

GÖTEBORG STUDIES
IN EDUCATIONAL SCIENCES 188

Margareta Ekborg

Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling?

En longitudinell studie av hur studenter på grundskolläraprogrammet utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturkunskap.

ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS

Margareta Ekborg, 2002
ISBN 91-7346-451-1
ISSN 0436-1121

Distribution: ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS
Box 222
SE 405 30 Göteborg, Sweden

Abstract

Title	Natural Science for Sustainable development? A longitudinal study of how student teachers develop scientific conceptions and ability to discuss complex issues relevant for environmental education.
Language	Swedish with summary in English
Keywords	Teacher education, longitudinal study, scientific conceptions, environmental education, intentional learning, learning projects, interpretation in several contexts, complexity, dilemma
ISBN	91-7346-451-1

In this study the concept of sustainable development is discussed and what contribution a science teacher can make. Some scientific concepts relevant for environmental education are defined. To understand the concepts mean to be able to explain phenomena and to be able to use the conceptions as tools when discussing complex environmental issues. The ability to discuss complex issues is discussed.

The aims of study were to study how student teachers in a programme oriented towards science for the first seven years in school develop scientific understanding and ability to discuss complex issues. Another aim was to relate the students' experience of their own learning and the teaching to what they learn.

Data were collected mainly by questionnaires and interviews. The whole student group answered questionnaires three times and about 15 students were interviewed three times. In the questionnaires the students answered questions about some ecological concepts. Their knowledge about causes and consequences of two global environmental issues were tested. They drew concept maps illustrating how complex they look upon an issue. In the interviews the students were asked about the teaching and their learning. They discussed a complex issue dealing with weather or not it is ethical to use surplus heat from a crematorium in the far heating system. The teachers were asked about the courses and about the students' learning.

Several learning projects could be identified. All the students had the intention to become teachers for young pupils. Parallel to this they wanted to pass the exams and to understand. Depending on the learning projects the students interpreted both the questions they were asked and the relevance of the contents in the science courses. This could explain why a majority of the students did not develop understanding of the investigated concepts. Most students did not use much science as a tool for decision-making when discussing the complex issue. There was a discrepancy between the students' learning projects and the teachers' learning projects for the students. When the students experienced this gap they went into rote learning to pass the exams. Those students whose learning project was to understand developed a better scientific understanding.

Innehåll

FÖRORD	16
1. INLEDNING	18
1.1 Min egen bakgrund	18
1.2 Ämnesdidaktik	20
1.3 Syfte	22
1.4 Avhandlingens uppläggning	23
2. MILJÖ OCH MILJÖUNDERVISNING	24
2.1 Miljö, miljöproblem och hållbar utveckling	24
2.2 Internationella och nationella styrinstrument	27
2.3 Varför man ska lära sig naturvetenskap i skolan	33
2.4 Miljöundervisning	35
2.5 Miljöundervisningens komponenter	41
2.6 Sammanfattning av kapitel 2	51
3. INNEHÅLL OCH UPPLÄGGNING AV DE NATUR-ORIENTERANDE DELARNA AV GRUNDSKOLLÄRARPROGRAMMET MA/NO 1-7.	52
3.1 Innehåll och uppläggning av utbildningsprogrammet	52
3.2 PBL – Problembaserat lärande	53
3.3 NO1 – studenternas första naturorienterande kurs	54
3.4 Termin fyra och fem. NO2.	57
3.5 Sammanfattning av miljöinnehållet i utbildningen	60
4. PERSPEKTIV PÅ LÄRANDE OCH STUDIER	62
4.1 Olika lärandeperspektiv	62
4.2 Individuellt perspektiv	62
4.3 Kritik mot det individuella perspektivet	69
4.4 Det sociokulturella perspektivet	70
4.5 En länk mellan perspektiven	72

4.6 Olika aspekter på situerat lärande	74
4.7 Kultur och diskurs	74
4.8 Kontext, intentionellt lärande och inlärningsprojekt	78
4.9 Kommentar	81
4.10 Några studier om lärarstudenter och lärarutbildning	82
5. FORSKNING OM FÖRSTÅELSE AV NATURVETENSKAPLIGA BEGREPP OCH KOMPLEXA FRÅGOR	84
5.1 Naturvetenskaplig begreppsförståelse	85
5.2 Komplex resonemang	91
5.3 Förmåga till komplext resonemang i undersökningar som ingår i "Tillståndet i världen"	93
5.4 Ytterligare några undersökningar som belyser komplext resonemang	96
5.5 Sammanfattning	97
6. PROBLEMSTÄLLNINGAR	99
7. METOD OCH GENOMFÖRANDE	101
7.1 Longitudinell studie	101
7.2 Undersökningsgrupp	103
7.3 Instrument och datainsamling	104
7.4 Genomförande	111
7.5 Sammanställning av det empiriska materialet	114
7.6 Analys utifrån forskningsfrågorna	115
7.7 Kvalitetskriterier	118
7.8 Formalia	120
8. STUDENTERNAS INTENTIONER MED UTBILDNINGEN	121
8.1 Studenternas och lärarnas intentioner med utbildningen kan vara olika	121
8.2 Gruppens syn på naturvetenskapliga modeller – en följd av deras intention med utbildningen?	122
8.3 Alla studenterna har ett övergripande inlärningsprojekt: Att bli lärare för yngre elever	128
8.4 Andra inlärningsprojekt	129
8.5 Hur vet studenterna vad en lärare behöver kunna?	131
8.6 Lärarnas inlärningsprojekt för studenterna	132

8.7 Sammanfattning	132
9. HUR STUDENTERNA UPPFATTAR UTBILDNINGEN OCH SITT LÄRANDE I DE NATURORIENTERANDE KURSERNA NO1 OCH NO2.	133
9.1 NO1-kursen	133
9.2 NO2-kursen	136
9.3 Miljöinslag i NO2	139
9.4 Vad säger lärarna?	141
10. RESULTAT AV ENKÄTUNDERSÖKNINGEN – EKOLOGISKA BEGREPP.	143
10.1 Fotosyntes	143
10.2 Respiration	146
10.3 Nedbrytning	148
10.4 Förbränning	149
10.5 Sammanfattande resultat	151
10.6 Diskussion av kategorisering	152
11. FÖRDJUPAD BESKRIVNING AV NÅGRA STUDENTERS BEGREPPSUPPFATTNING	156
11.1 Lisa: Enkätsvaren speglar inte hennes förståelse	157
11.2 Jenny: Låser sitt tänkande för att producera rätt svar	159
11.3 Malin: Varför tappar hon kunnandet om fotosyntesen?	163
11.4 Linda: Hur ska hon få ihop delarna till en helhet?	166
11.5 Mattias: Utveckling av beständigt kunnande	169
11.6 Sammanfattning av fallbeskrivningarna	172
11.7 Modell av kemisk reaktion	173
11.8 Energibegreppet – var går gränsen för vad som är materia?	174
11.9 Situerat lärande – kan det generaliseras?	178
11.10 Cue-seekers	180
11.11 Diskussion om vad som händer i ett slutet ekosystem om betingelserna ändras	181
11.12 Sammanfattning av resultaten av begreppsförståelse	182

12. HUR STUDENTERNAS KOMPLEXA RESONEMANG KOMMER TILL UTTRYCK I ENKÄTERNA	184
12.1 Resultat fråga 1-12	184
12.2 Att kunna förklara växthuseffekten	187
12.3 Att inkludera flera ämnesområden i en fråga	192
12.4 Sammanfattning	196
13. HUR STUDENTERNA RESONERAR OM TIDNINGSARTIKELN OM KREMATORIET	198
13.1 Presentation av tidningsartikel om värmeåtervinning vid ett krematorium	198
13.2 Några exempel på hur studenterna diskuterar när de kommenterar artikeln	204
13.3 Återkommande teman	208
13.4 Bemötande av mina naturvetenskapliga argument	209
13.5 Religion och syn på präster	212
13.6 Flera ämnesområden	214
13.7 Sammanfattning och diskussion	217
14. BESKRIVNING AV NÅGRA STUDENTERS LÄRANDE OCH INLÄRNINGSPROJEKT	222
14.1 Lindas inlärningsprojekt är tydligt: Hon vill bli lärare	222
14.2 David bedömer kurserna efter hur han tror barn tar till sig innehållet	227
14.4 Jenny vill klara tentorna	229
14.5 Mattias vill verkligen förstå men inom ramen för det övergripande inlärningsprojektet att bli lärare	231
14.6 Karin vill bli en lärare som låter eleverna lära på sitt eget sätt	233
14.7 Sammanfattning	235
15. DISKUSSION	236
15.1 Diskussion av resultaten	237
15.2 Metoddiskussion	247
15.3 Kvalitetskriterier	251
15.4 Teoretisk diskussion	252
15.4 Implikationer för utbildning	256
15.4 Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling?	263

16 SUMMARY.	269
16.1 Background and aims	269
16.2 Framework	270
16.3 Research questions	274
16.4 Methods and samples	274
16.5 Results	278
16.6 Discussion	285
17. REFERENSER	289
BILAGOR	306

Förord

Efter flera års arbete med kurser, insamling av data och att skriva avhandling är då äntligen manuskriptet klart för tryckning och det är dags att skriva den första sidan. Jag började doktorandstudierna 1996 när en ny forskarutbildning i ämnesdidaktik inrättades i Göteborg. Huvudskälet var att jag kände ett behov att utveckla mig och fördjupa mig inom det ämnesområde jag arbetar som lärarutbildare. Att skriva en avhandling var länge en hägring som ibland kändes nästan omöjlig att förverkliga. När jag så i november 01 fick besked om att jag skulle få finansiering i ett år från vetenskapsrådet var det plötsligt en alldeles möjlig tanke att denna avhandling skulle kunna bli klar. Därför vill jag börja med att tacka vetenskapsrådet för det ekonomiska stödet. Jag har också haft tid för utvecklingsarbeten vid lärarutbildningen i Malmö under några perioder. Jag vill särskilt tacka Gunilla Svingby och också Lars Öhlin vid Lärarutbildningen i Malmö för sina ansträngningar att hitta vägar att ge mig ekonomiskt stöd.

Tack Björn Andersson som varit min tålmodige handledare och som jag haft många intressanta diskussioner med och för att du också läst så noga och hjälpt mig att strama upp när så behövts. Också tack till mina biträdande handledare Gustav Helldén och Ingegerd Tallberg-Broman för värdefulla synpunkter. Tack till Ola Halldén som på slutseminariet kom med viktiga synpunkter som gjorde att jag omarbetat avhandlingen en del.

Flera av mina kolleger har läst, kommenterat och kategoriserat student-svar samt hjälpt mig med layouten. Ett särskilt tack till Mats Areskoug för stor hjälp med arbetet med kategorisering av svaren om växthus-effekten och för beräkningarna om krematoriet. Tack till Britt Lindahl som förutom att noggrant läst varit ett stort stöd under hela avhandlingsarbetet. Forskarnätverket för utbildning, och hållbar utveckling har gett intellektuell stimulans och många bra diskussioner kring det som skrivits. Tack Marianne Elfström för hjälp med korrekturläsning.

Om inte studenterna i undersökningen och deras lärare ställt upp så villigt så hade det inte heller blivit någon avhandling. Ett stort tack för dessa intressanta samtal som gjort att jag lärt mig mycket om lärarutbildning som jag inte visste förut. Jag hoppas att ni alla upplever att jag behandlat den information jag tagit emot hederligt och respektfullt. Det känns riskfyllt att skriva om hur studenter och kolleger uttalar sig. Det finns naturligtvis en tolkning i sättet att välja utsagor. Särskilt svårt är det att analysera studenternas kunskaper på ett respektfullt sätt. Det är självklart att det i en undersökning kommer fram saker som kan bedömas som brister i kunskaperna. Jag har belyst några delar av utbildningen och där man kanske kan lära sig något om hur lärarutbildning kan utvecklas. Det finns stora delar av utbildningen som jag inte alls berört i den här avhandlingen. De studenter jag intervjuat är så otroligt trevliga och har så gott renommé på sina skolor, och jag hyser den största tillförsikt till att de kommer att klara läraryrket på ett utmärkt sätt.

Mina tankar går naturligtvis till Per. Utan hans uppmuntran, stöd och starka tilltro till min förmåga hade denna aldrig avhandling kommit till stånd. Jag tillägnar den mina söner Magnus och Thomas för att ni ska förstå att intresse för sitt arbete är en viktig ingrediens i livet – ibland till den grad att man kanske inte är den intresserade och goda moder man borde vara.

Malmö november 2002

1. Inledning

Denna avhandling handlar om i vilken utsträckning blivande lärare i naturorientering för de tidiga åren dels utvecklar förståelse för sådana naturvetenskapliga begrepp som är viktiga för miljöundervisning, dels utvecklar förmåga att resonera om komplexa frågor. Jag följer studenterna som ska undervisa i Ma/NO¹ i de första skolåren genom fem terminer av deras utbildning. Förutom att undersöka studenternas begreppsförståelse och komplexa resonemang undersöker jag hur de tolkar och förhåller sig till det som sker i utbildningens naturorienterande delar. Datainsamlingen sker i huvudsak med enkäter och intervjuer. I analysarbetet tolkar jag det studenterna skriver i enkäter och det de säger i intervjuer. Kesidou & Duit (1993) pekar på att det finns en svaghet i tolkande undersökningar genom att forskaren konstruerar de undersökta uppfattningar om t.ex. begrepp utifrån sin egen förståelse av dessa. Det kan indikera att undersökningen inte är objektiv. Men hävdar, Walkerdine (1997), ingen forskning som bygger på intervjuer är objektiv. Tvärtom så kan man, genom att erkänna sig som det subjekt man faktiskt är som forskare och öppet redovisa vem man är och vilken historia man vill berätta, tillföra undersökningen kvaliteter. I sitt eget forskningsarbete framhäver hon betydelsen av sin bakgrund i arbetarklass för hur hon genomför och tolkar intervjuer med flickor och kvinnor om deras livssituation. Nu är detta inte riktigt jämförbart för min undersökning, men jag tror det finns några viktiga ingredienser i mitt liv som styr val av frågor, metod och hur jag tolkar resultaten.

1.1 Min egen bakgrund

Vilken är då min historia? Jag har alltid varit intresserad av naturvetenskap och reallinjen var ett självklart gymnasieval. Det var inget egentligt problem att tränga in i skolans naturvetenskap, och jag ifrågasatte inte varför jag skulle göra olika beräkningar i t.ex. fysiken, och jag

¹ Ma/NO står för matematik och naturorientering. NO inkluderar biologi, fysik och kemi.

avskräcktes inte från att fortsätta att studera naturvetenskap även om jag fann skolundervisningen outhärdligt tråkig emellanåt. Jag hade stort stöd från båda mina föräldrar i mitt intresse. Jag hade inga planer på att bli lärare efter studenten och läste kemi och biologi för att jag var intresserad av ämnena. Så småningom blev jag lärare och utbildades i Lgr 69 (1969) och Lgy 70 (1971). Arbetet som lärare har varit oerhört stimulerande, och under lång tid undervisade jag på ett sätt som jag intuitivt fann vara bra. Val av metoder och innehåll gjorde jag utifrån kursplaner, läroböcker och egna idéer och helt utan vetenskaplig förankring. Däremot vill jag påstå att jag tänkte mycket kring undervisningsfrågor och utvecklade och provade olika sätt att undervisa. Så småningom kom jag i kontakt med EKNA-forskningen² vilken gjorde stort intryck på mig, och jag försökte använda kunskaperna om ungdomars begreppsförståelse vid planeringen av innehåll och metod i min undervisning. I slutet av 80-talet började jag arbeta med lärarutbildning, och begreppsforskningen, och den konstruktivistiska synen på lärande var starkt närvarande. Samtidigt hade jag en lång praktisk erfarenhet av undervisning som gjorde att jag insåg betydelsen av samtal, diskussioner och social integration för lärandet. Jag började läsa didaktiskt litteratur mer systematiskt. När PBL³ skulle introduceras i grundskollärarytbildningen i början av 90-talet tyckte jag att metoden stämde väl överens med mitt sätt att se på lärande, och jag tog en aktiv del i utvecklingen av en kurs – *De första årens orienteringsämnen* – som var organiserad som PBL. Jag skrev fall, handledde grupper, genomförde resursföreläsningar och exkursioner och hade stort examinationsansvar. Samtidigt som jag tyckte idén med PBL var bra var jag kritisk och tyckte att studenternas kunskapsnivå var för låg (Niklasson, 1993, 1994). Det blev rätt tråkigt att handleda grupper mot slutet av kurserna när vi gått genom ett stort antal fall. Arbetet med fallen var formaliserat genom att det följde en mall. Det var mycket som inte kom med om inte studenterna ställde frågor kring det. Studenterna var inte så vana att formulera frågor, och frågorna kunde ibland kännas ointressanta. Trots det var jag involverad i skapandet av den NO1-kurs som den här studien bl.a. handlar om, och jag provade också att arbeta med PBL på den gymnasieskola där jag hade skoltjänst, och jag genomförde ganska

² EKNA står för Elevtänkande och Kurskrav i NATurvetenskaplig undervisning och var ett projekt som drevs på Institutionen för pedagogik vid Göteborgs Universitet 1979 – 1989 (Elevperspektiv, 1979-1984).

³ PBL = Problembaserat lärande

mycket fortbildning i PBL med lärare i ungdomsskolan. Samtidigt intresserade jag mig för tankegångarna inom suggestopedi, *accelerated learning* och betydelsen av lust för lärandet (Ekborg & Niklasson, 1997). Jag har också sedan skoltiden varit intresserad av jämställdhets- och genusfrågor och arbetat med genusinriktade projekt i lärarutbildningen (Ekborg, Tallberg-Broman, & Lundahl, 1999; Lindahl, Lundahl, Niklasson, & Ohlén, 1996)

Mitt miljöintresse sträcker sig långt tillbaka i tiden. Redan under gymnasietiden deltog jag i studiecirkel om naturvård i fältbiologernas regi. Tyst vår (Carson, 1979) och Plundring, svält och förgiftning (Palmstierna, 1968) blev viktiga böcker. Jag valde att bl.a. läsa limnologi på universitetet. Limnologi betyder sötvattensekologi. Det är ett flervetenskapligt ämne som går ut på att mäta och tolka företeelser i naturen som har betydelse för miljön. I början av min tid som lärare undervisade jag framför allt om miljöproblem – dess orsaker och konsekvenser. Efter hand influerades jag av betydelsen av naturstudier och efter Rio-konferensen och framför allt när jag kom i kontakt med Danmarks Pedagogiska Universitet i ett projekt om miljöutbildning vid Kaliningrad State University förändrades min syn på miljöundervisning. Min målsättning blev en miljöundervisning med en tydligare koppling mellan naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga aspekter. Betydelsen av att arbeta med frågor om inflytande och demokrati i miljöundervisningen blev tydlig för mig. I mitt arbete på lärarutbildningen har jag under flera år varit ansvarig för gymnasielärarutbildningen i naturkunskap. Vid införandet av Lpf 94 (Lpo/f, 1994) blev naturkunskap A ett kärnämne. Kärnämnen ingår i alla gymnasieskolans program. Kursplanen är starkt inriktad mot miljöfrågor. Under två år var jag ansvarig för Malmö högskolas miljöperspektiv och arbetade med lärare och forskare med olika ämnesbakgrund. Det var mycket lärorikt att arbeta med kolleger med helt andra utgångspunkter än vad jag har. Jag fann då att jag ofta kom i situationer där jag behövde försvara betydelsen av naturvetenskapliga kunskaper.

1.2 Ämnesdidaktik

Detta är en avhandling i ämnesdidaktik med inriktning mot naturvetenskap. Vad är då ämnesdidaktik och hur förhåller det sig till peda-

gogik? Här följer en beskrivning över vilka frågor som belyses i ämnet. I den svenska skolans utveckling finns två olika undervisningskulturer – folkskollärarkulturen och akademikerkulturen (Andersson, 2000). I folkskollärarkulturen sätts elevens utveckling och behov i främsta rummet. Man har ofta en holistisk syn på val av innehåll. Men det finns också en viss skepsis mot ämnesundervisning vilket gör att det finns en risk att holismen blir ytlig. I akademikerkulturen finns å andra sidan ett starkt fokus på goda ämneskunskaper. Samtidigt finns en obenägenhet att gå utanför det egna ämnet vilket gör att det finns risk att eleverna upplever ämnesundervisningen som fragmentarisk och utan kontakt med den komplexa omvärlden. Ämnesdidaktiken håller på att utveckla en kultur med inslag från båda de nämnda kulturerna (ibid). De naturvetenskapliga ämnenas didaktik bildar också en bro mellan naturvetenskap och pedagogik (Sjøberg, 2000). Ämnesdidaktik handlar om alla de överväganden som är knutna till den innehållsmässiga sidan av skolans undervisning i naturvetenskapliga ämnen. Det kräver förankring både i naturvetenskap och i pedagogik.

Pedagogik är ett stort ämne som handlar om läran om undervisning och uppfostran. Det finns många grenar inom pedagogiken och en av dessa är didaktik. Didaktik betyder undervisningskonst. Begreppet används olika i olika länder. I Sverige används begreppet på samma sätt som i Tyskland där det har att göra med motiveringar, urval, strukturering och tillrättaläggande av undervisningsinnehållet. Man skiljer ut metodiken från didaktiken i en snävare definition. I en utvidgad definition av didaktik inkluderas metodiken i begreppet. Ämnesdidaktik är ämnenas didaktik och handlar om didaktiska överväganden som berör konkreta innehållsmässiga sammanhang (Sjøberg, 2000). Exempel på ämnesdidaktiska frågeställningar är: Vad ska man välja att undervisa om och varför? Vilket är elevens utgångsläge då undervisningen börjar? Hur kan man undervisa så att olika mål nås? En annan definition tar upp undervisningsinnehållens identitet, legitimitet, selektion och kommunikation (Andersson, 2000). Ämnesdidaktiken har tre viktiga kontaktytor mot omgivningen nämligen; utbildningsdiscipliner som pedagogik och specialpedagogik, den praktiska undervisningen särskilt skolan samt olika naturvetenskapliga ämnen – biologi, kemi och fysik (ibid).

1.3 Syfte

I de internationella miljödokumenten som *The World Commission on Environment and Development* (1987), Agenda 21 (UNEP, 1992) m.fl. understryks betydelsen av utbildning för att utveckla ett långsiktigt hållbart samhälle. Det ställs i en mängd sammanhang stora krav och förhoppningar på skolan från samhället. Utbildning är ett viktigt instrument för att åstadkomma en värld i vilken vi kan överleva, och där vi kan komma till rätta med miljöproblemen och befolkningsfrågorna. Därmed blir lärarutbildning naturligtvis viktig. Ett starkt argument för att elever ska lära sig naturvetenskap i skolan är det demokratiska argumentet. Det betyder att elever ska kunna använda naturvetenskapligt kunnande som argument vid ställningstaganden i samhällsfrågor som t.ex. miljö- och hälsofrågor. Det är tydligt uttryckt i kursplanerna för de naturorienterande ämnena (Skolverket, 2000b). Det är litet känt om vad studenter lär sig i lärarutbildningens ämneskurser.

Som lärare i naturvetenskap med ett starkt miljöintresse är jag intresserad av att ta reda på vad blivande NO-lärare i utbildningen utvecklar för kunskaper som de behöver för att genomföra miljöundervisning i skolan. Jag tror att frågan om elever och studenter lär sig att använda sina naturvetenskapliga kunskaper i tillämpade situationer är en fråga som alla lärare i naturvetenskapliga ämnen brottas med. Jag har en föreställning om att förståelse av miljöfrågornas komplexitet och av vissa naturvetenskapliga begrepp är grundläggande.

Därför är syftet med min studie att undersöka hur lärarstuderande, Ma/NO 1-7, utvecklar naturvetenskapliga begrepp och förmåga att resonera om komplexa frågor som är relevant för miljöundervisning. Det betyder inte att jag undervärderar betydelsen av andra kunskaper och färdigheter, men jag fokuserar på naturvetenskapliga kunskaper eftersom studenterna ska arbeta med naturvetenskap i sin framtida lärargärning. Ett annat syfte är att relatera studenternas lärande till det de upplever i ämneskurserna. Det är alltid vanskligt att dra slutsatser om kausala samband mellan någons lärande och den undervisning som denne gått genom. Men genom att beskriva vad som händer i utbildningen och hur den lärande tolkar sin utbildning finns ett underlag för diskutera och sätta in begrepps-förståelse i ett större sammanhang. Frågeställningar finns i kapitel 6.

1.4 Avhandlingens uppläggning

I avhandlingen finns det tre spår som bildar en helhet. De är:

- Miljöundervisning
- Studenternas kunskaper – naturvetenskapliga begrepp och förmåga att diskutera komplexa frågor
- Hur studenterna tolkar och förhåller sig till det som händer i utbildningen

Eftersom ett av syftena med avhandlingen är att undersöka studenternas kunskapsutveckling ifrån utgångspunkten att de ska bedriva miljöundervisning i sitt framtida arbete som NO-lärare, börjar jag med att diskutera begreppen miljö och hållbar utveckling. Därefter analyserar jag internationella och nationella styrinstrument och miljödidaktiska forskningsrapporter för att komma fram till vad som är ett viktigt naturvetenskapligt innehåll för miljöundervisning d.v.s. jag besvarar ämnesdidaktikens vad- och varförfrågor. Med det vill jag sätta in betydelsen av naturvetenskapliga kunskaper i ett större sammanhang. Därefter följer en beskrivning av den naturorienterande utbildning studenterna genomgår varefter en redogörelse av perspektiv på lärande och studier görs. Sedan följer en genomgång av forskning kring ungdomars begreppsförståelse och förmåga att resonera om komplexa frågor. Utifrån all denna bakgrund har mina frågeställningar vuxit fram. De redovisas i kapitel 6. I metodkapitlet beskriver jag hela datainsamlingen och de teoretiska överväganden jag gjort i metodvalet. Kapitel 8-14 beskriver olika delar av resultaten – hur studenterna tolkar de naturorienterande delarna av utbildningen, hur de förstår de naturvetenskapliga begreppen, hur deras sätt att resonera om komplexa frågor kan beskrivas och hur de använder sina naturvetenskapliga kunskaper och hur komplext de resonerar om en autentisk miljöfråga. Slutligen knyts delarna samman i diskussionen.

2. Miljö och miljöundervisning

2.1 Miljö, miljöproblem och hållbar utveckling

Vad är egentligen miljö? Alf Henrikssons uttrycker på sitt finurliga sätt hur ordet kommit att användas.

Miljö, miljö, kulturmiljö
Man blir så trött så man kan dö
På de abstrakta ordens kö
Som byggas av vartenda frö
De menar skog, de menar sjö,
De menar krog och biokö,
De menar säng, de menar snö,
Men tungan är så slö så slö
– allt kallar den miljö!

I Svenska Akademiens ordlista (SAOL, 1999) definieras miljö som *yttre förhållanden som påverkar allt liv*. På svenska betyder miljö numera omgivning (Wickenberg, 1999). En intressant fråga är hur begreppen natur och miljö förhåller sig till varandra. Schnack (1996) menar att natur blir miljö när vi betraktar den med mänskliga intressen. (Axelsson (1997) skriver att natur är den verklighet som studeras i de naturvetenskapliga disciplinerna. Miljöstudier innebär studium inte endast av naturen utan av människans påverkan av densamma. Det finns inte längre någon opåverkad natur, men när vi studerar naturen utan att sätta människans påverkan i fokus så sysslar vi med biologistudier. Om vi fokuserar på människans påverkan sysslar vi med miljöstudier (ibid).

Ur mitt betraktelsesätt, med bakgrund som biologi-, naturkunskaps- och NO-lärare i gymnasieskolan och grundskolan och därefter som lärarutbildare i naturkunskap, definierar jag i detta arbete miljö till frågor som berör människans utnyttjande av naturresurserna och vilka effekter på omgivningen det ger. Det betyder att jag t.ex. inte behandlar arbetsmiljö eller klassrumsmiljö ur estetisk synvinkel. Det betyder också att jag inte tycker att miljö kan reduceras till naturstudier och mätningar av miljöeffekter i naturen. Att förstå hur utnyttjande av naturresurserna påverkar den yttre miljön innefattar förståelse för hur vi historiskt

utnyttjat naturresurserna, vilka samhällsmekanismer som ligger bakom olika ställningstagande, en förståelse för att det finns intressekonflikter i hur och varför vi ska använda naturresurserna och vilka konsekvenser det får för vår egen generation och för kommande generationer. Det inkluderar således historiska, etiska, politiska, ekonomiska och naturvetenskapliga kunskapsområden. Traditionellt sett är det i Sverige lärare i naturvetenskapliga ämnen som haft ansvaret för och också genomfört miljöundervisning i skolorna. Allting pekar på att detta måste förändras och så sker också (Skolverket, 2001). Det betyder inte att de naturvetenskapliga kunskaperna förlorar i betydelse. Tvärtom är de mycket viktiga om man ska kunna förstå miljöproblematiken. Trots att naturvetenskap har dominerat i skolans miljöundervisning känner jag mig orolig för att de naturvetenskapliga delarna kommer att stå tillbaka framöver. Många elever upplever att naturvetenskap är svårt och tråkigt, och intresset för studier i naturvetenskap både i skolan och i högre utbildning sjunker (Skolverket, 2000a).

Miljöproblem

Traditionellt sett har ett miljöproblem betraktats som ett problem som uppstått i naturen (Thunberg, 1994). Alltså mäter man verkningarna och åtgärdar eventuellt problemet. Problemet har varit tekniskt snarare än moraliskt eller socialt. Thunberg menar att ett miljöproblem är ett moraliskt problem. Det är ett resultat av mänskliga handlingar och blir därmed en moralisk angelägenhet (ibid). Breiting (1996) konstaterar att det inte är naturen som har problem utan människorna och att konflikten inte finns mellan människa och natur utan mellan olika grupper av människor. Det betyder att miljöproblemen är samhällsproblem som också involverar etiska frågor. Schnack (1996) menar att varken miljöproblem eller naturresurser existerar förrän människan definierat dem som sådana. T.ex. så är inte ämnen som orsakar övergödning att betrakta som föroreningar förrän vi människor betraktar dem så. Det betyder att begreppen förorening och naturresurs är socialt konstruerade och definieras utifrån värderingar. Om man betraktar miljöproblemen som samhällsproblem innebär det att man inte bara behandlar symptomen utan går till grunden med problemet så att insatserna blir förebyggande. Schnack konstaterar att miljöproblem är sociala problem och handlar om konflikter mellan olika gruppers intresse av hur vi ska utnyttja naturresurserna (ibid). Ett aktuellt

exempel är svårigheterna att få fram ett klimatavtal som kan accepteras av alla länder.

Hållbar utveckling

Ofta anges det att begreppet hållbar utveckling först började användas i den s.k. Brundtlandrapporten eller *The World Commission on Environment and Development (1987)*. Men redan i *World Conservation Strategy* (IUCN, UNEP, WWF, 1981) används *sustainable development*, dock i snävare bemärkelse än vad det kom att göras senare. Rapporten behandlar framför allt bevarande av ekosystem. I den bemärkelsen används uthållig om uttag i ekosystem t.ex. vid skogsavverkning och fiske. Begreppet hållbar utveckling som används idag definieras i *The World Commission on Environment and Development (1987)* som:

Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs (p, 43).

I rapporten understryks att hållbar utveckling kräver att ett samhälle tillfredsställer människors behov genom ökad produktion och genom att säkerställa lika möjligheter för alla. Definitionen av hållbar utveckling ger emellertid stort utrymme för tolkningar. Man kan diskutera vilken ekonomisk och teknisk utveckling som ger bäst förutsättningar för utveckling av ett långsiktigt hållbart samhälle. Människor i världen lever under mycket olika villkor, och när man talar om behoven för oss som lever nu kontra kommande generationers behov krävs en diskussion om vilka behov som är rimliga. Orr (1992) problematiserar kring den inneboende konflikten mellan uthållighet och utveckling. Utveckling, d.v.s. ekonomisk tillväxt och teknisk utveckling, baserar sig på andra grundläggande föreställningar om ekologi och om människans natur än vad begreppet uthållig gör. Han är starkt kritisk till den tilltro till ekonomisk tillväxt som beskrivs i Brundtlandsrapporten.

Agenda 21 (UNEP, 1992) är ett handlingsdokument för det 21:a århundradet, som antogs vid *Earth Summit* i Rio de Janeiro 1992. I 40 kapitel beskrivs vad som ska göras för att utveckla ett hållbart samhälle. Dokumentet bygger vidare på *The World Commission on Environment and Development (1987)* där det understryks att miljöproblemen inte kan diskuteras som isolerade företeelser. Agenda 21 betonar att ekologiska, ekonomiska och sociala dimensioner måste utvecklas parallellt.

Dokumentet består av fyra sektioner. Den första sektionen handlar om viktiga sociala och ekonomiska dimensioner som måste förändras t.ex. hälsa, fattigdom och konsumtionsmönster. Det understryks att miljö och utveckling måste integreras vid beslutsfattande. I sektion två behandlas den ekologiska dimensionen. De viktigaste miljöproblemen och hotade miljöer som atmosfären och haven får var sitt kapitel. Den tredje sektion tar upp grupper som behöver stärkas. En sådan grupp är barn och ungdomar. Andra grupper är kvinnor, lokala myndigheter och NGO:s⁴. Den sista sektionens kapitel handlar om medel för implementering. Ett viktigt medel är utbildning.

2.2 Internationella och nationella styrinstrument

De viktigaste internationella överenskommelserna

Det finns ett stort antal internationella överenskommelser, rapporter och dokument som behandlar miljöfrågor. När det gäller nationella dokument är det framför allt läroplan och kursplaner som är styrande för skolans verksamhet. För lärarutbildningen gäller högskoleförordningen, utbildningsplan och kursplaner.

På FN:s miljökonferens *Human Environment* i Stockholm 1972 drogs principer för internationellt samarbete kring miljöfrågor upp och FN:s miljöprogram UNEP (*United Nations Environmental Programme*) inrättades. Betydelsen av miljöundervisning diskuterades och vid ministerkonferensen i Tblisi, Georgien 1977 om undervisning i miljöfrågor formulerades rekommendationer om vilka principer undervisningen ska bygga på (SIDA, 1999). En kommitté, som leddes av Gro Harlem Brundtland, fick 1984 inför planeringen av en uppföljningskonferens i Rio de Janeiro i uppdrag av FN:s generalförsamling att granska miljötillståndet i världen samt att utarbeta åtgärdsförslag för miljö- och utvecklingsfrågor. I rapporten *The World Commission on Environment and Development (1987)* understryks betydelsen av utbildning för hållbar utveckling. Man kom fram till att det finns allvarliga frågor som vi måste ta itu med, men situationen är inte på något sätt katastrofal. Arbetet för hållbar utveckling måste komma igång snabbt.

⁴ NGO = non governmental organization

Earth Summit eller Rio-konferensen 1992 behandlade frågor som är av stor betydelse för människans fortlevande t.ex. befolkningstillväxt, fattigdom och miljöförstörelse och globala miljö- och utvecklingsfrågor. Viktiga dokument från konferensen är principdeklarationen och Agenda 21. Efter *Earth Summit* i Rio tillsattes en kommission – CSD = *Commission on Sustainable Development* – som bevakar implementeringen av Agenda 21 (SIDA, 1999). Två uppföljande konferenser har organiserats och dokumenterats. Dokumenten från 1995 i Paris⁵ och 1997 i Thessaloniki⁶ stärker och upprepar skrivningarna i Tblisidokumentet och Agenda 21 (ibid). I september 2002 hölls FN:s tredje miljökonferens i Johannesburg i Sydafrika.

1996 enades regeringscheferna i Östersjöländerna om att utarbeta en Agenda 21 för regionen (Skolverket, 2002b). Arbetet fokuserade på sju sektorer – jordbruk, energi, fiske, skogsbruk, industri, turism, transport och fysisk planering och resulterade ett handlingsprogram, Baltic 21 som länderna antog 1998. 2000 beslöt utbildningsministrarna i de berörda länderna att också utveckla en Agenda 21 för utbildning. Överenskommelsen kallas Baltic 21E eller Haga-deklarationen och undertecknades av utbildningsministrarna på Haga 2002 (ibid). I Johannesburg 2002 lades ett förslag fram om att ett decennium tillägnat utbildningsfrågor och hållbar utveckling ska starta 2005.

Vad det står om utbildning i överenskommelserna

Det första dokumentet som behandlar utbildningsfrågor är Tblisidokumentet. Både kapitel 36 i Agenda 21 och Haga-deklarationen bygger på Tblisidokumentet. Styrdokumentet är tydliga: Miljöundervisning är viktigt och ska ingå i all utbildning för att åstadkomma en hållbar utveckling. I Haga-deklarationen står det t.o.m. att hållbar utveckling ska vara ett huvudområde för all undervisning (Baltic 21E, 2002).

Dokumentet är måldokument och policydokument där principer och önskvärda mål formuleras. Däremot ges inga instruktioner om innehåll och arbetssätt. Det finns vissa principer som går igenom alla dokument. De är livslångt lärande, utbildning för alla människor oavsett ålder, kön

⁵ UNESCO International Conference on Environment and Society: Education and Public Awareness for Sustainability

⁶ UNESCO International Commission on Education for the Twenty-first Century

eller social tillhörighet och att miljöfrågorna ska behandlas utifrån flera ämnesområden. Värderingar och attityder ska bearbetas och ett mål är att människor ska skaffa sig sådan kompetens att de kan bidra till att förbättra miljötillståndet. Med en stark betoning på att utbildning är ett av de viktigaste medlen för hållbar utveckling blir lärare en viktig yrkesgrupp och därmed får lärarutbildningarna en särskild betydelse. Redan i förordet till *The World Commission of Environment and Development* (1987) skriver Gro Harlem Brundtland att världens lärare kommer att ha en viktig roll i arbetet med att uppmärksamma innehållet i rapporten. I rapporten står det att det är viktigt att påverka utvecklingen i samband med lärarutbildning, eftersom lärares attityder kommer att vara betydelsefulla när det gäller att öka förståelsen för miljön och dess koppling till utveckling. Deras medvetande och kompetens måste höjas.

De svenska läroplanerna Lpo/f 94

Miljöutbildning har starkt stöd i svensk skollag, läroplan och kursplaner för skolan. Den s.k. portalparagrafen i skollagen fick sin nuvarande lydelse 1990:

Var och en som verkar inom skolan skall främja aktning för varje människas egenvärde och respekt för vår gemensamma miljö (Skollagen 1 kap, 2 §).

All undervisning ska präglas av ett miljöperspektiv tillsammans med ett internationellt, etiskt och historiskt perspektiv. I läroplanen står det:

Genom ett miljöperspektiv får de möjligheter både att ta ansvar för den miljö de själva direkt kan påverka och att skaffa sig ett personligt förhållningssätt till övergripande och globala miljöfrågor. Undervisningen skall belysa hur samhällets funktioner och vårt sätt att leva och arbeta kan anpassas för att skapa hållbar utveckling (Lpo 94, s,7).

Det finns egentligen inga anvisningar utöver detta om vad ett miljöperspektiv innebär. De tre andra perspektiven kommer självklart in om man ska kunna förstå miljöfrågorna och dess komplexitet. Under rubriken skolans uppgifter formuleras att skolan ska förmedla beständiga kunskaper.

Eleverna skall kunna orientera sig i en komplex verklighet, med ett stort informationsflöde och en snabb förändringstakt. Studiefärdigheter och metoder att tillägna sig och använda ny kunskap blir därför viktiga. Det är också nödvändigt att eleverna utvecklar sin förmåga att kritiskt granska fakta och

förhållanden och att inse konsekvenserna av olika alternativ (Lpo 94 s,7). En viktig uppgift för skolan är att ge överblick och sammanhang.

Eleverna skall få möjligheter att ta initiativ och ansvar. De skall ges förutsättningar att utveckla sin förmåga att arbeta självständigt och lösa problem (Lpo 94, s,7).

Om de senare målen kopplas till ett miljöinnehåll så beskrivs en miljöundervisning som stämmer väl med Tblisidokumentet och Agenda 21. Axelsson (1997) menar att det internationella perspektivet är nödvändigt om man som det står i Agenda 21 ska kunna koppla samman hållbarhet och utveckling. Även begrepp kring etik och kunskap är centrala för hållbar utveckling. I den allmänna texten uttrycks generella mål för undervisningen. Flera av dessa mål är väsentliga om miljöundervisningen ska utveckla ett lärande för hållbar utveckling. Själva kunskapsmålen uttrycks i kursplanerna, men det finns inte någonstans explicit uttryckt vilka utvärderingsbara kunskapsmål som gäller för miljöundervisningen. Avsaknaden av miljömål är den största bristen i Lpo 94, menar Axelsson (1997).

Kursplaner 2000

De studenter som medverkar i den här studien antogs till lärarutbildningen hösten 1999. Då gällde fortfarande de kursplaner för grundskolan som skrevs 1994. Men redan under studenternas andra termin publicerades kursplaner 2000 som trädde i kraft hösten 2000. Därför refererar jag till det som står i dessa.

Ambitionen vid revideringen av kursplanerna har varit att kursplanerna ska leda till en verksamhet i skolan som fångar elevernas intresse (Skolverket, 2000a). Det står att det finns en förskjutning från fakta-inläring till en mer mångfacetterad syn på naturvetenskaplig kunskap och verksamhet. I kursplanerna anges tre aspekter på de naturorienterande ämnena; Naturvetenskaplig förståelse av omvärlden, Naturvetenskapens karaktär och Naturvetenskapen som mänsklig och social aktivitet. Dessa aspekter förs konsekvent in i kursplanetexterna i form av tre rubriker; *Natur och människa*, *Den naturvetenskapliga verksamheten* och *Kunskapens användning*. Det påpekas att de tre rubrikerna inte ska uppfattas som tre distinkta moment utan det är fråga om olika aspekter av samma kunskapsområde (ibid). Det är med viss förvåning jag noterar att man i kommentarmaterialet uttrycker att en förskjutning

från faktakunskaper är viktig. Själv har jag inte tolkat kursplanerna från 1994 som att tyngdpunkten ligger på faktainläring.

I kursplaner 2000 (Skolverket, 2000b) understryks betydelsen av att eleverna själva formulerar ställningstagande grundade på naturvetenskapliga kunskaper och personliga erfarenheter. Respekt för andras åsikter är viktig. I den gemensamma texten för naturorienterande ämnen i kursplaner 2000 står det:

Många uppgifter ställer i dag krav på naturvetenskapligt kunnande hos var och en, inte minst gäller detta miljö- och hälsofrågor. Med sådana frågor kontinuerligt belysta i undervisningen skapas en möjlighet för eleven att utveckla en förmåga att använda naturvetenskapligt kunnande som argument vid ställningstaganden. Därmed berör utbildningen eleverna både som individer och som samhällsmedborgare (Skolverket, 2000b, s, 48).

Ett av de mål som eleverna ska ha uppnått redan efter femte skolåret formuleras så här:

- ha inblick i hur argumentation i vardagsanknutna miljö- och hälsofrågor kan byggas upp med hjälp av personliga erfarenheter och naturvetenskapliga kunskaper (Skolverket, 2000a, s, 49).

Målet skärps något för vad eleverna ska ha uppnått efter det nionde skolåret till:

- kunna använda sina kunskaper om naturen, människan och hennes verksamhet som argument för ståndpunkter i frågor om miljö, hälsa och samlevnad

- ha inblick i konsekvenserna av olika etiska ställningstagande i miljöfrågor (Skolverket, 2000a, s, 50).

Genom att sammanställa olika mål som berör miljöfrågorna i kursplanerna kan man göra en sammanfattande målbeskrivning för kunskaper i miljökunskap som eleverna ska ha när de lämnar grundskolan. Tabell 1 är ett försök till en sådan sammanställning. Jag har valt ut sådana ord och ordalydelser ur de gemensamma målen för de naturorienterande ämnena och för ämnena biologi, fysik och kemi som jag betraktar som viktiga för miljökunskaperna. Jag kan liksom Axelsson (1997) gjorde om kursplanerna från 1994 beklaga att det inte finns tydligare kunskapsmål för miljöundervisning i kursplaner 2000.

Tabell 1. Översikt av miljörelaterade mål i de naturorienterande ämnena i kursplaner 2000.

Begrepp	Färdigheter	Attityder
<p>Liv – former och betingelser, villkor och utveckling, livscyklar, mångfald, ekosystem, kretslopp, fotosyntes, förbränning, materia</p> <p>Energi – flöde, former, omvandlingar, kvalitet, energi- och resursfrågor, strålning, tryck, värme och temperatur</p> <p>Grundämnen, kemiska föreningar, omvandlingar vid kemiska reaktioner</p> <p>Materiens oförstörbarhet, omvandlingar, kretslopp och spridning</p> <p>Kemiska teorier och modeller</p> <p>Vatten – egenskaper, roll som lösningsmedel och transportmedel</p> <p>Luft – egenskaper och betydelse för kemiska processer och korrosion och förbränning</p>	<p>Mäta, observera, tolka, experimentera</p> <p>Samtala</p> <p>Använda naturvetenskapliga kunskaper och etiska och estetiska argument i frågor om resursanvändning, föroreningar och kretslopp</p> <p>Kunna använda resultat av mätningar och experiment i diskussioner om miljöfrågor</p> <p>Kunna exemplifiera hur naturvetenskap kan användas för att skapa bättre livsvillkor och hur den kan missbrukas</p> <p>Ha kunskap om resurshushållning i vardagslivet och om praktiska åtgärder som syftar till resursbevarande</p> <p>Kritiskt förhållningssätt, diskutera samhällsfrågor utifrån naturvetenskapliga kunskaper</p> <p>Hantera kemikalier</p>	<p>Omsorg om naturen</p> <p>Ansvar för utnyttjande av naturen</p> <p>Respekt och lyhördhet för andras ställningstagande</p>

Styrdokument för lärarutbildningen

Vid lärarutbildningen vid Malmö högskola finns examensordning, utbildningsplaner, kursöversikter och kursbeskrivningar som ger riktlinjer för utformningen av grundskolläroprogrammet samlade i en

skrift. För målbeskrivning hänvisas till högskoleförordningens examensordning. I 1 kap. 9 § finns miljöfrågorna med i ett av målen:

.....skall studenten ha

-

- förmåga att belysa allmänmänskliga och övergripande frågor som t.ex. existentiella frågor och etiska frågor, jämställdhetsfrågor, miljöfrågor samt internationella och interkulturella frågor

-

I innehållsbeskrivningen som bygger på examensordningen står det att:

I olika kurser inom programmet stärks studentens förmåga att analysera allmänmänskliga och övergripande frågor som t.ex. existentiella och etiska frågor, miljöfrågor, internationella frågor samt frågor som rör genus, klass och etnicitet. Detta sker både i ämneskurserna och i den praktiskt-pedagogiska utbildningen.

Sedan följer en sammanställning av de kurser som ingår i programmen med en kort kursbeskrivning. För konkretisering av mål och innehåll hänvisas till kursplanerna.

Vid planeringen av Malmö högskola bestämdes att ett antal perspektivområden ska prägla all undervisning (SOU, 1996). Från början var det fem områden som bedömdes som så viktiga att alla studenter som studerar vid högskolan ska tillägna sig kunskaper relevanta för deras utbildning inom dessa områdena. Efter några års verksamhet har perspektivområdena reducerats till tre. Dessa är genus, internationell migration och etniska relationer samt natur och resurshushållning (miljö) (Ekborg, 2001).

2.3 Varför man ska lära sig naturvetenskap i skolan

Ett mål för grundskolans naturvetenskapliga undervisning är således att eleverna ska lära sig att föra fram argument i miljö- och hälsofrågor som bygger både på personliga erfarenheter och naturvetenskapliga kunskaper (Skolverket, 2000a, 2000b). Detta mål brukar vanligtvis motiveras med att det är en demokratisk rättighet att kunna vara delaktig i viktiga samhällsdiskussioner. Aktuella frågor kring t.ex. miljö, genteknik, hälsa och energi har ett tydligt naturvetenskapligt innehåll.

Människor ska kunna följa och delta i diskussioner och i beslutsfattande på olika nivåer (Millar, 1996). I en demokrati bör människorna vara självständiga aktörer som inte låter sig luras eller manipuleras. Det är viktigt att de kan påverka sin egen situation. Då krävs det att man förstår den och kan skilja på bra och dåliga argument (Sjøberg, 2000).

Andra argument för naturvetenskaplig undervisning är ekonomiargumentet, nyttoargumentet, kulturargumentet och det sociala argumentet (Millar, 1996; Sjøberg, 2000). Alla argumenten kan problematiseras vilket också görs av både Sjøberg och Millar. Dessa argument har förts fram i många olika formuleringar i diskussioner kring naturvetenskap som allmänbildning (AAAS, 1989; Claxton, 1997; Jenkins, 1997; Millar & Osborne, 1998).

Det argument som är mest relevant för denna avhandling är demokratiargumentet. Eleverna i skolan ska lära sig naturvetenskap på ett sådant sätt att de kan förstå och argumentera i samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll. Millar (1996) frågar vilken rimlig naturvetenskaplig förståelse man måste nå för att frågorna inte ska trivialiseras. Han menar att många utbildade och verksamma naturvetare är tveksamma till att uttala sig utanför sitt expertområde. Dessutom finns det flera områden som är viktiga och det är helt orimligt att skolan kan förbereda ungdomar på ett sätt så att de kan delta i alla dessa diskussioner på ett vettigt sätt. Millar (1996) menar att då måste vi prioritera grundläggande förståelse på vilken detaljkunskaper kan hängas upp vid behov, och han ger förslag på några viktiga modeller som hjälper oss att förstå vem vi är och den värld vi lever i. Modellerna är kulturprodukter och förståelse av och kunskaper om dessa berikar livet. En av de föreslagna modellerna är atom/molekyl modellen av materia med betoning på förståelse av kemiska reaktioner som omorganisation av materia (ibid).

Sjøberg (2000) skriver att områden som miljö, hälsa och genteknik kräver naturvetenskapliga kunskaper för att kunna förstås. Samtidigt poängterar han betydelsen av att koppla dessa kunskaper till bedömningar som har med etik, värderingar och samhällsfrågor att göra. Det är lika farligt att bygga argumentation på enbart naturvetenskap och teknik som det är att endast bygga dem på attityder, känslor och värderingar. Det konstateras också i kursplaner 2000 att:

Studier inom det naturorienterande ämnesområdet kopplas samman med kunskaper och uttrycksformer inom skolans andra ämnen (Skolverket, 2000a, s, 46).

2.4 Miljöundervisning

Det finns flera begrepp som används i anslutning till miljöundervisning. Axelsson (1997) har gjort en genomgång av begrepp använda i svensk- och engelskspråkig litteratur och pekar på svårigheterna att särskilja de olika begreppen och att se vilka som motsvarar de svenska i engelskspråkig litteratur. Axelsson diskuterar också möjligheten att använda något av *begreppen utbildning för hållbar utveckling* eller *lärande för hållbar utveckling* vilka som uttryck är i bättre överensstämmelse med internationella dokument.

I min studie intresserar jag mig framför allt för den ekologiska dimensionen av hållbar utveckling. Därför använder jag begreppet miljöundervisning för utbildning i skola och lärarutbildning om miljöfrågor och begreppet miljökunskap om ämnesinnehållet. Med miljöundervisning menar jag hur en kurs (ett ämne eller ett tema) som handlar om miljöfrågor organiseras och genomförs. Man tar i detta arbete ställning till målen för undervisningen, hur eleverna lär sig, hur stoffet väljs, vilka metoder som ska användas och hur kursen ska examineras. Med miljökunskap menar jag det innehåll som handlar om miljöfrågorna. Det finns naturvetenskapliga, humanistiska, samhällsvetenskapliga, etiska och politiska kunskapsdelar i miljöfrågorna. Fokus ligger naturligtvis på olika delar i olika sammanhang men alla kunskapsområdena bidrar med viktigt innehåll för förståelsen av miljöfrågorna. När jag refererar till engelskspråkig litteratur använder jag det engelska originaluttrycket.

Utveckling av miljöundervisning

Posch (1996) beskriver traditionell miljöundervisning på följande sätt: dominans av systematisk kunskap, hög prioritet ges åt väletablerade fakta så att skolan kan upprätthålla en god kontakt med den akademiska världen, låg prioritet för öppna och kontroversiella ämnen och till personligt engagemang och delaktighet. Kunskap är ofta uppdelad i fack efter akademisk tradition, vilket ger tydliga strukturer. Undervisning bedrivs via förmedlingspedagogik. I en förbättrad och förändrad

miljöundervisning bör eleverna utveckla dynamiska kvaliteter som krävs för arbetslivets förändringar – självständigt tänkande, initiativförmåga, förmåga att samarbeta, ta ansvar, definiera problem, reflektera och att tänka förutseende utvecklas under utbildningen (ibid).

Tilbury (1995) skriver att miljöundervisning har förändrats från att huvudsakligen vara *Education about the environment* (undervisning om miljön) till *Education in the environment* (undervisning i miljön) och *Education for the environment* (undervisning för miljön).

Environmental education about the environment

I miljöundervisning i Skandinavien har fokus ofta legat på studier av miljöproblem och vilat på ekologisk kunskapsgrund. Undervisningen har gått ut på att visa att naturen blivit skadad och på att lära sig att identifiera problemen. Den grundläggande idén är att naturvetenskapliga kunskaper och färdigheter är de viktigaste parametrarna för handling och beslut (Mogensen, 1996). När miljöundervisning började utvecklas i större omfattning på 70-talet var det undervisning *om* miljön som dominerade. Läraren var huvudaktören i klassrummet och undervisningen var förmedlande. Miljöproblemen – dess orsaker och konsekvenser behandlades särskilt i kemi- och biologiämnet (SIDA, 1999). Östman (1992) visar i sina analyser av läroböcker (från 80-talet) att det är vanligt att dessa sakligt tar upp miljöproblem – dess orsaker och konsekvenser men utan normativ skrivning. Typiskt är att det sista kapitlet i kemiboken handlar om miljökunskap och då beskrivs allt elände människan ställer till med utan några förslag till lösningar. Eleverna ska lära sig att människan hotar sin existens genom att förstöra naturen (ibid). Undervisning som inriktas på beskrivning av miljöproblem anses medföra att elever blir handlingsförlamade, oroliga och känner sig maktlösa och leder inte till ett adekvat miljöhandlande (Breiting, 1994). Detta motsägs i viss mån av TIMMS⁷-undersökningarna där det norska materialet visar att ungdomar med goda kunskaper om miljöproblemen har en mer optimistisk syn på att naturvetenskap ska kunna bidra till att lösa problemen (Föreid & Filho, 1997).

⁷ TIMMS= Third International Mathematics and Science Studies

Environmental education in the environment

Miljöundervisning i miljön kan tolkas dels som att miljöengagemang har sin bas i kärlek till naturen, dels som att miljöarbete startar i det lokala samhället och kräver studier utanför skolan. Tilbury (1995) beskriver det som att man i miljöundervisning om miljön arbetar med huvudet och i miljöundervisning i miljön arbetar med hjärtat. Under 80-talet etablerades naturskolor i Sverige. De underlättade för lärarna att börja med miljöundervisning eftersom det fanns lärarresurser knutna till naturskolorna. Det fanns ett antagande om att naturupplevelser leder till miljöengagemang (SIDA, 1999).

Undersökningar visar att naturupplevelser kan ha betydelse för miljöengagemang. Palmer & Suggate (1996) undersökte vilken slags erfarenheter som leder till att man som vuxen informerar sig om miljötillståndet och aktivt försöker anta ett miljövänligt beteende. Medlemmar i *National Association for Environmental Education* (NAEE) i Storbritannien fick en enkät i vilken de bl.a. angav varför de blivit engagerade i miljöfrågor. De äldre tillfrågade angav erfarenheter av utomhusaktiviteter som barn och utbildning som viktigaste skäl. De yngre uppgav att viktiga faktorer för utvecklandet av miljöengagemang var utbildning, inflytande från andra människor och media.

Breiting (1990) pekar dock på skillnaden mellan rena naturstudier och miljöstudier. En undervisning som har sitt fundament i naturstudier lär eleverna att konservera naturen istället för att delta i framtidsutvecklingen. De måste bli duktigare på att förstå varför vi har miljöproblem, och vilka krafter i samhället som åstadkommer eller förhindrar miljöproblem. Han skriver att i miljöundervisningen måste vi sluta med att konservera det förflutna och istället ägna oss åt utveckling för framtiden. Det betyder inte att naturstudier saknar värde. Tvärtom är de kraftfulla verktyg för studier och uppskattade av elever, men i miljöstudier måste vi flytta uppmärksamheten från rena naturobservationer till människans problematiska utnyttjande av naturresurserna (ibid).

Environmental education for the environment

Miljöundervisning för miljön fick tillsammans med miljöundervisning i miljön ett större genomslag i skolan under 90-talet. Metoder för att utveckla elevernas förmåga att agera för miljön baserat på sina egna värderingar togs fram. Problemlösning blev viktigare under 90-talet

även om det i dokumenten betonats tidigare (SIDA, 1999). Miljöundervisning *för* miljön innebär att målet för god miljöundervisning är att utveckla en bättre miljö. Den går längre än de beskrivna *om* och *i* miljön strategierna genom att eleverna ska utveckla ansvar och aktivt deltagande (Tilbury, 1995).

Det finns en tendens att betrakta miljöundervisning för miljön som ett sätt att modifiera beteenden (Jensen & Schnack, 1997). Den kan innefatta sopsortering, minskad vatten- och energiförbrukning. Men dessa insatser bygger inte på att eleverna tagit medvetna beslut om vad som ska göras (ibid). Miljöundervisning ska inte handla om kvantitativa förändringar utan om kvalitativa. Det finns en stor risk att miljöundervisning liksom hälsoundervisning blir moraliserande. Att öva elever i gott miljöuppförande bygger på en uppfattning om att om bara goda exempel kan överföras till eleverna, så kan de sedan tillämpa dem i andra situationer (Mogensen, 1996). Sørensen (1997) menar att det finns en paradigmatiskskillnad mellan undervisning som syftar till beteendeförändringar och undervisning som syftar till handlingskompetens. Den första typen är moraliserande medan den andra är demokratisk.

För mig är skillnaden som Sørensen (1997) och Jensen & Schnack (1997) tar upp mellan moralisering och demokratisk fostran svår att helt ta till mig. Jag tycker det är riktigt att elever ska tränas i självständigt beslutsfattande och att de beslut de fattar i grunden ska respekteras. Jag är också övertygad om att ren träning i goda miljöhandlingar inte leder till ökade insikter i miljöproblemen. Det behöver dock inte vara så att träning i goda vanor genomgående bygger på en moraliserande undervisning. Det kan vara att man liksom i hälsofrågor utför ett antal vettiga handlingar som rutin t.ex. att sortera papper, använda båda sidorna på pappret, panta burkar, borsta tänderna och tvätta händerna. Att skapa sådana rutiner ger tid och utrymme för träning i beslutsfattande i frågor där det råder större oenighet om vad som är riktiga beslut. Det måste också finnas en diskussion om vilka handlingar som faktiskt är bra för miljön och vilka som är mindre bra. Jag håller med om att både hälso- och miljöundervisning har en tendens att bli moraliserande. Att respektera den enskildes beslut är lätt att säga men det finns gränser för vilka besluten måste hålla sig inom. Dessutom är målet både för skolans hälso- och miljöundervisning att fler människor

agerar på ett sätt som är bra för hälsa och miljö. Annars har inte undervisningen något berättigande. Det är en balansakt att utan att vara moraliserande fostra ungdomar så att de som grupp ändrar beteende i positiv riktning.

Också Östman (1996) berör problemet med moralism i miljöundervisning utifrån textanalyser av NO-läromedel. Han beskriver en typ miljöundervisning som han kallar moraliskt tillämpad NO-undervisning. Människans umgänge med naturen behandlas i miljömoraliska termer. Eleverna ska lära sig hur vi bör förhålla oss till naturen och vilket ansvar vi har för den. Dessutom ska de lära sig hur naturvetenskapliga kunskaper kan vara behjälpliga för att förstå, formulera och legitimera en miljömoralisk ståndpunkt. Naturen har ett egenvärde och rätt att finnas oavsett vilken nytta vi människor har av den. Det kan uppfattas som om naturvetenskapliga kunskaper i sig medför en specifik miljömoral och att naturvetenskapliga beskrivningar av naturen utgör ett säkert fundament för att formulera den enda riktiga miljömoralen. I alla de av Östman analyserade lärobokstexterna framställs naturvetenskaplig kunskap som absolut sann eller tilldelas ett värde av att vara direkt tillämpbart i praktiska problem och därmed nyttig. Om naturvetenskapen betraktas som absolut sann i moralisk NO-undervisning är det risk att eleverna lär sig att luta sig mot experter också i normativa beslut rörande miljöfrågor (ibid).

Miljöundervisning i svensk skola

Det finns starka incitament i både internationella och nationella styrdokument för att miljöundervisning ska vara ett viktigt inslag i skolans verksamhet. De elever som deltog i den nationella utvärderingen av tema *Tillståndet i världen* 1998 tycker att frågor kring miljö, utveckling och globala samband är viktiga och intressanta. De tycker dock inte att de har arbetat särskilt mycket med frågorna i skolan (Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson, & Wallin, 1999). I det tidigare nämnda Thessaloniki-dokumentet beklagar man att inte mer hänt inom miljöundervisningen sedan Rio-konferensen (SIDA, 1999).

I Skolverkets rapport *Skolans miljöundervisning och Agenda 21* (Skolverket, 1996) sammanfattas viktiga perspektiv att ta ställning till i all miljöundervisning i fem punkter. Författarna har definierat dessa punkter utifrån tolkningar av Skola för bildning (SOU, 1992), Lpo94

och Agenda 21. Punkterna är: delaktighet, kunskapssyn, kretsloppsträning, samarbete inom skolan och utåtriktad verksamhet. Av rapporten framgår att miljöundervisning har ökat kraftigt i svensk grundskola. Miljöfrågorna behandlas i olika skolämnen och de naturvetenskapliga ämnena dominerar. Denna dominans är på väg att brytas. Mycket av miljöarbetet drivs framåt av och är beroende av s.k. eldsjälar. Det finns en osäkerhet både bland lärare och skolledare om hur eleverna kan göras delaktiga i och kunna påverka Agenda 21-arbetet i kommunen. I utvärderingen konstateras att det finns många exempel på skolor som arbetar ambitiöst och bra med miljöfrågorna. Samtidigt finner Skolverket det högst anmärkningsvärt att det saknas ett brett genomförande av miljöundervisning i skolorna (ibid).

Wickenberg (1999) bekräftar i en studie från några grundskolor i Lund om normstödjande strukturer för miljöarbetet att arbetet till stor del initieras och bärs fram av några nyckelpersoner, s.k. eldsjälar. Eldsjälarna har ett stort personligt intresse, övertygelse, starka känslor och känner entusiasm för miljöarbetet. Skolans organisation kan vara ett hinder för arbetet samtidigt som miljöarbetet kan vara stimulerande för övrig pedagogisk utveckling på skolan. För att nyckelpersoner ska fungera över längre tid krävs att stödande strukturer skapas, underhålls och utvecklas. Om inte lärarna får stöd i att på ett rimligt sätt finna arenor för att gemensamt planera och reflektera över sin verksamhet finns det risk att de tröttnar. Det finns många exempel på stödande strukturer på lokal, regional och nationell nivå. Det finns också exempel på strukturer som försvårar arbetet. Ett sådant exempel är miljötematikens komplexitet i kombination med oklar miljökunskapsbas (ibid).

Axelsson (1997) har undersökt hur lärare utvecklar sin miljöundervisning genom att arbeta med ENSI-projektet (*Environment and School Initiatives*) som fokuserar på flervetenskaplig undervisning där eleverna får utveckla problemlösande förmåga och dynamiska kvaliteter. ENSI är ett aktionsforskningsprojekt där lärarnas utveckling i arbetet med miljöundervisning följs. Genom att det gavs rika tillfällen till observation av, reflektion över och diskussion om sin undervisning utvecklade lärarna sin miljöundervisning. Förändring av undervisningsmetoderna påverkade innehållet medan förändringar i innehållet inte nödvändigtvis förändrade metoderna. Under projektets gång förändra-

des planeringen av undervisningen på så sätt att eleverna fick allt större inflytande över verksamheten (ibid).

Miljöutbildning i lärarutbildning

Inget land inom EU har genomfört miljöutbildning inom lärarutbildningen på ett systematiskt sätt trots att krav om detta har framförts (Brinkman & Scott, 1996). I svensk lärarutbildning varierar miljöundervisningen mycket. Det förefaller vara avhängigt av enskilda aktörer om och i vilken utsträckning Agenda 21- aspekter och miljöundervisning kommer med i de olika delarna av lärarutbildningen. Faktorer som har betydelse är hur stor utbildningen är, vilka signaler som kommer från praktikskolorna och hur kontakterna är mellan didaktik/metodik och den ämnesteoretiska utbildningen. Vid de mindre högskolorna fungerar samverkan mellan olika delar bättre än vid de större (Skolverket, 1996). I en undersökning vid lärarhögskolan i Malmö framgick att vissa studenter, framför allt Ma/NO 1-7 och viss mån i Sv/SO 1-7⁸, har miljöinslag i sina utbildningar framför allt i ämneskurserna. Lärare som intervjuades såg också många möjligheter att behandla miljöfrågor i t.ex. praktisk pedagogisk utbildning men i verkligheten skedde det i mycket liten utsträckning. Hinder var bristande tid och kunskaper samt dålig gemensam struktur (Malmberg & Niklasson, 1996).

2.5 Miljöundervisningens komponenter

Tilbury (1995) menar att man måste kombinera undervisning *om*, *i* och *för* miljön. I det här avsnittet utgår jag från Tilbury (1995) som ställer upp några kriterier för miljöundervisning som är inriktad mot hållbar utveckling. Kriterierna är: miljöundervisning ska vara relevant, holistisk, värdeinriktad, tematisk (*issuebased*), handlingsinriktad och innehålla utbildning i kritiskt tänkande. Jag har modifierat dem något och diskuterar i det följande miljöundervisning utifrån följande komponenter: Relevans, värderingar, kritisk analys, handlingsorientering – handlingskompetens och kunskaper. I avhandlingen fokuseras på naturvetenskaplig begreppsförståelse och miljöfrågornas komplexitet. Dessa områden behandlas därför mest utförligt.

⁸ Svenska och samhällsorientering med inriktning mot de tidigare skolåren

Relevans

En av de centrala principerna i EEFS⁹ är att frågorna har relevans för den som lär (Tilbury, 1995). Eleverna ska öka sin kunskap om sig själva och världen omkring sig och se kopplingarna mellan sina egna liv och det som händer runt omkring dem. Det åstadkommer man genom att arbeta med ämnesområden som direkt berör eleverna (ibid). Jensen och Schnack (1997) förespråkar att man arbetar med autentiska frågor. De menar att det är alldeles för vanligt i skolan att arbeta med *as if* frågor genom rollspel etc. istället för att arbeta med verkliga frågor.

Värderingar

Tilbury (1995) hävdar att det inte finns någon undervisning som är neutral eller värderingsfri. Hon definierar värde som

A value is a certain belief, attitude or conviction that is consistently reflected in one's behaviour

Lindén (1996) gör en tydligare distinktion mellan värden och handlingar. Värden kan definieras som en grundläggande inställning till ett helt problemkomplex. Exempel på problemkomplex är relationen mellan människa och natur eller mellan rättvisa och orättvisa. Värden påverkar både övergripande handlingsmönster och enskilda handlingar och attityder. Värden är mer varaktiga än attityder (ibid). Tilbury (1995) gör en åtskillnad mellan 80-talets *value clarification* och senare tids *value integration*. Hon menar att eleverna måste få hjälp med att klargöra sina egna värderingar kring fattigdom, konsumtion etc. I *value clarification* undviker läraren att diskutera rätt och fel utan hjälper eleverna att komma fram till vilka värderingar de har. I *value integration* krävs det att eleverna förstår vilka alternativa värderingar man kan ha, och de ska kunna uttrycka på vilka grunder deras värderingar bygger. Dessutom för läraren aktivt fram de värderingar som krävs för utveckling av hållbara livsstilar, dock utan att syssla med indoktrinering.

Kritisk analys

De som är involverade i undervisning eller miljö- och utvecklingsfrågor behöver utveckla olika former av kritisk analys. Tilbury (1995) menar

⁹ EEFS Environmental Education for Sustainability

att förmåga till kritisk analys är viktig för att förstå uthållighet. Uthållighet kräver utveckling av politiskt kompetenta individer som kan förstå komplexiteten i miljöproblemen och dess lösningar. Kritisk analysförmåga är t.ex. att kunna ställa och besvara frågor som *Vem fattar beslut som påverkar miljösituationen? Varför fattas dessa beslut? Vilka kriterier används?*

Handling och handlingskompetens

Forskningsavdelningen i miljö- och hälsoundervisning vid Danmarks Pedagogiska Universitet har utvecklat och forskat på begreppet handlingskompetens. Utgångspunkten är att miljöproblem är samhällsproblem som uppstår som resultat av intressekonflikter mellan individer, grupper av individer eller nationer, om hur naturresurserna ska användas. Miljöundervisning är tvärvetenskaplig och problemorienterad och stor vikt läggs vid elevernas medbestämmande och ansvar. Eleverna ska ha möjlighet att ta ställning till problemens olika aspekter. Genom att sätta sig in i sakfrågorna och intressenternas ståndpunkter och argumentation kan eleverna bilda sig en egen uppfattning i frågan. Elever arbetar med verkliga problem i samhället runt skolan d.v.s. med relevanta och autentiska frågor. Det är bra om de får erfarenheter av att pröva några handlingsmöjligheter i anslutning till de problem de arbetar med (Breiting & Jannicke, 1994). Tre komponenter anses särskilt viktiga för att utveckla elevernas handlingskompetens. De är elevernas kunskap om vilka handlingsmöjligheter som finns, deras tilltro till sitt inflytande och deras lust att handla (Mogensen, 1999). Den danska gruppen är mycket tydlig i att handlingskompetens betyder att elever ska utveckla förmåga att fatta självständiga beslut och kunna handla därefter.

Forskningsgruppen skiljer på handling och aktivitet. En aktivitet är sådana övningar där eleverna är aktiva, men där aktiviteten är planerad av läraren. Det kan vara en laboration eller att städa en strand. I en handling har eleverna själva bestämt att de ska agera, och de planerar sin aktion utifrån eget beslutsfattande. Det kan vara samma händelse som i förra fallet t.ex. att städa en strand, men framväxten av handlingen har gått till på ett annorlunda sätt (Mogensen, 1996). Miljöundervisning och demokrati måste gå hand i hand (Jensen & Schnack, 1997).

Andra forskare skriver om handling i mer allmänna ordalag. I de internationella styrdokumenterna står det att människor ska utveckla ett beteende som är bra för miljötillståndet (SIDA, 1999). Gräsel (2000) menar att handling kräver kunskaper från tre områden – kunskaper i ekologi, kunskaper om handling och sociala kunskaper. Tilbury (1995) anger några förslag på färdigheter och kunskapsområden som är viktiga i en handlingsinriktad undervisning. De är förhandling, övertalning, konsumentpolitik, politiskt agerande, lagstiftning och miljöledning. Hon lägger också elevaktiva undervisningsformer i begreppet handlingsinriktning. Hon menar att aktiva lärandestrategier involverar den läraren och kan utveckla ansvarstagande hos denne.

Naturvetenskapliga kunskaper

Gräsel (2000) skriver att många studier visar att det bara finns ett svagt samband mellan ekologisk kunskap och ansvarsfullt miljöbeteende. Detta har fått till följd att man både i undervisning och forskning koncentrerat sig mer på icke-kognitiva faktorer. Istället borde man fråga vilka kunskaper som är relevanta för förändring av miljöagerande till vardags (ibid). Man behöver naturvetenskapliga kunskaper för att kunna förstå problemen, kunna kommunicera med experter och som ett kritiskt verktyg för tänkandet så att man inte fastnar i sina vardagsföreställningar (Schnack, 1996). Det finns studier som visar att kunskaper har betydelse för handlandet. Bennulf (1996) visade i en undersökning att miljöchefer besitter större vilja att påverka miljötillståndet och att deras faktiska miljöbeteende skiljer sig på ett positivt sätt från allmänhetens och politikernas. Miljöcheferna har en bild av de problem som hotar den svenska miljön som står mer i samklang med vad annan expertis pekar ut som allvarliga miljöproblem än den bild som politiker och folk i allmänhet har. I den tidigare nämnda studien av Palmer & Suggate (1996) uppgav de yngre i undersökningen att viktigaste faktorn för utvecklandet av miljöengagemang är utbildning. För de äldre är också utbildning viktigt men inte lika viktigt som att man haft naturupplevelser som barn.

Många undersökningar visar att ungdomar inte kan tillämpa de kunskaper de har lärt sig utan att dessa är starkt situerade (Gräsel, 2000). Det kan bero på att det finns en brist i deras begreppsförståelse eftersom kunskaper som går att tillämpa kräver en mental modell som bygger på stabil begreppsuppfattning. Studier i miljöattityder negligerar oftast

begreppsförståelse och relationen mellan begrepp från olika kunskapsområden som faktorer för attityder och handlande (ibid).

Jönsson (1996) uttrycker övertygelsen att kunskaper i motsats till ytlig information ger en människa sådana insikter att det faktiskt påverkar en som mänsklig varelse. Hon förnekar påståendet att vi har kunskaperna och bara behöver ändra livsstil. De flesta människor har ytliga kunskaper. Hon diskuterar också om det finns en kärna av kunskaper som är så viktig att den kan ändra insikter och beteende. Hon föreslår följande sex punkter som grundkunskap för alla:

1. Ingenting försvinner. Ingenting kommer heller till. Gäller all materia och energi.
2. Allting sprider sig. Gäller all materia och energi (energin blir därigenom förr eller senare till värme).
3. Fotosyntesen gör att biomassan växer till sig. Även denna process kännetecknas av att "ingenting försvinner". Tillväxten i biomassa och det samtidiga avgivandet av syre kommer inte ur tomma intet utan från luftens koldioxid och markens vatten.
4. Förmultning, kompostering och förbränning av fossila bränslen innebär alla att det istället frigörs koldioxid och vatten. Dessa processer är alltså omvändningen av fotosyntesen: vid förmultning, kompostering, förbränning mm. frigörs koldioxid och vatten, vid fotosyntesen binds de. En koldioxidbalans kräver att biomassetillväxt respektive förmultning och förbränning går med samma hastighet.
5. Förändringar i samhällen och individers beteenden påverkar automatiskt miljö och natur.
6. Förändringar i miljö och natur påverkar inte automatiskt samhällets och individernas beteenden (Jönsson, 1996).

Listan är tänkt som ett underlag för diskussion, och Jönsson hävdar inte att den är ett slutgiltigt förslag. Att på ett litet utrymme sammanfatta övergripande kunskap innebär att förenklingar måste göras. T.ex. så har ingenting om anaeroba processer kommit med. Jönsson använder begreppen miljö och natur, men det framgår inte klart vad om menas med begreppen och i vilket förhållande de står till varandra.

Helldén (1995b) hävdar att förståelse för omsättningen av koldioxid är grundläggande för att elever i skolan ska utveckla sina kunskaper i

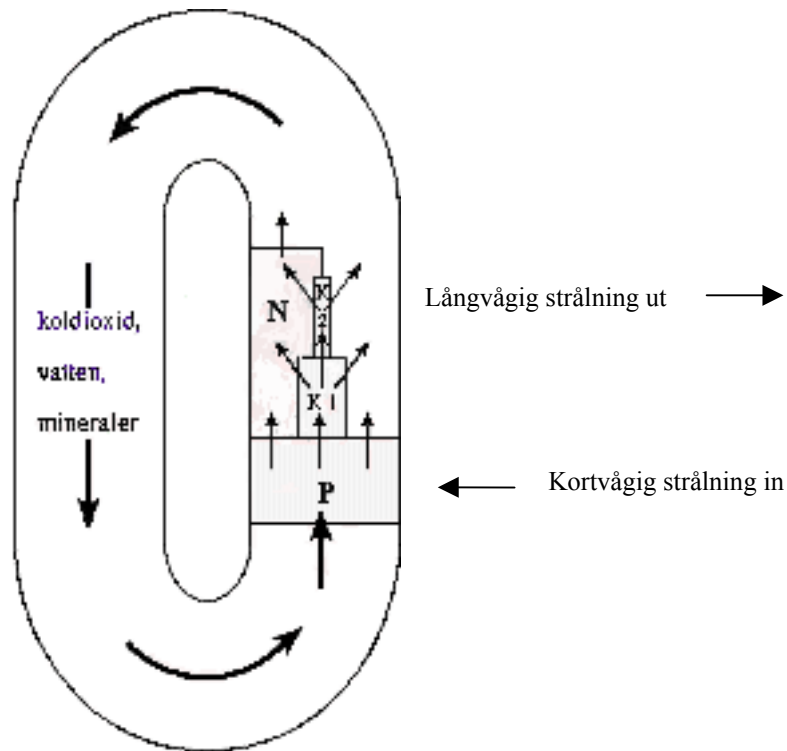
centrala miljöfrågor t.ex. användning av fossila bränslen och risken för förhöjd växthuseffekt. Gomez-Granell (1993) diskuterar vad som behövs för att man ska förändra sitt beteende. Hon menar att man behöver ett begreppsligt ramverk för att förstå skälen till förändring. Kunskaper måste kopplas till beteende i vardagslivet.

Axelsson (1997) tar i sin diskussion om kunskapsmål för miljöundervisningen sin utgångspunkt i Jönssons (1996) sex punkter. Hon menar att inte automatiskt får generella kunskaper genom att studera specifika fenomen som t.ex. kväveutsläpp. Om man däremot utgår från de generella kunskaperna måste man exemplifiera med specifika exempel. Eleverna får också möjlighet till större inflytande på innehållet om man utgår från generella kunskapsmål. De tredje och fjärde kunskapsmålen är traditionella biologimål. Enligt Axelsson behandlas fotosyntesen i biologiämnet men sambandet mellan fotosyntes och förmultning framgår inte av kursplanen i biologi. Om man istället för sammanbegreppen på det föreslagna sättet fokuseras på kolatomens kretslopp och människans förhållande till detta. Axelsson diskuterar också de femte och sjätte kunskapsmålen och menar att om man lyfter fram det femte målet – *förändringar i samhällen och individers beteenden påverkar automatiskt miljö och natur* – så ger detta ett bra incitament för eleverna att efterfråga kunskaper om vilka miljökonsekvenser samhällsförändringar har. Att arbeta med det sjätte målet – *förändringar i miljö och natur påverkar inte automatiskt samhällets och individernas beteenden* – betyder att arbeta med attityder/ handlingar. Med det kunskapsmålet skulle skolans miljöundervisning kunna bidra till att nya tankar bearbetas. Genom att eleverna identifierar miljöförändringar och letar efter åtgärder som kan avhjälpa negativ miljöpåverkan kan kunskapsmålet hänga samman med handlingskompetens och framtidsberedskap (ibid).

Viktiga begrepp

Utifrån kursplaner 2000, Jönsson (1996), Helldén (1995b), Axelsson (1997) och Wickenberg (1999) har jag identifierat ett antal naturvetenskapliga begrepp som väsentliga för förståelsen av miljöfrågorna. De är: fotosyntes, respiration, nedbrytning, förbränning, materia, energi och kretslopp. Begreppen kan förstås på olika nivå. Jag menar att lärarstuderande ska ha en förståelse av att materia består av partiklar och att den är oförstörbar och att energi är oförstörbar och kan

omvandlas till olika former. Processer som fotosyntes, nedbrytning, förbränning och respiration inkluderar förståelse av materia och energi. En grundläggande förståelse av dessa processer gör det möjligt att bedöma och diskutera skeenden i ekosystem vilket är nödvändigt för att inse vilka miljökonsekvenser människans verksamhet kan få. Det är också en grund för att kunna analysera en miljöfråga, förstå hur ett miljöproblem kan uppstå och bedöma konsekvenserna av olika åtgärder. Med dessa kunskaper som grund måste lärarstudenterna lära sig välja innehåll som är lämpligt för den aktuella åldersgruppen för att eleverna i sin tur långsiktigt ska kunna utveckla förståelse. I figur 1 sammanfattas materians kretslopp och energins flöde i ett ekosystem

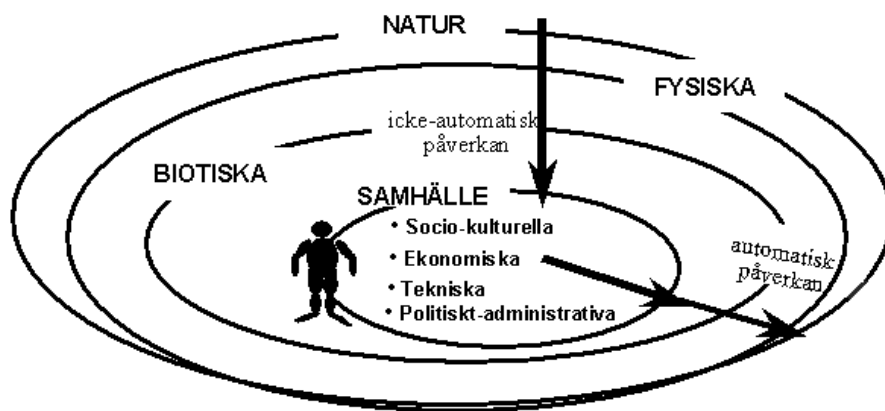


Figur 1. Sammanfattning av materians kretslopp och energins flöde i ett ekosystem. P; producenter, K1, K2; första och andra ordningens konsumenter. N; Nedbrytare (Andersson, 2001).

Miljöfrågornas komplexitet

Miljöfrågorna är komplexa och inkluderar flera kunskapsområden. I litteraturen används systemtänkande, holism och komplext tänkande omväxlande för att beskriva hur komplexiteten kan förstås. Ibland skiljer sig betydelsen åt men ibland används begreppen nästan synonymt. Jag har i genomgången använt de begrepp som respektive författare använder. Fortsättningsvis kommer jag, i det som är aktuellt för mina egna undersökningar, använda begreppet förmåga att resonera om komplexa frågor. Ordet holism är mest värdeladdat och används ofta synonymt med en organistisk vetenskapssyn som står i motsats till den mekanistiska eller reduktionistiska vetenskapssynen. Ibland är resonemangen, som hos Capra (1996) och Merchant (1994), så starkt förenklade att de närmast blir ovetenskapliga. Flera författare menar att vi måste föra in en ny slags naturvetenskap eftersom det traditionellt reduktionistiska synsättet från naturvetenskapen inte räcker för förståelsen av miljöfrågor och andra komplexa frågor med starkt naturvetenskapligt innehåll (Clayton & Radcliffe, 1996). Tilbury (1995) skriver att eftersom miljön påverkas av både fysikaliska och biologiska faktorer och av sociala, ekonomiska, politiska, historiska, kulturella och etiska faktorer så krävs kunskaper inom flera områden för förståelse av miljöproblemen.

Wickenberg (1999) beskriver tre system som förhåller sig till varandra som framgår i figur 2. Naturen kan ses som innehållande tre under-system som är delmängder av varandra. Det fysiska systemet består av allt levande och icke levande, det biotiska systemet är allt levande och samhällssystemet finns som en delmängd av det biotiska som är delmängd av det fysiska systemet. Samhällssystemet består av fyra under-system; det sociokulturella, det ekonomiska, det tekniska och det politiskt-administrativa systemet. Pilarna i figuren anger att en förändring i samhällssystemen alltid påverkar naturen men förändringar i naturen påverkar nödvändigtvis inte samhällssystemen. Pilarna motsvarar punkt 5 och 6 i den lista på grundkunskaper som Jönsson (1996) föreslår.



Figur 2. Hyden & Wickenberg (Hydén, 2002).

Systemtänkande kan definieras som förståelse för hur delarna relaterar till varandra och hur de tillsammans bildar helheter (Wyllie, Sheehy, McGuinness, & Orchard, 1998). Capra (1996) beskriver likaså systemtänkande som ett skifte från att betrakta delar till att betrakta helheten. Inom systemen finns det i sin tur undersystem, och om man har systemtänkande kan man tankemässigt flytta sig fram och tillbaka mellan systemnivåer. Om man använder samma begrepp, t.ex. stress, på en organism, en stad eller ekonomi så får man olika insikter. Olika systemnivåer representerar olika grad av komplexitet. På varje nivå finns egenskaper som inte finns på nivån under. Egenskaperna är oförutsägbara eftersom de dyker upp på en speciell nivå. Systemtänkande innebär också att vi ser kunskap som nätverk. Förr diskuterades kunskap och vetenskap som hierarkiska strukturer. Ofta användes byggnadsmetaforer. Exempel är uttryck som fundamentala lagar och principer, baskunskap och att bygga upp kunskaper. I systemtänkandet byts byggnadsmetaforen ut mot en nätverksmetafor (ibid).

Att tänka kring integration är ett sätt att bearbeta komplexitet på olika nivåer. Andersson (1994) beskriver olika sätt att tänka integrerat. Förmågan att integrera utvecklas under uppväxten genom att barnet t.ex. lär sig kategoriintegration – hur olika ting kan kategoriseras i grupper som kan bilda hierarkier, tidsintegration – att kunna sätta händelser på rätt ställe i en tidsskala – och rumsintegration d.v.s. att ha en geografisk bild av var man själv befinner sig och var händelser äger rum. Att

integrera betyder när det gäller undervisning och lärande att kunna sammanfoga skilda delar till något helt. Det är individen som integrerar. Mer komplexa former av integration är integration genom orsakskedjor, teoriintegration, integration genom orienteringssystem och problemfokuserad integration. Alla dessa kategorier är viktiga för förståelsen av miljöfrågor. Skolan behöver utveckla integrationsaspekten för att eleverna ska kunna få möjlighet att orientera sig i en komplex omvärld (ibid).

Eleverna i skolan bör få hjälp att betrakta omvärlden som en systemväv. En sådan väv kan bestå av en fysisk del (materia och energi) och en psykologisk-social del (kunnande och värderingar samt politisk, ekonomisk och social organisation). Fallstudier och simuleringar som undervisningsmetoder rekommenderas för att låta eleverna pröva på konsekvenstänkande med hjälp av systemvävar (Andersson et al., 1999). Eleverna och lärarna måste skaffa sig dynamiska mönster att tänka med (Jönsson, 1993). Endast så kan de uppleva att komplexa problem går att angripa och endast så kan de leva i en värld av nästan ofattbara förändringskrafter (ibid).

Sammanfattning av miljöfrågornas komplexitet

Miljöfrågorna är komplexa och därmed svåra att överblicka. Holism, systemtänkande och komplexitet är termer som alla är uttryck för detta. Det är tydligt att vi behöver en modell för att kunna överblicka komplexiteten. Sådana modeller kan vara integrationstänkande eller systemvävar. För mig är Wickenberg & Hydéns (Hydén, 2002) bild av system användbar. Det är en bild som visar hur olika system är organiserade i förhållande till varandra. Bilden kan hjälpa en att få överblick och förståelse för vad ens egen kompetens kan bidra med.

Det är svårt att definiera förmåga att resonera om komplexa frågor. Alla de komponenter i miljöundervisningen som jag tagit upp i det här kapitlet är var och en i sig komplex. Utifrån litteraturgenomgången har jag ändå formulerat några kriterier för vad ett komplext resonemang karakteriseras av. Dessa är:

Att

- inse att olika delar bildar helheter som inte behöver motsvara summan av delarna

- ha en helhetsbild av miljöfrågorna som kan likna den Wickenberg och Hydén beskriver
- använda kunskaper från flera ämnesområden då ett miljöproblem beskrivs
- använda ett orsak- konsekvenstänkande
- förklara ett komplext begrepp
- att förstå återkopplingsmekanismer
- identifiera värden
- identifiera intressekonflikter

2.6 Sammanfattning av kapitel 2

Uppdraget i internationella och nationella styrdokument är entydigt: Utbildning är grundläggande för att vi ska kunna utveckla ett långsiktigt hållbart samhälle. Begreppet hållbar utveckling är vidare än miljö. Det är tydligt att ekologiska, ekonomiska, sociala och kulturella aspekter hänger samman. Man kan inte tänka bort någon av dessa aspekter vid någon form av beslutsfattande. Det ställs i styrdokument och i litteraturen stora krav på lärarna. De ska kunna organisera och genomföra undervisning som karaktäriseras av ord som livslångt lärande, kunskaper, flervetenskaplighet, komplexitet, inflytande och delaktighet, handlingskompetens, värderingar och kritisk tänkande.

De studenter som den här studien handlar om utbildar sig till lärare i naturorientering för de tidiga skolåren. De ska i utbildningen skaffa sig allmänkunskaper om lokala och globala miljöfrågor. Den särskilda kompetens de ska bidra med i skolans miljöundervisning är att de har relevanta naturvetenskapliga kunskaper. De ska också kunna sätta in dessa kunskaper i ett större sammanhang. Om miljöundervisning ska få ett brett genomslag i skolorna behöver vi utbilda lärare som har kännedom om och kan tolka styrdokument, har goda kunskaper också i naturvetenskap, förmåga att se sin roll i ett större sammanhang och har vilja och kraft att initiera arbetet. Det skulle vara önskvärt att alla lärare tillägnar sig sådan kompetens, att de kan driva miljöarbetet i skolan, så att arbetet i skolan inte blir så starkt avhängigt av enskilda individers entusiasm.

3. Innehåll och uppläggning av de naturorienterande delarna av grundskolläraryrket Ma/NO 1-7.

3.1 Innehåll och uppläggning av utbildningsprogrammet

Tabell 2 visar vilka kurser som ingår i grundskolläraryrket Ma/NO 1-7, vilken ordning de kommer i och hur många poäng de omfattar.

Tabell 2. Översikt över utbildningen. Fetstil anger att det är en naturorienterande kurs.

Termin	Programinnehåll
1	PPU ¹⁰ 5 p, NO1 10 p , BIM 5 p ¹¹
2	Svenska 10 p, Ma 10 p
3	Tillval 5 p, PPU 15 p
4	Tillval 10 p, NO2, 2 kurser på vardera 5 p kemi och humanbiologi
5	NO2, 2 kurser på vardera 5 p teknik och fysik , Ma 10 p
6	PPU 20 p
7	Valbar kurs 10 p, Examensarbete 10 p

De följande beskrivningarna av de naturorienterande kurserna bygger på intervjuer med undervisande lärare, kursplaner och andra skriftliga kursbeskrivningar och i beskrivningen av PBL dessutom på illustrationerna samt mina egna observationer i en basgrupp. Den första kursen – NO1 beskrivs mest ingående dels för att det är i denna kurs studenterna huvudsakligen studerar miljöfrågor, dels för att metoden i sig är speciell. Beskrivningarna är inte fullständiga, och jag har fokuserat på de delar av kurserna som är mest intressanta för min undersökning. För att framställningen ska bli begriplig börjar jag med en beskrivning av PBL som metod.

¹⁰ PPU = Praktisk Pedagogisk Utbildning

¹¹ BIM = Bild, Idrott och Musik

3.2 PBL – Problembaserat lärande

PBL startade som ett alternativ i medicinska utbildningar i USA, Kanada och Nederländerna. Genom att arbeta med autentiska fall förbereds studenterna för sitt kommande yrke inom sjukvården. Det är lätt att föreställa sig hur sådana fall kan konstrueras. Det är också i vårdutbildningar som PBL har fått störst genomslag också i Sverige (Egidius, 1991).

Arbetet går till så att studenterna delas in i basgrupper som bearbetar fall tillsammans med en handledare. Studenterna arbetar med en problemlösningssmodell i sju eller åtta steg. Basgruppen träffas och får ett fall presenterat för sig. Gruppen analyserar tillsammans fallet, formulerar frågor och/eller inlärningsmål utifrån analysen varefter studenterna skiljs åt och ägnar sig åt enskilda studier. Det finns ingen fast litteraturlista utan studenterna väljer litteratur eller andra källor utifrån sina frågor. Efter några dagar träffas gruppen igen för att diskutera sina kunskaper. Finessen är att i motsats till vanligt grupp- arbete har studenterna arbetat med samma frågor och är inlästa på samma sak. Det ska främja den kritiska och kreativa diskussionen i gruppen. Ansvar för lärandet skjuts över från läraren till studenten. Ibland erbjuds studenterna att delta i föreläsningar, laborationer och andra aktiviteter som kan vara till stöd i inläringen. Varje basgruppsmöte avslutas med en utvärdering där varje student får yttra sig om t.ex. sin egen arbetsinsats, gruppens arbete eller handledaren.

Handledaren, som är en lärare, ska se till att studenterna förvärvar kunskaper av egen kraft och inte förse dem med kunskap. Studenterna ska få hjälp att precisera och begränsa inlärningsmålen anslutning i till de uppgifter som de arbetar med. Handledaren ska lyssna till studenternas resonemang, ställa frågor som leder arbetet med fallet framåt, uppmärksamt följa arbetet i basgruppen och göra korta och fåtaliga inlägg (Egidius, 1991). Handledaren arbetar med att ställa frågor så att studenterna uppmuntras och utmanas. (Silén, Normann, & Sandén, 1989). Det är en viktig uppgift att utmana de studerandes kunskaper på djupet. För att göra detta behöver handledaren hela tiden ställa frågor av typen: *Varför?*, *Vad menar du med det?*, *Vad betyder det?* (Hård af Segerstad, Helgesson, Ringborg, & Svedin, 1997).

Fall – problem

Problem får inte tolkas bokstavligt i negativ bemärkelse (Pettersen, 1997). I PBL är problemets funktion att väcka frågor. Det ska vara en utgångspunkt som kräver närmare utredning, belysning och förståelse. Lika viktigt som att finna lösningar är arbetet med att avgränsa, analysera, förklara, bearbeta och förstå problemet (ibid). Problemlösning är enligt Öquist (Skolverket, 1993c) förmåga att:

- avgöra vilket faktaunderlag och vilka angreppssätt och metoder som krävs för att lösa problemet
- veta när ytterligare information behövs och hur man skaffar fram den
- hantera osäkra situationer där det inte finns en given väg till målet
- utföra mer komplexa uppgifter som ställer krav på planering, arbetsorganisation och helhetstänkande
- gå utanför invanda rutiner för att möta okända situationer och fänga tillfällena i flykten

3.3 NO1 – studenternas första naturorienterande kurs

Studenterna som antogs 1999 läser en första naturorienterande kurs på 10 poäng under termin ett. Den är organiserad som PBL. Studenterna har i allmänhet ingen erfarenhet av arbetssättet när de börjar på grundskolläraprogrammet. De får en kursplan över kursen och en muntlig introduktion till PBL. Ett seminarium under terminen behandlar metoden. I kursen är ett viktigt mål att studenterna ska öka sin förståelse av naturvetenskapliga begrepp. Föreställningarna om hur begrepps-inläring går till ligger väl i linje med en konstruktivistiska lärandeteori. Det betyder att studenten ska utsättas för situationer där föreställningar utmanas och eventuella vardagsföreställningar kring begrepp som t.ex. fotosyntes ska visa sig vara icke funktionella och ackommodation därför kan ske. PBL används i en ämneskurs som inte är direkt kopplad till den framtida yrkesverksamheten. Det betyder att fallen inte är autentiska fast innehållet naturligtvis är relevant i förhållande till det framtida yrket. Ibland har det diskuterats om man kan öka autenticiteten genom att formulera fall i ämneskurser som utgår från undervisningssituationer. Det har erfarenhetsmässigt visat sig vara svårt att få studenterna att fördjupa sig tillräckligt i ämnet när det finns en stark koppling till en klassrumssituation som involverar yngre elever (Niklasson, 1994).

Fallen kallas i den här utbildningen för illustrationer. Ordet illustration kan vara vilseledande eftersom det associerar till bilder. Men en illustration kan t.ex. vara en beskriven situation, en dialog, ett autentiskt miljöproblem, en tidningsartikel eller just en bild. I kursen finns fem illustrationer som behandlar ekologi och miljökunskap. Utöver dessa finns det tre stycken som handlar om astronomi och meteorologi. Illustrationerna är olika i sin utformning och är tänkta att väcka frågor av problemlösande karaktär. En av illustrationerna i ekologi går ut på att studenterna ska arrangera ett slutet ekosystem i en burk. Studenterna ska lära sig grundläggande ekologi. I miljökunskap består den första illustrationen, som handlar om växthuseffekten, av en bild där en storvuxen västerländsk man i en stor amerikansk bil säger till en tunn man som har en yxa i handen och som väcker associationer till ett Sydamerikanskt regnskogsland: *Yo Amigo Don't take that tree away. We need it to protect us from the greenhouse effect.* Den andra miljöillustrationen är en dialog mellan två pojkar som bor i Skåne och i Småland och man får följa några utdrag av deras telefonsamtal om hur de fiskar i sina respektive sjöar. Begrepp som ska behandlas är övergödning och försurning. Den tredje illustrationen är en kasse från en livsmedelsaffär med olika typer av hushållspapper och morötter och tillhörande kassakvitto. Tänkta frågor handlar om miljömärkning och en produkts miljöpåverkan från råvara till sopa.

Av illustrationerna kan den första betraktas som en problemlösande uppgift. Det gäller att arrangera ett ekosystem som kan överleva i en sluten burk. Det innebär att studenterna ska bestämma vad de ska lägga i burken, i vilka proportioner och varför. De ställer sedan hypoteser om vad som kommer att hända. Om studenterna skaffar sig god förståelse för begrepp som fotosyntes, celandning, nedbrytning och kretslopp och om aeroba och anaeroba processer kan de sätta upp vettiga hypoteser och bedöma och diskutera händelseutvecklingen i burken. Illustrationen om växthuseffekten kan leda till att studenterna problematiserar kring vad som händer med klimatet i världen, olika teorier för vad som orsakar det, hur man kan tolka olika källor, vilka politiska konsekvenser olika åtgärder innebär, frågor kring nord-syd problematiken, fördelningsfrågor, internationella överenskommelser o.s.v. På samma sätt kan man i illustrationen om sjöarna problematisera kring hur naturresurser kan användas och vilka intressen det finns bland olika grupper av människor för hur ett vattendrag kan utnyttjas och vilka konsek-

venser det få. Det finns möjlighet att diskutera motiv och hur man argumenterar. Det handlar om jordbrukets intressen, kommunens intresse av att ha vattentäkter och avloppsrecipienter och friluftslivets intresse i bad och fiske. Den sista miljöillustrationen om kassen med varor skulle kunna problematiseras utifrån vilken miljöpåverkan en produkt har i ett från vaggan till graven perspektiv. Livsstilsval och personliga intressekonflikter kan diskuteras och ett kritiskt förhållningssätt till informationskanaler kan tränas.

Studenterna erbjuds ett antal resurstillfällen under kursen. Före kursstart arrangeras ett tredagars läger för naturstudier. Redan här utmanas studenternas föreställningar om fotosyntes, nedbrytning och kretslopp. Under själva kursen består resurstillfällena av föreläsningar och studiebesök. Vid ett av resurstillfällena ingår laborativa moment och illustrationen om burken kräver en experimentell insats. I övrigt förekommer ingen laborativ verksamhet såvida studenterna inte finner att deras frågor skulle kunna besvaras med hjälp av experiment vilket i realiteten inte sker.

Arbetet med miljöillustrationerna har förutsättning att uppfylla de kriterier Tilbury (1995) anger för god miljöundervisning nämligen; att den ska vara relevant, holistisk, värdebaserad, tematisk, handlingsinriktad och inkludera kritisk granskning. Studenterna får i PBL-arbetet möjlighet att utveckla de dynamiska kvaliteter som beskrivs av Axelson (1997) och Posch (1996); samarbete, ansvarstagande, intresse, initiativ och självständighet. De får rika tillfällen att kommunicera sin kunskap, argumentera för sina ställningstaganden, möjlighet till ett kritiskt förhållningssätt genom att de själva väljer litteratur och andra källor och kan ifrågasätta varandra om dessa val. Studenterna ska också kritiskt granska varandras kunskaper. Andersson et al. (1999) beskriver angående utvärderingen *Tillståndet i världen* att det bland eleverna i skolan kollektivt finns ett brett spann av alternativ men att varje enskild individ anger ganska få alternativ i frågor om hur man kan spara energi och vilka konsekvenser olika åtgärder får. Om detta också gäller studenter vid högskolan, vilket kan vara rimligt att anta att det gör åtminstone den första terminen, blir basgruppträffarna tillfällen då man kan vidga sin egen syn.

3.4 Termin fyra och fem. NO2.

NO2 består av fyra kurser på 5 poäng – humanbiologi, kemi, fysik och teknik. Av dessa är inte teknikkursen att betrakta som en rent naturorienterande kurs utan är starkt samhällsinriktad. I alla fyra kurserna är studenterna på verksamhetsförlagd utbildning en dag i veckan.

Kemi och fysik

Kemi- och fysikkurserna är en fördjupning och repetition av gymnasiets kurser. Innehållsmässigt är kurserna ganska lika gymnasiekurserna men mycket annorlunda genomförda. T.ex. så tonas matematiska beräkningar ner och betydelsen av att resonera kvalitativt om naturvetenskap understryks. Kursböckerna *Conceptual physics* (Hewitt, 1998) och *The extraordinary chemistry of ordinary things* (Snyder, 1998) är valda utifrån denna syn på ämnena. Kurserna organiseras som interaktiva föreläsningar, laborationer och gruppövningar med efterarbetning av laborationer och diskussion av problem hämtade från respektive kursbok. I båda kurserna arbetar man med ett innehåll som är relevant för det studenterna ska undervisa om i skolan. Experimenten är ofta valda så att de kan användas i skolan med förklaringar som kan göras på olika nivåer. Vissa experiment väljs dock helt utifrån målet att studenterna ska utveckla egen förståelse. Parallellt har studenterna gruppövningar där kemiska respektive fysikaliska problem diskuteras. Dessa följs inte upp såvida inte studenterna kör fast och ber att få diskutera problemen med lärarna.

I båda kurserna finns ett mindre ämnesdidaktiskt avsnitt som är helt separerat från det övriga kursinnehållet. Innehållet i ämnesdidaktiken är en blandning av metodik och didaktik. I kemikursen behandlas laborationer – vad man kan göra med barn och varför, läromedel och vad man ska arbeta med i kemiundervisningen i de lägre åren och varför. Kemiundervisning på partnerskolorna diskuteras. Studenterna förbereder egna laborationer. De läser den nationella utvärderingen om materia (Skolverket, 1993b) och kursplaner (Skolverket, 2000b). I fysikkursen presenteras vad fysikdidaktik är och att det finns forskning kring elevers tänkande i fysik. Det förs resonemang kring experiment och laborationer. Studenterna läser valda delar av *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap* (Andersson, 2001) och redovisar detta i ett

seminarium. De genomför ett fördjupningsarbete där de planerar ett undervisningsområde.

Miljöfrågor behandlas i begränsad omfattning i kemikursen. Man hinner inte med dem i den utsträckning som beskrivs i kursplanen. De kommer upp i samband med kemikaliehantering och säkerhetsfrågor och litet grand i syra-bas avsnittet. Materiabegreppet behandlas. I fysikkursen finns ett avsnitt om miljöfysik som upptar en tredjedel av kurs tiden. Det är ett helt nytt område för studenterna och handlar om miljöfrågor ur ett energimässigt perspektiv. Det handlar om energi och klimat. Olika miljötekniker som solceller, solfångare och värmepumpar tas upp. Begreppsmässigt behandlas modeller för vad växthuseffekten är ingående eftersom det är något studenter vanligtvis tycker är svårt. Andra begrepp som tas upp är energi och exergi. Ozonlagret och uttunnningen av detta diskuteras. Miljöfrågorna behandlas ur ett fysikaliskt perspektiv. Samhällsaspekter tas inte upp i denna kurs. Kursbok är *Miljöfysik* (Areskoug, 1999). Kurserna avslutas med en individuell och skriftlig tentamen. Ämnesdidaktiken examineras inte här.

Humanbiologi.

I humanbiologikursen behandlas inte miljöfrågor. Begreppet respiration bearbetas. Ämnesdidaktiken integreras i kursen genom att man tar upp hur och varför olika moment och begrepp kommer in i skolan, svårigheter som elever kan ha i olika avsnitt och att man använder metoder som t.ex. rollspel och begreppskartor. Laborationer väljs ofta så att diskussionen kring dem ligger på högskolenivå men att laborationerna i sig kan användas i praktiken i skolan. Övning i problematisering och kommunikation är viktiga. Stor vikt läggs vid att studenterna får ta fram sina förkunskaper. Studenterna får frågor och problem som de uppmuntras att bearbeta i grupper. Kursen avslutas med en skriftlig och individuell tentamen som genomförs samma dag som kemitentamen.

Teknik

Ett viktigt mål i kursen är att förändra bilden av skolämnet teknik som ett rent verkstadsämne till ett ämne med stark samhällsanknytning. Det handlar om människans grundläggande behov av mat, vatten och energi och hur de tekniska system är uppbyggda som behövs för att tillgodose dessa behov. Miljöfrågorna kommer naturligt in i arbetet med dessa frågor. Tekniska system är en viktig utgångspunkt och definieras på

samma sätt som i kursplaner 2000 (Skolverket, 2000b). Man sätter t.ex. in energi i ett samhällssystem där man studerar energisystem och distribution från utvinning till konsumtion. På liknande sätt gör man med jordbruk och vatten. Några delar i kursen är: Vatten, lantbruk, energi och projektarbete med rubriken *Hur jag kan använda en närbelägen teknisk arbetsplats i min undervisning?*. Kursen utgår i flera avsnitt från studiebesök, för att studenterna ska se hur saker fungerar i verkligheten, som följs upp med litteraturstudier och modellexperiment. I lantbruksavsnittet tillbringar studenterna en hel dag på ett jordbruk. Besöket förbereds genom en föreläsning av LRF:s skolkontakt. Studenterna får tillfälle att delta i arbetet på en gård, använda olika redskap och maskiner och diskutera olika aspekter på jordbruk. Studenterna ställer frågor under studiebesöket och redovisar gruppvis skriftligt och muntligt. Frågor om hur man kan arbeta med jordbruk i undervisningen diskuteras därvid. I energiavsnittet fokuseras på energisystem. Ett studiebesök på ett fjärrvärmeverk ingår. Studenterna gör experiment kring energiöverföring och en modell av ett fjärrvärmeverk demonstreras. Vattenavsnittet inleds med lektioner, som behandlar vattnets roll på jorden och i samhället, varefter studenterna gör ett studiebesök på ett vattenverk och/eller reningsverk. Studenterna redovisar litteratur, kompendiet: *Vatten ut och in* (Sandström, 1996), och studiebesök genom att göra en teater, power-point presentation eller någon annan valfri redovisning. I projektarbetet utgår studenterna från ett studiebesök på en teknisk arbetsplats. De gör sedan en planering för 12-15 lektioner för hur de tänker sig att man kan arbeta med elever i skolan före och efter studiebesöket. Projektet redovisas genom en utställning om arbetsplatsen och en skriftlig redovisning. I instruktionerna till studenterna står det tydligt uttryckt att miljö- och arbetsmiljöaspekter ska tas upp.

Ämnesdidaktiken är integrerad i kursen. Teknikämnets mål, syften och roll i skolan diskuteras utifrån erfarenheter från fältdagar, kursplaner och boken *Tekniken i skolan* (Ginner & Mattsson, 1996). I kursen arbetar man med ett konkret innehåll och konkreta uppgifter för skolan och diskuterar mål, syfte och metod med övningarna. Många uppgifter är problemlösande och uppmuntrar kreativitet och lekfullhet. Studenterna redovisar sina arbeten på flera olika sätt – de gör hemsidor, utställningar, power-point presentationer, rollspel, rapporter mm.

Det ska tillfogas att alla fyra kurserna är laborativa och att lärarna under laborationstillfällena handleder studenterna, utmanar deras föreställningar och diskuterar olika lösningar med dem.

3.5 Sammanfattning av miljöinnehållet i utbildningen

Miljöfrågorna tas huvudsakligen upp i NO1. Här läggs också den grund i ekologi som behövs för förståelsen av miljöfrågorna. Begrepp som fotosyntes, respiration, nedbrytning, förbränning, materia, energi och kretslopp behandlas och tillämpas. Några globala och lokala miljöfrågor ingår – växthuseffekten, uttunnningen av ozonlagret, övergödning, försurning och avfallshantering. Värderingar och attityder bearbetas. Det är framför allt naturvetenskapliga aspekter som behandlas. Flera av begreppen återkommer i NO2. I miljöfysiken fördjupas begrepp kring klimatfrågorna och energi. I kemin behandlas materia-begreppet och kemiska reaktioner som omorganisation av materia. I humanbiologikursen bearbetas begreppet respiration. I tekniken fördjupas energibegreppet ytterligare och miljöfrågorna kommer upp i flera avsnitt och samhällsaspekterna behandlas. Både i teknikkursen och miljöfysikavsnittet utgår man från system och studenterna får en träning i att resonera om komplexa samband.

I utbildningen behandlas miljödidaktik mycket litet. Studenterna är under sin utbildning knutna till ett s.k. partnerområde. Partnerområdet består i princip av ett eller några rektorsområden. Studenterna gör regelbundet fältdagar på partnerområdet genom hela utbildningen. De gör också längre sammanhängande praktikperioder. Det är meningen att studenterna ska träna att själva undervisa, se olika slags undervisning och kunna diskutera olika aspekter på undervisning med i skolan verksamma lärare. Ett viktigt syfte med partnersystemet är att studenterna ska kunna tränga in i en skolkultur på djupet, lära sig om olika funktioner i skolan och lära sig hur alla de uppgifter en lärare har fungerar. Flera av de skolor som de intervjuade studenterna är knutna till har s.k. grön flagg (Håll Sverige Rent, 2002).

Arzi (1988) skriver att studenterna bör möta viktiga begrepp i olika situationer i utbildningen. I senare kurser kan man då knyta an till de kurser studenterna har läst och bygga vidare på de kunskaper de har

tillägnat sig. I tidigare kurser bör man blicka framåt för att hjälpa studenterna att konstruera en kunskapsbas för studierna som kommer längre fram (ibid). I den bemärkelsen är MaNO 1-7 utbildningen väl konstruerad.

4. Perspektiv på lärande och studier

4.1 Olika lärandeperspektiv

När jag började arbeta som lärarutbildare i slutet på 80-talet diskuterades två olika teorier för lärande – empirism och konstruktivism. Den konstruktivistiska synen fick starkt genomslag i Lpo/f 94. I *Skola för bildning* står det att kunskap är konstruktivistisk, kontextuell och funktionell (SOU, 1992). Idag diskuteras den konstruktivistiska eller individuella lärandeteorin oftare i förhållande till de sociokulturella lärandeteorier. Det individuella lärandeperspektivet fokuserar på individens kognitiva förmåga och det sociokulturella fokuserar på lärandet som kommunikation mellan människor. Jag kommer här att först beskriva de två perspektiven, så som jag tolkar dem, för att sedan förklara varför jag antar en socialkonstruktivistisk utgångspunkt.

4.2 Individuellt perspektiv

Mycket av den ämnesdidaktiska forskningen inom naturvetenskap har i Sverige liksom internationellt sedan 70-talet handlat om hur elever lär eller inte lär naturvetenskapliga begrepp (Wandersee, Mintzes & Novak, 1993; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994). I EKNA-forskningen har man kartlagt elevers tänkande kring begrepp som värme, temperatur, optik, elektriska kretsar och kemiska reaktioner (Elevperspektiv 1979-1984). Resultatet är nedslående på så sätt att många elever har en bristande förståelse och fragmentariska kunskaper i naturvetenskap. De tycks trots undervisning behålla sina vardagsföreställningar om naturvetenskapliga fenomen.

I forskningen har man kunnat identifiera ett antal vanliga begrepps-uppfattningar hos elever i skolan. Exempel på sådana är källa-förbrukar modellen när det gäller elektriska kretsar, att växter får all materia till sin biomassa från jorden och kategorier för hur man tänker om materiemvandling. Många elever har svårt att lära sig naturvetenskapliga begrepp som avser sådant som inte direkt kan iakttas. Det kan gälla

gasformiga ämnen, elektrisk ström eller materiens byggstenar (Wandersee et al., 1993; Driver et al., 1994; Helldén, 1994; Andersson, 2001;). Den nationella utvärderingen som genomfördes i grundskolan 1992 bekräftar i mångt och mycket resultaten från EKNA. Eleverna når inte upp till målen i läroplanerna (Skolverket, 1993a, 1993b; Jansson, 1994; Jansson, Andersson, & Emanuelsson, 1994). I senare utvärderingar som UG95 (Skolverket, 1996c) och US98 (Andersson et al., 1999) fokuseras mindre på vad eleverna inte kan och mer på en diskussion om hur resultaten kan leda till utveckling av undervisning (Andersson, 2001).

Vardagsföreställningar

I den engelskspråkiga litteraturen finns flera uttryck för sådana begreppsuppfattningar som inte stämmer med de naturvetenskapliga förklaringarna. Några exempel är *misconceptions* och *alternative frameworks* (Wandersee et al., 1993). Uttrycken speglar två olika sätt att betrakta elevers sätt att tänka. Om man använder *misconceptions* jämför man elevernas föreställningar med de naturvetenskapligt riktiga förklaringarna. Det är en nomotetiskt attityd där elevernas vardagsförklaringar nödvändigtvis blir felaktiga (Solomon, 1992). Om eleverna ser världen på ett annat sätt än man gör i naturvetenskapen så beror det på fel och missförstånd. De kan ha observerat fel, använt logiken fel eller missförstått läraren eller läroboken. Konsekvensen blir att man måste hjälpa eleverna att göra logiken tydligare eller förklara de rätta sambanden på ett mer lättförståeligt sätt (Sjøberg, 2000). Driver & Easley (1978) menar att frågor som blir intressanta i en nomotetiskt tradition är vid vilken ålder en idé kan undervisas effektivt, i vilken ordning olika moment ska presenteras, på vilket sätt begreppsinläring relaterar till Piagets stadier och vilka de vanligaste *misconceptions* är. Med en ideografisk syn intresserar man sig istället för barns föreställningar som de är och som ett uttryck för en annan kultur (Solomon, 1992). Då är begreppet *alternative framework* en bättre beskrivning och innebär en acceptans av att man kan tänka och uttrycka sig utifrån olika sätt om ett fenomen. Ett sätt kan ersättas av ett annat men det ligger ingen värdering i vilket sätt som är bäst (ibid). Men menar Sjøberg (2000) om vi drar ut konsekvenserna av detta tillräckligt långt når vi en relativistisk syn på kunskap som kan innebära att en teori är så god som en annan så länge den fungerar, och då blir naturvetenskaplig undervisning meningslös. Naturligtvis är vissa uppfattningar felaktiga. Om en

elev uttrycker att all materia till biomassa kommer från marken så är det fel. Det som är intressant är inte avslöjandet av föreställningar som rätt eller fel. Det är istället viktigt att beskriva barns uttryck för att förstå verkligheten och som alltså avviker från naturvetenskapens begrepps- och teoribildning (ibid). Ideografiska studier försöker kasta ljus över hur *alternative frameworks* uppstår utifrån de lärandes personliga erfarenheter av naturliga händelser och deras försök att göra dessa händelser begripliga för sig själva också innan de undervisats (Driver & Easley, 1978).

Ett annat uttryck är *children's science*. Denna skiljer sig från naturvetenskapen på flera sätt och det är inte säkert att föreställningarna försvinner när barnen blir äldre utan kan tvärtom skilja sig ännu mer från den vetenskapliga synen (Osborne, Bell, & Gilbert, 1983). I Norden används begreppet vardagsföreställningar för att beskriva motsvarande föreställningar (Sjöberg, 2000). Jag kommer i fortsättningen att använda denna nordiska term. Gemensamt för vardagsföreställningar är att de omfattas av barn, ungdomar och vuxna tvärs över kön, prestationsförmåga och kulturell bakgrund. Frekvensen kan variera mycket beroende på utbildning, ålder, vilken typ av undervisning man varit med om och på erfarenheter utanför skolan. En del av föreställningarna kvarstår efter undervisning (Wandersee et al., 1993).

Idéer kring lärande

Forskningen kring vardagsföreställningar och begreppsförståelse bygger på att lärandet är en individuell process. Eleverna kommer till skolan med en förförståelse som de tillägnat sig i olika sammanhang. De tankestrukturer och den uppfattning eleverna har om begreppen fungerar ofta alldeles utmärkt i vardagen. Genom assimilation av kunskap kan ackommodation ske d.v.s. att tankestrukturerna förändras. För att detta ska ske fordras att eleverna utsätts för situationer och problem där deras gamla föreställningar inte fungerar och alltså utmanas. På så sätt uppstår en obalans och eftersom människan i sitt tänkande strävar efter jämvikt kan lärande äga rum (Andersson, 1989; von Glasersfeld, 1995).

Denna teori för lärande är konstruktivistisk och kan föras tillbaka till Piaget. Utifrån intervjuer med barn i olika åldrar formulerade han sin välkända stadieteori. Piaget gav egentligen inga anvisningar för under-

visning. Hans arbete kan tolkas som både nomotetiskt och ideografiskt. Eftersom mycket av Piagets arbete gick ut på att ta fram kriterier för att kunna bedöma stadier av intellektuell utveckling är det nomotetiskt. Men samtidigt togs kriterierna fram via relativt ostrukturerade, kliniska intervjuer och faller på sätt in i den ideografiska traditionen. Dessa två aspekter är starkt sammanvävda i Piagets arbete och omöjliga att separera (Driver & Easley, 1978).

Ausubel förde fram teorin om meningsfullt lärande. Han underströk betydelsen av att utgå från det eleverna redan vet och kan. Meningsfullt lärande sker när informationen kopplas till begrepp i individens tankestrukturer.

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle; I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly (Ausubel, 1968).

Driver (1989) beskriver ett antal punkter som har betydelse för att undervisningen ska bli framgångsrik. Hon skriver att det är viktigt att identifiera de tankestrukturer eleverna har med sig och att utveckla och rekonstruera dessa strukturer genom att eleverna får möta olika fenomen, genom förklarande samtal och genom lärarinteraktion. Eleverna måste själva få konstruera lämpliga strukturer, och de måste få ta ansvar för sitt eget lärande. Dessutom måste eleverna få hjälp att förstå naturvetenskapens natur och status och att kunskaperna förändras över tid.

Det är svårt att spåra var vardagsföreställningarna kommer från, men det faktum att de är så spridda i olika populationer och kulturer tyder på att de grundläggs genom direkt observation av naturen, användande av vardagsspråk, inflytandet av massmedia och erfarenheter av undervisning (Wandersee et al., 1993). Också lärare har i varierande grad vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelse (ibid).

Conceptual change

Mycket av forskningen har syftat till att kartlägga elevers begrepp, och undervisningsimplikationerna har varit att vardagsföreställningarna ska ersättas med vetenskapliga förklaringar – *conceptual change* (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). För att *conceptual change* ska ske

och det nya begreppet ackommoderas krävs att det gamla begreppet inte fungerar för att förklara olösta problem d.v.s. individen upplever ett antal anomalier. Men detta räcker inte för att *conceptual change* ska ske. Det nya begreppet måste vara begripligt och trovärdigt på så sätt att individen ser att det löser något av de problem som finns p.g.a. anomalierna och dessutom fruktbart i den bemärkelsen att det har potential att öppna för nya frågor och undersökningar. För att hjälpa de studerande i deras begreppsutveckling bör läraren organisera undervisning där de studerande utsätts för situationer där de upplever *cognitive conflicts* (Hewson, 1981).

När en grupp elever möter nya begrepp hanterar de dessa på olika sätt. De kan helt avvisa dem, lära sig dem utantill, ersätta det gamla begreppet med det nya eller finna att det nya är i överensstämmelse med de gamla och kan fogas in i de begrepp som finns (Hewson, 1981). Caravita & Halldén (1994) menar att *conceptual change* åstadkommes först efter lång tid av djupt tänkande. Det krävs höga teoretiska nivåer för att förstå det motsägelsefulla i en *conceptual conflict*. Det är inte heller säkert att kognitiva skäl är viktigast för förändring utan lika starka skäl är av social art d.v.s. hur kamraterna uttrycker sig (Osborne et al., 1983). Posner et al. (1982) inför begreppet *conceptual ecology* för att beskriva en mer komplex bild av *conceptual change*. Strike & Posner (1992) beskriver i ett senare arbete den ursprungliga teorin som alltför rationell och menar att den lärandes motivation och värderingar har betydelse för om *conceptual change* ska ske. De understryker betydelsen av förkunskaper, metaforer och metafysiska och epistemologiska föreställningar hos den som lär (ibid). Demastes, Good, & Peebles (1995, 1996) visar i studier, om hur elever utvecklar begrepps-förståelse inom evolutionen, att när elevernas livsvärld kolliderar med de naturvetenskapliga teorierna kan eleverna inte acceptera dessa och tillämpa dem även om de kan förstå och lära sig dem.

Socialkonstruktivism

Solomon (1983, 1984) skriver att vardagsföreställningar stärks av våra vardagliga samtal och därför inte försvinner även om de står i motsatsställning till de naturvetenskapliga förklaringarna. Hon är kritisk till begreppet *conceptual change* eftersom hon inte tror att lärande betyder att man byter en uppfattning mot en annan utan att man lär sig ett nytt sätt att förklara fenomen. Från intervjuer med elever drar hon slutsatsen

att de två olika slagen av kunskap lagras på olika sätt i minnet. För att plocka fram det naturvetenskapliga kunnandet behöver eleven ledtrådar. Mindre framgångsrika elever behöver tydligare ledtrådar än framgångsrika (ibid). I vardagsspråket övertar vi ord och uttryck från vetenskapen. Uttryck som *kemin stämmer*, *kritisk massa* och *allting är relativt* är sådana exempel. Betydelsen har förändrats och är inte längre korrekt i naturvetenskaplig mening. Teknologi och naturvetenskap lånar likaså ord från vardagen. Sedan modifierar forskarna och anpassar och preciserar orden så att de blir redskap för tanken. Exempel på sådana ord är värme och kraft (Sjøberg, 2000). Naturvetenskapliga begrepp är exakta och precisa (Solomon, 1992). De är abstrakta och därför svåra att lära sig. Att elevernas vardagsföreställningar är så stabila beror på att de ständigt förstärks genom samtal med andra människor och genom massmedia. Vardagsorden kännetecknas av att de kan användas i många olika sammanhang och inte fungerar om de blir för precisa. Ett exempel är att man i vardagsspråket både kan säga, att man får energi då man tränar, och att man förbrukar energi när man tränar. Begreppen är beroende av den konkreta situation de används i. Vardagstänkande och vetenskapligt tänkande skiljer sig således starkt åt. Det är inte meningsfullt med en undervisning som syftar till att elever ska byta ut sitt vardagstänkande mot vetenskapligt tänkande, utan de måste utveckla det naturvetenskapliga språket parallellt. De måste lära sig när ett visst språk är användbart (ibid).

De studerande ska utöka sin repertoar av förklaringsmodeller, menar Marton (1998). Caravita & Halldén (1994) beskriver lärande som en process som sker i ett system där begreppsuppfattning bara är en komponent. Elever gör en personlig tolkning av de uppgifter som föreläggs dem. Kontexten blir ett personligt menings-sammanhang. Det är viktigt att kunna organisera och differentiera mellan olika kontext, vilket ökar förmågan att uppfatta och tolka verkligheten (ibid). Läraren har en viktig roll när det gäller att introducera nya begrepp och hjälpa eleverna i att förstå skillnader mellan naturvetenskapligt språk och vardagsspråk (Leach & Scott, 1999).

Betydelsen av det sociala sammanhanget för lärande har lyfts fram under 90-talet. I arbetet inför läroplanerna 1994, *Skola för bildning* (SOU, 1992:94), beskrivs de frågor som vad eleverna är mogna för vid olika åldrar och om de kan lära sig saker vid vilken ålder som helst,

som mindre fruktbara. Det är inte meningsfullt att göra åtskillnad på utveckling och lärande. Istället har senare års forskning visat att människans kognitiva utveckling i hög grad är socialt och kulturellt bestämd. Vygotsky lyfts fram i *Skola för bildning*. Hans lärandeteori kan benämnas socialkonstruktivistisk. Vygotsky (1986) beskriver lärande som en individuell process där den sociala interaktionen har en fundamental betydelse för hur kunskap konstrueras hos individen. Hans begrepp utvecklingszoner är ett sätt att uttrycka samspelet mellan individen, individens möjligheter och beroendet av social interaktion för utveckling (ibid). Andersson (2001) skriver utifrån Vygotsky att naturvetenskapens huvudsakliga kunskapsobjekt består av socialt konstruerade begrepp och teorier t.ex. atom, gen m.fl. För att förstå och upptäcka dessa begrepp måste eleverna vara med människor som berättar, förklarar, diskuterar, löser problem m.m. och i de sammanhangen använder begreppen. Här har läraren stor betydelse. Social och individuell konstruktion av kunskaper är således komplementära processer som båda är nödvändiga för lärande i naturvetenskap (ibid).

Begrepp

Jag har använt ordet begrepp flera gånger och jag kommer framöver att skriva om begrepp, begreppsförståelse, begreppsuppfattning och föreställningar om begrepp. Dessa ord behöver definieras. I engelskan finns en distinktion mellan ett begrepp och hur en person uppfattar begreppet. Ordet *concept* står för själva begreppet och *conception* för en persons begreppsuppfattning. Vi har inte motsvarande ord i svenskan. Enligt Nationalencyklopedin (2002) betyder begrepp den innebörd vi lägger i en term i motsats till den språkliga betydelsen av termen. Det betyder att det finns en naturvetenskaplig innebörd i termer som energi, materia och fotosyntes. Begreppen har naturvetenskapliga förklaringar om vilka man är enig om inom respektive ämnesdisciplin. Det motsvarar det engelska ordet *concept*. Begreppsförståelse är den innebörd den som lär lägger i termen. Den kan bero på vilken situation den lärande befinner sig i och på hur han/hon tolkar och förstår den naturvetenskapliga förklaringen. Det motsvarar det engelska ordet *conception*.

Naturvetenskapliga begrepp kan delas in beskrivande och teoretiska begrepp (Lawson, Alkboury, Benford, Clark, & Falconer, 2000). Näringskedja är ett exempel på ett beskrivande begrepp eftersom det kan beskrivas utifrån iakttagelser, medan atom och fotosyntes är exem-

pel på teoretiska begrepp eftersom de har konstruerats för att beskriva händelser eller fenomen som vi inte kan se eller uppleva på annat sätt. En annan indelning är operationella begrepp som motsvarar grundstorheterna i SI-systemet och formella begrepp som motsvarar de härledda storheterna. Exempel på operationella begrepp är tid och längd och på formella är effekt och hastighet.

4.3 Kritik mot det individuella perspektivet

Kritik har riktats mot begreppsforskningen. Alltför stort fokus anses ha legat på betydelsen av att kunna förklara och använda begrepp. Nationella utvärderingen kritiseras för att testa det eleverna inte kan istället för att testa det de faktiskt kan. Testerna har genomförts så att eleverna har fått ett antal frågor utan att få möjlighet att sätta dem i ett sammanhang (Säljö, 1995). Schoultz (1999) visar att om man i intervjuer låter elever besvara några av frågorna från nationella utvärderingen och låter dem få tillgång till artefakter som en engångsspruta, som ingår i en av uppgifterna, så klarar eleverna frågorna mycket bättre.

Säljö (1995) menar i sin kritik av nationella utvärderingen (Skolverket, 1993a, 1993b) att i analysen av elevsvaren tolkas det som eleverna skriver som tecken på begreppsförståelse istället för hur de förstår den konkreta frågan. Han hävdar att begreppsbyggnad aldrig kan studeras direkt och ifrågasätter om eleverna har någon förförståelse som kan beskrivas. Säljö (1998) skriver att begrepp inte är något som man har med sig och som kan tillämpas i olika situationer utan begrepp är en etikett på språkliga konstruktioner som ingår i sätt att tala, skriva och tänka om naturen. Elever får utan sammanhang lära sig begrepp hämtade från de akademiska disciplinerna med följd att eleverna får fragmentariska kunskaper. Inlärningssvårigheter förklaras som psykologiska istället för kommunikativa. Han skriver vidare att teorier om lärande fokuserar på individen som om han/hon agerar isolerat från andra och utan stöd av artefakter (ibid). Nu är det inte en konstruktivistisk grundtanke att begreppen finns som små paket i hjärnan att tas fram vid förfrågan. Snarare är det så att det vi kallar begrepp, modeller, kunnande, problemlösning etc. existerar på ett psykologiskt plan då det centrala nervsystemet är aktivt i en situation. Ett begrepp är temporärt

och inte lagrat i huvudet. Det skapas och återskapas i situationer (Andersson, 2001).¹²

4.4 Det sociokulturella perspektivet

Det har skrivits mycket om det sociokulturella perspektivet under 90-talet. Artiklarna i två böcker som getts ut under sent 90-tal och som inriktar sig på det sociokulturella perspektivet och undervisning i naturvetenskap, *Socio-Cultural Perspectives on Science Education* (Cobern, 1998b) och *Problems of Meaning in Science Curriculum* (Roberts & Östman, 1998), visar vilket spektrum av inriktningar som ryms inom begreppet. I några artiklar diskuteras själva lärandeprocessen i ett sociokulturellt perspektiv (Cobern, 1998a). Han anser att naturvetenskapen är en beskrivning av verkligheten men att undervisningen i naturvetenskap är socialt konstruerad. I motsats till detta finns artiklar som sträcker sig så långt som att uttrycka att naturvetenskapen i sig är socialt konstruerad (Drori, 1998; Milne & Taylor, 1998). Då handlar inte diskussionen längre om hur lärandet går till. I andra artiklar diskuteras naturvetenskap i förhållande till olika länders och religioners kultur (Irzik, 1998; Poole, 1998; Rollnick, 1998). De diskuterar den sociala omgivning eleverna befinner sig i och de förutsättningar denna ger. Ytterligare andra artiklar begränsar sig till lärandekultur i skolor, klassrum och läroböcker. Olika sätt att identifiera kulturen beskrivs som t.ex. kunskapsemfaser, följemeningar, *root metaphors* och subkulturer som diskuteras tillsammans med begreppet *border crossing* (Aikenhead, 1998; Kilbourn, 1998; Roberts, 1998). Englund (1998) beskriver lärande i ett sociokulturellt perspektiv som om det endast sker i kommunikation med andra människor och att den individuella tankeverksamheten är underordnad. De finns andra som nöjer sig med att kommunikationen i klassrummet måste syfta till att göra eleverna intellektuellt oberoende (Munby & Roberts, 1998).

Enligt Säljö (2000) innebär det sociokulturella perspektivet att lärande är helt avhängigt av kommunikation mellan människor. En vuxen människas färdigheter av olika slag beror på interaktion mellan vad som är biologiskt givet till arten och vad som har förvärvat av individen i olika sociala sammanhang. Det byggs upp en kollektiv kunskap

¹² Vid föreläsning på NOT-seminariet, Rönneberga 2001-09-10.

som finns utvecklad i olika artefakter. Den kollektiva kunskapen finns tillgänglig för men bemästras inte av alla människor. Individerna samspelar med den kollektiva kunskapen genom att ta del av den och genom att utveckla artefakterna. Lärande är att lära sig att bemästra artefakterna. Det finns både praktiska och intellektuella artefakter vilket betyder att man inte skiljer på huvud och hand, värld och ord och teori och praktik. Språket är det viktigaste artefakten (ibid).

Så som Säljö (2000) beskriver det sociokulturella perspektivet bortses från individen. T.ex. så visar Säljö & Wyndhamn (1990) att elever på mellanstadiet istället för att avläsa en portoavgift med hjälp av en portotabell på olika sätt gör matematiska beräkningar eftersom de befinner sig på en lektion i matematik. Men forskarna intresserar sig inte för de elever som faktiskt använder portotabellen på ett förväntat sätt. I boken *Lärande i praktiken* beskriver Säljö (2000) många exempel på situerat lärande, men han visar inte något intresse för den variation som finns i en grupp av människor i de beskrivna situationerna.

Östman (1996) sammanfattar skillnaden mellan det sociokulturella perspektivet och det individuella i fyra punkter. Den första punkten är att mening i det sociokulturella perspektivet inte diskuteras utifrån kognitiva strukturer utan utifrån hur man använder språket. Hur man använder ett begrepp beror på hur språket används och inte på strukturer i hjärnan. Den andra punkten som skiljer mellan perspektiven är att i det individuella perspektivet betraktas lärandet som psykologiskt medan det i det sociokulturella perspektivet betraktas som kommunikativt. Konsekvensen av detta är att om en person uttrycker sig felaktigt om ett begrepp behöver det inte betyda att han/hon är obegåvad, obildad eller varit utsatt för dålig undervisning, utan personen kan ha en bristande träning i att använda det naturvetenskapliga språket. Den tredje skillnaden är att fastän bägge perspektiven intresserar sig för de studerandes förföreställningar så gör man det på olika sätt. Östman menar att i det individuella perspektivet är förföreställningar ofta till besvär och hinder, och undervisningen går ut på att göra om dem eller ta bort det som är fel. I det sociokulturella perspektivet hävdas att det är olyckligt om eleverna överger sitt vardagsspråk. Det är en styrka att ha tillgång till flera språkbruk och att kunna flytta från det ena till det andra i olika situationer. Den sista punkten tar upp att det sociokulturella perspek-

tivet vidgar synen på lärande genom att inbegripa andra typer av mening än de rent vetenskapliga. Östman kallar detta följemening. Exempel på följemeningar är synen på naturen, på manligt – kvinnligt, på andra kulturer och på vetenskap. I det individuella perspektivet skiljer man på lärande av vetenskaplig mening och socialisation och då blir följemeningarna benämnda socialisation. I det sociokulturella perspektivet är lärandet av vetenskaplig mening och socialisation två aspekter av lärandet.

En viktig skillnad är det fokus forskningsintresset har. I det individuella perspektivet intresserar man sig för individens lärande och i det socio-kulturella fokuserar man på kommunikationens betydelse. Wickman & Östman (2001) skriver att i lärandeprocessen möts den fysiska världen och kognitivt och känslomässigt aktiva individer. De förnekar inte betydelsen av individen, men de fokuserar på människors agerande i världen och de möten som det medför. På så sätt vill de öka förståelsen av de meningsskapande processerna.

4.5 En länk mellan perspektiven

Gränsen mellan perspektiven är i praktiken flytande. Det finns olika inriktningar inom båda perspektiven och de utvecklas över tid. I den individuella forskningstraditionen har intresset för den sociala interaktionen ökat. Leach & Scott (1999) antar en syn på lärandet som en länk mellan det individuella och det sociokulturella perspektivet. För att lärande ska ske måste individen tolka, reorganisera och rekonstruera utifrån de aktiviteter man genomfört tillsammans med andra. De menar att betrakta lärandet som antingen individuellt eller sociokulturellt medför starka begränsningar för hur man tror undervisning kan utvecklas (ibid).

Illeris (2001) hävdar på samma sätt att synen på lärandet och vad som ska läras i formell utbildning och i det sociala livet är en komplex blandning av traditionella kunskaper och nya kunskaper som utvecklas i de samhällsförändringar som hastigt sker omkring oss. Därför kan man inte hålla kvar vid den traditionella synen på lärandet – att det antingen är en yttre process som sker mellan den lärande och hennes sociala, kulturella och materiella omgivning eller en inre psykologisk

process. Illeris beskriver att lärandet har tre dimensioner. Den kognitiva dimensionen är det som ska läras och som kan beskrivas som kunskap eller färdigheter och som bygger upp förståelse och förmåga d.v.s. mening hos individen. Den psykodynamiska dimensionen betyder motivation och känslor och bygger upp individens identitet. Den tredje dimensionen involverar kommunikation, deltagande och samarbete och bygger upp individens sociala natur. Individen interagerar med omgivningen vid lärandet och själva lärandet styrs av de mentala processerna (ibid).

Också Sfard (1998) uttrycker att båda perspektiven måste tillgodoses i undervisning. Hon använder metaforerna *acquisition* och *participation* för att beskriva lärande på olika sätt. I förvärvandesituationen bearbetar den som lär individuellt sådant som läraren förberett och deltagande kan beskrivas som det som sker när den lärande lär genom kommunikation med andra (ibid).

Min ståndpunkt

Jag har arbetat i många år som lärare och har därmed en ganska pragmatisk inställning till lärandeperspektiven. Erfarenhetsmässigt har jag många gånger upplevt att elevernas svårigheter är av språklig art snarare än förståelsemässig. Men jag vet också att elever har olika intressen, olika sätt att lära sig på och olika lätt för sig. Det har stor betydelse hur man lägger upp undervisningen, hur man skapar engagemang och hur man kommunicerar i klassrummet för lärandet. Eftersom jag tror att man kan få inblick i hur någon förstår ett begrepp eller en teori genom att samtala och att det vi säger har samband med det vi tänker så är en socialkonstruktivistisk lärandeteori min utgångspunkt. Jag har mycket svårt att föreställa mig att kunskap finns lagrad i artefakter. Jag skulle snarare säga att artefakterna är ett resultat av människors kunskap och deras förmåga att kommunicera kunskap så att det går att utveckla artefakterna.

I min studie undersöker jag studenters kunskaper genom att ställa frågor till dem på olika sätt. Jag förväntar mig att det kommer att finnas individuella variationer kanske beroende på studenternas olika fallenhet, arbetsinsatser och intentioner med utbildningen. Och även om jag inte tror att en undervisning som bygger på *conceptual change* är meningsfull så tycker jag att det finns olika bra förklaringar till natur-

vetenskapliga begrepp, och jag tror att man genom enkäter och intervjuer kan få en uppfattning om hur studenterna förstår begreppen. Det är skillnad på att undersöka blivande lärare och elever i skolan. En lärare har som uppgift att organisera undervisning så att eleverna utvecklar kunskaper. Det är viktigt att läraren själv har goda ämneskunskaper, och att han/hon kan differentiera mellan olika kontext. Jag vill beskriva hur studenterna bl.a. förstår naturvetenskapliga begrepp och är mindre fokuserad på själva den meningsskapande processen. Jag föreställer mig att jag kan få inblick i detta genom att undersöka hur de kommunicerar sina kunskaper med mig.

4.6 Olika aspekter på situerat lärande

Oavsett vilket lärandeperspektiv man antar så finns det en överensstämmande syn om att lärande är situerat (Brickhouse, 2001; Brown, Collins, & Duguid, 1989; Caravita & Halldén, 1994; Säljö, 2000). Tänkandet och lärandet är alltid situerat och innehåller både situations-specifika komponenter och generella aspekter av lärande. Om allt lärande var helt situationsbundet skulle skolan vara onödig (Andersson, 2001).¹³ När situerat lärande diskuteras används termer som kultur, kontext och diskurs. I avsnitten som följer tar jag upp olika aspekter på dessa begrepp. Begreppet kultur har den vidaste betydelsen och kan innefatta allt ifrån ämneskultur till beskrivningar av hela befolkningsgrupper. Diskurs kan kortfattat förklaras som språkligt bruk och/eller överenskommelse medan kontext närmast betyder sammanhang.

4.7 Kultur och diskurs

Situerat lärande brukar kopplas till olika inlärningskulturer. Man kan också betrakta kontext och diskurser som kulturberoende. En annan aspekt på kultur är vilken betydelse kulturtillhörighet – t.ex. kön, klass eller etnicitet – har för individens lärande. Kultur definieras olika beroende på vilken utgångspunkt man har. I Svenska akademiens ordlista (SAOL, 1998) förklaras kultur som *mänsklig verksamhet inom ett visst område under en viss tid; vetenskap, litteratur och konst*. Kultur

¹³ Vid föreläsning på NOT-seminariet, Rönneberga 2001-09-10.

kan enligt Phelan, Davidson, & Cao (1991) definieras som normer, värderingar, föreställningar, förväntningar och konventionella handlingar i grupper. Enligt Aikenhead (1996) finns inom varje kultur undergrupper som definieras av ras, språk och etnicitet men också av klass, kön, yrke, religion mm. Varje undergrupp delar en subkultur. En individ tillhör flera undergrupper samtidigt.

Ämneskultur

Olika ämnen kan sägas representera olika kulturer. Det handlar om forskningstradition, specialiseringar och ämnesfokus. I den naturvetenskapliga kulturen är man i stort sett överens om grundläggande begrepp och teorier. Fysiker delar t.ex. uppfattningen om vad begreppet kraft står för. Det gör att vad som är rätt och fel blir ganska tydligt. I naturvetenskapen besvarar man generella frågor om naturen. I den samhällsvetenskapliga försöker man besvara generella frågor om samhället. Vad som är rätt och vad som är fel är inte lika tydligt. Därför måste man arbeta med olika infallsvinklar och visa att det finns olika sanningar. Wertsch (1991) beskriver t.ex. att det finns hundratals olika definitioner av begreppet *mind* inom den psykologiska litteraturen. I den tekniska kulturen handlar det om att lösa praktiska problem. Kriteriet på god teknik är att det fungerar som det är tänkt. Andersson (2001) använder begreppet kulturering för att beskriva hur en elev förutom att lära sig ett ämnesinnehåll inlemmas i ämneskulturen.

Också Brown et al. (1989) beskriver att ett ämne inte bara består av begrepp och redskap. Grupper av utövare av en disciplin är bundna till varandra av mer än de synbart gemensamma arbetsuppgifterna. De är bundna i intrikata, socialt konstruerade nät av föreställningar som inte går att genomskåda för en utomstående. Man inlemmas i den jargong etc. där man arbetar eller studerar. Ofta är det så att elever i skolan lär sig begrepp från akademiska discipliner, men det är i skolan de används och inte i ämnespraktiken. Därför klarar de proven men kan inte använda kunskaperna i autentiska situationer. Eleverna måste få tillfälle att göra detta och brottas med verkliga problem (ibid).

Naturvetenskapliga subkulturer

Naturvetenskap är enligt definitionerna tidigare i sig kultur eftersom den har normer, värderingar, föreställningar, förväntningar och konventionella handlingar. Dessa normer etc. varierar mellan olika naturvetare

och situationer (Aikenhead, 1998). På samma sätt är skolnaturvetenskap en subkultur med sina normer, värderingar, föreställningar (Aikenhead, 1996). I skolans naturvetenskap förväntas eleverna att ta till sig vissa normer, värderingar, etc. och göra dem till sina. Den vanliga typen av naturvetenskaplig undervisning tycks dock avskräcka många ungdomar från att studera vidare inom naturvetenskap. Ofta ger den naturvetenskapliga undervisningen eleverna en stereotyp bild av naturvetenskap som steril, auktoritär, icke-mänsklig, positivistisk och absolut sann (Aikenhead, 1998). I skolan måste eleverna hantera inte bara subkulturen naturvetenskaplig undervisning utan också själva skolkulturen, ett antal kamratgrupper, familjen och massmedia (Aikenhead, 1996). Eleven har multipla världar att förhålla sig till och de flyttar sig fram och tillbaka mellan de olika världarna eller subkulturerna. Ju mer kongruenta de olika världarna är desto smidigare kan eleven röra sig mellan dem (Phelan et al., 1991).

Trygghet och omsorg

Kvalbein (1998) definierar kultur som den utbildningspraxis som utvecklas. Hon beskriver i en avhandling norsk allmänlärarutbildning utifrån lärares och studenters perspektiv. Utbildningen präglas av traditionellt kvinnliga värderingar med omsorg och trygghet som viktiga inslag. Lärarna lägger stor vikt vid den sociala miljön. Det är viktigt att studenterna trivs och lärarna vinnlägger sig om att ha ett gott förhållande till dem. Studenterna har litet inflytande på utbildningen och är ganska nöjda med att vara mottagare av traditionell katederundervisning.

Priset för att studenternas ska uppleva trygghet och tillit, att de ska lyckas i sina studier och de ska uppleva lärarutbildningen som positiv kan vara nedtonade krav på kunskaper och färdigheter. Studenterna förhandlar på olika sätt ner kraven som ställs på dem samtidigt som utbildningen anklagas för att vara kravlös och lätt. Lärarna vill att studenterna ska lära sig ämnena väl. Särskilt lärarna i naturvetenskap beklagar att en del studenter har dåliga förkunskaper och negativa erfarenheter av ämnet från tidigare skolgång. De menar att studenterna först och främst måste skaffa sig baskunskaper. Det är sällan att ämnena presenteras som fenomen som studenterna ska utveckla förståelse och insikt i utan läraren har föreställningar om vilka kunskaper, färdigheter och förhållningssätt studenterna ska nå upp till. Eftersom

många studenter har dåliga förkunskaper startar man ofta på en mycket enkel och konkret nivå. På så sätt hoppas man att studenterna utvecklar ett gott förhållande till ämnet. Kraven får inte ställas så högt att studenterna inte klarar studierna. Lärarna måste stödja och puffa på men befarar att de kanske blir mer stödjande än puffande.

Några lärare tycker att ämnesdidaktiken är underordnad ämnet medan andra väver in den i ämnesstudierna. Med ämnesdidaktik menar de flesta att knyta ämnet till undervisningen i grundskolan genom att påpeka att ämnesstoff, arbetsuppgifter och arbetssätt som studenterna arbetar med kan användas i grundskolan. En annan viktig synpunkt är att ämnesinnehållet är anpassat till grundskolans kursplaner. Undervisningen är en typ av modellering. Lärarna diskuterar inte principer för stoffurval, samarbetsformer, val av arbetssätt och uppgifter med studenterna i någon större utsträckning. De visar istället hur man kan göra. Lärarna menar att de kämpar mot studenternas önskemål om att få tips och att det inte går att ge undervisningsupplägg som direkt kan överföras till skolan. Studenterna har i tidigare utbildning varit upptagna med att hitta rätta svar och det fortsätter de med i lärarutbildningen. De ägnar sig åt pensumläsning utan att utveckla ämneskritik.

Många av beskrivningarna i Kvalbeins (1998) avhandling känns bekanta i svensk lärarutbildning. Det finns dock några viktiga skillnader. Sedan 1988 utbildar vi inte längre grundskollärare som ska undervisa i alla ämnen. I svensk lärarutbildning väljer studenterna ämnesinriktning.¹⁴ Undervisningen är inte så skolmässigt organiserad som i Norge. Här läser studenterna en eller högst två kurser parallellt. PBL-kursen som i Malmö inleder studierna för Ma/NO 1-7 är ett medvetet försök att bryta det mönster som beskrivs i Kvalbeins avhandling. Metoden ska uppmuntra till ett självständigt och aktivt kunskapsökande och utveckla ett personligt och kritiskt förhållningssätt till kunskap.

Diskurs

Med diskurs menas ett speciellt sätt att använda språket. Diskursbegreppet utvecklades av Foucault. Han beskriver ett språkbruk som

¹⁴ Hösten 2001 genomfördes en ny lärarutbildning i Sverige. Den är på många sätt förändrad men fortfarande utbildas lärare med ämnesinriktning redan från de första skolåren.

utvecklas genom ett antal procedurer i samhället vilket gör att olika diskurser utvecklas och förnyas över tid och i olika kulturella sammanhang (Foucault, 1993). Enkelt uttryckt betyder diskurs hur vi använder språket i ett visst sammanhang (Winther Jørgensen & Phillip, 2000). Jag nöjer mig här med att citera Schoultz, (2000):

Med diskurs menar jag inte bara språket utan olika sätt att tala, att ställa frågor, att agera som är karakteristiskt för den naturvetenskapliga praktiken. En naturvetenskaplig diskurs innefattar även användningen av historiskt utvecklade strategier som experiment, användningen av material, diagram och grafer (s, 26).

Schoultz fortsätter med att beskriva att en av de viktigaste punkterna i ett sociokulturellt perspektiv är att man antar att förståelse sker i särskilda diskurser. Han menar att mänsklig kunskap är lagrad i diskurser som utvecklats för speciella syften. De är inga avbildningar av verkligheten utan konstituerar den kommunikativa praktik som används för ett speciellt syfte.

4.8 Kontext, intentionellt lärande och inlärningsprojekt

Kontext

Enlig SAOL (1999) betyder kontext sammanhang. Men begreppet används mycket olika inom olika forskningstraditioner och behöver definieras (Månsson, 2000). Hon beskriver olika kontext i en undersökning om förskolebarns interaktion med vuxna som *Delvis vuxenledda situationer*, *Helt vuxenledda situationer* och *Inte vuxenledda situationer*. Indelningen i kontext utgår alltså från graden av pedagogledning (ibid).

Wistedt (1994) skriver att kontext är elevernas kognitiva konstruktion av en situation vilket betyder att elever kan sitta tillsammans och arbeta med samma uppgift men agera i olika kontext beroende på hur de tolkar uppgiften. Wistedts användning av kontext kopplas till ett personligt meningssammanhang. Begreppet diskurs betonar det kommunikativa sammanhanget. Med den socialkonstruktivistiska utgångspunkt jag antagit är kontext i Wistedts beskrivning ett för mig användbart analysredskap.

Studeraandes tolkningar av de uppgifter som föreläggs dem görs i olika kontext. Caravita & Halldén (1994) ger exempel på hur elever kan tolka uppgifter i en praktiskt eller teoretisk kontext. Om de får en uppgift som är hämtad ur det verkliga livet kan eleverna tolka den i en praktisk kontext vilket innebär att de inte tolkar uppgiften i den teoretiska kontext som läraren tänkt sig. Då lägger eleverna in aspekter som passar in med de kunskaper de redan besitter. Det uppstår ett undervisningsproblem om vi presenterar data som ska tolkas inom ett teoretiskt ramverk och eleverna tolkar dem inom sin personliga syn på världen. Det kan beskrivas som att de använder en vardagskontext istället för en teoretisk kontext (ibid). Solomon (1992) berättar om hur en lärare försökte ta in vardagssituationer i fysikundervisningen. Följden blev att eleverna tyckte att de redan kunde det och att det inte var något nytt med påföljd att de inte lärde sig särskilt mycket. Det skulle kunna uppfattas som att eleverna tolkade uppgiften i en vardagskontext, medan läraren förväntade sig en tolkning i en teoretisk – fysikalisk kontext. Murphy (1995) berättar om en grupp elever som fick i uppgift att konstruera en båt. Läraren valde ett verkligt problem för att skapa intresse för att sedan komma in på frågor av fysikalisk karaktär. När läraren släppte ursprungsproblemet, förväntade hon sig att eleverna skulle arbeta med de naturvetenskapliga frågorna. Men särskilt flickorna fortsatte att intressera sig för utgångsproblemet och satte sitt arbete i relation till detta. Läraren tyckte att eleverna misslyckades med uppgiften. Flickorna och läraren tolkade uppgiften i olika kontext.

Wistedt (1998) beskriver hur tre lärare med olika ämnestillhörighet gör olika bedömningar av redovisningar som studenter gjort i en tvärvetenskaplig kurs med tonvikt på fysik. De olika bedömningarna kan förklaras av att lärarna utgår från olika personliga kontext. Lärarna är inte bara företrädare för sina ämnen utan också personer med olika värderingar och intressen. Som ämnesrepresentant har man idéer om vad som är viktigt innehåll och hur innehållet ska presenteras. Det är inte alltid man uttrycker detta explicit. Det finns också en uppgiftskontext. Genom att arbetet huvudsakligen handlade om fysik kunde fysikläraren se mer övergripande på arbetet och bortse från mindre bra insatser i matematik och matematisk statistik som också ingick. Lärarna i dessa ämnen bedömde mindre detaljer i dessa ämnen som ingick i det stora hela och gjorde då mer negativa bedömningar. Slutligen skriver Wistedt (1998) att en tredje kontext är den kulturella. Ämnena skiljer

sig åt i konventioner om hur de bör presenteras i skrift och tal. Olika frågor betraktas som viktiga (ibid).

Lundholm (1998) beskriver studenters svårigheter i tolkningen av en uppgift om kärnkraft i en miljökurs. Studenterna tolkar uppgiften i en samhällskontext, medan lärarens intention är att de ska tolka den i en naturvetenskaplig kontext. Det medför att studenterna ställer frågor kring olycksriskbedömning, ekonomi och om kärnkraftens vara eller icke vara. Lärarens vetenskapliga kontext inkluderar fysik, kemi och geologi. Ingen av parterna är medvetna om detta, men följderna blir att studenterna får svårt att genomföra uppgiften på ett bra sätt (ibid).

Inlärningsprojekt och intentionell analys

Halldén (1988) beskriver hur gymnasieelever tolkar och genomför uppgifter i skolan. Genom observationer av elevernas arbete och intervjuer av eleverna har han definierat olika inlärningsprojekt. Det är inte troligt att eleverna är medvetna om dessa eller skulle kunna beskriva dem om de blev tillfrågade, men det avgör hur de tolkar de uppgifter de får. När eleverna arbetar med uppgifter stöter de på problem. Eleverna pendlar mellan att tolka uppgiften och att lösa problemen. Problemen är av procedur- eller ämneskaraktär. Procedurproblem handlar om praktiska problem och ämnesproblem om teorier, begrepp och förståelse av dessa. Beroende på sitt inlärningsprojekt tolkar eleverna uppgifterna olika, och de ser därmed olika slags problem de måste lösa (ibid).

En lärandes inlärningsprojekt kan uttryckas som dennes intentioner med utbildningen eller uppgiften. Ett intentionellt perspektiv på lärande kan lösa upp motsättningen mellan individualitet och socialisation i lärandet (Halldén & Wistedt, 1998). Lärande är alltid någons lärande av någonting. Men lärandet har också en social sida. När man lär sig gör man det i en viss situation. Situationen sätter gränser för vad som i sammanhanget räknas som lärande och kunskap (ibid).

Individens lärande bestäms av interna och externa determinanter (Halldén & Wistedt, 1998). När eleverna tolkar uppgifter eller texter kan de göra på olika sätt. Deras kunskaper om ämnet, liksom önsningar, förmågor och trosföreställningar sätter gränser för vilka tolkningar som görs. De är s.k. interna determinanter (ibid). Individerna har också föreställningar om den situation som uppgiften genomförs i. De

tolkar sina skyldigheter och förväntningar, de normer som gäller och vilka fysiska möjligheter det finns. Detta är exempel på externa determinanter. De är individens tolkning av omgivningens krav och förväntningar på hans beteende (Halldén, Scheja, & Jakobsson Öhrn, 2001).

Det viktigaste är att man betraktar de lärande individerna som rationella personer som utför handlingar intentionellt utifrån de inlärningsprojekt de har. Handlingar kan vara av olika slag – kortsiktiga och långsiktiga (Halldén et al., 2001).

4.9 Kommentar

Diskurs, kontext och kultur är begrepp som används för att förklara hinder och möjligheter för lärande och varför lärande är situerat. Oavsett om man utgår från ett konstruktivistiskt eller sociokulturellt lärandeperspektiv är man överens om att lärande ofta är situerat. Jag började med att intressera mig för kulturbegreppet och särskilt Kvalbeins (1998) diskussioner om omsorgskultur. Diskursbegreppet har som jag ser det en starkare koppling till den kommunikativa praktiken och därför inte tillämpligt i den här studien. Jag finner att begreppen kontext, intentionellt lärande och inlärningsprojekt är användbara analysinstrument (Halldén & Wistedt, 1998; Wistedt, 1998; Halldén et al, 2001; Lundholm, 2001a). De bygger på att individen konstruerar kognitiva kontexter och är kopplade till ett konstruktivistiskt lärandeperspektiv. Studenterna betraktas som tänkande människor som genomför rationella handlingar. Deras lärande beror dels på deras egna förmågor och insatser, dels på hur de tolkar de krav och förväntningar som ställs på dem. Krav och förväntningar i lärarutbildningen kommer från studenterna själva, från lärare i alla de olika kurser studenter läser och från elever och lärare i de skolor studenterna fullgör sin verksamhetsförlagda utbildning. Det är möjligt att de inlärningsprojekt som studenterna har utifrån hur de tolkar krav och förväntningar påverkar inte bara hur de tolkar uppgifterna som föreläggs dem utan också vad de väljer att lära sig.

4.10 Några studier om lärarstudenter och lärarutbildning

Vid införandet av den nya lärarutbildningen 1988 innebar en av förändringarna att utbildningen för de studenter som valt inriktning mot de tidigare skolåren akademiserades jämfört med den gamla klasslärarutbildningen vilket bl.a. innebar att ämneskunskaper betonades mer (Wernersson, 1990). Lärarutbildning är en yrkesutbildning och de studenter som väljer den tillbringar minst 15 år i formell utbildning som förberedelse för yrket. Under denna tid är de i princip elever, och de erfarenheterna är kraftfulla verktyg när de skapar föreställningar om undervisning och lärande samtidigt som de har en bristande erfarenhet av lärarrollen (Northfield, Gunstone, & Erickson, 1996). Wernersson (1990) pekar på de intressekonflikter som finns i rollparet lärare – elev. T.ex. kan de bestå i att läraren ska kontrollera eleven medan eleven kan vilja undvika att bli kontrollerad och behålla ett visst mått av frihet. Studenterna intar roller som elev, blivande lärare och också en tillfällig roll som student. Individerna hamnar på olika sätt i dessa identiteter vilket kan betyda att man ser på sin utbildning och framtida yrke på olika sätt (ibid).

Jönsson (1998) redogör för forskning som visar att för studenter som påbörjar lärarutbildning präglas deras föreställningar om den egna lärarrollen av de erfarenheter de själva haft som elever i skolan och att socialiseringen till lärare sker i den egna skoltiden och i arbetet som lärare efter utbildningen d.v.s. inte i själva lärarutbildningen. Enligt en undersökning av studenter på de två grundskolläraprogrammen (1-7 och 4-9) i Göteborg väljer de flesta utbildningen mer med tanke på det kommande yrket än själva utbildningen (Wernersson, 1990). Yrkesvalet är genomtänkt, och det viktigaste skälet att bli lärare är att man vill arbeta med barn och att man är intresserad av ämnet. Studenterna tycker att viktiga egenskaper för en bra lärare är förmåga att upprätta goda relationer till eleverna och förmåga att kunna presentera kunskapsstoffet på ett spännande sätt. Dessa egenskaper tas oftare upp än den faktiska kunskapsnivån i undervisningsämnena. Ämneskunskaper är viktiga, men studenterna poängterar att det inte räcker med att kunna mycket ämnesteorier. Lärarstudenter är en heterogen grupp med avseende på ålder, arbetslivserfarenhet och annan livserfarenhet, vilket visar sig i att det finns en variation i hur de ser på undervisningsformer

och ansvarsfördelning mellan lärare och studenter för utbildningen (ibid).

I en undersökning som genomfördes med 100 lärarstuderande som antogs till lärarutbildningen i Malmö 1994 framkom det att studenter inriktade mot 1-7 upplever att de fått tillräckligt med ämneskunskaper men för litet ämnesdidaktik och metodik (Jönsson, 1998). Många av studenterna uppfattar ämnesstudierna som repetition av gymnasiekurserna. I motsats till studenter inriktade mot åren 4-9 uttryckte endast ett fåtal studenter inriktade mot 1-7 osäkerhet om att deras ämneskunskaper skulle vara otillräckliga (ibid).

I en observationsstudie av två PBL-grupper på barn- och ungdomspedagogisk utbildning i Malmö gjorde Melchert & Persson (2001) bl.a. följande iakttagelser: PBL tolkas av studenter och lärare utifrån en struktur som går ut på att ställa frågor och hitta svar. Det finns en tendens att de svar som studenterna rapporterar från litteratur inte ifrågasätts. Det gör att det blir mer en avrapportering vid redovisningarna än tillfällen för diskussion och reflektion. Däremot ifrågasätter studenterna utsagor som bygger på personliga erfarenheter. Ganska mycket tid går åt till att lösa problem av procedurkaraktär t.ex. att finna tydliga formuleringar. Melchert och Persson menar att PBL-studierna i det här fallet introducerar studenterna till de krav som yrket ställer på social förmåga och sökande efter konsensus. Däremot ser de inte mycket av den akademiska kulturens krav på vetenskaplighet, fördjupning och kritisk granskning. Det utvecklas i basgrupperna en kultur som närmast kan betecknas som omsorgsinriktad. En stor majoritet av studenterna på barn- och ungdomspedagogisk utbildning är kvinnor (ibid).

Molander (1997) använder begreppet *cue-seekers* efter Miller & Parlett (1974) för att beskriva gymnasieelever som är framgångsrika i att tolka signaler från lärare om vad som är viktigt innehåll i kurserna. Dessa elever är ofta framgångsrika i skolarbetet.

5. Forskning om förståelse av naturvetenskapliga begrepp och komplexa frågor

Det finns ett flertal undersökningar om hur barn i olika åldrar förstår begrepp som har anknytning till miljökunskap. Det finns ett mindre antal undersökningar om lärares, högskole- och universitetsstuderandes begreppsuppfattningar. De studier som är genomförda med lärare i ungdomsskolan berör huvudsakligen lärare för de tidiga skolåren som inte är specialiserade i naturvetenskap (Ameh & Gunstone, 1985; Kruger, 1990; Lawrenz, 1986). I de undersökningar som gjorts på högskolestudenter återfinns liknande begreppsuppfattningar som bland skolelever men inte i lika stor omfattning (Boyes & Stanisstreet, 1991, 1992; Boyes, Chambers, & Stanisstreet, 1995; Dove, 1996; Haidar, 1998; Eskilsson & Holgersson, 1999; Carlsson, 1999). Lärarutbildare måste vara medvetna om att lärarstudenter kommer till utbildningen med begrepp om lärande och undervisning som skiljer sig från deras egna menar (Smith & Anderson, 1984). Därför bör lärarutbildare utveckla och tillämpa strategier som gör att de lärarstudenter förändrar sina begrepp på samma sätt som verksamma lärare måste arbeta i sina klassrum med eleverna i skolan (ibid).

Det är svårt att skilja på förmåga att resonera om komplexa frågor och begreppsförståelse. Begreppsförståelse är i sig komplext och att förstå en komplex fråga inkluderar förståelsen av begrepp. Att förstå fotosyntesen kräver t.ex. att man kan integrera ekologiska, biokemiska, fysiologiska och fysikaliska kunskaper vilket betyder att förståelse av fotosyntesen kräver förmåga att resonera komplext (Waheed & Lucas, 1992). I princip är alla miljöfrågor komplexa på olika nivåer. Längre fram i detta kapitel redovisar jag några undersökningar som handlar om vad barn och ungdomar kan bl.a. om växthuseffekten. Växthuseffekten är ett exempel på ett komplext naturvetenskapligt begrepp som i sin tur inkluderar flera naturvetenskapliga begrepp. Inkluderar man diskussioner om den förhöjda växthuseffekten så blir begreppet än mer komplext. Frågan kräver då kunskaper från många ämnesområden. I den här framställningen begränsar jag mig till att belysa de undersökningar som visar hur barn och ungdomar förstår växthuseffekten ur ett natur-

vetenskapligt perspektiv eftersom de är relevanta för min undersökning. till att se orsaker till och konsekvenser av två viktiga miljöfrågor – växthuseffekten och uttunningen av ozonlagret samt och att hålla isär dessa. Andra redovisade studier testar komplext resonemang på annat sätt. Trots de beskrivna svårigheterna har jag försökt dela in avsnittet som följer i begreppsförståelse och förmåga att resonera om komplexa frågor.

5.1 Naturvetenskaplig begreppsförståelse

Barn och ungdomars förståelse av de naturvetenskapliga begrepp som är relevanta för den här avhandlingen är väl undersökta. Jag kommer här först att ta upp något om varför det kan vara svårt att lära sig naturvetenskapliga begrepp. Därefter listar jag vanliga begreppsuppfattningar utan att gå in i detalj i de olika studierna varefter jag presenterar några studier där elevers och studenters förståelse av begreppet kretslopp undersökts genom samtal om ekosystem.

Begreppet fotosyntes innefattar begrepp som levande, gas, föda och energi vilket kan förklara elevers svårigheter att förklara processen (Driver et al., 1994; Skolverket, 1993b). Simpson (1988) förklarar att många elever har svårt att lära sig fotosyntesen därför att det är en komplex process. Förståelse innebär att man ska ha kunskaper inom flera områden; gasutbyte, energiomvandlingar och begreppet föda/näring. Respiration är en process där inlärningssvårigheterna liknar dem för fotosyntesen fast respiration är ännu mer abstrakt (ibid). Det framstår som nödvändigt att ha ett elementärt vetenskapligt tanke-system för att förstå fotosyntes och respiration (Andersson, 2001). Både Andersson (2001) och Sjöberg (2000) diskuterar vardagsföreställningar i förhållande till vetenskapliga förklaringar. Vardagsföreställningar om t.ex. växters tillväxt är tydliga och starka. Eleverna har upplevelser av att man gödslar och vattnar åkrar, rabatter och blomkrukor och att växterna då utvecklas bättre (Andersson, 2001). De vetenskapliga förklaringarna är en komplex modell av orsak och verkan. I det vetenskapliga tankesystemet gäller att gränsen mellan materia och energi är tydlig i klassisk fysik. Ljus och värme är energi medan gaser är materia. I den vardagliga föreställningen är gränsen flytande. Vetenskapligt uppfattas materia atomärt. Atomslagen bevaras i kemiska reak-

tioner och nya ämnen bildas genom att atomerna arrangeras om. I vardagstänkandet uppfattas materia makroskopiskt. Nya ämnen bildas genom blandningar och transmuteringar och materia kan uppstå eller försvinna. Också när det gäller energins bevarande skiljer sig den vetenskapliga uppfattningen, där energin bevaras från vardagsuppfattningen där energi kan uppstå och försvinna (ibid). Energi är ett exempel på ett naturvetenskapligt begrepp som har hämtats från vardagsspråket men vars betydelse har preciserats och förfinats i naturvetenskapen. Vardagsspråket och vetenskapsspråket har olika betydelse för begreppet (Sjøberg, 2000).

Några forskningsresultat om begreppsförståelse

Undersökningarna rör framför allt ungdomar i åldern 11 år och uppåt.

- Vardagsföreställningar finns bland elever och studenter i grundskola, gymnasieskola och högskola. Andelen naturvetenskapliga förklaringar i svaren på olika frågor är betydligt större bland elever på gymnasiets naturvetenskapliga linje än på andra gymnasielinjer (Skolverket, 1993a, 1993b; Jansson, 1994; Jansson et al., 1994; Eskilsson & Holgersson, 1999).

Fotosyntes

- Ungdomar har svårt att integrera kunskaper om ekologi, fysiologi, biokemi och energiomvandlingar när de beskriver fotosyntesen (Waheed & Lucas, 1992).
- Många elever tror att växterna tillväxer genom att ta vatten, näring och/eller den organiska substansen från marken. De tror ofta att den av växterna absorberade solenergin är näring. Det är sällan elever nämner koldioxid som källa till biomassa. Barn och ungdomar verkar betrakta fotosyntes som en substans istället för en process. Begreppet föda är svårt och kontextbundet. Särskilt yngre elever gör analogier mellan växter och djur (Barker & Carr, 1989a, 1989b; Skolverket, 1993a; Driver et al., 1994).

Respiration

- Många ungdomar betraktar andning och respiration som synonyma begrepp. Elever nämner inte frigörandet av energi från maten i samband med syrebehovet. Också på den naturvetenskapliga linjens sista år kan få svenska elever reda ut varför cellernas syrebehov

ökar vid ansträngning. Det har dock skett en utveckling av elevernas kunskaper sedan grundskolan (Skolverket, 1993a; Driver et al., 1994; Jansson et al., 1994).

Nedbrytning

- Vid frågor om vad som händer med döda djur tror många elever att materia eller delar av den försvinner. Inte ens efter undervisning förstår de vad konservering av materia innebär. Elever förklarar varför en komposthög minskar i storlek med att det blir jord, att makroskopiska organismer deltar i nedbrytningen och att mikroskopiska organismer gör det. Få elever kan förklara varför en komposthög blir varm. De flesta eleverna anger inte att atomerna bevaras vid nedbrytning. I denna grupp är det en minoritet som har förklaringar som anger att atomerna grupperar om sig, reagerar, bildar nya molekyler etc. (Skolverket, 1993a; Leach, Driver, Scott, & Wood-Robinson, 1996).

Materia

- Elever uppfattar materia på olika sätt. Många uppfattar materia som något kontinuerligt och saknar ett partikelbegrepp. Elever som uppfattar materia som partiklar kan ändå betrakta dem som skilda från resten av ämnet och med särskilda egenskaper eller ge partiklarna makroskopiska egenskaper. En grupp av elever har en partikelmodell där ämnets egenskaper förklaras med egenskaper hos ett partikelkollektiv. Många elever har en bristfällig förståelse av gaser (Renström, Andersson, & Marton, 1990; Kesidou & Duit, 1993; Skolverket, 1993b; Johnson, 1998).
- Elevers tänkande om kemiska reaktioner kan kategoriseras enligt: det bara blir så, ämnen förflyttas, ämnen modifieras, ämnen transmutteras eller ämnen deltar i kemiska reaktioner. Elever använder samma modeller för förklaring av fasövergångar. Få elever förstår vad en kemisk reaktion är (Andersson, 1984; Skolverket, 1993b).

Energi

- Elever tror att energi förbrukas av levande varelser. Inte heller äldre elever diskuterar i termer av energiomvandlingar. Det är vanligt att associera energi till levande varelser. Elever associerar också till kraft/bränsle, styrka, aktivitet, hälsa, mat och ansträngning (Solomon, 1992; Kesidou & Duit, 1993; Skolverket, 1996c).

- Att elever kan uttala termodynamikens första sats behöver inte betyda att det finns en reell förståelse utan satsen kan vara inlärd på ett ytligt plan. Idén om att energin förbrukas är vanlig bland elever. Ofta tror elever att energi och värme hör samman men de betraktar inte värme på samma sätt som fysiker gör. Elever tror ofta att processer endast sker spontant i en riktning och att energi förbrukas (Solomon, 1992; Kesidou & Duit, 1993; Skolverket, 1996c).

Kretslopp

I en brittisk tvärsnittstudie med ca 200 elever i åldern 5-16 år undersöktes hur eleverna förstår fenomen kopplade till skeenden i ekosystem (Leach, Driver, Scott, & Wood-Robinson, 1995; Leach et al., 1996). Sådana fenomen är överföring av materia och energi mellan organismer, utbyte av materia och energi med omgivningen, fotosyntes, respiration och nedbrytning. Ansatsen i studien var fenomenologisk i betydelsen att eleverna fick yttra sig fritt kring t.ex. en bild eller en videospelning. Man använde flera olika testuppgifter och kombinerade intervjuer med papper-och-penna test. Bland uppgifterna fanns en bild av ett äppleträd med ett ruttnande äpple, en videofilm av en skål med ruttnande frukt, bilder av enskilda ekosystem och bilder av varierade landskap kombinerade med lösa kort med bilder på organismer. I undersökningen kopplades elevernas förståelse av begreppen till hur deras bild av världen (ontologi) och av naturvetenskap (epistemologi) förändras med åldern (ibid).

Resultaten visar elevernas förståelse för materians bevarande, för distinktionen mellan energi och materia och förståelsen av begreppen fotosyntes, nedbrytning och respiration. De äldre eleverna kan ange fler orsaker till varför nedbrytning sker än de yngre (Leach et al., 1996). Men ingen av dem refererar till temperatur eller fuktighet som fysikaliska faktorer viktiga för mikrobiell och enzymatisk aktivitet. Efter undervisning om mikroorganismer kan eleverna rätt så enkelt integrera den kunskapen. En anledning kan vara att idén om mikrobiell aktivitet inte står i motsatsställning till vardagsföreställningarna.

Det framkom också hur eleverna tänker kring materians bevarande. Tre grupper kategoriserades. En grupp nämner inte materia alls, en grupp anger partiellt bevarande av materia d.v.s. att det blir mindre materia men att en del ändå stannar kvar framför allt som jord. En tredje grupp

verkar inte ha något begrepp om materians bevarande utan fastslår att något som ruttnar försvinner. Majoriteten av elever upp till 16 år ser ingen anledning alls att förklara vart materia tar vägen vid nedbrytning. Ingen elev relaterar nedbrytning till en kretsloppsmodell även om några visar tecken på förståelse av materians bevarande. Inte heller 16-åringarna skiljer på materia och energi. Den naturvetenskapliga förklaringen att kroppsmassa består av kemiskt omvandlad föda uppfattas av eleverna inte heller efter undervisning.

Inga elever använder de kunskaper om fotosyntesen de fått i undervisningen utan att bli direkt tillfrågade om det och de refererar till att växterna får sin näring från jorden tillsammans med idéer de lärt i undervisningen. I intervjuer om kretslopp nämner eleverna att växter och djur behöver syre men när de tillfrågades om varför nämner ingen elev respiration. Ingen elev visar tecken på att relatera fotosyntes, respiration och nedbrytning till ett kretsloppstänkande. Eleverna testades kring dessa begrepp i ett sammanhang där de förväntades sätta samman dem för att förklara kretslopp i ekosystemen. Det är möjligt att de kan visa klarare begreppsförståelse i ett enklare sammanhang (Leach et al., 1996).

Helldén (1992, 1995, 2000, 2001) redovisar i en longitudinell studie hur elever från årskurs två till gymnasiet tänker om ekologiska processer. Genom att utgå från ett slutet ekosystem och från löv och jord undersökte han hur eleverna förstår begrepp som kretslopp, livsvillkor och nedbrytning. Han kom fram till att eleverna utgår från sina egna erfarenheter. De refererar gärna till människokroppens funktion och till upplevelser av egna kroppsfunktioner. Vanliga föreställningar är att den levande organismen är slutstationen för materiens väg genom ekosystemet och att jord är slutstation vid nedbrytning. Många elever tror att planeten blir större eftersom döda växter och djur omvandlas till jord (Helldén, 1992). Flera av elevernas ursprungliga föreställningar kvarstår efter undervisning. Det kan förklaras av att eleverna tidigt konstruerar personliga teman och som följer dem genom åren. Dessa teman har ofta sitt ursprung i vardagshändelser. Det gör att de fortsätter att förklara naturvetenskapliga fenomen på ett liknande sätt (Helldén, 2000, 2001). Eleverna utvecklar sitt kretsloppstänkande genom åren men det är inte fullständigt och många elever fortsätter att ha vardagsföreställningar särskilt om materiens natur och väg genom organism-

världen. Genom att utsätta eleverna för frågor som utmanar deras tankestrukturer kan man hjälpa eleverna att utveckla en bättre begreppsförståelse, hävdar författaren (Helldén, 1992).

Bergqvist (1985) intervjuade 16 lärarkandidater på låg- och mellanstadielärlinjerna om en slutna kolven innehållande växter och jord. Han fann att de flesta av studenterna resonerar på ett sätt som kategoriserades som *Serialistiska resonemang som grundar sig på kännedom om de enskilda förhållanden*. Utmärkande är att explicita uttryck om kretslopp saknas. Däremot kan de intervjuade visa upp en god uppfattning om olika delar som berör syret, vattnet, nedbrytningen eller näringen. De övriga kategorierna var *holistiska resonemang som bygger på kännedom om kretsloppets karaktär*, *holistiska resonemang utan kännedom om kretsloppets karaktär* och *serialistiska resonemang utan kännedom om enskilda förhållanden*. Utgångspunkt i kategoriseringen var om en överordnad idé om kretslopp var vägledande för studenternas svar. Om så var fallet kategoriserades svaren som holistiska, medan de serialistiska svaren saknade en övergripande kretsloppsidé. De flesta i intervjugruppen uppfattar inte det som att någonting behöver förklaras när den slutna kolven innehållande växter och jord presenteras för dem. Begreppet energi verkar vara mer lättillgängligt i resonemang om fotosyntes än i resonemang om respiration. Överhuvudtaget har studenterna svårt att reda ut begreppet respiration. Få av kandidaterna ser koldioxid som en begränsande faktor för tillväxt. Sammanfattningsvis har de studerande en splittrad bild av kolets kretslopp och växternas basala energiomsättning. Bergqvist menar dock att de flesta besitter de kunskaper som erfordras för problemlösningen men att de har svårt att koppla ihop sina kunskaper med det de ser (ibid).

I en fenomenografisk studie av lärarstuderande och ekologisk förståelse intervjuades studenterna kring sitt tänkande om det slutna ekosystemet (Carlsson, 1999). Studenterna fick en tom burk och ombads att ge förslag på innehåll som skulle kunna leva i burken upp till två år efter att den tillslutits. I en annan intervju diskuterade samma studenter vad de skulle ta med i ett rymdskepp inför en resa på 6 000 år. Syftet med uppgifterna var att undersöka vilka olika uttryck för förståelse av ekosystemet som studenterna gav uttryck för. Studenternas tankar kring fotosyntes, kretslopp och energi kategoriserades. För alla tre begreppen kunde två huvudkategorier urskiljas. I den ena finns insikten om transformation d.v.s. att kemiska reaktioner innebär att atomer organiseras

om. I den andra gruppen finns den inte utan studenterna ger förklaringar som innebär att transport respektive produktion och konsumtion dominerar. En central slutsats är att insikten om transformation är nödvändig för att utveckla en mer komplex förståelse av ekosystemets funktion (ibid).

5.2 Komplex resonemang

Klimatfrågor

Boyes och Stanisstreet har i flera undersökningar tillsammans och också med Chambers undersökt hur elever i de senare skolåren och studenter i början av sina högskoleprogram förstår olika aspekter på växthuseffekten (Boyes & Stanisstreet, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998) och uttunnningen av ozonlagret (Boyes et al., 1995). Undersökningarna är kvantitativa och involverar åtminstone på skolnivå ett stort antal deltagare. De som deltagit i undersökningarna har besvarat enkäter där de fått ta ställning till om påståenden om de undersökta fenomenen är riktiga eller felaktiga. Resultatet visar att andelen elever som gör riktiga markeringar stiger genom åldersgrupperna. Vissa felaktiga uppfattningar fortsätter dock att omfattas av många elever genom alla åldersgrupperna. Studenterna har samma vardagsföreställningar som skoleleverna men i mindre omfattning.

Många av deltagarna känner till grundläggande fakta om växthuseffekten, men en majoritet av eleverna och studenterna tror att uttunnningen av ozonlagret bidrar till växthuseffekten och att blyfri bensin kan bidra till att minska växthuseffekten. Det är också en majoritet av elever i samtliga åldersgrupper som tror att man kan få hudcancer om växthuseffekten ökar. Studenterna är välinformerade om själva ozonlagret. De flesta studenter känner till kopplingen mellan uttunnning av ozonlagret och UV-instrålning och ökningen av antalet fall av hudcancer. Hälften av studenterna markerar dock inte att det är riktigt att skördarna påverkas och att ögonproblem kan uppstå av en ökad UV-strålning.

Boyes och Stanisstreet tror att det finns en allmän medvetenhet om att det finns flera miljöproblem – lokala och globala – och att det finns en mängd miljö- eller icke miljövänliga handlingar. Men många studenter

kopplar inte ett specifikt problem med specifika orsaker och specifika konsekvenser och åtgärder. De har istället en allmän idé om att alla miljövänliga handlingar bidrar till förbättring av alla miljöproblem.

Svårigheterna att skilja på växthuseffekt och uttunning av ozonlagret kan bero på bristande förmåga att skilja på begreppen värmestrålning och UV-strålning och kanske t.o.m. mellan dessa och temperatur (Boyes & Stanisstreet, 1998). I en undersökning om hur elever i åldern 13-14 år förstår sambandet mellan hudcancer och uttunning av ozonlager och växthuseffekt framkom det att tre fjärdedelar av eleverna vet att uttunning av ozonlagret medför ökad UV-strålning och därmed en ökad risk för hudcancer. Men majoriteten av dessa elever tror samtidigt att andra mekanismer som att luften blir varmare p.g.a. växthuseffekten har samma effekt (ibid).

I en annan undersökning om orsaks- och konsekvenstänkande undersökte Boyes & Stanisstreet (1997) ungdomars tankar om bilar och miljön. 1637 ungdomar i 14-15 årsåldern fick i en enkät i uppgift att ange samband mellan bilar, avgaser, växthuseffekt, ozonlager och förorening. Enkätresultaten analyserades och sammanställdes och man kan utläsa om eleverna vet vilka avgaser bilar producerar, vilka ämnen som bidrar till olika miljöeffekter samt om de kan se hela sammanhanget d.v.s. både vilka ämnen som finns i avgaserna och om dessa påverkar eller inte påverkar miljötillståndet. Resultatet visade att även om eleverna känner till vissa ämnen som finns i bilavgaserna och att en del av dem har effekter på miljö så har de inte en helhetsbild av sammanhanget. En majoritet av eleverna vet att bilavgaser påverkar växthuseffekten men en majoritet tror också att de påverkar uttunningen av ozonlagret. Många ungdomar är osäkra på vilken roll bilar spelar när det gäller förorening. En del elever har ytliga kunskaper om bilarnas roll i produktionen av föroreningar. De anger att bilar är allmänt smutsiga och om de är allmänt smutsiga så bör de ha någon påverkan på miljön. Eleverna tror t.ex. också att värmen i avgaserna direkt bidrar till växthuseffekten. De använder ordet *pollution* på ett allmänt icke specificerat sätt (ibid).

Studenters förståelse av tre globala miljöproblem

Dove (1996) har byggt vidare på Boyes och Stanisstreets undersökningar genom att fråga 60 studenter från första och andra året av

lärarutbildning om växthuseffekt, ozonlager och försurning. Studenterna var inskrivna i ett *Bachelor of Education* program och hade inte haft undervisning i miljöfrågor på universitetsnivå. Studenterna fick ett antal påståenden som de kunde instämma i, ej instämma i eller svara vet ej på samt att utöver detta motivera sina svar. Påståendena var både av mer övergripande art om orsaker till och konsekvenser av de tre problemen och mer detaljerade om växthusgaser, marknära ozon och oxider. Dove kom fram till att förståelsen av uttunningen av ozonlagret är god i motsats till förståelsen av växthuseffekten. Dove tror att det beror på att växthuseffekten är komplexare. Det finns en spridd missuppfattning om att växthuseffekten beror på hål i ozonlagret och som leder till att många studenter också tror att en ökad växthuseffekt ger upphov till ett ökat antal hudcancerfall. När det gäller försurning så vet de flesta studenter att förbränning av kol kan ge surt regn. Däremot har de dålig uppfattning om vilka gaser som är inblandade och mindre än hälften av studenterna klarar ut sambandet mellan förbränning och uppkomst av surt regn. De är osäkra om surt regn kan uppkomma naturligt och pH-skalans logaritmiska karaktär är oklar för de flesta. Studenterna förstår att vissa byggnader är mer känsliga för surt regn än andra. Däremot ger de inte en kemisk förklaring utan tror att det rör sig om materialets hårdhet. De kan inte heller förklara varför skogar i Skandinavien drabbas av försurning.

5.3 Förmåga till komplext resonemang i undersökningar som ingår i "Tillståndet i världen"

I den nationella utvärderingen av *Tema tillståndet i världen, US98* (Andersson et al., 1999) belyses svenska elevers kunskaper, färdigheter och attityder som kan innefattas i beteckningen *Tillståndet i världen*. Utvärderingen har utgått från läroplanens mål *Att se sammanhang och kunna orientera sig i omvärlden*. Elever i år 5 och 9 i grundskolan och år 3 i gymnasieskolan har testats. Några exempel från utvärderingen tas upp i det här avsnittet.

Människans växelverkan med atmosfären

En av undersökningarna gällde elevernas förståelse av människans växelverkan med atmosfären. Eleverna fick dels ta ställning till nio av de påståenden som Boyes & Stanisstreet använde i sina undersök-

ningar, dels med egna ord förklara vad växthuseffekten är och varför det är ett problem att ozonlagret tunnas ut. Dessutom fick eleverna ta ställning till hur man ska förhålla sig till hotet om klimatförändring och vilka utsläppsnivåer som är rimliga för I- respektive U-land. Eleverna fick också ange olika konsekvenser av alternativen för I- respektive U-land (Andersson et al., 1999; Andersson & Wallin, 2000).

Resultatet visar att elevernas svar blir bättre upp genom skolåren. Förhoppningsvis beror kunskapsutvecklingen på att de lär sig något i skolan, men det finns andra saker som kan ha betydelse t.ex. media. Svaren visar att eleverna förstår uttunningen av ozonlagret bättre än växthuseffekten. När det gäller elevers förmåga att förklara växthuseffekten på ett sätt som visar att de har en riktig modell av in- och utstrålning till jorden så är det en minoritet som klarar det. En förklaring som ges i rapporten är att modellen för hur UV-strålning ökar stämmer bra med elevernas vardagsföreställningar. Den innebär att ozonlagret hindrar UV-strålningen från att tränga ner till markytan. Det är välbekant att ett hinder minskar framfarten av något. En modell för att förklara växthuseffekten är mer komplicerad. Den ingående kortvågiga strålningen passerar växthusgaserna medan den utgående långvågiga strålningen växelverkar med växthusgaserna så att en del av energin går tillbaka till jorden. Det är lätt att tänka sig att eleverna använder samma modell som för ozonlagret när de ska förklara växthuseffekten. Olika föroreningar förstör ozonlagret och värmeinstrålningen ökar när hindret minskar och det blir därför varmare. I undersökningen är det endast 24 % av eleverna i åk 3 på gymnasiet som anger att påståendet *Uttunningen av ozonlagret är en viktig orsak till den globala uppvärmningen* är fel (Andersson et al., 1999). Resultatet stämmer väl med resultaten i de ovan refererade undersökningarna genomförda av Boyes & Stanisstreet (1992, 1993) och Boyes, Stanisstreet & Chamber (1995).

Vilken modell man använder för att förstå växthuseffekten indikerar en aspekt på komplex förståelse hos eleverna. I kategoriseringen av elevsvar har man utgått från att ett antal komponenter måste integreras då man förklarar växthuseffekten. Dessa är inkommande strålning, utgående strålning och ett hinder för den utgående strålningen. Att hindret fungerar förklaras av att ingående och utgående strålning har olika egenskaper. Det är 5 % av gymnasieeleverna som visar att de kan för-

klara växthuseffekten genom att integrera dessa faktorer (Andersson, 2001).

Ett annat exempel på orsak-konsekvensförståelse testas i en fråga om vilka utsläppsnivåer för koldioxid som är rimliga för I-land respektive U-land. Eleverna är vida radikalare än vad man är i de internationella överenskommelserna. Det kan förklaras med att eleverna inte befinner sig i en situation där de ska förhandla sig fram till en överenskommelse. Det kan också vara ett tecken på att de inte riktigt förmår sätta sig in i de konsekvenser de olika alternativen får. Det visar också svaren på de öppna frågorna där eleverna skulle ange vilka konsekvenserna blir av det alternativ de valt har för I- respektive U-länder. Enskilda elever anger få konsekvenser och nästan endast primärkonsekvenser. Konsekvenser av konsekvenserna tas sällan upp. Sammantaget anger gruppen dock en hel del olika konsekvenser (Andersson et al., 1999).

Energifrågor

Även andra undersökningar i *Tema tillståndet i världen* diskuterar elevernas förmåga att resonera komplext. Eleverna får t.ex. ange olika skäl till att man ska spara energi. Elever, också i år 3 på gymnasiet, anger få kategorier som svar på frågorna *Varför ska man spara energi?* och *Vad kan en familj göra för att spara energi?* Också här uppger eleverna som kollektiv ett brett spann av konsekvenser men för individer är svaren tämligen smala. Vattnets kretslopp är annan komplex fråga. Den bild som finns i de flesta läroböcker är starkt förenklad och behandlar över huvudtaget inte kopplingen till aktiviteter i samhället. I analysen av svaren till frågan *Hur kan det komma sig att haven vattnar kontinenterna och att kontinenterna förser haven med näring?* har svaren delats upp i år 9 efter om eleverna valt naturvetenskapligt program (N) eller annat program till gymnasiet och i år 3 om de går på N eller annat program. Det visar sig att de elever som valt N i år 9 eller går på N i år 3 i högre grad ger tillfredställande svar på frågan (Andersson et al., 1999).

Om man ska välja KRAV-odlade bananer eller ej

Elever i år 5, 9 på grundskolan och år 3 i gymnasieskolan fick arbeta med en uppgift där de skulle ta ställning till vilken slags bananer de skulle köpa om de hade att välja mellan konventionellt odlade och KRAV-odlade som var dyrare. Eleverna skrev ett papper där de moti-

verade sitt val och beskrev hur de arbetat för att komma fram till en ståndpunkt. Dessa rapporter analyserades m.a.p. den argumentation eleverna använder, hur kritiskt de resonerar, i vilket sammanhang de sätter uppgiften och hur de ser att konsumenten kan påverka världen. Resultatet visar att elevernas förmåga att se sig som lokala aktörer i världen ökar genom skolåren, liksom deras förmåga att se stora sammanhang och att argumentera. Det är en ganska stor del av gymnasisterna som insett att uppgiften handlar om ett dilemma. De levererar inte tvärsäkra svar utan ger intryck av att ha prövat och övervägt möjligheter för att komma fram till ett val. Andelen elever som visar kritiskt tänkande är däremot relativt låg och författarna menar att det finns en hel del att göra i skolan (Andersson et al., 1999). Uppgiften visar att bakom en till synes enkel fråga kan det dölja sig mycket komplexa samband som kunskaper om globala handelsmönster, geografisk förståelse (rums-aspekt) och förståelse för att det kan ta lång tid innan man ser effekterna av handling (tidsaspekt).

5.4 Ytterligare några undersökningar som belyser komplext resonemang

Gomez-Granell (1993) var intresserad av att undersöka hur komplext studerande ser sambandet mellan handling och konsekvens när det gäller energifrågor. Hon lät 230 gymnasie-studerande och 37 universitets-studerande besvara en enkät där de ställdes inför 10 olika handlingar. För varje handling kunde de välja att ange upp till 20 olika förformulerade konsekvenser. Exempel på handlingar var att dumpa miljöfarligt avfall i naturen, slösa med varmvatten och el och att äta på hamburgerrestaurang. Det var alltså både personliga vardagshandlingar och sådana som innebar att någon annan utförde handlingen. Konsekvenserna var av dels allmän natur som ekonomiska återverkningar, dels av mer specifik natur som växthuseffekt och några var mer naturvetenskapliga som höga halter av SO₂ i luften.

Resultatet visar att studenterna har en viss kunskap om några begrepp och en vag medvetenhet om skadliga effekter på miljön särskilt sådana som uppmärksammats mycket i media. De väljer framför allt konsekvenser av allmän natur, som ekonomiska återverkningar och förorening av atmosfären, och inte i lika hög grad konsekvenser av specifik eller

vetenskaplig natur. De väljer konsekvenser som har kortsiktig effekt. Studenterna kan i allmänhet inte se en kedja av konsekvenser. Dessutom tycks de tro att de farligaste handlingarna är de som innefattar stora kvantiteter och är kopplade till industriell produktion. Individens påverkan är minimal. Kompletterande intervjuer bekräftade resultaten i enkäten om att det finns en hög grad av osäkerhet i hanterandet av tekniska och naturvetenskapliga begrepp (ibid).

Det konstateras i samtliga av de refererade undersökningarna att ungdomar och studenter har brister i förmågan att resonera komplext. Det finns bl.a. brister i konsekvenstänkandet. De uppfattar de globala miljöfrågorna – speciellt växthuseffekten – som abstrakta och svårgripbara. Boyes & Stanisstreet (1997) menar att ungdomarna kommer till undervisningen med ett övergeneraliserande icke analytiskt tänkande. Wylie et al. (1998) menar dock att barn förstår system tidigt. Barn idag spelar ganska komplicerade datorspel och många av dessa ställer krav på systemtänkande. Barnen kan överblicka flera olika faktorer samtidigt. Det är inte troligt att de kan artikulera hur de löser problemen men de har sannolikt inte lärt sig en serie handlingar utantill. Författarna menar att om barn ska kunna förstå miljöfrågornas komplexitet så måste de engageras i systemtänkande. Forskarna undersökte två åldersgrupper av barn, 8 och 11 år. Barnen fick se ett antal fotografier som visade bilder från en urban miljö i Belfast. Exempel på miljöer var trafikkaos, bensinstationer och fabriker. Bilderna illustrerade luftföroreningar, trafikproblem och olika slags transportsätt. De intervjuades med den semistrukturella kliniska intervjuformen och i utskriften letade man efter om barnen visade tecken på kretsloppstänkande, om de kunde ange orsak, händelse och konsekvens. Vidare identifierades om de kunde utveckla kretsloppen, föreslå sätt att påverka dem och om de kunde mentalt röra sig från ett kretslopp till ett annat. Wylie et al. (1998) kom fram till att barnen faktiskt har systemtänkande utifrån de uppsatta kriterierna.

5.5 Sammanfattning

Miljöfrågor är komplexa och det krävs mycket av den som ska undervisa om dem. För en NO-lärare gäller det att kunna bidra med naturvetenskapliga kunskaper men att också sätta in dessa kunskaper i ett

större sammanhang. Studenterna ska lära sig att undervisa på ett sätt så att eleverna utvecklar handlingskompetens. Jag har ägnat ganska mycket utrymme åt några aspekter på skolelevs begreppsföreställningar och förmåga att resonera om komplexa frågor. Forskningen tyder på att många vardagsföreställningar finns kvar upp i åldrarna fast i mindre utsträckning. Rickinson (2001) sammanfattar i en forskningsöversikt över studier som är gjorda om elevers kunskaper i miljöfrågor att de visar att kunskapsnivån om miljöfrågor är låg både då det gäller rena faktakunskaper och begreppslig förståelse. Det finns variationer beroende på vilket ämne som undersöks och det finns vissa könsskillnader. Hart & Nolan (1999) skriver i en mer metodologisk inriktad forskningsöversikt att studier visar att kunskapsnivån om miljöfrågor är låg både hos elever och lärare.

Man kan förvänta sig att hitta samma förklaringsmodeller bland lärarstudenterna som bland elever i ungdomsskolan. Sammanfattningsvis visar studier om elevföreställningar att de grundkunskaper som Jönsson (1996) föreslår för att man ska kunna förstå miljöfrågorna inte tillägnas av eleverna i skolan. Man kan konstatera att det finns mycket att göra i lärarutbildningen om lärarnas medvetenhet och kompetens ska höjas som det uttrycks i Brundtlandrapporten.

6. Problemställningar

I de föregående kapitlen har jag belyst betydelsen av utbildning för hållbar utveckling. Jag har argumenterat dels för betydelsen av naturvetenskapliga kunskaper för att förstå miljöfrågor, dels för betydelsen av att förstå komplexiteten i miljöfrågorna.

Som för miljöfrågor relevanta naturvetenskapliga begrepp har jag definierat fotosyntes, nedbrytning, förbränning, respiration, materia, energi och kretslopp (kapitel 2). Grundläggande begreppsförståelse betyder att studenten kan förklara naturvetenskapliga begrepp på ett sätt som stämmer med de vetenskapliga förklaringarna. Det betyder att man t.ex. kan förklara hur biomassa byggs upp i fotosyntesprocessen. Jag vill veta hur förståelsen för de nämnda begreppen utvecklas under utbildningen. Det är också viktigt att studenten har sådan förståelse att begreppen kan bli redskap för förståelsen av miljöfrågor så som det beskrivs i målen i kursplaner 2000 (Skolverket, 2000b). Därför vill jag veta om studenterna utvecklar förmåga att använda naturvetenskapliga kunskaper för att underbygga ställningstagande i en miljöfråga.

I kapitel 2 har jag diskuterat miljöfrågornas komplexitet. Några aspekter av att kunna resonera om komplexa frågor är att ha en helhetsbild av miljöfrågorna, kunna identifiera olika ämnesområden, att använda ett orsak-konsekvenstänkande, att förstå återkopplingsmekanismer, att kunna förklara ett komplext begrepp, att kunna identifiera en intressekonflikt och att inse att värderingar påverkar beslutsfattandet.

Av intresse är också att undersöka hur det som sker i utbildningen är kopplat till studenternas lärande. Att med en undersökning klarlägga detta är mycket svårt. Det går inte att renodla de kausala sambanden mellan något specifikt som händer i utbildningen och studenternas lärande. Men genom att ta reda på hur studenterna beskriver delar av utbildningen och hur de upplever sitt lärande kan man ändå få ett bra underlag för att tänka om och diskutera vilka samband som finns.

Utifrån dessa resonemang har jag formulerat fyra forskningsfrågor:

1. Hur upplever studenterna undervisningen och sitt eget lärande under de naturorienterande kurserna d.v.s. NO1 och NO2?
2. Hur utvecklas studenternas förståelse av för miljöfrågor relevanta naturvetenskapliga begrepp under utbildningens första fem terminer?
3. Hur utvecklas studenternas resonemang i komplexa frågor?
4. Kan svaret på fråga 1 bidra till förståelse av utfallet i fråga 2 och 3?

7. Metod och genomförande

I en kvalitativ undersökning är målsättningen att beskriva variation, struktur. I en kvantitativ undersökning är målsättningen mer att undersöka fördelning i den undersökta populationen och att ta fram orsaks-samband (Starrin, 1994). Av forskningsfrågorna framgår att jag är intresserad av hur studenterna utvecklar förståelse för naturvetenskapliga begrepp så att de blir goda redskap för förståelsen av komplexa miljöfrågor. Framför allt är jag intresserad av att få en nyanserad och sammansatt bild av studenternas kunskaper. Jag vill just beskriva variation, struktur och processer. Därför väljer jag att göra en kvalitativ studie. Genom att undersöka hela gruppen på ett mer kvantitativt sätt skaffar jag mig överblick över styrkor och svårigheter som finns i gruppen.

Det finns svårigheter i forskning som avser att undersöka begrepps-förståelse. Det är forskaren som väljer frågor och situationer och inte studenten, vilket gör att det finns risk för att man inte kommer åt de begrepp som studenten har genom att frågan saknar ingång (Carr, 1996). Dessutom svarar kanske studenten på ett sätt som denne tror att forskaren förväntar sig istället för att beskriva sina egna idéer (ibid). Det som kallas begreppsuppfattning är egentligen forskarens uppfattning om studenternas begrepp. Det kräver försiktighet i tolkningen och medvetenhet om sina egna idéer och om andras begreppsuppfattning (Duit, Treagust, & Mansfield, 1996). Att undersöka studenters begreppsuppfattning gör att ens egen begreppsuppfattning tydliggörs. För att undersöka och tolka resultat är det viktigt att själv ha en god förståelse för begreppen och vara insatt i den forskning som finns. Tolkning utan bakomliggande teorier är omöjlig eftersom man då inte ser någonting i data (ibid).

7.1 Longitudinell studie

Gunstone & White (2000) pekar på att longitudinella studier kan bidra till förståelsen av vilka faktorer som påverkar begreppsförståelse och

därmed bidra till utveckling av kursplaner och undervisning. Sådana studier kan ge ökad kunskap om konsistensen eller brist på sådan i den lärandes kunskaper (ibid). Lärandet upphör inte i och med att en kurs är avslutad (Arzi, 1988). Studenter som får samma undervisning kan uppvisa olika mönster för hur de därefter utvecklar sina kunskaper. Undersökningsgruppen förändras genom undersökningen på grund av att studenterna mognar och lär sig i andra situationer än i de kurser som ges i utbildningen. Studenterna kan ta del av naturvetenskaplig information i en mängd sammanhang utanför utbildningen genom media, utställningar, mm. Man kan förvänta sig att studenter med samma utbildningserfarenhet varierar i hur de intresserar sig för naturvetenskap i icke-utbildningsmässiga sammanhang. Att utveckla begreppsförståelse är en långsam och komplex process. Genom longitudinella studier kan man öka kunskaperna om kunskapsutvecklingen (ibid).

Det är litet känt vad lärarstudenter lär sig i sina ämneskurser (Anderson & Mitchener, 1995; Cochran & Jones, 1998). Undersökningar visar att det finns samma typ av vardagsföreställningar hos lärargrupper som hos skolungdomar men att de inte är lika vanliga (Wandersee et al., 1993). I några av de studier jag refererat till tidigare (Boyes & Stanistreet, 1991, 1992; Boyes et al., 1995; Dove, 1996; Carlsson, 1999) är undersökningarna gjorda i början av studenternas utbildning och visar i princip att samma vardagsföreställningar finns hos studenterna som hos ungdomar i skolan fast i mindre omfattning. De flesta studier som gjorts om vilka kunskaper om miljöfrågor elever och studenter har, har genomförts som korta studier med elever i ungdomsskolan. Det finns ett behov av studier som är utsträckta över tid (Rickinson, 2001). Jag vill veta hur en utbildning där man har god kännedom om begreppsforskningen och där man medvetet planerat undervisningssituationer som ska stimulera ett lärande som innefattar både utveckling av begreppsförståelse och komplex förståelse påverkar studenternas kunskapsutveckling. En mindre undersökning bekräftar att medveten undervisning gör att studenters begreppsförståelse ökar (Eskilsson & Holgersson, 1999). Eftersom studenterna i min undersökning avslutar sin första NO-kurs, där det huvudsakliga miljöinnehållet ligger, under termin ett och sedan inte läser NO förrän termin fyra och fem så tycker jag det vore förhastat att dra slutsatser om deras kunskaper så tidigt i utbildningen. Vi vet att vardagsföreställningar är seglivade och i viss

mån resistent mot undervisning. Studenterna deltar i olika undervisningsaktiviteter under utbildningen – icke-traditionell PBL-kurs och vanliga mer traditionellt organiserade ämneskurser, verksamhetsförlagda studier där de får möjlighet att undervisa själva och diskutera med lärare i skolan. Förhoppningsvis har en kunskapsgrund lagts i termin ett som studenterna kan bygga vidare på i utbildningen.

I en longitudinell studie undersöker man samma grupp vid flera tillfällen och kan på så sätt följa den individuella utvecklingen (Arzi, 1988). Nackdelen är att datainsamlingen tar lång tid. Ett selektivt bortfall kan finnas i form av studieavbrott. Det kan också vara så att de studenter som inte besvarar enkäter är de som har sämre akademiska prestationer. En longitudinell studie bör genomföras med samma personer, sträcka sig över minst ett år och omfatta minst två datainsamlingar. Studien bör kopplas till den undervisning undersökningsgruppen har (ibid). Det kan vara svårt för den som intervjuas att förstå vilket kontext man ska svara i. De svarar kanske i ett vardagligt språk på vardagliga frågor men genom att följa dem i återkommande intervjuer i en longitudinell studie så kan man studera om studenterna utvecklar sina förklaringar mot att använda sina naturvetenskapliga kunskaper (Eskilsson, 2001).

Min undersökning uppfyller de krav på longitudinella studier som Arzi (1988) anger. Datainsamlingen sker tre gånger över en tidsperiod på 2,5 år. Samma personer är med vid de tre tillfällena. Studenterna har läst samma kurser och haft samma tentamina men olika lärare. Studien är kopplad till undervisningen genom att de frågor jag ställer anknyter till innehåll som ingår i utbildningen.

7.2 Undersökningsgrupp

Undersökningen har genomförts med de studenter som antogs till grundskolläroprogrammet matematik och naturorientering inriktad mot de första sju skolåren (Ma/NO 1-7) hösten 1999. Som inträdeskrav gäller naturvetenskapligt gymnasieprogram eller Ma C, Ke B, Fy B och Bi A. Alla studenter som ingår i undersökningen har också denna gymnasiekompetens, men de flesta har inte läst naturvetenskapligt program på gymnasiet utan kompletterat efter studenten med KomVux,

tekniskt basår eller bastermin. Medelåldern är 26 år för både män och kvinnor och 75 % av studenterna är kvinnor. Det finns flera skäl till att jag valt att genomföra studien med studenter på grundskolläraprogrammet Ma/NO 1-7. De ska som lärare arbeta med yngre elever och bidra till att lägga en grund i miljökunskap. Studenterna läser hela sitt utbildningsprogram vid lärarutbildningen och avhandlingens resultat kan leda till diskussioner i lärargrupperna om lärarutbildning. Det är en relativt liten del av studenterna som avbryter programmet, i motsats till t.ex. studenterna på Ma/NO 4-9, vilket är en fördel i en longitudinell studie.

7.3 Instrument och datainsamling

För att få svar på mina forskningsfrågor har jag huvudsakligen arbetat med enkäter och intervjuer. Jag har dessutom gjort några observationer och tagit del av skriftligt material som producerats av studenter. I detta avsnitt diskuterar jag de instrument jag använt för datainsamlingen. I anslutning till varje instrument följer en konkret beskrivning av hur det har använts i undersökningen. I avsnitt 7.6 beskrivs hur data analyserats.

Enkäter

Genom enkäten kan man skaffa sig en överblick över uppfattningar som finns i hela studentgruppen. Men det är svårt att ställa frågor som verkligen visar begreppsförståelse och det finns stor risk att resultaten blir svåra att tolka. Det är därför en fördel att kombinera intervjuer med enkäter (Duit et al., 1996). Att ställa frågor på det sättet som görs i mina enkäter kan betraktas som en nomotekisk ansats eftersom det finns rätta svar att jämföra med. Studenternas vardagsföreställningar läggs i dagen och däri ligger naturligtvis en bedömning av deras kunskaper. Vissa begreppsförklaringar är mer naturvetenskapligt riktiga än andra. I enkäten kan frågorna upplevas som fragmentariska och utan sammanhang. Det skulle kunna vara orsaken till om studenternas förklaringar inte överensstämmer med de naturvetenskapliga. Schoultz (2000) visar att om man i intervjuer låter elever besvara några av frågorna från nationella utvärderingen med hjälp av artefakter och en stöttande intervjuare så svarar eleverna på ett bättre sätt. Å andra sidan har studenterna vid första enkätillfället i min undersökning påbörjat en

utbildning inriktad mot matematik och naturorientering och vid det tredje enkätillfället har de avslutat de två naturorienterande kurserna. Man kan därför anta att enkätfrågorna inte är helt kontextlösa för studenterna. Studenterna har kunnat ställa förtydligande frågor eftersom jag själv genomförde enkäterna med dem.

Enkäternas utformning

Enkät 1 (bilaga 1) som besvarades av studenterna termin ett består av tre delar. Den inleds med 12 frågor där studenterna markerar om de tror att ett antal påståenden är rätt eller fel. Den andra delen består av frågor där studenterna förklarar begreppen katalysator, fotosyntes och respiration. Den tredje delen är en uppgift där studenterna ritar en begreppskarta över en komplex fråga.

De tolv första påståendena är hämtade ur Boyes & Stanisstreets (1993) undersökningar. Nio av dessa påståenden finns också med i den nationella utvärderingen *Tillståndet i världen – US98* (Andersson et. al. 1999). Påståendena behandlar orsaker till och konsekvenser av växthuseffekt och uttunning av ozonlagret. Genom att använda frågor som är testade i en större population har jag dels ett jämförelsematerial, dels minskar jag problemet med felformulerade frågor. Man kan ändå diskutera om man trots goda kunskaper markerar fel alternativ för att man tänker längre än vad frågekonstruktören tänkt sig. Kan det rent av vara så att studenter med hög grad av komplex förståelse just av det skälet svarar fel? I t.ex. det tolfte påståendet kan man eventuellt föreställa sig att man tänker att katalysatorn gör att bilavgaserna innehåller en mindre mängd kväveoxider och eftersom N_2O är en kväveoxid och också en växthusgas skulle en katalysator bidra till att minska växthuseffekten. Dessutom bildas marknära ozon, som är en växthusgas, i större utsträckning vid platser med hög halt av kväveoxider och på så sätt minskar katalysatorn produktionen av marknära ozon. Denna effekt är visserligen marginell och katalysatorn påverkar inte utsläppen av koldioxid som är bilarnas huvudsakliga bidrag till växthuseffekten. En fråga om hur en katalysator fungerar sattes in i enkät 1 utifrån diskussioner med kolleger kring pilotstudien. Det finns möjlighet för studenterna att skriva kommentarer till frågorna.

I fråga 14 får studenterna förklara begreppet respiration och i fråga 15 begreppet fotosyntes. Fråga 14 är tagen från ett arbetsmaterial skrivet

av Andersson (1999). Jag har omarbetat den något och fått tillstånd att använda den. Fråga 15 är tagen från Eskilsson och Holgersson (1996) men något omformulerad. Fråga 16 är hämtad från en magisteruppsats i miljövetenskap som skrevs vid LUMES¹⁵ i Lund där ett tjugotal studenter i magisterprogrammet besvarade den (Naranjo, 1998). Studenterna i min undersökning har ingen eller ringa erfarenhet av att göra begreppskartor på det sätt som Novak (1990) beskriver. Jag väljer ändå att använda den beteckningen.

Enkät 2 (bilaga 1) är i princip densamma som enkät 1. Några förändringar har dock gjorts. I svaren på fråga 13 om katalysatorn i enkät 1 finns ingenting som indikerar att någon student skulle markerat påståendefrågorna felaktigt på grund av en mer komplex förståelse. I enkät 2 ersatte jag därför frågan om katalysatorn med en fråga där studenterna får förklara vad växthuseffekt är. Genom att göra jämförelse mellan svaren i den öppna frågan och de slutna påståendefrågorna kan jag se om några studenter svarar motsägelsefullt.

I enkät 3 (bilaga 2) gjorde jag några förändringar dels beroende på att det kan vara tråkigt för studenterna att svara på exakt samma frågor flera gånger, dels utifrån resultat som kom fram vid analysen av de två första datainsamlingarna. De första tolv frågorna behöll jag men ändrade ordningen. Frågan om växthuseffekt behöll jag också. Fotosyntesfrågan och respirationsfrågan konstruerades om men testas samma sak som i de tidigare enkäterna. Jag konstruerade en fråga om nedbrytning och en om förbränning eftersom dessa frågor belystes i intervjuerna. Jag ville se hur hela studentgruppen besvarar frågor om dessa begrepp. Vid analysen av intervjuerna i andra datainsamlingen framkom att studenterna tycker att NO är intressant och roligt samtidigt som de uttryckte ganska negativa känslor för t.ex. kemisk formelskrivning och laborationer (se vidare resultatdelen). Detta gjorde att jag tillfogade några frågor om pH, kemiska symboler, kemisk reaktionsformler och experiment i syftet att testa studenternas förståelse för naturvetenskapliga modeller och metoder.

När jag valde de frågor som kom till i enkät 3 utgick jag från mina egna tankar om vad som är karaktäristiskt för de naturvetenskapliga ämnena. Det finns grundläggande begrepp och man arbetar med modeller och

¹⁵ LUMES Lund University Master Programme in Environmental Science

experiment. Kemiskt symbolspråk och formelskrivning är exempel på naturvetenskapliga modeller. Ett experiment karaktäriseras av att man besvarar en fråga genom att göra ett försök under kontrollerade former. Frågor om ekologiska begrepp finns med i samtliga enkäter och ingår i en av forskningsfrågorna. I enkät 3 får studenterna förklara också ett kemiskt begrepp – pH. Frågan är i motsats till de andra begreppsfrågorna formulerad så att de explicit ska förklara begreppet. Två frågor som kräver användning av modeller konstruerades – en handlar om att kunna ange namn och antal atomslag i en kemisk formel och en handlar om att skriva kemiska reaktionsformler för en förbränningsreaktion. Jag formulerade frågor relaterade till ett miljöinnehåll.

Intervjuer

Ett vanligt sätt att undersöka begreppsförståelse i naturvetenskap är att genomföra semistrukturerade och kliniska intervjuer i Piagetiansk tradition (Duit, Treagust & Mansfield, 1996). Det innebär att studenten blir ombedd att tänka högt om ett fenomen eller en händelse. Syftet är att undersöka studentens förståelse av begrepp och att följa studentens tankegångar (ibid). Eftersom den lärande konstruerar sin kunskap från en mängd olika erfarenheter måste man i intervjun komma ifrån en situation som liknar en lektion i naturvetenskap i skolan. Ställer man för öppna frågor kan den intervjuade känna sig hotad och ansatt. Å andra sidan kan slutna frågor signalera att det finns ett önskat svar och den intervjuades uppfattningar kommer inte fram lika bra. Genom att intervjua om händelser så kan man låta den intervjuade uttrycka sig fritt kring ett fenomen för att sedan fortsätta med uppföljningsfrågor (Carr, 1996). Genom att i intervjuerna resonera om ett fenomen och genom att lyssna på de intervjuades uppfattningar kan man försöka förstå hur de resonerar och vilka begrepp de använder (Duit et al., 1996). På så sätt kan frågorna belysas djupare och utförligare.

Intervjuerna inleds med att studenterna fritt berättar om sina upplevelser av utbildningen. Ansatsen i den mer kunskapsinriktade delen av intervjun är ideografisk i den meningen att svaren åtminstone i den första delen av intervjun inte jämförs med ett vetenskapligt svar utan studenterna uttrycker sina tankar kring fenomenet fritt. I intervjun diskuterar vi en autentisk händelse och studenterna har tillfälle att utveckla sin tankegång, ändra sig och göra tillägg. Senare övergår intervjun till mer konkreta frågor om förbränning och nedbrytning där jag

har min uppfattning om vad som händer som påverkar tolkningen. Jag försöker vara tydlig i hur jag har tolkat svaren och jag ger i resultatdelarna exempel på utsagor som ligger till grund för tolkningen.

Intervjuer av studenter

I intervju 1 (bilaga 3) frågar jag studenterna om varför de valt den utbildning de valt, vilka förväntningar de har på utbildningen, om deras syn på miljöundervisning och hur de tycker de lär sig på ett bra sätt. Sedan tar jag fram en tidningsartikel som diskuterar om det är etiskt riktigt att använda överskottsvärme från ett krematorium i fjärrvärmesystemet. I artikeln finns en intressekonflikt. Det finns tydliga naturvetenskapliga, samhällsvetenskapliga, tekniska, och etiska aspekter. Miljö och ekonomi kan diskuteras. Personerna i artikeln argumenterar utifrån olika normer, värderingar och kunskapsbakgrund. En närmare beskrivning av artikeln finns i kapitel 13.1. Jag ber studenterna kommentera artikeln. Därefter får de försöka sätta sig in i hur de skulle resonera om de var en person på tekniska förvaltningen eller om de var en präst. Till slut frågar jag om vad som faktiskt händer med kropparna i ett krematorium och vad som händer om man istället jordbegraver dem. Jag frågar också om de vet hur ett fjärrvärmeverk fungerar och vad man där kan använda för bränsle och vad som händer med detta vid förbränning.

Vid intervjutillfälle 2 (bilaga 3) diskuterar jag vad de lärt sig i kursen, hur nivån legat, vad de tror att det var meningen att de skulle lära sig från de olika illustrationerna och hur de vet detta och på vilket djup de lärt sig. Sedan frågar jag om vad de tycker om PBL som metod, hur den fungerat, hur grupperna fungerat, om handledarens roll och om resurstillfällena och examination. Därefter tar jag fram artikeln om krematoriet och ber dem kommentera den. Sedan får de ställa frågor som om den vore en illustration i PBL, och de får svara på hur de skulle hantera en sådan fråga om den av någon anledning kom upp i skolan. Till sist får de samma frågor som i intervju 1 om vad som faktiskt händer med kropparna vid förbränning, om man begraver dem, hur ett fjärrvärmeverk fungerar, vilka bränslen man kan använda och vad som händer med dessa vid förbränning.

I intervju 3 (bilaga 4) frågar jag studenterna hur de trivs med utbildningen, vad de tycker de har lärt sig i de fyra NO-kurserna som de läst

sedan den föregående intervjun, hur de lär sig och var de lär sig NO och om de fördjupat sina miljökunskaper. De får frågor kring sin syn på miljöundervisning och vilken NO de tycker är viktig i sådan. Vi diskuterar den eventuella nytta de haft av PBL-kursen i termin 1 och hur arbetssättet följts upp i senare NO-kurser. Innan vi åter går in på artikeln om krematoriet ställer jag några frågor kring ett slutet ekosystem. Jag har med en damejeanne i vilken jag organiserade ett ekosystem 1998. Efter några dagar satte jag i en propp i öppningen och sedan dess har det funnits levande växter i damejeannen. Jag ställer frågor om hur de kan överleva med följdfrågor kring processer som studenten tar upp. Sen frågar jag vad som kunde hända om jag lagt i väsentligt mer jord från början eller haft i mycket mer vatten. Jag vill med detta undersöka hur studenterna resonerar kring de ekologiska processer som testas i enkäterna och om de kan integrera fotosyntes, respiration och nedbrytning till kretsloppsresonemang. Studenterna är välbekanta med ett slutet ekosystem eftersom de själva konstruerat ett sådant som en del i PBL-kursen under termin 1. Damejeannen kan betraktas som en artefakt som hjälper studenterna i resonemanget. Resonemang kring vad som kan hända om... är exempel på orsak-konsekvens resonemang.

Därefter får studenterna artikeln om krematoriet. De får åter uttrycka sig spontant kring den. Jag ber dem argumentera för den åsikt de har. Sedan ber jag dem ta fram naturvetenskapliga argument. Jag presenterar därefter fler naturvetenskapliga argument och ber dem bemöta dem eller värdera dem beroende på den åsikt de framfört. Sen frågar jag vad som händer om man bränner kropparna eller om man begraver dem. Inför intervjuerna har jag gjort en sammanställning av hur studenterna har uttryckt sig när de kommenterat krematoriet i tidigare intervjuer och hur de svarat på frågor om vad som händer med kropparna vid kremering och vid jordbegravning. Studenterna får läsa sina svar och kommentera dem. Jag frågar om de ser någon utveckling av svaren. Jag har också sammanställt svaren om fotosyntes, respiration, nedbrytning och förbränning från enkäterna. Studenterna kommenterar dessa och får frågan om de ser någon kvalitativ skillnad i svaren och i så fall vilken. Till sist får de frågan om varför de uttryckt sig som de gjort på frågan om kemiska reaktionsformler.

Intervjuer av lärare

Jag intervjuade fyra av de fem basgruppshandledare som arbetat i NO1-kursen efter det att den avslutades hösten 99 (bilaga 5). Den femte personen slutade sitt arbete mitt i kursen och flyttade och kunde inte intervjuas. Hans arbete övertogs av en av de andra handledarna. Handledarna tillfrågas om tidigare erfarenheter av PBL och synpunkter på metoden och arbetet. Jag frågar om vilken utbildning de har, syn på miljöundervisning och vad de tycker att studenterna skulle lära sig av illustrationerna, om sin roll som handledare, om studenternas lärande och om den nivå som uppnåddes i kursen och om gruppen, gruppklimatet och arbetet i gruppen.

Efter NO2-kursen intervjuade jag de lärare som undervisat i kursen (bilaga 6). Lärarna berättar om kursens uppläggning och hur de organiserar undervisningen och varför. Jag frågar om hur PBL-kursen följs upp och hur miljöfrågorna och ämnesdidaktiken kommer in i kursen. Jag frågar om hur de bedömer studenternas förkunskaper och det de lär sig under kursen.

Alla intervjuer spelades in på band och transkriberades ordagrant av mig själv.

Observationer

Eftersom jag själv arbetat som basgruppshandledare i tidigare NO1-kurser och också i andra PBL-kurser i lärarutbildningen har jag förföreställningar om hur basgruppsarbete går till. Jag vet att basgrupper kan skilja sig åt en del, men samtidigt finns det stora likheter när det gäller kunskapsnivån. Jag ville skapa mig en bild av hur studenterna samtalar i en situation som PBL. Iakttagelser från observationerna kunde jämföras med mina egna erfarenheter som handledare och gav mig uppslag till frågor att diskutera med studenterna i intervjuerna. Jag valde ut en basgrupp under termin 1 och observerade den under 10 timmar. Basgruppen valdes av schematekniska skäl och för att den leddes av en erfaren handledare. Jag var med på fem basgruppsmöten à två timmar. Under dessa möten behandlades miljöfrågor. I de två första mötena behandlades en illustration som handlade om växthuseffekten. Möte tre och fyra behandlade en illustration som handlade om övergödning och försurning. Det femte mötet var det inledande om en illustration som handlade om vilka val man gör som konsument.

Gruppen bestod av sju personer – fem kvinnor och två män. Under mötena var jag observatör och satt utanför gruppen. Under det första mötet antecknade jag allt som sades. Möte två till fyra spelade jag in på band samtidigt som jag antecknade. Sedan transkriberade jag banden ordagrant. Även det femte mötet spelades in men eftersom studenterna arbetade med en kasse med varor från en livsmedelsbutik och rörde sig mycket fram och tillbaka i rummet blev upptagningen inte särskilt lyckad och jag transkriberade inte mötet. Jag förde anteckningar.

Skriftligt material

Genom att samla in skriftligt material som producerats av studenterna kan jag få ytterligare information om hur de uppfattar och förstår det kunskapsområde de studerar.

Studenterna skriver under NO1-kursen protokoll efter varje basgruppsmöte. Studenterna turas om att skriva protokoll. Detta trycks upp och distribueras till de övriga gruppmedlemmarna och handledarna. Ibland diskuteras protokollens innehåll i gruppen men detta sker inte konsekvent. Eftersom grupperna själva bestämmer hur protokollen ska hanteras samlar inte alla grupper dem systematiskt. Kvaliteten på skrivet material kan variera beroende på vem som skrivit protokollet och vilken funktion protokollet har för gruppen. Jag har samlat in nästan alla grupprotokoll. Eftersom studenterna själva hanterar protokollen skiljer det mellan grupperna på hur systematiskt de tas om hand. Därför saknar jag enstaka protokoll. Från NO2-kursen har jag tagit del av laborationsrapporter i kemi och fysik, ett kompendium med didaktikredogörelser i fysik och rapporter från studiebesök vid lantbruk samt projektredovisningar i teknikkursen.

7.4 Genomförande

Pilotstudie

Våren 1998 genomfördes en pilotstudie där en enkät testades på 21 studenter i termin två på grundskolläraprogrammet Ma/NO 1-7. Fyra studenter i termin fyra ritade begreppskartor kring frågan *Var kommer maten du äter ifrån och vart tar den vägen?*. Fyra studenter i termin fyra intervjuades om tidningsartikeln om krematoriet. På grundval av resultatet utformades enkät ett (bilaga 1) och jag fann att artikeln om

krematoriet var användbar. De studenter som var med i pilotstudien har inte senare medverkat i undersökningen.

Avhandlingsstudie

På ett informationsmöte för de nya studenterna hösten 1999 berättade jag om mitt forskningsprojekt och frågade om de ville delta i studien. Jag fick ett jakande svar och några tillfällen schemalagdes några veckor senare för genomförande av den första enkäten. Vid dessa tillfällen delade jag själv ut enkäten och fanns i klassrummet medan studenterna bevarade frågorna. De studenter som inte var närvarande ringde jag upp, bestämde ny tid och fick på så sätt in ytterligare några svar. Sammanlagt fick jag in 60 svar av 79 möjliga. Vid enkättillfälle två våren 00 uppsökte jag de tre klasser som studenterna var indelade i och berättade att var dags att genomföra enkät två. Vi kom överens om en lämplig tidpunkt och enkäterna genomfördes som planerat i två klasser. I den tredje klassen uppstod ett missförstånd om tidpunkten och jag lät studenterna ta med enkäten med löfte om att lägga den i mitt fack. Då fick jag endast in 10 av 28 svar. Jag påminde de studenter som inte besvarat enkäten flera gånger genom att söka upp dem på lektioner och genom att ringa till dem. Totalt fick jag in 49 enkätsvar av totalt 75 möjliga.

Inför enkättillfälle tre i november 01 sökte jag ånyo upp studenterna och berättade att det var dags för en ny enkätomgång. Vi kom överens om att jag skulle schemalägga ett tillfälle i varje klass vilket jag också gjorde. Under de terminer som gått hade några studenter avbrutit utbildningen eller gjort studieuppehåll. Av den ursprungliga gruppen fanns 62 studenter kvar. Av dessa besvarade 47 enkäten. Några studenter hade kommit till i gruppen efter studieuppehåll men de besvarade inte enkäten. Av de studenter som är kvar i utbildningen är det fem studenter som inte besvarat någon av enkäterna.

Det finns ingenting som tyder på att det skulle finnas ett systematiskt bortfall i enkätsvaren. Arzi (1988) skriver att det ofta är elever med svaga studieprestationer som inte besvarar enkäter eftersom de oftare inte är närvarande i skolan. Nu är det studenter som ingår i min undersökning och det har funnits olika skäl till att vissa inte besvarat enkäten, men det finns inget som tyder på att dessa skulle ha sämre studieresultat.

Enkäterna var numrerade och hade en vidhäftad lapp med samma nummer där studenten skrev sitt namn. Jag skilde sedan namnlappen från resten av enkäten. Jag kom överens med en av handledarna om att få vara med i en basgrupp under arbetet med de illustrationer som behandlade miljöfrågor i första terminens NO1-kurs. Basgruppen tillfrågades och jag fick deras medgivande att vara med i gruppen som observatör.

För intervjuerna valde jag i ut alla personer som ingick i den basgrupp jag valt ut för observation. En student ville inte bli intervjuad. Han har senare begärt studieuppehåll. En student var långvarigt sjuk under våren och kunde inte intervjuas vid tillfälle två. En av de studenter som intervjuades i omgång 1 och 2 avbröt därefter studierna och är alltså inte med i intervjuomgång 3. Jag fyllde på med personer framför allt från samma klass och med några män från de övriga klasserna. När jag valde ut studenter som inte ingick i basgruppen gjorde jag det på praktiska grunder. Jag ringde runt och dem jag fick tag i och som kunde när jag kunde bestämda jag tid med. I första intervjuomgången ingick 20 studenter. Av dessa fortsatte jag med 15. Det var tidskrävande att genomföra intervjuerna. Tidpunkten måste ligga i anslutning till lektioner för att inte ta för stor del av studenternas tid i anspråk. Några studenter glömde den avtalade tiden, var sjuka eller fick förhinder och vi fick avtala ny tid. Studenterna var inte schemalagda alla dagar. Det betydde att genomförandet av intervjuerna sträckte sig över tid. Under första terminen innebar det att de som intervjuades samtidigt deltog i kursen och de sista intervjuerna genomfördes sent i kursen. Vid det andra intervjutillfället läste studenterna matematik och NO1-kursen var avslutad för alla i januari. Intervjuerna genomfördes under april och maj 2000. Intervjutillfälle tre genomfördes mellan november 2001 och januari 2002 efter att NO2-kursen avslutats. Studenterna läste då matematik och PPU. Intervjuerna genomfördes i mitt arbetsrum, i ett tomt klassrum eller vid några tillfällen i en avskild del av matsalen på lärarhögskolan.

De studenter som intervjuades är både män och kvinnor, har olika bakgrund från gymnasiet och varierande ålder. Två studenter har invandrarbakgrund. En student har dyslexi. I texten i resultatdelen kallas studenterna vid namn. Namnen är fingerade. Jag kontrollerade att

den utvalda studentgruppens enkätresultat representerade hela gruppens.

Både vid intervjuer med studenter och lärare utgick jag från ett frågeformulär som jag gjort upp i förväg. Frågorna fungerade som stöd vid intervjuerna och jag följde inte mallen slaviskt utan förde ett samtal med den intervjuade utifrån huvudfrågorna. Samtalen kunde ta litet olika vändning beroende på de svar jag fick. Trots att jag kontrollerade mot protokollet har jag missat någon fråga med någon person.

De lärare som intervjuats är också kolleger till mig. Ingen av studenterna ingår i någon av mina undervisningsgrupper.

7.5 Sammanställning av det empiriska materialet

Enkät 1 60 svar före NO1 hösten 99

Enkät 2 49 svar efter NO1 våren 00

Enkät 3 47 svar efter NO2 hösten 01

Intervju av 20 studenter under NO1 (30 - 45 minuter) hösten 99

Intervju av 14 studenter efter NO1 (50 - 70 minuter) våren 00

Intervju av 14 studenter efter NO2 (50 - 90 minuter) hösten 01

Intervju av 4 basgruppshandledare i NO1 (45 - 60 minuter) våren 00

Intervju av 5 lärare i NO2 (30 minuter) våren 01

Intervju av 7 lärare i NO2 (30 minuter) hösten 01

Observationer 10 timmar i NO1 hösten 99

Grupprotokoll från NO1

Laborationsrapporter i kemi och fysik NO2 samt didaktisk redovisning i fysik.

Redovisningar av studiebesök vid jordbruk och projektredovisningar om en teknisk arbetsplats i teknik

De viktigaste data för studien är enkäter och studentintervjuer. Lärarintervjuer och observationer har framför allt gett mig kunskaper om utbildningen som varit till hjälp i formulerandet av intervjufrågor. En översikt över utbildningen finns i tabell 2, kapitel 3.1.

7.6 Analys utifrån forskningsfrågorna

1. Hur upplever studenterna undervisningen och sitt eget lärande i de naturorienterade kurserna d.v.s. NO1 och NO2?

Intervjuerna analyseras så att jag tolkar det gruppklimat som utvecklas i NO1-kursen, vilken roll studenten intar i de olika kurserna, hur de upplever kurserna med avseende på innehållets relevans och svårighetsgrad. Jag skaffar mig en överblick över hur miljöfrågorna kommer in i utbildningen. I intervjuerna ställer jag frågor om studenternas syn på sitt yrkesval, förväntningar på utbildningen, vad de lär sig i kurserna, hur de ser på sitt eget lärande och deras upplevelser av innehåll, metod och svårigheter och syn på didaktik. Utifrån svaren tolkar jag studenternas inlärningsprojekt (Halldén, 1982). Genom att fråga handledare och lärare om vad de vill med kurserna, hur de arbetar i kurserna och hur de bedömer att arbetet fungerar försöker jag formulera vilket inlärningsprojekt lärarna har för studenterna.

2. Hur utvecklas studenternas förståelse av för miljöfrågor relevanta naturvetenskapliga begrepp under utbildningens första fem terminer?

Frågorna i enkäten besvaras som tidigare framgått av hela studentgruppen och frågorna i intervjuerna av den mindre gruppen. Begreppen respiration och fotosyntes testas i alla tre enkäterna och i den tredje enkäten tillkommer begreppen nedbrytning och förbränning. Man kan också dra vissa slutsatser om studenternas förståelse av materia och energi av hur de svarar i enkäterna. Enkätsvaren kategoriseras. Kategoriseringen redovisas vid resultatet för respektive fråga i kapitel 10. Enkätsvaren ger en grov bild av hur studentgruppen som helhet utvecklar sin förståelse för de undersökta begreppen.

I intervjuerna talar studenterna fritt om en situation – krematoriet. Jag noterar om och hur de använder naturvetenskapliga begrepp. Jag ställer explicita frågor om ett slutet ekosystem och om vad som händer med kropparna i krematoriet och vid jordbegravning. Genom att jämföra och kombinera studenternas svar på enkäterna med hur de diskuterar och svarar i intervjuerna analyserar jag deras förståelse av de naturveten-

skapliga begreppen på ett mer komplext sätt än jag kan göra enbart utifrån enkätsvaren.

3. Hur utvecklas studenternas resonemang i komplexa frågor?

Det finns som jag tidigare beskrivit flera aspekter av förmåga att resonera om komplexa frågor. I min studie undersöker jag följande aspekter.

Att använda orsak-konsekvens tänkande.

I orsak-konsekvenstänkande ingår dels att se direkta orsaker till direkta konsekvenser, dels att se konsekvenser i flera led samt att ha nyanserad bild såtillvida att en orsak kan ha olika konsekvenser vid olika tillfällen. Frågorna 1, 2, 3, 4, 5, 8 och 11 i enkät 1 och 2 (annan ordning i enkät 3) testar om studenterna kan skilja på orsaker till, och konsekvenser av, två stora globala miljöproblem. Fråga 7 och 12 testar på ett annat sätt förståelse för komplexa frågor eller eventuella begränsningar i ett sådant t.ex. att man tror att om något är bra för miljön som att köra med blyfri bensin och katalysator, så är detta generellt bra och hjälper mot alla miljöproblem. I fråga 6 testas samma sak fast på motsatt sätt. Om man uppfattar kärnkraften som ett miljöhot kan det kanske innebära att man inte kan se några positiva miljöeffekter. I fråga 10 måste man tänka i mer än ett led för att kunna svara. Om växthuseffekten ökar så stiger temperaturen och då bör skadedjur bli ett större problem inom jordbruket. För varje fråga beräknas jag hur stor andel av studenterna som markerat korrekt svarsalternativ. Antal korrekta markeringar för varje student och medelvärdet för gruppen har beräknats. I frågan om växthuseffekten i enkät två och tre kategorisas svaren. Kategoriseringen redovisas i kapitel 12 i anslutning till resultatredovisningen.

Att förklara ett komplext begrepp.

I enkäterna testas om studenterna kan förklara begreppet växthuseffekt. Svaren har kategoriserats och kategorierna framgår i resultatdelen – kapitel 12.

Inse att en fråga måste belysas med flera ämnesområden för att förstås och att kunna identifiera dessa

I enkät 1 och 2 ombeds studenterna att rita en begreppskarta som ett svar på frågan *Var kommer maten du äter ifrån och vart tar den vägen?* I enkät 3 får studenterna rita en begreppskarta över ämnet *Bilen och miljön*. I analysen av frågorna identifierar jag hur många ämnesområden som studenterna har med. Jag går genom bilderna och noterar alla ämnesområden som är med varpå jag räknar och benämner alla de områden som varje student tar med i sina bilder. I frågan om bilen identifierar jag underområden. Ämneskategorierna framgår av resultatdelen. Jag gör i princip likadant med intervjusvaren om krematoriet. Jag räknar antalet ämnesområden som är med då studenterna talar spontant om artikeln, ställer frågor som om den var en PBL-illustration och när de berättar hur de skulle kunna arbeta med den skolan.

Kunna identifiera intressekonflikt och att definiera olika intressenter i en sådan och vilka argument de kan bygga på

I analysen av intervjuer noterar jag om studenterna spontant uttrycker intressekonflikten angående krematoriet och/eller om de gör det i samtal med mig. När studenterna ombeds att sätta sig in i de olika aktörernas situation noterar jag om de kan och vill argumentera för någon som inte delar deras åsikt. Jag noterar också om de kan välja bland de argument som finns för att övertyga en person med andra uppfattningar än man själv.

4. Kan svaret på fråga 1 bidra till förståelse av utfallet på fråga 2 och 3?

Efter det att jag definierat studenternas och lärarnas inlärningsprojekt och sammanställt resultaten av studenternas kunskaper har tillämpar jag teorierna om intentionellt lärande och tolkningar i olika kontext för att förklara utfallet (Halldén & Wistedt, 1998; Wistedt, 1998; Halldén et al., 2001; Lundholm, 2001a). Utifrån de inlärningsprojekt som jag tolkar att studenterna har och den diskrepans som kan finnas mellan studenternas och lärarnas inlärningsprojekt försöker jag förklara hur studenterna tolkar krav och förväntningar i utbildningen. Jag beskriver det gruppklimat som finns och de roller studenterna intar i kurserna utifrån inlärningsprojekten. Jag kopplar detta till vad studenterna lär sig i de naturvetenskapliga kurserna.

Det har blivit tydligt för mig att studenternas tolkningar av frågorna kan ha betydelse för hur de svarar. De tolkar förmodligen de frågor jag ställer till dem i enkäter och intervjuer i olika kontext (Wistedt, 1998). Jag kommer framför allt att diskutera studenternas tolkningar av frågorna i tre olika kontext. Den första kontexten är en teoretisk naturvetenskaplig kontext. Med det menar jag att studenterna uppfattar att de ska svara med ett naturvetenskapligt språk och sätt att uttrycka sig. Den andra kontexten är en vardagskontext, d.v.s. hur vi använder uttryck som materia och energi i vardagssituationer. Begreppen fungerar kanske alldeles utmärkt i vardagskontexten, men passar inte om man ska göra en naturvetenskaplig förklaring. Den tredje kontexten ligger mellan vardagskontexten och den naturvetenskapliga kontexten och jag kallar den skolkontext. Med skolkontext menar jag förenklade naturvetenskapliga förklaringar som man ofta ser i läroböcker. En skolkontext anger både en svårighetsnivå och en innehållsaspekt.

Genom att jämföra enkätsvaren i enkät 3 mellan frågorna om respiration, nedbrytning och förbränning får jag en indikation på om studenterna kan se likheterna i frågorna eller om de svarar i olika kontext beroende på frågan. I intervjuerna jämför jag hur studenterna talar om krematoriefrågan när jag indikerar olika kontext genom mitt sätt att fråga. I den tredje intervjun får studenterna kommentera några av sina egna enkätsvar och tidigare intervjuutdrag.

7.7 Kvalitetskriterier

I kvantitativa undersökningar används begreppen validitet och reabilitet för att pröva giltighet och tillförlitlighet i undersökningarna. I kvalitativa undersökningar är tolkningen av utsagorna väsentlig vilket innebär svårigheter att diskutera i termer av validitet (Larsson, 1994). Kvale (1989) menar dock att man kan bredda begreppet så att det blir användbart i kvalitativa undersökningar. Larsson (1994) skriver att gränsen mellan kvalitet och validitet är oskarp och föreslår istället ett antal kvalitetskriterier som jag finner användbara. De kriterier jag tar upp här är perspektivmedvetenhet, diskurskriteriet och empirisk förankring. I metoddiskussionen i kapitel 15 tar jag upp ytterligare några kriterier.

Perspektivmedvetenhet

Att jag är förankrad i begreppsforskningen är tydligt i mina forskningsfrågor. Jag gick in i forskningsarbetet med stark övertygelse att det finns begrepp som är viktiga för att förstå miljöfrågorna. Att jag ser miljöfrågorna som större än naturvetenskap indikeras av att jag i en forskningsfråga vill veta hur studenterna utvecklar komplext tänkande och om de naturvetenskapliga begreppen blir goda redskap för dem i förståelsen av komplexa miljöfrågor. Jag har redovisat min teoretiska tolkningsram – socialkonstruktivistisk lärandeperspektiv och intentionell analys med tolkning i flera kontext. Dessutom har jag i kapitel 1 beskrivit sådana personliga erfarenheter som kan ha betydelse för tolkningen. De undersökningar jag redovisar i kapitel 5 har förankring i ett individuellt lärandeperspektiv. Jag har noggrant redogjort för hur jag gått tillväga i datainsamling och analys.

Diskurskriteriet

Med diskurskriteriet menar Larsson (1994) att påståenden och argument klarar sig vid prövning mot alternativa tolkningar. Genom att låta kolleger – både de som deltagit i studien och andra läsa och kommentera resultaten och analyserna kan jag undersöka om så är fallet. Också studenter har kunnat ta del av resultaten och kommentera dessa.

Empirisk förankring

Genom att testa begreppsförståelsen både i enkäter och genom olika frågor i intervjuerna där jag kan jämföra svaren ökar tillförlitligheten i tolkningarna. Under observationer i NO1-kursen i en basgrupp kan jag få reda på hur studenterna samtalar om naturvetenskapliga begrepp. Grupprotokollen ger information om vilka frågor grupperna ställer och hur de besvarar dem. Jag har diskuterat både kategorier och kategorisering av enkätsvaren med mina kolleger vid lärarutbildningen. Det finns ett problem i att mäta hur komplext studenternas resonerar. I kapitel 3 har jag redogjort för vad jag inkluderar i förmåga att resonera komplext. I den här studien mäter jag endast några aspekter på detta och kan således inte skaffa mig en fullständig bild av studenternas förmåga att föra komplexa resonemang. Genom att underbygga de tolkningar jag gör med relativt många utdrag ur utsagorna kan läsaren ta ställning till dessa. Jag redovisar också utsagor som går emot huvudtrenden och där studenternas svar är motsägelsefulla. Jag relaterar resultaten till annan forskning.

Det finns problem i att generalisera resultatet av en undersökning som denna. Jag kan beskriva hur just de här studenterna resonerar om några situationer och jag kan beskriva förutsättningarna som utvecklats i gruppen och hur studenterna resonerar kring sitt lärande. Därmed kan var och en fundera över hur utbildning i naturvetenskap kan utvecklas och förbättras.

Jag har en god kunskap om utbildningen eftersom jag själv arbetat med den tidigare och jag har utifrån mina egna erfarenheter bildat mig uppfattningar om studenters kunskaper, kurskrav etc. Genom att intervjua både lärare och studenter om utbildningen, genom att observera undervisning och genom att visa den empiri jag bygger mina slutsatser på i den här studien minskar jag risken med att bygga tolkningarna på min egen tysta kunskap istället för på empiri. Möjligen innebär det ett problem att de intervjuade lärarna är mina kolleger. Det finns en risk att omedvetna överenskommelser styr dels valet av frågor, dels hur kritiskt frågorna ställs. Lärarintervjuerna används främst för att ge mig kunskap om utbildningen och underlag till intervjufrågor till studenterna.

7.8 Formalia

I alla intervjuer betecknar I: intervjuaren, S: studenten, H: handledaren i NO1-kursen och L: läraren i NO2-kurserna. När någon av de intervjuade studenterna eller lärare nämner någon person vid namn har jag ersatt namnet med NN. I citaten markerar /.../ att en del av utsagan tagits bort. Mellanrader anger att paus uppstår i samtalet. I utdragen från intervjuerna anger jag i vilken intervju utsagan hämtats med Int. 1, Int. 2 respektive Int. 3. På samma sätt står E1, E2 och E3 för de olika enkäterna. I utdragen från intervjuerna har jag stramat upp talspråket något när så har varit nödvändigt för läsbarheten. Det betyder att jag tagit bort hummande och ljud som t.ex. mmm och jag har fyllt i ord som halvt uttalats. De forskningsetiska regler som utformats av HSFR (1996). Jag har också tagit del av personuppgiftslagen och anmält uppbyggande av personregister till Göteborgs universitet.

8. Studenternas intentioner med utbildningen

8.1 Studenternas och lärarnas intentioner med utbildningen kan vara olika

Under de två första intervjuomgångarna blev jag uppmärksam på att studenterna och jag möjligen har olika syn på målet för vilken naturvetenskap som ska läras och på vilket djup den ska läras i utbildningen. I den andra intervjuomgången när vi pratade om PBL-kursen uttryckte flera studenter i diskussionen om vad djup är och vilken nivå som är lagom i studierna att t.ex. kemisk formelskrivning och atomer och molekyler är för svårt. Andra studenter sa att laborationer är besvärligt. Tydligt ser man inte formelskrivning som en modell som kan hjälpa en i förståelsen utan det verkar snarare finnas en motsättning mellan förståelse och att skriva formler såsom, Lisa uttrycker det. Flera studenter återkommer i olika avsnitt i intervjuerna till sitt kommande yrke och vad som är relevant för detta. De följande utsagorna får illustrera.

Malin

S: Jag har kontakter med andra som läst. Och när vi gick in på molekyler och kvarkar och sånt. Då tyckte jag det blev väl magstarkt eftersom jag visste jag att det var fel nivå. Det är faktiskt 1-7 lärare vi ska bli. (Int. 2).

Lisa

S: Fotosyntesen och förurning. Det gjorde vi lite grand. Jag kan nog tycka att ska man förklara. Nu i och med att vi går 1-7 så tycker jag inte att man ska gräva ner sig i formler utan det är bättre att man ska kunna förklara i ord vad det är.

I: Jag funderade på om det kunde vara en hjälp i ert eget tänkande.

S: Jag tycker för min egen del litet grand. Men inte för mycket för jag tycker det är viktigare med förståelse. (Int. 2).

En av lärarna i NO2 säger att ambitionen är att studenterna utvecklar ett naturvetenskapligt tänkande men känner sig tveksam till om de verkligen gör det. Detta fick mig att inse att lärarna och studenterna kan

ha olika intentioner med utbildningen. Det är kanske så att studenterna inte alls har utveckling av naturvetenskapligt tänkande som mål för sin utbildning.

8.2 Gruppens syn på naturvetenskapliga modeller – en följd av deras intention med utbildningen?

I den tredje enkäten tillfogades några frågor avsedda att testa hur studenterna kan använda naturvetenskapliga modeller. Svaren kategoriserades såsom framgår av resultatredovisningen vid respektive fråga. I alla tabeller här och i kapitel 10 och 12 redovisas svarsfrekvensen i procent av studentgruppen. Eftersom antalet studenter som besvarat enkäten kan vara så lågt som 47 är det diskutabelt om man kan använda procent. Att jag ändå har gjort det är för man tydligare ska kunna jämföra studentgruppen vid olika tillfällen i utbildningen. Siffrorna gäller endast för denna speciella studentgrupp och säger ingenting om studenter i lärarutbildning i allmänhet.

pH

I de skånska slättsjöarna ligger pH ofta runt 8 under vår och sommar. I småländska skogssjöar är det vanligt med ett pH runt 5. Förklara den kemiska skillnaden mellan två sådana pH-värden.

Studenterna förklarar skillnaden mellan pH-värdena med olika kalkhalt i marken eller i termer av sur och basisk. Dessa svar är inte felaktiga, men de besvarar inte frågan. Det är 15 % som tolkar frågan som att de faktiskt ska förklara den kemiska skillnaden mellan pH-värdena. Min förklaring är studenterna tolkar frågan i en skolkontext. Det är bättre att förklara för eleverna om olikheterna i markförhållandena mellan Skåne och Småland och att pH mäter surhetsgrad än att gå in på vätejonskoncentration.

Tabell 3. Hur studenterna förklarar den kemiska skillnaden mellan två pH-värden. Enkät 3.

Kategori	Andel studenter (%). Enkät 3. n=47
0 Inget svar	6
1 Det har med kalk i marken att göra. I Skåne finns det mer kalk i marken.	32
2 Beskriver i termer av sur eller basisk. Sjön i Småland är surare eller att pH 5 är surt och pH 8 basiskt.	47
3 Beskriver att pH anger vätejonskoncentration. Skriver oftast att hög koncentration innebär lågt pH eller motsvarande.	6
3 Beskriver att pH anger vätejonskoncentration och förklarar pH-skalan.	9

En kemisk formels sammansättning

Vid kalkning av sjöar använder man ofta kalciumkarbonat, CaCO_3 . Vilka atomslag och hur många av varje slag innehåller föreningen. Ange med ord.

De flesta studenterna men inte alla kan ange namn på atomslag och antalet atomer eller proportionerna mellan atomslagen i en kemisk förening.

Tabell 4. Hur studenter besvarar en fråga om atomslag och antal atomer i kalciumkarbonat, CaCO_3 . Enkät 3.

Kategori	Andel studenter (%). Enkät 3. n=47
0 Felaktigt svar	17
1 Namn på atomslagen eller antalet atomer rätt angivet	8
3 Både rätt namn på atomslagen och rätt antal	75

Kemiska reaktionsformler

Eldning med svavelhaltig olja bidrar till försurningen av mark och vatten. På vilket sätt? Skriv reaktionsformler som förklarar hur detta går till.

Eftersom syftet är att undersöka hur studenterna förhåller sig till att använda kemiska reaktionsformler är detta den huvudsakliga grunden

för kategoriseringen av svaren. Den andra grunden är om studenterna kan ange varför försurande ämnen bildas vid förbränning av olja. I en del av svaren som kategoriserats som något så när riktigt finns det vissa felaktigheter eller mindre misstag. T.ex. så skriver någon student att det bildas svaveldioxid som sedan blir svavelsyra i reaktionen med vatten, vilket är något så när riktigt. Däremot har svar där studenten i ord eller formler endast svarat att det bildas svaveldioxid inte bedömts som något så när riktiga. Det räcker inte som förklaring till den försurande effekten. Det är dock få studenter som svarar så. Resultatet visar att få studenter kan använda kemiska reaktionsformler för att beskriva en förbränningsreaktion.

Det är 30 % av studenterna som väljer att inte besvara frågan. Det är en minoritet, 21 %, som svarar med att skriva reaktionsformler. Av dessa är det endast 3 studenter som svarat riktigt. Det motsvarar 6 % av hela studentgruppen. Av dem som inte tagit med kemiska beteckningar utan förklarat vad som händer med ord är det en student som gör detta på ett riktigt sätt. Det betyder att 8 % av studentgruppen förklarar att det bildas svaveldioxid eller svaveltrioxid när svavlet i oljan reagerar med syret i luften och att det genom reaktion med vatten bildas svavel-syrlighet eller svavelsyra. Nu kan det vara så att några av de studenter som valt att inte besvara frågan har gjort detta för att de inte kan skriva kemiska reaktionsformler. De kan kanske förklara reaktionerna med ord, men tagit fasta på vad som faktiskt efterfrågas.

Tabell 5. Hur studenter förklarar varför det bildas försurande ämnen vid förbränning av svavelhaltig olja. Enkät 3.

Kategori	Andel studenter (%) Enkät 3. n=47
0 Inget svar	30
1 Svarat med ord och felaktigt	47
2 Svarat med ord något så när riktigt	2
3 Svarat med ord med inslag av formler och fel	11
4 Svarat med ord med inslag av formler något så när så när riktigt	6
5 Svarat med kemiska reaktionsformler och fel	4
6 Svarat med kemiska reaktionsformler och något så när så när riktigt	0

De studenter som ingår i den grupp som intervjuats har svarat olika i enkät 3. Alla svarskategorierna (utom 6) finns representerade i gruppen. I intervju 3 frågar jag varför de svarar som de gör i enkäten. De svarar att de inte kan, inte kommer ihåg eller att det är sådant man pluggar inför tentan och det kan man inte ta fram i ett sådant här sammanhang. Emma säger att hon tycker att det är viktigt att kunna känna igen en reaktionsformel och i stora drag förstå vad den står för men ser ingen anledning att själv kunna skriva reaktionsformler med tanke på det kommande yrket. Flera uttrycker som Mattias att det är bra redskap om man kommer ihåg dem. Jag tolkar det som att man ser formelspråket som en slags förkortningar som gör att det förenklar skrivandet om man minns dem, men inte bidrar till förståelsen av kemi. Att sätta upp en formel och se hur många atomer det finns och på så sätt fundera över reaktionerna är inte aktuellt. Åsa skriver att svavel och syre reagerar till svaveldioxid med kemiska formler. Hon klarar formelskrivandet och tycker att det är bättre sätt att uttrycka sig än med ord. Anledningen till att hon inte skriver en reaktionsformel, där svaveldioxiden reagerar med vatten till svavelsyrighet, är att hon inte vet att det är det som sker.

Mattias

I: Reaktionsformler. Varför skriver du då med ord?

S: Därför att jag kommer inte ihåg det.

I: Varför kommer man inte ihåg dem?

S: Ja men så är det ju med formler. Det kommer man sällan ihåg om man inte använder dem.

I: Ni har inte använt dem så mycket?

S: Nej, men det får man ändå alltid ta. Det gäller att skapa förståelse. Sen kan man skita i formlerna. Eller man behöver ju inte alltid skita i dem, men de är ju väldigt mycket enklare att härleda om man förstår dem.

I: Och det är ju det som är det viktiga.

S: Ja, just det.

I: Jag ville se om formlerna blivit ett redskap för er. För man kan ju tänka att formlerna är ett enklare sätt att uttrycka det.

S: Definitivt.

I: Jag skulle hellre skriva en formel än ord.

S: Så gör jag också om jag kan formeln. Om jag kommer ihåg den så är det mycket enklare att skriva. (Int. 3)

Att hitta på ett experiment

Hitta på ett experiment som du som lärare kan göra för att underlätta för eleverna att förstå begreppet växthuseffekt.

20 % av studenterna besvarar inte frågan. En grupp studenter vars svar placerats i kategori 1 beskriver experiment eller aktiviteter som inte har med växthuseffekten att göra. Exempel på detta är experiment som visar att vatten avdunstar och ljusets reflektion mot en vitmålad yta. De flesta beskriver inte något experiment utan en aktivitet. Den vanligaste aktiviteten är att man ska bygga ett växthus. Det står ingenting om varför det skulle underlätta förståelsen av växthuseffekten eller vad man vill undersöka eller visa. Att bygga ett växthus kan lika gärna vara en övning i att spika eller mäta som ett experiment. Svaren i kategori 3 beskriver förutom aktiviteten en undersökning som kopplas till denna t.ex. att man ska känna att det blir varmt inne i växthuset eller att man ska mäta temperaturen. I kategori 4 innehåller svaret förutom aktiviteten/experimentet en förklaring av vad man vill visa med experimentet. Jag har också definierat en kategori 5. Inga svar bedömdes tillhöra den kategorin.

Tabell 6. Hur studenterna svarar när de ska beskriva ett experiment som underlättar förståelsen av växthuseffekten. Enkät 3.

Kategori.	Andel studenter (%) Enkät 3. n=47
0.Inget svar	20
1 Skriver om en aktivitet som inte har med växthuseffekten att göra t.ex. vattnets kretslopp	17
2 Beskriver en aktivitet tex. att bygga ett växthus.	30
3 Beskriver en aktivitet eller en undersökning med tillägget att man gör en undersökning t.ex. att bygga ett växthus och mäta temperaturen innanför och utanför växthuset.	23
4 Beskriver en aktivitet eller ett experiment och vad man vill komma åt med experimentet. T.ex. att bygga ett växthus för att visa på in- och utstrålning	11
5 Beskriver ett experiment, vad man vill komma åt med experimentet och hur man gör detta.	0

Resultat och diskussion om frågorna om naturvetenskapliga modeller

Resultatet visar att majoriteten av studenterna lärt sig att känna igen vanliga atomslag och hur man anger antalet atomer i kemisk formel. De flesta studenterna förklarar den kemiska skillnaden mellan två pH-värden med att förklara varför det kan vara surare i Småland än i Skåne eller att nöja sig med att ett lågt pH betyder surt och pH över 7 betyder

basiskt. Ett fåtal studenter kan skriva kemiska reaktionsformler för att beskriva en förbränningsreaktion. De valda reaktionerna kan inte betraktas som särskilt svåra eller ovanliga. En oxidation när svavel reagerar med syre och en reaktion mellan en oxid och det välkända ämnet vatten och att det i det här fallet bildas en syra är exempel på reaktioner som studenterna mött flera gånger under sin utbildningstid i skola och högskola. Studenterna beskriver inte experiment på ett sådant sätt som jag tycker förklarar varför man gör ett experiment. Nästan ingen skriver att de vill visa någonting och därför väljer att göra ett experiment på ett visst sätt. Man kunde tänkt sig att någon student visat på betydelsen av variabelkontroll vid beskrivningen av experiment. Frågan inbjuder kanske inte till att beskriva ett experiment med variabler.

Jag hyser inte det ringaste tvivel om att alla studenterna skulle kunna lära sig detta om de inte redan kan det. En kemilärare säger i intervjun att det är ganska enkelt att lära sig att skriva reaktionsformler och ser inte något skäl till att studenterna inte skulle klara detta. Man undrar då varför de inte besvarar dessa frågor på ett förväntat sätt. pH är ett viktigt begrepp i kemikursen, och de har tränat att skriva reaktionsformler för förbränningsreaktioner. I alla fyra kurserna i NO₂ är experimentell verksamhet en viktig bas för lärandet, och studenterna har dessutom arbetat med att ta fram experiment i fysikdidaktiken. Min tolkning är att resultatet speglar studenternas syn på betydelsen av kunskaperna snarare än deras förmåga att lära sig detta. Studenterna ser inte poängen med att kunna skriva reaktionsformler eller hitta på egna experiment för att öka förståelsen för naturvetenskapliga fenomen. De ser inte att de kunskaperna är relevanta för att arbeta med elever i de tidiga skolåren. Jag tror att studenterna tolkar det innehåll de möter i utbildningen i förhållande till den nytta de tror att de kommer att ha av det i sitt arbete. Intentionen med utbildningen påverkar både vilken kontext de väljer att tolka frågorna i och vad de väljer att lära sig.

Utifrån den utgångspunkten är det rimligt att de tolkar frågan om pH i en annan kontext än den teoretiskt naturvetenskapliga. Det är riktigt att det finns mer kalk i marken i Skåne än i Småland, och det är också riktigt att pH under 7 är surt. Men i den naturvetenskapliga kontexten tolkas uppgiften som att man ska förklara skillnader i vätejonskoncentrationen. Om intentionen är att arbeta som lärare kan det verka mer

meningsfullt att förklara varför pH skiljer sig i sjöarna i Skåne och Småland eller att veta vad pH-skalan grovt visar än att förklara den kemiska skillnaden mellan pH-värdena d.v.s. en tolkning av uppgiften i en skolkontext. Det är också rimligt att inte lära sig att skriva kemiska reaktionsformler eftersom studenterna gör bedömningen att det aldrig kommer att vara aktuellt för dem som lärare för yngre elever.

Det kan vara så att studenterna tolkar frågan om experimentet i en skolkontext. Vad gör man konkret i skolan om man vill öka förståelsen för växthuseffekten? Jo, man bygger ett växthus. Sedan är det en senare fråga vad man använder växthuset till och vilka experiment man genomför. I en naturvetenskaplig kontext tolkas frågan som att man ska beskriva hur man löser en fråga experimentellt. Helst förklarar man vilka variabler man arbetar med och hur man kontrollerar dessa.

8.3 Alla studenterna har ett övergripande inlärningsprojekt: Att bli lärare för yngre elever

Jag har tolkat de resultat som exemplifieras i 8.2 som att studenternas inlärningsprojekt (Halldén, 1982) är att bli lärare för yngre elever. I den tredje intervjun efterlyste studenterna flera gånger mer skolanknytning i kurserna vilket stödde mitt antagande. När jag blev uppmärksam på studenternas inlärningsprojekt gick jag tillbaka till de första intervjuerna där jag frågade om studenternas yrkesval och förväntningar på utbildningen. I intervjuomgång 1 intervjuade jag 20 studenter. Alla utom två svarar först med att de vill bli lärare eller arbeta med barn. Flera säger att de alltid eller sedan lång tid tillbaka velat bli lärare. De vill arbeta med barn, förmedla kunskaper och en student känner att hon har något att ge i motsats till de lärare hon självt mött i skolan. Flera studenter har arbetat med barn i barnomsorg, som fritidsledare eller som ungdomsledare. En student säger att han inte är riktigt säker men är intresserad av matematik och idrott. Han har senare avbrutit studierna. En student säger att hon länge velat vidareutbilda sig och göra något annat i livet än det hon gjort i sitt tidigare arbete. Ingen student för fram ett intresse för naturvetenskap som argument för yrkesvalet. På min följdfråga om varför de valt Ma/NO svarar studenterna att Ma/NO är det man kan tänka sig mest, att intresset för naturvetenskap vaknat på KomVux eller basåret eller att Ma/NO hade en

intagningspoäng som gjorde att man blev antagen. Några studenter är egentligen mest intresserade av matematik och skulle vilja kombinera det med idrott eller språk. Fyra studenter uttrycker att om man ska bli lärare så är naturvetenskap det mest intressanta och att det inte funnits något annat ämnesval. Oavsett vilket skäl studenterna har för att välja Ma/NO-inriktning så upplever de utbildningens naturorienterade ämnen som intressanta och roliga och från att i början av utbildningen framför allt identifiera sig som blivande lärare övergår de till att identifiera sig som blivande Ma/NO lärare för de tidiga skolåren.

I intervju 1 frågade jag också vilka förväntningar studenterna har på utbildningen. De flesta säger att de vill lära sig så att de kan förklara för barn eller klara klassrumssituationen. Några kombinerar detta med att de vill utvecklas själva och att de vill lära sig mycket.

8.4 Andra inlärningsprojekt

Alla studenterna har parallella inlärningsprojekt eller delprojekt. Alla vill lära sig något och förstå och alla vill självklart klara tentorna. Hos några studenter är dessa parallella inlärningsprojekt särskilt starkt uttryckta. De kan ses som strategier för att klara sitt inlärningsprojekt att bli lärare.

Att klara tentan

Alla studenter har som mål att klara av studierna. Med all sannolikhet dominerar inlärningsprojektet *att klara tentan* under vissa perioder. För Jenny är att klara tentan ett starkt uttalat inlärningsprojekt vid sidan av det övergripande inlärningsprojektet att bli lärare. Hon uttrycker själv i intervju 3 att hon är alldeles för tentainriktad när hon läser. Det kommer fram i alla intervjuerna att hon letar efter signaler om vad som ska komma på tentamen. Hon blev väldigt osäker i början av PBL-studierna i NO1 eftersom hon inte visste vad hon skulle lära sig. Hon berättar att hon vill att någon strukturerar upp innehållet och berättar det så att hon kan anteckna och gå hem och läsa. Hon blir efterhand mer positiv till PBL, eftersom hon faktiskt får veta vad hon ska kunna mot slutet av kursen och klarar examinationen. I intervju 3 återkommer hon till att hon vill gärna ha hjälp med struktur. Det är tydligt i intervjuerna att hon söker efter färdiga svar i minnet. Hon vill svara rätt

och hon återkommer flera gånger till hur hon bankar in kunskaperna i huvudet. Hon öser ur sig vad hon kan på tentamen för att sedan glömma mycket.

Att förstå

Tre studenter uttrycker på olika sätt att deras inlärningsprojekt är att skaffa sig förståelse och fördjupa sina ämneskunskaper. De ser detta som viktigt för att kunna arbeta som lärare och det övergripande inlärningsprojektet är att bli lärare. Thomas menar att goda ämneskunskaper är en förutsättning för att bli en duktig lärare. Henrik menar att utbildning går ut på att utvecklas som person. Mattias är ett tydligt exempel på en student som vill förstå hur saker och ting fungerar. Han vill förstå de grundläggande principerna i de kurser han läser. Det är också tydligt att han betraktar det som viktigt att förstå för det framtida läraryrket. I NO1-kursen upplever Mattias att han förstår naturvetenskap på ett sätt som han inte gjort i tidigare skolgång.

I: Hur trivs du med utbildningen?

S: Jag trivs bra.

I: Vad är det som gör det?

S: Det som jag tycker är roligast är att jag lär mig saker på ett annat sätt för det mesta. Litet här och var. Så någonstans överallt så skapar jag mig en förståelse för det som jag kanske lärt mig innan men inte lärt mig. Och det ska jag ju göra eftersom jag ska bli lärare. Dessutom ska jag faktiskt försöka skapa en förståelse till dem jag ska undervisa sen. Att man förstår saker och ting och inte bara lär sig en formel i huvudet.

/.../

I: Jag tänkte på det du sa att du lärt dig på ett sätt att förstå som du inte gjort skolan. Vad beror det på?

S: Att jag förstått det på ett annat sätt nu?

I: Ja.

S: Det är helt och hållet det på viset som vi arbetar. På det viset som våra lärare arbetar för att skapa intresse.

/.../

S: som när vi läste det här med kretsloppet (i NO1 min anm.) så förstod jag allt. Det spelade ingen roll. Jag kände nu kan jag och jag har förstått. (Int 3).

Alla studenter vill utveckla ämneskunskaper och inser att de måste kunna sina ämnen för att undervisa. Men det som skiljer dessa tre studenter från några av de andra studenterna som jag intervjuat är att de inte sätter så tydlig gräns för vad de tror är lagom att kunna. Det handlar för dem om att utveckla sig själv och att man kanske inte riktigt vet vad som är lagom kunskaper. Men inte heller någon av de här tre

bedömer att kemiska formler är en tankemodell som kan utveckla ens tänkande.

8.5 Hur vet studenterna vad en lärare behöver kunna?

Om man som inlärningsprojekt har att bli lärare för yngre elever så gör man mer eller mindre medvetet en bedömning av vad som krävs av en i förhållande till detta. Hur vet studenterna vad en lärare gör och behöver kunna och varifrån får de signaler om vad som är viktigt när de ska undervisa? För det första har alla studenterna gått i skolan och man kan anta att studenterna har en bild av vad en lärare gör och hur undervisning går till när de börjar utbildningen. En viktig informationskälla under utbildningen är det partnerområde studenterna är knutna till. De tillbringar som tidigare nämnts en dag i veckan i skolan. De har sammanhängande verksamhetsförlagd utbildning i termin 3. Av intervjuerna framgår att ett fåtal av studenterna möter lärare som är NO-lärare under dessa tillfällen. Studenterna räknas i många fall som experter och får ta hand om NO-undervisningen när de är i skolan. De får inga incitament från skolan om att deras naturvetenskapliga kunskaper inte skulle vara tillräckliga. Det de ser i skolan ligger långt ifrån det de sysslar med i ämneskurserna i lärarutbildningen. Det studenterna saknar när de är ute på sina partnerskolor är konkreta idéer om vad de ska göra på lektionerna. Därför efterlyser de fler inslag i utbildningen där lärare berättar om sina erfarenheter av hur man lägger upp undervisning, vad som fungerar bra och väcker elevernas intresse. Studenterna diskuterar varken undervisning i NO eller miljökunskap med sina handledare på skolorna.¹⁶ Det finns så otroligt många andra saker att hantera så att de ämnesdidaktiska diskussioner som kunde förts aldrig kommer till stånd. Den verksamhetsförlagda utbildningen har ett stort inflytande. Studenterna upplever där att de är ute i en riktig verksamhet och upplevelserna är också känslomässigt starka. Det finns en risk att inflytandet från ämneskurserna blir svagt om inte studenterna ser behovet av kunskaperna för sitt framtida yrke. I kapitel 9 belyses studenternas upplevelser av ämneskurserna.

¹⁶ Studenten är knuten till arbetslag och handledare finns egentligen inte på det sätt som det gjort tidigare. Men någon i arbetslaget har huvudansvaret för studenten när denne är på skolan. För enkelhetens skull kallar jag den personen handledare.

8.6 Lärarnas inlärningsprojekt för studenterna

I den grupp lärare som undervisar i de naturvetenskapliga kurserna framför allt i NO2 finns ett inlärningsprojekt som går ut på att studenterna ska skaffa sig ett naturvetenskapligt tänkande. Det innebär att de ska förstå istället för att lära sig utantill. De ska bygga upp en begreppsapparat i naturvetenskap, kunna förstå vad man kan lära sig av experiment, kunna arbeta med modeller och hålla variabler under kontroll. Någon lärare nämner ordet fascination. Studenterna ska kunna diskutera kemi och fysik och inte bara använda matematiska formler. Inom gruppen ämneslärare finns det olika syn på kunskap, arbetsmetoder, betydelsen av examination etc. Eftersom mitt huvudfokus ligger på studenterna är det utanför syftet i den här avhandlingen att gå in på den typen av skiljaktigheter. Man kan konstatera att lärarnas inlärningsprojekt för studenterna skiljer sig från det studenterna själva har.

8.7 Sammanfattning

I detta kapitel har jag lagt fram resultat som visar att studenterna har som övergripande inlärningsprojekt att de ska bli Ma/NO lärare för elever i de tidigare skolåren. Andra inlärningsprojekt framträder parallellt med detta. De omfattas i större eller mindre grad av olika studenter under olika tidsperioder. Hos några studenter är inlärningsprojekt som att klara tentorna och att förstå särskilt framträdande. Det är troligt att studenterna tolkar sin utbildning utifrån det inlärningsprojekt de har. Lärarna i ämneskurserna har som inlärningsprojekt för studenterna bl.a. att de ska utveckla ett naturvetenskapligt tänkande.

9. Hur studenterna uppfattar utbildningen och sitt lärande i de naturorienterade kurserna NO1 och NO2.

9.1 NO1-kursen

Den första NO-kurs som studenterna läser är organiserad som PBL. Det är för majoriteten av studenterna ett helt nytt sätt att arbeta. Utifrån intervjuer med lärare och studenter, observationer i en basgrupp och analys av grupprotokoll som gjordes i termin 1 och 2 vill jag lyfta fram några saker som belyser studenternas syn på utbildningen och sitt lärande. Å ena sidan uttrycker studenterna glädje över vad de lär sig och det finns många tecken på att de tillägnar sig ett nytt sätt att ta sig an uppgifter och en ny syn på kunskap och lärande. Studenterna tycker med något undantag om att arbeta med PBL och känner att de skaffar sig mandat över sitt lärande. De tycker att de utvecklas, får bearbeta sina kunskaper grundligt och att de lär sig mycket. I PBL-arbetet utvecklar de färdigheter som samarbete, argumentationsteknik, ledarförmåga, självständigt tänkande, initiativförmåga och ansvarstagande d.v.s. dynamiska kvaliteter som beskrivs av Posch (1996) och Axelsson (1997). Studenterna känner att de förbereds för sitt kommande yrkesliv. De lär sig att visa respekt för varandra, att lösa konflikter och skapa goda arbetsförhållanden.

Å andra sidan finns det många tecken på att de har kvar sin syn på kunskap som går ut på att det gäller att hitta de rätta svaren på frågorna istället för spegla komplexiteten. Det går ur intervjuerna att måla upp en bild där studenterna leker *gissa-vad-jag-tänker-på-leken*. Kursplanen för kursen används inte i basgruppsarbetet. Det finns naturligtvis en sådan som handledarna är insatta i och som studenterna har. Det finns inga mål beskrivna för enskilda illustrationer men, de har oftast en titel. Det är handledaren som vet vad illustrationen går ut på. När studenterna uttrycker vilka svårigheter de upplever med PBL-metoden så handlar det om svårigheter i hur man ska avgränsa stoffet och hur mycket och hur detaljerat man ska läsa. Det verkar ibland diffust och

luddigt. Några studenter efterlyser fler föreläsningar. PBL fungerar på så sätt att studenterna i basgruppsmötena får associera fritt. De tillåts att komma på villovägar ett tag. De får nästan inga svar från handledaren på frågor de ställer.

Det är tydligt att PBL för dessa studenter handlar mer om informations-sökning än om problemlösning. Det blir viktigt för studenterna att hitta svar till sina frågor. Av grupprotokollen och observationerna framgår att de mer dynamiska frågor som ställs i basgruppsarbetets inledande skede ofta faller bort. Det gör att studenter som har goda grundkunskaper har svårt att finna incitament för att komma vidare. Men det finns också studenter som har en personlig drivkraft att komma vidare och förbi de uppställda frågorna. PBL innebär en stor osäkerhet för studenterna med oklara mål, diffust innehåll och oklara förväntningar. Studenter löser denna stressande situation med att skapa en slags konsensuskultur där de kommer överens om en inte allt för hög lagomnivå. Det finns ett spel mellan handledaren som försöker höja kraven och gruppen som försöker hålla tillbaka kraven. Handledaren blir en viktig person för gruppen. Det är denne som vet vad det hela ska gå ut på. Handledaren håller ordning på gruppen, ser till arbetet tar rätt riktning och hamnar på en rimlig nivå. Några studenter berättar hur de avläser handledarens kroppsspråk för att få veta om de är på rätt spår eller ej. Handledaren bidrar till att skapa ett bra arbetsklimat genom att se till att alla i gruppen får komma till tals och att ingen tar för stort utrymme. Resultatet blir att studenterna upplever att de klarat en kurs där de lärt sig mycket men som inte varit särskilt svår.

Studenterna vet att de behöver kunskaper för att undervisa. Den rimliga kunskapsnivån avgörs av vad de utifrån samtal med andra studenter, iakttagelser i skolan och avläsning av vad handledaren uppfattar som lagom. Nästan alla studenter uttrycker att de lärt sig mycket under den första NO-kursen. Några uttrycker t.o.m. att de aldrig lärt sig så mycket någon gång förut. Samtidigt framgår det att kursinnehållet är repetition av gymnasieinnehållet. Flera studenter påpekar att de har brister i bas-kunskaperna och att kursen gett dem möjlighet att bearbeta kunskaperna grundligt. Genom att bearbeta baskunskaper utifrån sina förkunskaper skaffar studenterna sig självförtroende och känner att de förbereds för sitt kommande yrke. Flera av studenterna säger att de för första gången har ett annat mål för naturvetenskapliga studier än att klara

tentan eller provet på det sätt som de haft i tidigare studier. De känner att det bär, att de kan ta reda på saker och ting och att deras kunskapsbidrag är viktigt för de andra medlemmarna i gruppen. Samtidigt framkommer det från handledarintervjuer att många studenter ändå ganska oreflekterat lyfter över föreläsningssanteckningar till tentamenssvar, vilket tyder på att klara tentan är ett viktigt inlärningsprojekt.

Det finns ingen ämnesdidaktik i kursen, men innehållet och arbetssättet är relaterat till det framtida läraryrket genom att studenterna får möjlighet att utveckla dynamiska kvaliteter som är viktiga för arbetslivet. Studenterna uppskattar detta och finner det relevant. De får träning för framtida arbete i arbetslag. Några studenter nämner också att man lär sig att arbeta problemlösande vilket går att överföra till arbete med barn och att t.ex. övningen med det slutna ekosystemet är något man kan ta med sig ut i skolan.

Med ett inlärningsprojekt att bli lärare tolkar studenterna uppgifterna – illustrationerna utifrån vad som är lagom i en skolkontext. Studenterna har en lång erfarenhet av att svara på frågor och finna rätta svar från sin egen skoltid. Det framgår av intervjuerna att de har en bild av vad som är lagom svårt för elever i åren 1-7. Om de besvarar sina frågor med hjälp av skolböcker och ungdomsböcker vid sidan av gymnasieböcker bekräftas deras bild av vad som är rimligt för de tidiga åren i grundskolan. Sättet att arbeta, genom att söka fakta i olika böcker som man själv väljer för att sätta sig in i ett nytt ämnesområde, kan stämma med hur man arbetar som lärare när man förbereder ämnesinnehållet. Också det sociala samspelet och träning för arbete i arbetslag är viktiga mål för både studenter och handledare. Handledarna ser det sociala samspelet som lika viktigt som faktakunskaper. Dock finns det en viss diskrepans mellan studenternas och handledarnas inlärningsprojekt. Handledarna vill fördjupa nivån på ämnesstudierna, önskar att studenterna utvecklar kritisk förmåga, tycker att studenterna kunde valt svårare litteratur och beklagar att det finns exempel på studenter som sysslar med reproducerande lärande. Men studenterna är som grupp tillräckligt starka för att konstruera en som de tolkar lagom nivå utifrån sina föreställningar om vad som är lagom för en blivande lärare.

I lärarutbildningen möts den akademiska högskolekulturen och de gamla seminariernas omsorgskultur (Melchert & Persson 2001). Det

betyder att det finns krav på att studenterna skaffar sig goda ämneskunskaper på högskolenivå. Samtidigt ska de tränas i att arbeta med yngre elever i skolan. I det arbetet är undervisning en del. En annan viktig del är att se till hela eleven och dennes behov och medverka till att eleverna utvecklas socialt. Om studenternas inlärningsprojekt är att bli lärare för yngre elever är det ett rationellt handlande om det i PBL-grupperna utvecklas en omsorgskultur som liknar den Kvalbein (1998) beskriver. Det är viktigt för blivande lärare att i gruppen kunna utveckla ett socialt fungerande samspel som innebär att man lyssnar på varandra och respekterar varandras arbete och åsikter. De ska framöver kunna organisera arbetet så att eleverna fungerar och mår bra. Den respekt och vänlighet man visar varandra utsträcks dock ofta så långt så att man tvekar att ge kritik och ifrågasätta varandras kunskapsbidrag. Av de observationer som jag gjorde i en basgrupp finns många exempel på uttryck där studenterna tonar ner sina inlägg. Exempel är uttryck som: *Rätta mig om jag har fel, det är väl det markbundna ozonet som är skadligt för växthuseffekten?* och *Jag tycker det är litet viktigt också*. Det är också tydligt att det nästan enbart är handledaren som går in med kritiska frågor. Det framgår också att gruppen har många problem av procedurkaraktär (Halldén 1982). De ägnar ganska mycket tid åt i vilken ordning frågorna ska skrivas och exakt ordalydelse i frågor och i anteckningar. Det kan vara annorlunda i de andra basgrupperna men liknande iakttagelser gjordes av Melchert & Persson (2001) i observationer i två basgrupper på Barn- och ungdomspedagogiska programmet i Malmö.

9.2 NO2-kursen

När jag träffar studenterna för den tredje intervjuomgången har de just avslutat de naturorienterande kurserna och är antingen i slutet av en matematikkurs termin fem eller inne i 20-poängskursen i PPU i termin sex. Jag frågar hur de trivs med utbildningen och alla svarar att de trivs bra, de har duktiga lärare som håller intressanta lektioner, har förmåga att väcka entusiasm för ämnet och delvis lyckats ändra deras syn på NO-ämnena. Det kommer naturligtvis fram kritiska synpunkter. Men de är få och det finns inget mönster i dem. Jag har inte heller bett studenterna uttala sig om vad de tycker om utbildningen, utan synpunkterna kommer fram ändå. De frågor jag ställt har kretsat kring vad de

tycker att de lärt sig i kurserna, hur de tycker de lär sig, om PBL följts upp och på vilket sätt miljöfrågorna kommit med i de fyra kurserna.

De fyra kurserna i NO2 är olika till sin karaktär. Teknikkursen är inte en egentlig NO-kurs. I kursen försöker man ändra den syn på skolämnet teknik som studenterna kan ha med sig in i utbildningen och fokuserar på det som står i kursplaner 2000. Där är inte teknikämnet inräknat bland de naturorienterande ämnena. De tre andra kurserna – fysik, humanbiologi och kemi – är rena NO-kurser. Trots att studenterna har olika fallenhet, ambitionsnivå och intresse för ämnena kommer några generella saker fram. Studenterna uppfattar att de lär sig något nytt i teknikkursen och att de utvecklas själva samtidigt som det de gör är anpassat för deras framtida läraryrke. I den kursen känner de att de kan och att då får utveckla kreativitet och problemlösningsförmåga. De definierar inte själva att de sysslar med problemlösning, men av sättet att beskriva övningarna framgår det att det är problemlösning.

I fysik- och kemikurserna är situationen annorlunda. Samtidigt som studenterna ofta uttrycker att de lär sig mycket och att de är positivare till ämnena – särskilt fysiken – efter kurserna så faller de här tillbaka in i en elevroll. Mycket av det de läser upplevs som repetition. Eftersom de känner att deras förkunskaper är dåliga så överskuggar tentamensverksamheten, och det viktigaste blir att klara den. Tentamenspressen gör att studenterna inte hinner diskutera problem och fenomen som det är tänkt. De efterlyser mer didaktik, men eftersom tidspressen är så stor så klarar de inte av att engagera sig i didaktiken när den ligger som ett inslag parallellt med det övriga innehållet eller som ett inslag efter tentan. Kommentarer om human-biologikursen är mer blandade. För några studenter som inte har biologi B har kursen varit mycket svår. För övriga gäller även här att de känner igen innehållet och att tentan styr mycket. Samtidigt är didaktiken mer tydligt invävd i det övriga innehållet vilket uppskattas samtidigt som det lättar upp det tyngre ämnesinnehållet. Studenterna talar mest om lärarna i fysik- och kemikurserna. I teknikkursen talar de mer om vad de arbetat med. Det kan naturligtvis bero på lärarnas personligheter men också på att i teknikkursen är arbetet organiserat så att studenterna till stor del själva utformar och organiserar arbetet.

I alla kurserna är laborationer och experiment valda så att de ska kunna användas i skolan men diskuteras på en högre nivå. Det upplever studenterna i teknik och humanbiologi. Några studenter gör det också i kemi och fysik, men det är flera som inte ser kopplingen. På lärarutbildningen diskuteras experimenten på en nivå, och sedan ska studenterna kunna omsätta och anpassa sina kunskaper till den nivå som åldersgruppen kräver. Antalet frihetsgrader i laborationerna och experimenten är störst i teknikkursen, där studenterna oftast får ett problem att lösa, medan det i de övriga kurserna varierar från att studenterna någon gång får ett problem att lösa till att studenterna får en laborationsinstruktion om exakt tillvägagångssätt. Diskussionen om vad studenterna själva gör och kopplingen till undervisning i skolan verkar vara tydligast i teknikkursen och i viss mån i humanbiologikursen. Ett särskilt problem blir om ämnesdidaktiken upplevs som ett spår som är separerat från övriga ämnesstudier.

Studenterna för i intervjuerna fram betydelsen av att kunna förklara för barn och att kunna hitta på roliga aktiviteter och övningar. Ord som förklara, informera, ge dem kunskaper återkommer i många av intervjuerna. De vill utveckla intresset för naturvetenskap hos eleverna. Däremot talar ingen om att uppgiften är att utveckla begreppsförståelse eller ett naturvetenskapligt tänkande hos eleverna. Innehåll, metod mm. i NO2 väljs med en medvetenhet om att studenterna ska bli NO-lärare, men om inte studenterna förmår att se den kopplingen så blir deras inlärningsprojektet annorlunda än lärarnas. I teknikkursen verkar lärarnas intentioner vara att studenterna lär sig att tolka kursplanen i skolämnet teknik, skaffar sig kunskaper och utvecklar undervisning så att deras framtida elever ska kunna uppnå målen i kursplanen. Inlärningsprojektet är i överensstämmelse med studenternas.

Studenterna tycker att alla kurserna utom teknikkursen är svåra och att det är mycket att läsa och kunna till tentan. Det är enligt lärarna också mycket som ska bearbetas och tiden känns väldigt knapp. Det finns då en risk att studenterna går in i en elevroll där de råpluggar för att klara tentan. Och det fungerar kanske för den student – Linda – som förklarar att hon äntligen förstått fysiken med att hon läst dag och natt och en annan student som några veckor efter kursen upptäcker att hon kan förklara bra för en kurskamrat som ska göra omtentamen. Å andra sidan säger Linda också att hon kan se läraren framför sig, och då

kommer hon precis ihåg det som sades på föreläsningarna, och det tar hon fram på tentamen.

Studenterna upplever att de får tillräckligt med ämneskunskaper och efterlyser andra moment som de saknar i utbildningen. Exempel är läsinläring och konflikthantering.

9.3 Miljöinslag i NO2

I ämneskurserna

Av kursplanerna framgår det att miljöfrågor ingår i NO2. Det finns minst miljöinslag i human-biologikursen. I kemikursen har det inte blivit så mycket miljö på grund av tidsbrist. Men när syra, bas och pH kommer upp så tas i åtminstone en av grupperna försurning upp. Några studenter berättar att man pratat om vad man kan hälla ut i avloppet och om fosfater i tvättmedel. I fysikkursen ingår ett miljöfysikavsnitt, och studenterna har uppfattat att det finns miljö i miljöfysiken. Men några menar att det egentligen inte varit så mycket miljö utan mest strålning och strålningsbalans. Särskilt i teknikkursen har studenterna haft goda möjligheter att ställa egna fördjupande frågor kring miljön. Det gör några studenter också. Men samtidigt har de varit med om studiebesök på lantbruk med så många nya upplevelser att miljöfrågorna ibland glömts bort. När jag går igenom de exempel studenterna tar upp från lektionerna så är det tydligt att miljöfrågorna varit med här och där. Man har arbetat med läromedlet SNITT – Ön Ashton, man har varit på studiebesök på fjärrvärmeverk, på vattenverk eller reningsverk och på lantbruk. Inför lantbruksbesöket tog LRF:s skolkonsulent upp miljöfrågorna i en föreläsning. Efter besöket på lantbruk har man diskuterat de intressekonflikter som finns mellan ekonomi och miljö. Några grupper tar upp miljöfrågorna i sina projektredovisningar, men de flesta gör det inte. Det står tydligt i instruktionerna till arbetet om en teknisk arbetsplats att miljöfrågorna ska belysas. Det är påfallande att de som gör det ser miljöfrågorna som begränsade till den arbetsplats där de är och inte vad som händer före och efter. Ett tydligt exempel är grupp som har simhallen som sin närbelägna tekniska arbetsplats och diskuterar vattenanvändning och renlighet i bassängerna men ingenting om var kloren kommer ifrån, eller vad som händer med det efter det att

det lämnat simhallen. Det kan tyda på att de inte uppfattar materialflödet.

I den verksamhetsförlagda utbildningen

Flera av de skolor där de intervjuade studenterna gör sin verksamhetsförlagda tid har s.k. grön flagg. Av de intervjuade studenterna är det fem stycken som inte sett eller genomfört någon miljöundervisning. Några av de övriga har själva genomfört miljöinslag. De har arbetat med vattnets kretslopp, mätt surhetsgrad och arbetat med sopor. Några studenter har varit med när handledaren arbetat med sopor. Några av de studenter som är på skolor med grön flagg berättar om miljöarbetet på skolan. De berättar om miljöråd, kompostering, återanvändning och återvinning. Studenterna verkar däremot inte diskutera frågor kring miljöundervisning och miljöarbete med personalen på skolan. Skälet till detta är att det finns många andra frågor som känns mer angelägna. En student berättar dock om engagerande diskussioner med en mycket miljömedveten och aktiv handledare.

När jag frågar studenterna om vad de tycker är viktigt att åstadkomma med miljöundervisning svarar flertalet, att man måste påverka barn när de är små. De ska förstå att allt handlande har konsekvenser. Det är viktigt, att de lär sig att inte skräpa ner, att återanvända och återvinna. En student säger att man måste arbeta på två plan, dels med individens personliga ansvar, dels med de globala sambanden. En student säger att man kan påverka föräldrarna genom barnen. En annan student säger att barnen ska lära sig att de kan påverka. Denna student är mycket miljöintresserad och berättar ingående om miljöarbetet på den gröna flaggskola hon tillhör. Hon deltar ofta i miljörådet när hon är på skolan. I övrigt är det inte någon av studenterna som tar upp frågor kring inflytande och demokrati.

Vilken naturvetenskap tycker studenterna är viktig för förståelsen av miljöfrågorna?

På frågan om vad naturvetenskap kan bidra med säger många av studenterna att man ska se samband och helheter. En student säger att det är viktigt att lära sig om de olika kretsloppen och flera säger att eleverna ska förstå att ingenting försvinner. En student tycker att cellära är grundläggande och en student uttrycker i vidare termer att man måste kunna mycket kemi och biologi. Kemi är viktigt eftersom kemiska

produkter skadar miljön, och biologi är viktig eftersom det är de levande varelserna som skadas. Studenterna har svårt att precisera, och det är uppenbart att detta inte är något som de diskuterat i utbildningen eller tänkt närmare över.

Ingen student kan erinra sig att det i utbildningen diskuterats miljödidaktik, eller att de behandlat innehållet i några av de internationella överenskommelserna som t.ex. Agenda 21. En student säger att de fått en broschyr om Agenda 21, men hon vet inte vad det är.

Studenternas miljömedvetenhet

Vid intervjutillfälle 1 frågar jag om studenterna är miljömedvetna, vad de lägger i begreppet och hur de tror att de kan påverka utvecklingen i framtiden. Frågan återkommer i intervju 2 och 3. Svaren är blandade. Det finns några ganska miljömedvetna studenter. Deras medvetenhet stärks under utbildningen eller så tycker de att eftersom de redan är rätt så medvetna så är det ingen större skillnad. Några studenter säger i början av utbildningen att de inte har tänkt så mycket på miljön men att det borde man kanske. Flera av dessa menar att de har blivit mer miljömedvetna under utbildningen. Det yttrar sig som att de tänker på att släcka lamporna, spara varmvatten och återvinner förpackningar mer. Nästan alla studenterna definierar miljömedvetenhet som att utföra miljövänliga handlingar. De svaren förändras inte under utbildningen. En student tar upp att man som lärare genom att utbilda barn har inflytande över utvecklingen. I övrigt nämner ingen att de tänker omsätta medvetenhet om miljön i undervisning.

9.4 Vad säger lärarna?

Lärarna säger att studenterna är frågvisa, kreativa, positiva, ambitiösa och trevliga, men att de har mycket dåliga förkunskaper utom i teknik. Studenterna har ofta dåligt självförtroende och går ibland in i kurserna med en föreställning om att det kommer att bli otroligt svårt. Å andra sidan vill de verkligen lära sig. Studenterna är verbala och har behov av att få diskutera t.ex. kemi. Studenterna saknar naturvetenskapligt tänkande och det finns ingen rimlig chans att de utvecklar detta på dessa korta fullspäckade kurser. En lärare är bekymrad över att studenterna går in för utantillärande istället för att försöka förstå.

Någon lärare uttrycker viss besvikelse över att studenterna har svårt att omsätta kunskaperna i en ny situation. Exempelvis finns det tentamensfrågor som många studenter inte klarar p.g.a. av de inte inser att det handlar om någonting de lärt sig men som måste tillämpas i ett nytt sammanhang. Då tycker studenterna att tentamensfrågan berör något som inte tagits upp i undervisningen.

10. Resultat av enkätundersökningen – ekologiska begrepp.

I detta kapitel presenteras hela gruppens resultat av enkätsvaren som rör ekologiska begrepp. I kapitel 11 redovisar jag den sammantagna bild jag kommer fram till genom enkäter och intervjuer för den grupp studenter som intervjuats.

Svaren har kategoriserats. Jag har gått genom svaren i enkäterna och skrivit upp olika föreställningar som kommit fram. I frågorna om fotosyntes och nedbrytning har jag utgått från de kategorier som gjorts i nationella utvärderingen (Skolverket, 1993a) och i Janssons (1994) undersökning men modifierat dem efter mitt material. När det gäller frågorna om respiration och förbränning har jag försökt att kategorisera på ett sätt som liknar kategoriseringen för frågan om nedbrytning. Några av mina kolleger har bidragit med synpunkter på kategorierna och också tagit ställning till hur svaren kategoriserats. Efter varje kategori finns exempel hämtade från enkäterna.

10.1 Fotosyntes

Frågor

I enkät 1 och 2 löd frågan:

Om man sätter potatis på våren så kan man skörda nypotatis på sommaren. Av varje sättpotatis får man många nya potatisar. Hur går detta till och varifrån kommer all materia till de nya potatisarna?

I enkät 3 löd frågan:

Vi har ett sommarställe vid Skälderviken. På våren brukar vi åka upp i helgerna och då blir det ofta så att vi går samma runda med vår hund. En del av vägen går utmed åkerfält. I år kom det i ett fält upp gröna strån vilka vi efter hand förstod var råg. Den 13 maj var stråna ca 10 cm höga, den 2 juni var de 60 cm. Hur kunde det växa så mycket och var kom all växtmassan ifrån? Förklara så noga du kan.

Kategorier

0. Ej besvarat frågan.

1. Allmänt svar.

I dessa svar går det inte att tolka vad studenten menar att materia kommer ifrån. Det kan vara att studenten inte svarar på frågan, att svaret är helt felaktigt eller att studenten endast svarar att det är fotosyntesen.

Sättpotatisen utgör näring till plantan – och förmultnar efterhand. De nya potatisarna växer, sedan ett skott först kommit upp ur marken, och där börjat sin fotosyntes. Näringen går sedan ner till de nya potatisarna som växer sig stora och fina. (E 1).

Växtmassan är vatten och socker inbundet m.h.a. solenergi (+mineraller). (E3).

2. Materia kommer från sättpotatisen.

Svar där studenten uttrycker att materia kommer från sättpotatisen.

Potatisen tar av lagrad energi och börjar växa – från utskott som bildar nya potatisar. Jfr. trädets grenar – frö. (E1).

3. Från marken.

I kategorin finns de svar där det anges att växten tar vatten och/eller näring från jorden. Ingenting framkommer som tyder på att det rör sig om en process. Om så är fallet förs svaren in i kategori 6.

När man sätter en potatis bildas det rötter på potatisen som tar upp närsalter och vatten i jorden. Från dessa rötter bildas det sedan nya potatisar. (E1).

3. Oklar användning av begreppen materia och energi.

I denna kategori finns exempel på svar där studenten anger att materia kommer från solenergin och där studenten använder begreppen materia och energi som om de var synonyma.

Potatisen får värme och näring och från potatisen växer det skott som gör att nya potatisar växer. Små tentakler växer ut. Den får materia från solljuset (fotosyntesen) där glukos omvandlas till cellulosa (potatisen). (E1).

Växten får energi från solen genom fotosyntesen. Det finns också energi lagrat i fröet. (E3).

5. Kombination av kategori 4 och annan kategori.

En sättpotatis innehåller mycket näring som de nya potatisarna tar till vara. De får också solenergi genom fotosyntesen i form av druvsocker och stärkelse. Genom rötterna kan potatisplantan suga upp näring från marken. (E1).

6. Svar som anger att materian kommer från koldioxid eller vatten.

Både svar som innehåller koldioxid med angivande att det är en process och svar där detta inte indikeras har inordnats i denna kategori. Svar innehållande endast vatten utan någon indikation på att det är en process har förts till kategori 3.

Stråna binder in koldioxid med hjälp av solljus/solenergi. Växten gör om koldioxiden till cellulosa som används som byggmaterial. (E3).

7. En beskrivning som visar att materian i nytt växtmaterial byggs upp av koldioxid och vatten genom fotosyntesprocessen.

FOTOSYNTESEN. Genom fotosyntes växer sig rågen större. Mer sol under sommaren, därför större tillväxt. Massan kommer från $\text{CO}_2 + \text{vatten}$ som under inverkan av solenergi omvandlas till socker $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O} + \text{O}_2$. (E3).

Resultat

I tabell 7 redovisas hur studenterna enkätsvaren.

Tabell 7. Studenternas svar på fotosyntesfrågorna.

Kategori	E1 % n=60	E2 % n=49	E3 % n=47
0 inget svar	8	4	2
1 Allmänt svar eller felaktigt	24	19	17
2 Från sättpotatisen. Från fröet i enkät 3.	8	4	0
3 Från marken.	16	13	13
4 Oklar användning av begreppen materia och energi	5	10	17
5 Kombinationer av 4 och annan.	17	11	26
6 Koldioxid eller vatten.	5	6	2
7 Koldioxid och vatten genom fotosyntesprocessen.	17	33	23

Andelen studenterna som förklarar begreppet på ett naturvetenskapligt sätt ökar från 22 % till 39 % efter NO1 kursen för att sedan minska något till 25 % efter NO2-kursen, om kategori 6 och 7 räknas som godtagbara svar. Man kan att notera andelen kombinationssvar ökar. Många svar i den kategorin, särskilt i enkät 3, förklarar i och för sig

fotosyntesen, men av svaren verkar det som att solenergin är en ingrediens i materian.

10.2 Respiration

Frågor

I enkät 1 och 2 löd frågan:

En björnhona ingick i en vetenskaplig undersökning av vilda björnar i Sarek. Hösten 1997 bedövades björnhonan och vägdes. Resultatet var 70 kg. Björnen var då drygt två år gammal. Sedan gick hon i ide och sov hela vintern. Då hon vaknat upp nästa vår bedövades hon igen. Nu vägde hon bara 33 kg. Förklara så noga du kan vart de 37 kg som björnhonan gått ner i vikt tagit vägen. Björnar har ingen avföring under den tid de är i ide.

I enkät 3 löd frågan:

Anders upptäckte att han gått upp några kilon efter en period med mycket stillasittande studier. Han beslutade sig för att bli av med dem igen. Genom att lägga om sin kost och motionera lyckades han gå ner 10 kg på ett par månader. Förklara så noga du kan vart de 10 kg som Anders gått ner i vikt tagit vägen.

Kategorier

0. Ej besvarat frågan.

1. Allmänt svar.

Svar där studenten inte anger vad som bildas av materian har förts till denna kategori. Det kan vara svar där frågan inte alls besvaras eller helt felaktiga svar.

De 37 kg har använts av björnen för att den ska kunna överleva vintern då björnen även under den period den i ide har en metabolism. (E1).

När han motionerar förbränns fettets energi som är energi för kroppen. (E3).

2. Materia övergår i energi/värme.

Svar där det framgår att själva materian omvandlats till värme. Om studenten svarat att fettets energi förbränns för att få energi så besvaras inte

frågan om var materia tagit vägen utan vilken händelse som inträffat. Svaret hamnar då i kategori 1.

De har nog gått åt i form av energi. Dels för att hålla björnhonan varm och dels för att hålla igång de kroppsfunktioner som behövs även när man sover t.ex. hjärtat, lungorna etc. (E1).

Då han motionerar så tar det på hans lager av energi. Tar från kolhydrater, fett och därefter musklerna. Viktigt för honom att äta mat som innehåller från alla kostcirkelns delar samt mat som varar längre –långsamma fibrer. Tagit vägen: energi för arbete och värme. (E3).

3. Kombination av kategori 2 och annan kategori.

Samma sak som i de två föregående frågorna. Kroppen bryter ner övervikten och bildar koldioxid, vatten och värme. Dessa ämnen lämnar kroppen. (E3).

4. Koldioxid eller vatten bildas i andningen/respirationen eller andas ut.

Den har andats ut som koldioxid. (E1).

Anders har blivit av med fett som han förbränt som blivit till CO₂ som han har andats ut. (E3).

5. En beskrivning av cellandningen och där det framgår att både koldioxid och vatten bildas.

Cellandningen är den omvända fotosyntesen. $C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{värmeförlust. (E3)}$ + energi

Resultat

I tabell 8 redovisas hur studenterna besvarat frågorna om respiration i enkäterna.

Tabell 8. Hur studenterna besvarar en fråga om respiration.

Kategori	E1 % n=60	E2 % n=49	E3 % n=47
0 Inget svar	2	6	0
1 Allmänt svar	51	35	38
2 Materia har omvandlats till energi	22	18	26
3 Kombinationer av kategori 2 och annan	2	8	9
4 En process där koldioxid eller vatten bildas	12	6	4
5 Respiration där det bildas vatten och koldioxid	12	27	23

Andelen studenterna som förklarar begreppet på ett naturvetenskapligt ökar sätt från 24 % till 33 % efter NO1 kursen för att sedan minska något till 27 % efter NO2-kursen om kategori 4 och 5 räknas som godtagbara svar. Andelen svar som kategoriserats som att materia övergår i energi har ökat i enkät 3.

10.3 Nedbrytning

Fråga

På samma sommarställe komposterar vi allt organiskt växtmaterial. Vi fyller på komposten hela sommaren – sommar efter sommar. Men ännu har vi inte lyckats fylla kompostbehållaren. Ibland ser den ganska full ut men efter ett tag så är det plats i behållaren igen. Hur kan det komma sig? Vad händer med växtmaterialet och vart tar materian vägen?

Kategorier

0. Inget svar.

1. Allmänt svar.

Svar som inte preciseras.

Materialet sönderdelas av maskar och andra smådjur och pressas ihop. Därför blir det mindre. (E3).

2. Det blir jord.

Växtmaterialet bryts ned av mikroorganismer och maskar. Det nerbrutna växterna blir till jord. (E3).

3. Kombinationssvar av kategori 2 och annan kategori.

Materian bryts ner av nerbrytare och blir delvis till jord och delvis till gaser och energi i form av värme. (E3).

4. En förklaring som inkluderar att det bildas koldioxid eller vatten genom en nedbrytningsprocess.

Det förmultnar. Vätskan avdunstar (H_2O). Nerbrytarna frigör CO_2 . Kvar blir jord. (E3).

5. Förklaring som beskriver nedbrytning där det bildas koldioxid och vatten.

Det bryts ner igen till CO₂ och H₂O med hjälp av syre + bakterier och maskar. CO₂ försvinner ut i luften som gas och vattnet avdunstar till ånga. Kvar blir näringen/mineralämnen. (E3).

Resultat.

I tabell 9 redovisas hur studenterna besvarat frågan om nedbrytning i enkät 3.

Tabell 9. Hur studenterna besvarar en fråga om nedbrytning.

Kategori	E3 % n=47
1 Allmänt svar	32
2 Det blir jord	36
3 Kombinationer av kategori 2 och annan	2
4 Det bildas koldioxid eller vatten genom en nedbrytningsprocess.	11
5 Nedbrytning där det bildas koldioxid och vatten utan nedbrytare	19

Det är 30 % av studenterna som förklarar var materian i komposten tar vägen på ett naturvetenskapligt sätt om kategori 4 och 5 räknas som godtagbara svar.

10.4 Förbränning

Fråga

Familjen Persson har oljeeldning i sin villa. Tanken rymmer 3 m³ och det brukar räcka över vintern. Vad händer med oljan i tanken vid förbränning? Vart tar den vägen?

Kategorier

0. Ej besvarat frågan.

1. Allmänt svar.

Svar som är felaktiga eller där frågan inte besvaras.

Olja förbränns och försvinner genom skorstenen. (E3).

2. Materia omvandlas till energi.

Oljan omvandlas till värme i en oljebrännare. (E3).

3. Kombinationer med kategori 2 och annan kategori.

Den blir till energi i form av värme. Det bildas också gaser. (E3).

Samma sak som i komposten det bildas vatten, koldioxid och värme fast ingen näring. Det mesta blir alltså värme. (E3).

4. Beskrivning av en förbränning där koldioxid eller vatten bildas.

Vid upphettning frigörs CO_2 som då försvinner ut i luften och återgår till kretsloppet. Denna CO_2 har tidigare tagits ur kretsloppet. (E3).

5. Beskrivning av en förbränningsreaktion där koldioxid och vatten bildas.

Allt som blir kvar vid fullständig förbränning är CO_2 och vattenånga. Detta går ut genom skorstenen. Både CO_2 och vattenånga är växthusgaser. (E3).

Resultat

I tabell 10 redovisas hur studenterna besvarat frågan om förbränning i enkät 3.

Tabell 10. Studenterna svar på en fråga om förbränning

Kategori	E3 % n=47
0 Inget svar	2
1 Allmänt eller helt felaktigt svar	6
2 Materia övergår i energi	6
3 Kombinationer av kategori 2 och annan	17
4 Förbränning där koldioxid eller vatten bildas	32
5 Förbränning där koldioxid och vatten bildas	37

67 % av studenterna förklarar förbränningsreaktionen på ett naturvetenskapligt sätt om kategori 4 och 5 räknas som godtagbara svar.

Studenterna svarar olika på de olika frågorna

Om man jämför hur studenterna svarar på de frågorna om respiration, nedbrytning och förbränning i enkät 3 framkommer en skillnad. Om man betraktar svar i kategori 4 och 5 som naturvetenskapligt riktiga förklaringar visar det sig att de flesta studenterna svarar naturvetenskapligt riktigt på frågan om förbränning d.v.s. att det bildas koldioxid och vatten. I frågan om respiration finns många svar av typen *han förbränner kilona* och *materian övergår till energi*. I frågan om komposten förekommer många svar av typen *det förmultnar* och att *det blir jord*. I tabell 11 visas resultatet.

Tabell 11. Jämförelse av studenternas svar mellan hur de svarar på frågorna om respiration, nedbrytning och förbränning.

Kategori	Respiration E3 % n=47	Nedbrytning E3 % n=47	Förbränning E3 % n=47
0 Inget svar		0	2
1 Allmänt eller helt felaktigt svar	38	32	6
2 Det blir jord (komposten)		36	
2 Materia övergår i energi (bantaren och villapannan)	26		6
3 Kombinationer med 2	9	2	17
4 Reaktion i vilken koldioxid eller vatten bildas	4	11	32
5 Reaktion i vilken koldioxid och vatten bildas	23	19	37

7 studenter har en generell förståelse d.v.s. svaren har placerats i de två högsta kategorierna i alla tre frågorna. Av dessa hade 6 sina svar i den högsta kategorin i alla tre frågorna.

10.5 Sammanfattande resultat

Studenterna utvecklar enligt enkätsvaren som grupp begreppsförståelse under utbildningen. Detta sker framför allt under NO1-kursen varefter gruppen som helhet går något tillbaka, medan det finns exempel på enskilda studenter som svarar bättre i enkät 3 än i enkät 2. Det är dock inte än majoritet av studenterna som förklarar fotosyntes, respiration och nedbrytning på ett vedertaget naturvetenskapligt sätt. En majoritet av studenterna förklarar däremot begreppet förbränning på ett bra sätt. Uttalandet bygger på att de två högsta kategorierna för respektive

begrepp betraktas som acceptabla. Om man jämför hur studenterna svarar i enkäterna om begreppen nedbrytning, respiration och förbränning är det tydligt att begreppen för av många av studenterna är situerade. Vanliga svar är att vid respiration övergår materia i energi, vid nerbrytning blir det jord och vid förbränning koldioxid och vatten. Några studenter visar i sina svar en generell förståelse för nedbrytande processer. Det framkommer av svaren att det finns oklarheter kring hur många studenter ser på materia och energi. Majoriteten av studenterna inkluderar inte koldioxid på något sätt i frågorna om fotosyntes, respiration och nerbrytning.

10.6 Diskussion av kategorisering

Det visade sig vara svårt att kategorisera svaren. Grunden för kategorisering är likartad för de fyra begreppen. Jag har utgått från de kategoriseringar som finns i Nationella Utvärderingen (Skolverket, 1993a; Jansson, et.al, 1994). Många svar som finns i NUNA återfinns inte i min undersökning förmodligen beroende på att undersökningsgruppen är äldre. I alla frågorna har jag konstruerat en kategori *allmänna svar*. Jag fann det inte meningsfullt att dela upp svar som inte visar på någon form av förståelse för det som frågas efter i flera grupper. Jag tvekade en del om de svar där man skriver att t.ex. björnen andas ut kila eller potatisen tillväxer genom fotosyntes. Det kan vara så att den som svarat så förstår att det är en kemisk reaktion. Då skulle ett svar som säger att björnen andas ut vara bättre än om svaret säger att björnen svettas ut. Men samtidigt är båda svaren långt ifrån vad man vill uppnå i en utbildning, där studenter ska uttrycka sig tydligt i skrift och tal, att jag inte tycker att det är meningsfullt att indela den typen av svar ytterligare. Därför har kategorin *allmänna svar* tilldelats alla svar där frågan inte besvaras fast det finns ord nedskrivna. Svaren inom kategorin är av olika kvalitet.

I frågorna om fotosyntesen kan konstruktionen av kategori 3 och 6 diskuteras. De svar där studenten skriver att materia i växterna kommer från koldioxid utan någon indikation på att det är en kemisk reaktion har inordnats i kategori 6 vilket däremot inte svar där studenten endast angett vatten gjort. De svar som säger att materia kommer från vatten utan att ange att det är en kemisk reaktion har förts till kate-

gori 3. Jag har gjort bedömningen att det tyder på en bättre förståelse om man för in koldioxid som är en gas.

En annan svårighet är att tolka hur studenterna förstår begreppen energi och materia. I många svar används begreppen om vartannat och man misstänker att det vittnar om bristande förståelse. Ibland är skillnaden hårfin mellan kategori *allmänna svar* och *materia övergår till energi* eller tvärtom. Detta gäller särskilt frågorna om respiration och fotosyntes. Nedan finns några exempel på hur svar kategoriseras i kategori 1 eller 2. I exempel 1 skriver studenten inte att materia övergår i energi utan att fett förbränns. På samma sätt skriver studenten i exempel 2 att björnen behöver energi men svarar inte på frågan. Det är riktigt att fett är en energikälla. Men det är inte svar på frågan om var materia tagit vägen. I de två sista exemplena står det explicit att materia blir energi. I det sista exemplet är det pilen som understryker den tolkningen. Om dessa studenter har olika sätt att tänka eller om de har en likartad förståelse framgår inte av svaren.

1. När han motionerar förbränns fett som är energi för kroppen. (E3). Kategori 1.
2. De går åt för att björnen ska hålla värmen och att kroppen som är i vila ska få de livsnödvändiga näringsämnen i sig. Hjärtat måste pumpa på – energi går åt samt alla vitala organ måste fungera – trots vilan. (E1). Kategori 1.
3. Oljan omvandlas till värme i en oljebrännare. (E3). Kategori 2.
4. När han rör på sig förbränner kroppen energi. Genom att ändra sina kostvanor tar han av sin lagrade energi → han går ner i vikt. (E3). Kategori 2.

Ytterligare en svårighet framträder i svar där studenter svarar på frågan vart materia tar vägen och samtidigt för in energi på ett oklart sätt. Nedan följer några svar som får tjäna som exempel. I alla tre exemplena skriver studenterna att det bildas koldioxid eller koldioxid och vatten. Det framgår tydligt i det första exemplet att det rör sig om en förbränning. Men i alla tre svaren står det att det bildas värme. I det första exemplet står det inte att materia övergår till värme utan att vid förbränningen bildas energi vilket i och för sig är riktigt, men som svar på vart oljan tar vägen är det tveksamt. Till skillnad från övriga frågor finns inte ordet materia med i frågan om villapannan utan bara *Vart tar oljan vägen?*. De två sista svaren är korrekta beskrivningar över var materia tar vägen. Det är samma person som svarat och han ser att det

finns en generell likhet mellan nedbrytning, förbränning och respiration. Att det mesta blir värme och att inkludera värme i *dessa ämnen* tyder dock på oklar förståelse. Å andra sidan tillhör denna person den grupp studenter som jag intervjuat så jag vet att detta inte överensstämmer med hur studenten faktiskt resonerar.

1. Oljan förbränns och det bildas CO_2 + energi. CO_2 går ut i atmosfären. Energin används till uppvärmning. (E3). Kategori 2 + 4.
2. Samma sak som i komposten det bildas vatten, koldioxid och värme fast ingen näring. Det mesta blir alltså värme. (E3). Kategori 2 + 5.
3. Samma sak som i de två föregående frågorna. Kroppen bryter ner övervikten och bildar koldioxid, vatten och värme. Dessa ämnen lämnar kroppen. (E3). Kategori 2 + 5.

Liknande svårigheter uppstod i kategoriseringen av fotosyntessvaren. Studenterna använder materia och energi om vartannat. Svar där det står uttryck som *med hjälp av solenergi* placeras i kategori 7 om svaret i övrigt är riktigt. Också svar där det framgår att energi är skilt från materia. Svar där det t.ex. står *att solenergi och koldioxid och vatten bildar socker* placeras i kombinationskategorin. Skillnaden mellan svaren är ibland liten.

En del svar om fotosyntesen i enkät 3 är så kortfattade att de placerats i kategori 1. Några av dessa studenter har svar som placerades in i kategori 6 och 7 i enkät 2. Nedan visas ett sådant exempel.

Växtmassan är vatten och socker inbundet m.h.a. solenergi (+mineraler). (E3). Kategori 1.

Svaret är svårtolkat. Det besvarar frågan om vad växtmassan består av snarare än var växtmassan kommer ifrån. Dessutom är en växt inte huvudsakligen uppbyggd av socker utan av cellulosa och vatten. Men socker bildas i fotosyntesen. Det är svårt att veta vad som menas med inbundet i den här meningen. Därför förs svaret till kategori 1 även om man kan misstänka att det finns en större förståelse än så bakom svaret. I enkät 2 skrev studenten ett svar som kategoriserades som 7.

När jag kategoriserat svaren har jag ansträngt mig att göra detta utifrån vad studenten faktiskt skriver och inte efter vad man kan ana mellan raderna eller vad jag vet efter att ha intervjuat en del av studenterna.

Eftersom inte alla studenter intervjuats så måste svaren i enkäterna bedömas så neutralt som möjligt. I nästa kapitel redovisar jag resultaten av intervjuerna om ekologiska begrepp och gör jämförelser med enkätsvaren. Det är också viktigt att påpeka att de flesta enkätsvar inte har varit så svårbedömda som de exempel jag diskuterat här. Om några av de svårtolkade svaren skulle kategoriseras om skulle det inte innebära stora skillnader i resultaten i tabellerna. Den kategorisering som kan diskuteras mest är kategori 5 och 7 i fotosyntesfrågan. Syftet med enkätundersökningen är inte att fastslå exakta procentsatser för hur studenterna svarar utan att få syn på allmänna problem. Ett sådant problem för studenterna är att använda begreppen materia och energi på ett tydligt sätt.

11. Fördjupad beskrivning av några studenters begreppsuppfattning

Här redovisar jag utifrån den bild jag kan skapa mig med hjälp av enkäter och intervjuer hur några av de studenter jag intervjuat förstår begreppen. I intervjuerna om artikeln om krematoriet svarar studenterna vid samtliga tillfällen på frågor om vad som händer med kropparna när de bränns i ett krematorium, vad som händer om man jordbe-graver dem och vad som bildas om ett annat bränsle används för att producera fjärrvärme. I den tredje intervjun diskuterar vi det slutna ekosystemet. Jag har med en sluten damejeanne med växter och litet jord i och berättar att jag haft den i 3,5 år (vilket är sant). Jag frågar hur systemet kan leva år efter år vilket leder till ett samtal om processer i ekosystemet. I enkätresultatet framkommer det att materia och energi eventuellt är oklara begrepp. I intervjuerna försöker jag på olika sätt få studenterna att utveckla sina tankar kring dessa begrepp. I intervju 1 och 2 frågar jag var värmen kommer ifrån och i intervju 2 ber jag dem att förklara skillnaden mellan energi och materia. I den tredje intervjun ber jag dem beskriva hur de tänker sig att det går till när olja omvandlas till koldioxid och vatten. Mot slutet av intervjun får studenterna se sina enkätsvar och tidigare intervjusvar om vad som händer vid förbränning av kropparna och vid begravning. De får möjlighet att kommentera texterna.

I redovisningen presenterar jag först hur några studenter svarat på enkätfrågorna och hur svaren kategoriserats. Jag har valt ut fem studenter som skiljer sig åt i hur jag tolkar deras begreppsförståelse. De exemplifierar också på olika sätt samstämmighet eller bristande sådan mellan svar i enkäter och intervjuer. Istället för kombinationskategorier skriver jag här numret på samtliga kategorier om det är så att ett svar bedömts tillhöra mer än en kategori. Det betyder att kategori 3 saknas för respiration, förbränning och nedbrytning och kategori 5 för fotosyntes. För varje student behandlas först begreppen respiration, nedbrytning och förbränning. Därefter tas begreppet fotosyntes upp. Denna genomgång har jag gjort för alla de studenter jag intervjuat, men jag redovisar endast några exempel här. Därefter redovisar jag några olika fenomen

som kommer fram vid analysen av intervjuerna. Då får kortare utdrag ur beskrivningen av studenten tjäna som exempel. Mot slutet av kapitlet redovisas hur studenterna tillämpar de ekologiska begreppen i en *Vad händer om?* – fråga rörande det slutna ekosystemet.

11.1 Lisa: Enkätsvaren speglar inte hennes förståelse

Respiration, nedbrytning och förbränning

Björnen

E1. Det har med cellandning att göra. En del omvandlas i ämnesomsättningen. I andningen frigörs i koldioxid. Kategori 4.

E2. Under tiden björnen är i ide fortgår björnens förbränning. Koldioxid och vatten bildas vid förbränningen. Förbränning sker i alla björnens celler. När björnen andas kommer syre in, koldioxid bildas i alla celler och andas sedan ut. Kategori 5.

Bantaren

E3. Övervikten har lagrats som fett. När han lägger om sin kost förbränns denna lagrade energi. Därför går Anders ner i vikt. Kategori 1.

Komposten

E3. Växtmaterialet bryts ner av organismer. Svamp och mikroorganismer och mask. Vid nedbrytning bildas koldioxid och vatten. Kategori 5.

Villapannan

E3. All förbränning ger koldioxid och vatten. Kategori 5.

Av enkätsvaren framgår att Lisa i början av utbildningens besvarar frågan om respiration på ett naturvetenskapligt bra sätt. I enkät 3 stämmer detta inte. Däremot är hennes svar på frågorna om komposten och villaoljan bra. I alla intervjuerna är Lisa helt säker på att det bildas koldioxid och vatten om man bränner kropparna, begraver kropparna eller eldar med ett annat bränsle för fjärrvärme. Det är en lärare som i NO1-kursen tryckt på att det vid nedbrytning och förbränning bildas koldioxid och vatten. Den första intervjun sker efter fältdagarna då liknande frågor kommit upp. Kunskaperna sitter ända in i märgen,

säger Lisa. Hon förklarar i tredje intervjun att olja brinner och reagerar och bildar nya ämnen – andra kemiska föreningar. Hon förklarar att energi sitter bunden i materia och är något annorlunda än materia. Ändå svarar hon som hon gör i enkät 3 om respiration. Egentligen svarar hon inte på frågan utan på varför Anders går ner i vikt. Hon kan inte förklara varför hon svarar annorlunda om bantaren än vad hon gjorde om björnen i enkät 2. Min tolkning är att hon svarar i en skolkontext. Lisa förklarar varför Anders går ner i vikt och inte i en teoretisk kontext som innebär att svara på vart materia tar vägen.

Fotosyntes

Potatisen

E1 Först och främst celledelning. Det blir nya små "embryon" som växer till sig och i sin tur blir det fler nya små potatisar. Kategori 2.

E2. Materia kommer från vattnet i jorden – och gör så att potatisen växer till sig. Kategori 3.

Rågåkern

E3. Solen ger energi till fotosyntesen. Sockret som bildas i fotosyntesen ger energi åt växten. Vatten och näring behövs också. Kategori 1.

Inget av svaren är bra men det i enkät 3 skiljer sig på så sätt att hon nämner fotosyntesen och att det bildas socker. Hon svarar inte på frågan. Under intervjun diskuterar vi vad som händer i det slutna ekosystemet, och då berättar Lisa att växten tar upp koldioxid och vatten och att med solen som energikälla bildas socker och syre. Lisa har alltså utvecklat en förståelse för fotosyntesen fast det inte framgår av enkäterna. Lisa kommenterar sina svar:

I: Hur ser du...? Du skriver om att solen ger energi i fotosyntesen. Sockret som bildas där ger energi till växten. Men hur menar du att solen blir socker?

S: Nej, nej, det är solen som ger energin så att socker kan bildas.

I Och var kommer själva materialet från?

S: Ähh...

/.../

I: Det har vi ju nyss diskuterat i och med burken

S: Ja, koldioxiden. Alltså kolet... Från koldioxiden, Det tar till sig koldioxid och vatten och de behöver energi som kommer från solen och så bildas. Jag har

tagit det som... Ja, ja, ja jag har hoppat över. Det ser konstigt ut när man läser det. Det är fragment från fotosyntes.

I: Jag ska ju göra en tolkning. Man kan få för sig att solen...

S: Det här är inte hela biten. Nej, det är energin. För att det sen ska kunna bildas socker.

I: Jag tycker att du hela tiden varit klarare med förbränning än med fotosyntes. Är det svårare att förklara med fotosyntes än förbränning?

S: Ja, det är det nog.

I: Varför det?

S: Det vet jag inte. Det kan jag inte.... Det vet jag inte.

I: För det andra...

S: Det känner mig mycket mer säker på. Jag känner att jag kommer att bära med mig det i hela livet. Det har satt sig mer. (Int. 3).

Lisa har begreppen nedbrytning, respiration och förbränning klart för sig tidigt i utbildningen. Hon utvecklar förståelse för fotosyntesen, även om det inte framgår av enkäterna. Hon ser materia som partiklar och har en modell av kemiska reaktioner. Inte vid något tillfälle verkar hon förväxla materia och energi eller beskriva transmutationer. Lisa säger att hon anstränger sig för att få ordentliga baskunskaper. Hon har en förmåga att snappa upp det som lärarna tycker är viktigt.

11.2 Jenny: Läser sitt tänkande för att producera rätt svar

Respiration, nerbrytning och förbränning

Björnen

E1. Honan har förbränt det fettlager som hon lagt upp inför sitt idegående. Fettlagret har fungerat som bränsle och näringsbas för att hon ska upprätthålla sin livsform. För att hålla kroppen fungerande. Ämnen i bedövningsämnet har tvingat henne att använda mer av sina resurser för att rena kroppen. Kategori 1.

E2. Björnhonan föder sina ungar i idet. Fettreserven som hon hade byggt upp innan hon gick i ide har använts för att upprätthålla kroppstemperaturen och livsviktiga funktioner. Kategori 1.

Bantaren

E3. Förbränt genom att öka kroppens förbränning via fys. arb. avger hans kropp mer värme. Med rätt kost kan han få vågspel, nyttig energi o tillförd energi. Kategori 2.

Komposten

E3. Det förmultnar och oxiderar. Allt återgår till kretsloppet. Av luft är du kommen. Maskar och andra kryp hjälper till i processen. Kategori 1.

Villapannan

E3. CO₂ och H₂O + värme. Den kommer slutligen ut i atmosfären. Kategori 2+5.

Enkätsvaren visar inte att Jenny har en naturvetenskaplig förståelse för respiration och nedbrytning. Hon svarar delvis naturvetenskapligt riktigt på frågan om förbränning även om hon för in värme i enkätsvaret. Hon ser inte det generella. Av intervjuerna framgår det att hennes förståelse för förbränning utvecklats under utbildningen. I intervju 1 säger Jenny att det bildas stoft och saltsyra av kropparna vid förbränning eftersom de innehåller svavel och kanske också koldioxid. Värmen kommer från ugnarna. Det kommer säkert värme från kropparna men hon har vet inte varför detta skulle kunna ske. Vid intervju 2 säger hon: *Kväve, fosfor, kalium, kalcium, magnesium. Vad är det mer?* I intervju 3 säger hon att det blir bara aska eftersom det också bildas koldioxid och vatten och det slinker ut med värmen.

Vid frågan om vad som händer med en kropp vid begravning säger hon i intervju 1 att det bildas kol och ligger vi tillräckligt länge så blir det olja. Att kroppen bryts ner är en förruttnelseprocess och bakterier och nedbrytare är inblandade. De får på så sätt mat. På frågan om det blir varmt så svarar Jenny att det blir det nog. Hon har hört talas om att kroppar kan svälla upp av någon gas som skulle ge någon form av värme. I intervju 3 förklarar hon att alla kroppens ämnen kommer tillbaka till marken eftersom nedbrytarna delar sönder och delar sönder så att kroppen till sist är uppdelad i de ämnen den består av. När vi pratar om andra bränslen så är hon helt säker på att det bildas koldioxid och vatten av olja. Vid all förbränning bildas koldioxid och vatten. Det är något hon har tryckt in i huvudet (enligt egen utsago). När jag frågar om det inte bildas koldioxid och vatten av kroppar som begravs så svarar hon *att jo, men det blir nog kolsyra*. I enkät 3 skriver hon att *av luft är du kommen*. Hennes kommentar till detta är att hon kom ihåg det från miljöfysikboken, men hon kommer inte riktigt ihåg varför hon fastnade för uttrycket. När hon beskriver hur förbränning av olja går till så säger hon igen att det är en sönderdelning. Den delas upp i pyttesmå

bitar, och då kommer vattnet som sitter mellan delarna loss. Det är en beskrivning av förflyttning. När jag frågar varför det måste till syre för förbränningen svarar hon med brandtriangeln. Utan syre ingen eld. Jenny återkommer i intervjuerna till att hon är negativ till återvinning eftersom hon inte vill ha någon farande i elementen. Det verkar som hon tänker sig att något som är bundet i kroppen kommer med värmen om man återvinner den.

Fotosyntes

Potatisen

E1. Sättpotatisen utvecklar sticklingar. Dessa förgrenar sig och med hjälp av omgivande faktorer blir det slutligen små potatisar. Sättpotatisen bygger upp blast. Blasten fångar upp solenergi som används som mat. Fotosyntesen skapar och bygger upp potatisen. I marken finns närsalter som används och tas upp av rötterna, stärkelse och cellulosa bildas. Byggmaterial. Kategori 1 och 4.

E2. Den vill sprida sina gener. Varje liten potatis är en rotknöl som senare slår upp nya skott och förgrenar sig vidare och vidare. Material till en ny potatis är vävnader som byggs på successivt. Stärkelse och socker. Jämför med en vanlig växt. Kategori 1.

Rågåkern

E3. Solen skiner mer i juni än i maj. All energi kommer från solen. Kategori 4.

Fotosyntessvaren tyder på att Jenny inte förstår vad detta handlar om. Energi och materia är begrepp som hon inte har rätt ut. Hon svarar med minneskunskaper. Det är också tydligt i intervjun om det slutna ekosystemet. På något sätt får hon dock ihop det när hon resonerar med hjälp av mina frågor och släpper det här med att komma ihåg. Här är ett exempel på att samtal kan hjälpa till att klargöra och förtydliga sammanhang.

I: Hur har det kunna leva?

S: Det är det slutna ekosystemet. Med ja.. vattenånga som stiger upp och ... Det står helt stilla i huvudet... Äh.

I: Ta det lugnt. Skulle du kunna berätta vad som händer i stora drag?

S: Ja. Förmultning. Växterna tillverkar syre och ... Jag kan inte komma på något mer.

I: Det är väl inte så dumt. De tillverkar syre och förmultning sa du. Hänger det ihop på något vis.

S: Jag tror att syre hjälper till vid förmultning.

I: Vad då förmultning?
S: Det är väl när växterna dött så förmultnar de. Och det blir koldioxid och vatten. Koldioxiden lever växterna på som i sin tur tillverkar syre. Och vattnet rinner ner och avdunstar.
I: Menar du att det är ett utbyte mellan vattnet på väggarna och vattnet i jorden?
S: Ja.
I: Har det någon annan funktion än att det avdunstar?
S: Jaa... Om det inte avdunstar?
I: Nej jag menar att om det bara avdunstar och sen ramlar ner igen så skulle det inte betyda någonting.
S: Det är säkert en massa ämnen som följer med upp i vattenångan och sedan ramlar ner på växterna. Som är under sig... Det som ligger underst kommer ...och näringen åker upp och ramlar ner. Vattnet avdunstar och rinner ner och avdunstar och rinner ner.
I: Kan man tänka sig att de får näringen på något annat sätt än att de får det uppifrån.
S: Det är genom förmultningen. Den näringsämnen som funnits i växten. När den förmultnar frigöres de och då tar nya delar, nya skott näringen.
I: Så det går upp genom rötterna?
S: Ja.(Int. 3).

Hennes egen kommentar till enkäterna visar att hon nog trots allt har något så när klart för sig var materia till växtmassan kommer ifrån och att uppbyggnaden sker genom fotosyntesen.

I: Vad säger du om dina svar?
S: Ja, alltså jag är imponerad av mina svar om det är jag som skrivit.
I: Ja, det är det.
S: Alltså jag har glömt väldigt mycket eller så har jag inte tänkt efter så väldigt mycket.
I: Men nu när vi pratade om burken tycker jag ändå att du sa någonting om att växterna behöver koldioxid och vatten.
S: Det är väl det.
I: Vad skulle du svarat på rågåkern nu?
S: Ja, det är ju så att det är mer sol i maj och juni.
I: Men var kommer materialet från.
S: Det är fotosyntesen. Hur är det nu? Socker som fungerar som mat för växterna som gör att det växer. Med hjälp av solen så kan det bildas.
I: Menar du att solen gör socker?
S: Nej, låt mig se. Koldioxid och vatten. Vänta jag har den formeln i huvudet nu . C6?? Nej. (Int. 3).

Enkätsvaren tyder inte på att Jenny har utvecklat sin begreppsförståelse under utbildningen. Intervjuerna understöder delvis detta antagande. Hon använder begreppen energi och materia på ett sätt som visar att

hon inte riktigt förstår begreppen. Materia verkar för Jenny vara synligt. Värme och gaser verkar vara ungefär detsamma och exempel på energi. Hon har inte en modell för kemiska reaktioner utan ser nedbrytning och förbränning som rena sönderdelningsmekanismer. Jenny har fragmentariska kunskaper som hon försöker plocka fram när hon blir tillfrågad. Hon blockerar sitt tänkande för att producera ett svar. Hon säger t.ex. *Vänta jag har formeln i huvudet någonstans*. Men i samtalet med mig så verkar det som om vi tillsammans utvecklar eller tydliggör det hon kan även om det fortfarande är mycket som är oklart. Hon säger vid intervjutillfälle 3 att hon är alldeles för tentainriktad när hon läser. Efter tentamen lägger hon det åt sidan och koncentrerar sig på nästa kurs. Jenny hade behövt hjälp med struktur och att bearbeta sina egna föreställningar.

11.3 Malin: Varför tappar hon kunnandet om fotosyntesen?

Respiration, nerbrytning och förbränning

Björnen

E1. Kilona har hon använt som näring. De har också hjälpt till att värma henne och förmodligen försvunnit som svett. Kategori 1.

E2. Honan föder sina ungar i idet. Där går några kilon bort. Likaså när hon diar sina små. Mjölken bildar honan av sitt energilager. Hon transpirerar också. Kategori 1.

Bantaren

E3. När kroppen är igång förbrukas energi i form av socker och fett. Cellandningen = syre + socker \rightarrow $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} +$ energi. Kategori 2 +5.

Komposten

E3. Vid all förbränning eller som kompost, förmultning bildas CO_2 och H_2O , som försvinner ner i marken eller upp i luften. Kategori 5.

Villapannan

E3. Det blir CO_2 och vatten. Jag tror inte att det är en fullständig förbränning vilket innebär att det bildas andra kanske inte så hälsosamma ämnen. Kategori 5.

Malin utvecklar enligt enkäterna förståelse för begreppet respiration. Hon skriver visserligen att det bildas energi av sockret i cellandningen. Hon har dessutom en generell förståelse. Svaren stämmer bra med intervjuerna. Från att i intervju 1 och 2 svara att det blir aska av kropparna svarar hon i den tredje intervjun att det bildas koldioxid och vatten. På samma sätt utvecklar hon sina svar från intervju 1 och 2 om vad som händer om man begraver kropparna från att det bildas mull till att det blir koldioxid och vatten. Hon säger och skriver att det är samma process. Hon säger också i intervju 3 att det är ett kretslopp. Vid nedbrytning och respiration bildas koldioxid som växterna tar upp. Av intervjuerna framgår inte hur hon tänker kring själva reaktionen. Malin uttrycker en upplevelse av att återvinning av värme ger en stark kontakt med de döda. Men hon skiljer på materia och energi. Jag frågar:

I: Hur är det värmen. Är där atomer och molekyler i den också?

S: Nej, värmen är energi, men ja... Men det är för att ... Det kommer ju ändå... Den energin kommer ändå ifrån... Det är mer att det är mina nära och kära... Det är jättesvårt att förklara. Det är en känsla man har. (Int. 3).

En möjlighet är att Malin har ett vardagsbegrepp av energi som är kopplat till en person och ett naturvetenskapligt begrepp av energi.

Fotosyntes

Potatisen

E1. Cellerna förökar sig. Kategori 1.

E2. Potatis tar upp H₂O, näringsämnen och koldioxid. Så länge CO₂ upptaget är större än CO₂ – avgivandet växer växten. I vårt fall blir det potatis och blast. Kategori 6.

Rågåkern

E3. Växtmassan kommer från vatten och mineraler som växten tar upp med rötterna. Kategori 3.

Efter första terminen har Malin lärt sig att förklara fotosyntesreaktionen. I enkät 3 verkar det som om hon inte kan det längre och det bekräftas av den diskussion hon för kring det slutna ekosystemet trots att hon en stund tidigare sagt att den koldioxid som bildas vid nedbrytning och respiration tas upp av växterna.

S: Där är ett bra kretslopp. Ja du har ju ... Du har ju fotosyntesen i växterna och det...

I: Vad är det som kretsar?

S: Vatten.

Suck.

Så mycket kunskaper man har. Det är helt fantastiskt.

/.../

S: Men växterna dör också och då får vi nya mineraler och sånt. Och då får man ny jord. Och det tar växterna upp igen. Vattnet det ... Det finns vatten i luften inuti och det finns också i jorden. Och det tar växterna upp. Ja.

I: Finns det något i luften som cirkulerar?

S: Ja, syre. (Int. 3).

Själv kommenterar hon sina enkätsvar så här:

I: Potatisen och rågåkern?

S: Jag har nog precis läst NO där. Det kan jag tänka mig. Ja här emellan. Det ser väldigt proffsigt ut. Men sen här har man tappat en massa.

I: Ja, här har du nästan gått tillbaka.

S: Mm

I: Varför är detta så knepigt med koldioxiden?

S: Alltså jag tror inte det är svårt att komma ihåg för jag vet. Det har tjatats och tjatats. Man tycker det är självklart på något sätt.

I: Ja. Mm.

S: Jag vet faktiskt inte riktigt varför för det har tjatats väldigt mycket om koldioxiden. Så det är inte så att det är en kunskap som inte finns. (Int. 3).

Malin utvecklar begreppen respiration, nedbrytning och förbränning. Att hon svarar bättre på frågan om respiration i enkät 3 än tidigare beror enligt henne själv att hon läst humanbiologikursen. Hennes begreppsuppfattning av fotosyntesen utvecklas under NO1 men sedan verkar det som om hon glömmer det. Hon är mycket klar och tydlig. Enkätsvar och intervjusvar stämmer bra överens. Det är oklart om hon verkligen har en bild av kemiska reaktioner eftersom hon inte verkar förstått varför man tjar så mycket om koldioxiden.

11.4 Linda: Hur ska hon få ihop delarna till en helhet?

Respiration, nerbrytning och förbränning

Björnen

E1. Det är en fråga om energi. För att björnen ska överleva vintern får hon använda de resurser hon har d.v.s. lagrad energi. Kategori 2. (Att det blir kategori 2 är p.g.a. första meningen).

E2. Vid cellandning frigörs koldioxid, vatten och energi. Alla levande organismer cellandas. Vid cellandning förbränns kolhydrater. Kolhydrater finns i form av stärkelse (energiförråd) och cellulosa (till uppbyggnad) Viktminskningen beror på att en förbränning finns men björnen äter inte (Allt går ut inget går in). Kategori 5.

Bantaren

E3. Anders lager av kolhydrater och fett förbränns till CO₂ och vatten (omvänd fotosyntes). Kategori 5.

Komposten

E3. Kompostinnehållet har förmultnat och brutits ner av nedbrytare såsom gräsuggor och daggmaskar. Kategori 1.

Villapannan

E3. Olja som är ett ex. på fossilt bränsle "omvandlas" till bl.a. CO₂. CO₂ är en växthusgas. Denna stiger upp i luften. Kategori 4.

Linda utvecklar sin begreppsförståelse enligt enkätsvaren. Hon ger bra svar på respiration från och med enkät 2. Hon missar vattnet vid förbränningen i enkät 3 men å andra sidan uttrycker hon att något omvandlas vilket skulle kunna tyda på en föreställning om en kemisk reaktion. Hon använder ordet förbränning för att beskriva respiration. Vid första intervjun menar Linda att de blir aska av kropparna, vid den andra är hon väldigt osäker och föreslår någon gas vilket bekräftar utveckling. På min fråga om tänkbar gas svarar hon med tvekan koldioxid. Hon tycker det är svårt att diskutera och min tysta undran är, om hon lärt sig utantill särskilt som hon beskriver respirationen i en växt snarare än i ett djur. I tredje enkäten avviker svaret på kompostfrågan vilket tyder på att hon inte ser det generella mönstret. I intervjun

svarar hon på frågan om vad som händer vid begravning på ett sätt som visar att det är svårt för henne att formulera och tillämpa kunskaperna. Första gången svarar hon att kropparna förmultnar på något sätt. Kanske blir det varmt vilket är konstigt eftersom vi slutar fungera. Andra gången tänker hon att det pågår någon celandning och då borde det bildas koldioxid. Men kanske ruttnar det mer, och det blir varmt vilket är svårt att förklara. Men efter ett tag bestämmer hon sig för att det bildas koldioxid. Hon visar upp samma osäkerhet i intervju 3 men reder ut det genom att fråga mig. Här är det möjligt att Linda diskuterar en annan fråga nämligen koldioxid, förbränning och växthuseffekt, men jag uppfattar inte detta vid intervjutillfället.

S: Får jag fråga en sak? Om man begravs hel så måste man väl brytas ner?

I: Ja, och det var min fråga till dig.

S: OK. Då tänker jag så... Att i och med att det finns ett överskott så – det blir ju ändå även om det är med i balansen. Så om man slutat kremera skulle man kunna minska det överskottet. Fast å andra sidan så måste man brytas ned ändå?

I: Ja, vad blir det då?

S: Skelettet blir ju kvar. Eller bryts det ner på lång sikt?

I: Ja, på lång sikt.

S: Jord.

I: Ja, det har du svarat i enkäten också..

S: Har jag svarat det? I vilken enkät?

I: Den här sista.

S: Nej. Det kan nog bli samma sak... Kan det bli koldioxid och vatten igen ?

I: Vad skulle tala för det?

S: Vi består av samma sak även om vi grävs ner. (Int. 3).

I intervju 2 förklarar hon att materia är något man kan ta på och som man kan se. Energi är svårare. Värme är energi men det finns också flödesenergi. Det är inte synligt som materia. I tredje intervjun börjar Linda med att prata om skelett och jord. Men sen tänker hon att eftersom vi består av samma sak vare sig vi bränns eller begravs så borde det bli samma saker av oss och deklarerar att det bildas koldioxid och vatten. Hennes bild av hur det går till är att molekylerna klipps sönder ungefär som på samma sätt som lipas och amylas klipper sönder stora molekyler till mindre i matspjälkningen. Varför hon svarar annorlunda på frågan om komposten kan hon inte förklara. Hon säger att hon vet att det bildas koldioxid. I övrigt tycker hon att lärt sig mycket under utbildningen och att det märks i de utdrag från intervjuerna som hon får

se och i enkäterna. Hon kan inte förklara detta mer detaljerat än att kunskaperna är fördjupade.

Fotosyntes

Potatisen

E1. En sättpotatis har groddar med arvsanlag till nya potatisar. De tar sedan näring från "moder"-potatisen som får sin näring från jorden. Kategori 3.

E2. En sättpotatis får närsalter och vatten från marken detta tar den till sig genom sina groddar. Cellulosan i potatisen används till uppbyggnad. När potatisen blivit en planta (grön) utnyttjar den solljuset och luftens koldioxid vid fotosyntesen. Kolhydrater bildas och görs om till cellulosa och stärkelse. Potatisen förökar sig så småningom. Kategori 7.

Rågåkern

E3. Fotosyntesen bygger upp rågen. Solljus, vatten och koldioxid omvandlas till kolhydrater och syre. Kolhydraterna (stärkelse och cellulosa) är byggstenar, de bygger upp växten. Kategori 4 + 7

Linda lärde sig fotosyntesen i termin 1 och hon kan förklara den också i enkät 3. Det finns ett frågetecken för hur hon ser på solljuset. Hon säger efter termin 1 att hon kände att kunskaperna verkligen sitter och att hon har förstått. När vi diskuterar det slutna ekosystemet är det svårare för Linda. Hon säger spontant att det pågår fotosyntes och celledning. Sen glider hon in på en egna erfarenheter om en liknande burk där det gick snett. Hon har svårt att förstå varför. Hon tycks se det hela mest som en utrymmesfråga. När jag för in henne på fotosyntesen igen så klarar hon av att förklara med hjälp av ledande frågor från mig

I: Egentligen ska vi börja med hur den kan överleva år efter år. Du nämnde fotosyntesen. Den har du väldigt klart för dig vilket framgår av enkätsvar och så.

S: Det här med närsalter och så i jorden.

I: Tar det liksom inte slut de grejerna? Koldioxid? Det borde ta slut. Den växer ju och så.

S: Ja.

/.../

S: Jag har aldrig tänkt på det men kan det vara så att någonting bryts ner och så är det någonting annat som växer igen.

I: Vad skulle kunna brytas ner?

S: En gammal växt. Så den du hade från början finns kanske inte mer.

I: Det är ju inte säkert att detta är samma blad på växten som när jag stoppade ner den. Var är de gamla bladen?
S: Förmultnat.
I: Och vad har det då blivit?
S: Jord. Närsalter?? Inte?
I: Jo, det är klart. Förklarar det hur växterna klarat sig?
S: Det frigörs koldioxid om den förmultnar och bryts ned.
I: Vad är det som gör att det förmultnar?
S: Har du någon mask där?
I: Nej, där finns ingen mask.
S: Så du har ingen nedbrytare. Fast det finns kanske nedbrytare i jorden.
I: Jag sa inte att jag inte har några nedbrytare. Jag sa att jag inte har någon mask.
S: Jag tror att det är nedbrytare som fixar det. En gråsugga eller något annat. Jag vet inte de här... När vi har varit ute i naturen så hittade vi sådana här små maskar.
I: Nematoder?
S: Ja.
I: Nej, jag vet faktiskt inte om det finns några sådana. Det är möjligt. Men inga större kryp.
S: Och de behöver syre för nedbrytning. Och det får de...(Int.3)

Linda visar ingen medvetenhet om att mikroorganismer existerar. Hon nämner dem inte i enkäten och när det inte finns någon mask i burken försöker hon komma på andra makroskopiska nedbrytare. Det framgår också i resonemanget om varför man inte lyckades med systemet på partnerskolan. Linda ger en blandad bild. Hon har uppenbarligen utvecklat sin begreppsförståelse men har inte en modell av kemiska reaktioner. Det verkar som hon har kunskap om enskilda begrepp men svårt att sammanfoga dem till ett helhetstänkande. Det är det som Bergqvist (1985) kallar *Serialistiska resonemang som grundar sig på enskilda förhållanden*. Hon verkar ovan att diskutera frågor där hon behöver använda sina kunskaper.

11.5 Mattias: Utveckling av beständigt kunnande

Respiration, nerbrytning och förbränning

Björnen

E1. Bara för att leva krävs det energi för att björnens organ skall kunna verka. När det är kallt krävs ytterligare energi för att björnen inte skall frysa ihjäl. Det är alltså lagrad energi som förbränns.. Kategori 1.

E2. Kroppen behöver energi för att leva. De kilona som lämnat björnen har gått åt i energi för att björnen skulle överleva. Kategori 2.

Mattias skriver i enkät 2 att kilona gått åt till energi. Skillnaden är liten mellan svaren i enkät 1 och 2. I enkät 1 skriver han inte att materia blir energi som han gör i enkät 2. Men det ligger nära till hands att tolka det som om han tänker sig en transmutering. Å andra sidan är det riktigt att fett förbränns och då frigörs energi. Men det säger ingenting om vad som händer med materia.

Bantaren

E3. Samma sak som i de två föregående frågorna (komposten och villapannan, min anm.). Kroppen bryter ner övervikten och bildar koldioxid, vatten och värme. Dessa ämnen lämnar kroppen. Kategori 5 + 2. (Är värme ett ämne? Min anm.)

Komposten

E3. Nedbrytare bryter ner materialet och bildar koldioxid, vatten, värme och näring. Kategori 5 + 2.

Villapannan

E3. Samma sak som i komposten det bildas vatten, koldioxid och värme fast ingen näring. Det mesta blir alltså värme. Kategori 5 + 2. (Vad då det mesta blir värme? Min anm.)

I enkäterna utvecklas han från kategori 1 till 2 till 5 + 2. Det finns ett frågetecken för hans förståelse av energi och materia. I intervjuerna utvecklas han från att mena att det blir aska av kropparna i intervju 1 till att det bildas koldioxid och vatten i intervju 2. Intervjun är genomförd efter enkäten och Mattias svarar alltså här annorlunda än i enkäten. Han säger om värme i intervju 2:

S: Samlad energi. Det behövs värme för att... Eller... Tar de upp värme? Det var intressant För värme är... Ja, det var en fråga. Nej värmen är ingenting som tas upp. Man kan jämföra en träbit och en människa om man ska bränna dem. Så det spelar ingen roll. Värme är inget... Det behövs värme för att liv ska finnas.

I: Varför blir det varmt när träbiten brinner

S: Det lösgöres energi helt enkelt. Energi som tagits upp en gång i tiden för värme är det enda som går ut i atmosfären. (Int. 2).

I intervju 3 förtydligar han och inför begreppet energiomvandling

S: Det är svårt när man säger värme. Energi är bättre rent naturvetenskapligt. Värme är ju en sorts energi men energin försvinner inte och nybildas inte utan övergår bara i en annan fas vilket gör ju då att om man har varmt här och något kallt utanpå så går energin över från det varmare vattnet till det kallare och värmer det.

I: Vad är värme då?

S: Värme är bara ett mått på hur molekyler rör sig. (Int.3).

Han kommenterar i intervju 3 också sitt svar i enkät 2 om björnen att viktminskningen beror på att det blir värme. Så ser han det inte idag. Mattias förklarar sina olika svar med att han fick hjälp med att förstå en grundprincip. Han uttrycker det som att någon förklarade att här är en burk. Det enda som går in och ut genom den är energin på ett eller annat vis. Sen finns det bara de här atomerna.

På frågan vad som händer om man begraver kropparna genomgår han motsvarande utveckling. I intervju 1 säger han att det utvecklas värme eftersom nedbrytarna springer omkring. Han jämför med sig själv som också blir varm när han rör sig. Det är oklart vad som bildas av materian. Han nämner produkter som urin och avföring men någon ämnesomsättning nämns inte. I intervju två uttrycker han tydligt att det blir koldioxid och vatten vilket motsäger hans enkätsvar. Detta står fast i intervju 3.

Fotosyntes

Potatisen

E1. Först krävs energi i form av (solljus) kan vara annan ljusenergi. Sedan krävs vatten och koldioxid för fotosyntesen. Kategori 7.

E2. Potatisen tillverkar nya potatisar (som frön) för att föröka sig. Materien till de nya potatisarna kommer från koldioxid, vatten och närsalter. Kategori 7.

Rågåkern

E3. För att växter ska växa krävs vatten, koldioxid, energi (solen) och näring. Anledningen till att det växer mycket beror på att det fanns mycket och stark sol. Växtmassan består huvudsakligen av CO₂. Kategori 7.

Mattias förklarar fotosyntesen på ett bra sätt från termin 1. Hans redogörelse av det slutna ekosystemet är koncis och klar.

S: Jo, vi har producenter och konsumenter. I denna burken har vi de gröna växterna som är producenter. De lever utav vatten, koldioxid och energi från solen. Ljusenergi. Det kan vara en lampa. Och kan då växa. Restprodukterna av den kemin är koldioxid eller vad säger jag syre och så ja, just det socker

I: Det är det som bildas?

S: Ja, det är det som bildas. Sen har vi då nedbrytare som är mikroorganismer som finns i jorden. Här är nog inte så mycket maskar och möss och så.

I: Nä, där gick väl gränsen för mitt etiska...

S: Ja just det. De ska ha någonting att leva av. Och de lever av växter – socker. Det här är ju rätt enkelt sagt. Det finns litet mer näringsämnen och så. Grundprincipen. Så måste de andas. Och de andas syre. Den förbränningen ger i nedbrytarna koldioxid och vatten och det är precis det som växterna behöver.(Int. 3).

Mattias förstår inte begreppen nedbrytning, respiration och förbränning när han börjar utbildningen. Under arbetet med den ekologiska burken lär han sig en grundprincip som han tillämpar och svarar efter NO-kurserna på ett sätt som visar att han ser att både nedbrytning, förbränning och respiration är i grunden samma processer. Det är kemiska reaktioner där ett visst antal atomer omgrupperar sig och bilda nya föreningar. Den kunskapen är beständig på så sätt att han tillämpar den i termin fem. I enkäterna använder han inte materia och energi på ett stringent sätt vilket han gör i intervjuerna.

11.6 Sammanfattning av fallbeskrivningarna

Av dessa fem studenter finns det en överensstämmelse mellan enkäter och intervjuer hos Malin. Lisa, Jenny och Mattias svarar på någon punkt bättre i intervjuerna än i enkäterna men det är inte genomgående så. Lisa är klarare i intervjuerna både när det gäller respiration och fotosyntes. Jenny förtydligar något sin förståelse av fotosyntesen i intervjuerna. Lindas enkätsvar är bättre än intervjusvaren. I intervjuerna har hon svårigheter med att använda de begrepp hon kan förklara i enkäterna. Det framgår också att fast hon kan beskriva fotosyntes och respiration på ett bra sätt saknar hon en modell av kemisk reaktion. Mattias svar överensstämmer bra mellan enkäter och intervjuer förutom att en oklarhet kring hans energibegrepp reds ut i intervjuerna. De fem

exemplena visar att det är komplicerat att beskriva hur studenterna förstår ekologiska begrepp.

11.7 Modell av kemisk reaktion

I intervjuerna blir det tydligt att det hos studenterna finns två modeller för att beskriva en kemisk reaktion. Mattias har en klar bild av en kemisk reaktion som omorganisation av atomer. Jenny och Linda ser en kemisk reaktion som en sönderdelningsreaktion. Dessa studenter ingår i de fem ovan beskrivna exemplena. Henrik och Åsa är exempel på studenter som har en modell av kemisk reaktion som de klargör för sig själv i intervjuerna. Emma uttrycker tydligt hur hon ser en reaktion som sönderdelning.

Henrik

Henrik utvecklar begreppet respiration under utbildningen medan han ger en ganska bra beskrivning av fotosyntesen redan från början och den förändras inte. I enkät 3 svarar han som om att han förstår att nedbrytning, förbränning och respiration är samma principiella reaktion. I alla intervjuerna svarar han att det bildas koldioxid och vatten vid förbränning och att i princip samma sak sker vid jordbegravning. När han blir ombedd att förklara förändringen från olja till koldioxid och vatten så ger han först ett svar. En lång stund senare, när vi är inne på något annat, kommer han tillbaka till frågan och vill förtydliga. Han utvecklar en uppfattning om omorganisation av atomer som intervju-situationen initierar. Ledtråden är min fråga om hur syret kommer in. Hans modell av sönderdelning blir ohållbar.

I: Vad händer vid en förbränning?

S: Det är egentligen att molekylerna delas.

I: Delas sönder?

S: Ja.

I: Varför behövs det syre?

S: Ja, det behövs. Varför behövs syre? Ja... Nej det är svårt att svara på varför syre... Ja det är ju egentligen så enkelt att det kan inte brinna om det inte finns syre.

I: Varför kan det inte det då?

S: ...

en stund senare

S: Syret behövs ju för att bilda vatten. Nej, jag satt och funderade vidare på det. Syret.

I: Om du tänker att du förbränner bensin, som är ett rent kolväte, så får du?

S: Ja, kol binder till syremolekylen och bildar koldioxid. Det är detsamma med vätet det binder också till syret. Alltså kolvätet. De molekylerna sönderdelas ju. Kolet och vätet binder var för sig till syret.

S: Ja det blir ett steg till. Men varför just syre? Det vet jag inte. (Int. 3).

Emma

Emma ser en förbränningsreaktion som en sönderdelning och uttrycker inte att syremolekylerna reagerar med kolvätemolekylerna utan får igång skeendet d.v.s. fungerar som katalysatorer. Samtidigt förklarar hon att det är en process som ska komma igång vilket är motsägelsefullt. Hon säger:

I: Hur tänker du om vi tar olja – det är lättare att prata om olja än om kroppar – om vi har olja här och koldioxid och vatten här och så någonting med energi som är inblandat. Hur tänker du dig att detta går till? Hur kan det bli koldioxid och vatten?

S: Jag ser ju som molekyler som delar sig helt enkelt. Så ser jag det som.

I: De delar sig i mindre delar?

S: Ja, i mindre bitar.

I: Och varför behövs syre?

S: Ja, det behövs för att det ska man ska kunna bränna det.

I: Men varför?

S: Ja, syret. Alltså att det krävs... Jag kan tänka mig att det krävs för att den processen ska uppstå som gör att de kan separera. Förstår du?

I: Som någon slags katalysator eller något i den stilen?

S: Ja, det skulle man väl kunna kalla det. Katalysatorn påskyndar väl bara processen. Men jag menar att det krävs för att processen över huvud taget ska vara möjlig för att förbränna. För att elda så krävs det syret för att kunna få den processen att ske så att de kan dela sig.

I: Jaja.

S: Det tror jag. (Int. 3).

11.8 Energibegreppet – var går gränsen för vad som är materia?

En av svårigheterna vid kategoriseringen av enkätsvaren har varit att tolka hur studenterna förstår begreppet energi. I vissa fall har det varit enkelt som med Lisa ovan som konsekvent använder begreppen energi och materia på olika sätt. Jenny verkar betrakta materia som något synligt och sammanför gaser och energi till en annan grupp. Mattias för

in att det bildas energi i samtliga enkätsvar om respiration, nedbrytning och förbränning. I intervjuerna visar han tydligt att han förstår skillnaden. Davids enkätsvar tyder på att han kan tänka sig att materia kan övergå i energi. Av intervjuerna framgår det att han skiljer på energi och materia, men han verkar sakna en föreställning om vad energi är.

David

Respiration

Bantaren

E3. Rörelseenergi – han förbränner den energi som han fick genom maten. Kategori 2.

Fotosyntes

Potatisen

E2. Bladen använder den "gamla" potatisen för att få kraft att växa upp och den nya "kraften" lagrar den i de nya potatisarna. Kategori 1.

Rågåkern

E3. Från solen som lagrar energi i jorden och växten som använder den och kan växa. Kategori 4.

Det verkar som om David svarar med transmuteringar d.v.s. att materia övergår i energi eller tvärtom. Men i intervjuerna säger han första gången att askan tas om hand och värmen kan återvinnas eller gå ut i skorstenen. Andra gången säger han att det blir kol av kroppen, vattnet förångas, värme blir värme och askan grävs ner. Det tyder på att han betraktar värme som något som är skilt från materia. Tredje gången säger han att det blir aska och kol av kroppen eftersom vi består av kol. På min fråga om vad som går ut genom skorstenen svarar han koldioxid.

David förstår inte att cellandning är en process där kemiska ämnen reagerar och energi omvandlas. Han uttrycker i intervju 2 att energi är något som alstras av att man arbetar. Det går inte att få honom att förtydliga, utan det är klart att det alstras energi när småkryp springer omkring och blir varma. Att värmen kommer någonstans ifrån vet inte

David. I många svar återkommer David till hur han skulle förklara för barn. Och energibegreppet anser han vara för svårt för dem. Det är omöjligt att i intervjun få honom att förklara energi för mig. I tredje intervjun säger han att värme är ingenting att ta på.

S: Jag skulle aldrig tala om energi för eleverna.

I: Vad har du för egen bild av energi?

S: Jag hade nog nöjt mig med att hålla det på den nivån som de förstår vad det är. Ja, när man springer eller när man äter en kaka för att man ska orka saker. När vi talar om de här andra energin som utsöndras från kroppen och som gör att saker går runt och att energi inte är förgängligt – det skulle jag glömma totalt.

I: Hur ser du kopplingen mellan kakan och springandet?

S: För att orka. Det är mer konkreta grejer för barnen. Jag skulle aldrig gå in på loppet hur den här kakan övergår till energi. De här delarna. (Int. 2).

Emma Respiration

Björnen

E1. Även om björnar sänker kroppstemperaturen när de går i ide måste de ändå upprätthålla en viss kroppstemperatur. Det är till detta en del av vikten (lagrad energi) går åt. Resterande av de "förlorade" kilona går åt till att hålla kroppen gång invändigt, tex. hjärta, lungor. Kategori 1

E2. Eftersom hon inte äter i idet får hon leva på de resurser hon lagrat i kroppen. Då går dessa energilager åt tills att dels hålla (den sänkta) kroppstemperaturen uppe. Dels så går det åt energi för själva andningen (d.v.s. CO₂ och H₂O). Så av kroppsvikten (den förlorade) har det blivit värme, vatten samt koldioxid. Kategori 2 och 5.

Bantaren

E3. De 10 kg har blivit energi (av olika slag), vatten och CO₂. Kategori 2 och 5.

Enligt enkäterna verkar det som om Emma utvecklar sin förståelse för begreppet respiration under den första terminen även om det finns ett frågetecken för hur hon uttrycker sig om att det bildas energi av björnens massa. I enkät 3 kvarstår detta frågetecken. När hon svarar på frågan om vad som händer med kropparna i krematoriet säger hon vid intervjutillfälle 1:

I: Vad händer? Var kommer värmen ifrån?
S: Det är väl alltså när alla molekyler och sånt delar upp sig igen – vad kallar man det? När de krafter som håller ihop det släpps och atomerna kommer var för sig så blir det värme. Det är den energi som ...
I: Vad för slags energi? Var finns den i den levande kroppen. I vilken form?
S: Som byggstenar eller som murbruket mellan stenarna.
I: Vad blir det av själva materialet?
S: När det bränns?
I: Ja.
S: Koldioxid och vatten. (Int. 1).

Också i intervju 2 och 3 formulerar hon sig på ett liknande sätt vilket inte tyder på att hon tror att materia övergår till energi genom en transmutering. I tredje intervjun svarar hon rappt, och jag frågar hur hon kan svara så. Det beror på att detta blivit så inmatat säger Emma. När hon explicit ombeds att förklara skillnaden mellan energi och materia återkommer hon till förklaringen att materia består av atomer och molekyler. Energi är någonting som finns i bindningarna mellan atomerna. Detta i intervju 3.

I: Du skriver att det blir värme, koldioxid och vatten. Kan det bli värme av själva kilona? Det har jag inte uppfattat att du tänker så när jag talar med dig.
S: Kanske. Jo. Jo, så tänker jag.
I: Väger värme?
S: Nej. Nej, men jag tänker mer... Det är samma sak där. Det är ju energi som frigörs. Som bryter ner vikten. Alltså när det bryter ner det så är det energin som frigörs. Och en stor del av energin är utandningsluft och där försvinner mycket värme. Och sen är det ren utstrålning från kroppen i övrigt. På det sättet ser jag att
I: Varför förlorar man vikt?
S: Ja, det tycker jag. Det förbränner ju. Det är inte själva energin i sig som väger, men när den energin bryts för att kunna förbrännas så är de den energin som blir värme. (Int. 3).

Hur tolka detta? Det är litet oklart hur Emma tänker kring energi. De tidigare citerade intervjusvaren tyder inte på att hon har den bild som framskymtar här. Emmas invändning mot att återvinna värme från krematoriet är att hon menar att det är som är en människa är hennes energi. Hon skiljer på värme och energi. Det verkar som om Emma tolkar frågorna i en naturvetenskaplig kontext när jag ställer frågor om materia och energi. När jag ställer frågor kring återvinning av värme från krematoriet tolkar hon det som en vardagskontext och använder sitt vardagsbegrepp av energi. Utsagan kan tolkas som en tendens till ett uttalande om energiomvandling.

S: Det är lätt att tänka att de är döda ändå så vad gör det ända tills man tänker att det är ens egen pappa eller farmor och tanken på att deras ande eller vad man ska kalla det ska cirkulera i elementen. Det känns ju litet konstigt va. Det är lätt att man får sådana bilder även om man vet att det inte är direkt så. Det är inte anden.

I: Vad är det?

S: Det är värmen och det är energin från den här människan. Det är energi.

I: Är det energin som gör en till en person?

S: Ja, på något vis. (Int. 3).

Av de intervjuade studenterna är det endast Sara, Mattias och delvis Thomas som förklarar att energi omvandlas från en energiform till en annan. Andra uttrycker tydligt att energin liksom ligger fasthållen mellan atomerna och släpps loss vid t.ex. förbränning.

Sara

S: Vad skillnaden är? Energi är något som.. Energin bryts ju inte ner .Den omvandlas. Omvandlas till olika former. Materia kan brytas ner och består av partiklar.

I: Det verkar klart när du beskriver de här partiklarna. Men sen när jag läser här (i enkäterna min anm.).Vad då energi? Är det också partiklar?

S Nej, energi är ju... Det omvandlas mellan olika sorter; rörelseenergi, värme. Energi försvinner inte. (Int. 3).

11.9 Situerat lärande – kan det generaliseras?

Det finns i intervjuerna många exempel på att studenterna förklarar begreppen situerat. Man kan också uttrycka det som att studenterna tolkar uppgifterna i olika kontext. Det betyder att man svarar på ett sätt om man uppfattar att uppgiften är som hämtad från en lektion eller en tentamen i kemi. Man svarar på ett annat sätt om man tolkar uppgiften i en vardagskontext. Det visar sig, som med David nedan, att ett begrepp som koldioxid kopplas till vissa kontext, och då svarar man inte med koldioxid i en kontext där man inte uppfattar att det hör hemma. Karin säger, när jag frågar henne varför hon inte ser att respiration, förbränning och nedbrytning är i princip samma reaktion, att i en enkät svarar man som man är lärd. Det gäller att trycka på rätt knapp för respektive fråga. Henrik vet i enkät 3 att nedbrytning, förbränning och respiration är samma principiella reaktion. I alla intervjuerna svarar han att det bildas koldioxid och vatten vid förbränning och att i princip samma sak

sker vid begravning. När det gäller villapannan så menar Henrik att det är typisk tentamensfråga i kemi, och då svarar men så. Han tycker att han svarar kemiskt i den. Bara släpper ur sig ett svar.

David och ytterligare en student förklarar att det är svårt att komma ihåg koldioxiden när de förklarar materieomvandlingar i respiration och fotosyntes. De sätter inte in koldioxiden i det sammanhanget. Fast David förklarar detta fortsätter han att uttrycka sig situerat. När han får se sina enkätsvar, och jag insisterar på att han ska förklara svaren, så ser han plötsligt det situerade i det han säger. Då kan han också dra slutsatsen om varför det bildas koldioxid i en kompost. I detta resone-mang får David insikter som gör att han utvecklas. Och då kan han koppla ihop sina svar med den diskussion som förts om situerat lärande i matematikkursen.

S: Jag tror att det är. Jag tror att man ofta tänker på att koldioxid är någonting som man andas ut. Inte någonting som kan komma ut på andra sätt. Och jag tror också. Nu tänker jag rent allmänt och generellt. Så tror jag också att man inte tänker på att även hundar och djur andas och då är det också koldioxid.

I: Alla andas... Ja just det.

S: Och det är samma sak som när man bränner upp saker. Det är också koldioxid. Men att man sätter inte ihop det.

I: Det är samma sak som om jag frågar vad som hänt med kropparna vid begravning. Vad skulle du säga att det blir då?

S: Då hade de multnats upp. Då hade de käkat upp dem. Det hade blivit kolpartiklar och...

I: I vilken form?

S: Nedbrytarna hade kol ?

I: Om man nu hade eldat med olja?

S: Koldioxid och en massa andra...

I: Men där säger du automatiskt koldioxid.

S: Ja, men inte när det bryts ner. OK. När det bryts ner. När människan bryts ner och förmultnar så finns det små mikroorganismer som käkar upp människan och därigenom andas de ut koldioxid och så kommer det ut koldioxid på det sättet. Det är så enkelt. (Int. 3).

I visar svaren i enkät 3.

I: Så skriver du på oljan. Men när du skriver om komposten och björnen och Anders....

S: Jag använder det bara en gång.

I: Och varför gör man det på just den?

S: Äh, jag vet faktiskt inte. Men jag tror nog att det kan vara mycket att man är låst vid att koldioxiden kommer ut ur munnen. Och om jag bryts ner så

kommer inte jag – koldioxiden inte ut genom någon annans mun. Mikroorganismer ut genom kroppen på annat sätt.

I: Det är så påtagligt. Egentligen är ju det här samma reaktion. Det är inte bara du som svarar så. Det är jättevanligt. Varför gör ni detta egentligen? Varför ser ni inte att det är samma reaktion?

S: Jag tror faktiskt att det är... En sådan sak som jag tänkt på förut och som jag känt att... Och som NN tagit upp på matten. På ett ställe kan man bli undervisad på ett sätt och på ett annat ställe på ett annat sätt. Men ändå är det samma sak men olika sätt. Och man kan väldigt länge och många gör det utan att veta att det är samma sak egentligen.

I: Mummel

S: Och jag tror det kan komma mycket från skolan. När man vuxit upp kan man inte se sambandet man har i ett ämne i ett annat. Och man förknippar det att det har man då och det har man då. Och det är en sak som man måste tänka mer på och arbeta mer med. Som att man tar in alla de här olika sakerna och visar på att de finns här och här – att det finns ett samband. (Int. 3).

När Åsa kommenterar sina enkätsvar lägger hon märke till att hon inte har med koldioxiden när hon beskriver nedbrytning. Hon förklarar det med att man tänker olika. Man tänker mer kemiskt med oljan. Vid nedbrytningen så fokuserar hon på att det bildas jord och att det sker i marken och då faller koldioxidbildningen bort. Hon kan själv identifiera situerat lärande.

I: Komposten och villapannan?

S: Det är ju det att koldioxid ska vara med här också.

I: Varför svarar du inte det då?

S: Jag vet inte. Jag fixerar mig nog vid marken där på något sätt. Alltså glömmet bort.

I: Det blir ju jord också.

S: Det blir ju det. Så det är nog därför.

I: Det är många som svarar som du.

S: Så jag är inte den ende?

I: Nej, men varför är det så? Som du säger nu så är det egentligen samma reaktion

S: Ja, det är ju det. Men man tänker nog olika. Här tänker man mer kemiskt med oljan. Jag gör det. Men här är det något som är ner i jorden. Sen glömmet man bort. (Int. 3).

11.10 Cue-seekers

Det finns exempel på studenter som är cue-seekers (Molander, 1997). Lisa, Emma och Malin har tydligt uppfattat att koldioxidomsättningen är viktig. Lisa kopplar in informationen i en modell av kemisk reaktion,

Emma kopplar informationen till sin modell att ämnen sönderdelas t.ex. vid förbränning medan Malin inte förstår varför det tjas så om koldioxid. Emma är liksom Jenny en av de studenter som berättar att det är viktigt att avläsa handledarens vinkar i basgruppsarbetet för att skaffa sig information om vart illustrationerna i NO1 ska leda. Enligt Molander (1997) förenar elever i gymnasiet förmågan till cue-seeking med djupinläring. Den kopplingen är inte tydlig i denna studien.

11.11 Diskussion om vad som händer i ett slutet ekosystem om betingelserna ändras

Ett tecken på god begreppsförståelse är att kunna tillämpa begreppen i en ny situation. I diskussionen om den slutna damejeannen frågar jag studenterna vad som skulle kunna hända om jag haft en betydligt större mängd jord i behållaren. Några studenter får också svara på vad som hänt om jag hade hållt i mer vatten i systemet. Det visar sig vara ganska svårt att diskutera vad som händer om man har i mer jord. Det verkar som om kunskaperna om de ekologiska processerna inte räcker till. Lisa som så säkert uttryckt att hon förstår nedbrytningsprocessen kan ändå inte tillämpa den i denna diskussionen. Några olika svårigheter visar sig. Ett problem tycks vara att man inte tänker på att det finns mikroorganismer i jorden. Så är det för t.ex. Linda vilket också framgår i genomgången av studenternas förståelse av ekologiska begrepp. I enkätsvaret om komposten anger hon att nedbrytning sker med hjälp av gräsuggor. Karin inser att antalet mikroorganismer ökar men sätter det inte i samband med syreförbrukning utan ser det som att de äter upp maten och konkurrerar ut varandra. Henrik resonerar på liknande sätt men för in koldioxidproduktionen. Det fattas något led i resonemanget, men i princip går det ut på att mikroorganismerna svälter och producerar därmed mindre koldioxid varpå växten inte kan växa. Sara börjar att tala om syrets betydelse men ger upp då hon inte kan reda ut det.

Något som återkommer i flera samtal är att det är en fråga om plats. Några studenter, t.ex. Henrik, menar att mer jord i sig gör att det blir mindre plats för växterna. Malin och David menar att om det blir mer jord kan växterna ta upp mer näring och växer mer, och då får de inte plats. Både Thomas och Jenny menar att vattnet kommer att ligga djupare i jorden, och det bli svårare för växterna att nå den. Thomas

utvecklar svaret genom att säga att roten måste bli större, och då växer förmodligen de överjordiska delarna varpå platsbrist uppstår. Åsa försöker få ihop en diskussion om upp uppbyggande och nedbrytande processer, och i samtalet med mig och med ledande frågor närmar hon sig frågan om syre. Mattias ser det som att mikroorganismerna förökar sig, förbrukar syret och sockret, varefter systemet dör. Emma resonerar också om antalet mikroorganismer i förhållande till växterna och att mängden syre skulle minska med mer jord. De studenter som har fått frågan om vad som kunde ha hänt om det funnits mer vatten i burken har också svårigheter att tillämpa de ekologiska begreppen. Några svarar bara att det hade ruttnat eller möglat. Henrik ser det som ett mekaniskt problem. Roten hade haft svårt att sitta fast. Emma är den som kommer in på att det kan bli syrebrist i rötterna men förklarar inte varför. Förmågan att resonera om detta speciella problem verkar inte vara avhängigt av om studenten har en modell av kemiska reaktioner som omorganisation av atomer eller ej som enligt Carlsson (2000) är grundläggande för att få en djupare ekologisk förståelse. Emma som på ett övertygande sätt beskriver hur molekyler klipps sönder i mindre bitar redogör här säkert för mikroorganismernas verksamhet och utvecklingen av anaeroba organismer. Däremot har nästan alla studenterna svårigheter att integrera kunskaper om nedbrytning, respiration och fotosyntes till ett kretsloppstänkande.

De resultat som sammanfattats under punkt 11.10 skulle också kunna redovisas under de resultat som beskriver studenternas komplexa resonemang. Den ursprungliga tanken när frågan ställdes var att testa studenterna hur resonerar om orsaks-konsekvenssamband. Det visar att gränsen mellan begrepps-förståelse och att kunna resonera komplext inte är tydlig. Att förstå ekologiska begrepp och att kunna använda dem i en tillämpad situation är komplext. Av det skälet redovisas frågan under rubriken begrepps-förståelse. Avsnittet får bilda en övergång till de nästföljande kapitlena om komplext resonemang. Men först en sammanfattning av kapitel 10 och 11.

11.12 Sammanfattning av resultaten av begrepps-förståelse

Nästan alla de intervjuade studenterna svarar åtminstone på någon punkt bättre i intervjuerna än i enkäterna men inte genomgående. För

några studenter bekräftar intervjuerna enkätsvaren. I en del intervjuer tydliggörs oklarheter som inte framgår i enkäterna. Flera studenter ger bra svar på begreppsfrågorna i enkäterna men visar sig ha en modell av en kemisk reaktion som sönderdelning och inte omorganisation av atomer. De svårigheter som verkar finnas enligt enkätresultatet bekräftas till stor del av intervjuerna.

- De flesta studenterna har en partikelmodell av materia
- Studenterna har två modeller för kemisk reaktion – sönderdelning eller omorganisation av atomer
- Energi är ett svårt begrepp för flera av studenterna
- Det visar sig vara svårt för flera av de intervjuade studenterna att använda de ekologiska begreppen i en tillämpad situation
- Få studenter inkluderar mikrobiella processer och/eller gasutbyte i den tillämpade diskussionen
- Studenterna har i allmänhet svårt att integrera kunskaper om fotosyntes, respiration och nedbrytning till ett kretsloppsresonemang
- Studenternas föreställningar utmanas ibland i intervjun och de tar ett steg framåt i sin förståelse
- Det finns exempel på studenter som är cue-seekers
- Många studenter men inte en majoritet utvecklar sin begrepps-förståelse i NO-kurserna

12. Hur studenternas komplexa resonemang kommer till uttryck i enkäterna

I enkäterna undersöks hur komplext studenterna resonerar genom frågor som testar om de känner till orsaker och konsekvenser till växthuseffekten och uttunningen av ozonlagret, om de kan förklara vad växthuseffekten är (endast enkät 2 och 3) och hur många ämnesområden de tar med när de illustrerar en komplex fråga. Resultatet redovisas i nämnd ordning.

12.1 Resultat fråga 1-12

I första tolv frågorna i enkäten ska studenterna markera om de tror att ett antal påståenden om växthuseffekten och uttunningen av ozonlagret är riktiga eller felaktiga. I tabell 12 framgår det att gruppen som helhet ökar antalet rätta markeringar efter termin ett för att sedan gå tillbaka något efter termin 5.

Tabell 12. Antal korrekta markeringar fråga 1-12

Antal korrekta svar i E1 n=60	Antal korrekta svar i E2 n=49	Antal korrekta svar i E3 n=47
5,8	8,0	7,4

I tabell 13 redovisas andelen korrekt markerade påståenden för vart och ett av de tolv påståendena. I enkät 2 är den rätta svarsfrekvensen bättre än i enkät 1 för alla frågor utom 9 och 12. I enkät 3 ökar den rätta svarsfrekvensen något för fråga 2, 3 och 9. För andra går den tillbaka nämligen 4, 5, 10 och 11. För fråga 12 är den rätta svarsfrekvensen fortsatt låg.

Tabell 13. Fråga 1-12. Andel studenter i % som gjort en korrekt bedömning av påståendena. Korrekta påståenden är markerade med fetstil.

	Fråga	E1 Andel (%) studenter som gjort korrekt markering n=62	E2 Andel (%) studenter som gjort korrekt markering n=49	E3 Andel (%) studenter som gjort korrekt markering n=47
1	Uttunnningen av ozonlagret är en viktig orsak till den globala uppvärmningen	25	67	66
2	Människans utsläpp av koldioxid i atmosfären gör att ozonlagret tunnas ut	31	67	68
3	Människans utsläpp av CFC gaser gör att ozonlagret tunnas ut	66	80	98
4	Människans utsläpp av CFC gaser gör att växthuseffekten ökar	56	71	36
5	Om växthuseffekten ökar kommer fler människor att få hudcancer	49	82	70
6	Om man byter ut koleldade kraftverk mot kärnkraftverk så minskar växthuseffekten	71	90	89
7	Om alla bilar i världen kör på blyfri bensin så minskar risken för global uppvärmning	37	45	62
8	Om inte växthuseffekten fanns skulle människan inte kunna leva på jorden	52	96	94
9	Om växthuseffekten ökar så ökar också risken för vulkanutbrott och jordskalv	73	55	60
10	Om växthuseffekten ökar så kommer man att få större problem med t.ex. skadeinsekter i jordbruket	58	73	68
11	Växthuseffekten förvärras av det marknära ozonet	47	67	17
12	Om alla bilar hade katalysator så skulle påverkan på växthuseffekten bli mindre	15	17	17

De nio första frågorna var med i US98 om än något annorlunda formulerade. T.ex. så används ordet freoner istället för CFC-gaser i US98 (Andersson et al., 1999). Om man jämför de svar studenterna ger med dem som gymnasisterna i US98 ger så svarar studenterna klart bättre på alla frågor utom nummer 3 och 9. Resultatet är inte riktigt jämförbart eftersom gymnasisterna kommer från olika gymnasieprogram, medan alla studenterna har naturvetenskaplig gymnasiekompetens. I flera frågor sker en markant ökning av rätt svar efter NO1-kursen. I några av frågorna där många studenter svarade rätt redan före kursen har inte någon större förändring skett. I frågan om katalysatorn, 12, sker en mycket liten förändring. Merparten av studenterna tror också efter NO2-kursen att katalysator minskar påverkan på växthuseffekten. Resultatet stämmer med de undersökningar Boyes & Stanisstreet (1993, 1993) genomfört. I fråga 7 som handlar om blyfri bensin ökar andelen rätta svar mycket mer under utbildningen. Majoriteten av studenterna i Boyes & Stanisstreets (1992, 1993) undersökningar tror att körning med blyfri bensin minskar påverkan på växthuseffekten. Ett tecken på ett mer avancerat tänkande kring miljöproblem skulle enligt dessa forskare vara att man inte tror att en miljövänlig åtgärd har positiv effekt på alla miljöproblem.

Frågorna är olika till karaktären. Frågorna 1, 2, 3, 4 och 11 handlar om orsaker till växthuseffekten och uttunningen av ozonlagret. Fråga 8 är en faktaupplysning om växthuseffekten. De övriga frågorna d.v.s. 5, 6, 7, 9, 10 och 13 behandlar konsekvenser av växthuseffekten. Några av dessa frågor kräver att man tänker i flera led. Fråga 8 visar att i princip alla studenterna har lärt sig att det finns en naturlig växthuseffekt om de inte redan visste det. Studenterna visar som grupp också god utveckling i fråga 1 och 2, där det är en relativt liten andel av studenterna som svarar rätt före NO1. Några frågor visar sig vara svårare. Det är t.ex. en rätt liten ökning av den korrekta svarsfrekvensen i fråga 7 efter NO1. Däremot stiger antalet korrekta markeringar efter NO2. Det är en av de få frågor där det sker en förbättring efter NO2. Det skulle kunna tyda på att andelen studenten med en mer nyanserad bild av miljöinsatser ökar. Å andra sidan är den korrekta svarsfrekvensen på fråga 12 låg genom NO1 och NO2 vilket skulle tyda på naiv förståelse enligt Boyes & Stanisstreet (1992, 1993).

12.2 Att kunna förklara växthuseffekten

I enkät 2 och 3 fick studenterna besvara frågan *Förklara så noggrant du kan vad växthuseffekten är*. Svaren har kategoriserats i nedanstående kategorier. Varje kategori exemplifieras med svar från enkäterna. I svaren i kategori 4 och 5 står det inte alltid uttryckligt att temperaturen ökar, utan jag har tolkat det som att det är underförstått.

Kategorier.

1. Det finns växthusgaser och/eller att det blir en högre temperatur på jorden.

I denna grupp finns exempel på studenter som förväxlar växthuseffekten med uttunnningen av ozonlagret. Det finns också studenter som beskriver fenomenet som att instrålningen studsar mot atmosfären.

Växthuseffekten beror på att vi har vårt ozonskikt som gör att utstrålningen inte är lika stor som instrålningen (sett från början) förrän jämvikt uppnåtts. Därmed får vi en temperatur som vi kan leva i. Annars skulle det bli för kallt. (E3).

2. Växthuseffekten beror på att värmeutstrålningen från jorden påverkas ("hindras").

För de studenter som placeras i denna kategori är det vanligt att beskriva olika slags hinder i form av lock, filter, tjock atmosfär etc.

Koldioxiden lägger sig som ett täcke och värme strålar, så mycket som ska ut från jorden kommer inte ut, utan studsar tillbaka. (E3).

3. Instrålad energi i form av ljus kan vara opåverkad medan utstrålad energi i form av värmestrålning påverkas av växthusgaserna.

Det fungerar precis som ett växthus. Det finns vissa gaser som stänger inne värmen på jorden. Solstrålarna kommer ifrån solen och träffar jorden där de omvandlas och får en annan våglängd (värmestrålar). Dessa kan inte tränga genom växthusgaserna och stannar därmed på jorden. (E2).

4a. Värmestrålningen absorberas i växthusgaserna varvid jordens temperatur ökar

Växthuseffekten är en förutsättning för livet på jorden. Om den inte hade existerat hade det varit en medeltemp på ca -18° . Solen strålar in mot jorden, jorden strålar ut för att uppnå jämvikt. Atmosfären absorberar strålningen och fleratomiga molekyler

som CO₂ och H₂O i atmosfären absorberar mest p.g.a. att de är dipoler. Rörelseenergin ökar i dessa molekyler och temperaturen i atmosfären ökar därmed. (E3).

4b. Värmestrålningen absorberas i växthusgaserna varvid jordens temperatur ökar och inflöde och utflöde är olika.

Vissa ljusstrålar från solen når jordytan, då är ljusstrålarna energirika. Strålningen lämnar energi på jorden. Strålningen lämnar jorden som energisåla värmestrålar. En del av värmestrålarna absorberas av växthusgaserna och en del reflekteras tillbaka till jorden. Atmosfären släpper inte genom den energisåla strålningen lika bra som den energirika strålningen. (E2).

5a. Värmestrålningen absorberas i växthusgaserna och återstrålar mot jorden varvid jordens temperatur därvid ökar.

Uppstår när jordens värmestrålning absorberas av atmosfären. Ca hälften av jordens värmestrålning sänds ut i rymden och hälften tillbaks till jorden. Lika mycket energi som jorden får från solen sänder jorden iväg som värmestrålning. Om växthusgaserna ökar i atmosfären kommer absorptionen och återstrålningen att öka. (E3).

5b. Värmestrålningen absorberas i växthusgaserna och återstrålar mot jorden varvid jordens temperatur därvid ökar och inflöde och utflöde är olika.

De studenter som skrivit reflekteras hamnar inte i denna kategori.

Växthusgaser i atmosfären (t.ex. koldioxid) absorberar värmestrålning från jorden. Solen strålar "kortvågigt" mot jorden. Jorden strålar ut långvågig värmestrålning. Denna strålning absorberas av koldioxid t.ex. Växthusgaserna i sin tur strålar ut värme både mot rymden och jorden. Därför blir det en högre temperatur. Negativ växthuseffekt blir det när vi rubbar balansen t.ex. eldar med fossila bränslen. (E3).

6. Temperaturen på jorden bestäms av en dynamisk balans, där balanspunkten påverkas av bl.a. absorptionen i växthusgaserna.

Det finns inget exempel på enkätsvar i denna kategori.

Resultat

Tabell 14 och 15 visar hur studenterna förklarar begreppet växthuseffekt i enkät 2 och 3.

Tabell 14. Hur studenterna svarar på frågan: "Förklara växthuseffekten så noggrant du kan"

Kategori	Andel studenter (%) Enkät 2	Andel studenter (%) Enkät 3
1	22	17
2	27	28
3	37	15
4a	4	11
4b	10	4
5a	0	19
5b	0	6
6	0	0

Tabell 15. Den växthuseffekt som studenterna beskriver

Kategori	Andel studenter (%) E2. N=47	Andel studenter (%) E3. N=49
Beskriver enbart den naturliga växthuseffekten	55	64
Beskriver den förhöjda växthuseffekten	8	11
Beskriver båda	27	23
Går ej att avgöra	10	2

Andelen studenter som enbart förklarar att det blir varmare eller att det finns växthusgaser sjunker efter NO₂-kursen. Andelen studenter som för in absorption och återstrålning av värme ökar efter kursen. En del studenter skiljer inte på reflektion och återstrålning. Studenterna lägger som grupp olika fokus i sina svar. En stor andel, 47 %, beskriver olika egenskaper för in- och utflöde efter NO₁-kursen. Denna andel sjunker till 25 % efter NO₂-kursen. Ingen student visar förståelse enligt kategori 6 men eftersom en sådan förståelse är ett mål i utbildningen finns kategorin ändå med. Sambandet mellan hur många påstående studenterna markerar korrekt och den förklaringsmodell de har av växthuseffekten är också svårtolkat. En student har 9 rätt och förklaringsmodell 5b i enkät 3. En annan student har också 9 rätt men förklaringsmodell 2 av växthuseffekten. Med god förståelse av växthuseffekten bör man kunna räkna ut vilka påståenden som är riktiga. Men också utan en riktig modell av växthuseffekten kan man klara av att markera påståendena riktigt utifrån sina faktakunskaper. En tolkning kan vara att studenterna lär sig om växthuseffekten i NO₁-kursen och klarar då av att som grupp markera fler riktiga påståenden.

En del glöms bort och resultatet sjunker något efter NO₂. Däremot ökar deras förståelse för modellen av växthuseffekten något efter NO₂. Att 40 % av studenterna för in begreppet absorption efter NO₂ mot 14 % efter NO₁ visar att fler studenter har en mer komplex bild av växthuseffekten. Som grupp utvecklar studenterna förståelsen av växthuseffekten efter NO₂.

Diskussion av kategorisering av förståelse av växthuseffekten

Jag började kategoriseringen med att utgå från de kategorier som används i US98 (Andersson et al., 1999). De kategorierna bygger på resonemang kring inflöde och utflöde och de tre högsta kategorin är:

- D. Värme kommer inte ut (stannar kvar)/studsar tillbaka p.g.a. av hinder
- E. Återkastning av solstrålning/värme hindras av något (det som kommer in kommer inte ut, hålls kvar etc.). samma ord för "input" och "output".
- F. Inflöde och utflöde är olika (betecknas med olika ord); utflöde hindras/reduceras (ibid).

När jag började analysera enkäterna fungerade den kategoriseringen ganska bra för enkät 2 eftersom få studenter där tar upp absorption och återstrålning. I enkät 3 gör många detta samtidigt som flera av dem inte alls nämner skillnaden mellan in- och utflöde. Detta gjorde att vissa studenter som skriver om denna och samtidigt skriver om hinder och lock hamnade i en högre kategori än de studenter som skriver om absorption och återstrålning men inte om skillnaden mellan in- och utflöde.

Med benäget bistånd av min kollega Mats Areskoug konstruerade jag kategorier på det sätt som redovisats i resultatet. Inför kategoriseringen diskuterade vi vilka begrepp som inkluderas i förståelse av växthuseffekten. Mats Areskougs översikt visar att det är ett mycket komplext problem som inkluderar förståelse av många naturvetenskapliga begrepp som hänger samman med varandra.

Begrepp

- a) Energi, energitransport
- b) Temperatur
- c) Energibalans, jämvikt, förskjutning av jämvikt, dynamisk jämvikt
- d) Ljus, värmestrålning, våglängd
- e) Reflektion, absorption, (transmission)
- f) Instrålning, utstrålning

- g) Sol, jord, atmosfär, rymd
- h) Atmosfärens sammansättning, gasers egenskaper

Det som inte riktigt kommer fram i den kategorisering som jag nu gjort är att jorden befinner sig i ett energiflöde (en energitransport) från solen. Vad som händer med detta flöde är avgörande för jordens temperatur. Man kan kanske förmoda att detta faktum blir självklart för studenterna och att de därför inte tar upp instrålningen från solen så tydligt i enkät 3 som de gör i enkät 2.

Exemplet som följer visar hur en student utvecklar sin förståelse genom att förklara absorptionen i atmosfären och återstrålningen i enkät 3 vilket hon inte gör i enkät 2. Enligt den kategorisering som gjorts i US98 skulle båda svaren falla i kategori F. Enligt den kategorisering jag gjort kategoriseras det första svaret som 3 och det andra som 5b.

Växthusgaser: Koldioxid, CFC (freoner) Dikväveoxid, NO_x gaser. Den kortvågiga solstrålningen släpps igenom atmosfären medan den långvågiga hålls kvar. Detta gör att temperaturen höjs. Jämför med ett växthus. Genom förbränning i industrierna bildas koldioxid som ökar växthuseffekten. (E2).

Växthusgaser i atmosfären (t.ex. koldioxid) absorberar värmestrålning från jorden. Solen "strålar kortvåigt" mot jorden. Jorden strålar värmestrålning. Denna strålning absorberas av koldioxid t.ex. Växthusgaserna i sin tur strålar ut värme både mot rymden och jorden. Därför blir det en högre temperatur. Negativ växthuseffekt blir det när vi rubbar balansen, t.ex. eldar med fossila bränslen. (E3).

Kategoriseringen har gått relativt smidigt att genomföra. Det finns några få oklara fall. Följande exempel illustrerar hur enskilda ord kan avgöra kategoriseringen.

1. Gaser i atmosfären som t.ex. koldioxid släpper endast igenom vissa våglängder av ljus. Värmestrålningen reflekteras tillbaka till jorden som då får en högre temperatur. (E3). Kategori 2.
2. Att växthusgaserna CO₂ absorberar långvågig strålning och sänder tillbaka till jorden som i sin tur höjer medeltemp vid stora utsläpp av växthusgaser. (E3). Kategori 5a.

Det första exemplet hör till kategori 2 eftersom *värmestrålning* finns med. Det är tveksamt om man kan tolka in att det handlar om värmeutstrålning till rymden. Men svaret skiljer sig ändå från alla dem

som finns i kategori 1 där inte någonting om värmeutstrålning nämns. Det finns inget tecken på absorption i svaret. Det andra exemplet har kategoriserats som kategori 5a eftersom *absorption* finns med och *sändes tillbaka* tolkas som återstrålning. Däremot saknas någonting som tyder på att det rör sig om värmeutstrålning till rymden. Nästa problem uppstår då. Sänder tillbaka tolkas som ett vagt uttryck för återstrålning, men reflekterar som att det inte rör sig om återstrålning. Begreppen reflektion och återstrålning behandlas i miljöfysikavsnittet.

Man kan också diskutera vilka kvalitetsskillnader det finns i svaren. Exempelen som följer visar hur samma student svarat i enkät 2 respektive 3. I enkät 2 klassas svaret som kategori 4b. Absorption och skillnad i egenskaper mellan in- och utflöde finns. Däremot skriver han att värmeutstrålningen reflekteras ut vilket inte är detsamma som att det sker en återstrålning. I enkät 3 skriver han att värmeutstrålningen avges och hamnar då i kategori 5a eftersom han inte explicit uttrycker att strålningen förändras (eller gör han det?). Men hans svar är kvalitativt bättre än svaret i exempel 2 ovan som är klassat i samma kategori.

Det är en process som innebär att den kortvägiga strålningen som når jorden från solen reflekteras vid jordytan och blir långvägig värmeutstrålning. Denna värmeutstrålning absorberas i sin tur upp av olika växthusgaser som finns i atmosfären, dessa reflekterar sedan ut värmeutstrålningen åt alla håll bl a tillbaka till jorden. Värmen behålls alltså i atmosfären istället för att försvinna ut i rymden. (E2). Kat 4b.

Det är när den instrålade solenergin absorberas i form av värmeutstrålning i de sk växthusgaserna som finns i atmosfären, Värmeutstrålningen avges därefter från växthusgaserna och kommer då att finnas i atmosfären under en längre tidsperiod innan de lämnar atmosfären och når rymden. Under denna förlängda tidsperiod blir alltså värmeutstrålningen större varpå temperaturen på jorden höjs (E3). Kat 5a.

12.3 Att inkludera flera ämnesområden i en fråga

I enkät 1 och 2 ritade studenterna en begreppskarta över olika aspekter de kan komma på när de tänker på frågan *Var kommer maten du äter ifrån och vart tar den vägen?* I enkät 3 ritade studenterna på motsvarande sätt en begreppskarta med titeln *Bilen och miljön*. Vid analysen av bilderna identifierades ett antal ämnesområden. Tabell 16 visar hur många olika ämnesområden som finns med i bilderna. Det

framgår att studenterna tar med fler ämnesområden ju längre fram de kommer i sin utbildning. Man måste då hålla i minnet att i den tredje enkäten är frågan inte densamma som i de två första. Det är kanske lättare att komma på saker kring bilen än kring maten. I enkät 3 har jag också definierat underområden och i medeltal så finns det 5,2 underområden i bilderna.

Tabell 16. Antal ämnesområden som studenterna i medeltal ritar in i begreppskartan som svar på frågan *Var kommer maten du äter ifrån och vart tar den vägen?* i enkät 1 och 2 och *Bilen och miljön* i enkät 3

Antal områden E1 n=59	antal områden E2 n=47	antal områden E3 n=42
Maten	Maten	Bilen
2,2	2,7	3,4

Ämnesområden

I bilderna om maten och bilen har jag identifierat ett antal ämnesområden i studentens bild med tillhörande text. Jag markerade i varje bild vilka områden som är med. Det är en helt kvantitativ bedömning. Det finns kvalitativa skillnader men jag har ännu inte kommit på ett bra sätt att bedöma kvaliteterna och jag ser ingen mening med att gå in i någon vidare analys av bilderna.

Maten

De definierade ämnesområdena är:

1. **Humanbiologi.** Matsmältning. Om inre processer i kroppen t.ex. cellandning beskrivs i svaren. Jag har klassat bilder som anger produkter av ämnesomsättning här men inte de som anger avföring för vidare transport till ekosystemet.
2. **Ekologi.** Kretslopp, näringskedjor, sol, vatten.
3. **Jordbruk.** Odling och/eller djurhållning.
4. **Transporter.** Om bilderna innehåller ordet transporter och/eller en bild av ett transportfordon.
5. **Geografi.** Odling i olika delar av världen. Export och import.
6. **Distribution.** Livsmedelsindustri, grossister och affärer.
7. **Miljö.** Reningsverk, avlopp, odlingsätt, transporter.
8. **Värdering.** Att man gör val t.ex. att äta vegetariskt.
9. **Juridik.** Lagstiftning och kontroll.

Tabell 17. Procentuell andel av studenterna som ritat in olika ämnesområden i begreppskartan som svar på frågan *Var kommer maten du äter ifrån och vart tar den vägen?*

Ämnesområde	Andel studenter (%) Enkät 1 n=59	Andel studenter (%) Enkät 2 n=47
Humanbiologi	51	38
Ekologi	86	80
Jordbruk	53	64
Transporter	0	24
Geografi	2	11
Distribution	10	29
Miljö	16	31
Värdering	5	4
Juridik	0	2

I enkät 1 är det påfallande att många studenter ritat en bild som ser ut vara hämtad från ekologiavsnittet i en lärobok i biologi. Det är näringskedjor eller näringsvävar. Ett extremt exempel är en student som ritat en bild med en räva och förklarar hur mycket rävkött det går åt för att föda en människa. När det finnas en ko eller odlad växt med i bilderna får de också en markering för ämnesområdet jordbruk. Många studenter fokuserar också på vad som händer med maten i kroppen. Få för in tecken på att de tänker på livsmedelsproduktion och transporter. Efter NO1-kursen när studenterna arbetat med en kasse från ICA innehållande olika slags morötter och hushållspapper är de fler studenter som för in transporter, miljö och distribution. De visar en större medvetenhet om materialflödet.

Bilen

I den tredje enkäten gjorde jag på motsvarande sätt. Jag identifierade ett antal ämnesområden i bilderna. Här har jag också definierat underområden.

De definierade ämnesområdena är:

1. **Avfall.** Avfall från bilar till luft vatten och mark. Underområden: a. koldioxid, b. kväveoxider, c. ozon, d. skrot, e. kolväten, f. tungmetaller, g. koloxid, h. övrigt.
2. **Buller.**

3. **Effekt av avfallet.** a. växthuseffekt, b. försurning, c. förgiftning, d. övergödning.
4. **Naturresurser.** Om studenten angivit att bilen kräver uttag av naturresurser i form av a. fossila bränslen, b. mark.
5. **Återvinning.**
6. **Åtgärder.** Exempel på vad man kan göra för minska miljöeffekterna a. katalysator, b. blyfri bensin, c. samåkning.
7. **Alternativ** till att köra/åka konventionell bil. a. cykla, b. Kollektivtrafik, c. gå, d. elbil
8. Hur bilkörning eller alternativ till bilkörning påverkar **den egna personen.** a. ekonomi, b. tid, c. bekvämlighet, d. hälsa, e. säkerhet, f. upplevelser
9. **Faktorer kopplade till människan** som påverkar hur mycket bil det körs. a. egna val, b. kunskaper, c. värderingar, e. medvetenhet
10. **Lagstiftning.** Om lagstiftning eller regelverk finns med
11. **Infrastruktur.** a. vägnät, b. kollektivtrafik c. samhällets organisation med t.ex. köpcentra
12. **Internationellt.** Om det finns med lokal - global påverkan eller internationella avtal och överenskommelser
13. **Samhällsaspekter.** Effekter av biltrafik på a. Olyckor, b. samhällsekonomi

Tabell 18. Procentuell andel av studenterna som ritat in olika ämnesområden i begreppskartan som svar på frågan *Bilen och miljön*

	Andel studenter (%) Enkät 3, n=42	Underområden.	
		Lägsta och högsta antal i enkäterna	Medelantal
Avfall	95	0-4	1,5
Buller	20		
Effekt	78	1-3	1,6
Naturresurser	12	0-1	
Återvinning	2		
Åtgärder	20	0-2	1,2
Alternativ	24	1-4	1,4
Den egna personen	51	1-4	2,3
Faktorer i människor	12	0-2	
Lagstiftning	2		
Infrastruktur	10	1-3	2,0
Internationellt	2		
Samhälle	12	0-2	

Studenterna exemplifierar som grupp med flera olika komponenter i avfallet. De flesta har med koldioxid och ev. någon annan gas. Förväntat är också att effekter som ökning av växthuseffekten är med. Men det som är slående är att det som påverkar den egna personen anges med flest exempel och av en så pass stor andel studenter, medan andra faktorer som infrastruktur och internationella frågor endast tas med av ett fåtal studenter. Det är ganska få studenter som tar upp naturresurser i form av fossila bränslen. Ingen tar upp någonting om naturresurser, transporter eller dylikt för tillverkning av bilar. En student nämner återvinning. Ingen nämner Kyotoavtalet. På så sätt tycker jag att det finns en likhet med matfrågan där området humanbiologi är frekvent i bilderna. Det som är nära den egna personen och det konkreta ligger närmast till hands. Materialflödet syns i liten grad i bilderna.

12.4 Sammanfattning

I enkäterna testades följande aspekter av komplext resonemang:

- att förstå orsaker och konsekvenser angående växthuseffekten och i viss mån uttunningen av ozonlagret
- att kunna förklara ett komplext naturvetenskapligt begrepp
- att kunna identifiera flera ämnesområden i en komplex fråga

I princip utvecklas studenterna i alla tre avseendena. Det är diskutabelt om frågorna där man bedömer om ett påstående är korrekt eller ej verkligen bedömer orsak-konsekvens tänkande. Man kan markera rätt med litet tur och faktakunskaper utan att man kan beskriva växthuseffekten väl.

När det gäller att förklara det komplexa begreppet växthuseffekt beskriver fler studenter mer komplexa skeenden i enkät 3 än i enkät 2. Andelen enkla och felaktiga förklaringar sjunker. Det ska påpekas att i enkäten begränsas testen av komplext resonemang om växthuseffekten till ett naturvetenskapligt problem. Om man ska diskutera växthuseffekten i vidare perspektiv som inkluderar tolkning av olika teorier, ekonomiska, sociala och naturvetenskapliga konsekvenser av en förhöjd växthuseffekt för samhällen på olika platser på jorden, vilka åtgärder som bör vidtas och hur dessa ska genomföras blir frågan oerhört mer komplex. Alla dessa andra aspekter är naturligtvis högst relevanta om man

diskuterar hur vi kommer att påverkas av en förhöjd växthuseffekt och hur vi hanterar de aspekterna. Men syftet med frågan i enkäten var att undersöka hur studenterna förstår en komplex naturvetenskaplig fråga. Frågan om maten i enkät 1 och 2 och bilen i enkät 3 är avsedda att testa hur studenterna tar in samhällsaspekter i beskrivningen.

Studenterna anger fler ämnesområden när de ritar en bild över en komplex fråga efter hand i utbildningen. Det är dock påfallande att många studenter gör associationer till enbart det som ligger nära dem eller som är välbekant. En lärare för yngre elever arbetar i stor utsträckning med närmiljön och man utgår ofta från barnet självt och dess värld. Bilderna speglar kanske en tolkning av uppgiften i en skolkontext. Det stämmer med de många bilder i enkäterna i matfrågan som liknar bilder ur biologiböcker.

13. Hur studenterna resonerar om tidningsartikeln om krematoriet

I alla tre intervjuerna diskuterar jag en tidningsartikel, som berättar om ett förslag att använda överskottsvärme från ett krematorium som fjärrvärme, med studenterna. I samtalen belyses dels om studenterna använder naturvetenskapliga kunskaper när de resonerar om frågan, dels hur komplext de ser på problemet. Först beskrivs några olika aspekter som kommer fram i samtalen varefter jag sammanfattar hur studenterna använder naturvetenskapliga begrepp och hur komplext de resonerar om krematoriet.

Studenterna ombeds först att uttrycka sig spontant om tidningsartikeln. Jag ber dem beskriva situationen, belysa, klargöra etc. Syftet är att undersöka om de kan belysa en fråga med kunskaper från olika ämnesområden, identifiera intressekonflikten och visa insikt i att värderingar påverkar beslutsfattande. Ett annat syfte är att undersöka om de använder naturvetenskapliga kunskaper i resonemanget för att stödja det de säger. I intervju 1 får de också ta fram argument för prästen respektive personen på tekniska förvaltningen som de skulle kunna använda i diskussionen. I intervju 2 ber jag studenterna att ställa frågor utifrån artikeln som om den vore en PBL-illustration. Jag ber dem också att berätta hur de skulle arbetat med den i skolan om detta blivit aktuellt. I intervju 3 ber jag studenterna att ta fram naturvetenskapliga argument. Jag för därefter själv fram några naturvetenskapliga argument som studenterna får bemöta.

13.1 Presentation av tidningsartikel om värmeåtervinning vid ett krematorium

I kapitel 2 har jag redogjort för att ett viktigt mål i kursplaner 2000 är att kunna använda naturvetenskapliga kunskaper för att argumentera i miljö- och hälsofrågor. Målet stämmer väl överens med de argument för varför alla ska lära sig naturvetenskap i skolan som rör demokrati. Ett bra exempel i detta sammanhang är en artikel som jag läste för

några år i Sydsvenska Dagbladet. Den handlade om en politisk diskussion kring ett krematoriebygge i Köpenhamn.

SDS 27/8 95

Vill återvinna värme från krematorium

KÖPENHAMN. Det är bra för miljön. Och så spar man pengar.

Därför ska Köpenhamns nya krematorium återvinna all värme från ugnarna.

- Makabert, tycker prästen och politikern Tove Fergo.

Köpenhamns gamla krematorium i Bispebjerg ska ersättas med ett nytt.

För att få bättre ekonomi i nybygget vill kommunen återvinna all värme från krematorieugnarna.

- Det är också ett sätt att tänka på miljön, anser det högerliberala kommunalrådet Bente Frost, som har ansvaret för stadsplaneringen.

Men hennes partikamrat, prästen Tove Fergo, är upprörd över förslaget.

- Jag vill inte sitta i värmen från de döda, säger Fergo.

- Det måste finnas gränser för hur rationella vi kan tillåta oss att vara.

Fergo får stöd av Köpenhamns biskop Erik Normann Svendsen, som anser att värmeåtervinning från ett krematorium är oetiskt.

- Det inte bra om man riskerar att få uppehålla sig i ett rum, där värmen kommer från en man älskat.

- Det handlar också om vår människosyn. En så rationell syn kommer att smitta av sig på hur vi behandlar människor, anser biskopen.

HERMOD PEDERSEN

Figur 3. Artikel om återvinning av värme från ett krematorium. Sydsvenska Dagbladet 950827 (Pedersen, 2000).

I artikeln diskuteras om det är etiskt riktigt att använda överskottsvärme från ett krematorium i fjärrvärmesystemet. Det finns ett politiskt förslag som går ut på att man ska göra detta vid ett nybyggt krematorium i Köpenhamn. En politiker, som också är präst, motsätter sig detta av etiska skäl. Prästen får stöd av en biskop som menar att det omöjligt att tänka sig att sitta i värmen från sina nära och kära. Artikeln behandlar en komplex och känsloladdad miljöfråga. Den rymmer en intressekon-

flikt, och det finns naturvetenskapliga, tekniska, etiska, ekonomiska, politiska och miljömässiga aspekter på frågeställningen. Personerna i artikeln argumenterar utifrån olika normer, värderingar och kunskapsbakgrund. Det naturvetenskapliga innehållet är inte i sig kontroversiellt. Det är känt vad som händer med kropparna i ett krematorium och hur fjärrvärme fungerar. När jag läste artikeln var min första reaktion att prästen och biskopen måste ha oklara begrepp både om materia, värme och fjärrvärme. Jag såg artikeln som ett bra exempel på att kunskaper kan ha betydelse för vilket ställningstagande man faktiskt gör. Jag har använt artikeln vid föreläsningar när jag diskuterat miljöundervisning och intressekonflikter. Från naturvetare har jag fått kommentarer som: *Var tror han värmen tar vägen?* och *Vad är det som är så konstigt?*. Senare har jag förstått att artikeln väcker starka känslor och associationer till något slags otillbörligt utnyttjande av döda människor och kränkning av människovärdet.

Jag tyckte artikeln passar bra för mitt syfte att undersöka hur studenter argumenterar när de ställs inför ett samhällsproblem där det krävs naturvetenskapliga kunskaper för att förstå det fullt. Det räcker inte att diskutera denna fråga enbart ur ett naturvetenskapligt perspektiv, utan man måste försöka förstå och hantera de etiska delarna. Det räcker inte heller att bilda sig en uppfattning helt utifrån känslomässiga reaktioner. Frågan är fortfarande aktuell och värmeåtervinning diskuteras också vid krematorier i Sverige. Det är ett autentiskt problem och alltså inte tillrättalagt för en speciell undervisningssituation. Artikeln handlar om en miljöfråga, även om det inte är en renodlad sådan. Om man betraktar situationen som en intressekonflikt kan flera intressenter identifieras. De två mest uppenbara är den politiker som vill återvinna värme och prästen som inte vill. Men det finns fler intressenter. En viktig grupp är invånarna i kommunen d.v.s. allmänheten. Det finns inom den gruppen en stor spridning av hur man ser på hur skattepengarna ska användas och vad som är bra insatser för miljön. Man resonerar utifrån olika känslomässiga och rationella grunder. Det är allmänheten som har anhöriga som kremeras och som själv så småningom kommer att vara de som dör och kremeras. Det finns barn som ska växa upp och leva i kommunen och i sin tur skaffa barn som är beroende av en god miljö.

Teknisk – naturvetenskaplig beskrivning av vad som händer vid kremering

För de studenter vid lärarutbildningen i Malmö som ska bli lärare i Sv/SO 1-7 ingår ett studiebesök på krematoriet i Limhamn i Malmö. Lärare får ofta konkreta frågor från barn om vad som händer när man dör. Jag följde med på ett studiebesök vid ett tillfälle våren 02. Informationen om krematoriet är hämtat från tryckt informationsmaterial (Kyrkogårdsnämnden i Malmö), från Per Anelöv som arbetar på krematoriet och från min kollega Mats Areskoug som gjort beräkningarna.

Ca 85 % av de människor som dör i Malmö blir kremerade. Askan läggs i en urna och gravsätts i en grav eller anonymt i en minneslund. Några låter sprida askan på andra platser t.ex. i Öresund eller i skogen. Kroppen ska vid kremeringen brinna snabbt och fullständigt. Därför använder man i Malmö olja för att hålla en hög temperatur i ugnarna och hålla igång förbränningen. På grund av den höga vattenhalten är det knappast möjligt att direkt få en kropp att brinna. Själva kistan fungerar också som tändved. Gaserna som bildas i krematoriet uppnår som högst en temperatur på ca. 1100 grader Celsius. Sedan renas gaserna från kvicksilver och stoft i ett kolkalkfilter. För att kunna renas måste de först kylas till ca. 150 grader Celsius. Om man inte tar till vara värmen blir det energiförluster då värmen går ut i luften. På några krematorier t.ex. i Ystad och Skövde får värmen gå in en värmväxlare så att den kan utnyttjas i fjärrvärmen. I Malmö får rökgaserna, via en värmväxlare, hetta upp vatten som används för uppvärmning av själva kapell- och krematoriebyggnaderna. I Malmö klarar man att rena rökgaserna till 98 % från kvicksilver. Filterna byts då och då och tas om hand av SYSAV¹⁷. För att undvika kondensbildning höjs temperaturen på rökgaserna till ca. 200 grader Celsius innan de släpps ut. De utgående gaserna värms via värmväxlare av de heta rökgaserna. Om man har effektiv rökgasrening så binds ämnena in i kalk och deponeras.

Ur energihushållningssynpunkt är kroppens eget energiinnehåll försumbart jämfört med den energi som frigörs från eldningsoljan som används för att hålla förbränningen igång och garantera en fullständig och snabb förbränning. En överslagsberäkning på energiomsättningen vid förbränningen ger att det totalt frigörs 100 kWh, motsvarande

¹⁷ SYSAV = Sydvästra Skånes avfallsaktiebolag

energiinnehållet i 20 kg torr ved eller 10 liter eldningsolja. Men vatteninnehållet i kroppen förångas vid förbränningen. För detta krävs energi, liksom för temperaturhöjningen på vatten och ånga. En överslagsberäkning ger att 40 kWh åtgår för detta, alltså ungefär hälften av den frigjorda energin. Ser man detta som ett energiekonomiskt problem är det lätt att lösa. På alla biobränsleeldade värmeverk har man rökgaskondensering. De heta rökgaserna leds genom en värmeväxlare som förvärmer fjärrvärmvattnet. Rökgaserna kyls och vattenångan i dem kondenseras. På så sätt får man ut lika mycket energi från fuktigt bränsle som från torrt. Detta görs inte på krematorier. Att införa detta skulle förmodligen öppna för fler etiska ställningstaganden. Det kondenserade vattnet består i princip av kroppsvätskan från den avlidne, med en volym på 50 liter. Ska den begravas tillsammans med askan? Eller skall den spridas i naturen (via avloppet?), på samma sätt som koldioxid och okondenserad vattenånga sprids ut. Här blir det plötsligt mycket tydligt att materien finns i tre faser, men att vardagsföreställningarna ofta bortser från materia i gasform.

Det är alltså i första hand energimängd från oljan som man syftar till att återvinna. Man sänker temperaturen vid rökgasreningen. Om man inte använder värmen går den ut i luften via skorstenen. Då kan man komma i kontakt med den i alla fall. I fjärrvärmesystemet är systemen slutna och skilda åt, och vatten som värmer elementen i en bostad har ingen kontakt med det vatten som värms upp i fjärrvärmesystemet. Om man använder värmen så går det åt mindre bränsle i kommunen för att värma bostäder, och det ger naturligtvis positiva effekter både ekonomiskt och miljömässigt. Rökgaserna består till stor del av koldioxid och vatten från den döde d.v.s. molekyler som går ut i luften. Vid jordbegravning sker nedbrytning i marken genom nedbrytarna och oorganiska molekyler koldioxid, vatten och närsalter avgår till luft och mark. Den kemiska energin omvandlas slutligen till värme.

Andra aspekter på krematoriet

Argument mot användning av värmeväxlare för att utnyttja energin kan vara att man faktiskt upplever att man kommer i kontakt med den döde. Detta argument borde kunna falla med kunskaper om förbränning, nedbrytning och fjärrvärmesystem. Ett annat argument kan vara att man inte ska dra ekonomisk vinning av döda människor. Nu är inte huvudsyftet med kremering att använda människor som bränsle. Men det kan

ändå upplevas som en kränkning att tanken dyker upp. Ett tredje argument är att om människor av olika skäl blir obehagligt berörda så måste man respektera detta särskilt som det handlar om små energimängder i det stora hela.

Man kan diskutera etik som pliktetik eller konsekvensetik (Ariansen 1993). I konsekvensetik bestäms den etiska bedömningen av vilka konsekvenser handlingen har. Synsättet kräver en uppfattning om vilka konsekvenser som har etiskt värde, och hur detta värde ska kunna mätas. I pliktetik är det moraliskt riktigt att handla utifrån regler och principer oberoende av deras faktiska konsekvenser (ibid). Om man resonerar konsekvensetiskt så kan återvinning av värmen innebära att vi ändrar vår syn på människovärdet och det skulle tala mot återanvändning. På samma sätt går det att använda konsekvensetiska argument för återanvändning av värmen. Utifrån pliktetiska argument kan man hävda att det är etiskt oriktigt att återvinna värmen eftersom man har en plikt att behandla döda människor med värdighet. Då ska man inte göra detta oavsett vilka miljökonsekvenser det får. Man kan också motivera en återanvändning med pliktetiska argument. Vi har en plikt mot kommande generationer att hushålla med energin.

Ibland används känslor och etik synonymt. En känslomässig reaktion behöver inte ha något med etik att göra. Däremot är det en etisk fråga att respektera människors känslor. Man kan fundera på vad som väcker känslomässig anstöt i artikeln. Är det så att man på något sätt kommer i kontakt med den döde? Eller handlar det om att det finns ett ekonomiskt resonemang i samband med döden? Eller är döden ett ämne som vi har svårt att hantera på ett rationellt sätt? Jag har personligen inte svårt för att acceptera om rökgaserna passerar en värmeväxlare, där vattnet värms upp, innan de lämnar krematoriet och går ut i luften. Jag känner inte till om det förs någon diskussion om spridning av aska från krematorier. Det skulle enligt mitt förmenande vara mer obehagligt att riskera att aska från någon död människa blåser på mig när jag är på stranden än att värmen används som fjärrvärme.

Det finns också en politisk aspekt i artikeln. Frågan måste lösas. Skilda intressenter med olika argument för fram sina ställningstagande. Om ett förslag kommer upp måste det diskuteras, och ett beslut ska fattas fastän det finns olika åsikter. Det kräver insikt i att frågor av det här

slaget är normativa, förmåga att sätta sig in i andra människors situation, förmåga att informera på ett sätt så att man tar hänsyn till andra människors kunskapsbakgrund och känslomässiga reaktioner och att kunna förhandla.

13.2 Några exempel på hur studenterna diskuterar när de kommenterar artikeln

Spontant uttrycker de flesta studenter sin åsikt i frågan även om jag inte ber dem göra detta. Oavsett vilken åsikt de har så underbygger de oftast inte sitt ställningstagande naturvetenskapligt. De som tar in naturvetenskap säger t.ex. att värmen ändå går ut eller att det inte kan röra sig om så mycket värme. Några studenter säger att man sparar bränsle och att man på så sätt gör miljövinster och ekonomiska vinster. De som reagerar mot att man återvinner värmen uttrycker sig oftast känslomässigt. Få studenter uttrycker intressekonflikten som finns i problemet. Studenterna uttrycker sig likartat vid de tre intervjutillfällena. De tar ställning första gången, och den åsikten behåller de flesta genom utbildningen. Svaren blir mer utvecklade i den tredje intervjun. När svaren är kortfattade går jag in med följdfråga. Jag har valt ut fyra studenter som exempel olika sätt att resonera om artikeln.

Malin upplever obehag

Malin uttrycker en stark känsla av obehag inför tanken på att återvinna värmen. Känslan behåller hon genom utbildningen. Hon upplever en konkret och påtaglig kontakt med värmen från krematoriet. I intervju 1 svarar hon känslomässigt men nämner begreppet värme. I intervju 2 nämner hon att värmen tar vägen någonstans. I intervju 3 ifrågasätter hon sitt ställningstagande något och tycker inte att det är särskilt naturvetenskapligt. Det resulterar i att hon kan tänka sig att värma upp kyrkan med överskottsvärmen. Malin visar en insikt i att värderingar påverkar de ställningstaganden man gör. Ett återkommande tema är att hon tänker att det är hennes mor som skulle kunna värma hennes hem. Yttringarna är starkt personliga, och hemmet är en representant för det egna. Hon använder nästan ingen naturvetenskap för att underbygga sin argumentation. Det hon tar fram är att värmen ändå finns. Att Malin berättar att hon diskuterat artikeln med sin man tyder på att frågan är

engagerande. Flera studenter tar upp att de diskuterar artikeln i olika sammanhang.

S: Jag tycker inte det. Någon gräns får man dra. OK att det är bra för miljön men nej! Usch! Det är som han säger här att sitta i ett rum där värmen kommer från de döda. Jag får rysningar. Alltså....(dålig hörbarhet). Det ska ju ändå brännas och det blir värme av det så det är klart.... Den värmen vet man ju inte och det är klart att tänker man så. Och om man får höra att man sitter i värme från krematorier. (Int. 1).

S: Jag diskuterade med min man igår. Jag tycker fortfarande det är känsligt. Och visst värmen måste ta vägen någonstans i alla fall. Men jag skulle inte må bra om att jag eldade mitt hus med morsans döda kropp.

I: Vet man det?

S: Nej, det tror jag inte. Men jag vet inte. Det hade känts konstigt om jag vetat att krematoriet och dödingar i X-stad hade bidragit till min uppvärmning. Och det är klart att det man kan ta till vara värmen. Men det är bara en känsla. (Int. 2).

S: Jag är väl fortfarande litet skeptisk till det här. Men det är jättebra om man kan återanvända den värmen. Men... Men om jag sätter en slang från krematoriet hem till mig och utvinner den värmen där. Så känns det för mig. Det har egentligen inte med naturvetenskapen att göra. Men jag vill inte veta att nu så dog min mamma. Nu bränner de henne, och så får jag in henne i mitt sovrum. Alltså den känslan vill jag inte ha. Men samtidigt kan man använda värmen i kyrkan.

I: Det har man gjort.

S: Ja det är min... Där är det OK. Men jag vill inte ha henne hemma hos mig.

I: Har du det?

S: Ja det har jag ju. Det är så påtagligt liksom. Jag vet mycket väl att molekyler och atomer finns överallt. Det är en liten Einstein i mig. Det är liksom min känsla. Jag vill inte känna det.

I: Det har man all rätt i världen att tycka, så jag vill inte alls övertyga dig om något annat. Jag är intresserad av er argumentation. Skulle man kunna lägga in en naturvetenskaplig diskussion i detta?

S: Ja o ja. Det är.. Om man bortser från att det är från ett krematorium så är det jättebra att återvinna värmen. Så det är väl från SYSAV när man bränner där som man tar till vara värmen. Var det inte så? Det är ju toppen. (Int. 3).

Malin har klart för sig hur fjärrvärme fungerar, och hon inser att det inte finns någon direktkontakt mellan kroppen och elementet. Att hon ändå beskriver det som att en slang går från krematoriet till hennes hem är en bildlik beskrivning av hur hon upplever det. Malin vet att det blir koldioxid och vatten av kropparna. Vi diskuterar de naturvetenskapliga delarna i frågan en stund och Malin upplever att det finns en motsättning mellan ett naturvetenskapligt resonemang och den känsla hon har.

Det framgår (11.3) att Malin skiljer på energi och materia, vilket inte verkar så klart här och det kan vara så att hon på samma sätt som Emma (11.8) ser energin som något personligt.

S: Nej, värmen är energi, men ja. Men det är för att.. Den energin kommer ändå ifrån... Det är mer att det är mina nära och kära... Det är jättesvårt att förklara. Det är en känsla man har.

/.../

S: Ja, alltså jag tycker det. Men det har inte med naturvetenskap att göra. Det är en känsla jag har.

/.../

S: Man tänker inte på det så. Det blir inte så påtagligt när värmen går ut i luften än om jag vet att fjärrvärmeverket får sin värme från krematoriet. Det är ju mer påtagligt. Jag har aldrig tänkt på att jag andas in luft från krematoriet. Man tänker inte så.

/.../

S: Helt naturvetenskapligt tycker jag att det är bra att kunna utvinna värme härifrån. Självfallet. Men! Där har vi det här menet. (Int. 3).

Sara tvekar

Sara anger ett etiskt argument för sin motvilja mot att använda värmen i intervju 1. Hon anger också ett naturvetenskapligt argument om att det nog inte blir så mycket värme. Svaret är inte särskilt uttömmande. I intervju 3 för hon fram ett naturvetenskapligt argument för att man skulle kunna använda värmen. Men hennes känsla av att detta inte är rätt finns kvar, och det är tveksamt om det naturvetenskapliga argumentet får henne att ändra åsikt. Förnuftsmässigt tycker hon att det borde vara OK, men hon vet ändå inte riktigt.

S: Jag tycker att det är en fara att bara se människor som resurser hela tiden. Det tycker jag. Man ska återvinna så mycket som möjligt... Människor ger inte så mycket värme??

I: Du kan förstå prästens synpunkter?

S: Absolut. Och sen. Nej Jag köper inte det. Visserligen kan man väl ta vara på värmen jag tycker inte att det är personen. Jag tycker också att det är litet oetiskt.

I: Vänder du dig mot själva förbränningen eller att man tar vara på värmen?

S: Jag vet inte.

/.../

S: Ja, jag vet inte men jag kan inte tänka mig det. Jag tycker det är synd att man tar upp en sådan diskussion. Att man ens frågar tycker jag är oetiskt. (Int. 1).

I: Om du skulle reda ut situationen. Hur skulle du beskriva den?

S: Ja, man har ju lärt sig att allt består av kol. Då skulle det bli kol. Alltså att det blir kol... och så vatten. Ja, så blir det koldioxid och värme eller koldioxid och vatten. Och det händer likadant om vi ligger i jorden eller om vi blir brända.

I: Du menar att det är i princip samma process?

S: Så värmen som är i jorden sprids bara ut. Då kan man lika gärna ta vara på den.

I: Där har du ett naturvetenskapligt argument för detta. Har du fler? Du tycker det är OK med andra ord?

S: Det vet jag inte. Jag kan tänka mig att det skulle vara så, men så tycker jag ändå att det är litet så... Men värmen går ju ändå ut. Om man bestämt sig för att kremera folk då kan man lika gärna ta vara på värmen.

I: Vad händer med den annars?

S: Den går ut. Och då finns den runt omkring oss. (Int. 3).

Thomas använder naturvetenskap för att motivera åsiktsbyte

Thomas är den ende av de intervjuade studenterna som byter åsikt och underbygger sitt nya ställningstagande med ett naturvetenskapligt argument. I intervju 1 svarar han ganska neutralt och reder ut vad frågan handlar om. I intervju 2 tycker att det är en absurd situation och ifrågasätter om förslaget kan vara allvarligt menat. I intervju 3 gör han ett ställningstagandet grundat på ett naturvetenskapligt resonemang. Han blir tydligare när jag ber honom föra fram ett naturvetenskapligt argument som kan användas i diskussion med prästen. Thomas visar att han vet hur värmeåtervinningen i princip går till.

S: Så kan man tänka att han som är för det. Det gäller att elda med något annat så varför bara låta den värmen försvinna och inte använda den? Ja, det är svårt. På ett sätt kan jag tycka att det inte spelar någon roll. Använd den värmen om det är... Jag vet inte hur mycket man sparar genom att göra det. Om vinsten blir så stor men... Varför inte? Om man ändå ska eldas upp. Det spelar ingen roll. Värme som kommer från...

I: Nej, diskussion gäller inte kremering eller ej.

S: Nej, just det. Det gör man i alla fall. Så kan jag tänka ibland. Vad då då? Det spelar väl ingen roll. Men jag kan också förstå prästen. Att han inte är så glad för det. Och jag tror nog att många och det gjorde jag själv spontant först också kände att så här hade många tyckt.

/.../

I: När prästen säger att jag vill inte sitta i värmen från nära och kära kan du ge mig ett naturvetenskapligt motargument?

S: Det gör man ändå kan man säga för allt som dör värmer oss när det förbränns, när det kommer ut så det sker redan idag. Den ende skillnaden här är att vi gör det mer kontrollerat så får vi det riktat mot vissa bostäder. Just detta förbränns och värmer där, men allting förbränns och då värmer det då också.

I: Värmen kommer ut under alla omständigheter?

S: Ja. (Int. 3).

Emma ser intressekonflikten

Emma är tillsammans med Mattias en av de studenter som tar fasta på intressekonflikten. Hon uttrycker sig likartat om den vid alla tre intervjutillfällena och fördjupar inte diskussionen utöver att man kan se det från olika håll. Jag ber henne argumentera i intervju 3. och då förklarar hon konflikten mellan ett naturvetenskapligt och ett känslomässigt argument. Det kommer fram att Emma eventuellt har två olika begrepp för energi – ett naturvetenskapligt och vardagligt. Hennes föreställningar om materia och energi har redovisats tidigare (11.8).

S: Jag vet inte men jag tycker.

I: Vilken problematik?

S: Visst skulle man kunna ta till vara den värmen som vilken värme som helst. Å andra sidan kan man respektera dem. Man behöver inte ta tillvara allting. Det finns mycket annat man kan göra för miljön än att man går in så här.

I: Vilken argumentation kan du se för si eller för så?

S: Jag kan bara... Som jag själv tänker så kan man tänka sig. Det är ju slöseri att bara släppa det rakt upp. Det är helt onödigt slöseri.

I: Det går ut i luften menar du?

S: Ja.

I: Genom skorstenen?

S: Ja, bara rakt ut. Det är verkligen att elda för kråkorna liksom. Och jag menar då istället då att man kanske tar någonting som är mer miljöfarligt eller sämre för miljön för att få den värmen man vill ha. Så det blir en dubbel förlust på något vis. Först eldar man för kråkorna, sen får man ta något annat att värma för sig själv. Så det är argument för. Och sen kan man ju tänka själv. Det är lätt att tänka att de är döda ändå, så vad gör det ända, tills man tänker att det är ens egen pappa eller farmor och tanken på att deras ande eller vad man ska kalla det ska cirkulera i elementen. Det känns ju litet konstigt va. Det är lätt att man får sådana bilder även om man vet att det inte är direkt så. Det är inte anden. (Int. 3).

13.3 Återkommande teman

Det är påfallande hur likartat flera studerande uttrycker sig i de olika intervjuerna. Malin tänker på att om hennes mor skulle dö så skulle det inte vara trevligt att värma sin bostad med henne. David återkommer i alla tre intervjuerna till att det för prästens del kan röra sig om tankar kring anden. Mattias har en idé om att man ska kunna bestämma själv medan man lever om man vill att värmen från ens kropp ska återvinnas

eller ej. Han återkommer till detta tema också i den sista intervjun. Erik återkommer till att vi har distanserat oss från döden i vårt moderna samhälle. Han anknyter i alla intervjuerna till hur det var på landsbygden i Norrland förr. Karin säger vid två tillfällen att det kan vara så att man har en mormor som just dött som gör att frågan kan vara svår att prata om.

13.4 Bemötande av mina naturvetenskapliga argument

Efter det att studenterna tagit fram sina naturvetenskapliga argument i intervju 3 presenterar jag några tekniska och naturvetenskapliga argument för att man kan återvinna värmen. Jag frågar om det skulle ändra deras uppfattning eller hur de vill bemöta mig. Min avsikt är inte att övertyga dem till att ändra uppfattning utan att se hur de hanterar de naturvetenskapliga argumenten. De studenter som tycker att det är OK att återvinna värmen blir naturligtvis stärkta i sin uppfattning av mina argument. Om man tagit ställning mot återvinning så ändrar man inte åsikt även om det är svårt att bemöta mina argument. De argument som tas fram för att bemöta mina naturvetenskapliga argument är att man har en känsla, att det är stötande med ekonomisk vinning eller att det inte är naturligt. I intervjuerna kommer det ibland fram hur studenterna ser på värdet av kunskaper för att ta ställning. Linda är för återvinning och blir stärkt i sin argumentation och menar att man faktiskt kan byta åsikt när man vet hur någonting fungerar. Också Åsa menar att kunskap kan ha betydelse för det ställningstagandet. Sofia som är obehagligt berörd av frågan i de två första intervjuerna ser en poäng i den naturvetenskapliga argumentationen. Också Emma förklarar att konkret kunskap påverkar en som person.

Linda

I: Förklarar hur fjärrvärme fungerar

Prästen kanske tänker...

S: Det tycker jag stärker att man ska återvinna. Mycket bra argument.

I: Nästa fråga är att om man säger det till prästen skulle han då ta det?

S: Kanske. Många gånger tror jag att folk har uppfattningar som jag inte vet vad de bygger på. De vet inte särskilt... Det vet man ju själv att man ändrat åsikt när man fått veta mer. Från början har man bara en uppfattning. (Int.3).

Åsa

I: Att det är känslomässigt laddat påverkar det sättet att hantera frågan?

S: Ja, det alltså det gör det väl det.

I: Du verkar se ganska sakligt på det.

S: Ja, jag är praktiskt lagd. Ingenting ska gå till spillo. Men det kan ju vara brist på kunskap egentligen. Det här med värme vilken värme det är.

I: Frågan är om man behöver mer naturvetenskap för att förstå.

S: Ja, det är mycket möjligt att man behöver att naturvetenskap för att förstå vad det är för något som egentligen värmer upp. (Int.3).

Sofia

I: Jag har valt frågan för att den är känslomässigt laddad. Kan man i det ha någon nytta av naturvetenskapliga kunskaper? Eller blir man blockerad av det emotionella?

S: Ja, nu när du förklarat det så liksom... Så har det släppt en liten bit.

I: Ja?

S: När jag kommer hem kommer jag säkert att tänka på det. (Int.3).

Emma

S: Mm. Så du menar att det till största delen är energin från gasen man återvinner?

I: Ja. Har det någon betydelse för argumentationen? Om man nu var präst?

S: Ja, alltså. Präster det vet jag inte... Men för min egen del så tycker jag att det gör ju den skillnaden att ju mer konkret sådant runt omkring man vet ju mindre personligt känns det. (Int.3).

Även om Emma tycker att konkret information gör att det blir mindre personligt så tror hon inte att det gäller prästen. I avsnitt 13.5 redovisas ytterligare några synpunkter på religion och präster som förs fram av studenterna. Flera studenter för fram att det är onaturligt. Jenny som reagerat starkt känslomässigt på frågan från intervjutillfälle 1 bemöter mina naturvetenskapliga argument med att de inte ändrar någonting. Hon uttrycker flera gånger, också i intervju 3, att hon tänker sig att det är någon som cirkulerar i elementen.

Jenny

S: Jag tycker att det är helt galet. Man kan återvinna mycket men vissa...

I: Vad är det egentligen du hänger upp dig på?

S: Det är det här om bränner nära och kära och så liksom värmen från dem och kanske några ämnen att det ska cirkulera i ens element. Det kan man släppa ut.

Man kan bränna sopor eller vad som helst. Men just inte... Det tycker jag inte.
(Int. 3).

De argument som Jenny för fram när jag förklarar hur fjärrvärme fungerar och vi diskuterat var materia och energi tar vägen handlar om ekonomisk vinning och att det är onaturligt. Jenny är ett exempel på hur ett begrepp som naturligt kan användas på ett ganska odefinierat sätt. Också Malin är ett exempel på att naturlig är någonting som är viktigt.

Jenny

S: Ja, eller i det som fanns i den kroppen. Det som var bundet i kroppen. Jag tycker att... det är säkert någonting.

I: Men om du går på stan...?

S: Jaa, det man inte vet har man inget ont av.

I: Men nu vet du. Men om du går på stan och de har eldat i krematoriet riskerar du ju att komma i kontakt med detta.

S: Ja, men då har man spridit som det ska spridas. Inte att man ska tjäna pengar.

/.../

I: Vattnet?

S: Det rinner ut i jorden eller så ... Ja, det måste ut i jorden.

I: Finns det risk att du stöter på det ?

S: Ja, förr eller senare kommer jag att göra det.

I: Är de OK?

S: Det är OK. Ja, det tycker jag. Det är helt OK. Det är en naturlig process. (något ohörbart).

I: Är det det som är... att det är onaturligt?

S: Ja, det är helt OK att det dyker upp i mig. Men jag tycker inte man ska peta i naturens gång.

I: För det är en annan intressant fråga om vi petar i naturens gång.

S: Det gör vi kanske inte.

I: Men medverkar du till att peta i naturens gång vid andra tillfällen?

S: Jo massor. Bara jag kör bil så jag...

I: Var gång du äter, att du bär kläder etc. Är det OK?

S: Ja, egentligen är det inte det heller. Men vi lever i dagsläget och det är inte så mycket att göra åt.

I: Men det finns en gräns för dig ...

S: Ja, jag tycker att den naturliga gången är OK. (Int.3).

Malin

I: Vad blir det om man begraver?

S: Ja, det blir koldioxid och vatten då också.

I: Blir det värme?

S: Ja, det måste det bli.

I: Om du går över en kyrkogård....?

S: Nej. Jo, men på något sätt känns det mer naturligt för där har inte vi varit och kluddat med dem mer än grävt ner dem. (Int.3).

Lisas argument handlar om känsla hon har. I intervju 1 och 2 svarar hon att det är en svår och känslig fråga och det känns svårt att ta ställning. Hon har tänkt på frågan när vi träffas för intervju 3 och diskuterat den med andra studenter och tycker själv att det kanske inte borde vara så konstigt men kan inte frigöra sig från känslan av obehag. Hon visar insikt i att värderingar har betydelse för hur man fattar beslut.

Lisa

S: För mig handlar det om... Jag kan se det kanske ur två hänseenden litet lättare nu än jag kunde första gången. Min känsla är ändå. Det är bara att jag själv...

I: Hur menar du att du kan se två ...

S: Alltså miljöhänseende och så min bit – det etiska. Första gången tänkte jag mer på det etiska än ur miljöhänseende.

I: Är det en ekonomisk fråga? Att det handlar om döden och ekonomi ?

S: Det är nog det att det är... Det diskuterade vi då också. Min kompis har jobbat mycket med cancer – som sjuksköterska. Hon har upplevt – jobbat mycket med folk som varit väldigt sjuka och som gått bort så hon har kanske ett annat seende på döden än jag har. Jag vet inte. Jag funderade själv på det efter det vi pratat. Det är nog det. Jag tror nästan att det är det. En känsla som jag inte riktigt kan förklara. (Int.3).

13.5 Religion och syn på präster

I intervjuerna kommer vissa religiösa tankar och diskussioner fram. Dels definierar en del studenter frågan som religiös, dels kommer det i intervjuerna fram hur studenterna kan se på yrkesgruppen präster. Flera studenter, som t.ex. Linda, säger att det inte innebär något problem att återvinna värmen, eftersom de inte är religiösa. Emma ovan tror inte att konkreta upplysningar är något för prästen. Erik för en intressant diskussion om prästers situerade kunskaper där han drar paralleller till sig själv. Det har tidigare framkommit att Erik är ateist och att han har en rätt så negativ syn på kyrkan. Samtidigt är han oerhört intresserad av trosfrågor och diskuterar ofta sådana med representanter för kyrkan.

Linda

I: Hur kan det komma att du har den inställning du har? Var kommer den ifrån?

S: Alltså, jag tror inte på Gud och inte på själavandring. Jag tror att när du är död så är du död och i och med det så... Då tycker jag att man kan lika gärna använda... Förstår du hur jag menar? (Int. 3).

Erik

I: Så du menar att det är dåligt energiutbyte av en blöt kropp?

S: Ja, det vill jag påstå. Fast jag har inte läst in mig så att jag kan. Mitt resonemang är så. Alltså det är inga miljövinster i den bemärkelsen.

I: Ja, du återvinner värme från det bränsle du tillför. Tror du att det kan vara ett argument som prästen skulle kunna förstå?

S: Nej. Jag tror. Det tror jag inte att han ser.

I: Men om man förklarar?

S: Jag tror att för honom är kroppen i det här fallet en människa dens själ. Det finns fortfarande vissa etiska regler. Alltså kyrkan har varit väldigt konservativ alltid. Det innebär att det är en väldigt lång process. Jag tror inte att en präst kan ta det nu. En präst om 30, 40 år kan. Det kräver en enormt lång process för kyrkan att gå igenom det.

I: Du sa att man ska samla upp all askan för att kroppen ska vara hel. Men är det hela kroppen?

S: Så resonerar inte de. De kan inte se det naturvetenskapligt. Att vatten avgår, att askan förändrats. Där är massor av kolföreningar och så som också gått genom skorstenen. Det är ju egentligen det som blir nya byggstenar förr eller senare. De har inte det kretsloppstänkandet utan de bär mer teologiska funderingar.

I: Skulle inte en präst kunna skaffa sig ett kretsloppstänkande?

S: Jodå. Men jag tror de är så låsta i sitt teologiska tänkande så även om de har... Jag kan ta ett exempel som är slående här också som jag upptäckt när de gäller skolans naturvetenskap. Vi inför nya begrepp, använder begreppen i skolan och så kommer jag hem därhemma så använder jag de gamla klassiska. Det är samma sak här. Det gäller teologen också. Teologen kan se hela det här kretsloppet. Nu var vi inne i skolan. Men när han kommer hem – kyrkan – så är det gamla teologiska. Det är grundstenen och den vill inte han rucka på. För ruckar han på sitt teologiska tänkande så skakar hela hans grundvalar i livet. (Int. 3).

Inte heller David tror att prästen skulle kunna ändra åsikt.

David

S: Jag förstår vad du menar. Att värmen från kroppen är ingenting att ta på medan... Där tror jag att prästen ser det som att det är anden som finns i det

där ingenting. Och det är det de inte vill ha springandet i systemet. Känna värmen från anden. Jag tror de är sådana. (Int. 3).

13.6 Flera ämnesområden

När studenterna ombeds att belysa situationen i artikeln blir svaren ofta ganska kortfattade och känslomässiga. I intervju 2 ber jag studenterna att förutom att belysa frågan spontant också ställa frågor som om artikeln vore en PBL-illustration och att berätta hur de skulle hantera en fråga av det här slaget som lärare i skolan. När studenterna betraktar artikeln som en illustration verkar det som om de spårar in mer på sakfrågor och får med fler ämnesaspekter. Frågorna antyder dock att studenterna mer associerar kring frågeställningen än att ställa frågor av typen *Vad behöver jag kunna för att lösa detta problem?* Ett exempel följer. Jenny svarar spontant med mycket känsla. När hon ställer frågor som en PBL-illustration blir hon sakligare och associerar till många frågor av olika karaktär. Men hon problematiserar inte. Det verkar mer som om hennes frågor syftar till att ringa in ett tänkt ämnesområde än att ge henne underlag för att förstå problematiken. När Jenny kopplar på känslan igen får hon associationer till Nazityskland.

Spontan kommentar

S: Den synen att det inte ska gå till spillo men vissa saker ska gå till spillo så är det bara. Men låt dem ligga i jorden så blir det inget tjafs om det. Åh.. Vad ska jag säga mer? Det är för mycket pengasnack. Det handlar för mycket om ekonomi. Vi ska spara det och vi ska spara det. Vissa saker får kosta.

I: Du vänder dig mot att det finns ett vinsttänkande?

S: Ja, dels det och sen tycker jag att det är bortom... Om man själv sätter sig in i situationen. Jag skulle ogärna ha någon farande i mina element. Jag tycker man kan elda med allting utom just det. (Int.2).

Om PBL-illustration

S: Energin. Vad händer med miljön? Och de här ämnena? Vilka grundämnen som går åt i jorden. Hur fungerar elstationen och krematorium också, om man är intresserad av det. Vad är värme? Återvinning i största allmänhet – SYSAV och det. Jag man kan gå hur långt som helst med infrastrukturer ur man bygger ledningar och alltihopa. Ja, jag tror att det handlat om värme och energi och el.

I: Finns det några frågor om det etiska?

S: Ja, vad man är beredd att göra för pengar? Allting har ett pris. Man kanske inte ska spara på allting. Man får slösa. Alltså jag blir så arg. Man kan dra det

hur långt som helst. Man kan dra det till historien. Paralleller med att man eldar upp en massa människor och använder värmen.

I: Så du associerar till den typen av saker?

S: Ja, det gör jag. Det kan vara snålhet att det är billigare att kremera än att begrava.

I: Fast diskussionen gäller egentligen inte kremeringen. Det finns skäl för att man började kremera i städerna. Det är säkert som du säger den typen av skäl.

S: Det är väl. Växthuseffekten det med. Andra utsläpp och... olika saker. (Int.2).

När studenterna i intervju 2 får frågan om hur de skulle behandla artikeln om de var i skolan så antyder flera studenter att det finns en intressekonflikt gömd. Flera vill att eleverna ska ta ställning. Det råder delade meningar om läraren själv ska uttrycka sin åsikt och i så fall när. De flesta som tar upp lärarens eget ställningstagande menar att det ska vänta tills efter det att eleverna bestämt sig. I ett fåtal svar säger studenterna att man måste ta reda på fakta eller att eleverna behöver ett kunskapsunderlag för att kunna ta ställning. I diskussionerna kommer det upp om det är lämpligt att välja just en sådan artikel för yngre barn, och då diskuterar vi utifrån situationen att någon elev läst den hemma, eller att man arbetar med tidningsläsning i skolan. Det kommer flera uttalanden om hur man metodiskt kan arbeta i skolan. Då nämns problemlösning, frågor som läraren ställer för att utmana eleverna, frågor som eleverna uppmuntras att hitta på, rollspel och diskussioner.

Lisa

S: Ja. Mm. Det är jättesvårt. Men jag tycker nog att frågar man, så ska man... Jag kan inte komma ifrån frågan genom att svara något som vad tycker du själv så. utan jag måste... Jag får nog förklara på bägge sätten, att dels för mig själv så känns det inte bra, men samtidigt är det en miljöfråga. Och den finns för mig också.

I: Det är ju en konflikt?

S: Ja, och den konflikten är för mig, men inte för alla kanske. Det är vissa som tänker att ja detta är helt OK.

I: Skulle man kunna jobba med någon slags konflikt med barnen? Hur skulle man kunna få dem att se de sakerna?

S: Det känns som om den är... Just den här är liten svår.

I: Man kunde tänka sig något motsvarande enklare.

S: Du menar just det här problemet? Jo, men visst för det gäller ju ett ställningstagande det är ju det. Det ska man lära barnen att stå för det man själv tycker. Så det är klart att... Problemet... Lösa problem ska man ställas inför tycker jag. Eller inte att lösa dem. Känna efter, vad det är jag tycker. Visst. (Int.2).

Emma

S: Jag skulle fråga vad barnet själv tyckte. Oavsett svar skulle jag ställa motfrågan. Och vända tillbaka. Det är ju inte lätt. Först tycker man, att det inte är så svårt, men sen när man tänker efter, så är det inte så enkelt.

I: Det är ju en slags intressekonflikt. Tror du man kan träna barn i ställningstagande?

S: Jag tror det är bra att se saker från olika vinklar. Det är inte svart och vitt. Man kan kanske hjälpa dem att vända på problemet, och att man kan tänka på olika sätt, och det kanske inte är den första tanken som slår en som är det rätta. (Int.2).

Det finns flera svar som uttrycker att det handlar om att tycka. Det finns ingen antydning om att man skulle behöva ta reda på något för att kunna fatta beslut.

Jenny

S: Jag hade nog sagt vad jag tyckte och sen berättat för dem, vad det handlat om och så hade de fått ta ställning. Så här tycker jag. Men man får tycka som man själv vill. (Int.2).

En student går direkt in på hur man kan behandla det naturvetenskapliga innehållet och ger förslag på hur man kan arbeta med experiment för att belysa frågan.

I tabell 19 finns en sammanställning över de aspekter som studenterna tar upp när de uttalar sig om artikeln spontant, om den vore en illustration och om det var i skolan. För att en aspekt ska vara med måste studenten uttrycka något mer än att läsa ordet ur artikeln. Det framgår dels att flest aspekter tas med om artikeln behandlas som en PBL-illustration. Detta blir ännu tydligare om man tar bort det antal studerandesvar som innehåller en egen åsikt.

Tabell 19. Aspekter som studenterna tar upp vid olika sätt att diskutera artikeln om krematoriet vid intervjutillfälle 2.

Aspekter	Spontant n = 14	Illustration n = 14	Skola n = 14
Energi –utvinning, omvandling	8	9	0
Infrastruktur – ledningar, fjärrvärme	0	3	0
Religion – tro, existensiella frågor	4	2	0
Etik	3	13	2
Miljö	5	12	3
Ekonomi	6	6	0
Kemi	0	3	0
Ekologi	2	2	0
Historia	0	2	1
Ställningstagande för elever	0	0	4
Experiment	0	0	1
Intressekonflikt	2	3	7
Uttrycker egen åsikt	11	1	2
Metodiska frågor	0	0	10
Totalt antal	41	56	30
Antalet om aspekten egen åsikt utesluts	30	55	28

13.7 Sammanfattning och diskussion

Studenterna har i stort sett samma åsikt i alla intervjuerna. De har alla ganska svårt att hitta argument för sina ställningstaganden och ingen av dem utvecklar en djupare naturvetenskaplig argumentation. De studenter som är mot återvinning bygger oftast den åsikten på känsla. Det kan vara en känsla av obehag. Det kommer också fram att flera studenter tycker att det är onaturligt att använda värmen. Det är naturligare om den går ut i luften. Tanken på att människor betraktas som ekonomiska resurser är motbjudande för några studenter. Även om några studenter efter NO2-kursen tycker att det finns naturvetenskapliga argument för att återvinna värmen kan de inte släppa känslan av obehag. Betydelse av känslor i beslutsfattande är tydligt. Det märks också när jag förser studenterna med naturvetenskapliga argument. De tycker att dessa verkar vettiga och några vacklar litet men överger inte sin åsikt.

De naturvetenskapliga argumenten stöder framför allt idén om att återvinna värmen. De argument som understöder ett ställningstagande mot återvinning är framför allt av etisk och moralisk natur. Därför är det lättare för de studenter som från början är för återvinning att ta till sig och att utveckla argument som bygger på naturvetenskap. Argumenten står inte i konflikt med de värderingar de har. Man kunde tänkt sig att de studenter som är mot återvinning ändå tagit fram naturvetenskapliga kunskaper och demonterat dem som argument. Det är en mycket svårare uppgift. Det är också svårt att använda etiska och moraliska argument på ett kvalificerat sätt. Studenterna har ingen utbildning i etik och moral. Däremot har de läst en del naturvetenskap som skulle kunna hjälpa dem i resonemanget om artikeln. Det är inte säkert att deras kunskaper är tillräckliga för att kunna föra ett resonemang eller att diskutera de argument jag för fram. Jag representerar dessutom en auktoritet i egenskap av ämneslärare. Det finns både i intervjuerna och observationerna från basgruppsmötena i NO1 många exempel på att man inte ifrågasätter auktoriteter. Flera av studenterna – oavsett vad de tycker i denna fråga – bedömer inte att naturvetenskapliga kunskaper kan ha betydelse för den ställning man tar. Religiösa och känslomässiga argument är viktigare. De har också en liten tilltro till att präster skulle kunna ta till sig kunskaper om fjärrvärme, materia och energi. Det är påfallande att studenterna ofta svarar på ett ganska likartat sätt genom intervjuerna. De har personliga teman som liknar dem som beskrivs av Helldén (2000, 2001). Dessa teman rör sig om känslan av att ha en närstående person i elementen och att relatera frågan till sin egen eller någon annans religiösa syn.

När det gäller hur komplext studenterna resonerar så för ingen student något resonemang där orsaker och konsekvenser redovisas. Det är endast två av studenterna som spontant tar upp intressekonflikten i intervjuerna. Det gäller för alla tre intervjuerna och det är samma studenter. Däremot är det flera studenter som i intervju 2 tar upp den när artikeln diskuteras som en skoluppgift och i intervju 3 tar några upp sin egen inre konflikt d.v.s. att deras känslomässiga reaktion eventuellt står i motsatsställning till ett mer naturvetenskapligt resonemang. I princip inser alla de studenter som intervjuas att värderingar påverkar deras ställningstagande. Däremot framgår det inte genomgående om de

ser skillnad på sina egna värderande uttalande och sakliga argument. Det är några studenter som gör detta t.ex. Lisa och Malin.

När det gäller att inse att frågan kan belysas med flera ämnesområden blir det i intervju 2 tydligt att om studenterna får hjälp med att betrakta artikeln som en illustration eller en skoluppgift så tar de fram fler innehållsområden än vad de gör spontant. De är olika ämnesområden som kommer fram beroende på om artikeln är en illustration eller en skoluppgift. PBL verkar ge studenterna redskap att angripa ett nytt ämnesområde. Dock ställer de inte frågor av problematiserande karaktär som skulle kunna vara till hjälp för att förstå situationen, utan frågorna ställs, som jag tolkar det, utifrån en undran *Vad kan det vara meningen att detta ska gå ut på?*

Studenterna använder alltså inte särskilt mycket naturvetenskap när artikeln diskuteras. Det kan beror på att de inte är tillräckligt säkra eller kunniga i naturvetenskap, att de inte ser att frågan har ett naturvetenskapligt innehåll eller att de inte vana att använda sina kunskaper i tillämpade situationer.

Tolkning i olika kontext

Diskussionen om tidningsartikeln om krematoriet visar tydligt hur man kan tolka en uppgift i olika kontext. Min ursprungliga tanke med artikeln var att se om studenterna använder naturvetenskapliga kunskaper i diskussionen. Jag förväntade mig en tolkning i en teoretisk kontext. Jag var visserligen väl medveten om att det finns känslomässiga aspekter i artikeln. Att diskutera en artikel ur en lokal dagstidning ger signaler om en vardagskontext. Jag trodde att studenterna i utbildningen skulle utveckla en förmåga att gå in i en teoretisk kontext och att kunna skilja mellan olika kontext. Man kan diskutera i vilken utsträckning studenterna gör detta. Det verkar som om man snabbt bestämmer sig för en åsikt som man sedan behåller oavsett vilka argument man möter.

I intervjuerna byter jag kontext flera gånger. Jag börjar med att be studenten kommentera artikeln. De flesta gör det då i en personlig vardagskontext d.v.s. de säger vad de tycker. När jag ber dem argumentera naturvetenskapligt eller bemöta mina naturvetenskapliga argument understryker jag att jag vill diskutera artikeln i en teoretisk kontext.

Lisa, Malin, Sara och Sofia säger att det finns en skillnad på ett naturvetenskapligt synsätt och ett mer känslomässigt. För de studenter som är mot återvinning finns en motsättning mellan naturvetenskapliga argument och känslomässiga. För de studenter som är för återvinning finns ingen sådan motsättning. Nya naturvetenskapliga argument stärker dessa studenters uppfattning. Det finns inget som tyder på att de studenter som är emot värmeåtervinning skulle ha sämre begreppsuppfattning än de som är för. Mattias, Thomas och Henrik som tydligast visar att de har en generell begreppsförståelse är dock alla för återvinning. När jag ber studenterna diskutera artikeln som om den vore en PBL-illustration byter studenterna kontext och svarar utifrån den. Samma sak händer när de ombeds diskutera artikeln som om vi befunnit oss i skolan. När jag frågar om skolan blir det åter tydligt att studenterna och jag rör oss i olika kontext. När jag ställer frågan tänker jag mer generellt att artikeln kan representera en typ av problem, medan flera av studenterna omedelbart gör en bedömning om just denna artikel är lämplig för den grupp av elever de ska arbeta med. När jag explicit frågar vad som händer med kropparna vid förbränning eller begravning tolkar några studenter och jag frågan i samma kontext – den teoretiskt naturvetenskapliga. Andra studenter tolkar den i en vardagskontext.

Personligen ser jag inte något problem med att återvinna värmen. Det medför att när jag ber studenterna bemöta några naturvetenskapliga argument så kan det av studenterna uppfattas som att jag försöker övertala dem att byta åsikt. Jag säger flera gånger i intervjuerna att jag inte försöker övertala dem, men bara detta att jag så ofta säger så, tyder på att jag märker att studenterna reagerar defensivt på mina argument. Frågan är om jag inte egentligen fortfarande någonstans tror att om de bara skaffar sig insikt så kommer de förstå att detta är någonting ganska okontroversiellt. Mattias uttalande nedan om ett naturvetenskapligt sätt att resonera är tänkvärt. Det naturvetenskapliga är litet känslolokalt och skrämmande. Sedan gör Mattias en koppling mellan det naturvetenskapliga och det som står i begravningsritualen och då kan det bli ett argument för biskopen. Argumentet används i en vardagskontext. När jag frågar om de blir jord av kropparna återgår Mattias till en naturvetenskaplig kontext och svarar att det blir koldioxid och vatten. Jag skulle naturligtvis frågat på vilket sätt det var taskigt att berätta att

vi alla är att jämföra med ett legobygge, men det kom jag inte på i intervjuögonblicket.

I: Tror du att det att artikeln är känslomässig gör det svårt att diskutera den?

S: Det kan det ju givetvis vara. Om man som naturvetare skulle gå in och plocka isär alla atomer och säga att från början är vi bara väte. Det finns överallt. Och det kommer att brytas ner och bildas det och det. Egentligen är det bara legobitar. Så det är ju litet taskigt.

I: Är det ett argument biskopen skulle ta?

S: Ja. Nej. Nej fast vad är de säger? Av jord är du kommen och jord ska du åter vara. Det är nära verkligheten kan man ju säga.

I: Det kan man ju säga om man begraver dem. Blir det jord om man begraver?

S: Nej.

I: Vad blir det då?

S: Det blir precis samma sak. Det som nedbrytarna äter så blir det koldioxid och vatten. (Int.3).

14. Beskrivning av några studenters lärande och inlärningsprojekt

I det här kapitlet ska jag ytterligare beskriva och sammanfatta hur jag tolkar några studenters förståelse av testade begrepp och hur komplext de resonerar. Detta relateras till argumentationen kring återvinnig av värme i krematorier. Analysen görs utifrån teorin om intentionellt lärande och tolkning i flera kontext. Beskrivningarna visar att det är svårt att ge en entydig bild av en persons kunskaper. Det är inte så att de studenter som visar god begreppsförståelse visar bättre förmåga att resonera om komplexa frågor och tvärtom. Jag väljer tre av de studenter, Linda, Mattias och Jenny, som tjänar som exempel i kapitel 11 och ytterligare två, David och Karin. Det kan bli vissa upprepningar i beskrivningarna. Syftet med beskrivningarna är inte att diskutera enskilda studenters insatser. Studenterna är valda för att visa variationen i hur man kan beskriva deras kunskaper, deras tolkning i olika kontext och hur detta kan relateras till olika inlärningsprojekt.

14.1 Lindas inlärningsprojekt är tydligt: Hon vill bli lärare

Lindas inlärningsprojekt är i första hand att bli lärare. Hon är starkt medveten om att hon måste skaffa sig kunskaper för att kunna förverkliga sitt mål. Linda har erfarenheter av NO och naturkunskap från skolan som något oerhört tråkigt. Det verkade gå ut på att läsa i böcker och skriva prov. Linda är en mycket positiv person som upptäcker hur intressant NO är, och hon ställer frågor och intresserar sig och vill veta. Hon påpekar noga att hon vill ha ut något av tiden i utbildningen och läser inte bara det hon måste, utan hon vill verkligen förbereda sig för det kommande yrket. Linda är beroende av att känna entusiasm inför uppgifterna. Hon tycker att det är jätteroligt att arbeta med PBL eftersom hon själv kan bestämma vilka böcker hon vill läsa och kanske välja flera olika, och det sätter igång hennes tänkande. Hon får använda sin kreativitet och initiativförmåga. Hon relaterar i basgruppsmötena till samtal hon haft om innehållet i illustrationerna med olika personer i sin omgivning vilket visar att engagemanget betyder något för hur hon

arbetar. Hon tycker att ämneskunskaper har hon fått så det räcker men saknar hur man ska göra i skolan. Fysikkursen gav henne aha-upplevelser och genom att läsa dag och natt så lärde hon sig fysik. Men den stora länsatsen gjorde det svårt för henne att engagera sig i didaktik-avsnittet. Linda snappar upp vad som är viktigt och beskriver hur hon kan se fysikläraren framför sig när hon skriver tentamen och då kommer hon ihåg situationen och vad han gjorde och sa. I utbildningen har Linda lärt sig hur saker hänger ihop. Det har bl.a. bidragit till att hon blivit mer miljömedveten vilket hon tycker visar sig i handling. Linda vill i utbildningen lära sig hur hon kan arbeta i skolan. Hon uttrycker viss irritation över att studenterna jämnt ska tänka ut idéer själva och att lärarna inte delar med sig av sina erfarenheter. Hon tycker att hon lärt sig mycket men vet inte hur hon ska bryta ned det till en för barnen begriplig nivå.

Hon förklarar de ekologiska begreppen utom om komposten bra i de sista enkäterna. Hon säger i intervjun att hon vet att det bildas koldioxid vid nedbrytning också men kan inte förklara varför hon inte skrivit det. Hennes modell av en kemisk reaktion är en sönderklippning. Det är svårare för henne att tillämpa kunskaperna i en diskussion kring det slutna ekosystemet. Hon verkar inte tänka på att mikroorganismer finns. Min tolkning är att Linda lär sig om hur saker är, så att hon kan förklara i skolan. Hon är inte ute efter att förstå på ett djupare plan så att hon själv ska kunna se på omvärlden på ett nytt sätt. Därför fungerar modellen av sönderdelning för en kemisk reaktion. Det gör också att hon inte skiljer fullt ut på olika kontext. Hon tolkar ibland enkätuppgifterna i en skolkontext. Det är tydligt i björnfrågan i enkät 2 där hon ger en korrekt förklaring på cellandning – fast för en växt. Hon beskriver att kolhydrater finns i form stärkelse (energiförråd) och cellulosa (upplagsnäring). Hon ger i princip korrekta förklaringar men hon har svårt att använda dem i ett nytt sammanhang.

Tabell 20. Sammanfattning av Lindas enkätsvar på frågor som belyser komplex förståelse

Antal rätt i frågorna om växthuseffekt och ozonlager E1, E2 och E3	Modell för växthuseffekt E2 och E3	Antal ämnesområden i begreppskartorna E1, E2 och E3
2-7-5	4-4	2-4-6

-djur
(- grönsaker)
-odlingar

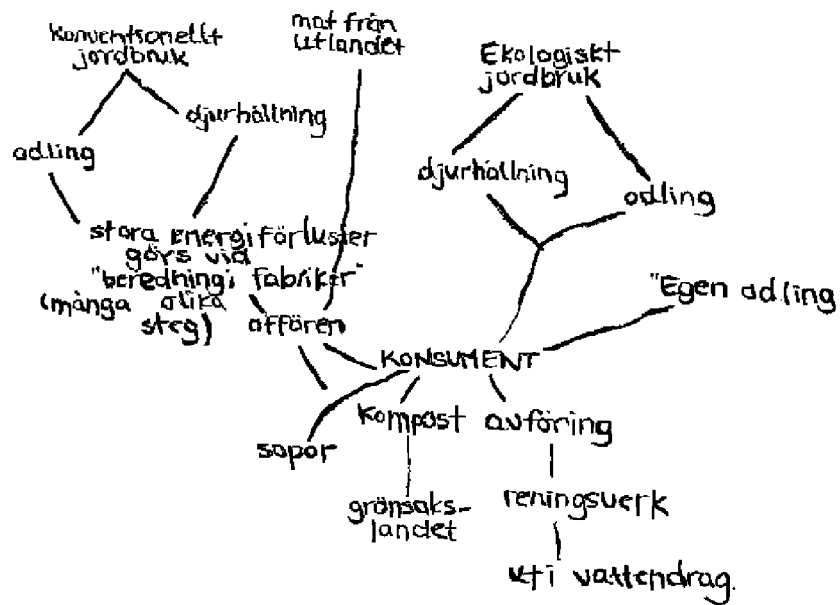
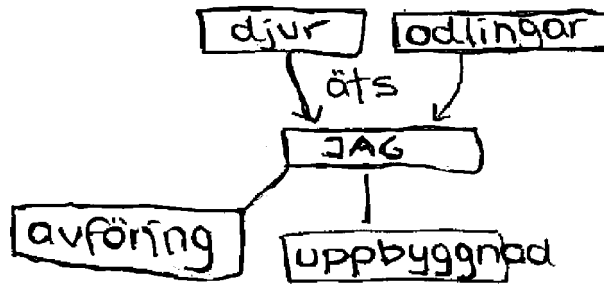
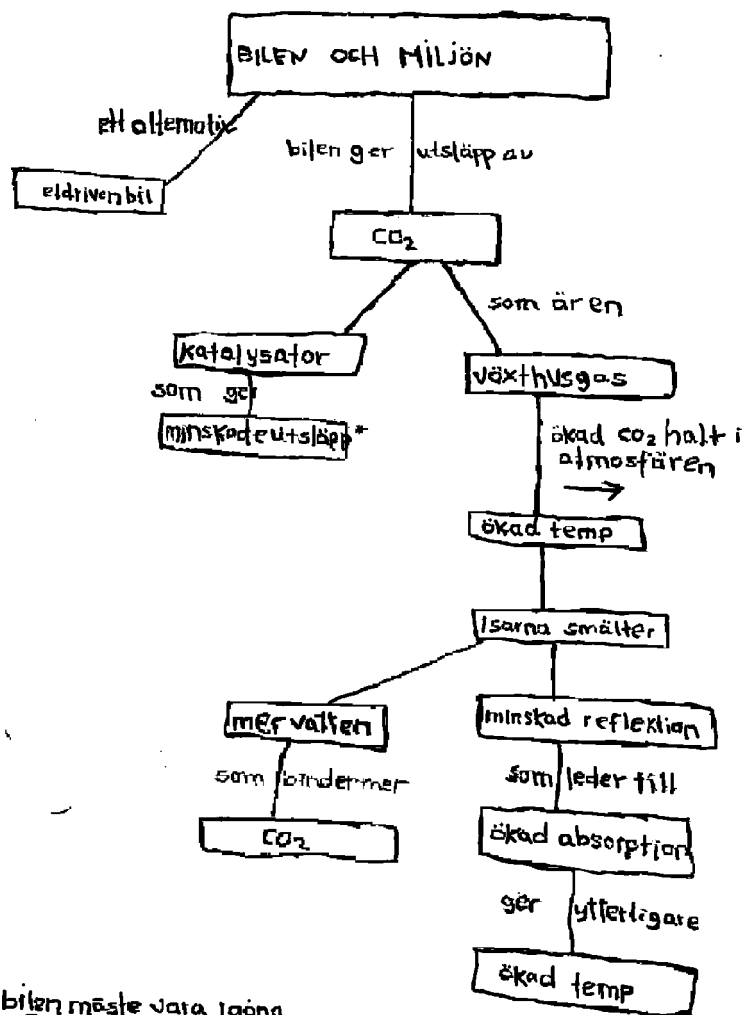


Fig 4. Lindas begreppskartor över *Var kommer maten du äter ifrån och vart tar den vägen?*



* men bilen måste vara igång ett tag för att katalysatorn överhuvudtaget ska kunna fylla sin funktion. ofta anv. bilen bara 10-15 min i stöten alltså katalysatorn gör ingen skillnad.

slutsats: lämna bilen hemma!

ett argument som talar för anv. av bil är bristen på annat kommunikationsmedel.

Figur 5. Lindas begreppskarta över Bilen och miljön.

Bilderna Linda ritat i uppgifterna om maten och bilen visar att hon utvecklar en mer komplex syn på en fråga i den meningen att hon för in fler ämnesområden. Hon gör fler associationer och uttrycker sig rikare. I enkät 1 har jag identifierat två ämnesområden – humanbiologi och jordbruk, i enkät 2 finns fyra ämnesområden med – jordbruk, distribution, geografi och miljö. I den tredje enkäten har jag identifierat följande områden: Avfall, effekt av avfall, åtgärd, alternativ till bil, infrastruktur och personlig synpunkt d.v.s. sex ämnesområden.

Linda säger i alla tre intervjuerna om krematoriet att det är klart att man ska använda värmen. Hon är en rationell person som inte ser några hinder och inte förstår invändningen. Hon tycker det är bra att man sparar pengar och miljö. Hon uttrycker första gången att det är svårt att tala om döden. Tredje gången säger Linda att det är oetiskt att inte använda värmen och istället bidra till miljöförstöringen. Hon tror att invändningarna kan ha att göra med att man tror att personen är i rummet – något med själen. Självt är hon inte religiös och tror inte på själavandring, utan är man död så är man, och det är nog därför hon tycker att det är i sin ordning att återvinna värmen. Hon underbygger inte sina argument naturvetenskapligt. Däremot säger hon att mina naturvetenskapliga argument stärker hennes uppfattning. Vi diskuterar fjärrvärme som är ganska diffust för henne, men när hon inser hur den fungerar tycker hon att det stärker hennes åsikt. Att hon inte vet hur fjärrvärme fungerar beror på att hon tycker att studiebesöket på fjärrvärmeverket i teknikkursen i NO2 var ganska meningslöst och tråkigt. Det var en guide som gick först i gruppen med en stor skock efter sig. De som gick sist uppfattade inte mycket av vad som hände. Inför studiebesöket demonstrerades hur fjärrvärme fungerar med hjälp av en modell. Men det sättet passar inte Linda som själv måste få pröva. Hon tror att prästen skulle kunna ändra sig med dessa kunskaper. Kunskap kan faktiskt förändra hur man ser på en sak, tycker Linda.

Linda skulle behöva träna sig i att använda sina kunskaper i tillämpade situationer. Att arbeta med uppgifter som t.ex. att identifiera vilka naturvetenskapliga kunskaper som kan öka förståelsen för en situation som den om krematoriet skulle kunna vara utvecklande för henne. Hon skulle behöva stärka sin begreppsförståelse genom att resonera om olika händelser där begreppen används och provas.

Lindas inlärningsprojekt är att bli en bra NO-lärare för de yngre eleverna. Utifrån detta har hon tolkat utbildningen på ett rationellt sätt. Hon har varit uppmärksam på de signaler som getts om utbildningens krav. Hon har gått in för att lära sig, men relaterat till vad hon tror hon behöver i framtiden. Därför har hon inte lärt sig vissa saker på ett djupare plan eftersom hon inte ser poängen i det. När hon känt att hennes förkunskaper har varit svaga har hon ansträngt sig till det yttersta med att arbeta och läsa för att klara det som krävts. Resultatet blir att Linda utvecklar kunskaper i naturvetenskap. Hon uttrycker sig rikare om fenomen och hon intresserar sig mer för vad som står tidningar, ser mer naturvetenskapliga program på TV o.s.v. Hon ökar sin allmänbildning, men frågan är om hennes begreppsförståelse räcker till för att bedöma nya kunskaper och införliva dem.

14.2 David bedömer kurserna efter hur han tror barn tar till sig innehållet

David är den student som har det tydligaste inlärningsprojektet att bli lärare. Han verkar relatera mycket av det han möter i utbildningen till hur yngre elever kan ta till sig innehållet. I intervjuerna när han svarar på mina frågor säger han ofta *Men det är för svårt för barnen* eller *Det skulle jag aldrig ta upp med barnen*. Det är svårt att få honom att berätta om hur han själv ser på begrepp som t.ex. energi. När han diskuterar andra saker med mig som vad utbildning kan betyda för en person eller hur grupper fungerar berättar han utifrån sitt vuxenjag.

David utvecklar ett partikelbegrepp för materia, men han vet inte vad en kemisk reaktion är, eller vad den går ut på. I enkäterna verkar det som om han tänker i transmuteringar, men av intervjuerna framgår att så är inte fallet. Det är snarare så att han saknar ett energibegrepp. Han förklarar sina svar med en insikt om situerat lärande (11.9). Davids svar om växthuseffekten är motsägelsefulla. I tredje enkäten har han 10 rätt på påståendefrågorna, men han beskriver växthuseffekten som ett täcke som värmen studsar mot. I enkät 2 beskriver han en modell där solljuset studsar mot ett lager av koldioxid och metan som blir för tjockt. Hans bilder av mat- och bilfrågorna består bara av några ord och är således mycket enkla.

Tabell 21. Sammanfattning av Davids enkätsvar på frågor som belyser komplex förståelse

Antal rätt i frågorna om växthuseffekt och ozonlager E1, E2 och E3	Modell för växthuseffekt E2 och E3	Antal ämnesområden i begreppskartorna E1, E2 och E3
5-6-10	2-2	2-4-3

Vid första intervjun säger David om återvinning av värme att han själv inte skulle bli störd men att det är en religiös fråga. Det kan finnas en oro för att åtgärden kan sänka respekten för människovärdet. Han tror att prästen är bekymrad om anden. David är liksom Mattias nedan inne på att detta är något man skulle få besluta om medan man lever som t.ex. vid organdonation. Vid den andra intervjun poängterar David etiken och oron för människovärdet. Vid den tredje intervjun säger han att det är helt OK och det argument han använder är att vi ingår i ett kretslopp. Av jord är du kommen och jord ska du åter varda. Han poängterar att vinsten dock måste ställas mot kostnader för rördragning och liknande. Han säger också att det är helt riktigt att återvinna värmen eftersom det innebär en bränslebesparing och därmed miljövinster. När jag reder ut vad värme är så säger David att värme är ingenting att ta på men att prästen ändå tror att anden finns i detta ingenting, och han inte vill ha den springande i systemet.

För David innebär hans inlärningsprojekt tydligt, att han genom att inte bara tolka utbildningen till vad han själv bedömer att han behöver som lärare utan till vad barn kan förstå, sätter upp hinder för sitt eget lärande. Han ser inte alls poängen med ämnesinnehållet. Han uppfattar det mesta i ämneskurserna som repetition. Resultatet blir att han utvecklar sin förståelse i begränsad omfattning. Han hade behövt diskutera inlärningsprojekt och vad en lärare ska använda sina kunskaper i skolan till. Han hade förmodligen kunnat öka sin begreppsförståelse genom att bearbeta sin egen förståelse parallellt med att ta del av forskning om hur barn förstår naturvetenskapliga begrepp. Det är naturligt att han finner teknikkursen som otroligt bra eftersom han där upplever att man arbetar både med frågor och med material som ligger nära barnen.

14.4 Jenny vill klara tentorna

Jenny säger själv flera gånger i alla intervjuerna att hon är tentainriktad. Hon ger både i intervjuerna, och när jag observerar i basgrupperna intryck av att hon letar efter svar i huvudet. Förmodligen bottnar det i dålig självkänsla. Hon är orolig för naturvetenskap när hon börjar utbildningen vilket kan vara skälet till att hon litet nervöst letar efter signaler om vad som är viktigt och vad som kommer på tentan. Jenny är ung och citatet som följer visar att hon ser sig själv som en elev.

S: Det var så att man tänkte sig för innan man öppnade munnen. (i basgruppen, min anm.)

I: Varför då?

S: Gör man något galet på tentan och är ett gränsfall så tänker hon (handledaren som också rättar tentan min anm.) efteråt att Jenny gjorde en sådan klåpargrej. Man vill vara neutral. (Int. 1).

I den andra intervjun funderar hon på om hon kanske ändå inte skulle försökt arbeta annorlunda. Det hon uttrycker som viktigt för det framtida arbetet är lekar och övningar och inte faktakunskaper. ”Fakta” verkar hon betrakta som något hon behöver för att klara tentan.

S: Fast ibland sitter man och tittar på det och tänker att varför i hela fridens namn ska jag göra det när jag egentligen inte behöver. Det är säkert att man ska lära sig. Så tänker man att man ska bli godkänd på kursen och då krävs det och det. Varför ska jag göra något extra?

I: Ser du någon koppling till vad du ska ha det till framöver?

S: Jag är nog mer inriktad på att klara själva kursen. Jag tänker inte så långt. Fast på sistone har jag tänkt. Jag kommer att stå där en dag och då hade det varit bra om jag antecknat alla lekar och alla övningar och inte bara läst faktan. (Int. 2).

Enligt enkäterna och intervjuerna finns det många frågetecken kring Jennys begreppsuppfattning också i termin 6. Materia verkar för Jenny vara begränsat till det som är synligt. Värme och gaser verkar vara ungefär detsamma, vilket förklarar att hon använder transmutteringar. Hon återkommer till att materia blir värme. Hon ser nedbrytning och förbränning som rena sönderdelningsmekanismer. Enligt enkätsvaren har hon inte förstått fotosyntesen. Också i intervjuerna verkar hon blockera sig och anstränger sig att hitta rätt istället för att resonera sig fram. I sista intervjun släpper hon vid ett tillfälle detta, och då resonerar hon avspänt, och jag tycker att hon i resonemanget kan klargöra sina tankar, och det verkar som hon trots allt har en bra bild av fotosyntesen.

Tabell 22. Sammanfattning av Jennys enkätsvar på frågor som belyser komplex förståelse.

Antal rätt i frågorna om växthuseffekt och ozonlager E1, E2 och E3	Modell för växthuseffekt E2 och E3	Antal ämnesområden i begreppskartorna E1, E2 och E3
8-6-8	1-2	3-4-3

Första gången tycker Jenny bara att det är makabert att tänka sig att återvinna värme från ett krematorium. Huvudargumentet är att man kan återvinna allting utom just detta. Andra gången är Jenny mer upprörd och fortsätter att säga att man behöver inte återvinna just detta. Nu menar hon att man vill inte ha någon farande i sina element. Hon säger att det bara rör sig om pengar men det verkar inte vara vinsttänkandet i sig som upprör henne utan denna känsla av vad som finns i elementen. Detta blir ännu tydligare i den tredje intervjun, där hon säger att det är säkert så att några partiklar följer med värmen. Hon återkommer till detta att det finns så mycket annat att återvinna. Det är delvis den ekonomiska vinningen, men det är inte det viktigaste, utan det är mer vad som finns i elementen. Hon vet att det blir koldioxid, vatten, aska och värme, men tänker sig att ämnena slinker med värmen oavsett om rökgaserna går ut genom skorstenen eller om värmen utnyttjas. Om det är mest energi från bränslet man eldar ugnarna med som återvinns, som jag påstår, så är det OK att använda det inom krematoriebyggnaderna. Det är också OK att stöta på materia från döda kroppar som begravts, och hon är medveten om att hon kan ha molekyler från Einstein i sig. Men det är naturligt. Att återvinna värme från krematorier är onaturligt, och man ska rätta sig efter naturens gång. Samtidigt är hon medveten om att hon inte gör detta var gång hon kör bil och äter och klär sig, men sådant är dagsläget, och det är inte mycket att göra åt. Jenny har starka känslomässiga reaktioner vilka självklart måste respekteras. Men hennes utsagor vittnar om att det starka obehaget uppstår ur en bild av materia, energi och fjärrvärme som inte stämmer med verkligheten. Det är inte säkert att en bättre naturvetenskaplig begreppsförståelse hade fått henne att ändra ståndpunkt, men det hade kanske gjort att hon kunnat argumentera på ett annat sätt.

Resultatet bekräftar att Jenny ofta lär sig utantill. Hon blockerar sig istället för att bearbeta sin förståelse. Det är möjligt att hon ändå skaffat

sig kunskaper som gör att hon, när hon tvingas använda dem i undervisningen, kan strukturera upp dem och tänka på innebörden i dessa faktakunskaper. Men det hade varit mer effektivt om hon fått bearbeta sina egna begrepp. Jenny hade mått bra av andra examinationsformer än skriftlig tentamen. Hon säger själv i teknikkursen tog hon till sig innehållet på ett annat sätt eftersom det i kursen inte fanns en tentamen. Samtidigt behöver hon tydliga krav. Hon säger att man är lat av naturen och gör det som krävs av en. En skriftlig tentamen är ett tydligt krav som initierar en stor länsats.

14.5 Mattias vill verkligen förstå men inom ramen för det övergripande inlärningsprojektet att bli lärare

Mattias inlärningsprojekt är att förstå. Han återkommer flera gånger i intervjuerna till betydelsen av att förstå. Förståelse har en personlig mening för honom och gör naturvetenskap intressant, vilket han inte tyckt under sin skoltid.

Under arbetet med den ekologiska burken lär han sig en grundprincip som han tillämpar. I svaren efter NO-kurserna visas att han ser att både nedbrytning, förbränning och respiration är i grunden samma processer. Det finns ett frågetecken i enkäterna för hur han ser på energi och materia. Han ger en klar bild i intervjuerna vilket diskuterats i kapitel 11.5. Han förstår begreppet fotosyntes. Det är kemiska reaktioner där ett visst antal atomer omgrupperar sig och bildar nya föreningar. Den kunskapen är beständig på så sätt att han tillämpar den i termin fem. Hans svar i enkäterna stämmer i övrigt bra med det han säger i intervjuerna. Han tolkar svaren i en teoretiskt kontext. Han ser däremot inte kemiska reaktionsformler som en modell som kan vara användbar för hans egen förståelse utan snarare som ett skrivhjälpmedel. Det tolkar jag som att han sätter gränser för vad som han behöver förstå för det övergripande inlärningsprojektet att bli lärare.

Han beskriver växthuseffekten som modell 3 i enkät 2. Han gör en utförlig beskrivning av hur den kortvågiga strålningen förlorar energi och övergår i långvågig värmestrålning. Den hindras att komma ut av växthusgaserna vilket innebär att växthuseffekten är som ett växthus. Han anger att in- och utflöde är olika. Han gör nästan samma beskriv-

ning i enkät 3 och tillfogar alltså inte teorier om absorption och återstrålning. Hans förklaringar är riktiga men han kunde utvecklat dem längre. I bilderna om matfrågan ritade han i både enkät 1 och 2 detaljerade bilder som visar ett ekologiskt kretslopp. Bilderna stärker intrycket av att han verkligen förstår energiflödet och materians cirkulerande.

Tabell 23. Sammanfattning av Mattias enkätsvar på frågor som belyser komplex förståelse

Antal rätt i frågorna om växthuseffekt och ozonlager E1, E2 och E3	Modell för växthuseffekt E2 och E3	Antal ämnesområden i begreppskartorna E1, E2 och E3
9-10-10	3-3	1-2-2

Mattias är en av de studenter som redan i första intervjun antyder intressekonflikten i tidningsartikeln om krematoriet. Han förstår att man kan ha olika syn och att det måste respekteras. Han föreslår ett system liknande det för organdonation. Man ska kunna välja hur man vill att det ska bli efter sin död. Samma diskussion kommer fram i andra och tredje intervjun. Han påpekar att det måste tillföras energi för att kunna elda ugnarna och att det är det som återvinns. I tredje intervjun för han in ett resonemang om växthuseffekten. Han förklarar att det är klart att värmen måste återvinnas. Annars måste man elda med något annat bränsle och då bildas koldioxid som bidrar till växthuseffekten. Mattias tolkar uppgiften teoretiskt såtillvida att han använder sina naturvetenskapliga kunskaper åtminstone i intervju 3 för att underbygga att han tycker att återvinning är OK. Men han glider litet enkelt ur frågan genom att föreslå en lösning som går ut på att var och en gör som den vill.

Mattias inlärningsprojekt att förstå är framgångsrikt när det gäller att utveckla begreppsförståelse. När han tolkar det som sker i utbildningen ifrån sitt inlärningsprojekt skaffar han sig beständiga kunskaper. Han tar till sig en modell av kemiska reaktioner som gör att han tolkar frågor kring de ekologiska begreppen i en teoretisk kontext och konsekvent besvarar dem korrekt. Han sätter gränser för vad han behöver förstå i förhållande till föreställningar om vad en lärare ska kunna. Hans modell av växthuseffekten räcker för att förklara på 1-7- nivå, och han kommer aldrig att skriva reaktionsformler med barnen.

14.6 Karin vill bli en lärare som låter eleverna lära på sitt eget sätt

Det är svårt att tolka Karins inlärningsprojekt. Det övergripande är att bli lärare. Hon är litet äldre än de flesta andra studenterna och har erfarenhet av barn och ungdomar genom egna barn och deras vänner och som aktiv förälder i skolan. Hon säger att hon vill förändra och bedriva en undervisning där alla barn blir sedda och deras behov tillgodosedda. Karin är engagerad, följer samhällsdebatten och är allmänbildad. Hon är intresserad av de naturvetenskapliga ämnena och har en sådan erfarenhet att hon kan koppla ihop sina praktiska vardags-erfarenheter med det hon lär i kurserna. Dessutom är hon bra på att förklara och kan ta ner komplicerade sammanhang till något mer begripligt. Karin är den student som upplever PBL-kursen i NO1 som ineffektiv och tycker att ämnesinnehåller ligger på för låg nivå. Man måste hålla nivån så att de passar de flestas förkunskaper vilket innebär att man länge kan sitta och diskutera ganska triviala saker. Hon känner inte att hon får incitament att gå vidare. Man har sina frågor och letar upp de fakta som behövs. Och att leta fakta kunde hon innan. Också Karin berättar att hon trycker in fakta till tentamen när hon känner att pressen blir stor i NO2. Men det faktum att hon kan relatera innehållet till sin vardagsförståelse gör att hon förmodligen ändå utvecklar förståelse.

Hon tolkar frågorna i enkäterna omväxlande i en teoretisk kontext och en vardagskontext. Hon förklarar fotosyntesen bra i enkät 2 men ger en sämre förklaring i enkät 3 där hon inte inkluderar koldioxiden, och där det verkar som om hon uttrycker en transmutering genom att solenergi blir materia. I resonemanget om det slutna ekosystemet är hon otydlig. Hon säger att det måste finnas balans mellan växtlighet, nedbrytare och jordmån. Men hon diskuterar bara vad om händer i jorden. Hon nämner inte gasutbytet. Det blir också tydligt när jag frågar vad som skulle hänt om jag haft mer jord. Då diskuterar hon mat- och platsbrist men ingenting om syre. I diskussionen om jordbegravningar återkommer hon i alla intervjuerna till att det blir jord. Hon nämner att det måste bli något av kolet men kan inte precisera. Jag ser det som att hon tolkar uppgifterna i en vardagskontext. Hon praktisk erfarenhet av komposter mm. Den enda gång hon för in att det bildas koldioxid är i enkäter och

intervjuer när frågorna handlar om förbränning. Redan i intervju 1 är hon helt säker på att vid all förbränning bildas koldioxid och vatten.

Tabell 24. Sammanfattning av Karins enkätsvar på frågor som belyser komplex förståelse

Antal rätt i frågorna om växthuseffekt och ozonlager E1, E2 och E3	Modell för växthuseffekt E2 och E3	Antal ämnesområden i begreppskartorna E1, E2 och E3
6-9-7	3-3	3-4-9

På frågan om växthuseffekten kategoriseras båda hennes svar som 3. Hon beskriver skillnaden mellan in- och utflöde och att värmen stannar kvar p.g.a. växthusgaserna. Det finns en skillnad mellan uttrycken stanna kvar och absorberas. Det kan vara en tillfällighet att Karin använder uttrycket stannar kvar. Det kan också vara så att hon inte införlivat förståelse för vad absorption innebär.

Karin begreppskartor utvecklas genom i enkäterna. Bilden i enkät 3 är den som innehåller flest ämnesområden i hela studentgruppen. Den är väl strukturerad och detaljerad. Jag har identifierat följande områden: Avfall, effekter av avfall, åtgärder, alternativ till bilen, infrastruktur, naturresurser, buller, den egna personen, påverkan av andra människor, d.v.s. 8 ämnesområden. Flera av dem innehåller flera underområden. I enkät 1 har Karin med ämnesområden; jordbruk, ekologi och miljö. Karin berättar att mindmap är ett bra sätt för henne att strukturera upp kunskaperna och att hon ofta gör mindmaps över kursinnehållet.

Karin berättar första gången att hon inte är religiös och ser inte något problem med värmeåtervinning. Hon vill själv kremeras. Hon för genast upp att vi i princip dricker varandras urin och andas varandras utandningsluft. Hon tycker inte att prästens argument om att sitta i värmen från någon man älskar håller. Det är ju tvärtom väldigt fint att sitta i den värmen. Andra gången återkommer hon till detta med mänsklig värme. Redan första gången tar Karin upp att det handlar om våra svårigheter att hantera döden. Detta återkommer. Hon tycker inte att det så konstigt om man låter rökgaserna ta en omväg och värma vatten innan de går ut. Hon ser ingen skillnad på värme från bio-bränslen och värme från kroppar. Karin underbygger sina argument

delvis naturvetenskapligt men också med livserfarenhet och klokskap som hon har, eftersom hon är en mogen och tänkande människa.

För Karin hade det varit bra om hennes begrepp hade utmanats mer. Hon hade behövt diskutera sin egen förståelse mer ingående och behövt medvetandegöras om de olika kontext uppgifter kan tolkas i. Det finns en risk att studenter som Karin som är verbalt duktiga och har en stor allmänkunskap känner att delar av utbildningen inte är tillräckligt utmanande. De får inte heller några indikationer på att vardagsföreställningarna inte räcker som förklaringsmodell.

14.7 Sammanfattning

Dessa fem exempel visar att det inte finns något tydligt samband mellan hur studenterna förstår naturvetenskapliga begrepp och hur komplext de resonerar om en fråga. Det finns studenter som redovisar klar förståelse av de ekologiska begreppen och har en ganska enkel modell av växthuseffekten. Det är inte heller så att det syns något samband mellan hur studenterna förstår ekologiska begrepp och hur de ser orsaker och konsekvenser eller hur många ämnesområden de inkluderar när de diskuterar en komplex fråga.

Samtliga studenterna skulle haft nytta av att diskutera sina inlärningsprojekt och tydligt medvetandegöras om att uppgifter kan tolkas i olika kontext. För de beskrivna studenterna innebär Jennys och Davids inlärningsprojekt hinder för deras lärande. Linda utvecklar kunskaper som räcker långt för att klara undervisningen de första åren. Hon saknar kanske möjligheter att utveckla undervisning där hon bygger upp en begreppsforståelse hos eleverna. Mattias har upptäckt glädjen i att förstå. Han kommer säkert att kunna hjälpa elever över de hinder de kan uppleva. Karin har skaffat sig kunskaper som ger en kompetens att undervisa de yngre barnen. Det är tveksamt om hon idag kan arbeta med att utveckla undervisning som hjälper eleverna i begreppsutvecklingen.

15. Diskussion

När man ska diskutera vad studenter lär sig i en utbildning och försöka dra slutsatser om samband mellan detta och det som sker i utbildningen är det nödvändigt att göra några reservationer. Studenter är olika. De har olika ambitionsnivå, fallenhet och intresse för studierna. De lever under olika omständigheter och har olika social bakgrund. Avhandlingen handlar om en grupp studenter, där flertalet endast testats med enkäter och en liten grupp intervjuats vid tre tillfällen. De kurser som framför allt fokuseras är de naturorienterade i termin 1 och termin 4/5. Kurserna har olika upplägg och ämnesinnehållet skiljer sig. Ämnena är olika till sin karaktär med avseende på teorier, metoder och traditioner. Därför är det viktigt att resultatet som presenterats och den diskussion som förs ses i det sammanhanget. Det går inte att göra generella beskrivningar över vad studenterna lär sig. Att beskriva en enskild students kunskaper visar sig vara svårt. Några olika mönster eller samband blir trots dessa reservationer tydliga. Dem har jag beskrivit i resultatdelen. Måhända kan de beskrivningar som görs och de diskussioner som förs verka igenkännliga och på så sätt rimliga. De kan ge upphov till nya tankar och diskussioner om hur man kan organisera en lärarutbildning. Något av det ska jag ta upp här i den avslutande diskussionen.

Hurdana lärare de här studenterna kommer att bli vet jag inte. Jag vet inte hur de kommer att arbeta med att förbereda sitt arbete, hur nyfikna de kommer att vara på tillvaron, hur aktivt de kommer att fortbilda sig inom sina ämnen eller vilka problem de kommer att tycka är viktigast att ta itu med i skolan. Jag begränsar mig i studien till att diskutera studenternas lärande i förhållande till de naturorienterade kurserna.

15.1 Diskussion av resultaten

Hur utvecklas studenternas förståelse av för miljöfrågor relevanta naturvetenskapliga begrepp under utbildningens första fem terminer?

I kapitel 10 och 11 redovisas studenternas förståelse av några ekologiska begrepp. Om man studerar tabellerna i kapitel 10 över hur hela studentgruppen har besvarat enkäterna, framgår det att en majoritet av gruppen inte kan förklara fotosyntes, respiration och nedbrytning på ett sätt som är naturvetenskapligt acceptabelt. Vid jämförelse av enkätsvar och intervjusvar för de studenter som intervjuats, framkommer det att studenterna svarar bättre i intervjuerna än i enkäterna. Men för en enskild student är det inte genomgående så och ibland framkommer fenomen i intervjuerna som inte framkommer i enkäterna. Man kan våga påstå att de svårigheter som kommer fram i enkäterna också kommer fram i intervjuerna. Det blir tydligt när studenterna ska använda begreppen i en tillämpad situation.

I studentgruppen finns samma typ av vardagsföreställningar som elever har i de i kapitel 5 refererade undersökningarna. Exempel är svårigheter att integrera ekologiska, fysiologiska, biokemiska aspekter och energiomvandlingar vid diskussion om fotosyntesen (Waheed & Lucas, 1992), svårigheter att införliva naturvetenskapliga begrepp som beskriver företeelser som inte kan iaktas t.ex. gasformiga ämnen (Helldén, 1994). Flera studenter nämner inte koldioxid som källan till den ökade vikten i växande plantor fastän de känner till att koldioxid absorberas (Driver et al., 1994). Liknande föreställningar om nedbrytning som andra forskare (Helldén, 1992; Leach et al., 1995, 1996) beskriver finns i gruppen. Samma problem som Andersson (2000a) beskriver om avsaknad av en modell för kemiska reaktioner och bristande förståelse för skillnaden mellan materia och energi finns också i gruppen. Få studenter talar i termer av energiomvandlingar och det verkar vara lättare att uttala energiprincipen än att använda sig av den (Solomon, 1992; Kesidou & Duit, 1993).

Det framgår att studenterna har svårt att uttrycka sig i termer av energi och materia. Ibland beror det på att studenten inte är helt klar över distinktionen mellan materia och energi. Ibland är det snarare så att de

inte uttrycker sig stringent. Henrik och Mattias svarar i frågorna om respiration och förbränning både med vad som händer med materia och att energi bildas eller frigörs. Henrik tycker inte att svaren är kompletta om inte både materia och energi finns med när han beskriver respiration, nedbrytning och förbränning. En förklaring kan vara att en vanlig bild i läroböcker är en reaktionsformel där energi står med på olika sätt och nästan framstår som en slags materia. Det hade varit klargörande om man i lärobokstexter skiljt på vad som händer med materia och vad som händer med energin.

Det visar sig att studenterna med några undantag har svårigheter i att integrera fotosyntes, respiration och nedbrytning så att de kan diskutera kretslopp i ett slutet ekosystem. De verkar precis som i Bergquists (1985) undersökning framför allt resonera serialistiskt d.v.s. de kan ha goda uppfattningar om enskilda begrepp eller förhållanden men har svårt att sammanfoga delarna till ett mer holistiskt resonemang. De studenter som utan ledande frågor från mig ger en bra beskrivning av vad som händer i burken har inlärningsprojektet att förstå. De har en modell av kemiska reaktioner vilket Carlsson (1999) menar är grundläggande för att kunna utveckla en mer komplex förståelse av ekosystemets funktion. Alla studenter får dock svårigheter när de ska förklara vad som händer om jag lagt mer jord i burken. Det är endast Emma som för ett resonemang som inkluderar gasutbytet. Och hennes modell av kemisk reaktion är en sönderdelning.

Helldén (1992) skriver att han i intervjuer med barn om ekologiska processer flera gånger utmanar deras tänkande i intervjuerna och att elevernas begreppsuppfattning utvecklas. I min undersökning har jag aktat mig för att utmana studenternas föreställningar vid de första intervjutillfällena eftersom jag vill undersöka hur de utvecklas i utbildningen. Det hindrar inte att intervjun i sig haft en påverkan. I tredje intervjuomgången går jag in mer aktivt med frågor och det finns exempel på när studenterna i samtalet bearbetar sina kunskaper. Det finns exempel på kognitiva konflikter (Posner et al., 1982) då studentens förklaringsmodell inte visar sig vara tillräckligt bra och en ny modell prövas t.ex. Henrik (11.7). Han har inte tänkt på hur en kemisk reaktion går till. På min fråga svarar han först med att det är en sönderdelning. Men min följdfråga gör att hans förklaring inte stämmer och han kommer tillbaka och reder ut frågan. Han försöker förstå och

accepterar inte att det var något som inte stämde. Henrik reagerar så i en situation där han utsätts för en kognitiv konflikt. Andra studenter t.ex. Emma och Jenny utsätts för samma konflikt, men de ändrar inte sin modell. De upplever inte konflikten utan ger i det här fallet en förklaring till varför det behövs syre vid en förbränning på ett sätt som stämmer med den tankemodell de har. Studenterna är exempel på att man, när man utsätts för en konflikt, antingen kan avvisa det nya begreppet eller ersätta det gamla (Hewson, 1981).

Det går att konstatera att de ekologiska begreppen är svåra. Många studenter kan inte, eller inser inte att de ska, besvara frågorna om respiration, nedbrytning, förbränning och fotosyntes i en naturvetenskaplig kontext. Det är tydligt att studenterna inte finner det naturligt att ta fram naturvetenskapliga kunskaper när vi diskuterar artikeln om krematoriet. Det kan bero på att de osäkra i att använda naturvetenskapliga kunskaper i tillämpade situationer, att de inte ser problemställningen som naturvetenskaplig och/eller att deras kunskaper är otillräckliga.

Studenterna tolkar frågorna i både enkäter och intervjuer i olika kontext, vilket kan förklara en del s.k. felsvar. Att tolkningar i olika kontext ger svar som den som frågar inte förväntar sig eller accepterar har bl.a beskrivits av Halldén (1982), Wistedt (1998), Halldén et al. (2001), och Lundholm, (2001a, 2001b). När jag formulerade enkätfrågorna var jag klar över vilka naturvetenskapliga begrepp jag ville testa. Jag formulerade frågorna i en naturvetenskaplig teoretisk kontext. Jag valde frågor som skulle testa specifik förståelse av naturvetenskapliga begrepp som respiration och fotosyntes i alla enkäterna och dessutom nedbrytning och förbränning i enkät 3.

Det verkar som om studenterna snabbt tolkar frågorna i en kontext. Sedan svarar de i den kontexten oavsett vad det faktiskt frågas efter. I enkät 3 svarar flest studenter på vart material i frågan om oljan i en villapanna tar vägen, fastän det är den enda fråga där detta inte frågas om. Men som t.ex. Henrik säger så känns frågan som en tentamensfråga i kemi, vilket skulle tyda på att frågan tolkas i en naturvetenskaplig kontext av studenterna. Därmed blir svaret koldioxid och vatten. Kompostfrågan är formulerad så att man kan se min kompost framför sig. Många studenter har personlig erfarenhet av komposter. Då

är det lätt att tolka frågan i en vardagskontext. Det naturliga svaret i den kontexten är att det bildas jord, även om det faktiskt inte besvarar frågan om varför högen blir mindre. Få studenter tolkar frågan i en teoretisk kontext vilket innebär att man svarar att det organiska materialet i huvudsak omvandlas till koldioxid och vatten. Några studenter kommenterar ordet nedbrytning och menar att det ger signaler om att det rör sig om rena sönderdelningsmekanismer. Jag har tidigare beskrivit hur Lisa besvarar frågorna om fotosyntes och respiration i skolkontext (11.1). Det finns i intervjuerna utsagor som tyder på att studenterna inte är klara över varför detta med koldioxid är så viktigt, t.ex. Malins uttalande i kapitel 11.3. Hon har glömt hur den kommer in i fotosyntesen. Det kan tolkas som att hon har svårt att införliva företeelser som inte kan iakttas. Det kan bero på att hon inte ser att kunskaperna är betydelsefulla för läraryrket. Hon har lärt sig fotosyntesen men glömt den efter NO1 och alltså inte lärt sig den på ett djupare plan.

Ett mål med utbildning är att bli kontextmedveten och att kunna skifta mellan olika kontext (Caravita & Halldén, 1994). Enligt enkätresultaten är det många studenter som inte skiljer mellan olika kontext. Ett tecken på detta är att de svarar på olika sätt om respiration, nedbrytning och förbränning. Det finns en grupp som ser generalitet och kan tillämpa ett tänkande i en ny situation som t.ex. Mattias. Han kan beskriva hur han förstått en modell om kemiska reaktioner som omorganisation av materia och att den hjälper honom att se hur det fungerar i andra situationer. Det finns studenter som kan kommentera sina svar på ett sätt som visar att de urskiljer de olika kontexten t.ex. Åsa och Henrik. Men det finns också exempel på studenter som inte verkar skilja mellan olika kontext t.ex. Emma som rör sig mellan olika kontext utan att vara medveten om det.

Man kan fråga sig om resultaten speglar studenternas verkliga kunskaper. Jag tror att det är svårt att dra slutsatser om enskilda studenters begreppsuppfattning från enkäterna. Man kan utifrån de resultat som presenteras i kapitel 11 räkna med att studenterna som grupp svarar sämre i enkäterna än vad som motsvarar deras verkliga kunskaper. En del av nedgången i resultatet i enkät 3 beror på att studenterna svarar i en skolkontext d.v.s. använder förklaringar som lämpar sig för skolan istället för att besvara frågan i naturvetenskaplig kontext. Det är ett

begränsat antal studenter som besvarat enkäterna och materialet är litet om man jämför med andra undersökningar. Men studenterna som grupp svarar bättre än den grupp gymnasister som undersöktes i en pilotundersökning som var en uppföljning av nationella utvärderingen av grundskolan (Jansson, et.al. 1994). Däremot svarar studenterna sämre på fotosyntesfrågan än vad studenter gjorde i den undersökning av ett 20-tal studenter som genomfördes vid högskolan i Kristianstad (Eskilsson & Holgersson, 1999).

Studenterna upplever själva att de lär sig mycket i utbildningen. Precis som de elever som Helldén (2001) låter lyssna på och kommentera tidigare utsagor har dock studenterna svårt att uttrycka vad de lärt sig. När de ser sina tidigare svar säger de att de kan mer nu. Jag får dock inga svar på frågan om varför de tycker att svaren är mer utvecklade i den tredje datainsamlingen. Studenterna för inte fram så mycket exempel på konkret innehåll i någon av intervjuerna och jag följer inte upp med förtydligande frågor. Trots detta kommer det i olika skeden i intervjuerna fram exempel på innehåll som studenterna tycker de lärt sig. Jag har inte testat kvaliteten i deras kunskaper. Det är troligt att liksom i en undersökning av Pedersen (1992), om hur elever i årskurs 9 utvecklar kunskaper om evolutionen, så kan studenterna mer detaljer när de beskriver ett fenomen i NO men att dessa inte är förankrade i en struktur av naturvetenskapliga grundbegrepp. M.a.o. kan man säga att många studenter inte lämnar sitt vardagstänkande.

Hur utvecklas studenternas förmåga att resonera om komplexa frågor?

I avseendet att förklara växthuseffekten utvecklar studentgruppen förståelsen. Begreppet har behandlats både i NO1- och NO2-kursen. Fler studenter visar en mer komplex förståelse av växthuseffekten efter NO2. Majoriteten av studenterna förklarar begreppet växthuseffekt på ett acceptabelt sätt.

Påståendefrågorna om växthuseffekten var tänkta att testa det komplexa resonemanget – att man kan reda ut orsaker till och konsekvenser av två stora globala miljöfrågor. Det finns studenter som har många rätt på de tolv frågorna men har en ganska enkel modell av växthuseffekten. Det finns studenter som förklarar växthuseffekten bra men inte har mer än 8 påståenden rätt. Antalet rätt markerade påståenden stiger efter

NO1-kursen för att sedan gå tillbaka efter NO2-kursen. Studenterna svarar bättre än gymnasisterna i *Tillståndet i världen* (Andersson et al., 1999) på de flesta påståendena redan i enkät 1.

Studenterna ökar sin associationsförmåga och lär sig att en fråga kan belysas med flera ämnesområden. Liksom i Andersson et al. (1999) anger studenterna som grupp många olika ämnesområden framför allt i bilfrågan. Men den enskilda studenten har ganska få områden med i sin bild. Fortfarande dominerar det närliggande studenternas bilder om maten och bilen. I de flesta bilderna ritar studenterna enkla orsakssammanhang t.ex. att bilen ger avgaser. Få studenter ritar konsekvenser i flera led. Inte heller i intervjuerna kommer det fram om studenterna resonerar i termer av orsaker och konsekvenser. De intervjuade studenterna finner det svårt att diskutera det slutna ekosystemet och vad som kan hända i det om man t.ex. lägger i mer jord. Studenterna för fram ganska enkla orsakssammanhang i diskussionen om krematoriet.

Artikeln som handlar om att återvinna värme från ett krematorium belyser en komplex miljöfråga. Det finns inget rätt svar och man kan självklart ha olika åsikter om det är riktigt att återvinna värmen. De flesta studenterna bildar sig snabbt en åsikt i frågan och den åsikten behåller de genom utbildningen. De diskuterar frågan utifrån samma argument i de olika intervjuerna. Kunskaper verkar i de flesta fall inte påverka deras ställningstagande. Hur de bildar sig en uppfattning om frågan verkar mer bero på hur känslomässigt de ser på denna än på naturvetenskapliga kunskaper. De förklarar också sin ståndpunkt att vara för återvinning med att de inte är religiösa istället för att använda naturvetenskapliga kunskaper. De studenter som är för återvinning stärks i sin uppfattning när de får naturvetenskapliga argument av mig. De som är mot återvinning uttrycker att det finns en konflikt mellan ett naturvetenskapligt sätt att se på frågan och en känsla för vad som är rätt. Några studenter för in ett resonemang om att naturvetenskapliga kunskaper borde tala för återvinning, men det finns en känsla av att det är orätt som är starkare.

Endast Thomas använder sina naturvetenskapliga kunskaper för att förklara att han ändrat ståndpunkt. Lisa, Malin och Sara säger att om de tänker naturvetenskapligt så borde man kunna återvinna värmen men det finns en personlig känsla som säger att detta ändå är fel. Många

studenter resonerar reflekterande och klokt runt fenomenet men de visar mer att de har en förmåga till empati än att deras naturvetenskapliga studier är till något stöd. Det kan vara så att uppgiften tolkas i en vardagskontext. Det är svårt att använda naturvetenskap för att underbygga sina argument.

Studenterna resonerar inte om artikeln i termer av orsaker och konsekvenser. Få tar upp den inbyggda intressekonflikten. Däremot kan de flesta studenter se att frågan involverar flera ämnesområden.

Sammanfattningsvis är det svårt att beskriva enskilda studenters kunskapsutveckling. Några studenter visar att de använder ekologiska begrepp på ett bra sätt, men de utvecklas inte lika mycket när det gäller att se olika ämnesområden i en fråga eller att kunna förklara växthus-effekten. Andra studenter ritar utvecklade begreppskartor men visar inte att de har en genomgående god begreppsförståelse. Studenterna tolkar frågorna jag ställer och uppgifterna i utbildningen i flera olika kontext. Få studenter är dock medvetna om och kan särskilja de olika kontexten. Men flera studenter visar en början till en sådan kontext-medvetenhet. Studenterna verkar otränade i att diskutera situationer där de behöver använda sina naturvetenskapliga kunskaper. Jag avslutar med ett citat ur intervjun med Karin. Hon uttrycker på något sätt det jag illustrerat. Studenterna har en massa kunskapsknutar med mer eller mindre tydliga snören mellan. De undrar över hur de ska kunna överföra dessa knutar till något hanterbart i undervisningen. Karin beskriver sin upplevelse av kemi och fysik, men jag tror fisknätsbilden kan vara tillämpbar i andra ämnen. Det är viktigt att diskutera vilka knutarna ska vara, hur finmaskigt nätet behöver vara och hur man utvecklar trådarna.

S: Alltså jag tycker att det vi lär oss liknar ett fisknät. Vi får knutarna och där finns tråden som hänger ihop med en annan knut och däremellan finns det så fruktansvärt stora tomrum i mitten. Så att jag kände mig osäker innan och det gör jag fortfarande. Jag tycker det är jättespännande och jättekul Jag tycker det är kul med experiment och det är roligt och så där men jag tycker det är svårt att få det på en begriplig nivå för eleverna. Jag vill känna mig säker på det jag gör.

I: Känner du att fått de här knutarna så att de är något att bygga vidare på?

S: Ja alltså det är det ju för varje knut...

I: Sitter de ihop?

S: Ja de sitter ihop och där är snören mellan. Runt varje knut kan jag naturligtvis bygga till om du tar pH eller om man tar katalysatorer eller vad du tar.

Men jag har svårt att se att man som i fysiken kan göra något riktigt hanterbart för elever.

I: Är fysiken och kemin olika?

S: Jag tycker det.

I: Och vad är det som gör dem olika?

S: För i fysiken är det ju en... Som t.ex. Arkimedes princip. Den kan du applicera på hur mycket som helst. Men om du tar katalysatorer så är de... De är olika för olika, att det inte förbrukas och ibland är de jättefarliga. Alltså det är så många parametrar på det.

Hur upplever studenterna undervisningen och sitt eget lärande i de naturorienterade kurserna d.v.s. NO1 och NO2?

Kan svaret på fråga 1 bidra till förståelse av utfallet i fråga 2 och 3?

Det är lätt att bli oroad och negativ i sitt sätt att bedöma studenters kunskaper när man ser tabeller med enkätresultat som i kapitel 10. Varför lär de sig inte att förstå på ett sätt som förväntats? Studenterna är tänkande, nyfikna, frågvisa, kreativa och intresserade av sitt framtida yrke. En möjlighet är att studenterna omedvetet har inlärningsprojekt som skiljer sig från det lärarna i de naturorienterade kurserna har. Det är utifrån de krav på läraryrket som de tolkar som de tillägnar sig kunskaper. Liksom i Jönssons (1998) och Wernerssons (1990) undersökningar vill studenterna i min studie bli lärare och tycker att ämneskunskaper är viktigt men inte det viktigaste i utbildningen. De olika inlärningsprojekten är olika framgångsrika för lärandet. De studenter som har inlärningsprojekt att förstå verkar skaffa sig tankemodeller i vilka de infogar ny kunskap. De använder det de kan och resonerar kring frågorna. Inlärningsprojektet att klara tentorna, vilket alla studenter emellanåt har, är inte så framgångsrikt för att utveckla förståelse. Det verkar leda till ett reproducerande lärande. Mycket glöms snabbt. Inlärningsprojektet att bli lärare som alla studenterna har kan vara framgångsrikt till en viss nivå. Det finns en risk att studenterna gör en bedömning av vad som rimligt utifrån de erfarenheter de har från den verksamhetsförlagda utbildningen. Det kan innebära att de inte bearbetar sina egna begrepp utan lär sig att förklara företeelser. Det kan vara blockerande för lärandet om man bedömer kursinnehållet i förhållande till hur barn kan ta till sig kunskaperna.

Inlärningsprojekten är uttryck för studenternas intentioner med utbildningen. De kan leda till att studenterna dels tolkar uppgifterna i en kontext som passar med inlärningsprojektet, dels väljer vad de ska lära

sig. Det är tydligt att för flera studenter finns det ett gap mellan deras inlärningsprojekt och det inlärningsprojekt som lärarna har för dem. När det finns en diskrepans mellan inlärningsprojekt övergår den som lär ofta till reproducerande lärande (Wistedt, 1998). Det verkar som om i stort sett alla de intervjuade studenterna i åtminstone någon av kurserna någon gång upplever denna diskrepans.

Studenterna får under NO-kurserna ta del av en stor mängd information genom föreläsningar, laborationer och stora textmängder. Det är inte så enkelt att i detta vaska fram vissa väsentliga begrepp om inte det ges tydliga anvisningar i utbildningen. I NO1-kursen är lärarna måna om att studenterna ska förstå de ekologiska begreppen. Det är också under denna kurs som gruppen som helhet utvecklar begreppsförståelse. Lärarna ställer i olika sammanhang utmanande frågor till studenterna avsedda att leda till diskussion. Frågan är dock hur mycket begreppen sedan hinner bearbetas i basgruppsarbetet. En lärare säger reflekterande att om hon ställer en fråga på en skrivning så vet studenterna att koldioxid ska vara med. Vissa studenter berättar också att koldioxid är något viktigt som det har tjuvats mycket om. Att känna till att det i vissa processer bildas koldioxid och vatten behöver inte betyda att man har en förståelse för materians bevarande.

Varför ska studenterna lära sig begrepp?

Är det möjligtvis så att det är onödigt att fokusera på begreppsinnläring? Flera studenter uppfattar inte signalerna om begreppen och/eller ser inte poängen med att lära sig dem. De vet att de ska bli lärare och de efterlyser andra saker än mer ämneskunskaper som förberedelse för sitt arbete. Det är rationellt handlande att man som student väger insatser man ska göra mot de krav som ställs. Vissa saker ser man omedelbar nytta av i skolarbetet och då är det något man lär sig. Andra gånger ser man inte hur kunskaperna kan komma till användning. Då lär man sig för att man måste och glömmer det kanske sedan. Olika studenter gör naturligtvis olika bedömningar.

Att undervisa yngre elever med hjälp av läroböcker och kursplaner klarar man troligen bra med allmänkunskaper i naturvetenskap. Studenterna gör förmodligen en riktig bedömning i att de aldrig kommer att öva eleverna i att skriva kemiska reaktionsformler. Dessutom är jag övertygad om att studenterna om de vill introducera formelskrivning har tillräckliga kunskaper för att välja ut några exempel och arbeta med

dem. Studenterna är intresserade av sitt framtida yrke och jag vet att de kan tänka ut bra övningar och lägga upp undervisningen på ett trevligt sätt.

En lärares uppgifter är inte bara att organisera undervisning utan också att utveckla undervisning och hjälpa eleverna i deras sociala utveckling. Social utveckling diskuterar jag inte här. Undervisning handlar i första hand om att eleverna ska uppnå målen i kursplanerna för år 5. Man ska för yngre barn också lägga den bas som gör att de också kan uppnå målen för år 9. Då måste läraren själv ha kunskaper om allt det som finns med i dessa mål. Och att ha kunskaper handlar om att ha förståelse för vad de viktigaste teorierna och begreppen innebär, hur barns vardagsföreställningar ser ut och hur de skiljer sig från de naturvetenskapliga förklaringarna. Studenterna behöver utveckla sådana kunskaper att de själva förstår omvärlden på ett bättre sätt. Annars blir det svårt att ta ställning till olika sätt att undervisa och göra val av uppgifter etc. Min bild av hur yngre elever ska undervisas i naturvetenskap är inte att de ska lära sig förklara eller få förklaringar till allt de ser. Det är viktigare att de lär sig observera och beskriva fenomen runt omkring sig. De övningar och uppgifter läraren konstruerar för eleverna ska medvetet väljas så att eleverna skaffar sig förtrogenhetskunskap om fenomen som gör att de är väl förberedda för de mer abstrakta förklaringarna av naturvetenskapliga begrepp när det är dags.

Jag vidhåller, som jag skrivit i kapitel 2 utifrån Jönsson (1996), Axelsson (1997) och Wickenberg (1999), att begrepp som materia och energi är grundläggande för förståelsen av miljöfrågorna. Eleverna och därmed de blivande lärarna ska förstå att materia består av partiklar, att också gaser är materia och att materia bevaras. De ska inse att energi finns i olika energiformer. Energi kan omvandlas och värme är den energiform som har lägst kvalitet. Då kan kemiska reaktionsformler vara hjälpmedel för studenterna att utveckla sin egen förståelse för materians bevarande istället för något man lär sig för att sedan lära ut. Förståelse av de här undersökta begreppen finns med i målen för år 9 i kursplaner 2000 (Skolverket, 2000b) som framgår av sammanställningen i tabell 1.

Naturvetenskapliga kunskaper kan vara berikande på så sätt att de hjälper en att förstå sin omvärld. Då handlar det inte om att förklara

varför himlen är blå eller varför man svimmar utan om att skaffa sig en grundläggande förståelse till vilken man kan lägga mer detaljerade kunskaper om och när det behövs så som Millar (1996) uttrycker det. När man kommer i nya, okända situationer ska man kunna tillämpa sina kunskaper och foga in nya kunskaper i en tankemodell. Det är inte säkert att studenterna genomgående har lärt sig detta i utbildningen.

15.2 Metoddiskussion

Longitudinell studie

En viktig fråga är om det varit nödvändigt att göra en longitudinell studie för att få svar på forskningsfrågorna. I det här fallet har den longitudinella studien hjälpt mig att fördjupa min förståelse för studenternas kunskapsutveckling. Att prata med samma studenter flera gånger gjorde att jag inte släppte dem utan de fanns i mina tankar under lång tid. Det behövdes också en longitudinell studie för att förstå att studenternas begreppsutveckling framför allt skedde i termin 1. Genom den longitudinella studien har jag fått veta mer studenters olika vägar till förståelse.

Att göra en longitudinell studie innebär att man kan göra förändringar under studiens gång. Genom att läsa litteratur och intervjuer, tänka och diskutera får man nya infallsvinklar och förändrar sitt sätt att se på saker. Det gör undersökningen mer komplicerad men det ger också en möjlighet att fördjupa vissa delar. Under arbetets gång har jag funderat mycket på hur jag ska kunna skriva resultaten om studenternas lärande med bibehållen respekt för dem. Min uppfattning har genom studien varit att de studenter jag träffat är tänkande och kapabla men har vissa brister i sin naturvetenskapliga begreppsförståelse. Jag insåg tidigt att jag och studenterna inte ser på naturvetenskap på riktigt samma sätt. Och det gjorde att jag tillfogade frågor i enkät 3 för att bekräfta denna uppfattning. Jag hade inte kommit in på teorierna om intentionell analys med inlärningsprojekt och tolkning i olika kontext om jag inte intervjuat studenterna flera gånger och upptäckt att de ofta i samtalen kom tillbaka till skolan och vad de ska göra med barnen samtidigt som de uttryckte att vissa kunskaper inte kändes så väsentliga för deras framtida yrke. Det var först när jag under analysarbetet satte mig in i teorierna för intentionell analys (Halldén, 1982; Wistedt, 1998; Halldén

et.al., 2001, m.fl.) som jag såg mönster. Hade jag varit medveten om detta från början hade jag ställt fler frågor om vilka föreställningar studenterna har om läraryrket.

Enkätundersökning

Jag har visat att analysen av enkäterna inte ger en tillräckligt sann bild av hur studenterna förstår de testade begreppen och hur komplext de resonerar kring ett problem. Men att endast tre studenter kan skriva reaktionsformler för förbränning säger något som jag kanske inte uppmärksammat om jag endast intervjuat studenterna. Andra saker som blev tydliga i enkäterna är hur olika studenterna svarar på frågorna om respiration, nedbrytning och förbränning i enkät 3. Genom alla enkäterna är det också tydligt hur svårt det är att använda begreppen materia och energi. I enkäterna kommer alltså vissa generella problem fram.

Det finns problem med enkäter. Alla enkäterna innehåller många frågor. Studenterna har i allmänhet bråttom till nästa aktivitet och en del av dem besvarar enkäterna hastigt. Det kan uppkomma trötthet mot slutet. I sista enkäten var det 42 av 47 studenter som ritade begreppskartan över bilen och miljön. Jag fick ändå intrycket att många studenter tog uppgiften med enkäterna på allvar.

Jag valde att testa begreppen fotosyntes, respiration, nedbrytning och förbränning. Och i testen av dessa begrepp kom jag in på materia- och energibegreppen. Jag utgick ifrån frågor som använts i andra undersökningar. Ändå var det svårt att kategorisera svaren. Det som ställde till det var att studenterna använde materia och energibegreppen på ett icke-stringent sätt. Om det beror på att de tror att materia kan övergå i energi eller om de inte inser betydelsen av stringens är svårt att uttala sig om utifrån enkätsvaren. En del klarades upp i intervjuerna men så här i efterhand ångrar jag att jag inte i enkäterna istället utgick från begreppen materia och energi och formulerade olika frågor kring termodynamikens båda lagar. Att förstå begreppen fotosyntes, respiration, nedbrytning och förbränning inkluderar förståelse av materia- och energibegreppen.

För att frågorna skulle kännas intressanta och relevanta för studenterna formulerade jag frågor om verkliga händelser. Speciellt i enkät 3 finns en vardagsanknytning i frågorna. Det kan eventuellt indikera för

studenterna att de ska svara i en vardagskontext. Frågorna om fotosyntes, respiration och nedbrytning kan uppfattas som biologifrågor medan frågan om förbränning är en kemifråga. Studenterna tolkar i så fall frågan om förbränning som att de ska svara med kemiska ämnen, vilket kan förklara att svaren till den frågan är mer naturvetenskapligt korrekta. Några studenter har svarat att björnhonan föder ungar i idet och därmed förlorar vikt. Det kan inte förklara hela viktminskningen och björnhonan är liten och ung och föder förmodligen ännu inte ungar, men det borde klargjorts i frågan.

Det är kanske t.o.m. så att jag formulerat frågorna i en lärarutbildningskontext. Jag är del av en praktik med socialt konstruerade föreställningar såsom Brown et al. (1989) beskriver. Då tolkar man som lärarutbildare uppgifter av det slag som finns i enkäterna i en särskild teoretisk kontext. Alla människor vet att det bildas jord i en kompost. Det är därför man har den och visst finns det vatten som avdunstar. Jag är inte övertygad om att personer med naturvetenskaplig utbildning inom andra fält genomgående skulle besvara frågan om kompost på ett sätt som jag förväntar mig här. Ska man svara att det bildas koldioxid och vatten så måste man varit utsatt för en situation där man inser att det finns en anledning att svara så. Och att vissa studenter ändå gör det kan lika väl bero på att de är s.k. cue-seekers (Molander 1997) som att de förstått nedbrytningsprocesserna.

Flervalsfrågorna om växthuseffekt och ozonlager är formulerade så att det verkar som man snabbt kan kryssa i korrekta svar. Men påståendena är rätt kluriga och man behöver tänka i flera led för att besvara dem riktigt. Jag tror att det finns en risk att en del studenter rätt snabbt kryssat i rutorna. Då kanske frågorna inte testar komplext tänkande utan mer minneskunskaper.

Intervjustudie

I intervjuerna har studenterna fritt talat om hur de upplever sin utbildning. De har gett mig en bild av utbildningen ur studentperspektiv. Också diskussionerna om krematoriet och det som händer där har gett en fylligare bild av hur studenterna använder och förstår naturvetenskapliga begrepp och hur komplext de resonerar. Trovärdigheten beror dels på om studenterna är ärliga i sin svar, dels på hur jag tolkar deras svar. Jag menar att studenternas svar är trovärdiga. Intervjuerna är

avspända, jag lyssnar på studenterna och de ger inget intryck av att vara pressade. Några studenter säger i intervjuerna att de säger som det är, eller kommenterar på annat sätt, att de ger ärliga svar. Att jag är lärare i lärarutbildningen kan innebära att studenterna svarar på ett sätt som de inte skulle gjort i ett annat sammanhang. Rimligtvis borde det påverka dem till att anstränga sig att svara i en naturvetenskaplig kontext. Möjligtvis kan det faktum att intervjuerna genomförs i olika lokaler påverka studenterna. Ibland ger jag ledande frågor och det är tydligt att det är mycket svårt också för mig att strikt hålla mig till en naturvetenskaplig kontext. Det finns flera exempel på att jag inte är stringent och det kan eventuellt vara förvirrande för studenterna.

Tidningsartikeln om krematoriet är engagerande. Flera studenter nämner att de diskuterat den i olika sammanhang. Det tydligt att dessa diskussioner varken förändrat studenternas ställningstagande eller deras argumentation. Som jag skrivit tidigare tycker jag att artikeln är bra eftersom det finns ett tydligt naturvetenskapligt innehåll som kan ha betydelse för ställningstagandet. Uppgiften är samtidigt känslomässigt laddad, vilket eventuellt är mindre bra eftersom det kanske är orimligt att tänka sig att studenterna reagerar på annat sätt än känslomässigt. En mer neutral fråga hade möjligtvis initierat mer naturvetenskapliga argument. Å andra sidan involverar de flesta aktuella intressekonflikter med naturvetenskapligt innehåll känslor. Frågor om t.ex. kärnkraft och genteknik engagerar människor starkt känslomässigt. Ska man utveckla förmåga att ta ställning, förhandla och komma överens i sådana frågor måste man träna på kontroversiella frågor som också är känslomässiga. Som jag skrivit tidigare finns det ingen oenighet om själva det naturvetenskapliga innehållet i artikeln. I andra undersökningar om hur vuxna och ungdomar talar om kontroversiella frågor kan det ofta vara så att det finns delade meningar om själva faktaunderlaget. Kolstø (2001) diskuterar t.ex. hur elever argumenterar om och bedömer information om en fråga om högspänningsledning och sambandet med leukemi. Där finns ingen enighet om det naturvetenskapliga kunskapsunderlaget. Det finns undersökningar om hur elever och studenter bedömer slutsatser och bevisföring i medias rapportering om naturvetenskaplig forskning och om modern naturvetenskap överhuvudtaget, vilka källor som trovärdiga etc. (Philips & Norris, 1999; Ratcliffe, 1999). Jag undersöker om studenterna använder naturvetenskap för att belysa och diskutera en fråga som är kontroversiell men där

naturvetenskap kan bidra till förståelsen. Det är då en fördel att själva naturvetenskapen är oomtvistad. Kolstø (2001) menar att det är viktigt att skaffa sig kunskap om hur elever i skolan hanterar samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll som presenteras och diskuteras i media. Krematoriet är exempel på en sådan fråga och är därför bra och tjänar sitt syfte.

15.3 Kvalitetskriterier

I det här avsnittet utgår jag från några av Larssons (1994) kvalitetskriterier för att diskutera avhandlingens tillförlitlighet. De kriterier jag tar upp är diskurskriteriet, heuristiskt värde och empirisk förankring.

Diskurskriteriet och heuristiskt värde

I kapitel 7 har jag skrivit att kolleger fått ta del av resultaten. Några lärarutbildare har uttryckt att resultaten har gett dem nya tankar om den egna verksamheten. Analysen av resultaten kan bidra till ett nytt sätt att se på lärarutbildning och påverka hur man planerar undervisning framöver vilket ger avhandlingen ett heuristiskt värde. De som tagit del av dem har uttryckt att det är en rimlig bild jag beskriver. De känner igen situationerna och tycker att tolkningar och argument är rimliga varför studien uppfyller diskurskriteriet. Generaliserbarheten ligger i så fall i att läsare finner att resultatet är igenkännligt och förklaringarna plausibla. Man kan då anta att de beskrivna svårigheterna också finns i andra grupper men kanske i annan omfattning. Den mest användbara delen tror jag är den intentionella analysen. Det är troligtvis inte bara blivande Ma/NO-lärare för de tidiga skolåren som omedvetet tolkar utbildningens krav och formulerar personliga inlärningsprojekt. Andra studerandegrupper kan ha andra inlärningsprojekt.

Empirisk förankring

Studenternas begreppsförståelse har testats på flera sätt. De har besvarat enkäter och de har i intervjuerna diskuterat begreppen utifrån flera olika utgångspunkter. Det finns god överensstämmelse mellan hur studenterna använder begreppen när de diskuterar ett slutet ekosystem, när de fritt talar om tidningsartikeln och när de besvarar explicita frågor om förbränning och begravning. Det finns, som jag tidigare beskrivit, viss diskrepans mellan enkäter och intervjuer.

Jag gör inte anspråk på att fullt ut testat hur komplext studenterna kan resonera. Det är en omöjlig uppgift, utan det jag har gjort är att undersöka några aspekter av frågan. Instrumenten känns trubbiga och förenklade. Att på något sätt mäta komplexitet kräver att också själva testuppgifterna är komplexa. Växthuseffekten är en komplex fråga också om man begränsar sig till de naturvetenskapliga aspekterna. Att kunna svara på en fråga där man förklarar begreppet växthuseffekt kräver kanske en komplex förståelse men är det säkert?

Jag har i kapitel 8 med empiri visat hur jag utifrån enkäter och intervjuer kunnat tolka studenternas inlärningsprojekt. Det finns konsistens i materialet på så sätt att det går att följa enskilda studenter i materialet.

15.4 Teoretisk diskussion

Utvecklingen av begreppsforskningen och var den här avhandlingen hör hemma

En anledning till att det är svårt är att mäta och beskriva begreppsförståelse är att dess komplexitet. Det går inte att titta in i en persons hjärna och se vilka kunskaper som finns. Man måste använda indirekta metoder d.v.s. tolka det en person skriver och säger i enkäter och intervjuer. I kapitel 4 har jag skrivit om hur forskningen om begreppsförståelse har utvecklats genom åren. Under 70- och 80-talen arbetade man framför allt med att kartlägga elevers föreställningar om en mängd naturvetenskapliga begrepp framför allt inom fysik och kemi. Man upptäckte att många elever i olika länder svarar likartat på frågor om bl.a. elektriska kretsar, krafter, fasövergångar och kemiska reaktioner och kunde kartlägga ett antal s.k. *misconceptions* (Wandersee et al., 1993; Driver et al., 1994). Efter hand har denna nomotetiska ansats ersatts av en mer ideografisk (Wandersee et al., 1993) där man intresserar sig för elevers alternativa förklaringsmodeller och inte så mycket diskuterar dem i termer av rätt eller fel. Under senare år har en socialkonstruktivistisk syn på lärande vuxit fram där kommunikationens betydelse understrukits (Solomon, 1993; Leach & Scott, 1999; Andersson, 2000). Samtidigt har de sociokulturella lärandeteorierna när

det gäller naturvetenskap utvecklats under 90-talet (Östman, 1995; Cobern, 1998b; Schoultz, 2000; Wickman & Östman, 2002).

Gunstone & White (2000) beskriver forskningsutvecklingen inom naturvetenskaplig ämnesdidaktik som att den gått genom fem stadier; studier av individens lärande utan hänsyn till interaktion med andra, upprepning där resultaten från tidigare studier bekräftades i land efter land och i skolsystem efter skolsystem, försök att hitta effektiva undervisningsmetoder, försök att förstå hur vardagsföreställningar uppkommer och till sist det stadium vi nu är inne i nämligen longitudinella studier. Empiriska longitudinella studier kan tillföra kunskaper om vilka faktorer som påverkar förståelse för naturvetenskapliga begrepp och principer. De ger information om beständighet eller bristande sådan i den lärandes uppfattningar (ibid). Min avhandling är ett försök att genom en longitudinell studie öka förståelsen för hur begrepps-förståelse utvecklas.

Avhandlingen bygger på en socialkonstruktivistisk syn på lärandet. Jag tolkar studenternas begrepps-förståelse och visar att studenterna uttrycker sina kunskaper olika beroende på den kontext de tolkar uppgifterna i. Samtalen i intervjuerna kan ha betydelse på så sätt att de kan klargöra och föra förståelsen framåt. Jag har förklarat studenternas lärande med de inlärningsprojekt de konstruerar. Det är sedan tidigare visat att de som lär dels tolkar uppgifter de får i olika kontext, dels att tolkning av inlärningsprojekten hos de som lär kan förklara denna tolkning i olika kontext (Halldén, 1982; Caravita & Halldén, 1994; Wistedt, 1998; Lundholm, 1998, 2001a, 2001b). Det jag tillför i den här avhandlingen är en koppling mellan de upplevda externa faktorerna och vad de betyder för vad man faktiskt lär sig. Jag har tolkat studenternas inlärningsprojekt och satt dem i relation till de kunskaper de utvecklar. I tidigare nämnda studier har det visats att de som lär tolkar uppgifter de får i olika kontext, men man har inte undersökt vad det innebär för den faktiska kunskapsutvecklingen.

I kapitel 4 har jag också beskrivit hur teorierna för *conceptual change* har utvecklats från att vara en rationell modell för hur elevers begrepps-förståelse kan förändras till en mer komplex beskrivning av betydelsen av *conceptual ecology* (Caravita & Halldén, 1994; Demastes et al., 1995, 1996; Hewson, 1981; Posner et al., 1982; Strike & Posner, 1992).

Det finns i min studie flera beröringspunkter med den forskning Demastes et al. (1995, 1996) redovisar om elevers begreppsutveckling i evolution. I fallbeskrivningar visas, dels olika sätt *conceptual change* kan ske på, dels hur elevens personliga livsvärld kan ha betydelse för om man accepterar de nya begreppen. Det som är särskilt intressant är hur eleverna kan ta till sig och förstå begrepp inom evolutionen men att de ändå inte kan acceptera evolutionsteorin eftersom den kolliderar med t.ex. deras religiösa övertygelse. I min undersökning är Malin och Lisa exempel på studenter som förstår de naturvetenskapliga resonemangen och accepterar dem för vissa situationer men inte i fallet med krematoriet där de naturvetenskapliga kunskaper kolliderar med deras värderingar. Demastes et al. (1995, 1996) redogör också för elever som accepterar evolutionsteorin innan de har de naturvetenskapliga kunskaperna. Det kan jämföras med Linda som redan i termin ett tycker att återvinning av värme är acceptabelt och detta innan hennes naturvetenskapliga begreppsförståelse utvecklats. Det finns dessutom exempel på elever som styrs av auktoritetstro och av ett behov att klara skolan. I min studie har jag inte utgått från teorierna om *conceptual change*. I materialet har jag dock redovisat några exempel på vad som kan hända i en *conceptual conflict*.

Den här avhandlingen har vissa beröringspunkter med en avhandling som utgår från ett sociokulturellt perspektiv nämligen Schoultz's *Att samtala om/i naturvetenskap* (2000). På samma sätt, som eleverna i Schoultz studier svarar bättre i intervjuer än i enkäter, svarar studenterna i min undersökning något bättre i intervjuerna även om det inte genomgående är så. Gemensamt är också, som Schoultz skriver, att eleverna visar en påtaglig osäkerhet inför den naturvetenskapliga diskursen, vilket märks genom att eleverna använder få naturvetenskapliga termer när de ger förklaringar till de problem de ställs inför. Också i samtalet har eleverna svårt att finna den tänkta diskursen eftersom det krävs en förtrogenhet som de flesta eleverna saknar. Det räcker inte att känna till enskilda termer utan man måste förstå hur de relaterar till varandra och till andra begrepp inom den speciella diskursen. Eleverna behärskar inte den naturvetenskapliga diskursen och verkar ovana att föra naturvetenskapliga samtal. De i den här studien intervjuade studenterna visar likheter i detta avseende med eleverna i Schoultz studie.

Också jag menar att studenterna måste diskutera olika kontext och diskurser vilket diskuteras längre fram. Och jag menar att det pedagogiska samtalet är väsentligt för studenternas utveckling. Skiljelinjen ligger i Schoultz slutsats att elevernas svårigheter helt och hållet beror på att de inte förstår frågan. Därför svarar de sämre i enkäter än i intervjuer. I intervjuerna har de också svårigheter men i samtalet kan de foga ihop och utveckla sina begreppsfragment. Det som undersöks är, enligt min mening, snarare hur eleverna i samtalet kan bearbeta sin begreppsförståelse och få hjälp att foga ihop fragmenten. De blir alltså undervisade i intervjuerna, och Schoultz drar också slutsatsen att det pedagogiska samtalet är väsentligt för lärande. Så egentligen görs inte en jämförelse mellan betydelsen av enkät och intervju som instrument, utan snarare vad ett pedagogiskt samtal kan bidra med för elevernas förståelse. Schoultz menar att det är viktigt för eleverna att komma in på arenan d.v.s. förstå vilken diskurs som gäller. Jag skulle vilja påstå att det också är viktigt att ha något att säga när man blir insläppt på arenan. Det är möjligt att de blivande lärarna inte vet vilken kontext de ska tolka uppgifterna i och att det delvis beror på de inte är medvetna om att man kan tolka uppgifter i olika kontexter och att man använder olika diskurser i olika sammanhang. Men det verkar också vara så att de omedvetet väljer bort att lära sig sådant som inte passar in i deras inlärningsprojekt.

Jag kan inte föreställa mig att kunskap finns i diskurser och artefakter. Om ens kunskaper är otillräckliga hjälper det inte att veta vilken diskurs som är lämplig. Problemet ligger inte bara i att förstå vilken diskurs som gäller. För att kunna diskutera ett naturvetenskapligt problem och använda sina kunskaper krävs att man tolkar problemet i en teoretisk naturvetenskaplig kontext, att man förstår att det förväntas att man använder en naturvetenskaplig diskurs, att man kan använda diskursen och till sist inte minst att man har sådana kunskaper att man förstår innebörden i de termer man använder. Graden av förståelse gör att man kan utveckla samtal med olika djup. Att man svarar i en vardagskontext när den som ställer frågan förväntar sig en teoretisk kontext kan, men behöver inte nödvändigtvis, bero på att man inte behärskar den teoretiska diskursen. Man kan tolka situationen som en vardagssituation fast man behärskar den teoretiska diskursen om man misstolkar situationen eller felbedömer sin samtalspartner. Det kan

också vara så att man tolkar i en teoretisk kontext men att kunskaperna inte räcker.

En ämnesdidaktisk avhandling

I avsnitt 1.2 beskriver jag de frågor man arbetar med inom ämnesdidaktiken. Genom att analysera internationella och nationella styrdokument och genom att gå genom forskning i miljödidaktik har jag beskrivit vilka kunskaper som är viktiga för en NO-lärare som ska undervisa i miljökunskap. Det är ämnesdidaktikens vad- och varförfrågor. Hurfrågan handlar om hur studenter själva ser på sitt lärande och hur de och lärarna beskriver undervisningen. Jag har också beskrivit vad och varför studenterna lär sig det de gör. Därmed menar jag att ämnesdidaktikens huvudfrågor är belysta i denna studie som behandlar lärarstudenters naturvetenskapliga kunskapsutveckling inom miljöområdet. Jag är övertygad om att en diskussion kring inlärningsprojekt och diskrepans mellan olika sådana kan leda till en ökad förståelse för studenters lärande. Det denna avhandling tillför det ämnesdidaktiska kunskapsområdet är följande:

- Studien avser lärarstudenter. Det finns få studier där man undersöker vad lärarstudenter lär sig i ämneskurserna (Anderson & Mitchener, 1995; Cochran & Jones, 1998).
- Studien är longitudinell och belyser lärande över tid. Det finns ett ringa antal sådana studier som behandlar lärarstudenter (Gunstone & White, 1998; Rickinson, 2001).
- Studien visar tydligt att begreppsförståelse är komplext vilket är en mindre belyst dimension av begreppsförståelse i science education.
- I studien kopplas studenternas lärande till inlärningsprojekten vilket inte gjorts så tydligt i tidigare studier. Den visar att studenternas föreställningar om det framtida yrket påverkar hur de tar till sig innehållet i ämneskurserna.

15.4 Implikationer för utbildning

Jag för här fram några idéer som har betydelse för hur man organiserar utbildning. Mina idéer och förslag får ses som underlag för diskussion. Det finns säkert andra tolkningar som kan göras av andra personer. Det

finns många andra svårigheter och konflikter när man organiserar undervisning, som jag inte går in på här.

Diskutera olika inlärningsprojekt med studenter och med kolleger

Wistedt (1998) skriver att det är viktigt att diskutera olika inlärningsprojekt med studenterna. Då kan de verbalisera sina föreställningar om utbildningen och det framtida yrket. Vad är det en lärare ska klara av att genomföra med de yngre eleverna? Vilka av lärarens uppgifter hinner de se i den verksamhetsförlagda utbildningen? I alla fall under de första terminerna i utbildningen är det troligt att studenterna ser de mest uppenbara läraruppgifterna. Man ska få lugn och ro i klassrummet. Eleverna ska arbeta och lektionerna ska ha ett innehåll som både är relevant och som fångar eleverna. Det mer långsiktiga arbetet om hur man utvecklar elevernas kunskaper över flera år, eller hur man utvecklar undervisning kan vara svårt att se om man inte diskuterar detta. Det finns risk att det inte blir tid för detta i de korta skolbesöken. Följden blir att studenternas föreställningar om vad de behöver kunna för att arbeta som NO-lärare inte utvecklas fullt ut med påföljd att de tolkar innehållet i lärarutbildningens ämneskurser utifrån ett för smalt perspektiv.

Man behöver också diskutera tolkning i olika kontext med studenterna. Det framgår av intervjuerna att studenterna ofta tolkar uppgifterna i vardagskontext eller skolkontext och att det inte behöver betyda att de inte skulle kunnat besvara frågan i en naturvetenskaplig kontext. Det är som David säger att egentligen vet man att det bildas koldioxid vid nedbrytning i en kompost, men man tänker mest på koldioxid i samband med något som andas ut. Genom att besvara frågor av den typ som finns i nationella utvärderingar och andra forskningsrapporter och diskutera varför man svarar som man gör och vilka alternativ som finns kan studenterna både utveckla förståelse för begreppen och medvetenhet om kontextens betydelse. I det sammanhanget är det viktigt att studenterna medvetandegörs om olika språkbruk d.v.s. diskurser. De behöver hjälp att definiera olika arenor och få hjälp att ta sig in på dem.

Wistedt (1998) skriver att det också är viktigt att lärare diskuterar vilka inlärningsprojekt de har för studenterna med varandra. Det är inte säkert att man själv fullt ut är medveten om vad man vill att studenterna

ska lära sig och varför. Och det är troligt att olika lärargrupper har olika inlärningsprojekt.

Dra ner på stoffmängden

Om studenterna ska få ordentligt med tid att bearbeta sina kunskaper måste något göras åt stofffrängseln. *Do less but do it better* som Millar (1996) uttrycker det. Man kan fundera utifrån kursplanerna (Skolverket, 2000b) och det som skrivs av Millar (1996), AAAS (1989), Millar & Osborne (1998) m.fl. vad en naturvetenskaplig undervisning för alla ska gå ut på. Jag tycker, att Millar (1996) för en intressant diskussion om det naturvetenskapliga innehållet i skolan. Han sammanfattar på ett bra sätt mycket av den diskussion om *scientific literacy* som förts varför jag här kommer att använda hans resonemang som underlag för en diskussion om lärarutbildningen. Millar (1996) tycker, att atom- och molekylmodellen av materia där kemiska reaktioner förklaras som att partiklar organiseras om i nya konstellationer är en av de grundläggande modeller alla ska ha med sig. Han anger några andra naturvetenskapliga modeller som det finns skäl att ta upp. En modell räcker inte för att förstå vardagsfenomen och förser oss inte i sig själva med den information vi behöver, men utan en basal förståelse som en modell ger så är det svårt att förstå hur en någon rationell förståelse kan utvecklas. Exempel på applikationer av materiamodellen är att biologiska processer är kemiska reaktioner exempelvis att matsmältningen resulterar i byggnadsstenar för nya vävnader och att växter bygger upp växtmassa genom kemiska reaktioner som tar råvarorna från omgivningen (ibid).

Själv vill jag föreslå att några grundläggande begrepp ska dominera den naturvetenskapliga undervisningen – liv, materia, energi, rum och tid. Det finns underbegrepp och begreppen kan förstås på olika sätt och på olika nivåer. Millar (1996) för också fram några andra aspekter på skolans naturvetenskapliga innehåll. Han menar att elever måste förstå de metoder man använder inom naturvetenskap och att naturvetenskap är en social aktivitet. Jag går inte närmare in på det här men jag tycker att hans förslag, om att elever ska arbeta med fallstudier som behandlar t.ex. idéhistoria, aktuellt naturvetenskapligt arbete, dispyter om tillämpningen av naturvetenskap och större praktiska undersökningar med fokus på att samla in bevis för att understödja en slutsats, är bra. Sådana fallstudier ger eleverna möjlighet att uttrycka egna åsikter och

argumentera för dem. Eleverna får växla mellan att bearbeta nyckelbegrepp och arbeta så att de får använda begreppen och på så sätt förstärka dem (ibid).

Lärarstudenter är de som i framtiden ska leda ett sådant arbete. Det kräver att de blir medvetna om grundläggande modeller, lär sig tillämpa dem, lär sig naturvetenskapens sätt att arbeta samt att de själv genomför fallstudier där de identifierar och bearbetar de naturvetenskapliga begreppen. Studenterna måste bearbeta sin förståelse. Mycket av kurserna är repetition av gymnasieskolans kurser. Studenter känner igen innehållet men kan det inte. Lärde de sig den här gången? Finns det garantier för det som motiverar att man läser om innehållet igen? Eller skulle man kunna utgå från några grundläggande och bärande naturvetenskapliga idéer och arbeta med dem mer grundläggande?

Ta studenterna på allvar

Studenterna uttrycker starkt, precis som i Jönssons (1998) och Wernerssons (1990) undersökningar, att de vill att studierna förbereder dem för det kommande läraryrket. De tycker att utbildningen är skolan-knuten i för liten grad. De tycker att de har tillräckligt med ämneskunskaper men saknar didaktik och metodik. Genom att diskutera studenternas inlärningsprojekt och de föreställningar de har om lärararbetet tror jag att studenterna kan bli medvetna om att naturorienterande undervisning kräver lärare med djupare naturvetenskaplig förståelse. De är dags att ta studenterna på allvar. De vill se att det de lär sig hör ihop med deras framtida yrke.

Det finns ett stort forskningsområde, som jag inte närmare går in på, som handlar om lärarkunskap (Grossman, Wilson, & Shulman, 1989; Shulman, 1986; Shulman, 1987). Lärarkunskap inkluderar kunskaper i ämnet, i pedagogik, om läroplaner och om lärande. Det finns flera aspekter på ämneskunskaper som påverkar både hur blivande lärare lär och hur de undervisar. Dels måste lärarna veta något om vad de ska undervisa om t.ex. ekologi, men de behöver också förstå vad som är väsentligt innehåll och vilka förklaringsmodeller som är giltiga. Ett ämne består inte bara av begrepp och strukturer utan inkluderar kunskap om hur ny kunskap läggs till ämnesfältet. Lärarna behöver förstå hur t.ex. undersökningar och frågor bidrar till kunskapsutvecklingen i naturvetenskap. De måste veta varför man gör experiment och

vad dessa kan tillföra. Ofta kommer sådana moment inte in förrän i mer avancerade universitetsstudier av ett ämne. På grundnivå handlar det oftast om att lära sig innehållet. Många lärarstudenter är inriktade mot de lägre skolåren och kommer aldrig in på avancerade ämnesstudier. Det kan bli svårt för dem att bedöma vad nya teorier betyder. Ett ämne ändras och utvecklas över tid och lärare behöver kunna värdera betydelsen av nya teorier och förklaringar baserat på bevis (Grossman et al., 1989). En undersökning av Schibeci & Hickey (2000) visar att lärare med fördel utvecklar kunskaper i ämnet parallellt med kunskaper om ämnens natur och om lärande och undervisning i ämnena.

Därför kan ämnesinnehållet bearbetas parallellt med ämnesdidaktiken. Det finns mycket ämnesdidaktisk forskning om de grundläggande begrepp som jag argumenterat för. En del har jag refererat till i kapitel 5. Genom att koppla innehåll på studenternas nivå med kunskaper om barns lärande så kan studenterna både se relevansen och utveckla sina egna kunskaper. Genom att relatera till olika uppfattningar i gruppen och till barns vardagstänkande kan man utvidga diskussionen till på vilket sätt olika problemställningar, övningar, experiment etc. hjälper eleverna i deras utveckling. Hur kan man t.ex. förstå betydelsen av att tidigt grundlägga en förståelse för partikelbegreppet och materians bevarande? En av de intervjuade lärarna säger att man utvecklar sina ämneskunskaper genom att läsa ämnesdidaktik. Jag kan inte annat än hålla med.

Man måste också tydliggöra för studenterna på vilket sätt man integrerar ämnesdidaktik och ämnesstudier. Annars blir det så som Kvalbein (1998) beskriver och som framgår av den här studien att många studenter inte ser att det finns ämnesdidaktik med i kurserna. Val av metod och innehåll är en ämnesdidaktisk fråga när man knyter valen till en teoretisk diskussion. När man endast ger förslag på experiment och övningar och hur man praktiskt genomför dessa arbetar man med metodik (Sjøberg, 2000). Det verkar ibland som om studenterna önskar tips. Det är klart att studenterna inte oreflekterat ska ta över färdiga undervisningsförslag. Men jag tror inte att studenterna ser det så heller. Flera studenter berättar om hur de i en kurs i matematik samtidigt bearbetar sin egen förståelse och barns förståelse. Det handlar inte om tips utan att studenterna känner att sådana kunskaper är relevanta för dem. Om ämnesdidaktiken läggs som en strimma eller ett särskilt inslag efter

den egentliga kursen finns det stor risk att studenterna inte kopplar ihop ämnesdidaktik och ämnesstudier. Det framgår tydligt i den här studien och diskuteras i kapitel 9.

Ta till vara de positiva erfarenheterna från PBL

Jag förespråkar inte att stora delar av utbildningen ska organiseras som PBL. Som jag beskrivit i kapitel 9 finns det flera aspekter i PBL-arbetet. Det positiva är att studenterna utvecklar ansvar för sitt lärande. De har ett mandat över sitt eget lärande, och de upplever att de kan utveckla sina kunskaper utifrån sina förkunskaper. De får tillfälle att diskutera sina kunskaper och prova dem i gruppen. De tycker att det är intressant och de upplever inte själva att de sysslar med reproducerande lärande även om det finns tecken på att några studenter gör så. Både studenter och handledare beskriver hur studenterna utvecklar dynamiska kvaliteter som Posch (1996) beskriver. De lär sig att ta initiativ, samarbeta, tänka självständigt, ta ansvar, definiera problem, reflektera och tänka förutseende. Vissa av dessa kvaliteter utvecklas mer i PBL-kursen än andra. Det finns en tendens att studenterna går tillbaka i en elevroll i NO2. Det har jag beskrivit i kapitel 9. Ett sätt är att låta sådana gruppdiskussioner som nu sker i ämneskurserna få större utrymme. Men de behöver följas upp och studenternas föreställningar behöver utmanas och ifrågasättas. Det måste finnas krav på att studenterna kan underbygga sina slutsatser teoretiskt.

Utveckla det pedagogiska samtalet

I intervjuerna händer det flera gånger att studenterna kommer till klarhet över begrepp eller sammanhang i samtalet med mig. Det stämmer med de erfarenheter som beskrivits av Helldén (1992) och Schoultz (2000). Schoultz (2000) skriver att det är viktigt att eleverna får samtala med en kunnig person för att få möjlighet att konkretisera och tillämpa begrepp. Andersson (2001) skriver på samma sätt att när man lär sig naturvetenskap inlemmas man i en kultur. Det sker genom att vara tillsammans med människor som samtalar, berättar, diskuterar och löser problem. I basgruppsmötena i NO1-kursen förs diskussioner om naturvetenskapliga begrepp. Men det är framför allt studenterna som samtalar med varandra. Det finns en medveten återhållsamhet hos handledarna, eftersom man inte vill ta ifrån studenterna det egna ansvaret för lärandet. Personligen tycker jag att detta är en brist i kursen. Det finns för mig ingen motsättning i att ta ansvar för sitt

lärande och att få delta i kvalificerade diskussioner där ens föreläsningar utmanas och ifrågasätts. Jag tror att det är viktigt att studenterna i lärarutbildningen regelbundet i seminarier eller grupper får möjlighet att föra sådana samtal. Det kräver en samtalsledare som kan initiera samtalsämnen som leder till intellektuella utmaningar utan att reducera samtalet till en miniföreläsning. Det behövs dessutom mer kunskap om vad som händer i samtalet och vilken effekt lärarens interaktioner har. Det skulle vara intressant att analysera utskrifterna av basgruppsmöten, som jag har gjort, på det sätt som Wickman och Östman (2001) gör. De identifierar det som står fast, likheter och olikheter och möten i samtal som studenter för med varandra under laborationer. Jag skulle vilja närmare undersöka hur samtalet i gruppen påverkas dels av handledarens interaktioner, dels av studenternas inlägg.

Minska antalet traditionella tentamina och utveckla kriterier för andra kvalitetsbedömningar

Jag har helt reviderat min syn på skriftliga tentamina i slutet av kurserna efter att ha gjort denna studie. Tidigare tyckte jag att det är klart att studenterna ska kunna skriva en tenta. Jag menade att de ska lära sig att se större samband och att det är nyttigt att någon gång ladda upp för en stor prestation. Men nu tror jag att vi måste utveckla andra examinationsformer i lärarutbildningen. Studenterna går ofta in i ett reproducerande lärande när de vet att de ska tentera. De blir oroliga och nervösa samt blockerar sig så att de fokuserar mer på att klara den förestående tentamen än att bearbeta sina kunskaper. Många väljer, när de kan, bort aktiviteter där de får tillfälle att lösa problem och bearbeta kunskaperna. Det kan inte vara rimligt att man i en lärarutbildning använder examinationsformer som gör att människor som ska arbeta med att utveckla kunskaper hos andra själva "proppar in fakta i huvudet" för att klara en tentamen.

Ett skäl för en skriftlig tentamen, där studenterna vet att också frågor på laborationerna kommer med, är att de arbetar mer. Alla lärare vill att deras elever eller studenter ska arbeta. Undersökningar (Högskoleverket, 1996) visar att studenter upplever ämneskurser som mer krävande än t.ex. PPU-kurser där man arbetar med seminarier och skriftliga inlämningsuppgifter. Kurserna känns kravlösa. Vad är då lösningen? Som jag ser det måste vi utarbeta bättre kvalitetskriterier för uppgifter där studenterna redovisar litteratur, elevundersökningar, för-

slag på undervisningsövningar, projektarbeten etc. Det får aldrig räcka med att man lämnar in något. Alla uppgifter genomförs inte lika bra. Studenter är duktiga på att förhandla ner kraven som Kvalbein (1998) beskriver. Kunskaper och medvetenhet om de strategier studenterna använder kan vara till hjälp till att hålla upp kvalitetskraven. Det är en utmaning att organisera undervisning som ger studenter stort inflytande och ansvar samtidigt som kvalitetskraven är så höga att studenterna också känner press att lägga ner mycket arbete och engagemang på uppgifterna.

15.4 Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling?

Det är tveksamt om studenterna genomgående skaffat sig en naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling enligt de kriterier jag definierat. Avhandlingens syfte är att undersöka om studenterna utvecklar naturvetenskapliga begrepp och förmåga att resonera om komplexa frågor som är relevant för miljöundervisning och inte att undersöka om de förbereds för undervisning om hållbar utveckling. Man kan ändå fundera kring på hur studenterna förbereds för att undervisa om miljöfrågor på ett sätt som är i överensstämmelse med styrdokumentet. Jag har tidigare diskuterat vad en bra miljöundervisning kan vara (kapitel 2). Där utgår jag från Tilbury (1995) som utifrån tolkningar av Tblisidokumentet och Agenda 21 har satt upp kriterier för god miljöundervisning. De aspekter jag tog fram är: relevans, värderingar, kritisk analys, handlingskompetens, komplext resonemang och kunskaper.

Studenterna har en hel del miljöundervisning i sin utbildning även om den inte riktigt når upp till det man kan förvänta sig utifrån kursintentionerna. De har haft möjlighet att arbeta med relevanta frågor där de kunnat kritiskt granska källor och bearbeta värderingar särskilt i NO1-kursen. Det har funnits goda möjligheter att i arbetet med illustrationerna utveckla naturvetenskapliga kunskaper samtidigt som frågorna ses i ett helhetsperspektiv. I kursen har studenterna utvecklat dynamiska kvaliteter som tidigare beskrivits (Posch, 1996). Också i NO2-kursen har studenterna på olika sätt kunnat bearbeta begrepp, och kunnat ställa fördjupande frågor vid flera av de studiebesök de gjort. Studenterna har arbetat mest intensivt med miljöfrågor i NO1-kursen.

De har satt sig in några viktiga globala miljöfrågor och skaffat sig kunskaper om orsaker till och konsekvenser av dessa. Genom arbetet med illustrationer har frågorna satts i ett sammanhang. Men den kritiska granskningen har inte varit så framträdande och även om komplexiteten i frågorna har kommit upp i basgruppsarbetet så har kunskapsinhämtningen koncentrerats på att hitta svar till några frågor. Några av illustrationerna kan väcka frågor som inte hör till det naturvetenskapliga ämnesområdet, men eftersom det är en NO-kurs betraktas de frågorna som icke relevanta. I NO2-kursen är miljöfrågorna integrerade i innehållet. De finns med som inslag men glöms också ofta bort. Studenterna ska ställa frågor om miljö särskilt i tekkursen. I kursen behandlas miljöfrågorna i ett samhällsperspektiv i frågor om jordbruk, energi och vatten. Av intervjuerna och studentrapporterna framgår det att miljöfrågorna lätt faller bort och att studenterna inte tycker att de fördjupar sina kunskaper. Carlgren (1999) skriver att när elever själva får välja innehåll finns det risk för trivialisering. Det gäller kanske också studenter.

Tilbury (1995) skriver att en bra miljöutbildning måste inriktas mot utbildning *om* miljön, *i* miljön och *för* miljön. Den miljöutbildning studenterna får är mycket en utbildning *om* miljön. De lär sig om några stora och viktiga miljöproblem, dess orsaker och konsekvenser. De studenter som har verksamhetsförlagd utbildning på skolor där man arbetar med miljöfrågor lär sig framför allt att arbeta *för* miljön på så sätt att det är viktigt att påverka barnen tidigt. Det finns en risk att den typen av utbildning mer handlar om beteendemodifiering än om att eleverna lär sig fatta egna beslut (Jensen & Schnack, 1997). Det finns ingenting i intervjuerna som indikerar att studenterna i sin utbildning utvecklats så att de kan bedriva en miljöutbildning för miljön i bemärkelsen att eleverna i undervisningen ska utveckla handlingskompetens och förmåga att utöva inflytande såsom beskrivs av Mogenssen (1996), Breiting (1994) m.fl.

Studenterna har inte heller genomgående en sådan begreppsförståelse att de kan använda sina naturvetenskapliga begrepp för att diskutera och förstå en miljösituation som är ny för dem. Det skulle kräva en grundläggande förståelse av t.ex. de punkter Jönsson (1996) tar upp och som jag diskuterat i kapitel 2. Studenterna har i huvudsak behandlat miljöfrågorna i ett naturvetenskapligt perspektiv. Det är tveksamt om

de flesta studenterna har en sådan komplex bild av ett miljöproblem som liknar den bild av Hydén och Wickenberg som finns på s.

Efter NO1-kursen säger några studenter att de blivit uppmärksamma på att en produkt påverkar miljön på flera sätt under sin livstid. Det tyder på en medvetenhet om materialflödet vilket också syns i bilderna om maten i enkät 2. Fler studenter fogar in transporter och att livsmedel bearbetas och distribueras i flera led. I bilderna om bilen och miljön finns det hos några studenter antydningar till att ta med naturresurser för bränsle och tillverkning av bilen, men det är i liten grad (kapitel 12). Materialflödet syns inte heller i rapporterna i teknikkursen om en teknisk arbetsplats.

Det finns en risk att de mål som står i de internationella styrdokumenterna, precis som Oulton & Scott (1995) skriver, är alldeles för optimistiska. Det är så oerhört mycket lärarstudenter ska lära sig i utbildningen och så många helt olika kompetenser de behöver utveckla. Studenterna i den här studien har inte förberetts till att ha hållbar utveckling som ett huvudområde i undervisningen som det står i Baltic 21E (2002). Om vi ska leva upp till de krav på utbildning som finns i de överenskommelser Sverige har undertecknat och följa direktiven i styrdokumenterna för skola och högskola, så måste vi tänka in miljöfrågorna i planeringen av verksamheten och inte pliktskyldigast lägga till dem i efterhand. Vi behöver också fördjupa kunskaperna i miljödidaktik. Annars får miljöfrågor inte det genomslag i skolan som idag saknas (Skolverket, 1996) och kommer även fortsättningsvis vara beroende av några eldsjäalars insatser (Wickenberg, 1999).

En miljöutbildning som bygger på intressekonflikter

Att arbeta med miljöfrågor i skolan är ett starkt uppdrag. Nationella och internationella styrdokument är entydiga. Alla elever ska ha miljöundervisning. I kapitel 2 har jag redogjort för vad styrdokumenterna säger om miljöundervisning och belyst olika aspekter på miljöundervisning. För att förstå miljöfrågorna behöver man kunskaper från flera olika ämnesområden. Naturvetenskapliga kunskaper är viktiga. Man behöver också lära sig att se komplexiteten i frågorna. Man kan vända på steken och säga att miljö är ett bra innehåll för naturvetenskapliga studier. Genom att arbeta med miljöfrågor bearbetar man grundläggande naturvetenskapliga begrepp som liv, energi och materia, sätter

in naturvetenskapen i ett samhällssammanhang och lär sig att även naturvetenskap innehåller värdefrågor. Då kan man närma sig en naturvetenskaplig undervisning som uppfyller det som står i kursplaner 2000 (Skolverket, 2000b). Sjöberg (2000) poängterar betydelsen av att koppla naturvetenskapliga kunskaper till bedömningar som har med etik, värderingar och samhällsfrågor att göra. Det är lika farligt att bygga argumentation på enbart naturvetenskap och teknik som det är att endast bygga dem på attityder, känslor och värderingar. Det bör i en utbildning också finnas tillfällen då miljöfrågorna bearbetas tvärvetenskapligt. Det räcker inte att arbeta med miljöfrågor utan man måste i en lärarutbildning också arbeta med miljödidaktik.

Studenterna behöver arbeta med autentiska fall som inte är så tillrättalagda, och där det inte finns givna svar. Alla autentiska samhällsfrågor som handlar om miljö är komplexa. Krematoriet är ett bra exempel på en sådan samhällsfråga där det blir tydligt att det krävs kunskaper från flera ämnesområden för att förstå sakfrågan. Värderingar måste beaktas. Andra exempel hittar vi dagligen i tidningen. Det är då viktigt att inte genast uttrycka en åsikt utan att studenterna istället handleds i att ta fram underlag för ett ställningstagande. Det skulle kunna vara ett sätt att utveckla handlingskompetens så som det beskrivs av t.ex. Mogensen (1995, 1999). Att blivande lärare utbildas i att hantera komplexa frågor kan vara ett sätt att undanröja den normhinderande struktur som Wickenberg (1999) beskriver nämligen miljötematikens komplexitet i kombination med oklar miljökunskapsbas.

Frågor som kan ställas är:

- Vilka kunskaper behöver man för att förstå sakfrågan?
- Vilket är det naturvetenskapliga innehållet? På vad sätt har man användning av materia- och energibegrepp när man analyserar frågan?
- Vilka är intressenterna i frågan?
- På vilka argument grundar man sina ställningstagande?
- Hur bildar man sig en uppfattning?
- Hur hanterar man känslomässiga reaktioner?
- Hur informerar man och sprider kunskap om samhällsfrågor?
- Vilka är de etiska frågorna?
- Finns det en motsättning mellan etik och naturvetenskap? Vilken?

- Vilka konsekvenser får vilka beslut? På miljön? Samhällsekonomiskt? Etiskt?
- Hur diskuterar barn och ungdomar? Vad vet de?
- Vilka aktuella frågor är lämpliga för elever i de lägre åren?
- Hur arbetar man för att utveckla handlingskompetens hos eleverna?

Studenterna behöver tränas i att kunna identifiera parterna i en intressekonflikt, ta fram underlag för sakfrågan och sätta sig in i de olika intressenternas argumentation. På detta sätt kan de komma fram till ett eget ställningstagande. Både etiska överväganden och personliga värderingar är viktiga för den ståndpunkt man intar. Det finns ett behov att fördjupa frågor kring etik och moral i frågor där naturvetenskapliga och tekniska kunskaper är framträdande. Det ger studenterna möjligheter att använda och definiera kunskaper i konkreta, verkliga situationer. Man kan diskutera om etik och naturvetenskap står i motsatsförhållande till varandra och om ett rationellt tänkande utesluter känslor.

15.5 Avslutande tankar

Många nya frågor väcks när man under lång tid arbetar med en studie. De mest omedelbara frågorna är naturligtvis. *Hur går det för studenterna när de arbetar som lärare? Hur kommer deras kunskaper att utvecklas? Vilka övervägande kommer de att göra när de väljer metod och innehåll i sin undervisning?*

Studenterna säger ofta att de lärt sig mycket. Det skulle vara intressant att utgå från det studenter berättar om sitt lärande och prova djupet i dessa kunskaperna.

Det var spännande när jag kom in på inlärningsprojekt och intentionellt lärande. Hur ser blivande senarelärare och gymnasielärare, som ofta är mer fokuserade på ämnesstudier, på sitt framtida yrke och vad betyder det för vilka inlärningsprojekt som formuleras?

1-7 utbildningen domineras av kvinnor. Intressant vore att undersöka hur en utbildning utformas som domineras av kvinnor och vad det betyder för de kulturer som växer fram i utbildningen och för vad som lärs och inte lärs. Vilka inlärningsprojekt har kvinnor och män och

skiljer sig dessa sig åt? Brickhouse (2001) skriver att utbildning handlar lika mycket om identitetsutveckling som om lärande, och då är genus självklart en viktig del av identiteten. Jag har analyserat mitt material utifrån begreppet inlärningsprojekt. Ett annat sätt vore att mer specifikt gå in på identitetsutvecklingen. Vad betyder genus, klass och etnicitet för identitetsutvecklingen och lärande i naturvetenskap i lärarutbildningen? Hur sker socialiseringen in i detta yrke och hur hänger den ihop med studenternas kunskapsutveckling?

16 Summary.

16.1 Background and aims

International documents like Tblis (SIDA, 1999) and Agenda 21 (1992) state that education is an important mean for the development of a sustainable society. *The World Commission of Environment and Development* (1987) states that teachers are important and that teacher training is crucial. In the Swedish national curriculum for science it is stated that pupils should develop the ability to use knowledge in science to support their arguments about environmental issues. There are several arguments for including science in the school curriculum. The democratic argument, which is relevant for this work, is that an understanding of science is necessary to participate in discussion, debate and decision-making about science-related issues in society. Millar (1996) questions if we really can prepare young people to hold an informed view of such topics as genetic engineering, nuclear power and all kinds of environmental issues. According to Gräsel (2000) to behave in a way which promotes sustainability requires knowledge from three areas; knowledge in ecology, knowledge in how to act and social knowledge. Millar (1996) argues that there is a need to give curriculum priority to fundamental understanding on which more detailed knowledge required in order to grasp particular issues can be built, as require. One powerful model is the atomic/molecular model of matter emphasising the understanding of chemical reactions as rearrangements of matter. The ability to apply knowledge requires a stable conceptual framework.

The aims of this study are to investigate how science teacher students in a programme oriented towards the first seven years of school develop conceptual understanding relevant for environmental education and ability to discuss complex environmental issues during their training. Another aim is to relate the students' learning to their experience of the programme. It might be hazardous to draw conclusions about causes and consequences between explicit teaching situations and learning, but by describing how the students experience

their own learning and the teaching you can discuss possible connections.

16.2 Framework

Environmental knowledge

In the study there is an analysis of international and national documents in order to describe “good environmental education”. Research articles about environmental education are referred to. Knowledge in natural science is in that way put in a context and important science concepts for environmental education is defined. These are photosynthesis, respiration, and decomposition, cycling of matter, matter and energy. The concept of complexity is analysed and discussed in the study and the ability to discuss complex issues is defined as:

To

- realise that the parts form the whole and that the sum of parts might be different from the whole
- have an overview of the environmental issues
- use knowledge from several subject areas to describe an environmental problem
- use causes and consequences in explanations
- understand feed-back mechanisms
- identify values
- identify conflicts of interest

Learning

During the last decade two perspectives on learning have been widely discussed – the individual and the sociocultural perspectives. The individual perspective goes back to Piaget and the basic idea is that the individual constructs knowledge by processes of assimilation and accommodation (von Glasersfeld, 1995). The concept of conceptual change and how teachers can create situations of cognitive conflict is often discussed (Posner et al, 1982; Hewson, 1981). Solomon (1992) objects to the idea of conceptual change. Her objection is that when discussing a problem we can use a common sense language, a scientific language or a combination of these. It is not meaningful to require that students change from one way of thinking to another. They have to

learn that the different languages are useful in different situations (ibid). Research has developed from mapping misconceptions to describing alternative frameworks (Driver & Easley, 1979). Strike & Posner (1992) described the original theory as overly rational and suggested that the learner's motivation and value of the subject material play important roles in a conceptual ecology. Demastes, Good & Peebles (1995, 1996) have drawn on this and shown that if there is a conflict between the pupils' life world and the scientific theories it is impossible for the pupils to accept e.g. theories of evolution even if they can learn them.

The sociocultural perspective on learning focuses on the process of communication (Cobern, 1998). There is a wide range of beliefs underpinning the sociocultural perspective – from a denial of the individual to descriptions of the importance of the context for conceptual learning. Several researchers argue that it is not meaningful to look upon learning from only one perspective (Leach & Scott, 1999; Sfard, 1998). It is necessary to create links between them. The theoretical framework of this study learning is seen as an individual process that is socially mediated (Andersson, 2001).

Context

It is accepted that individuals' ability to deploy conceptual knowledge depends upon the context (Brickhouse, 2001; Brown, Collins & Duguid, 1989; Caravita & Halldén, 1994). Wistedt (1994) writes that context is the pupils' cognitive construction of a situation. This means that a group of pupils can work together with the same task but act in different contexts depending on how they interpret the task. Caravita and Halldén (1994) point out the importance of being aware of what context you are in. Learning aims at developing ability to organise and separate between different contexts to increase the possibility to interpret the environment. The learner should develop consciousness of what context he/she is in.

Learning projects and intentionell analysis

Halldén (1982) describes how pupils in upper secondary school interpret and perform tasks in school. He describes how different learning projects can be identified among the pupils. The pupils are not aware of these learning projects themselves but they will decide how

the pupils interpret the task. The learner's learning project can be expressed as her/his intentions with the education or the task (Halldén & Wistedt, 1998). An intentional perspective can be described as a link between an individual and a sociocultural perspective on learning. Learning is always somebody's learning of something but it has a social side. The situation sets limits for what counts as learning and knowledge in a specific situation. In an intentionell perspective human acts are considered as intentional and rational (ibid).

Teacher students in Sweden

Jönsson (1998) interviewed 100 student teachers in Malmö in programmes oriented towards grade 1-7 and 4-9 in school. The 1-7 students generally thought that they had enough subject knowledge to be able to teach science but asked for more contents concerning methodology and education. Wernesson (1992) found in a survey with students in the same programmes in Gothenburg that the most important reasons for choosing the programme was a wish to work with children and interest in the subject. The students expressed that an important characteristic of a good teacher is ability to create good relations with the children. Subject knowledge was seen as important, but not important enough.

Previous research – conceptions

Studies with young people show that they have common sense thinking about photosynthesis, respiration and decomposition. They do not see the processes as chemical reactions. It is difficult for them to integrate aspects of ecology, physiology, biochemistry and energy. Conservation of matter is not fully understood even after teaching. Many pupils consider breathing and respiration to be the same thing. Also older pupils find it difficult to grasp the idea of transformation of energy. (Barker & Carr, 1989a; Driver, Squires, & Wood-Robinson, 1994; Leach, Driver, Scott, & Wood-Robinson, 1996; Waheed & Lucas, 1992).

There are few studies involving university students or teachers. These have mainly focused on primary school teachers who are not specialised in science (Ameh & Gunstone, 1985; Kruger, 1990; Lawrenz, 1986). Eskilsson & Holgersson (1999) showed that many teacher students in science improved their understanding of photo-

synthesis after a basic science course. However as many as a third of the students still used common sense ideas, like the plant sucks water from the soil or it takes matter from seed potato, to explain where seed potatoes get matter to build new potatoes from. Carlsson (1999) showed that among student teachers it is possible to categorise several ways of thinking about photosynthesis, recycling and energy. A main finding is that there is a crucial division between those students who think in terms of transformation and those who do not in how they can discuss phenomena like a closed ecosystem.

Previous research – ability to discuss complex issues

Boyes & Stanisstreet (1992, 1993, 1994, 1997, 1998) and Boyes & Stanisstreet & Chambers (1995) investigated childrens' and student teachers' understanding about causes and consequences of two major environmental problems – the depletion of the ozone layer and the green house effect. Dove (1996) investigated student teachers' ideas about the green house effect, the depletion of the ozone layer and about acid rain. The issues are complex and include understanding of several concepts in natural science. The researchers all found common sense thinking also among university students. There seemed to be better understanding of the ozone layer than of the greenhouse effect. All researchers found that many students have naive ideas about environmental problems. For example they seemed to think that if something is environmentally friendly it is good to everything in the environment. Many students thought that catalysts and lead-free petrol could help to decrease the greenhouse effect.

Gomez-Granell (1993) was interested in finding out how complex students understand the relationship between actions and consequences concerning energy. By asking the students to combine different actions with a number of consequences she found that many students did not have much complex thinking. They had a tendency to choose more general consequences like economy or emissions to the atmosphere instead of scientific explanations. They did not identify a chain of events. By interviewing some students it was confirmed that there was much confusion in the use of scientific and technical concepts.

16.3 Research questions

1. How do the students experience the teaching and their own learning in the science courses?
2. How do the students develop understanding of some science concepts relevant for environmental education during the first five terms be described?
3. How does the students' ability to discuss complex issues develop?
4. Is it possible that the answer of question one can shed light on question 2 and 3?

In the previous section some important science concepts for environmental education were defined. To understand a concept like photosynthesis means to be able to explain e.g. how biomass is built up in plants. It is also important that the concepts can work as tools when the students discuss environmental issues. To understand environmental issues also requires ability to put them in a larger context and to realise that they are complex. Some aspects of complex reasoning were defined in the previous section as well. It is difficult to investigate how and why learning takes place. It is not possible to draw conclusions from explicit events in a teaching situation and the students' learning. But by describing how the students experience their own learning and the teaching you can discuss possible connections.

16.4 Methods and samples

The research reported here, builds upon data from a two-and-a-half-year longitudinal study with student teachers accepted to a teacher education programme on 3.5 years oriented towards mathematics and science for primary school (age 7-13) in 1999. To be accepted to the programme natural science from upper secondary school is required. During the first term the students took an integrated science course (NO1) of 10 credits (10 credits correspond to 10 weeks full time studies) organised as PBL¹⁸. The course contents were about ecology,

¹⁸ PBL = Problem Based Learning. In PBL the students work in small groups and they get cases to solve. A very structured problem-solving model – the seven steps is used.

astronomy, meteorology and environmental science. During term four and five the students took a 20-credits course (NO2) in science organised as four separate courses on five credits each – physics, chemistry, human biology and technology. Most of the environmental contents were concentrated to the first science course, but relevant environmental issues were supposed to be included in NO2. Concepts like conservation of matter, energy and respiration were dealt with.

Design

Rickinson (2001) points out that most surveys about what knowledge people hold in environmental science are short-term studies performed with students in school. There is a need for long-term studies. Gunstone & White (2000) argue that longitudinal studies can contribute to the understanding of what factors influence development of conceptions. Studies with university students are often short-term studies in the beginning of the programme. I found it unfair to draw conclusions about the students' conceptual understanding from what they learnt in a science course in the first term. I wanted to see if the knowledge was consistent and if the students developed further in the next science course. Therefore I chose a longitudinal study. Data were mainly collected through questionnaires and interviews with students and teachers. From the questionnaires you get an overview of what the students know and understand. Through the clinical semi-structured interviews the knowledge of what patterns of learning there are and how these are related to the course contents and what is going on in the course are more deeply understood (Duit, Treagust, & Mansfield, 1996). In the questionnaires you can get an overview of what general difficulties there are in the student group. But the students can experience the questions to be out of context. This might explain if they show common sense thinking.

All students answered a questionnaire three times. A small group of students were interviewed three times. All the teachers were interviewed after the courses. Ten hours of PBL-work in one student group were observed.

A teacher facilitates the group-meetings. The method was first used in medical training in Canada and in the Netherlands.

Table 1. Overview of the data collection.

	Term 1. Before NO1	Term 2 After NO1	Term 5 After NO2
Questionnaires	n = 60	n = 49	n = 47
Interviews	20 students	14 students 4 teachers	14 students 12 teachers
Other	Observations 10 hours during the course	Minutes from meetings written by students	Lab.reports Project reports

Questionnaires

In the questionnaires the students answered questions which aimed at testing their understanding of photosynthesis and respiration in all three questionnaires and of decomposition and combustion in questionnaire 3. To test if the students include several subject-areas in an issue they were asked to draw concept maps about where the food you eat comes from and where it goes in the first two questionnaires and about cars and the environment in questionnaire 3. They also got questions about causes and consequences of the depletion of the ozone layer and the greenhouse effect. In questionnaire 2 and 3 the students were asked to explain the concept of the greenhouse effect. In the third questionnaire some questions were added to test how the students look upon scientific models.

Interviews

In the interviews the students discussed a newspaper article, which deals with the question of whether it is ethical to use surplus heat from a crematorium in the far heating system. In a city the public administration suggests that heat from a crematorium should be used for environmental and economical reasons. A bishop objects, as he does not want to sit in the heat from his dear and near ones. It is an authentic situation with aspects of natural science, social science, technology, environment, economy and ethics and the issue is emotional. In the interviews the students were asked to describe the situation. In interview 2 they also posed questions as if the article was a PBL-case and they told how they would work with such an issue in school. They were explicitly asked what happens to the bodies in a crematorium and in an earth burial. In interview 1 the students were asked about why they had chosen this teacher programme and about

their expectations of the programme. In interview 2 the students and the teachers were asked about the group-work, the cases, the individual work and the learning outcome i NO1. After NO2 the students and the teacher told about the courses, how the work was organised, the learning outcome etc. All the interviews and observations were recorded and transcribed word by word.

Analysis of data

1. How do the students experience the teaching and their own learning in the science courses?

From the interviews the group-climate in the PBL-groups was described. From how the students expressed expectations of the programme and how they experienced the relevance of the contents in the courses their learning projects were interpreted. From how teachers described the aims of the courses and the students' learning their learning projects for the students were interpreted.

2. How do the students develop understanding of some science concepts relevant for environmental education during the first five terms be described?

The answers in the questionnaires were categorised. Coding schemes were set up and the transcripts from the interviews were coded. In the interviews the students' conceptual understanding was analysed in two ways – if there was correspondence between the answers in the questionnaires and the explicit answers of what happens with the dead bodies and if/how the students' understanding was revealed when they talked freely about the situation. In the third interview a closed ecosystem and what goes on in it was discussed. The statements when discussing the article spontaneously, as a PBL-case and as a situation in school were compared.

3. How does the students' ability to discuss complex issues develop?

In the study the following aspects of ability to discuss complex issues were tested:

To use causes and consequences when discussing a complex environmental issue

In the questionnaires the students marked if they think that 12 statements about the depletion of the ozone layer and the greenhouse

effect are correct or not. In the interview transcripts situations when the students used causes and consequences were identified.

To explain a complex concept

The students' explanations of the greenhouse effect were categorised.

To show awareness of the fact that complex issues involve knowledge from several subject areas.

In questionnaire 1 and 2 the students drew concept maps to illustrate the question *Where does the food you eat come from and where does it go?*. In questionnaire 3 the students drew a concept map to illustrate the title *The car and the environment*. In the pictures a number of subject areas were identified. In the interview transcripts the number of subject areas mentioned by the students were counted.

To identify the conflict of interests in the newspaper article and to identify the underlying arguments

In the transcripts it was noted if the students mentioned the conflict of interests in the article. The students were asked to find arguments for different actors in the situation.

4. Is it possible that the answer of research question one can shed light on research questions 2 and 3?

After identifying the students' learning projects and putting together the results of their knowledge the theories of intentional learning and interpretation in several contexts were applied to explain the students' learning.

16.5 Results

How do the students experience the teaching and their own learning in the science courses?

It became apparent that most students had chosen the programme because they wanted to work with children. Few students mentioned an interest in science as a reason for becoming a science teacher. The students expressed that they acquired subject knowledge sufficient to teach in primary school and they asked for more methodology and education. They explained how they found some of the contents in the

subject courses irrelevant for their future profession. For example they did not see the purpose of writing chemical formulas. One of the questions in the third questionnaire tested if the students could write the reaction formulas to explain why oil with high sulphur contents can cause acid rain. Only three students (out of 47) could do this. When asked why in the interviews the students said that chemical formulas are something you learn by heart, it is better to understand than to learn to write formulas or that you do not need this to teach young pupils. No one seemed to consider chemical formulas as tools for your own understanding. The students often came back to the need of learning how to explain phenomena to the children. No one mentioned the importance of building conceptual understanding among the pupils.

The students' learning projects were interpreted from the interviews. All students had a learning project which aims at becoming science teachers for young pupils in school. Parallel to this two other learning projects were identified. All students wanted to pass the exams and all students wanted to understand the contents. But to some students these projects were more important than to others. One student expressed clearly that she studies mainly to pass the exams. She tried to figure out what the teachers found important and what would be tested in the exams. She made an effort to remember the right answers in the interviews while talking about the closed ecosystem or what happens in the crematorium. She was well aware of her own strategies and in the last interview she herself somewhat questioned her strategy. Three students talked several times about the importance of understanding the subjects and of acquiring models that could help them to understand new situations.

In PBL in NO1 the students were able to reconstruct what they already knew about a subject and to choose literature on a level relevant for their prior knowledge. PBL was good for students in the sense that their self-esteem increased and that they felt that the learning process is something they took responsibility for and they adopted skills, which will be useful as a teacher. According to the teachers the students learnt to pose questions, seek information, to structure it and to present it. All students appreciated the method very much. They enjoyed learning and felt that they made great progress. Several students expressed that their prior knowledge in science was poor. They told that they understood

very little from science lessons in school and that they found science difficult and boring. At the same time it was apparent the students did not work with problem solving. Instead they tried to figure out what the cases were about and to pose some questions to which they could find correct answers. Some problem-oriented questions were posed but they were not followed up. There were great opportunities to challenge each other's ideas and to develop critical thinking in the group work. But instead the students were very kind to each other and seldom questioned or criticised each other's contributions. The students knew from schoolbooks and from what they saw in school what is a relevant level for primary school teachers. The teachers tried to raise the level but the students were strong as a group and negotiated a level they found appropriate. On the other hand they learnt to listen to each other and to create a friendly atmosphere in the groups. The students found the work in consistence with their learning project. They felt that they developed skills that are relevant for the teacher profession.

In NO2 the students went back to the role as pupils. They found the contents difficult and they worked hard to pass the examination except in technology. Several of them told that they tried to cram facts into their heads. Occasions on which the students were supposed to discuss problems relevant to the course contents had a tendency never to take place. The students felt that the time was better used for preparation for the examination. The teachers did not follow up the discussions. The students asked for more contents related to school. According to the teachers the contents and the activities were chosen to prepare the students for the work as teachers. But the students had a picture of what you can do in school, which was not in accordance with what they experienced in the subject courses. Several of them did not see that the activities they performed themselves could be transformed to a level appropriate for the children in grade 1-7 in school.

In the chemistry and physics course many students more or less had a learning project aiming at passing the exams. The teachers wanted the students to develop scientific thinking. They focused on understanding rather than rote learning. They wanted the students to acquire a conceptual understanding, to work with models, to understand the role of experiments etc. It is obvious that there was a gap between the students' learning project and the learning project the teachers had for

the students. According to Wistedt (1998) there is a risk for rote learning when there is discrepancy between the students' and the teachers' learning project.

The technology course was different. It was not a pure science course but dealt with systems for food, energy and water in society. One of the aims was to change the students' view of the school subject technology from a workshop subject to a view in consistence with the national curriculum. In the course the students did several study visits and they worked with problem solving activities and project work. The curriculum was thoroughly discussed and all the activities were discussed from the students' perspective and how they could be used in school. In this course the students and the teachers expressed the same learning projects.

How can the development of students' understanding of some science concepts relevant for environmental education during the first five terms be described?

According to the questionnaires a majority of the students did not grasp either the idea of photosynthesis or of respiration or decomposition completely and did not express that photosynthesis and respiration are chemical reactions that take place in the cells. Most students explained combustion in a scientific context though. If the answers to respiration, decomposition and combustion are compared it is apparent that the students' answers were situated. Only six students showed that they had a general understanding, which means to see that, the processes as basically the same. Typical answers were that in respiration matter is transformed to energy, in decomposition matter is transformed to soil and in combustion matter is transformed to carbondioxide and water. The students interpreted the questions in different contexts. This was clarified in the interviews. Several students mentioned that the question about combustion felt like an examination question in chemistry and then it was natural to answer in a scientific context. The question about decomposition dealt with a compost heap and the students said that you see the heap and you know that you get soil. The answer can be described as a common sense context.

Some students who answered the questions about respiration and photosynthesis in a scientific context in the second questionnaire gave

short explanations, which did not answer the question in the third questionnaire. The interviewed students found these answers more professional. My interpretation is that they gave an explanation, which they found appropriate for school. It was apparent that the students quickly interpreted the questions in a context and answered in this context no matter of what was actually asked for. The students generally did not separate between different contexts.

In the discussion about the crematorium the students were asked what actually happens to the bodies if you burn them and if you earth bury them and in the third interview a closed ecosystem was discussed. The answers did not fully correspond with the questionnaires. Some students who answered in a school context in the questionnaire could explain the concepts in a scientific context when they were encouraged to do so. Some students who started out with very fragmented ideas could sort things out with my help. But even if the students generally answered better in the interviews at least at some points, some students who answered well in the questionnaires seemed to find it difficult to apply the knowledge in a more unstructured discussion. All students found it difficult to reason about events in the closed ecosystem. The difficulties, which appeared in the questionnaires, remained in the interviews. In the study a number of cases are described in more detail.

To summarise:

- Most students had a particle conception of matter.
- The student group had two models of a chemical reaction – a model of decomposition and a model of rearrangement of atoms. The word decomposition was confusing.
- Energy was a difficult concept for several students.
- It was difficult for several students to use the concepts in an applied situation like the closed ecosystem or the crematorium.
- Few of the students included microorganisms and/or gas-exchange in an applied discussion.
- Generally the students found it difficult to integrate aspects of photosynthesis, respiration and decomposition to reasoning about ecocycles.
- The students' conceptions were occasionally challenged in the interviews and they took a step forward.

- Several students but not a majority developed conceptual understanding in the science courses.

How does the students' ability to discuss complex issues develop?

According to the questionnaires many students deployed a more complex conception of the greenhouse effect after the science courses. There were fewer answers indicating a disability to separate between depletion of the ozone layer and the greenhouse effect. More students included absorption and re-radiation in the greenhouse gases to explain the increase of temperature. The number of correct marks in the statements about causes and consequences of the depletion of the ozone layer and the greenhouse effect increased in the second questionnaire and then decreased some in the third questionnaire. Literally all students knew in the third questionnaire that there is a natural greenhouse effect and that CFC:s can damage the ozone layer. A majority of students believed that catalysts in cars are helpful to the greenhouse effect which according to Boyes & Stanisstreet (1992, 1993) is a naive view. The students included more subject areas in the pictures of food in the second interview and even more subject areas in the question about the car in the third questionnaire. It was striking though that the areas included to a great extent were related to the personal lives of the students. For example in the question about the car and the environment many students included items in the pictures relating to what a car meant to them personally. Only a few students included infrastructure, international agreements or legislation.

When asked to comment on the article about the crematorium most students expressed a personal opinion. Only few students used arguments from natural science to support their standpoint. Typically they answered almost in the same way in all three interviews. They were more elaborate in the third interview but basically they used the same arguments. Few of the students knew anything about the principles for far heating in interview 1. In the technology course the students visited a far heating plant, but several students had not caught the idea of far heating in the third interview either. Several students answered emotionally. Some of them realised this in the last interview and expressed that there is a contradiction between science and emotions. To some students this meant that they found it OK to use the heat in the dwellings connected to the crematorium. Some students

expressed the feeling of having somebody circulating in the radiators. Several students supported their arguments for or against reuse of heat with religious arguments. If you are religious you are against and if you are not you are for the reuse of the heat. One student changed his opinion in the third interview and used science arguments to support this.

No student brought in reasoning about causes or consequences. Only two students brought up the conflict of interests in the article but several students talked about their own conflict between emotions and scientific knowledge. When asked to consider the article as a PBL case most students asked all sort of questions about the environment, economy, infrastructure etc. The questions they asked though were more of the kind *What is the purpose of this case?* and less of the kind *What do I need to know to understand the issue?*. When asked how they would deal with it in school several students discussed the conflict of interest and they suggested teaching strategies, which can help the children in decision making, but they did not see this as a question of knowledge. It was apparent that the students were not used to discuss issues where there is a need to apply conceptual understanding.

In the study a number of cases are presented to describe the different ways in which the students discussed the article.

Is it possible that the answer of research question one can shed light on research questions 2 and 3?

The learning projects decided how the students interpreted the questions in the questionnaire and also how they interpreted the whole programme. They seemed to judge the contents of courses after the relevance for them as teachers. If they found that that the contents were not relevant they learned by heart to pass the exam. The students did not seem to see that the purpose of the courses was to help them to understand the world better themselves but rather how they could learn to explain some scientific phenomena to children. They learned some science and they learnt to appreciate science but they did not see the point in conceptual understanding. One student answered all my questions as how he would explain to children. When I for example asked questions including the concept of energy he answered that this would be too difficult for children so therefore he would never bring in

that concept in his own teaching. It was impossible to make him express his own conceptions. This student did not develop conceptual understanding according to the questionnaires. The student whose learning project was interpreted as to pass the exam did not develop conceptual understanding very well either. Her learning project seemed to be an obstacle for her learning. For three students the learning project was interpreted as to understand. These three students all showed that they have a general understanding of the chemical processes respiration, decomposition and combustion. They used a model of rearrangement of atoms to describe a chemical reaction and they reasoned quite well about the closed ecosystem applying their conceptual understanding. But not even these students saw any point in knowing how to write chemical formulas.

16.6 Discussion

Discussion of the results

It seems like the students developed limited ability to use science in discussing and arguing in a complex environmental issue. A reason for not using science may be that they did not develop a firm conceptual framework, which according to Gräsel (2000) is necessary for ability to apply knowledge in new situations. In the PBL groups the students worked with cases which gave them the opportunity to discuss the issues from different perspective and to challenge each other's ideas. From interviews and observations it is obvious that they did not challenge each other as expected but instead strove to reach consensus and create a friendly atmosphere in the groups. The social response was more important than the cognitive, which is earlier described by Hewson (1981). The group sessions in PBL were very informal. The students worked together with peers and the language was like everyday language in which some natural science was used. The teacher took a very passive role. Therefore the students were very much left working within the limits of themselves and their peers. At lectures and lab work the teachers took the opportunity to model examples and questions to which the students could respond and critique though. In the last science course (NO₂), with exception of technology, several students went into a role as pupils and their main goal was to pass the exams.

It is apparent that the students' knowledge was situated and that they could not distinguish between different contexts, which is important according to Caravita and Halldén (1994). In the interviews the students moved between different contexts. They were given an article from a local newspaper thus indicating an everyday context and then they were expected to answer in context of natural science. When they were asked about PBL and school they are put in new contexts and they answered differently. They are to become teachers and when asked about how to work with a dilemma in school they immediately suggested teaching strategies but no knowledge content. The students did not learn science well enough to use scientific knowledge when discussing a complex environmental issue. The teaching did not treat the linkages between scientific and non-scientific aspects specifically, and it is not therefore surprising that the students did not find it particularly easy to make these links.

I am convinced that the students could develop both a better conceptual understanding and ability to discuss complex issues if they had seen the point in it. A main finding is that the students unconsciously construct learning projects, which will decide how they interpret both the tasks they are given and the relevance of the contents in the subject courses. The learning project will influence what the individual students actually learn. According to the teachers the students are ambitious, creative and positive but have bad prior knowledge. They ask many questions and they want to learn. As rational persons they judge what they see in school and they prepare themselves for the coming profession.

How this study contributes to the research field of education

In this study it is shown how complicated it is to describe a person's conceptual understanding and that there is no connection between how complex a person looks upon an issue and this person's conceptual understanding. In the study a number of cases are described with respect to conceptual understanding and ability to discuss complex issues. The descriptions are related to the interpreted learning projects. One finding is that it does not matter how well you teach if the students do not find that the contents are in accordance with their learning project. The study is a longitudinal study and illuminates learning over time which according to Gunstone & White (2000) is necessary to acquire better understanding of conceptual acquisition. The study deals

with teacher education. Very little is known about what teacher students learn in subject courses (Anderson & Mitchener, 1995; Cochran & Jones, 1998). The study tries to connect teaching and learning.

Implications for teaching

Suggestions for teaching:

- Discuss the learning projects with the students and with each other.
- Make the students aware of the different contexts they use.
- Decrease the amount of contents so that the students have time to work with their own understanding to avoid rote learning.
- Find new ways to examine the students' knowledge. It can not be reasonable that people who are to work with development of knowledge among pupils cram their heads with facts to pass a written exam.
- Relate the students' answers to how we know that pupils in school express understanding of the discussed concepts. This would also make the teacher students feel that the education is related to their future profession.
- Work with authentic cases where the students explicitly have to define scientific and non-scientific knowledge and to link these aspects.

Natural science for sustainable development?

Science teachers need to have an overview of the environmental issues and to be familiar with international and national documents concerning environmental education. Their special competence is to have knowledge in science which includes a stable science conceptual framework in order to help the pupils to develop scientific knowledge.

The students in this study have learnt about causes and consequences of some major global environmental issues. The issues have been treated mainly from a natural science perspective. They are not familiar with the international agreements and they have not discussed what environmental education is about. It is doubtful if most students have developed such fundamental understanding on which more detailed knowledge can be built as expressed by Millar (1996). The students are not aware of these aspects of the teacher work. They have worked in school regularly during the programme and they have faced other kinds

of problems such as; how you can create a good working situation in the classroom, how you can help children with special needs, how you can find activities in which the students take an interest etc. The students have never felt that their science knowledge has not been good enough. They have discussed neither science education nor environmental education with the teachers in school. There is a risk that the goals of the international documents like Tblisi (SIDA, 1999) and Agenda 21 (UNEP, 1992) are far too optimistic (Oulton & Scott, 1995). Oulton & Scott write that there so many demands on teachers and there is a need for them to develop several different competencies to manage work in school.

17. Referenser

- AAAS. (1989). *Science for all Americans - A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology*.: The American Association for Advancement of Science.
- Aikenhead, Glen S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture Science. *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Aikenhead, Glen S. (1998). Border Crossing: Culture, School Science and Assimilation of students. I D. A. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*. New York and London: Teachers College Press.
- Ameh, Catherine, & Gunstone, Richard. (1985). Teachers' Concepts in Science. *Research in Science Education*, 15, 151-157.
- Anderson, Ronald D., & Mitchener, Carole P. (1995). Research on Science Teacher Education. I D. D. Gabel (Red.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (ss. 3-44). New York: Macmillan Publishing Company.
- Andersson, Björn. (1984). *Kemiska reaktioner* (EKNA rapport nr 12.). Göteborg: Göteborgs Universitet.
- Andersson, Björn. (1989). *Grundskolans naturvetenskap*. Borås: Utbildningsförlaget.
- Andersson, Björn. (1994). *Om kunskapande genom integration* (NA-SPEKTRUM 10). Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, Björn. (2000). *Om ämnesdidaktikens natur, kultur och värdegrund*. Tillgänglig: <http://na-serv.did.gu.se> [2002, 05-21].
- Andersson, Björn. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap*. Stockholm: Skolverket.
- Andersson, Björn; Kärrqvist, Christina; Löfstedt, Arne; Oscarsson, Vilgot, & Wallin, Anita. (1999). *Utvärdering av skolan 1998 avseende läroplanernas mål (US98). Tema tillståndet i världen*. Stockholm: Skolverket.

- Andersson, Björn, & Wallin, Anita. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, social consequences of reducing CO₂ emissions and why ozone layer depletion is a problem. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096-1111.
- Areskoug, Mats. (1999). *Miljöfysik*. Lund: Studentlitteratur.
- Arzi, Hanna J. (1988). From Short- to Long-Term: Studying Science Education Longitudinally. *Studies in Science Education*, 15, 17-53.
- Ausubel, David P. (1968). *Educational psychology, a cognitive view*. New York: Rinehart and Winston.
- Axelsson, Harriet. (1997). *Våga lära. Om lärare som förändrar sin miljöundervisning*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Baltic, 21 E. (2002). *An Agenda 21 for Education in the Baltic Sea Region – Baltic 21 E*. Stockholm.
- Barker, Miles, & Carr, Malcolm. (1989a). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: an assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Environmental Studies*, 11(1), 49-56.
- Barker, Miles, & Carr, Malcolm. (1989b). Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, 11(2), 141-152.
- Bennulf, Martin. (1996). Det gröna handlingsutrymmet. In L. Lundgren (Red.), *Livsstil och miljö. Fråga, forska och förändra*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Bergqvist, Hans-Åke. (1985). Kolets Kretslopp. Begreppsbyggnad i biologi hos lärarkandidater. I L. Dahlgren & R. Säljö (Red.), *Didaktik i högskolan*. UHÅ.
- Boyes, Edward, & Stanisstreet, Martin. (1997). The Environmental Impact of Cars: children's ideas and reasoning. *Environmental Education Research*, 3(3), 269-228.
- Boyes, Edward; Chambers, William, & Stanisstreet, Martin. (1995). Trainee Primary Teachers' Ideas about the Ozone Layer. *Environmental Education Research*, 1(2), 133-144.
- Boyes, Edward, & Stanisstreet, Martin. (1991). Misconceptions in First-Year Undergraduate Science Students about Energy Sources for Living Organisms. *Journal of Biological Education*, 25(3), 208-213.
- Boyes, Edward, & Stanisstreet, Martin. (1992). Students' Perception of Global Warming. *International Journal of Environmental Studies*, 42, 287-300.

- Boyes, Edward, & Stanisstreet, Martin. (1993). The Greenhouse Effect: children's perceptions of causes, consequences and cures. *Journal of Science Education*, 5(3), 531-552.
- Boyes, Edward, & Stanisstreet, Martin. (1994). The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage. *Global Environmental Change*, 4(4), 311-324.
- Boyes, Edward, & Stanisstreet, Martin. (1998). High School Students' Perception of how Major Global Environmental Effects might Cause Skin Cancer global. *Journal of Environmental Education*, 29(2), 31-37.
- Breiting, Søren. (1990). Nature Investigations as Blind Alleys in Environmental Education. I S. Breiting (Red.), *Environmental Education & Health Education. International Contributions 1990.* (ss. 29-44). Copenhagen: The Royal Danish School of Educational Research.
- Breiting, Søren. (1994). *Erfaringer fra MUVIN-skoler i Danmark i Muvins første fase.* Köpenhamn: Forskningscenter for Miljø- og Sundhedsundervisning, Danmarks lærerhøjskole.
- Breiting, Søren. (1996). MUVIN-DK. Innovation and Research in Environmental Education. I S. Breiting & K. Nielsen (Red.), *Environmental Education Research in the Nordic Countries. Proceedings from the Research centre for Environmental and Health Education* (ss. 75-95). Copenhagen: The Royal Danish School of Educational Studies.
- Breiting, Søren, & Jannicke, P.M. (1994). *MUVIN-DK, Baggrunds-information til de danske skoler i "Miljøundervisning i Norden" 1994-96.* København: Undervisningsministeriet og Danmarks Lærerhøjskole.
- Brickhouse, Nancy W. (2001). Embodying Science: A Feminist Perspective on Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (3), 282-295.
- Brinkman, Fred G., & Scott, William A. H. (1996). Reviewing a European Union Initiative on Environmental Education within Programmes of Pre-Service Teacher Education. *Environmental Education Research*, 2(15-14).
- Brown, John Seely; Collins, Allan, & Duguid, Paul. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, jan-febr, 32-42.

- Capra, Fritjof. (1996). *The web of life*. New York: Anchor Books, Doubleday.
- Caravita, Silvia, & Halldén, Ola. (1994). Re-framing the Problem of Conceptual Change. *Learning and Instruction, 4*, 89-111.
- Carlsson, Britta. (1999). *Ecological Understanding. A Space of Variation*. Luleå: Department of education, Centre for Research in Teaching and Learning, Luleå University of Technology.
- Carr, Malcolm. (1996). Interviews About Instances and Interviews About Events. I D. F. Treagust & R. Duit & B. J. Fraser (Red.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. New York and London: Teachers College Press.
- Carson, Rachel. (1979). *Tyst vår*. Stockholm: Prisma.
- Claxton, Guy. (1997). Science of the Times. I R. Levinson & J. Thomas (Red.), *Science Today. Problem or Crisis?*. London and New York: Routledge.
- Clayton, Anthony M. H., & Radcliffe, Nicholas J. (1996). *Sustainability a systems approach*. London: Earthscan.
- Cobern, William W. (1998a). Science and a Social Constructivist View of Science Education. I W.W Cobern (Red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education, An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Cobern, William W. (1998b). *The Socio-Cultural Perspective on Science Education. An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Cochran, Kathryn F, & Jones, Loretta L. (1998). The Subject Matter Knowledge of Preservice Science Teachers. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (Red.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Demastes, Sherry S.; Good, Ronald G., & Peebles, Patsye. (1995). Students' Conceptual Ecologies and the Process of Conceptual Change in Evolution. *Scienc Education, 79*(6), 637-666.
- Demastes, Sherry S.; Good, Ronald G., & Peebles, Patsye. (1996). Patterns of Conceptual Change in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(4), 407-431.
- Dove, Jane. (1996). Student Teachers' Understanding of the Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion and Acid Rain. *Environmental Education Research, 2*(1), 89-100.

- Driver, Rosalind. (1989). The Construction of Scientific Knowledge in the School Classrooms. I R. Millar (Red.), *Doing Science Images of Science in Science Education*.
- Driver, Rosalind, & Easley, Jack. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 27, 1-52., 5, 61-84.
- Driver, Rosalind; Squires, Ann; Rushworth, Peter, & Wood-Robinson, Valerie. (1994). *Making sense of secondary science*. London and New York: Routledge.
- Drori, Gili S. (1998). A Critical Appraisal of Science Education for Economy Development. I W. W. Cobern (Red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education, An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Duit, Reinders; Treagust, David F., & Mansfield, Helen. (1996). Investigating student understanding as prerequisite to improving teaching and learning in science and mathematics. I D. F. Treagust & R. Duit & B. J. Fraser (Red.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 17-31). New York: Teachers College Press.
- Egidius, Henry. (1991). *Problembaserad inlärning – en introduktion*. Lund: Studentlitteratur.
- Ekborg, Margareta. (2001). Vad kan ett miljöperspektiv i lärarutbildningen bidra med? *Miljödidaktiska texter. Rapporter om utbildning* (3), Malmö högskola. Lärarutbildningen. Regionalt utvecklingscentrum.
- Ekborg, Margareta; Tallberg-Broman, Ingegerd, & Lundahl, Maja. (1999). *Flickorna och fysiken. Om ungdomar lärarstuderanden och de naturvetenskapliga ämnena*. Malmö: Malmö högskola. Lärarutbildningen. Regionalt utvecklingscentrum. RUC.
- Ekborg, Per, & Niklasson, Margareta. (1997). *Suggestopedi eller mer kreativa arbetsformer i naturvetenskap och teknik*. Malmö: Lärarhögskolan.
- Elevperspektiv (1979 – 1984). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik.
- Englund, Thomas. (1998). Problematizing School Subject Content. I A. D. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Education*. New York and London: Teachers College Press.

- Eskilsson, Olle. (2001). *En longitudinell studie av 10 - 12-åringars förståelse av materiens förändringar*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Eskilsson, Olle, & Holgersson, Ingemar. (1999). Everyday Phenomena and Teachers' Training. *European Journal of Teacher Education*, 22(2/3), 231-245.
- Foucault, Michel. (1993). *Diskursens ordning*. Stockholm: Brutus Östling Bokförlag.
- Föreid, Bente, & Filho, Walter Leal. (1997). Young people's attitudes towards and knowledge about the environment: An analysis based on TIMMS-data. *Scientia Paedagogica Experimentalis*, XXXIV(2), 231-244.
- Ginner, Thomas, & Mattsson, Gunilla. (1996). *Teknik i skolan*. Lund: Studentlitteratur.
- Gomez-Granell, Carmen. (1993). Development of conceptual knowledge and attitudes about energy and the environment. *International Journal of Science Education*, 15(5), 553-565.
- Grossman, Pamela L.; Wilson, Suzanne M., & Shulman, Lee S. (1989). Teachers of Substance: Subject Matter Knowledge for teaching. I M. C. Reynolds (Red.), *Knowledge Base for beginning Teaching* (ss. 23-36). Oxford: Pergamon press.
- Gräsel, Cornelia. (2000). Closing the gap. I H. Bayrhuber & J. Mayer (Red.), *Empirical Research on Environmental Education in Europe*. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann.
- Gunstone, Richard, & White, Richard T. (2000). Goals, methods and achievements of research in science education. I R. Millar & J. Leach & J. Osborne (Red.), *Improving Science Education, the contribution of research* (ss. 293-307). Buckingham Philadelphia: Open University Press.
- Haidar, Abdullateef H. (1998). Prospective chemistry teachers' conceptions of conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 181-197.
- Halldén, Ola. (1982). *Elevers tolkning av skoluppgiften. En beskrivning av elevers förhållningssätt till lärares frågor*. Stockholm: Stockholms Universitet.
- Halldén, Ola. (1988). Alternative Frameworks and the Concept of Task. Cognitive Constraints in Pupils' Interpretations of Teachers' Assignments. *Scandinavian Journal of Educational research*, 32(3), 123-140.

- Halldén, Ola; Scheja, Max, & Jakobsson Öhrn, Harriet. (2001). *Intentionell analys* (65). Stockholm: Pedagogiska institutionen Stockholms universitet.
- Halldén, Ola, & Wistedt, Inger. (1998). *Socialisation och lärande. Kulturation i ett intentionellt perspektiv*. Paper presenterat vid Internkoferens om Socialisation, Stockholm.
- Hart, Paul, & Nolan, Kathleen. (1999). A Critical Analysis of Research in Environmental Education. *Studies in Science Education*, 34, 1-67.
- Helldén, Gustav. (1992). *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. Kristianstad: Almqvist & Wiksell International.
- Helldén, Gustav. (1994). *Barns tankar om ekologiska processer*. Stockholm: Liber Utbildning.
- Helldén, Gustav. (1995). Environmental Education and Pupils' Conceptions of matter. *Environmental Education Research*, 1(3), 267-277.
- Helldén, Gustav. (2000). *To identify personal context and continuity of human thought as recurrent themes in a longitudinal study of student's understanding of ecological processes*. Paper presented at the Annual Meeting of American Educational Research Association, New Orleans.
- Helldén, Gustav. (2001). *Longitudinal studies providing insights into individual themes in science learning and students' views of their own learning*. Paper presented at the ESERA Third International Conference on Science Education Research, Thessaloniki. August 2001.
- Hewitt, Paul. (1998). *Conceptual physics.*: Reading. Mass: Addison-Wesley.
- Hewson, Peter W. (1981). A Conceptual Change Approach to Learning Science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- Hydén, Håkan. (2002). *Normvetenskap*. Lund: Lund University.
- HSFR (1996). *Etik. Forskningsetiska principer för humaniora och samhällsvetenskap*. Stockholm: Humanistisk-samhällsvetenskapliga forskningsrådet
- Håll Sverige Rent. (2002). *Grön flagg*. Tillgänglig: <http://www.hsr.se> [2002, 06-16].
- Hård af Segerstad, Helene; Helgesson, Marianne; Ringborg, Magnus, & Svedin, Lena. (1997). *Problembaserat lärande. Idén, handledaren och gruppen*. Stockholm: Liber.

- Högskoleverket. (1996). *Grundskollärautbildningen 1995 en utvärdering* (Högskoleverkets rapportserie 1996). Stockholm.
- Illeris, Knud. (2001). *The Three Dimensions of Learning, Keynote at NFPF/NERA:s 29th Congress, March 15-18, 2001*. Paper presented at the NFPF/NERA:s 29th Congress, Stockholm.
- Irzik, Gurol. (1998). Philosophy of Science and Radical Intellectual Islam in Turkey. I W. W. Cobern (Red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education, An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- IUCN, UNEP, WWF. (1981). *World Conservation Strategy*.
- Jansson, Ingrid. (1994). *Gymnasieelevers kunskaper om materia. En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från åk 9. (NA-SPEKTRUM 11)*. Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Jansson, Ingrid, Andersson, Björn, & Emanuelsson, Jonas. (1994). *Gymnasieelevers kunskaper om ekologi och människokroppen. En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från åk 9. (NA-SPEKTRUM 12)*. Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Jenkins, Edgar. (1997). Towards a functional public understanding of science. I R. Levinson & J. Thomas (Red.), *Science Today. Problem or Crisis?* London and New York: Routledge.
- Jensen, Bjarne B, & Schnack, Karsten. (1997). The Action Competence Approach in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 3(2), 163-178.
- Johnson, Philip. (1998). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 593-412.
- Jönsson, Annelis. (1998). *Lärarstuderandes socialisation till och deras bedömning av sin utbildning*. Malmö: Lärarhögskolan, Lunds universitet.
- Jönsson, Bodil. (1993). Miljöfrågorna i de nya läroplanerna. I K. Junker (Red.), *Skolan och miljöundervisningen* (ss. 18-20). Göteborg: Skolverket.
- Jönsson, Bodil. (1996). Tillit. I L. Lundgren (Red.), *Livsstil och miljö. Fråga, forska och förändra*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Kesidou, Sofia, & Duit, Reinders. (1993). Students' Conceptions of the second law of thermodynamics – An Interpretative Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106.

- Kilbourn, Brent. (1998). Root Metaphors and Education. I A. D. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Education*. London and New York: Teachers College Press.
- Kolstø, Stein Dankert. (2001). "To trust or not to trust, ..."—pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- Kruger, Colin. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. *Phys. Edu*, 25, 86-91.
- Kvalbein, Inger Anne. (1998). *Laererutdanningskultur og kunnskapsutvikling. Avhandling til dr. polit. graden.*, Oslo Universitet, Oslo.
- Kvale, Steinar. (1989). *Issues of validity in qualitative research*. Lund: Studentlitteratur.
- Kyrkogårdsnämnden i Malmö. *Råd vid dödsfall*.
- Larsson, Staffan. (1994). Om kvalitetskriterier i kvalitativa studier. I B. Starrin & P.-G. Svensson (Red.), *Kvalitativ metod och vetenskapsanalys*. Lund: Studentlitteratur.
- Lawrenz, Frances. (1986). Misconceptions of Physical Science Concepts Among Elementary School Teachers. *School Science and Mathematics*, 86(8), 654-661.
- Lawson, Anton E; Alkboury, Souheir; Benford, Russell; Clark, Brian R, & Falconer, Kathleen A. (2000). What Kinds of Scientific Concepts Exist? Concept Construction and Intellectual Development to College Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 996-1018.
- Leach, John; Driver, Rosalind; Scott, Philip, & Wood-Robinson, Colin. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science Education*, 17(6), 721-732.
- Leach, John; Driver, Rosalind; Scott, Philip, & Wood-Robinson, Colin. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.
- Leach, John, & Scott, Philip. (1999). *Teaching and learning science: Linking individual and sociocultural perspectives*. Paper presented at the meeting of European Association for Research in Learning and Instruction. Göteborg, Sweden, August 1999, as a part of the symposium In memory of Rosalind Driver: Advances in research on science learning.

- Lgr 69. (1969). *Läroplan för grundskolan Lgr 69*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Lgy 70. (1971). *Läroplan för gymnasieskolan Lgy 70*. Stockholm: Liber Utbildningsförlaget.
- Lindhahl, Britt; Lundahl, Maja; Niklasson, Margareta, & Ohlén, Ingrid (1996). Malmö: Lärarhögskolan. (1996). *Varför vänder flickor naturvetenskap och teknik ryggen. Vad kan vi göra åt det och kan också pojkarna vinna på det?* Malmö: Lärarhögskolan.
- Lindén, Anna-Lisa. (1996). Från ord till handling. Individuella möjligheter och samhälleliga restriktioner. I L. Lundgren (Red.), *Livsstil och miljö. Fråga, forska och förändra*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Lpo/f 94. (1994). *Läroplaner för det obligatoriska skolväsendet och de frivilliga skolformerna*. Stockholm: Utbildningsdepartementet.
- Lundholm, Cecilia. (1998). *Miljöundervisning som en aktualisering av en mångfald perspektiv. En intentionell analys av studenters tolkningar av en miljöuppgift i fysik*. Opublicerad magisteruppsats, Stockholms universitet, Stockholm.
- Lundholm, Cecilia. (2001a). *Att forska och lära om miljö. En intentionell analys av forskarstuderandes miljöforskning och tolkning av begreppet 'miljö'*. Paper presenterat vid NFPF:s 29 kongress den 15-18 mars, Stockholm.
- Lundholm, Cecilia. (2001b). *Lärande om miljö i högre utbildning Studier av forskar- och högskolestuderandes inlärningsprojekt om miljö vid en teknik högskola*. Stockholm: Universitetsservice US AB.
- Malmberg, Claes, & Niklasson, Margareta. (1996). *Hur ska miljöundervisningen på lärarhögskolan se ut?* Malmö: Lunds Universitet, Lärarhögskolan.
- Marton, Ference. (1998). Towards a theory of quality i higher education. I B. Dart & G. Boulton-Lewis (Red.), *Teaching and Learning in Higher Education*. Melbourne: ACER.
- Melchert, Eva, & Persson, Sven. (2001). *Omsorgskultur på lärarutbildningen. En studie av två PBL-grupper på Barn- och ungdomspedagogisk utbildning*. Malmö: Institutionen för pedagogik, Lärarutbildningen, Malmö högskola.
- Merchant, Carolyn. (1994). *Naturens död kvinnan, ekologin och den vetenskapliga revolutionen*. Stockholm: B. Östlings bokförlag Symposion.

- Millar, Robin. (1996). Towards science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77(280), 7-18.
- Millar, Robin, & Osborne, Jonathan. (1998). *Beyond 2000 science education in the future.*: London.
- Milne, Cathrine E, & Taylor, Peter C. (1998). Between Myth and Hard Place: Situating School Science in a Climate of Critical Cultural reform. I W. W. Cobern (Red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education, An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Mogensen, Finn. (1996). Environmental Education and Critical Education. Environmental Education Research in the Nordic Countries. I S. Breiting & K. Nielsen (Red.), *Proceedings from the Research centre for Environmental and Health Education* (ss. 44-63). Copenhagen: The Royal Danish School of Educational Studies.
- Mogensen, Finn. (1999). – *et didaktiskt faghäfte om Miljøundervisning – udvikling og kvalitet*. København: Danmarks lærerhøjskole.
- Molander, Bengt-Olov. (1997). *Joint Discourses or Disjointed Courses*. Stockholm: HLS Förlag.
- Munby, High, & Roberts, Douglas A. (1998). Intellectual Independence: A Potential Link Between Science teaching and responsible Citizenship. I D. A. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*. New York and London: Teachers College Press.
- Murphy, Patricia F. (1995). Assessment Practices and Gender in science. I L. H. Parker & L. J. Rennie & B. J. Fraser (Red.), *Gender, Science and Mathematics shortening the shadow*. Dordrecht Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Månsson, Annika. (2000). *Möten som formar. Interaktionsmönster på förskola mellan pedagoger och de yngsta barnen i ett genusperspektiv*. Malmö: Institutionen för pedagogik, Lärarhögskolan i Malmö.
- Naranjo, Tatiana. (1998). *Adult's Environmental Understanding: How do Adults Represent their Relationship with their Environment?*, Lund Univeristy, Lund.
- Nationalencyklopedin. (2002). Tillgänglig:<http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?iartid=125606> [2002, 08-06].
- Niklasson, Margareta. (1993). *Problembased Learning in environmental Education. Paper presented at ATEE conference in Lisbon*. Unpublished manuscript, Lisbon.

- Niklasson, Margareta. (1994). PBI i grundskollärautbildningen – några erfarenheter och tankar. *Praktik & teori*(1/94).
- Northfield, Jeff; Gunstone, Richard, & Erickson, Gaalen. (1996). A Constructivist Perspective on Science Teacher Education. I D. F. Treagust & R. Duit & B. J. Fraser (Red.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. New York and London: Teachers College Press.
- Orr, David W. (1992). *Ecological Literacy. Education and the Transition to a Postmodern World*. Albany: State University of New York Press.
- Osborne, Roger J.; Bell, Beverley F., & Gilbert, John K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1-14.
- Oulton, Chris R, & Scott, William A. H. (1995). The Environmentally Educated Teacher: an exploration of the implications of UNESCO-UNEP's ideas for pre-service teacher education programmes. *Environmental Education Research*, 1(2), 213-229.
- Palmer, Joy A., & Suggate, Jennifer. (1996). Influences and Experiences Affecting the Pro-Environmental Behaviour of Educator. *Environ-mental Education Research*, 2(1), 109-121.
- Palmstierna, Hans. (1968). *Plundring, svält och förgiftning*. Stockholm: Rabén & Sjögren.
- Pedersen, Svend. (1992). *Om elevers förståelse av naturvetenskapliga förklaringar och biologiska sammanhang*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Pettersen, Roar C. (1997). *Problemet først: Problembasert læring som pedagogisk idé och strategi*. Otta: Tano Aschehoug.
- Phelan, Patricia; Davidson, Ann Locke, & Cao, Hanh Thanh. (1991). Students' Multiple Worlds: Negotiating the Boundaries of Family, Peer and School Cultures. *Anthropology & Education Quarterly*, 22, 224-249.
- Philips, L.M., & Norris, S.P. (1999). Interpreting popular reports of science: what happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, 21, 317-327.
- Poole, Michael W. (1998). Science and Science Education: a Judeo-Christian Perspective. I W. W. Cobern (Red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education, An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.

- Posch, Peter. (1996). Curriculum Change and School Development. *Environmental Education Research*, 2(3), 347-362.
- Posner, George J.; Strike, Kenneth A.; Hewson, Peter W.; Gertzog, William A., & . (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 211-217.
- Ratcliffe, Mary. (1999). Evaluation of abilities in interpreting media reports of scientific research. *International Journal of Science Education*, 21, 1085-1099.
- Renström, Lena; Andersson, Björn, & Marton, Ference. (1990). Students' Conceptions of Matter. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 555-569.
- Rickinson, Mark. (2001). Learners and Learning in Environmental Education: a critical review of the evidence. *Environmental Education Research*, 7(3), 207-316.
- Roberts, Douglas A. (1998). Analyzing School Science Courses: The Concept of Companion Meaning. I D. A. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*. New York and London: Teachers College Press.
- Roberts, Douglas A., & Östman, Leif. (1998). *Problems of Meaning in Science Curriculum*. New York and London: Teachers College Press.
- Rollnick, Marissa. (1998). The Influence of Language on the Second Language Teaching and Learning of Science. I W. W. Cobern (Red.), *Socio-Cultural Perspectives on Science Education, An International Dialogue*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Sandström, Maria. (1996). *Vatten in och ut.*: Malmö: Lärarhögskolan.
- SAOL. (1998). *Svenska Akademiens ordlista.*: Svenska Akademin.
- Schibeci, Renato A, & Hickey, Ruth. (2000). Is it Natural or Processed? Elementary School Teachers and Conceptions about Materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1154-1170.
- Schnack, Karsten. (1996). Internationalisation, Democracy and Environmental Education. I S. Breiting & K. Nielsen (Red.), *Environmental Education Research in the Nordic Countries. Proceedings from the Research centre for Environmental and Health Education*. (ss. 7-20). Copenhagen: The Royal Danish School of Educational Studies.

- Schoultz, Jan. (1999). Naturvetenskaplig kunskap i samtal och papper- och-penna-test. I Carlgren (Red.), *Miljöer för lärande* (pp. 182-204). Lund: Studentlitteratur.
- Schoultz, Jan. (2000). *Att samtala om/i naturvetenskap. Kommunikation, kontext och artefakt*. Linköping: Filosofiska fakulteten, Linköpings universitet.
- Shulman, Lee. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, Lee S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Sfard, Anna. (1998). On two Metaphors and the Dangers of Choosing just one. *Educational researcher*, 27(2). 4-13.
- SIDA. (1999). *Environmental Education Handbook for the Education Sector*. Stockholm: SIDA.
- Silén, Charlotte; Normann, Susanne, & Sandén, Inger. (1989). *Problembaserad inläring – en beskrivning av ideologi och pedagogisk referensram*. Linköping: Hälsouniversitetet, Vårdhögskolan i Östergötland.
- Simpson, Mary. (1988). Some problems associated with the learning of photosynthesis – a research project. I S. Arnold (Red.), *Readings on Learning Difficulties in secondary School Science*. Aberdeen: Aberdeen College of Education.
- Sjöberg, Svein. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Skolverket. (1993a). *Naturorienterande ämnen. Ekologi och människokroppen*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (1993b). *Naturorienterande ämnen. Materia*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (1993c). *Problemlösning i grupp*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (1996). *Skolans miljöundervisning och Agenda 21 – med kommunen som arena. En fallstudie*. Västervik: Skolverket.
- Skolverket. (1996b). *Energi i natur och samhälle. Årskurs 9*. Spånga: Skolverket.
- Skolverket. (2000a). *Kommentarmaterial till kursplaner 2000*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2000b). *Kursplaner 2000*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2001). *Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola*. Stockholm: Skolverket.

- Skolverket. (2002a). Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/fakta/statistik/gym2001.shtml> [2002, 0806].
- Skolverket. (2002b). *Hållbar utveckling i skolan*. Stockholm: Skolverket.
- Smith, Edward L., & Anderson, Charles W. (1984). Plants as producers: A Case Study of Elementary Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 685-698.
- Snyder, Carl H. (1998). *The extraordinary chemistry of ordinary things*. New York: John Wiley and sons.
- Solomon, Joan. (1983). Learning About Energy: How Pupils Think in Two Domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.
- Solomon, Joan. (1984). Prompt, cues and discrimination: The utilization of two separate knowledge systems. *European Journal of Science Education*, 6(3), 277-284.
- Solomon, Joan. (1992). *Getting to know about energy*. London Washington D C: The Falmer press.
- Solomon, Joan. (1993). The social construction of children's scientific knowledge. I P. J. Black & A. M. Lucas (Red.), *Children's Informal Ideas in Science*. London and New York: Routledge.
- SOU, 1992:94. (1992). *Skola för bildning*.
- SOU, 1996:120. (1996). *Malmö högskola*.
- Starrin, Bengt. (1994). Om distinktionen kvalitativ – kvantitativ i social forskning. I B. Starrin & P.-G. Svensson (Red.), *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. Lund: Studentlitteratur.
- Strike, Kenneth A., & Posner, George J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. I R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Red.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice* (ss. 147-176). New York: State University of New York Press.
- Säljö, Roger, & Wyndhamn, Jan. (1990). Problem-Solving, Academic Performances and Situated Reasoning. a Study of Joint cognitive Activity in Formal Setting. *British Journal of Education and Psychology*, 60, 245-254.
- Säljö, Roger. (1995). Begreppsbildning som pedagogisk drog. *Utbildning och demokrati*, 4(1), 5-22.
- Säljö, Roger. (1998). Learning Inside and Outside Schools: Discursive Practices and Sociocultural Dynamics. I D. A. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*. (ss. 39-53). New York and London: Teachers College Press.

- Säljö, Roger. (2000). *Lärande i praktiken ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Prisma.
- Sørensen, Niels H. (1997). The problem of Parallelism: a problem for pedagogic research and development seen from the perspective of environmental and health education. *Environmental Education Research*, 3(2), 179-187.
- Thunberg, Anne-Marie. (1994). Miljöetik och den internationella miljödebatten, *Miljöetik – för ett samhälle på människans och naturens grund* (pp. 10-18). Uppsala: Miljövårdsberedningen och Forskningsrådsnämnden.
- Tilbury, Daniela. (1995). Environmental Education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.
- The World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*.
- UNEP. (1992). *Agenda 21*.
- Waheed, Talaat, & Lucas, A.M. (1992). Understanding Interrelated Topics: Photosynthesis at Age 14. *Journal of Biology Education*, 26(3), 193-200.
- Walkerdine, Valerie. (1997). *Daddy's girl: young girls and popular culture*. Cambridge: MA Harvard University Press.
- Wandersee, James H.; Mintzes, Joel J., & Novak, Joseph D. (1993). Research on Alternative Conceptions in Science. I D. L. Gabel (Red.), *Handbook on Science Teaching and Learning. A project of the National Science Teachers Association*. (ss. 177-210). New York: Maxmillan Publishing Company.
- Wernersson, Inga. (1990). *Förväntningar på utbildning och yrke bland studerande på grundskollärautbildningen under dess första termin*. Göteborg: Göteborgs universitet.
- Wertsch, James V. (1991). *Voices of the mind. A sociocultural Approach to Mediated Action*. Hermel Hampstead: Harvester Wheatsheaf.
- Wickenberg, Per. (1999). *Normstödjande strukturer. Miljötematiken börjar slå rot i skolan.*, Lunds Universitet, Lund.
- Wickman, Per-Olof, & Östman, Leif. (2001). University Students Doing Practical Work: Can We Make the Learning Progress intelligible? I H. Behrendt & H. Dahncke & R. Duit & W. Gräber & M. Komorek & A. Kross & P. Reiska (Red.), *Research in Science Education – past, present and future*. Dordrecht: Kluwer.

- Wickman, Per-Olof, & Östman, Leif. (2002). Learning as Discourse Change: a Sociocultural Mechanism. *Science Education*, 85(5).
- Wistedt, Inger. (1994). Reflection, Communication, and Learning mathematics: A Case Study. *Learning and Instruction*, 1994(4), 123-138.
- Wistedt, Inger. (1998). Assessing student learning in gender inclusive tertiary mathematics and physics education. *Evaluation and Programming Planning*, 21, 148-153.
- Winther Jørgensen, Marianne, & Phillip, Louise. (2000). *Diskursanalys som teori och metod*. Lund: Studentlitteratur.
- von Glasersfeld, Ernst. (1995). *Radical Constructivism. A Way of Knowing and Learning*. London: The Falmer Press.
- Vygotsky, Lev. (1986). *Thought and Language*. Cambridge, London: the MIT Press.
- Wyllie, Judith; Sheehy, Noel; McGuinness, Carol, & Orchard, Gerry. (1998). Children's Thinking about Air Pollution: a system theory analysis. *Environmental Education Research*, 4(2), 117-139.
- Östman, Leif. (1992). Den naturorienterade undervisningens moraliska och politiska karaktär. *Utbildning och demokrati*(2).
- Östman, Leif. (1995). *Socialisation och mening, No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis.
- Östman, Leif. (1996). No-didaktiskt perspektiv på undervisning i lärarutbildning: en artikelserie om meningsskapande, målrealisering och lärarkunskap. I O. Eskilsson & G. Helldén (Red.), *Naturvetenskapen i skolan inför 2000-talet. Det femte nordiska forskarsymposiet om undervisning i naturvetenskap i skolan*. Kristianstad: Högskolan i Kristianstad.

Bilagor

Bilaga 1.

Enkät 1 och enkät 2

E1 anger enkät 1 och E2 enkät 2. Om inget anges var frågan med på båda enkäterna. Alla svarsrader är borttagna.

Vilket program går du på? Vilken termin?

Man/kvinna. Födelseår. När gick du ut gymnasiet? Program. Slutbetyg medel eller poäng Började du på ditt program direkt efter gymnasiet? ja/nej. Om du svarade nej så berätta vad du gjort mellan gymnasiet och ditt nuvarande utbildningsprogram. Endast E1

Frågor kring atmosfären

Här följer ett antal påståenden om växthuseffekten och om uttunningen av ozonlagret. Ta ställning till om påståendet är rätt eller fel och sätt ett kryss i någon av rutorna.

		Jag är säker på att det är rätt	Jag tror att det är rätt	Jag tror att det är fel	Jag är säker på att det är fel
1	Uttunningen av ozonlagret är en viktig orsak till den globala uppvärmningen				
2	Människans utsläpp av koldioxid i atmosfären gör att ozonlagret tunnas ut				
3	Människans utsläpp av CFC gaser gör att ozonlagret tunnas ut				
4	Människans utsläpp av CFC gaser gör att växthuseffekten ökar				
5	Om växthuseffekten ökar kommer fler människor att få hudcancer				
6	Om man byter ut koleldade kraftverk mot kärnkraftverk så minskar växthuseffekten				
7	Om alla bilar i världen kör på blyfri bensin så minskar risken för				

	global uppvärmning				
8	Om inte växthuseffekten fanns skulle människan inte kunna leva på jorden				
9	Om växthuseffekten ökar så ökar också risken för vulkanutbrott och jordskalv				
10	Om växthuseffekten ökar så kommer man att få större problem med t.ex. skadeinsekter i jordbruket				
11	Växthuseffekten förvärras av det marknära ozonet				
12	Om alla bilar hade katalysator så skulle påverkan på växthuseffekten bli mindre				

Är det någon av frågorna du skulle vilja förklara ditt svar till? Gör det i så fall här.

13. E1. Varför är det bra med katalysator i bilar? Förklara så noga du kan. E2. Förklara noggrant vad växthuseffekten är.

Frågor kring materia

14. En björnhona ingick i en vetenskaplig undersökning av vilda björnar i Sarek. Hösten 1997 bedövades björnhonan och vägdes. Resultatet var 70 kg. Björnen var då drygt två år gammal. Sedan gick hon i ide och sov hela vintern. Då hon vaknat upp nästa vår bedövades hon igen. Nu vägde hon bara 33 kg. Förklara så noga du kan vart de 37 kg som björnhonan gått ner i vikt tagit vägen. Björnar har ingen avföring under den tid de är i ide.

15. Om man sätter potatis på våren så kan man skörda nypotatis på sommaren. Av varje sättpotatis får man många nya potatisar. Hur går detta till och varifrån kommer all materia till de nya potatisarna?

16. Tänk på alla aspekter du kan kring följande fråga:
Varifrån kommer maten du äter och vart tar den vägen?
 Rita en begreppskarta över hur saker hänger ihop.

Bilaga 2.

Enkät 3

Alla svarsrader är borttagna.

Man/ kvinna. Födelseår. Gymnasieprogram + ev komplettering.

Här följer ett antal påståenden om växthuseffekten och om uttunningen av ozonlagret. Ta ställning till om påståendet är rätt eller fel och sätt ett kryss i någon av rutorna.

		Jag är säker på att det är rätt	Jag tror att det är rätt	Jag tror att det är fel	Jag är säker på att det är fel
1.	Om alla bilar hade katalysator så skulle påverkan på växthuseffekten bli mindre				
2.	Människans utsläpp av koldioxid i atmosfären gör att ozonlagret tunnare ut				
3.	Om växthuseffekten ökar kommer fler människor att få hudcancer				
4.	Om växthuseffekten ökar så kommer man att få större problem med t.ex. skadeinsekter i jordbruket				
5.	Om alla bilar i världen kör på blyfri bensin så minskar risken för global uppvärmning				
6.	Om man byter ut koleldade kraftverk mot kärnkraftverk så minskar växthuseffekten				
7.	Uttunningen av ozonlagret är en viktig orsak till den globala uppvärmningen				
8.	Om inte växthuseffekten fanns skulle människan inte kunna leva på jorden				
9.	Om växthuseffekten ökar så ökar också risken för vulkanutbrott och jordskalv				
10.	Växthuseffekten förvärras av det				

	marknära ozonet				
11.	Människans utsläpp av CFC gaser gör att ozonlagret tunnas ut				
12.	Människans utsläpp av CFC gaser gör att växthuseffekten ökar				

13. Förklara noggrant vad växthuseffekten är.

14. Vi har ett sommarställe vid Skälderviken. På våren brukar vi åka upp i helgerna och då blir det ofta så att vi går samma runda med vår hund. En del av vägen går utmed åkerfält. I år kom det i ett fält upp gröna strån vilka vi efter hand förstod var råg. Den 13 maj var stråna ca 10 cm höga, den 2 juni var de 60 cm. Hur kunde det växa så mycket och var kom all växtmassan ifrån? Förklara så noga du kan.

15. På samma sommarställe komposterar vi allt organiskt växtmaterial. Vi fyller på komposten hela sommaren – sommar efter sommar. Men ännu har vi inte lyckats fylla kompostbehållaren. Ibland ser den ganska full ut men efter ett tag så är det plats i behållaren igen. Hur kan det komma sig? Vad händer med växtmaterialet och vart tar materialet vägen?

16. Familjen Persson har oljeeldning i sin villa. Tanken rymmer 3 m³ och det brukar räcka över vintern. Vad händer med oljan i tanken vid förbränning? Vart tar den vägen?

17. Anders upptäckte att han gått upp några kilon efter en period med mycket stillasittande studier. Han beslutade sig för att bli av med dem igen. Genom att lägga om sin kost och motionera lyckades han gå ner 10 kg på ett par månader. Förklara så noga du kan vart de 10 kg som Anders gått ner i vikt tagit vägen.

18. I de skånska slättsjöarna ligger pH ofta runt 8 under vår och sommar. I småländska skogssjöar är det vanligt med ett pH runt 5. Förklara den kemiska skillnaden mellan två sådana pH-värden.

19. Vid kalkning av sjöar använder man ofta kalciumkarbonat CaCO₃. Vilka atomslag och hur många av varje slag innehåller föreningen. Ange med ord.

20. Eldning med svavelhaltig olja bidrar till försurningen av mark och vatten. På vilket sätt? Skriv reaktionsformler som förklarar hur detta går till.

21. Hitta på ett experiment som du som lärare kan göra för att underlätta för eleverna att förstå begreppet växthuseffekt.

22. Det är morgon och jag ska strax åka till arbetet. Jag tittar ut och ser att det kanske kan bli regn. Jag funderar på om jag ska ta bilen eller cykeln. Det finns argument för båda alternativen. I en här frågan ska du utveckla dina tankar kring ämnet "Bilen och miljön" genom att rita en begreppskarta med den titeln. Börja med att skriva ner allting du associerar med ämnet. Var gärna detaljerad. Försök sedan att gruppera orden och rita slutligen en bild som visar hur de olika /begreppen grupperna hör ihop och som visar olika nivåer i problemet. Rita bilden på bifogat A3 papper.

Övriga synpunkter, kommentarer och/eller tillägg.

Mall för intervju av studenter. Intervju 1 och 2.

Int. 1 anger intervjutillfälle ett och Int. 2 anger intervjutillfälle 2.

Bakgrund

Int. 1 Varför vill du bli lärare?

Varför Ma/NO? 1-7?

Förväntningar på utbildningen?

Miljöintresse? Hur yttrar det sig?

Framtidssyn? Inflytande?

Vad är viktigt i skolans miljöundervisning?

Hur lär du dig själv på ett bra sätt?

Int 2 Vad tycker du om PBL? Vad är bra/mindre bra?

Hur välbekant /främmande kände du dig för PBL?

Hur strikt tillämpar ni reglerna i PBL?

Vad har du lärt dig under kursen?

Miljö – kunskap – mål Int. 2

Jag vill diskutera PBL med dig i förhållande till ert lärande.

Kursplanen för termin.

Är innehållet relevant?

Hur hänger fallen ihop med kursplanen?

Hur använder du/ni kursplanen?

Vad har du lärt dig under kursen? Kunskap, förståelse, attityd till lärande, miljö, engagemang etc.

Miljömedvetenhet Ändrats under kursen?

Vilka mål ser du för respektive illustration?

De fem utvalda illustrationerna tas fram.

Var ligger fokus i lärandet?

Lärandet i gruppen Int. 2

Hur tycker du att illustrationerna fungerat?

Har gruppen kommit fram till det som var tänkt tror du?

Hur vet du?

Vad styr vart ni kommer?

Var hamnar nivån?
Vad beror den på?
När stannar ni?
Vad är djup?
När känner du dig nöjd med din insats?
Är det möjligt att ni lägger er på för låg nivå p.g.a. någon slags omedveten överenskommelse?
Hur utmanar ni varandra?
Vad har du lärt dig i respektive fall?
Vad har kommit till sedan tidigare?
Har du upptäckt att du haft bristande kunskaper eller förståelse inom något område?
Är du tillräckligt påläst inför mötena?
Steg 7?
Varför/varför inte?

Gruppen Int. 2

Hur har din grupp fungerat?
Sammansättning?
Erfarenheter?
Vilken spelar det om det finns män i gruppen kvinnor?
Vad kan tjejer respektive killar tillföra?
Vad för du med dig för lärandeerfarenheter från skola och arbetsliv?
Invandrare?
Hur har du varit i gruppen?
Aktiv/Passiv?
Styrande/följsam?
Fört processen framåt/hindrat den?
Uttryckt starka åsikter?
Utmanande?
Varför tror du att vissa är tystare än andra? Aktivare?
Proportion form och ämnesdiskussioner i gruppen
Vad ser du för spel i gruppen?
Vilken betydelse har gruppdynamiken för lärandet?
Finns det risk att ni lär fel?
Lärandekultur finns det någon sådan? Överenskommelse?
Förståelse/trygghet.

Säger man *Du har helt fel* (NN:s utvärdering 3/12) Varför/varför inte?
Är det likadant i alla grupper eller är det speciellt i en lärargrupp?
Tjejgrupp?

Vad betyder din bakgrund (t.ex. gymnasieprogram, yrkesarbete etc) för ditt lärande?

Vad bestämmer (begränsar) inlärningsnivån?

Tillräckligt effektivt?

Har du känt dig frustrerad?

Vad får man ut av basgruppsmötena?

Tiden verkar knapp. Träffas gruppen någon mera gång? Varför/varför inte?

Hur mycket tid lägger du i veckan på studier? Vad bestämmer denna tid? Lagom? Hinner du jobba t.ex.? Skulle du hunnit?

Handledarfunktion Int. 2

Vilken roll har handledaren? Hur aktiv ska han/hon? När går de in?

Hade gruppen klarat sig utan handledare? Motivering.

Ska handledaren ha ämneskunskaper? Eller?

Hade din handledare ämneskompetens?

Diskuterade ni detta?

Andra insatser Int. 2

Vilken betydelse har resurstillfällena haft?

Vad gick de ut på?

Vad betonades ? (kunskap begrepp, värderingar etc)?

Vilken nytta har du haft av föreläsningarna? För förståelsen ? För tentan?

Tentamen Int. 2

Hur gick det på tentan?

Hur visste du vad som skulle komma på tentan?

Synpunkter. Var frågorna relevanta?

Redovisningar Int. 2.

Litteratur. Hur har du valt litteratur? Hur har du vetat om den var på lagom nivå? Och om du inte hittar något bra på biblioteket?

Vad gör du i svåra partier?

Hur viktiga är protokollen?
Vilken respons har ni fått på det ni gjort.
Är respons viktig?

Krematoriet

Int. 1 och Int. 2. Spontan kommentar. Red ut situationen.

Int. 1 och Int. 2. Om du var biskopen? Personen på tekniska förvaltningen... Hur skulle du argumentera?

Int. 2. Betrakta det som en illustration. Vilka frågor ställer du?
Om detta av någon anledning kom upp i skolan hur skulle du då tackla det?

Int. 1 och Int. 2.

Vad händer med kropparna vid förbränning?

Varför blir det varmt?

följdfrågor

Jordbegravning?

följdfrågor

Hur fungerar ett fjärrvärmeverk?

Om man använt annat bränsle?

Red ut energi och materia.

Mall för intervju med studenter. Intervju 3.

Hur trivs du med utbildningen?
Vilka delar har känts relevanta och givande?
Vad saknar du?

Vad har du lärt dig i NO2?
Vilka miljöinslag har förekommit i kurserna?
Vilka frågor om miljö ställde ni i tex. lantbruket?
På vilket sätt intresserar du dig för NV förutom i studierna?
Kurser, praktik, media, annat.
Aktivt sökande? Eller när du springer på det?

Vilken betydelse har PBL-kursen haft för dig efter NO1?
Hur har PBL-metoden påverkat ditt sätt att studera?
Har den följts upp? Hur?
Illustrationerna – har innehållet återkommit? När och hur?
burken – fotosyntes, nedbrytning, celandning
amigo – växthuseffekt
nisse/emil – övergödning och försurning
kassen livscykel – eget handlande

Hur lär du dig bra? Jämför med vad du sa termin ett.
Laborationer. Vilken funktion har de? På vilket sätt är de bra? Vad lär man sig? Varför? Hur ska man tänka när man organiserar en lab? Vad ger det för lärande?
Föreläsning, seminarier, gruppövningar, eget sökande och läsande etc.?
Vft?
Vad är djup?
Sist sa du något om NO i skolan. Vad var det som gjorde att du inte intresserade dig/intresserade dig?

Miljömedvetenhet? Vad är det? Du? Har det ändrats?
Har du sett miljöundervisning i skolan? Har du själv genomfört?
Exempel på bra miljöundervisning. Motivera.

Vad kan utbildning bidra med för utveckling av det hållbara samhället?
Demokrati?
Agenda 21 etc.
Vad står i Lpo?
Vad går det ut på?
Hur åstadkommer man det?
Diskuterar ni miljöundervisning, grön flagg etc. på skolan?

Vilken naturvetenskaplig kunskap är viktiga för förståelsen av miljöfrågorna?
Vilka naturvetenskapliga begrepp?
Har ni arbetat med dessa?
Vad behöver du som lärare för att genomföra miljöundervisning?
Har du fått det i utbildningen?
Internationella dokument etc.?

Burken.
Hur kan den överleva?
Vilka processer pågår?
Om mer jord?
Om mer vatten?

Krematoriet
Spontant!
Vad bygger du dina argument på?
Påverkar naturvetenskapliga fakta ditt sätt att argumentera?
På vilket sätt?
Om inte vad bygger du ditt ställningstagande på?
Argumentera naturvetenskapligt.
Redogör för det naturvetenskapliga innehållet?
Vilka andra ämnesområden är viktiga för förståelsen av frågan?
Förbränning.
Begravning.
Fjärrvärme – hur fungerar det?
Bemöt mina argument.
Vad känner du för artikeln? Påverkar det ditt sätt att resonera?
Kan du beskriva komplexiteten i frågan?

Annat bränsle.

Hur tänker du dig att det går till när koldioxid och vatten bildas vid förbränning?

Energi – materia.

Titta på svar från intervju ett och två.

Vilka likheter hittar du?

Vilka skillnader?

Vad beror det på att du tar upp liknande saker i alla intervjuerna?

Svar från tre enkäter.

På vilket sätt skiljer sig svaren?

Varför svarar man som man gör?

Vad var det som gjorde att du förstår det som du gör.

Frågan på enkäten om kemiska reaktioner. Varför svarar du så?

Mall för intervju med handledare NO1.

Vad är du för slags lärare?

Har du arbetat med PBL förut?

Hur blev du introducerad till PBL-arbetet?

Vad tycker du om PBL?

Är det något du inte tycker om?

Hur strikt följer du PBL reglerna?

Jag är intresserad av PBL kopplat till miljöfrågor och miljöundervisning. Därför frågar jag vad du personligen sätter upp för mål för miljöundervisning.

Innebär det att man behöver några särskilda kunskaper?

Hur stämmer det här med kursplanen?

Kursplanen har du medverkat i arbetet med den?

Tycker du att miljöinnehållet stämmer överens med hur du själv ser på det?

Hur använder ni kursplanen?

Anser du dig miljömedveten?

Och vad menar du det?

Framtidssyn?

Tycker du att du har något inflytande på den utvecklingen?

Det slutna ekosystemet. Vad tycker du att de ska lära sig?

Är det några viktiga processer man kommer in på

Trädet Är det något som tillkommer i den som man inte får med i burken?

Yo amigo. Vad tycker du den har för mål?

Övergödning och försurning. Vad tycker du den går ut på?

Och så har vi den sista. Vad gick den ut på?

Hur tänker du när du skriver illustrationer?

Och det du gör i resursföreläsningen?

Har du informerat de andra basgruppshandledarna om vad dina illustrationer går ut på?

Finns det en text om detta?

Hur vet man vad gruppen kan?

Utmanar de varandra tillräckligt?

Om de märker att de kommer fel hur kan du styra det?

Vad styr hur djupt de kommer?
Vilken roll har du som handledare? Hur aktiv är du?
Skulle de kunnat klara sig utan handledare?
Tycker du själv att du är annorlunda som handledare på de avsnitt när du är ämnesmässigt starkare än på de avsnitt när du är ämnesmässigt svagare ?
Är det risk att de lär sig fel?
Du har skrivit hjälpsidor. Har du haft nytta av det du fått?
Resursföreläsningar. Vad du har du lagt vikt vid? Hur har du tänkt när du lagt upp föreläsningen?
Får de några ledtrådar på resursföreläsningen om tentan?
Hur vet studenterna vad de ska lära sig?
Hur skulle du vilja beskriva dina grupper?
Vad har du haft för könsfördelning?
Styr det på något sätt gruppen om det är killar och tjejer i den?
Finns det något som tillförts om det funnits killar i tjejgruppen?
Har du några invandrare? Betydelse?
Nivån på litteratur. Vad har de läst? Har det varit rimligt?
Protokollen?
Tentan`?
Gick det för gruppen som du trodde? Ser man i gruppen vilka som kan och inte kan?
Fanns det något i tentan med generella svagheter eller styrkor?
Hur vill du utveckla kursen?
Hinder?

Bilaga 6.

Mall för intervju med lärare NO2.

Du har haft X- kursen. Vad har du haft för uppgift i kursen?
Skulle du kunna berätta om kursen. Hur ser du på helheten i kursen och hur ser du på din del i kursen?
Tycker du att kursen är anpassad efter deras behov som blivande grundskollärare?
På vilket sätt tycker du det?
Miljöfrågorna?
Ämnesdidaktik?
Vilka arbetsätt? Hur jobbar ni? Hur går det till?
Finns det något som studenterna har svårigheter med i kursen?
Hur har du uppfattat att de förstår begreppen?
När de laborerar. Hur tänker du kring laborationer? Vilken sorts laborationer? Vilken sorts instruktioner?
Hur tänker du kring examination?
Har de skriftlig tentamen?
Skriver de labredogörelser?
Vad vet du om deras förkunskaper? De har ju läst en NO1 kurs som behandlar en del av de här sakerna. Har du någon upplevelse av vilka förkunskaper de har med sig?
Utnyttjar du på något sätt att de läst PBL innan?
Litteratur?