 - (blankt)

Likt fråga 3 är fråga 4 tänkt att undersöka om eleverna förstår att utsläpp av CO<sub>2</sub> måste vara lika med upptaget av CO<sub>2</sub> för att CO<sub>2</sub>-koncentrationen ska bli konstant. Skillnaden är att fråga 4 inte använder grafer i varken frågeställning eller svarsalternativ. Detta för att undersöka om frågan blir lättare att besvara i frånvaro av grafer. Något som även Sterman & Sweeny (2007) testade i sin studie.

## **Procedur**

Utöver frågornas textform förklarades innebörden av varje fråga även muntligt för klassen. Frågorna lästes högt och repeterades efter behov. Formuleringsavvikelser vid det muntliga framförandet av frågan begränsades till sådana som gjorde frågan mer koncis, snarare än ändring i ordval. Eleverna fick alltid se och höra frågan, se svarsalternativen, och därefter få frågan upprepad igen innan svaren samlades in. När bilden med svarsalternativ visades påmindes eleverna om att de även kunde välja det alternativ som var blankt. Efter att ha frågat om alla som ville svara hade gjort det stängdes svarssessionen och nästa fråga presenterades. Den första frågan tjänade som "övningsfråga" så att alla skulle bli bekanta med upplägget. Denna fråga samlade även in information om vilken som var den mest avancerade NK-kurs varje elev hade läst. Eftersom eleverna alltid träffades i helklass informerades de muntligt om vilken den mest avancerade NK-kursen för programmet är. Elever som läst till extra NK-kurser uppmanades att svara därefter.

## **Databearbetningsmetoder**

Jag samlade in och bearbetade svaren från min undersökning via mjukvaran Turningpoint 4 (Turning Technologies, 2011). Svaren från varje klass adderade jag manuellt, utan hänsyn till hur eleverna svarat på övningsfrågan. Med hjälp av "demografi-funktionen" i Turningpoint

sorterade jag svaren från fråga 4 med avseende på hur respektive deltagare hade svarat på fråga 3.

### **Reabilitet**

Det torde vara omöjligt att avgöra vilken mån mina svar reflekterar elevernas verkliga uppfattningar. Och problemen med flervalfrågor är många. Till att börja med är frågorna och deras svarsalternativ valda och formulerade utav mig. Frågornas formulering, i text såväl som uppläsning, kan rimligtvis påverka resultatet. Detta är ett ofrånkomligt problem med denna typ av undersökning. Men både frågor och svarsalternativ har utformats för att i rimligaste mån undvika oönskad vinkling. Alla frågor har föregåtts av en kort bakgrundstext för att garantera att vissa premisser och förkunskaper inte gått eleverna förbi (bilaga 1). I frågorna 2, 3, och 4 är det främst förmågan att resonera sig fram till svaret som jag har haft i åtanke vid denna formulering. Bakgrunden har formulerats för att ge frågan en tydlig kontext. Svarsalternativen är i sin tur skrivna för att vara otvetydiga. Som redan nämnts undveks ändringar i ordval vid uppläsning och eleverna blev alltid tillfrågade om de ville få frågan och/eller bakgrunden upprepad innan svaren samlades in.

Det är möjligt att en del elever kanske chansade då de valde svarsalternativ, eller på annat sätt inte svarade i enlighet med sin egentliga uppfattning. Men eftersom frågorna ställts till elever i tredje gymnasieåret så har de redan läst sina kurser i NK. Det finns därför ingen anledning att tro att svaren påverkats av en kommande betygsättning. Provet är också helt anonymt, och mentometrar tillåter ett diskret sätt att ange sina svar. Svar under influens av direkt gruppträck torde därför inte vara ett bekymmer.

### **Generaliserbarhet**

Mina frågeställningar syftar till den andelen av Sveriges gymnasieungdomar som läser någon kurs i NK. Läsåret 2014/15 läser över 320 000 elever ett gymnasieprogram (Skolverket, 2014c), och en betydande andel av dessa kommer läsa NK.

Summan av närvarande elever vid respektive undersökningstillfälle är 120 st. Men i hälften av deltagande klasser har elevnärvaron vid undersökningstillfället varit mycket låg; ca. 50 %. Detta minskar generaliserbarheten av erhållna svar eftersom elever som skolkar på de lektioner då undersökningen ägt rum (oftast klassråd) systematiskt fallit bort. Vidare bedöms 120 eleverna som ett för litet antal för att med gott konfidensintervall kunna generalisera resultaten på den tilltänkta befolkningen som troligen ligger i storleksordningen 100 000 elever.

### **Validitet**

De skolor som använts i denna undersökning kommer visserligen från olika delar av Sverige, men urvalet kan inte anses slumpmässigt. De skolor som deltagit i min undersökning valdes ut av det praktiska skälet att kontaktpersoner fanns på respektive skola, i form av f.d. lärare. Klasserna som deltagit valdes ut med avseende på tillgänglighet; klasser som inom angiven tidsperiod kunde delta gjorde det.

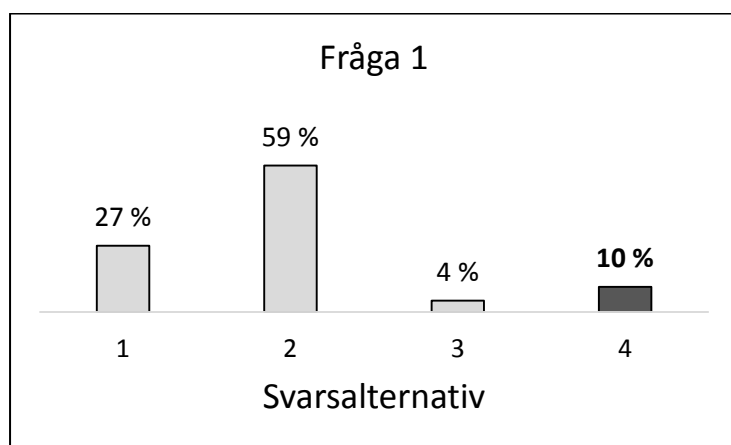
Min undersökning inkluderar långt ifrån alla de kunskaper som tänkbart kan behövas för en komplett ”naturvetenskaplig medborgarbildning”. Metoden med flervalfrågor ger ingen bild av elevernas förmåga att resonera kring frågorna, och som nämnts under generaliserbarhet är urvalet för litet för att resultaten ska gå att generalisera på tänkt del av befolkningen. Och en berättigad fråga är om kunskaperna försökt mäta hos eleverna är en prediktor för hur de

kommer göra ställningstaganden i klimatfrågor? Även om min undersökning hade haft större generaliserbarhet och dessutom undersökt elevernas resonemang, vad säger elevernas kunskaper, deras grad av vetenskaplig läskunnighet, om sannolikheten att de skulle känna misstro mot samhällsåtgärder som är resultat av klimatforskning? Är inte ideologisk lutning, måttet av tilltro till samhällsinstitutioner och politiker, mer relevanta att parametrar att mäta i sammanhanget? Jag utesluter inte att dessa faktorer har stor, kanske den största, betydelsen för hur den enskilde medborgaren kommer förhålla sig till ställningstaganden om klimatförändringarna. Men det finns studier som visar ett positivt samband mellan kunskap och ställningstaganden i det givna området (Sturgis & Allum, 2004). Så det finns anledning att anta att den typ av kunskaper som jag har mätt är *en* av de många faktorer som påverkar allmänhetens ställningstaganden. Troligen kan kunskaper och exempelvis ideologi samspela med varandra (Sturgis & Allum, 2004). Även om min studie inte mäter alla kunskaper som behövs för en komplett naturvetenskaplig medborgarbildning så är mätandet av enskilda kunskaper inte ovidkommande för frågeställningen.

## Resultat

### Hur eleverna svarade

Första frågan: *Varifrån har ett träd fått den största delen utav sin massa (vikt)?* var uppenbarligen den svåraste. En klar majoritet, 59 %, svarade att den största delen av ett trädets massa kommer från en vätska i marken som absorberades av rötterna. Endast 10 % av eleverna valde det rätta svarsalternativet; en gas i atmosfären som tas upp via bladen (figur 4). Detta syftar underförstått till CO<sub>2</sub>. Nästan ingen, endast 4 %, trodde att trädet hade fått största delen av sin massa från en gas i jorden. Alternativ 1, att mineral som absorberats ur jorden skulle ha bidragit mest till trädets massa utgör drygt en fjärdedel utav svaren (figur 4).



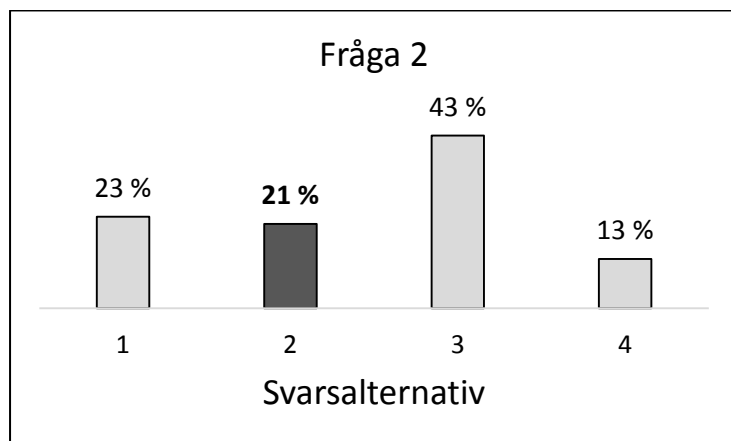
**Figur 4:** Fördelningen av svar (%) som eleverna lämnade på fråga 1: *Varifrån har ett träd fått den största delen utav sin massa (vikt)?* Korrekt svar visas i fet stil och mörk stapel. Svarsalternativen är: 1 - mineraler i jorden (absorberas av rötterna); 2 - vätska i jorden (absorberas av rötterna); 3 - gas i jorden (absorberas av rotknölar); **4 - gas i luften (absorberas av bladen)**. Resultatet avser summerade antal svar från alla elever som lämnat ett svar på denna fråga (n = 109), ej inräknat blanka svar.

Den andra frågan erhöll flest antal svar av de fyra frågorna (n = 113). Eleverna frågades vad de trodde skulle ske med upptaget av CO<sub>2</sub> genom följande formulering: *År 2000 togs ungefär hälften av den utsläppta koldioxiden upp. Om utsläppen av CO<sub>2</sub> är högre i framtiden, vad kommer troligen att ske med upptaget av CO<sub>2</sub>, givet jorden stigande medeltemperatur?* Nästan en fjärdedel av eleverna svarade alternativ 1; att upptaget skulle ligga kvar på samma nivå som år 2000. Drygt en femtedel, 21 %, valde alternativ 2; att upptaget troligen skulle minska (figur 5). Alternativ 2 är den prognos som kan anses vara rätt (Cox *et al.* 2000; House *et al.* 2002; IPCC, 2000b; Joos *et al.* 2001; Le Quere *et al.* 2007; Majkut *et al.* 2014). Det innebär en fördubbling av andelen rätta svar, jämfört med föregående fråga, där endast 10 % svarade rätt (figur 4). Men sammanlagt 56 % av eleverna tror att CO<sub>2</sub>-upptaget på något vis kommer att öka vid en fortsatt utsläppsökning, eftersom denna andel valt alternativ 3 eller 4 (figur 5).

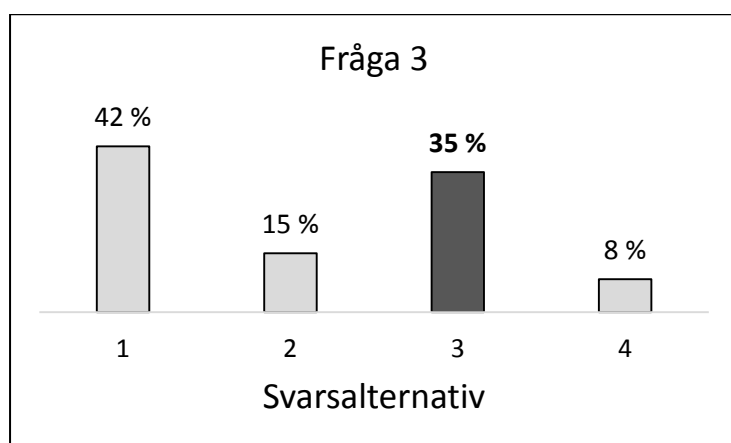
Under den tredje frågan visades eleverna (n = 108) en graf (figur 3) med frågeformuleringen: *Mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären ökar. Men denna graf visar inte mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären. Den visar utsläpp av CO<sub>2</sub>/år (- - -) och upptag av CO<sub>2</sub>/år (—). Hur måste utsläppen se ut om mängden CO<sub>2</sub> ska bli konstant i framtiden?* Svarsalternativen utgjordes utav bilder på fyra olika grafer (bilaga 1). Den graf som flest elever ansåg visa den sökta formen på utsläppskurvan erhöll 42 % av svaren (figur 6). Denna graf är trots sin popularitet felaktig. Den korrekta grafen, då utsläppskurvan lägger sig på samma nivå som upptaget fanns som



alternativ 3. Detta alternativ erhöll 35 % av svaren (figur 6). Alternativ 4, då utsläppen sjunker under upptagnivån står för endast 8 % av svaren, medan alternativ 1, som visar en utjämnning av utsläppen utan föregående minskning står för majoriteten av svaren med 42 % (figur 6).



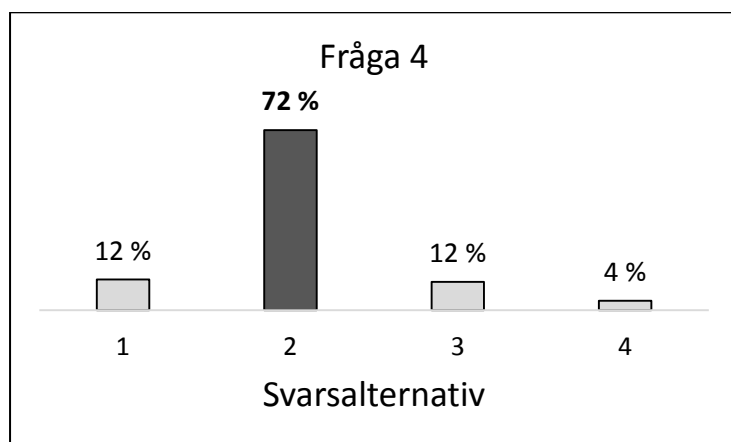
**Figur 5:** Fördelningen av svar (%) som eleverna lämnade på fråga 2: *År 2000 togs ungefär hälften av den utsläppta koldioxiden upp. Om utsläppen av CO<sub>2</sub> är högre i framtiden, vad kommer troligen att ske med upptaget av CO<sub>2</sub>, givet jordens stigande medeltemperatur?* Det svar som anses vara korrekt svar visas i fet stil och mörk stapel. Svarsalternativen är: 1 - upptaget förblir konstant (i absoluta tal); **2 - upptaget minskar (i absoluta tal)**; 3 - upptaget förblir konstant (hälften av utsläppen); 4 - upptaget blir lika stort som utsläppen. Resultatet avser summerade antal svar från alla elever som lämnat ett svar på denna fråga (n = 113), ej inräknat blanka svar.



**Figur 6:** Fördelningen av svar (%) som eleverna lämnade på fråga 3: *Hur måste utsläppen se ut om mängden CO<sub>2</sub> ska bli konstant i framtiden?* Korrekt svar visas i fet stil och mörk stapel. Svarsalternativen är: 1 - Bild (utsläppen planar ut och blir konstanta, på en nivå högre än upptaget); 2 - Bild (utsläppen sjunker och planar sedan ut, på en nivå som är högre än upptaget); **3 - Bild (utsläppen sjunker och planar sedan ut, på samma nivå som upptaget)**; 4 - Bild (utsläppen sjunker och planar sedan ut, på en nivå som är lägre än upptaget). Resultatet avser summerade antal svar från alla elever som lämnat ett svar på denna fråga (n = 108), ej inräknat blanka svar.

Störst andel rätta svar fick den sista frågan, som är en textbaserad version av fråga 3. Helt utan bilder eller grafer. På frågeformuleringen: *Anta att det under ett år släpps ut 10 Gt CO<sub>2</sub>. Hur mycket CO<sub>2</sub> måste tas upp under detta år om mängden CO<sub>2</sub> inte ska öka eller minska?* lyckades 72 % välja rätt svarsalternativ; 10 Gt (figur 7). Detta är det enda alternativ där

upptaget är lika stort som utsläppen. I alternativ 4 är upptaget dubbelt så stort som utsläppen. Endast 4 % av eleverna valde detta alternativ. Alternativ 1 och 3, där upptaget är lägre, respektive något högre än utsläppet, fick 12 % av svaren vardera (figur 7).



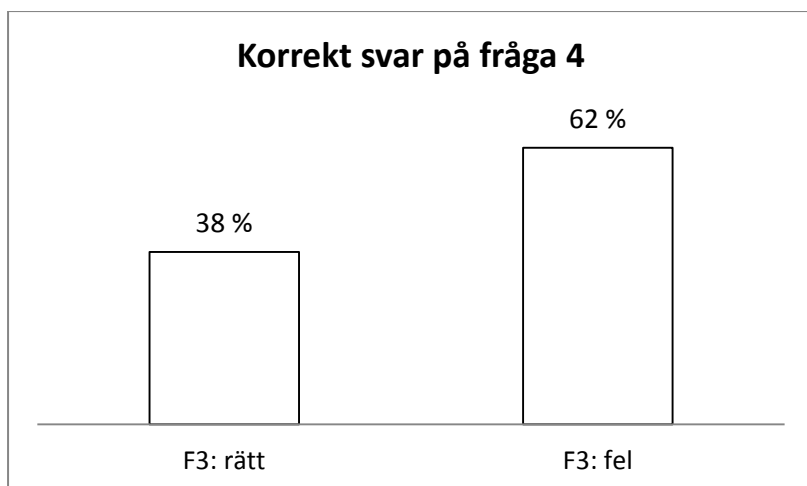
**Figur 7:** Fördelningen av svar (%) som eleverna lämnade på fråga 3. Korrekt svar visas i fet stil och mörk stapel. Svarsalternativen är: 1 - 5 Gt; **2 - 10 Gt**; 3 - 15 Gt; 4 - 20 Gt. Resultatet avser summerade antal svar från alla elever som lämnat ett svar på denna fråga (n = 105), ej inräknat blanka svar.

#### Fördelning av svar mellan fråga 3 och fråga 4

Genom rapportfunktionen i mjukvaran Turningpoint 4 (Turning Technologies, 2011) kan erhållna svar på frågor redovisas med avseende på hur eleverna har svarat på en viss fråga. Nedan framgår att 28 av de elever som svarade rätt på fråga 3 även svarade rätt på fråga 4 (tabell 1). Utav de sammanlagt 73 elever som svarade rätt på fråga 4 hade 45 svarat fel på fråga 3 (tabell 1). Detta betyder att av alla rätta svar på fråga 4 så kommer 62 % av dessa från elever som inte kunde svara rätt på fråga 3 (figur 8).

**Tabell 1:** Fördelningen av antal svar på fråga 4, men avseende på vilket svar respektive elev gav på fråga 3. Båda frågorna hade samma bakomliggande problemformulering. Men fråga 3 visades grafer både i frågeställning och som svarsalternativ. Fråga 4 visade ingen graf i varken frågeformulering eller svarsalternativ. Korrekta svar visas i fet stil. Resultatet avser summerade antal svar från alla elever som lämnat ett svar på fråga 3 och fråga 4 (n = 105), ej inräknat blanka svar.

	Svar 1 (fråga 4)	<b>Svar 2</b> <b>(fråga 4)</b>	Svar 3 (fråga 4)	Svar 4 (fråga 4)
Svar 1(fråga 3)	6	34	3	1
Svar 2 (fråga 3)	4	5	4	1
<b>Svar 3 (fråga 3)</b>	3	28	6	1
Svar 4 (fråga 3)	1	6	0	2



**Figur 8:** Andelen av de korrekta svaren på fråga 4 som svarade korrekt (rätt) eller felaktigt (fel) på fråga 3 (F3).

### Bortfall

Antalet elever som var närvarande vid frågesessionerna ( $n = 120$ ) räknas som det totala antalet deltagare. Bortfall avser elever som närvarat men svarat blankt eller inte svaras alls. Bortfallet var störst på de två sista frågorna som båda ställde frågor om förhållandet mellan utsläpp och upptag. Dessa, fråga 3 och 4, hade ett bortfall på 10 respektive 15 % (tabell 2). Flest svar erhöll fråga 2 vars bortfall blev 6 % (tabell 2). Det går inte att utesluta att vissa elever inte svarat p.g.a. felande mentometer.

**Tabell 2:** Bortfall för de fyra frågorna i undersökningen, beräknat mot totalt antal närvarande elever ( $n = 120$ ).

	Fråga 1	Fråga 2	Fråga 3	Fråga 4
Antal elever	11	7	12	15
Bortfall (%)	9	6	10	13

## Diskussion

Jag har här valt att diskutera resultaten uppdelat utifrån mina tre delfrågor. Utifrån svaren på dessa delfrågor följer en kort summering och slutsats på min huvudfråga, samt tänkbara konsekvenser av mina resultat.

### Svar på delfråga 1

Den första delfrågan: *Hur stor andel av eleverna besitter de kunskaper som krävs för att kunna identifiera en gas i atmosfären (CO<sub>2</sub>) som den primära källan till ett trädets massa?* fick ett tydligt svar. En mycket liten andel, endast 10 %, svarade korrekt; att den största delen av ett trädets massa kommer från en gas som tas upp av bladen.

Det populäraste svaret var ”vätska i jorden” (59 %), underförstått vatten. Varför valde en så stor andel av eleverna detta, felaktiga, svarsalternativ? Jag vågar anta att alla elever vet att träd absorberar vatten ur marken, och att detta sker genom rötterna. Rötterna anges dessutom som vätskans upptagsväg (bilaga 1). Det gör svarsalternativet familjärt, och det kanske sticker ut som det mest uppenbara. Än mer familjärt är troligen bilden av vatten som något som har en massa. Vatten väger, växter suger åt sig stora mängder vatten och trädet har stor vikt. Sambandet kan tyckas vara uppenbart och konkret.

Alternativet ”gas i marken” är det minst populära. Kanske för att eleverna inte tycker det är uppenbart vilken gas det skulle kunna handla om. Eller kanske för att de inte uppfattar jorden som en plats för gaser. Av de tre felaktiga svaren kan detta anses vara ”minst fel”, eftersom det trots allt hänvisar till en gas som den största källan till trädets massa, även om gasen i fråga skulle vara en annan än CO<sub>2</sub>.

Mineral är det näst populäraste alternativet med 27 % av svaren. Likt vatten skulle denna popularitet kunna härledas till elevernas förmodade kunskap om rötters absorptionsförmåga. Upptagsvägen kanske framstår som sannolik, men även här kan finnas en tydligare intuitiv känsla för att mineraler, precis som vatten, har massa och således kan bidra till trädets massa. Men att gaser har massa har många svårt att förlika sig med, och problemet är väl känt (Hadenfeldt *et al.* 2014). I vissa studier hävdar inte bara elever, men även vissa lärare att gaser inte har någon massa (Çalik & Ayas, 2005). Vi påminns sällan om gasers massa i vardagen och hela konceptet upplevs troligen som abstrakt. Således framstår varken ”gas i marken” (4 % av svaren) eller det korrekta svaret ”gas i luften” (10 % av svaren) som trovärdiga alternativ.

Knappt 1 av 10 elever tycks alltså inte besitta de kunskaper som behövs för att kunna identifiera en gas i atmosfären (CO<sub>2</sub>) som den primära källan till ett trädets massa. Min undersökning tillåter ingen faktiskt analys av elevernas resonemang vid val av svarsalternativ. Men en studie av Dauer *et al.* (2014) belyser varför dessa kunskaper verkar vara så svåra att tillgodose elever. Man utförde en intervju-baserad undersökning med elever från motsvarande högstadiet och gymnasiet (n = 22). Deltagarna fick ta ställning till en fråga mycket lik den första i min undersökning. Efter att muntligt ha motiverat sitt svar fick de ta ställning till två påståenden som presenterades tillsammans med ”bevis” för den ena förklaringen (växter får den större delen av sin massa från jorden) eller den andra förklaringen (växter får den större delen av sin massa från luften). Alla som deltog i undersökningen hade, i olika omfattning, tagit del av en grupp lektioner med temat ”omvandling av massa och energi”. Trots detta hade många svårt att svara rätt på frågan, och resonera kring vilket av de efterföljande påståendena som var det korrekta. I en av intervjuerna uttrycker eleverna sin skepsis inför påståendet att en växt skulle få den största delen av sin massa från luften eftersom ”[...] jag vet inte om

grejerna i luften skulle bidra med särskilt mycket massa.” (Dauer *et al.* 2014; min översättning). Detta uttalande kommer dessutom från elev som enligt artikelförfattarna känner till att växter använder koldioxid för att bilda glukos. Vidare noterar man att många elever tycks resonera utefter principen ”lika till lika”, d.v.s. gaser nyttjas av växter för att bilda andra gaser. T.ex. menar många elever att CO<sub>2</sub> används för att bilda O<sub>2</sub>. Kort sagt verkar detta vara en svår fråga, och även om vissa elever faktiskt har kännedom om lagen om massans bevarande så är det i sig inte en garanti för att de använder sin kunskap för ett resonemang som leder till det rätta svaret (Dauer *et al.* 2014).

### Svar på delfråga 2

I originalstudien av Sterman & Sweeny (2007) trodde sammanlagt 72 % av deltagarna att det framtida upptaget av CO<sub>2</sub> skulle öka vid ökande CO<sub>2</sub>-utsläpp. Min andra delfråga var: *Hur tror eleverna att upptaget av CO<sub>2</sub> kommer se ut i en framtid då utsläppen av CO<sub>2</sub> fortsätter att öka och jordens medeltemperatur fortsätter att stiga?*

Mina resultat visar att nära hälften av deltagarna tror på samma ökade upptag. De flesta trodde att upptaget skulle öka för att motsvara hälften utav det framtida upptaget (43 %). Och en liten grupp trodde att upptaget skulle öka till samma nivå som utsläppen (13 %). Visserligen finns det olika förslag på s.k. koldioxidfångst och lagring; att med insatser av ny teknik samla upp och binda mer koldioxid än vad biosfären kan göra på egen hand. Men även om vissa elever hade sådana åtgärder i åtanke då de svarade att upptaget skulle öka så bör detta ses som mycket en optimistisk prognos (Buesseler & Boyd, 2003; Scott *et al.* 2004). Resterande hälft av eleverna trodde att upptaget skulle vara konstant i absoluta tal (23 % av svaren). Eller att upptaget skulle minska (21 % av svaren), vilket är det svarsalternativ som kan anses vara ”korrekt” i detta fall (Cox *et al.* 2000; House *et al.* 2002; IPCC, 2000b; Joos *et al.* 2001; Le Quere *et al.* 2007; Majkut *et al.* 2014).

Till skillnad från Sterman & Sweenys studie så svarade eleverna i min undersökning på frågan om framtida CO<sub>2</sub>-upptag för sig. Inte indirekt, som en del i svaret då de skall rita en graf. Sannolikt är svaren jag erhållit en jämförelsevis god representation av elevernas åsikt i frågan. Om dessa elever lärt sig något om de faktorer som tros leda till ett minskat upptag av CO<sub>2</sub> i framtiden så har en klar majoritet inte tillämpat de kunskaperna då de besvarade denna fråga.

### Svar på delfråga 3

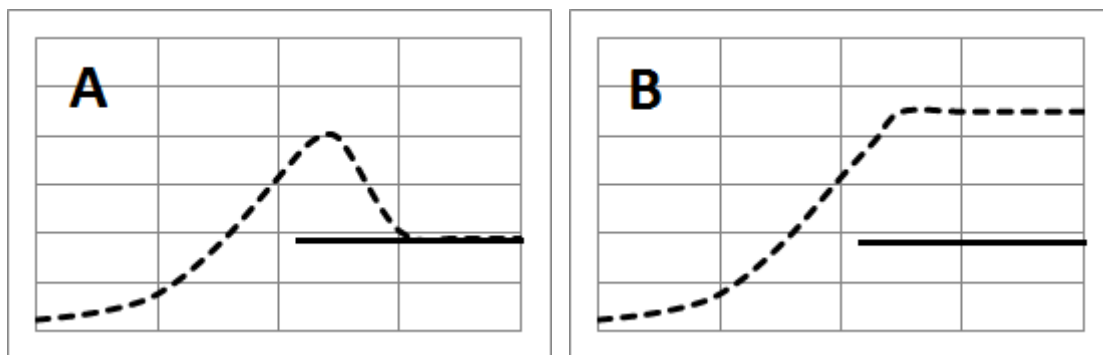
Vad säger mina resultat om den sista delfrågan: *Hur stor andel av eleverna förstår att så länge det släpps ut mer CO<sub>2</sub> än vad som tas upp så kommer mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären att öka? Och hur påverkas denna fördelning av om frågan (och svarsalternativ) ges i form av en graf, eller fritext?*

Denna delfrågeställning bestod av två frågor till eleverna; fråga 3 och 4. På fråga 3, då frågeställningen hänvisade till en graf, och svarsalternativen gavs i form av grafer, valde endast 35 % den korrekta grafen (figur 9A). Övriga valde att svara med grafer där en sänkning av utsläppen skett, men som stabiliserat sig på en nivå som är högre (15 % av svaren) eller lägre (8 % av svaren) än upptaget (figur 6). Överlägset mest populärt var dock det felaktiga svarsalternativ där utsläppen inte sjunker alls, men stabiliseras (figur 9B). Detta alternativ utgjorde 42 % av svaren. Sammantaget har alltså 57 % av eleverna i min undersökning svarat att mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären kommer att förbli konstant även om utsläppen överstiger upptaget. Även i Sterman & Sweenys studie (2007) var detta det

vanligaste svaret, som då utgjorde 70 % av svaren. Då fick deltagarna själva fått rita ut både utsläpps- och upptagskurvorna. I de versioner av frågan då deltagarna endast fick rita ut utsläppskurvan, eller svara genom flervalsalternativ i textform utgjorde motsvarade svarsalternativ 52 respektive 51 % av de erhållna svaren. Eleverna i min undersökning tycks i alarmerande hög utsträckning inte kunna inse kopplingen mellan koncentrationen av CO<sub>2</sub> i atmosfären och utsläpp/upptag-förhållandet av densamma. Åtminstone inte då de måste tolka grafer för att förstå och svara på frågan.

Gällande fråga 4, då frågan och svarsalternativ anges i text istället för grafer är resultaten annorlunda. Inte mindre än 72 % av eleverna kunde identifiera det korrekta svaret; att lika mycket CO<sub>2</sub> som släpps ut måste tas upp om mängden ska bli konstant.

Sterman & Sweeny (2007) testade i sin studie hur avsaknaden av grafer i bakgrundsinformation till frågan påverkade utfallet hos en grupp studenter på MIT Sloan School of Management (n = 78). Trots avsaknaden av grafer att finna mönster i ritade 93 % av dessa studenter utsläpps- och upptagskurvor som bryter mot frågans premisser. Artikelförfattarna ställer som hypotes utifrån detta, att mönsterkorrelerande heuristik är ett så prevalent psykologiskt verktyg att en grafisk vink inte krävs för att det ska användas. Jag menar att resultatet i första hand bör tolkas som att deltagarna inte använder informationen de fått om sambandet mellan utsläpp och upptag på rätt sätt, snarare än att de omedvetet tar till mönsterkorrelerande heuristik även textfrågor. Eleverna i min undersökning fick inte heller se några grafer i bakgrundsbeskrivningen av frågan (bilaga 1). Ändå kunde 72 % svara korrekt. Skillnaden mellan våra resultat kanske delvis kan förklaras av att jag, i text, understryker att grafen som visas i fråga 3 *inte* är en graf över mängden CO<sub>2</sub>. Att påpeka skillnaden mellan dessa två grafer kan ha motverkat tendensen att korrelera den enas form med den andras.



**Figur 9:** Två av de fyra svarsalternativ som visades i fråga 3. Det korrekta svarsalternativet 3 (A) och det inkorrekta men mycket populära svarsalternativet 1 (B). Graferna visar CO<sub>2</sub>-utsläpp (- -) och CO<sub>2</sub>-upptag (—) över tid.

Utav de som svarade korrekt på fråga 4 hade 62 % svarat fel på fråga 3 (figur 7). Med andra ord verkar frågans framställning ha stor påverkan på elevernas förmåga att använda rätt resonemang för att besvara den, och i detta fall är frågan lättare att besvara om den är ställd med endast text. Det är dock svårt att säga om detta beror på minskad mönsterkorrelationsheuristik, eller eleverna helt enkelt har lättare att förstå frågan.

”Textfrågan” kan för läsaren framstå som mer koncis, och uppmärksamheten kanske i första hand läggs på resonemanget utsläpp/upptag snarare än grafisk tolkning. En annan möjlighet är formuleringen av fråga 4 tillåter eleverna att komma fram till rätt svar med fel resonemang. Båda frågorna efterlyser ett förhållande mellan utsläpp och upptag av CO<sub>2</sub> som kommer leda

till en konstant CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfären. Eleverna bör i båda fallen, för att svara korrekt, välja det svarsalternativ där utsläpp och upptag är lika. I fråga 4 tycks de flesta ha insikt om detta förhållande, men inte i fråga 3. Samtidigt har fråga 3 en tidshorisont som stäcker sig över knappt 100 år. Och fråga 4 är formulerad efter premissen att en viss mängd CO<sub>2</sub> har släppts ut under ett år. Möjligen är denna formuleringsskillnad förklaringen till den stora skillnaden i resultat mellan frågorna.

Mönsterkorrelerande heuristik ger oss ofta felaktiga resonemang då vi behandlar processer som objekt (Chen, 2011). Ändringarna i utsläpp och stabiliseringen av CO<sub>2</sub>-koncentrationen i fråga 3 är en process. Men om dessa behandlas som ett objekt så korrelerar vi objektens (grafernas) form med varandra eller andra grafer vi har sett tidigare, vilket i så fall ger ett felaktigt svar. Men i fråga 4 kan utsläpp, upptag och koncentration behandlas som objekt och ändå ge rätt svar. Den enda "form" som finns att korrelera är mängden utsläppt CO<sub>2</sub>. Och om koncentrationen uttryckligen "inte ska öka eller minska" så kan heuristiken, om än felaktigt använd, leda eleven fram till att upptaget ska ha samma "form" som utsläppen. Mönsterkorrelerande heuristik kan alltså inte uteslutas som den primära orsaken till resultaten, även i fråga 4. Eleverna i min studie kan ha angett korrekt svar av fel anledning.

### **Slutsats**

Min huvudfråga kan sammanfattas: *Har eleverna samma svårigheter som försökspersonerna i andra studier?* Vilken slutsats kan dras utifrån svaren på mina delfrågor?

Hela 90 % av eleverna i min undersökning kunde inte identifiera en gas i luften som den huvudsakliga källan till ett trädets massa. Eleverna presterar med andra ord lika illa, eller sämre, som deltagarna i de studier jag har använt mig av (Hartley *et al.* 2011; Ozay & Oztas, 2003; Wilson *et al.* 2006).

Att ge en kvalificerad gissning om framtidens CO<sub>2</sub>-upptag var också svårt för eleverna i min undersökning. Visserligen svarade en klart större andel "rätt" jämfört med originalstudien (Serman & Sweeny, 2007). Men då mer än hälften av dem tror att upptaget kommer att öka, då det mest sannolikt kommer att minska, är det inte ett bra betyg i någon absolut bemärkelse.

Även förhållandet mellan utsläpp och upptag var problematiskt. Visserligen svarade 72 % av eleverna i min undersökning rätt då denna fråga ställdes i textform utan graf. Men för det första är denna siffra inte lika imponerande med tanke på hur basalt resonemanget som leder till svaret är. För det andra visar det även hur stora svårigheter eleverna har med att tolka grafer korrekt.

Resultaten från min undersökning, och svaren som dessa givit på mina tre delfrågor, antyder att de flesta tredjeårselever, som läst NK, saknar vissa av de kunskaper som troligen behövs för att fatta informerade ställningstaganden om klimatförändringarna. Anmärkningsvärt är att mina resultat antyder att en stor del av svårigheterna kring utsläpp/upptag-förhållanden blir avhjälpta om scenariot presenteras endast i text, utan grafer.

### **Konsekvenser?**

Skolan kan omöjligt kräva att alla elever ska kunna allt. Men med hänvisning till allvaret i klimatförändringarna så kan jag hypotisera kring de tänkbara implikationerna av mina resultat.

Det är ingen nyhet att få elever har svårt att tillgodogöra sig kunskaper om kolfixering och massa. Många studier visar att svårigheten med lagen om massans bevarande finns kvar genom alla åldersgrupper i skolsystemet. Kunskapen utvecklas dock i olika faser genom utbildningen, från det mesta naiva koncepten av materia i grundskolan, till, i bästa fall, en fullgod förståelse av lagen om massans bevarande och dess implikationer (Hadenfeldt *et al.* 2014). Att känna till vilka av dessa faser eleverna befinner sig i bör underlätta arbetet med att utveckla deras kunskap inom området. Vidare är det viktigt att eleverna ser kopplingen mellan den kunskap de har och hur den tillämpas. Att känna till lagen om massans bevarande gör eleven ingen nytta om en inte förstår att den utgör regler för hur man bör resonera kring vissa frågor, snarare än att vara endast ett faktum (Dauer *et al.* 2014). Detta gäller för samtliga kunskaper i min studie.

Att de flesta elever tror att upptaget av CO<sub>2</sub> kommer öka i och med ökade utsläpp av densamma kan adresseras genom att ta upp det mer sannolika scenariot; att upptaget troligen minskar. Detta skulle kunna vara en av många ”vanliga missförstånd” inom klimatförändringar, som eleverna bör lära sig känna igen på samma sätt som de vanligaste missförstånden kring t.ex. evolution genom naturligt urval.

Resultaten från graferna visar att lärare bör förvissa sig om att eleverna klarar av att tolka de grafer som används i undervisningen. Grafer kan vara praktiska för att gestalta många förhållanden inom miljö- och klimatfrågor. I fall som utsläpp/upptags-förhållanden bör grafer kombineras med konkreta analogier, t.ex. ett läckande badkar som fylls, för att belysa den korrekta tolkingen och reda ut eventuella problem med mönsterkorrelerande heuristik (Serman, 2008). Att träna eleverna i att identifiera processer som just processer, snarare än objekt, kan också vara värdefullt (Chen, 2011).



## **Tack**

Elisabeth Långström

Lärare och elever på respektive gymnasieskola.

## Referenser

- Buesseler, K.O., Boyd, P.W., 2003. Will Ocean Fertilization Work? *Science, New Series* 300, 67–68.
- Çalik, M., Ayas, A., 2005. A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *J. Res. Sci. Teach.* 42, 638–667.
- Chen, X., 2011. Why do people misunderstand climate change? Heuristics, mental models and ontological assumptions. *Climatic Change* 108, 31–46.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A., Totterdell, I.J., 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408, 184–187.
- Dauer, J.M., Doherty, J.H., Freed, A.L., Anderson, C.W., 2014. Connections between Student Explanations and Arguments from Evidence about Plant Growth. *CBE Life Sci Educ* 13, 397–409.
- Hadenfeldt, J.C., Liu, X., Neumann, K., 2014. Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education* 50, 181–208.
- Hartley, L.M., Wilke, B.J., Schramm, J.W., D'Avanzo, C., Anderson, C.W., 2011. College Students' Understanding of the Carbon Cycle: Contrasting Principle-Based and Informal Reasoning. *Bioscience* 61, 65–75.
- House, J.I., Colin Prentice, I., Le Quere, C., 2002. Maximum impacts of future reforestation or deforestation on atmospheric CO<sub>2</sub>. *Global Change Biology* 8, 1047–1052.
- IPCC, 2000a. Emissions scenarios. a special report of IPCC Working Group III. Intergovernmental Panel on Climate Change, [Geneva].
- IPCC, 2000b. Land use, land-use change, and forestry: a special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, S.I.
- Johansson, B., Svedner P.O., 2006. Examensarbetet i lärarutbildningen: undersökningsmetoder och språklig utformning, s 23-24. Kunskapsförlaget, Uppsala.
- Joos, F., Prentice, I.C., Sitch, S., Meyer, R., Hooss, G., Plattner, G.-K., Gerber, S., Hasselmann, K., 2001. Global warming feedbacks on terrestrial carbon uptake under the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Emission Scenarios. *Global Biogeochemical Cycles* 15, 891–907.
- Lee, J.-Y., Tan, R.R., Chen, C.-L., 2014. A unified model for the deployment of carbon capture and storage. *Applied Energy* 121, 140–148.
- Le Quere, C., Rodenbeck, C., Buitenhuis, E.T., Conway, T.J., Langenfelds, R., Gomez, A., Labuschagne, C., Ramonet, M., Nakazawa, T., Metz, N., Gillett, N., Heimann, M.,

2007. Saturation of the Southern Ocean CO<sub>2</sub> Sink Due to Recent Climate Change. *Science* 316, 1735–1738.
- Majkut, J.D., Carter, B.R., Frolicher, T.L., Dufour, C.O., Rodgers, K.B., Sarmiento, J.L., 2014. An observing system simulation for Southern Ocean carbon dioxide uptake. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 372, 20130046–20130046.
- Miller, J.D., 1998. The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science* 7, 203–223.
- Ozay, E., Oztas, H., 2003. Secondary students' interpretation of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education (Society of Biology)* 37, 68.
- Scott, M.J., Edmonds, J.A., Mahasenan, N., Roop, J.M., Brunello, A.L., Haites, E.F., 2004. International Emission Trading and the Cost of Greenhouse Gas Emissions Mitigation and Sequestration. *Climatic Change* 64, 257–287.
- Sjöberg, S., Andersson, S., Claesdotter, A., Strömdahl, H., 2010. *Naturvetenskap som allmänbildning: en kritisk ämnesdidaktik*. Studentlitteratur, Lund.
- Skolverket, 2014a. Ämne - Naturkunskap (Gymnasieskolan) [pdf-dokument]. *Naturkunskap - Alla Komment.pdf*. URL <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/gymnasieutbildning/gymnasieskola/nak?tos=gy&subjectCode=nak&lang=sv> (nedladdad 2014-11-10).
- Skolverket, 2014b. Ämne - Naturkunskap (Gymnasieskolan) [pdf-dokument]. *Ämne – Naturkunskap.pdf*. URL <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/gymnasieutbildning/gymnasieskola/nak?tos=gy&subjectCode=nak&lang=sv> (nedladdad 2014-11-10).
- Skolverket, 2014c. Skolverkets statistik om gymnasieskolan [xlsx-dokument]. URL <http://www.skolverket.se/statistik-och-utvardering/statistik-i-tabeller/gymnasieskola> (nedladdad 2014-12-13).
- Sterman, J.D., 2008. Risk Communication on Climate: Mental Models and Mass Balance. *Science* 322, 532–533.
- Sterman, J.D., Sweeney, L.B., 2007. Understanding public complacency about climate change: adults' mental models of climate change violate conservation of matter. *Climatic Change* 80, 213–238.
- Sturgis, P., Allum, N., 2004. Science in Society: Re-Evaluating the Deficit Model of Public Attitudes. *Public Understanding of Science* 13, 55–74.
- Turning Technologies, Turning point 4, 2011. Youngstown. URL: <https://www.turningtechnologies.com/polling-solutions>
- Wilson, C.D., Anderson, C.W., Heidemann, M., Merrill, J.E., Merritt, B.W., Richmond, G., Sibley, D.F., Parker, J.M., 2006. Assessing Students' Ability to Trace Matter in

Dynamic Systems in Cell Biology. *CBE Life Sci Educ* 5, 323–331.

Yang, C.-J., Oppenheimer, M., 2007. A “Manhattan Project” for climate change? *Climatic Change* 80, 199–204.

## Bilaga 1

Powerpoint-presentationen som eleverna i min undersökning visas i sin helhet nedan.

### **Undersökningens syfte:**

Att undersöka hur väl kurser i naturkunskap rustar elever för att göra *informerade ställningstaganden* i frågor som kan kopplas till bland annat klimatförändringar.

### **Testet är helt anonymt.**

I den färdiga rapporten kommer det INTE gå att utläsa från vilken skola eller klass resultaten tagits.

### **Testet kommer INTE betygsättas.**

Er lärare kommer inte få se resultaten från den enskilda klassen.

**Testet är frivilligt.**


Ni kan alltid välja att inte svara på frågorna.  
Att inte svara är anonymt och ger inga påföljder.

**Ni blir INTE testade på något "i smyg".**

Jag är intresserad av svaren (inte reaktionsförmåga, fusk, grupp beteende eller något annat).  
Testet har inga kuggfrågor.  
Det finns inga dolda ledtrådar eller liknande.

**Ni kan när som helst ställa frågor om undersökningen, och jag kommer besvara dem sanningsenligt.**

Redo?

**Bakgrund:** När skylten ”  ”  
syns så svarar ni genom att trycka på  
röstkortet.

Ni kan alltid välja ett blankt alternativ om ni  
inte vill delta i undersökningen.

**FRÅGA:** vilken är den ”högsta” NK-kursen som  
du har läst?

**SVAR:** Den ”högsta” NK-kursen jag har läst är...

1. NK 1a1
2. NK 1a2 / 1b
3. NK 2
- 4.

**Bakgrund:**

Ett frö planteras i marken och växer under lång tid för att tillslut bli ett stort träd. Trädet väger flera 100 kg. Men fröet vägde endast några gram.

**FRÅGA:** Varifrån har trädet fått den största delen av sin massa (vikt)?

**SVAR:** Trädet har fått största delen av sin massa från...

**1:** mineraler i jorden (absorberas av rötter).

**2:** vätska i jorden (absorberas av rötter).

**3:** gas i jorden (absorberas av rotknölar).

**4:** gas i luften (absorberas av blad).

**5:**

**Bakgrund:**

Jordens medeltemperatur ökar.

Hav och växter tar upp CO<sub>2</sub> som finns i atmosfären.

Totalt CO<sub>2</sub>-**utsläpp** år 2000: 7 Gt.

Totalt CO<sub>2</sub>-**upptag** år 2000: 3,5 Gt.

Anta att totalt CO<sub>2</sub>-**utsläpp** år 2100 är 14 Gt.

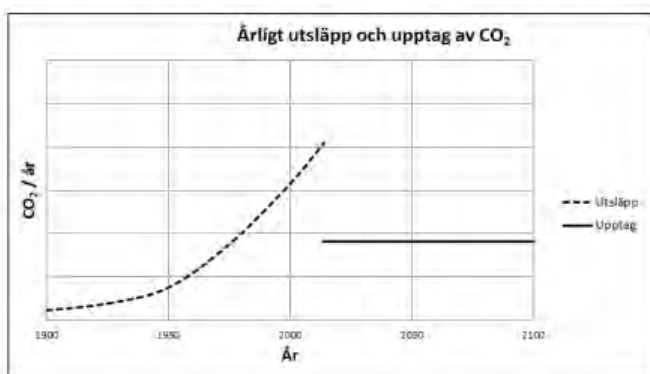
**FRÅGA:** Hur stort tror du att det totala CO<sub>2</sub>-**upptaget** att kommer vara år 2100?



**SVAR:** Om det år 2100 släpps ut 14 Gt CO<sub>2</sub> så tror jag att upptaget av CO<sub>2</sub> kommer att...

1. vara ungefär samma om år 2000 (ca. 3,5 gt)
2. minska jämfört med år 2000 (mindre än 3,5 gt)
3. öka, så att fortfarande hälften tas upp (ca. 7 gt)
4. öka, så att hela utsläppet tas upp (ca. 14 gt)
- 5.

**Bakgrund:** Mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären ökar. Men grafen nedan visar **inte** mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären. Den visar det årliga utsläppet av CO<sub>2</sub> (---) fram till år 2014. Och ett oförändrat årligt upptag av CO<sub>2</sub> (—) från år 2014.



**FRÅGA:** Hur bör utsläppen se ut om vi vill att *mängden* CO<sub>2</sub> ska bli konstant (varken öka eller minska)?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

**Bakgrund:**

Hav och växter tar upp CO<sub>2</sub> som finns i atmosfären.

Anta att det under ett år släpps ut totalt 10 Gt CO<sub>2</sub> .

**FRÅGA:** Hur mycket CO<sub>2</sub> måste hav och växter ta upp under detta år för att mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären **inte** ska öka eller minska?

**SVAR:** Om mängden CO<sub>2</sub> inte skall öka eller minska så måste hav och växter tillsammans ta upp...

1. 5 Gt/år
2. 10 Gt/år
3. 15 Gt/år
4. 20 Gt/år
- 5.

**KLART!**

Tack så jättemycket!