

NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I
SKOLAN

Nr 17

NATIONELL UTVÄRDERING 95 – ÅK 9

ENERGI I NATUR OCH SAMHÄLLE

Björn Andersson, Frank Bach, Ann Zetterqvist

Göteborgs universitet
Inst för ämnesdidaktik, Avd för naturvetenskap
Box 1010, S-431 26 MÖLNDAL
Telefon: 031-7732000, Fax: 031-7732060
<http://na-serv.did.gu.se/nadforsk/nadforsk.html>

Red: Björn Andersson ISSN 1102-5492



NATIONELL UTVÄRDERING 95- ÅK 9
ENERGI I NATUR OCH SAMHÄLLE

Björn Andersson, Frank Bach, Ann Zetterqvist

NA-SPEKTRUM

Nr 17

SAMMANFATTNING

I Skolverkets Utvärdering av Grundskolan 1995 (UG 95) ingår ett naturvetenskapligt delprojekt. I detta har slumpmässiga riksurval av elever i åk 9 prövats med avseende på sina kunskaper inom områdena 'optik', 'temperatur och värme' samt 'energi'. I föreliggande rapport redovisas arbetet med energiavsnittet.

Rapporten inleds med en diskussion om varför vi undervisar om energi i grundskolan, vad undervisningen skall innehålla enligt läroplanen och hur den kan läggas upp. Därefter beskrivs forskningsresultat angående elevers begrepp om energi och deras svårigheter att förstå. Med hänsyn taget till allt detta skisserar vi vad som skulle kunna innefattas i ett energibegrepp för liv och samhälle och ställer upp ett antal mål som utgångspunkt för utvärderingen. Målen är uttryck för vår förståelse av läroplanen, undervisningspraxis, energibegreppets natur och elevernas sätt att tänka om energi.

Med utgångspunkt från dessa mål har ett antal uppgifter utvecklats och utprovats. Till slut har vi valt ut nitton stycken att ingå i den nationella utvärderingen, varav tretton är öppna, dvs. eleverna skriver själva sina svar, vilka sedan kategoriseras av oss. Vi redovisar i rapporten utförligt hur eleverna svarat på de nitton uppgifterna.

Väsentliga resultat är följande insikter i elevernas energibegrepp och svårigheter att förstå:

1. En hel del elever tänker sig, i olika situationer, att energi bara uppstår.
2. Föreställningen att energi förbrukas och försvinner är vanlig.
3. Energi tenderar att förknippas med att något händer.
4. Energi tenderar att förknippas med den levande världen, särskilt människor.
5. Att ha energi kan i vardagstänkandet vara liktydigt med att känna sig pigg och må bra.
6. Eleven har svårt att föreställa sig lägesenergi. System som har lägesenergi uppfattas av relativt många som 'energilösa'.
7. Då eleverna uppmanas att beskriva hur energin flödar och omvandlas tenderar de att beskriva händelser och objekt snarare än energins flöde med tydliga länkar till den konkreta världen.
8. Det är få steg i elevernas händelsekedjor/energikedjor.
9. Energiprincipen används sällan.

Med utgångspunkt i vunna resultat och genomförda analyser diskuterar vi avslutningsvis alternativa uppläggningar av grundskolans undervisning om energi.

INNEHÅLL

	sid
FÖRORD	7
<i>BAKGRUND OCH REFERENS RAM</i>	
1 UPPDRAG, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING	9
1.1 Fokus på begreppsförståelse	9
1.2 Övriga avgränsningar	10
1.3 Kvalitativ inriktning	10
1.4 Utvecklingsvaliditet	11
2. NÅGRA METODPROBLEM	12
2.1 Om tolkning av mål och generalisering av resultat	12
2.2 Om värdering av resultat	13
3 UNDERVISNING OM ENERGI I GRUNDSKOLAN – VAD OCH VARFÖR?	14
3.1 Vad säger läroplanen?	14
3.2 Energikunnande för liv och samhälle	15
3.3 Att förstå naturen	17
4 OLIKA SÄTT ATT PRESENTERA ENERGI BEGREPPET	19
4.1 Energi som abstrakt kvantitet	19
4.2 Ett konkretare alternativ	20
4.3 Energi i svenska högstadietexter – två exempel	21
4.4 Tre uppfattningar om energi i läroböcker – missförstånd eller medvetna förenklingar?	22
5 ELEVERS BEGREPP OM ENERGI	26
5.1 Vardagsföreställningar	26
5.2 Energins bevarande	29
6 TRÅDARNA SAMLAS	31
6.1 Ett energibegrepp för liv och samhälle	31
6.2 Mål och testuppgifter	32
<i>RESULTAT</i>	
7 ATT SKILJA MELLAN ENERGI I NATURVETEN- SKAPLIG OCH ANNAN MENING	35
1 Fysisk träning	35
2 Rätt eller fel om energi?	38
8 ENERGISLAG OCH ENERGIOMVANDLINGAR	39
3 Fyra bilder – rörelseenergi	39
4 Fyra bilder – lägesenergi	41
5 Vagn uppför backe	43
6 Kraftverket	45

9	ENERGIN BEVARAS, DEN KAN INTE UPPSTÅ ELLER FÖRSVINNA	47
7	Klot och fjäder	47
8	Ficklampan	51
9	Kulan i backen	55
10	Raketbränslet	59
10	ENHETER OCH ENKLA BERÄKNINGAR	63
11	J och kWh	63
12	Brödrost eller TV?	64
13	Vad kostar elen i köket?	65
11	ENERGIFLÖDET PÅ JORDEN	66
14	Följa energin från solen	66
15	Förnybara energikällor	70
16	Bensinen	72
17	Fossil energi	75
12	ENERGI I HEMMET	76
18	Spara energi	76
19	Effekt på elapparater	78
	MÖJLIGHETER	
13	ANALYS AV RESULTAT	81
13.1	Koppling till det levande: energi i naturvetenskaplig och annan mening	81
13.2	Energislag och energiomvandlingar	82
13.3	Energins bevaras, den kan inte uppstå eller försvinna	87
13.4	Eenheter och enkla beräkningar	91
13.5	Energiflödet på jorden	92
13.6	Energi i hemmet	94
13.7	Om att använda testuppgifterna i undervisningen	95
14	VÄRDERING	96
15	GRUNDSKOLANS UNDERVISNING OM ENERGI – NÅGRA NYA MÖJLIGHETER	99
15.1	Utgångspunkter	99
15.2	Idén om energiflöde som alternativ till vardagstänkande	100
15.3	Energiflödet på jorden – ett mönster som förenar biologi, fysik och kemi	102
15.4	Energiformer	102
15.5	Energispråk i fyra olika sammanhang	104
	NOTER	106
	REFERENSER	108

FÖRORD

Ärade läsare!

Du har nu framför dig ett nummer av skriftserien NA-SPEKTRUM, som redovisar STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN. Dess hemvist är Avdelningen för naturvetenskap vid Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet. Serien är en fortsättning på ELEVPERSPEKTIV. Motivet för namnändringen är att förståelse för elevens perspektiv är nödvändigt men inte tillräckligt när det gäller hur skolans naturvetenskapliga undervisning skall utformas. Vi försöker nu gå vidare på olika sätt.

–Vi strävar efter att använda kunskaper om hur eleven tänker till att konstruera, pröva och utvärdera nya undervisningssekvenser inom centrala begreppsområden.

–Vi försöker kombinera elev - och samhällsperspektiv till nya mål och nya begreppsstrukturer för olika åldrar.

–Vi strävar efter att samordna de olika naturvetenskapliga ämnena och att skapa länkar mellan naturvetenskap, teknik och samhälle.

I den här rapporten redovisas och analyseras resultat från den nationella utvärdering som gjordes vt 1995. Det är fråga om hur elever i åk 9 svarat på nitton uppgifter om energi. Rapporten är den första från projektet UG 95 – NATURVETENSKAP, som är en del av Skolverkets nationella utvärderingsprogram. (UG betyder Utvärdering av Grundskolan.) I projektgruppen ingår Björn Andersson, Frank Bach och Ann Zetterqvist med den förstnämnde som projektledare.

De åsikter, värderingar och slutsatser som framförs i ett givet nummer är författarnas, och delas inte nödvändigtvis av medlemmarna i Avdelningen för naturvetenskap eller, i förekommande fall, av uppdragsgivaren.

Mölndal, juni 1996

Red

BAKGRUND OCH REFERENSRAM

1 UPPDRAG, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING

Sent på våren 1994 startade projektet UG 95 – NATURVETENSKAP som en del av Skolverkets nationella utvärdering¹. Projektgruppen, som består av tre halvtidsanställda personer, har i uppdrag att belysa i vilken utsträckning svenska elever uppnår grundskolans mål avseende kunskaper och färdigheter i naturvetenskapliga ämnen. Vidare gäller som riktlinje att utvärderingen 1995 skall vara ett komplement till den som genomfördes 1992. Undersökningsgruppen utgörs av 3000 slumpmässigt utvalda elever i åk 9 (riksurval). Vi har fått disponera dessa elever under en lektion (40 minuter) vt 1995.

1.1 Fokus på begreppsförståelse

För att göra arbetet hanterbart inom den givna ramen har vi gjort ett antal avgränsningar. Den första är att *fokusera begreppsförståelse*, vilket är naturligt eftersom naturvetenskaplig undervisning i stor utsträckning går ut på att eleven skall lära sig begrepp av olika slag, som kan användas för att bättre förstå omvärlden. Oavsett hur den naturvetenskapliga undervisningen organiseras är det enligt vår mening önskvärt att den leder till en varaktig begreppslig behållning. Om inte detta sker har eleverna inga naturvetenskapliga tankeverktyg med vilka nya situationer i framtiden kan förstås, t. ex. miljöproblem.

Det finns förvisso en hel del andra aspekter än begreppsbyggnad som är viktiga i den naturvetenskapliga undervisningen. En sådan är naturvetenskapens sätt att arbeta, t. ex. att pröva teorier med experiment. En annan är den historiska dimensionen, som kan hjälpa eleven till förståelse av att begrepp och teorier är mänskliga konstruktioner snarare än absolut sanna avbildningar av naturen. Växelspelet naturvetenskap-teknik-samhälle är ytterligare ett betydelsefullt inslag. Av dessa andra aspekter prioriterar vi experimentellt arbete. Just nu står emellertid begreppsaspekten i centrum för vårt arbete.

¹ UG 95 betyder Utvärdering av Grundskolan 1995. Övriga delprojekt i UG 95 gäller engelska, franska, matematik, samhällsorientering, SYO, svenska och tyska. En särskild grupp har ansvar för det slumpmässiga riksurvalet av och uppläggnen av en databank för hela projektet.

Begreppsbyggnad har länge betonats i den internationella diskussionen om naturvetenskaplig utbildning. Så här skrev t. ex. Karplus (1) för 30 år sedan :

...de tidiga skolåren skall erbjuda ett tillräckligt omväxlande program som är fyllt av konkreta erfarenheter. Det svåra, och det som ofta förbises, är att de konkreta erfarenheterna måste presenteras i ett sammanhang som hjälper eleverna att bygga upp en begreppsstruktur. Då, och endast då, kommer det tidiga lärandet att utgöra en grund för assimilering av erfarenheter som kommer senare, erfarenheter som innefattar antingen direkt observation eller rapporter om observationer som är gjorda av andra. Med andra ord – för att kunna använda information som andra har erhållit, för att ha utbyte av att läsa böcker och andra källor, så måste individen ha en begreppsstruktur och ett medel att kommunicera, som gör det möjligt att tolka information som om han hade förskaffat sig den själv. Jag kommer att kalla denna funktionella förståelse av naturvetenskap för 'naturvetenskaplig utbildning'.

Denna uppfattning, som även uttrycker intentionerna med den naturvetenskapliga undervisningen enligt såväl Lgr 80 och Lpo 94, understryker betydelsen av att eleven har så pass generella begrepp att de lätt kan mobiliseras och användas i nya situationer, t. ex. då man läser tidningen, ser på TV eller diskuterar med andra.

Det sagda kan sammanfattas med en metafor: Begreppen är individens redskap för att tillfredsställa sin vetgirighet.

1.2 Övriga avgränsningar

En annan avgränsning är att *lägga tonvikt på fysik*. Skälen till detta är riktlinjen att UG 95 skall vara av kompletterande karaktär och att vi i den nationella utvärderingen 1992 i huvudsak uppehöll oss vid kemi och biologi.

Vi har valt att *utvärdera ett begränsat antal områden*, som vi bedömt som viktiga. Det föreföll oss bättre att få en relativt allsidig kännedom om elevernas begrepp och eventuella svårigheter att förstå inom några delar av kursen än en mer uttunnad kunskap som spänner över ett större fält. Genom att slumpmässigt dela in de 3000 eleverna i riksurvalet i fyra undergrupper har vi kunnat undersöka fyra områden med drygt tio uppgifter vardera. De fyra valda områdena är 'optik inklusive viss astronomi', 'temperatur och värme', 'energi – grundbegrepp' samt 'energi i natur och samhälle'. Områdena berör centrala delar av grundskolans fysik och är av vikt även för kemi och biologi.

Vi har valt att *enbart använda papper-och pennauppgifter*. Den mycket korta förberedelse tiden har ej medgett utarbetande av experimentella inslag på nationell nivå.

1.3 Kvalitativ inriktning

När det gäller bearbetning av elevsvar kan man välja en kvantitativ eller kvalitativ inriktning eller en kombination av båda. En kvantitativ ansats innebär att svar poängsätts. Om poängsummor relateras till varandra kan man få reda på att en elev, klass, skola eller nation kan och vet mer eller mindre än andra elever, klasser,

skolor och nationer i relation till ett givet test. Detta kan ha sitt intresse att känna till. Poängtal kan också användas vid mer avancerade statistiska analyser, t. ex. av vilka bakgrundsfaktorer som har betydelse för ett bra resultat.

Vår erfarenhet är att analys av elevsvar med kvalitativa metoder såsom kategoriseringar kan ge betydligt rikare och för läraren mer värdefull information än poängtal, både när det gäller att beskriva elevernas kunskaper vid ett givet tillfälle och deras kunskapsutveckling. Jämför t. ex. följande två utsagor:

–I åk 9 har elever i kommun X i medeltal 5 poäng på ett test i ellära. I åk 3 på gymnasiet är resultatet på samma test 11 poäng.

–I åk 9 använder många elever en källa-förbrukarmodell för elkretsar. De tänker sig t. ex. att ström förbrukas och behandlar krets-element som enpoliga. I åk 3 dominerar en slutna kretsmodell, men eleverna betraktar spänning som en egenskap hos strömmen.

Den senare beskrivningen är mer informativ för läraren, i synnerhet när innebörden ytterligare konkretiserats med exempel på elevsvar. Med andra ord kan man säga att en kvalitativ ansats fokuserar hur eleverna tänker och vad detta betyder, en kvantitativ hur mycket de kan och om svaren är rätt eller fel.

Vi beslöt att liksom vid utvärderingen 1992 ha en kvalitativ inriktning på vårt arbete. I huvudsak har detta inneburit att vi i en pilotstudie prövat öppna uppgifter, dvs. sådana som eleverna själva skriver svar till. Svaren har vi försökt att kategorisera. Då vi fått fram få och tydliga kategorier för en uppgift har vi ibland gjort om den till en flervalsfråga med de funna kategorierna som alternativ. Merparten av våra slutliga uppgifter är av typ öppet svar, som kategoriseras av oss. En konsekvens av vår kvalitativa inriktning är att vi betraktar svarsbilden på varje enskild uppgift som en viktig möjlighet att skapa kunskaper. Ofta ger ett noggrant studium av svaren intressanta inblickar i elevernas sätt att tänka och därmed också uppslag till förbättringar av undervisningen i smått och stort.

Ovanstående innebär inte ett avståndstagande från kvantitativa metoder i allmänhet och poängsättning i synnerhet. Vår analys av elevsvar är visserligen i stor utsträckning kvalitativ, men enkla kvantitativa metoder används också.

1.4 Utvecklingsvaliditet

Vi har ambitionen att genomföra utvärderingen på ett sådant sätt att den undervisande läraren får stimulans i sitt tänkande och handlande. Om vi lyckas i detta uppsåt bidrar vi till att grundskolans naturvetenskapliga undervisning utvecklas på ett positivt sätt. Med andra ord kan man då säga att vårt arbete har en god utvecklingsvaliditet. Uttryck för denna strävan är att vi kopplar våra testuppgifter till den internationella forskningen om elevtänkande, att vi använder kvalitativa analysmetoder och att vi diskuterar elevsvaren ur undervisningssynpunkt.

2 NÅGRA METODPROBLEM

2.1 Om tolkning av mål och generalisering av resultat

Den som utvärderar måste göra tolkningar och preciseringar av läro- och kursplaner, dvs. subjektiva bedömningar. Det finns därför skäl att fråga sig i vilken utsträckning vi utvärderar den undervisning och det lärande som faktiskt har ägt rum i landets olika skolor. Vi har beaktat detta problem på tre sätt:

–Råd har kontinuerligt inhämtats från en mindre referensgrupp av erfarna högstadielärare.

–Några lärarutbildare har bedömt våra förslag till uppgifter.

–Befintliga läromedel har studerats.

På så sätt får vi en viss förankring i undervisningspraxis. Men i strikt mening är det vår egen tolkning av de nationellt angivna målen som utvärderas. Vi hoppas att den lärare-läsare som har annorlunda mål än vi likväl ser denna rapport som ett bidrag till kunskapsbildningen på området. Exempelvis har man möjlighet att jämföra sina egna mål och utvärderingen av dessa med våra analyser och resultat, vilket kan leda till nya insikter och uppslag.

Ett annat tolkningsproblem hänger ihop med att läroplanen har både överordnade och ämnesspecifika mål, vilka tillsammans utgör en helhet. Skall de överordnade målen påverka testsituation och testinnehåll? Ta som exempel det självklara målet att skolkunskaper ska kunna användas i olika framtida sammanhang, såsom att sätta sig in i en samhällsfråga och ta ställning. En testsituation i linje med detta kan vara att läsa en tidningsartikel, förstå vad den handlar om och resonera sig fram till en självständig ståndpunkt, på egen hand eller i en grupp. Artikeln antas kräva ett naturvetenskapligt kunnande för att bli begriplig. Andra situationer kan vara att se ett TV-program, ta del av en utredning i lämpligt tillrättalagd form etc. Vår bedömning av dessa möjligheter när det gäller den naturvetenskapliga undervisningen är att varken vi själva eller undervisningssystemet är mogna för test liknande dessa, trots att de måste anses vara önskvärda. De flesta lärare bedriver ämnesundervisning vars syfte förvisso är att ge eleverna kunskaper som de kan använda i olika situationer i framtiden, men där prov av den typ vi diskuterat ovan är ovanliga. Vi valde därför att studera begreppsförståelse med ett antal kortare uppgifter av olika slag, och med motiveringar som angetts i avsnitt 1.1.

Oavsett hur man gör finns generaliseringsproblem när det gäller att dra slutsatser av vunna resultat. Om eleven t. ex. visar sig ha energibegrepp som gör att han begriper ett givet TV-program, kan vi då säga att han också förstår olika tidningsartiklar om energi? Om eleven visar god förståelse för energi genom att svara iniktsfullt på ett antal testfrågor, kan vi då säga att han också begriper tidningsartiklar och TV-program i ämnet? Det finns inga teorier om tänkande som hjälper oss att besvara dessa frågor. Sannolikt är det dock så, att ju bättre resultatet är på en typ av test, desto bättre är det också på ett annat.

Ännu ett problem har att göra med steget från preciserade mål till testuppgifter. Även här kommer ett tolkningsmoment in i bilden, vars omfattning beror av precisionsgraden. Vi har valt en målskrivning som ger ett ganska stort tolkningsutrymme. Alternativet att precisera målen så mycket att testuppgifterna nästan blir självklara leder till omfattande och rigorösa måldokument, som lämnar ringa utrymme för intuition och fantasi.

Också i detta sammanhang finns ett generaliseringsproblem av liknade art som det nyss nämnda. Om eleverna svarar bra på några uppgifter om energi, kan vi då säga att deras kunskaper inom området generellt sett är bra? Om vi noterar en viss form av vardagstänkskande i svaret på en uppgift, kan vi då säga att det finns också i andra sammanhang? Vi försöker hantera detta problem på två sätt. Dels koncentrerar vi oss på ett fåtal områden och belyser dessa med relativt många uppgifter i stället för att försöka utvärdera hela kursen. Det senare alternativet innebär betydligt färre uppgifter inom ett visst område. Dels relaterar vi vunna resultat till den internationella forskningen om elevers begrepp och tänkande angående naturvetenskapliga fenomen. Båda dessa åtgärder kan öka tillförlitligheten av generella slutsatser angående vad elever kan och vilka svårigheter de har att förstå inom det studerade området.

2.2 Om värdering av resultat

Som framgår av namnet på vår verksamhet avser den att värdera grundskolans naturvetenskapliga undervisning. Naturligtvis skall detta ske i form av en bred och allsidig diskussion. Projektgruppens primära roll i sammanhanget är att skapa förutsättningar för andra att värdera. Vår linje är därför att så tydligt som möjligt redovisa de olika stegen i arbetet – från utgångspunkter till slutsatser – så att det är möjligt för läsaren att hela vägen göra kritiska bedömningar.

I detta sammanhang vill vi fästa uppmärksamheten på några komplikationer. En sådan är det faktum att den nationella utvärderingen inte är ett kontrollerat experiment. I princip kan man därför inte dra slutsatsen att goda resultat beror på undervisningen. Det finns ju ingen kontrollgrupp som inte undervisats. Däremot kan mindre goda resultat alltid motivera förbättringar. Vi anser att detta problem beror av ämne. Ett gott resultat i engelska kan åtminstone delvis förklaras med att eleverna hör engelska talas på film och i TV, lyssnar på och sjunger poplåtar, pratar engelska med jämnåriga etc. För fysik, kemi och delvis biologi är situationen en annan. Våra ungdomar möter i ringa utsträckning naturvetenskapligt kunnande i sitt dagliga liv. Det är ingen tillfällighet att propositionen 'Växa med kunskap' för några år sedan framhöll behovet av en naturvetenskaplig alfabetisering som omfattar hela folket. Mot denna bakgrund bedöms sannolikheten vara hög för att bra resultat beror på de naturvetenskapliga lärarnas insatser.

En annan komplikation är vad man skall mena med bra och dåligt resultat. Man kan fundera över detta från två helt olika utgångspunkter. Den ena är uppsatta mål, som man naturligtvis hoppas att de flesta elever uppnår. Den andra utgångspunkten är antagandet att eleverna innan undervisningen bara har vardagskunnande, dvs. inget naturvetenskapligt kunnande alls. Inom denna ram är t. ex. resultatet att 30% av eleverna svarar rätt på en uppgift ett tecken på en betydande framgång. I stället för några få är det cirka 30 000 elever i en årskull som har ett naturvetenskapligt kunnande.

Vi överlämnar – i linje med vår uppfattning att vi skall skapa förutsättningar för andra att värdera – till läsaren att välja en av dessa utgångspunkter eller att artikulera en egen!

3 UNDERVISNING OM ENERGI I GRUNDSKOLAN – VAD OCH VARFÖR?

3.1 Vad säger läroplanen?

UG 95 genomförs i skarven mellan två läroplaner. I princip är det Lgr 80 som är utgångspunkten för projektet, men eftersom det också gäller att blicka framåt är det av intresse att även studera vad Lpo 94 har att säga om energi.

Det finns i Lgr 80 inte något uttryck för att energi är ett grundläggande begrepp som kan binda samman de olika NO-ämnena. Däremot nämns ett antal processer som skall ingå i undervisningen, och som underförstår ett energibegrepp, t. ex. fotosyntesen och vattencykeln. Några saker sägs också direkt om energi:

–Försörjning och förbrukning av energi¹. Olika energiformer och energiomvandlingar. Åtgärder för att spara energi. (s. 119)

–Fysikaliska företeelser av betydelse för människan och naturen, t. ex. krafter, värme, energiomvandlingar, radioaktivitet. (s. 117)

Vi tolkar detta som att undervisningen dels skall ge eleverna vissa grundbegrepp om energi (energiformer och energiomvandlingar), dels ge viss förståelse för energi både i natur och samhälle (energiförsörjning, energisparande).

Energibegreppet har en centralare ställning i de kursplaner som hör till Lpo 94. Redan i inledningen till 'Biologi, fysik och kemi' sägs:

–Genom studier i biologi, fysik och kemi får eleven bl. a. kunskaper om materiens egenskaper och dynamik, om energins flöden, om livets villkor och utveckling och om människan som biologisk varelse. Kunskaper i naturvetenskap och dess tillämpningar är en förutsättning för förståelse och handlingsberedskap i samhälls- och vardagslivet. (s. 7)

I de gemensamma målen att sträva mot för biologi, fysik och kemi heter det:

–Skolan skall i sin undervisning i de naturorienterade ämnena sträva efter att eleven utvecklar kunskaper om energiflödet från solen genom olika naturliga och tekniska system på jorden samt om de naturliga kretsloppen. (s. 8)

När det så gäller kursplaner för de enskilda ämnena framhålls i biologi som exempel på processer i ekosystem *'energins flöde genom systemet, inklusive fotosyntesens roll'*. (s. 9) Fysiken har som ett mål att sträva mot

–att eleven utvecklar kunskaper om energi och energiformer, energiomvandlingar och energikvalitet samt om samhällets energiförsörjning. (s. 11)

Ett mål att uppnå i slutet av nionde skolåret är:

–Eleven skall känna till olika energiformer och energiomvandlingar och känna till att energin vid dessa omvandlingar alltid bevaras samt därmed förenade miljö- och säkerhetsproblem. (s. 12)

Vi konstaterar att Lpo 94 väsentligen säger samma saker som Lgr 80 men på ett tydligare sätt. Eleverna skall tillägna sig grundbegrepp om energi och få kunskaper om energi i natur och samhälle. I Lpo 94 nämns energiprincipen och energikvalitet, vilket inte sker i Lgr 80.

¹ Här kan anmärkas att läroplanen använder tekniskt och inte naturvetenskapligt språkbruk. I naturvetenskapligt sammanhang kan man säga att ett energislag förbrukas, men inte energi, som bevaras.

3.2 Energikunnande för liv och samhälle

Ett överordnat syfte med grundskolans undervisning är att hos eleven utveckla intresse och förståelse för sin omvärld. I denna omvärld spelar frågor om produktion och konsumtion av olika energislag en central politisk och ekonomisk roll, varför 'energi' framstår som ett viktigt område i folkundervisningen. Låt oss därför utveckla temat 'energikunnande för liv och samhälle' lite närmare.

Energiflödet på jorden

Ett överordnat sammanhang för analys av, och diskussion om, samhällets energiförsörjning ges i figur 3.1 på nästa sida. Figuren kan användas på olika sätt, t. ex.:

–Man kan uppskatta proportioner och finna att över 80% av människans alla aktiviteter drivs genom förbränning av olja, kol och gas.

–Genom att olika samband klarläggs kan man ställa frågor om sådant som annars inte är helt uppenbart, t. ex. om det är någon miljövinst med att övergå till el-bilar om elen genereras genom förbränning av fossila bränslen.

–Man kan sätta in alla sina dagliga aktiviteter i det stora mönster som figuren visar och reflektera över de många små bidragens betydelse för mönstrets utseende.

–Man kan få förståelse för fotosyntesens betydelse för livet på jorden.

–Man kan ta reda på och diskutera hur energiflödet sett ut under olika epoker av människans historia och spekulera över hur det kan ändras i framtiden och vad detta i så fall innebär.

Det framstår som önskvärt att eleverna i åk 9 har kunskaper om människans energisituation i stort och om olika slags energikällor inklusive problem förknippade med deras användning. Detta kan leda till insikten att hushållning med energi är angeläget.

Energiflödet i bostaden

Det globala perspektivet på energifrågorna behöver kompletteras med det personliga. Är eleven medveten om sin egen energianvändning, t. ex. i hemmet? Om kylskåpsdörren alltid står öppen då man breder sina smörgåsar drar man inte full nytta av ingenjörernas ansträngningar att åstadkomma energisnålhet. Det är onödigt att koka ett ägg i en liter vatten. Duschtiden kan minskas åtskilligt utan att man blir mindre ren. Osv.

Det är givetvis önskvärt att eleven har en god uppfattning om energiflödet genom en bostad och vad man kan göra för att reducera det. Detta kan ses mot bakgrund av hur våra elräkningar är utformade. De innehåller inga specifikationer, t. ex.

–uppvärmning av bostad

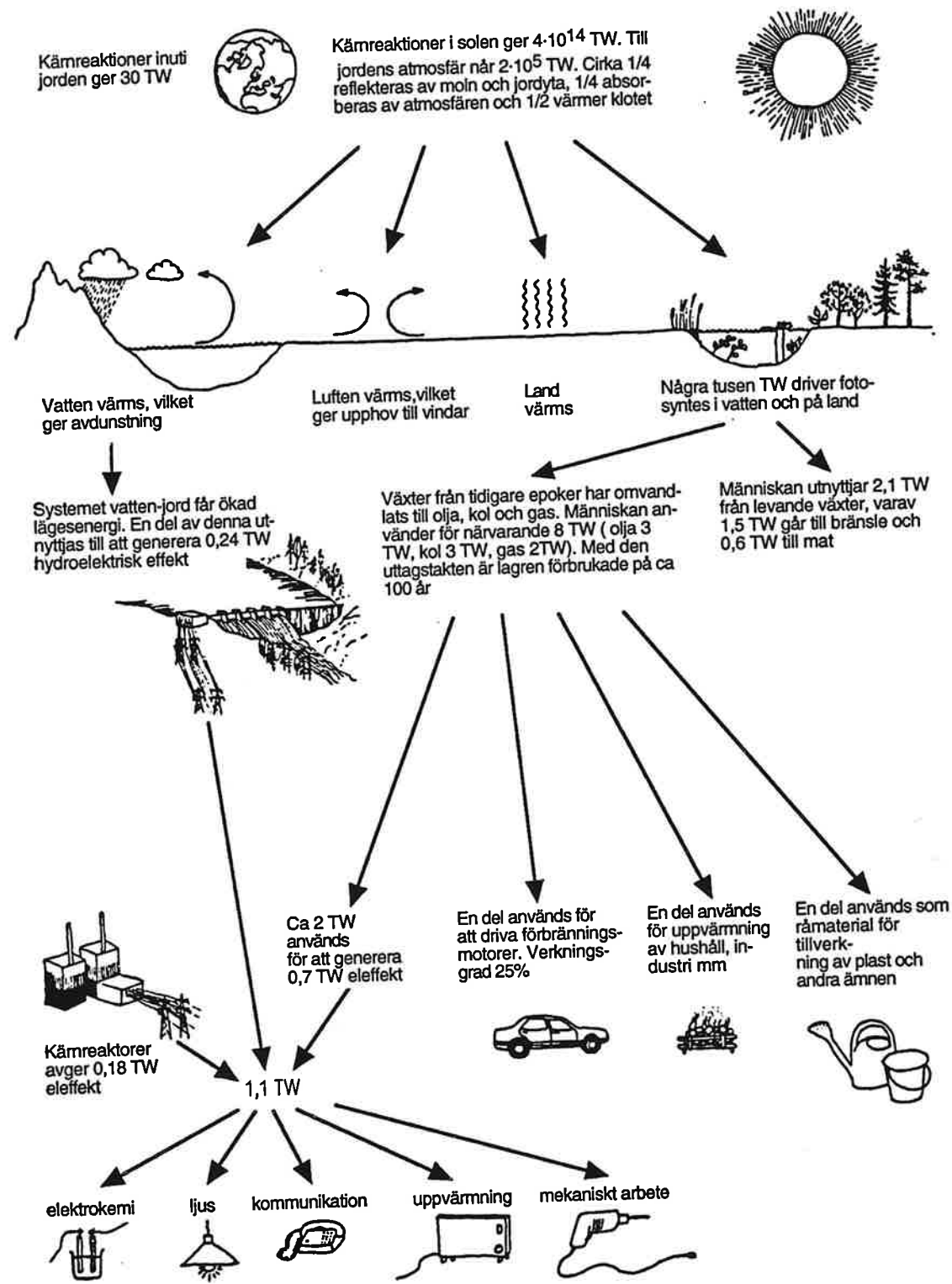
–varmvatten

–elispis

–kyl och frys

–belysning

–tvätt och tork



Figur 3.1 Genomsnittligt globalt effektinflöde och effektanvändning på jorden. (Enhet 1 TW = $1 \cdot 10^{12}$ W).

Resande

Ett annat kapitel är resande. Det totala inrikesresandet var 1280 mil per invånare år 1990 (2). Biltrafiken stod för 1000 mil (78%), buss och spårvagn för 115 mil (9%), järnväg för 90 mil (7%) och flyg för 38 mil (3%). Eleverna behöver ha insikter i vad detta betyder ur energi- och miljösynpunkt. Bland annat kunskaper om energi- och materiaflödet genom en bilmotor framstår som angeläget, särskilt om man noterar att det finns närmare en halv miljard bilar i bruk på vårt klot. Kanske kan kunskaper om resandets energi- och miljöaspekter stimulera ungdomarna att i vuxen ålder fortsätta med något som de är vana vid, nämligen att åka kollektivt med buss och tåg.

Vår föda

Maten vi äter ger oss tillsammans med syret vi andas in energi. Eleven skall naturligtvis veta att fetter, kolhydrater och proteiner tillsammans med syre ger oss mycket energi och känna till i vilka livsmedel de förekommer. Vitaminer, mineraler och vatten är livsnödvändiga men ger inget energitillskott av betydelse.

Men det finns också andra viktiga energiaspekter på vår föda, nämligen transporter och odlingsmetoder. Hanteringen av livsmedel har blivit centraliserad. Distribution till butiker sker från få och stora lager. Varje dag transporterar lastbilsflottan inom Sverige 0,9 kg livsmedel 100 mil för att försörja en person (3). Till detta kan läggas transporter utom landet, liksom de som skett i Sverige med andra färdmedel. Transport av livsmedel behöver belysas i undervisningen om energi och olika möjligheter att påverka i riktning mot mindre energianvändning diskuteras, t. ex. energi- och miljöskatter och konsumentens val i butiken.

Modernt jordbruk kräver handelsgödsel och bekämpningsmedel. Att framställa dessa kräver i sin tur energi. Lägg därtill motoriserad utspridning samt bearbetning av åkerjorden, och man inser att jordbruk energimässigt är en balans mellan den inkomst man får i form av solenergi, bunden i biomassa, och de utgifter i form av hjälpenergi som nyss nämnts. Modern födoproduktion går energimässigt med förlust. Sammantaget brukar man räkna med att det behövs cirka fem gånger mer energi för att få maten på bordet än vad maten tillsammans med syre ger vid förbränning i kroppen (4). Hjälpenergin är ganska jämt fördelad på posterna jordbruk, behandling/transport och tillredning.

3.2 Att förstå naturen

Användning av kunskaper i vardagsliv och samhälle är inte det enda motivet för naturvetenskap i grundskolan. Liksom naturvetenskapen själv syftar också undervisningen till förståelse av naturen. Energibegreppet är i detta sammanhang viktigt, inte bara i fysiken, utan också för att beskriva kemiska reaktioner, organismers energiomsättning och energiflöden genom ekosystem. Kosmos kan ses som energi, vilken manifesteras på olika sätt – materia, fält, rörelse, strålning.

En israelisk gymnasieelev uttryckte sin förståelse på följande sätt i en gruppintervju (5):

–Jag tänker mig att energi inte är något som produceras utan något som transformeras. Om man går bakåt till exempel, så producerades ånga av värmeenergi, som producerades genom att tända en tändsticka. Detta gjordes av

en människa som använde sin energi, och hon fick energi från mat... Man kan aldrig komma till energins början och man kan aldrig komma till dess slut, dvs en process leder till en annan och så vidare...

4 OLIKA SÄTT ATT PRESENTERA ENERGI-BEGREPPET

4.1 Energi som abstrakt kvantitet

Om man frågar en fysiker vad energi är kan man få det svar som nobelpristagaren Richard Feynman en gång formulerade (6):

–Det finns en kvantitet, som vi kallar energi, som förblir oförändrad vid de många förändringar som sker i naturen. Detta är en mycket abstrakt idé, därför att den är en matematisk princip. Den säger att det finns en numerisk kvantitet som inte ändras när något händer. Det är inte en beskrivning av en mekanism eller något konkret. Det är bara ett egendomligt faktum att vi kan räkna ut ett visst tal, och när vi observerat hur naturen utför sina tricks och räknar ut talet igen, så får vi samma resultat.

Energi uppfattas alltså i fysiken som en abstrakt kvantitet. Den går inte att observera med sinnen. Rörelse är t. ex. inte energi, men med rörelsen är energi förknippad ($1/2 mv^2$). Massa är inte energi, men med denna är energi förknippad ($E=mc^2$). Man kan inte observera elastisk energi, men väl tecken på denna, såsom ett spänt gummiband eller en utdragen fjäder. Energi är heller inte orsak till att något inträffar. En bil startar inte på grund av energin i systemet syre-bensin, utan på grund av att detta system exploderar på lämpligt sätt, så att kraft överförs till hjulen. Allmänt uttryckt är det krafter som i den klassiska fysiken orsakar förlopp, inte energi.

Denna energins abstrakta natur leder en del naturvetare till ståndpunkten att energi-begreppet måste byggas upp systematiskt med hjälp av väldefinierade begrepp som massa, hastighet, kraft och arbete. Det finns inte, menar de, några sinnliga erfarenheter som man i undervisningen kan utgå ifrån och bygga vidare på. Därför är den teoretiskt-matematiska vägen den enda möjliga, med begreppsdefinitioner, antaganden om samband, härledningar och experiment.

I korta drag kan detta innebära att man med hjälp av kraftbegreppet definierar arbete och ur Newtons rörelselagar härleder att ett utfört arbete på en fritt rörlig kropp är lika med ökningen av $1/2 mv^2$, som kallas rörelseenergi. Härfter införs begreppet potentiell energi så att summan av potentiell och kinetisk energi för ett slutet system bevaras. Begreppet arbete, som används som ett mått på utbytet av energi mellan växelverkande system, utgör länken till den elektriska energin. Spänning definieras som arbete per enhetsladdning ($U= W/q$), och med hjälp av sambandet $q=It$ får man ur detta ett uttryck för elektriskt arbete, dvs $W=UIt$. Genom att med elektriska metoder värma materia skapas en koppling till värmeläran, som historiskt utvecklade ett separat energibegrepp med 1 kalori som enhet. En annan länk till värmeläran är mekaniskt arbete.

En företrädare för ståndpunkten att en undervisning liknande denna är enda möjligheten att bygga upp ett naturvetenskapligt energibegrepp (Warren) avslutar en av sina artiklar i ämnet så här (7):

–Jag vill rikta den allra mest allvarliga vädjan till lärare i fysik att helt eliminera ordet energi från den elementära undervisningen och när det gäller mer avancerade studier orubbligt basera undervisningen om energi på begreppet arbete.

Denna åsikt sätter onekligen på sin spets frågorna om när, till vilka och hur man skall undervisa om energi. Följer man Warrens vädjan blir det bara en liten del av befolkningen som får möjlighet att i skolan bygga upp ett elementärt naturvetenskapligt energibegrepp, nämligen de elever som studerar enligt N-programmet. Detta är förvisso en utmaning för de demokratiskt sinnade lärare som vill hjälpa majoriteten av eleverna att bygga upp ett energibegrepp på ett sådant sätt att deras möjligheter att aktivt delta i energidebatten vidgas. Finns det några alternativ?

4.2 Ett konkretare alternativ

Ett sätt att få svar på frågan om det finns några alternativ är att studera försök att undervisa om energi i åldrar då en stringent uppbyggnad av ett energibegrepp inte är möjlig. Ett sådant gjordes av projektet Science Curriculum Improvement Study (SCIS) under 1970-talet. Projektledaren Robert Karplus, professor i teoretisk fysik vid Berkeleyuniversitetet, introducerade begreppet så här för lärarna på låg- och mellanstadiet (8):

–Energi är förmågan hos materiella system att åstadkomma förändringar i sig själva eller i omgivningen. Den uppdragna fjädern som får en väckarklocka att gå har energi, liksom ett batteri som driver en fickradio, ljuslågan som smälter vax och idrottsmannen som är redo för ett hundrameterslopp.

Vi noterar att en fysikprofessor med engagemang i skolans undervisning accepterar att i detta sammanhang betrakta energi som orsak till att något sker. Vidare observeras att det är oklart vad som menas med 'förändringar'. En annan komplikation är att förmågan att åstadkomma förändringar inte bara beror av energin som sådan utan också av dess kvalitet. Vi ser inte dessa invändningar som avgörande. Här gäller det att hjälpa lärare som inte är naturvetare att börja forma ett energibegrepp. Fördjupning och förfining kan komma efter hand.

För eleverna infördes, i 11-årsåldern, begreppen energikälla, energimottagare, tecken på energiöverföring samt energikedja helt enkelt genom att lärarna började använda orden i olika situationer: Då man drar upp en klocka är människan energikälla och fjädern i klockan energimottagare. Tecken på energiöverföring är att fjädern späns. Fjädern blir i sin tur energikälla med visarna som energimottagare. Tecken på energiöverföring är att visarna rör sig. Osv. De använda begreppen refererar till något konkret – källa, mottagare och tecken. Härigenom undviks det abstrakta energibegreppet samtidigt som det ändå finns med – det är 'något' som överförs hela tiden. Idén om energiöverföring i kedjor anknyter till elevernas vardagsvärld genom att den bygger på deras erfarenheter av orsakskedjor.

Satsen om energins bevarande formulerades inte i programmet, men eleverna antogs gå en bit på väg mot denna insikt genom att lära sig att energin överförs från källa till mottagare i kedjor, dvs den förbrukas inte. Överföring genom friktion till omgivningen togs dock inte upp med motivering att eleverna ofta inte kunde observera några tecken på detta. 'Lokala' kvantifieringar förekom. Mängden smält vatten togs t. ex. som ett mått på hur mycket energi som överförts till is.

En fördel med det här sättet att introducera energi är att det faktiskt fungerar. Eleverna kan ange vad som är källa och mottagare och vad som är tecken på energiöverföring. De klarar också att följa energin i steg. Genom att möta många exempel vidgas deras erfarenheter så att de förstår att energi överförs inte bara från människa till omgivning, utan från varmt till kallt vatten, från solen till jorden, från

batterier till glödlampor osv. Ett problem är att kunskapen torde bli ganska ytlig. Men man måste någonstans börja om man vill utveckla ett energibegrepp hos de flesta elever. Allteftersom eleverna fördjupar sina kunskaper om olika naturvetenskapliga fenomen kan också deras energibegrepp fördjupas.

Ett annat problem är att ord som källa, flöde och överföring ger associationer till något vätskeliknande, vilket står i motsats till energins abstrakta karaktär. Eftersom denna typ av metaforer används flitigt av både naturvetare och tekniker t. ex. vid översiktliga framställningar av energisituationer (energiflödet genom ett ekosystem, distribution av elenergi i Sverige m. m.) är detta inte någon avgörande nackdel om man klargör att energin inte väger något och att materia i de flesta fall inte omvandlas till energi (veden brinner upp etc).

En intressant fråga är hur man kan gå vidare från begreppen energikälla, energimottagare, tecken på energiöverföring och energikedja. Ökade kunskaper om olika slag av energi (kemisk, elektrisk etc.) är en möjlighet, liksom 'lokal' kvantifiering (t. ex. elräkningen och den energi vi får då vi intar olika livsmedel). Med hjälp av en partikelmodell för materia kan man reda ut energiförluster på grund av friktion och börja bygga upp en bild dels av att energin bevaras, dels att processer innebär att energin som lämnar ett system är mindre användbar än den som kommer in i det.

4.3 Energi i svenska högstadietböcker – två exempel

Eftersom innehållet i högstadiets läromedel är en av de faktorer som påverkar vilka testuppgifter vi väljer att använda i den nationella utvärderingen tar vi tillfället i akt att i detta sammanhang ge två exempel på vad som kan ingå om energi. Det första är från TEFY (9), som kan hänföras till traditionen att införa energi med hjälp av begreppet arbete. Det andra är från Fysik- Försök och Fakta (10), som i likhet med SCIS-programmet tar en annan utgångspunkt än arbete.

Huvuddelen av energiundervisningen enligt TEFY sker i åk 8. Först införs begreppet mekaniskt arbete som produkten av kraft och väg (kraft är tidigare behandlat som något man mäter med dynamometer). Därefter sägs att 'för att uträtta ett arbete behövs energi'. Innebörden i rörelse- och lägesenergi förklaras så med exempel och eleverna får lära sig att utfört lyftarbete motsvarar en ökning i lägesenergi, samt att lägesenergi kan omvandlas till rörelseenergi och tvärt om, t. ex. i en berg- och dalbana. Här efter införs olika former av energi (mekanisk, elektrisk och kemisk energi samt värme, ljus och ljud) och energiprincipen formuleras. Olika energiomvandlingar exemplifieras, inklusive värmeförluster. En översikt av energiflödet på jorden ges också. Vissa kvantitativa inslag ingår, bl. a. enheterna 1J och 1W samt verkningsgrad. I samband med ellära definieras och används begreppen elektrisk energi och effekt. Värme behandlas särskilt. Metoder att mäta temperatur går igenom, liksom värmeöverföring genom strömning, ledning och strålning. Den energi (värme) som åtgår för att höja temperaturen på 1 kg vatten 1 °C anges, liksom smält- och ångbildningsvärme för vatten. I åk 9 ges en orientering om olika energikällor.

Fysik- Försök och Fakta använder som nämnts inte begreppet arbete då energi introduceras. Man börjar så här: 'Det behövs energi till allt du gör. När du slår i en spik i väggen så använder du mekanisk energi. När du kokar kaffe behöver du elenergi för att få den värme du behöver för att vattnet till kaffet skall bli varmt.'

Härefter konstateras att det finns många olika slag av energi: el-, ljud-, värme-, strålnings-, kemisk, mekanisk och kärnenergi. Efter detta behandlas energiomvandlingar med exempel och energiprincipen formuleras. Energiförluster i form av värme tas upp, och en översikt över energiflödet på jorden ges, vilket klargör solens avgörande roll. Elektrisk effekt och energi behandlas kvantitativt och med tonvikt på el i hemmet, t. ex. olika elektriska apparaters effekt. Värme definieras som rörelseenergi hos atomer och molekyler. Termometer och temperatur går igenom, liksom värmeöverföring genom strömning, ledning och strålning. Den energi (värme) som behövs för att höja temperaturen på 1 kg vatten 1 °C anges, liksom smält- och ångbildningsvärme för vatten. I ett senare skede av boken införs kraft och arbete. Det senare används som ett mått på ändring i ett föremåls lägesenergi då det lyfts. I detta sammanhang definieras effekt och verkningsgrad kvantitativt.

4.4 Tre uppfattningar om energi i läromedel – missförstånd eller medvetna förenklingar?

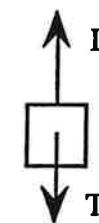
Då man lyfter ett föremål ökar dess lägesenergi

Begreppet lägesenergi brukar introduceras genom att lyfta ett föremål, t. ex. en kloss som väger 1 kg 2 m. Lyftkraften är cirka 10 N, varför arbetet blir 10·2 Nm. Men arbete är ett sätt att överföra energi, och arbetets kvantitet detsamma som kvantiteten överförd energi. Man säger, i såväl grundskole- som gymnasieböcker i fysik, att klossens lägesenergi ökat med 20 J.

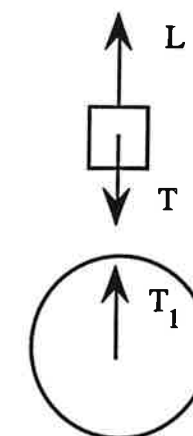
Om man betraktar situationen lite noggrannare, framgår att det är två krafter som verkar på klossen, tyngd- respektive lyftkraft. Vid konstant hastighet är dessa motriktade krafter lika stora. Kraften på klossen är med andra ord noll, vilket i sin tur betyder att arbetet på den är noll. Klossen tillförs alltså ingen energi! (Den lilla accelerationen i början av lyftet kompenseras av retardationen i slutet.) Denna slutsats strider inte bara mot mångårig undervisningspraxis utan också kroppens känsla av att anstränga sig. Hur kan man lösa upp knuten utan att ändra på fysikens definitioner och lagar? Första steget är att välja rätt system. Vi övergår därför från system 'kloss' till system 'jord-kloss' – se figur 4.1! I det senare är T och T_1 lika stora och motriktade inre krafter – klossen påverkar enligt Newtons tredje lag jorden med kraften T_1 . Lyftkraften L bli då en nettokraft som verkar på system jord-kloss, vilket tillförs energin 20 J. Systemet ökar sin gravitationella lägesenergi med 20J. Man kan också säga att energin lagras i gravitationsfältet. (Den person som lyfter påverkar också systemet jord-kloss med en kraft vid fötterna – hon står ju på jorden. Men denna kraft flyttar sig inte på grund av jordens mycket stora tröghet, och utför alltså inte något arbete.)

Det förda resonemanget kan anknytas till termodynamikens första huvudsats. Denna kan skrivas $dU = \Delta W + \Delta Q$, där U betyder ett systems inre energi, W arbete och Q värmemängd. dU betyder en liten ändring, ΔW och ΔQ tillskott (positiva eller negativa). Formuleringen säger att en ändring av systemets inre energi är lika med summan av tillfört arbete och tillförd värme. Om systemet arbetar på sin omgivning och avger värme blir bidragen negativa. I våra två fall ovan är ΔQ noll. När det gäller system kloss är ΔW också noll, och följaktligen blir det ingen ändring av inre energin. För system kloss-jord gäller att ΔW är 20 J. Därför blir ändringen i systemets inre energi också 20 J.

SYSTEM KLOSS



SYSTEM KLOSS-JORD

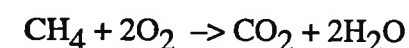


Figur 4.1. Kraftsituationen i två olika system.

Det finns energi i mat, bensin, ved m. m.

I såväl dagligt tal som läroböcker sägs att mat och bränslen innehåller energi. I vardagstänkandet kan detta innebära att t. ex. maten *är* energi, dvs eleven föreställer sig att åtminstone en del av den omvandlas till energi i kroppen. Ej så i läroböcker, där både materia och energi bevaras men där som sagt mat och bränslen påstås innehålla energi. Frågan är var denna energi finns. I bindningarna kanske någon svarar och tillägger att den frigörs då dessa bryts. Men för att bryta bindningar måste energi tillföras. Då kan det väl inte komma någon energi från dem?

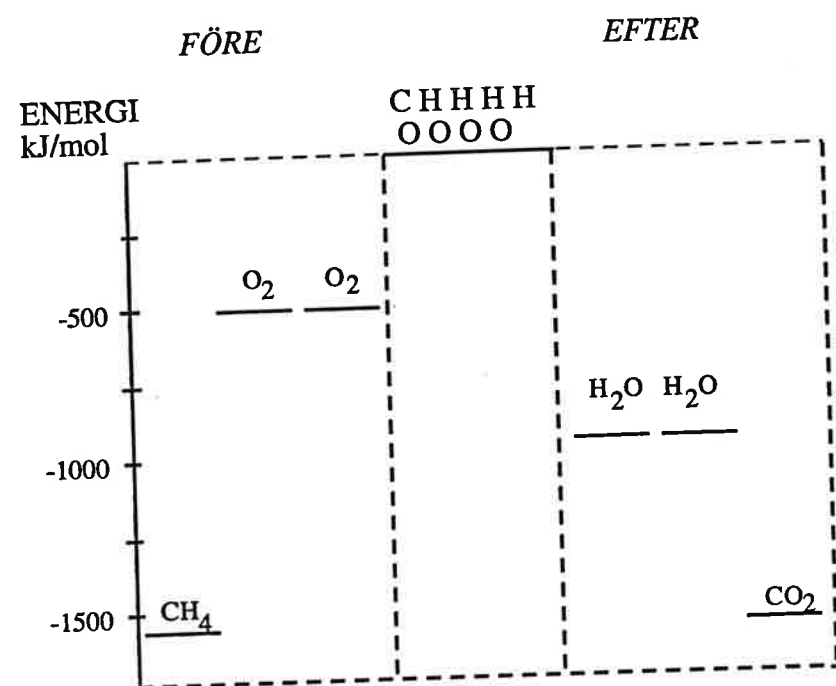
För att förstå detta problem gäller det som tidigare att välja rätt system för sitt resonemang. Betrakta som exempel förbränning av metan i luft, en exoterm reaktion.



Det system vi väljer är inte CH_4 utan $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$. Energisituationen före och efter reaktionen visas i detalj i figur 4.2. Som tänkt mellansteg låter vi alla inblandade atomer vara fria. Energin för systemet i detta mellansteg sätts till noll. Av diagrammet framgår t. ex. att atomisering av 1 mol CH_4 kräver 1600 kJ. Vi ser också att syremolekylens båda bindningar ($\text{O}=\text{O}$) är svagare (250 kJ/mol för varje bindning) än bindningen C-H (400kJ/mol).

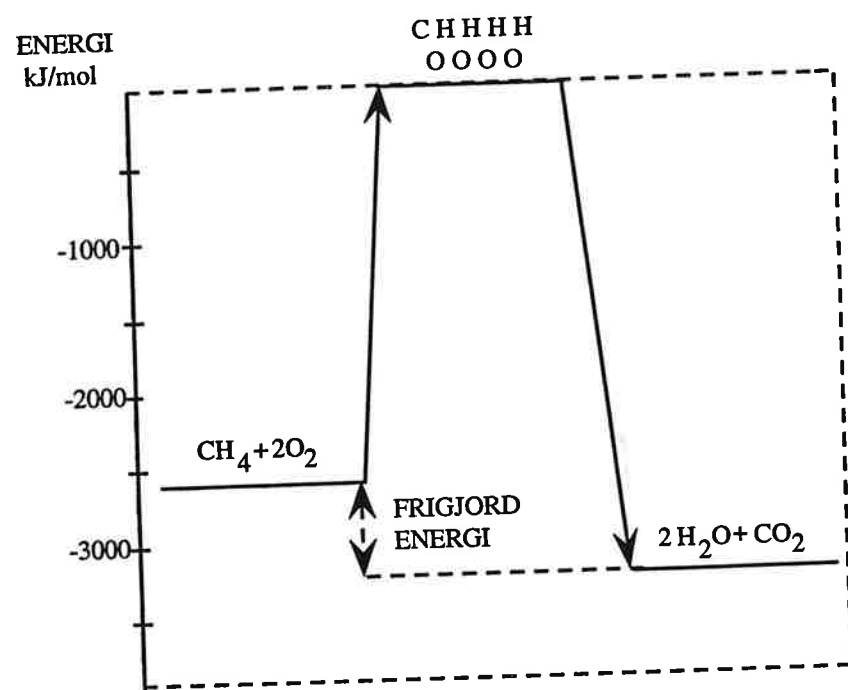
Att energi frigjorts beror på att svagare bindningar i systemet före reaktion blir starkare bindningar i systemet efter. Det vedertagna sättet att beskriva detta är att säga att systemet med delarna $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$ är energirikare än samma system med delarna $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Den som tidigare påstått att energin finns i metanet kan nu vara frestad att säga att den finns i syret (se figur 4.2). Men ej heller syret enbart kan avge någon energi. Det är systemet metan-syre som är energikälla.



Figur 4.2. Energiförhållanden vid reaktionen $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Ett mer summariskt sätt att göra energidiagram framgår av figur 4.3.



Figur 4.3. Energiförhållanden vid reaktionen $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Översiktlig framställning.

Ämnen innehåller värme, värme är molekylär rörelseenergi m. m.

Värme definieras i fysiken som energi överförd på grund av en temperaturskillnad. Exempelvis kan man i Halliday-Resnick, Fundamentals of Physics på sid 355 i andra utvidgade upplagan läsa: *Heat is that which is transferred between a system and its surroundings as a result of temperature differences only.* Ordet värme refererar med andra ord till energi under överföring. Välkända mekanismer är ledning, strömning och strålning. Om energi överförs till ett system genom arbete (W) och värme (Q) så ändras systemets inre energi (U) enligt relationen $dU = \Delta W + \Delta Q$. Varken arbete eller värme 'fylls på' i systemet. De existerar bara då det växelverkar mekaniskt och termiskt med sin omgivning. Man talar alltså inte om mängden arbete eller mängden värme i ett system.

Med dessa begreppspreciseringar som utgångspunkt kan konstateras att en del läromedel, både på grundskolan och gymnasiet har ett annat språkbruk. Ett exempel är att värme och inre energi behandlas som synonymer. I ett läromedel för gymnasiet sägs t. ex. att atomerna i en metalltråd har både läges- och rörelseenergi som för enskilda atomer kan variera på ett slumpmässigt sätt, men som för hela tråden är densamma om temperaturen är given. Om tråden värms så ökar atomernas vibrationer, dvs trådens inre energi ökar. Efter detta resonemang konstateras: 'Denna enkla modell leder oss till antagandet att värme och inre energi är samma sak.'

På grundskolenivå förekommer definitionen 'värme är rörelseenergi'. Om man tänker på detta som en definition av inre energi, så är den ofullständig eftersom partiklarnas potentiella energi inte finns med. Detta skapar svårigheter vid fasövergångar, vilka väsentligen innebär att den potentiella energin ändras. Då man t. ex. värmer is, $0\text{ }^\circ\text{C}$, åtgår den stora energimängd som överförs till att öka molekylernas potentiella energier (de blir mindre hårt bundna till varandra).

Den som vill fördjupa sig i problematiken angående innebörden i begreppet värme hänvisas till några artiklar i Physics Education (11, 12, 13).

De tre exempel som diskuterats i avsnitt 4.4 reser några frågor:

–Är läromedelsförfattarna medvetna om de korrekta naturvetenskapliga betraktelsesätten i de olika fallen och hur har de i så fall tänkt då de valt alternativ som inte stämmer med dessa?

–Är det möjligt att i ungdomsskolan behandla de tre exemplen (lägesenergi, kemisk energi och värme) på ett naturvetenskapligt korrekt sätt? I så fall hur och när?

–Om det inte går, skall man då avstå från undervisning, t. ex. om gravitationell lägesenergi, eller göra en medveten förändring till något som man hoppas skall vara enklare för eleverna?

5 ELEVERS BEGREPP OM ENERGI

Av föregående avsnitt framgår att det finns gott om situationer i vilka kunskaper om energi är önskvärda. Men vilket energibegrepp ligger inom ramen för grundskolans möjligheter? Viktiga pusselbitar när det gäller att svara på denna fråga är olika studier av elevers vardagsföreställningar och svårigheter att förstå.

Undersökningar har gjorts med olika metoder, bl. a.:

- Ordassociationer** Eleven ombeds skriva ned vad hon kommer att tänka på då hon ser eller hör ordet energi.
- Definition** Eleven svarar på frågan 'Vad är energi?'
- Exempel** Det kan gälla att producera exempel, såsom att skriva meningar som innehåller ordet energi. Det kan vara fråga om att fundera över ett antal bilder och för varje svara på frågan 'finns det någon energi här?' och sedan förklara sitt tänkande.
- Problemlösning** Eleven ställs inför problem som han eller hon löser med hjälp av kunskaper om energi.

De fyra metoderna används både vid intervjuer enskilt och i mindre grupper samt vid papper- och pennatestningar.

5.1 Vardagsföreställningar

Följande har framkommit vid olika undersökningar:

Energi förknippas i huvudsak med det levande

Kopplingen mellan energi och det levande, särskilt människan, är stark och hos yngre elever (10-11 år) dominerande. Exempel på producerade meningar är (14):

- Jag behöver energi när jag springer.
- När energin tar slut blir jag andfådd.

Exempel på en definition är:

- Energi är källan till liv.

Den starka kopplingen mellan energi och människa kan bidra till att eleven har svårt att identifiera energiaspekter i situationer utan människor. En elev observerar t. ex. en bild av smältande is, får frågan 'Finns det någon energi här?' och svarar (15):

- Jag tror att ett orörligt föremål som is, som inte andas, inte har någon energi. Bara någonting nära den, t. ex. om någon håller den, finns det energi i honom.

En annan yttring är att i situationer med en människa inblandad fokusera denna. En elev tittar t. ex. på en bild av en människa som skjuter en låda uppför en backe. På frågan 'Finns det någon energi här?' svarar han (16):

- Det är som en fotbollsspelare, han rör sin kropp, han utför en aktivitet, och som ett resultat finns det en del energi... Han rör sig själv och han flyttar lådan, han klättrar upp. Han använder sin energi.... När vi sportar använder vi vår energi.

Angående samma bild och fråga svarar en annan elev så här (17):

- Personen har en massa energi i den här bilden... jag menar han kan skjuta den uppför hela backen... men när lådan är där så kan den inte göra någonting, så lådan har definitivt ingen energi... under det att personen kan gå tillbaka nedför backen.

I sammanhanget 'det levande' används energi i två betydelser (18). Den ena är i långa stycken förenlig med det naturvetenskapliga energibegreppet:

- Vi behöver energi för att röra oss.
- Vi får energi från maten vi äter.
- När vi förlorar energi blir vi trötta eller anfådda.
- Fysisk träning kräver energi.

Den andra betydelsen tillhör vardagsvärlden och är oförenlig med det vetenskapliga energibegreppet:

- Vi får energi genom att sova eller vila oss.
- Vi får energi genom att äta vitaminer och mediciner.
- Fysisk träning ger oss energi.

Uttrycket 'att ha energi' kan alltså i vardagsspråket vara liktydigt med att må bra, känna sig utvilad, vara i form osv.

Det är givetvis önskvärt att eleven blir medveten om dessa olika betydelser av ordet energi. I testuppgifter kan man för klarhetens skull ange att det är den naturvetenskapliga betydelsen som efterfrågas.

Energi är orsak till aktivitet

Energi är en storhet som i naturvetenskapen används för att beskriva ett systems tillstånd. Därför betraktas inte energi som en orsak, i analogi med att man inte säger att densitet eller temperatur är orsak till att något inträffar. Men eleven ser energi som orsak till aktivitet (19):

- Man kan använda värmeenergi för att blåsa upp en ballong.

Ibland finns energin i ett bestämt objekt:

- Oljan ger energi till elden, vilket betyder att den kan växa mer och mer.

En annan variant är att det föreligger ett behov av energi. Om det tillgodoses kan önskad aktivitet äga rum:

- Man behöver någon slags energi för att värma upp vatten.

Vår erfarenhet är att naturvetetare inte alltid är så strikta när det gäller denna aspekt av energibegreppet utan av och till behandlar energi som en kausal agent, som får saker att hända. Det sägs t. ex. att den kemiska energin driver bilen framåt, att vindenergin får möllan att snurra osv. Men i den klassiska fysiken är det krafter som orsakar förlopp, inte energi.

Energi förknippas med, eller är synonym till, kraft och ström

Eftersom krafter orsakar aktivitet inte bara i fysiken utan också i det vardagliga tänkandet är det knappast förvånande att elever associerar kraft och energi, vilket framkommit i en tysk studie (20). I en annan undersökning (21) noteras att orden kraft och energi används som synonymer:

- Kraft är energi från en sak till en annan.

När det gäller elektricitet är det ström som i vardagstänkandet orsakar att något händer, t. ex. att lampor lyser och att spisplattor blir varma. Eftersom energi också betraktas som orsak till aktivitet kan man vänta sig att ordet energi även associerar till ström. Så är också fallet, vilken den nämnda tyska studien visar (22).

Energi är något som förbrukas

I en engelsk undersökning (23) av elever i åldern 11 respektive 13 år gällde det att ta ställning till vilka av ett antal olika energiaspekter som var tillämpliga på olika typer av objekt. Beträffande aspekten 'den förbrukar energi från andra saker' (it uses up energy from other things) var det många elever i båda åldersgrupperna som ansåg att detta stämde in på levande organismer och system som bil och cykel. Det naturliga i vardagstänkandet torde vara att se dessa system som 'energiförbrukare', inte som energiomvandlare. Intrycket av förbrukning förstärks av svaren angående en annan aspekt, nämligen 'den kan föra energi vidare' (it can pass on energy). Här var det få elever i båda åldersgrupperna som tyckte att aspekten passade in på levande organismer och system som bil och cykel.

Det är naturvetenskapligt felaktigt att säga att energi förbrukas, eftersom den betraktas som oförstörbar. Däremot kan man säga att ett energislut eller en energiform förbrukas.

Energi är en produkt

En hel del svar tyder på att eleverna tänker sig att energi är resultatet av en process. Då de beskriver bilder ur energisynpunkt säger de t. ex. (24):

- När olja brinner producerar den värmeenergi (bild av brinnande oljefat).
- När kraftverket är igång producerar det elektrisk energi (bild av kraftverk med elledning).

I de dialoger där dessa svar ingår finns inget uttryck för att energi överförs eller passerar genom systemet, t. ex. att vattnets rörelseenergi omvandlas till elektrisk energi. Det verkar som eleverna tänker sig att olika energislut bara uppstår.

En parallell till, eller kanske konsekvens av, att energin produceras är uppfattningen att energi inte kan lagras. Så här formulerar sig en elev i en klassdiskussion (25):

- ...uran, det har ingen energi i sig alls. Man måste göra något med den för att få energi...det är som kärnenergi...Jag menar, det låter som en massa energi när man gör något med den, men när den är i sitt naturliga tillstånd är den bara sten eller något sådant. Den gör ingenting.

I en engelsk undersökning påpekades (26):

- Det förefaller som energi, liksom energiskhet (energeticness), är något aktivt, ja till och med våldsamt. Den har mycket gemensamt med explosioner och kemiska reaktioner, men inte så mycket med det explosiva ämnet.'

Energi betraktas som något nästan materiellt av vätskekaraktär

Den mänskliga kognitionen har ett starkt behov av att göra abstrakta företeelser till objekt via metaforer – boken är fylld med tankar, brevet är laddat med känslor etc. Energin är inget undantag. Den behandlas ofta som något nästan materiellt av vätskekaraktär. Energin finns i en källa. Den flödar, t. ex. i elledningar. Den lagras och den omformas. Den kan vara en ingrediens, t. ex. i mat. Både elever och naturvetare använder dessa och andra objektmetaforer, och det är svårt att föreställa sig hur en energiundervisning på grundskolan skulle gå till om man inte fick

använda sig av termer som energikälla, energimottagare, energiflöde, energilagring etc.

5.2 Energins bevarande

Om man noterar att energin i vardagstänkandet är något som skapas/produceras eller förbrukas/konsumeras och något som inte kan lagras, så inser man att idén om konservering är långt borta. Det visar sig också i undersökningar att så är fallet (27). Men även efter undervisning är förekomst av förklaringar som bygger på principen om energins bevarande sparsamt förekommande. Exempelvis fick ett stort antal engelska elever i 15-årsåldern en uppgift i vilken fyra energiomvandlingar presenterades i bild och text (28):

- A. LAMPA 100 J elektrisk energi → 40 J ljusenergi
- B. GEVÄR 200 J kemisk energi i krutet → 250 J energi i kulan som rör sig
- C. OLJEELDAT ELVERK 280 000 J energi i oljan → 70 000 J elektrisk energi
- D. HÖGTALARE 3 J elektrisk energi → 0,5 J ljudenergi

Frågan är: En av dessa energiomvandlingar kan aldrig äga rum. Vilken? Förklara hur du tänkte!

Cirka 25% av eleverna väljer alternativ B och ger förklaringar som tyder på att de tänker med hjälp av energiprincipen:

- Energin i kulan kan aldrig vara mer än den energi den fick.

I ett fåtal fall beaktas också energiförluster genom utspridning:

- Skälet till att mitt val är B är att från 200 J förloras så mycket i form av ljud, värme och ljus att mängden energi borde minska.

Här kan inskjutas att denna uppgift kan verka förvirrande för elever som just börjat använda energiprincipen. Inte bara alternativ B, utan också alla de andra verkar ju vid första påseendet att stå i strid med satsen om att energi varken kan skapas eller försvinna. Det går inte att omvandla 100 J elektrisk energi till enbart 40 J ljusenergi, vilket ju faktiskt är en möjlighet att tolka uppgiften.

Också tyska elever i motsvarande ålder (29) visade liten benägenhet att efter undervisning använda energibegreppet, liksom principen om energins bevarande, då de försökte lösa för dem nya problem.

Ytterligare intressanta detaljer om hur elever kämpar med att börja tillämpa energiprincipen redovisas av Solomon (30). Ett exempel gäller en golfspelare som slår till en boll. Den går ut i en båge och studsar sedan några gånger mot underlaget innan den lägger sig till ro. Eleverna har haft som uppgift att skriva om de energiomvandlingar (energy changes) som äger rum:

Läraren: Menade du verkligen att all energi lagrades upp i golfbollen? (syftar på golfbollen som lagt sig till ro i gräset)

- Elev 1: Ja, det gjorde jag. Det är ju konserver (conservation) eller hur?
 Läraren: Men det får ju bollen att verka vara en bomb, med all den energi lagrad i sig! Tänkte du det?
 Elev 2: Ja, jag tänkte också så. Den kan ju inte skapas eller försvinna, så den måste fortfarande vara där.
 Läraren: I bollen, Angela?
 Elev 3: (Osäker) Ja, så tänkte jag.

En reflektion utifrån denna dialog är att energiprincipen inte förutsäger några detaljer om vilka energiomvandlingar som sker, bara att den totala energin bevaras. Därför är principen inte speciellt användbar som verktyg för tänkandet om den inte kombineras med kunskaper om det aktuella systemet och dess växelverkan med omgivningen.

I ett annat sammanhang fick Solomons elever i uppgift att i skrift förklara vad 'energikrisen' är. Normalpresterande elever skrev en hel del olika saker, t. ex. att fossila bränslen håller på att ta slut, att vi skulle kunna använda solenergi i stället, att vi slösar osv. Högpressterande elever skrev inte så mycket, och det visade sig bero på att de ställde sig frågan: Hur kan vi ha en energikris om energin bevaras? Detta var inte så lätt att reda ut, vilket följande citat illustrerar (31):

–Världen har fortfarande lika stor mängd energi som den alltid har haft, men nu är den i en annan form än förut. Vi har inte lika mycket kemisk energi men mer kinetisk energi och vi måste ändra den tillbaka till de former vi behöver för att klara krisen.

De elever som själva ställer sig frågan hur vi kan ha en energikris om energin är oförstörbar är måhända optimalt mottagliga för resonemang om energikvalitet.

6 TRÅDARNA SAMLAS

6.1 Ett energibegrepp för liv och samhälle

Av föregående kapitel (4 och 5) har framgått den högst avsevärda klyfta som råder mellan vardaglig och vetenskaplig begreppsvärld när det gäller energi. Det stringenta vetenskapliga begreppet kräver kunskaper i fysik och matematik som bara finns i N-programmets kurser. Men alla elever behöver ett funktionellt energibegrepp för liv och samhälle som är bättre än vardagsföreställningarna. Hur skall detta se ut? Med referens till kapitel 4 och 5 ger vi här ett förslag i form av tabell 6.1.

Tabell 6.1. Aspekter av energibegreppet i vardagstänkandet, för liv och samhälle samt fortsatt naturvetenskaplig verksamhet

VARDAGSTÄNKANDE	LIV OCH SAMHÄLLE	FORTSATT NATURVETENSKAPLIG VERKSAMHET
energi förknippas med människan/det levande	energi gäller hela naturen och tekniken	energi gäller hela naturen och tekniken
energi förknippas odifferentierat både med fysiskt arbete och hur man mår (man får energi genom att vila etc)	de båda betydelseerna differentieras	de båda betydelseerna differentieras
energi orsakar processer	detta enkla och allomfattande orsakstänkande kan accepteras	energi är inget orsaksbegrepp, dvs ingen kausal mekanism
energi förbrukas	energi bevaras, men vid överföringar blir det ofta spill i form av värme, som inte kan användas vidare	energi bevaras, men vid överföringar minskar ofta energins förmåga att uträtta arbete i sin omgivning
energi produceras	energi bevaras, men kan omvandlas från en form till en annan	energi bevaras, men kan omvandlas från en form till en annan
energi kan inte lagras	energi kan lagras	energi kan lagras
energi är något materiellt av vätskekaraktär	denna metafor kan accepteras förutsatt att eleven vet att energi inte väger något och att materia inte omvandlas till energi utom vid kärnreaktioner	energi är en abstrakt kvantitet energi är förmågan att uträtta arbete
energi-kraft, energi-ström och energi-temperatur är odifferentierade begreppspår	viss differentiering är önskvärd när det gäller energi-ström och energi-temperatur	samtliga begreppspår bör differentieras och koordineras
viss kvantifiering i ordinalskalor (mer eller mindre energi) 'lokal' kvantifiering i t ex kronor och liter	kvantifiering när det gäller energi i hemmet och föda	generell kvantifiering (1J etc) 'watt' är inte något elektriskt

Som synes utgår tabell 6.1 från aspekter av vardagens energibegrepp och redovisar hur dessa kan vidareutvecklas, dels i grundskola och gymnasium med tanke på liv och samhälle, dels på gymnasiets N-program med tanke på fortsatt naturvetenskapligt arbete.

6.2 Mål och testuppgifter

Med utgångspunkt i de analyser och resonemang som förts i avsnitt 3, 4 och 5 uppställer vi följande mål för grundskolans undervisning om energi:

MÅL SOM GÄLLER BEGREPPET ENERGI

1. Eleven skall kunna skilja på energi i naturvetenskaplig och psykologisk mening (energi = arbetslust etc).
2. Eleven skall känna till olika energislag (rörelse- och lägesenergi, kemisk och elektrisk energi, strålning, kärnenergi) och kunna följa och beskriva energiomvandlingar samt ha kunskap om att värmeförluster ofta förekommer.
3. Eleven skall ha insikt i att energin bevaras, dvs. den kan inte skapas (produceras) eller förintas (förbrukas).
4. Eleven skall ha kunskaper om att energi är en icke materiell kvantitet, känna till enheter för energi och effekt och kunna utföra enkla beräkningar angående el-energi.

MÅL SOM GÄLLER ENERGI FÖR LIV OCH SAMHÄLLE

5. Eleven skall ha kunskaper om människans olika energikällor (förnybara och icke förnybara), kunna följa energin från solen i stora drag genom olika naturliga och tekniska delsystem på jorden, kunna sätta in vardagliga energiomvandlingar i detta sammanhang samt förstå betydelsen av utstrålad energi för jordens energibalans.
6. Eleven skall, med viss detaljskärpa och kvantifiering, känna till energiflödet genom en bostad och kunna föreslå åtgärder för hushållning.
7. Eleven skall ha kunskaper om energiaspekter angående föda, transporter och produktframställning.

På basis av dessa mål har vi konstruerat cirka 40 testuppgifter som vi prövat på cirka 100 elever. Efter analys av svaren har vi mönstrat ut uppgifter som varit för svåra, mindre väl genomtänkta av oss eller behäftade med andra brister. Slutligen valde vi ut nitton uppgifter med vilka vi undersöker i vilken utsträckning ovan angivna mål är uppnådda. Vi framhåller än en gång att målen är våra tolkningar av läroplanen och att uppgifterna i sin tur är uttryck för vår uppfattning om vad dessa mål innebär.

Nedan följer en sammanställning av hur de olika uppgifterna fördelar sig på de sju målen. Fördelningen är 'på ett ungefär' eftersom de flesta uppgifter berör fler än ett mål.

MÅL	UPPGIFT
Mål 1. Att skilja mellan energi i naturvetenskaplig och annan mening	1. Fysisk träning 2. Rätt eller fel om energi
Mål 2. Energislag och energiomvandlingar	3. Fyra bilder – rörelseenergi 4. Fyra bilder – lägesenergi 5. Vagn uppför backe 6. Kraftverket
Mål 3. Energin bevaras, den kan inte uppstå eller försvinna	7. Klot och fjäder 8. Ficklampan 9. Kulan i backen 10. Raketbränslet
Mål 4. Enheter och enkla beräkningar	11. J och kWh 12. Brödrost eller TV? 13. Vad kostar elen i köket?
Mål 5. Energiflödet på jorden	14. Följa energin från solen 15. Förnybara energikällor 16. Bensinen 17. Fossil energi
Mål 6. Energi i hemmet	18. Spara energi 19. Effekt på elapparater
Mål 7. Energiaspekter på föda, transport och produktframställning	18. Spara energi

Anmärkning: Mål 7 berörs bara perifert av uppgift 18.

De nitton uppgifterna har fördelats på två olika problemhäften enligt följande ordning:

Häfte A: 1, 2, 11, 7, V1, 9, 3, 4, 8, 5, 10

Häfte B: 18, 19, 13, 12, V2, 14, 15, 16, 6, 17, V3

V1, V2 och V3 betecknar tre uppgifter om värme som redovisas i en följande rapport.

Såväl häfte A som B inleds med följande:

På NO-timmarna får Du lära dig att använda ordet energi på naturvetenskapligt sätt. När vi pratar med varandra i vardagslag används ibland ordet energi på naturvetenskapligt sätt, ibland inte.

I det här häftet skall Du använda ordet energi på naturvetenskapligt sätt.

RESULTAT

I denna del redovisas de uppgifter vi gett och hur eleverna svarat. I nästa del (MÖJLIGHETER) analyseras resultaten. Redovisning och analys löper i stort sett parallellt, varför läsaren kan välja att studera ett resultatkapitel i taget och därefter ta del av den analys som hör till kapitlet ifråga. Så här hänger resultatkapitel och analysavsnitt ihop:

Resultatredovisning	7	8	9	10	11	12
Analys	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6

I resultatdelen anges, uppgift för uppgift, de kriterier vi anser skall gälla för acceptabelt svar. Dessa kriterier återkommer i samlad form i kapitel 14 -'VÄRDERING'.

7 ATT SKILJA MELLAN ENERGI I NATURVETENSKAPLIG OCH ANNAN MENING

Uppgift 1. Fysisk träning

Sven och Lisa diskuterar fysisk träning. Sven: "Fysisk träning ger mig energi!"
Lisa: "Vid fysisk träning används energi"

Ett av följande påståenden är rätt. Vilket? Sätt kryss!

Bara Sven använder ordet energi på naturvetenskapligt sätt

Bara Lisa använder ordet energi på naturvetenskapligt sätt

Både Sven och Lisa använder ordet energi på naturvetenskapligt sätt

Varken Sven eller Lisa använder ordet energi på naturvetenskapligt sätt

Förklara hur Du tänkte!

Tabell 7.1 'Fysisk träning'. Procentuell fördelning av elevsvar på olika kryssalternativ (n=665)¹

Kryssalternativ	%
Varken Sven eller Lisa är naturvetenskapliga	6
Bara Sven är naturvetenskaplig	7
Både Sven och Lisa är naturvetenskapliga	26
Bara Lisa är naturvetenskaplig	59
Ej besvarat	1
Övrigt	2

Vi har konstruerat följande kategorier av förklaringar (n= 665).

I EJ BESVARAT (1%)

II VARKEN SVEN ELLER LISA ÄR NATURVETENSKAPLIGA (6%)

A Ej motiverat (2%)

B Kroppens energi är inte naturvetenskaplig (2%)

–Lisa och Sven pratar om energi som man har i kroppen och som man får genom att äta och när jag tänker på naturvetenskaplig energi tänker jag på el och annan drivkraft. Därför tycker jag båda har fel.

C Övrigt (2%)

–När det är två som pratar med varandra måste de prata om samma ämne.

III BARA SVEN ÄR NATURVETENSKAPLIG (7%)

A Ej motiverat (4%)

B Man får energi när man tränar (1%)

–Man använder inte energi. Fysisk träning ger energi.

C Övrigt (2%)

–När man tränar t ex workout måste man ha energi för att orka efter varje gång utsöndrar han ju mer energi och blir starkare.

¹När det gäller procentuella andelar tillämpar vi i resultatredovisningen avrundning till heltal. Detta gör att summan av procenttalen för underkategorier ibland inte stämmer med det procenttal som är angivet för den överordnade kategorin.

IV BÅDE SVEN OCH LISA ÄR NATURVETENSKAPLIGA (26%)

A Ej motiverat (10%)

B Man både får och använder energi då man tränar (8%)

–När man tränar så använder man energi men man får också energi.

C Motivering i vilken orden energi/förbränning ingår(2%)

–Lisa tänkte på att man förbränner glukos när man motionerar. Sven tänkte på att motion gör att man orkar mer och får bättre kroppsphysik.

D Övrigt (5%)

–I NO ämnena ingår både fysik och biologi!

–När man springer använder man energi.

V BARA LISA ÄR NATURVETENSKAPLIG (59%)

A Ej motiverat (13%)

B Sven menar ork, hur han känner sig etc. (2%)

–Man använder energin man får av kolhydrater etc när man tränar. Man blir/känner sig kanske "piggare" men man får ingen energi av det.

–Sven menar att han känner sig stark och frisk av att idrotta. Lisa menar att det krävs energi för att utöva en idrott.

C När man tränar används, förbrukas m. m. energi (19%)

–Därför att när man tränar musklerna så används energi.

–För att göra en handling krävs det energi

–Det går åt energi för att uträtta fysisk träning. Det sker inte utav sig själv.

–När man arbetar går det åt energi. Det är en naturlig process.

Ordvalet i denna kategori varierar en hel del. Orden *används, använder* är vanliga. Andra ordval är *förbrukas, förbrukar, förbränns, förbränner, behövs, behöver, går åt, har, måste ha, gör av med, krävs*.

D När man tränar används, förbrukas m. m. energi, man får den ej (7%)

–Man får inte energi av att träna, man gör av med energi istället.

–Fysisk träning är arbete och vid arbete används energi. Man kan inte få energi genom att använda det.

E När man tränar används, förbrukas etc. energi, man får den från maten (9%)

–Det är logiskt att man gör av med energi när man tränar och inte får energi eftersom att det ska man ha skaffat sig före träningspasset genom mat. Man använder energi till att röra musklerna.

–För att få energi äter man, för att använda energi tränar man sportar etc.

F Övrigt (9%)

-Lisa använder rätt sorts energi.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori V, dvs. rätt kryssalternativ

Uppgift 2. Rätt och fel om energi

Nedan finns fem exempel på hur man använder ordet energi i dagligt tal. Ange med kryss vilka exempel som är RÄTT och vilka som är FEL ur naturvetenskaplig synpunkt.

	RÄTT	FEL
Man får energi genom att vila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man får energi genom att klä sig varmt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Då man promenerar använder man energi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man får energi genom att dricka vatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man får energi genom att äta mat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

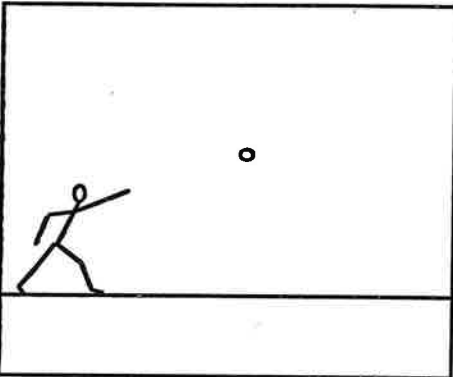
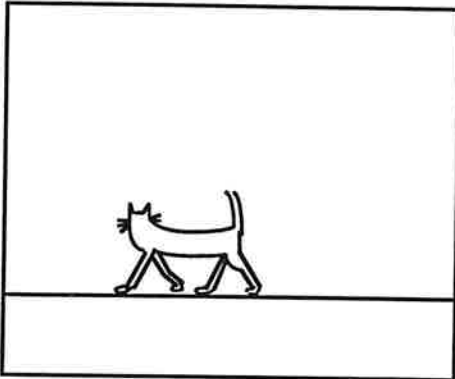
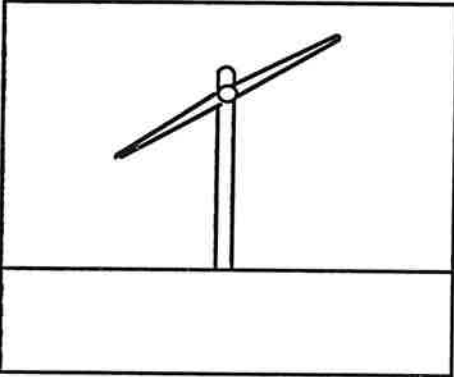
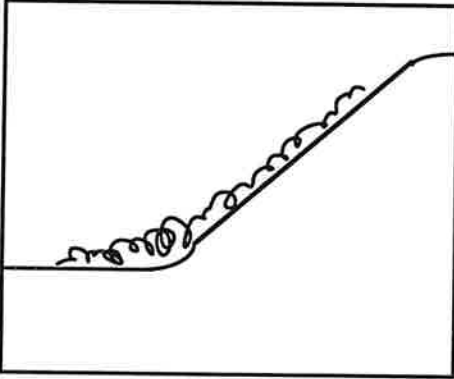
Tabell 7.2. Rätt och fel om energi. Procentuell fördelning av alternativet RÄTT på olika påståenden (n=665).

Alternativ	andel RÄTT-svar (%)
Då man promenerar använder man energi	95
Man får energi genom att äta mat	94
Man får energi genom att dricka vatten	62
Man får energi genom att vila	48
Man får energi genom att klä sig varmt	23

Det är 13 % av eleverna som svarar korrekt på alla alternativ. Fyra elever har inte svarat.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Alla alternativ korrekta, dvs. kryssalternativen fel, fel, rätt, fel, rätt – i den ordning som ges av uppgiften

8 ENERGISLAG, ENERGIOMVANDLING, ENERGI-SPILL**Uppgift 3. Fyra bilder – rörelseenergi**

<p>BOLL</p>  <p>Bollen susar genom luften</p>	<p>KATT</p>  <p>Katten går över gräsmattan</p>
<p>PROPELLER</p>  <p>Propellern snurrar i vinden</p>	<p>SNÖ</p>  <p>Snön rasar nedför fjällsidan</p>

De fyra bilderna ovan illustrerar en och samma energiform. Vilken?

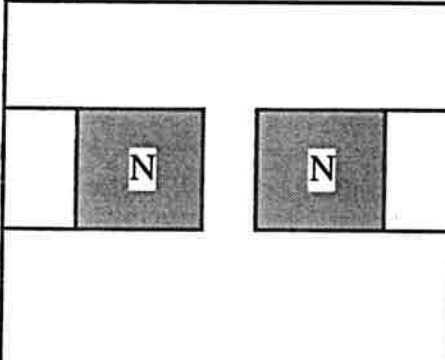
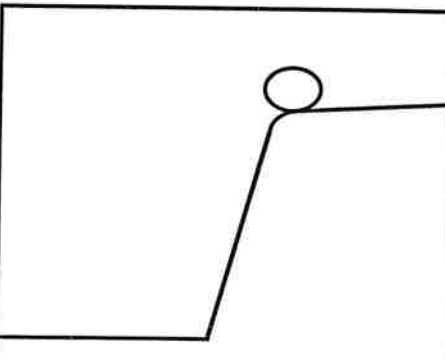
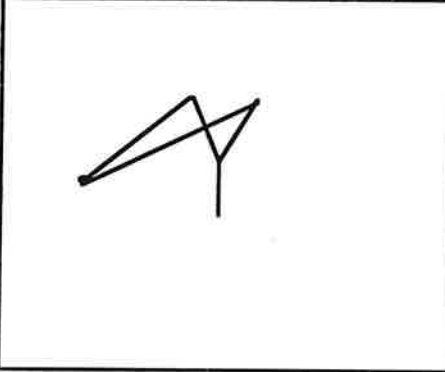
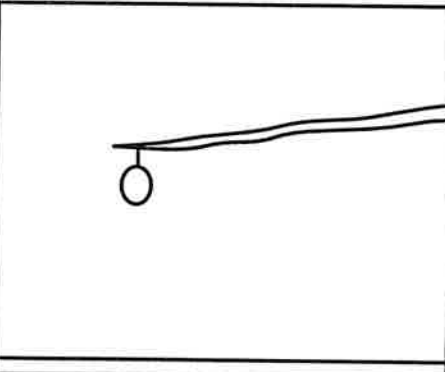
Förklara hur du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=665). Kategori II t. o. m. VII nedan ges utan exempel på motiveringar, eftersom dessa tillför föga utöver kategorirubrikerna.

- I EJ BESVARAT (12%)**
- II ENERGIFORM EJ ANGIVEN (1%)**
- III KRAFT (2%)**
- IV DRAGNINGSKRAFT/GRAVITATION/TYNGDKRAFT (8%)**
- V FRIKTION (2%)**
- VI VIND/VINDKRAFT/VINDENERGI (5%)**
- VII RÖRELSE/FART/HASTIGHET (8%)**
- VIII ENERGI/MEKANISK ENERGI (4%)**
(Det är tre elever som svarar 'mekanisk energi')
- A Ej motiverat (1%)**
- B Diverse motiveringar (3%)**
-På varje bild görs ju något och då avges energi. (Energi)
-Allt utför ju ett arbete så det måste va så. (Energi)
-Alla bilderna visa någon form av rörelse. (Mekanisk energi)
- IX RÖRELSEENERGI (48%)**
- A Ej motiverat (6%)**
- B Allting rör sig, det är något som rör sig etc. (39%)**
-Allting rör på sej.
-När saker rör sig så har de rörelseenergi.
- C Övrigt (3%)**
-När bollen susar genom luften alstrar den energi genom att kastas av personen. I alla de andra exemplen tillförs energi från andra element t ex vind, rörelse.
- X ANNAT (10%)**

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IX

Uppgift 4. Fyra bilder – lägesenergi

<p style="text-align: center;">MAGNETER</p> 	<p style="text-align: center;">STEN</p> 
<p>Två magneter hålls hoptryckta med nordändarna mot varandra</p>	<p>En sten ligger på kanten av ett stup</p>
<p style="text-align: center;">EKOLLON</p> 	<p style="text-align: center;">PLOMMON</p> 
<p>Ett ekollon sitter i en spänd slagbella</p>	<p>Ett plommon hänger i en gren</p>

De fyra bilderna ovan illustrerar en och samma energiform. Vilken?

Förklara hur du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=665). Kategori II t. o. m. VIII nedan ges utan exempel på motiveringar, eftersom dessa tillför föga utöver kategorirubrikerna.

- I EJ BESVARAT (19%)**
- II ENERGIFORM EJ ANGIVEN (4%)**
- III KONKRETA OBJEKT ANGES (1%)**

IV TYNGDKRAFT, DRAGNINGSKRAFT, KRAFT M. M. (21%)

V DRAGNINGSENERGI (2%)

VI MAGNETISM (1%)

VII MOTSTÅNDSENERGI, MOTSTÅNDSKRAFT (3%)

VIII SPÄNNING (4%)

IX LÄGESENERGI (25%)

A Ej motiverat (3%)

B Föremålen är stilla, i givna lägen m. m. (9%)

- När saker står still har de lägesenergi
- Allt är i ett läge !

C Energin är lagrad, ej använd etc. (1%)

- Lagrad energi. De står still men ändå har de lagrat energi.
- Ingen av föremålens energi är använd.

D Det kommer att kunna hända saker (4%)

- Alla kommer att röra sig när de får chansen. Alla har lägesenergi.
- Alla är i denna stunden stilla men "exploderar" vilken sekund som helst.

E Det finns lagrad energi som kan utlösas, frigöras etc (1%)

- För alla har energi till att t ex att skjutas iväg, rulla ner, eller falla. All energi är lagrad.
- Energin finns lagrad i alla dessa saker för att sedan kunna utlösas plötsligt.

F Det kan ske en omvandling till rörelseenergi (3%)

- Alla föremål befinner sig i ett sånt läge att om man skulle släppa den skulle energin omvandlas till rörelseenergi.
- Någonting är klart för rörelseenergi och t ex ekollonet sitter bara och väntar på att få släppas iväg.
- Alla bilder har lagrad energi som kan omvandlas till rörelseenergi.

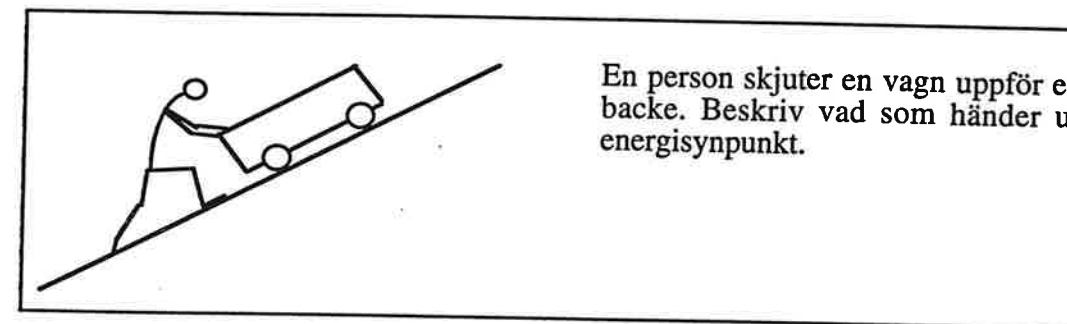
G Övrigt (3 %)

- Alla påverkas av någon kraft som försöker få dom åt annat håll.

X ANNAT (19%)

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IX

Uppgift 5. Vagn uppför backe



Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=665)

I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT (17%)

II BESKRIVNING UTAN ORDET ENERGI (19%)

- Dragningskraften gör så att vagnen hela tiden försöker rulla tillbaka vilket gör att det blir mycket tyngre att skjuta den uppför en backe än t ex på en rak bit.
- Vagnen vill rulla bakåt eftersom lutning på underlaget är sådant. Människan måste kämpa mot lutningen och mot lådans tyngd. Något som också spelar in är trögheten d v s friktionen mellan vagnens hjul och underlaget.

III ALLMÄNT ENERGIRESONEMANG (INGET ELLER OKLART SAMBAND MED DEN KONKRETA SITUATIONEN) (3%)

- Energin minskar p g a uppförsbacken. Energin är hög i början men mot slutet blir den mindre.
- Rörelseenergin ersätts av lägesenergi.
- Rörelseenergi omvandlas till friktion och värmeenergi.

IV PERSONEN I ENERGIFOKUS (29%)

A Personen använder (alstrar, bildar, förbrukar, förbränner) (sin) energi (för att få upp vagnen) (28%)

- Mannen förbrukar energi för att övervinna två krafter. Tyngdkraften och friktionen. Han lyfter även sig själv.
- Personen använder energi för att skjuta upp vagnen för backen. Vagnen däremot använder ingen.
- Personen förbrukar en hel massa energi därför att han dels skjuter upp vagnens tyngd och dels sin egen.

B Som förra kategorin samt angivande av energikälla (socker, fett, mat etc.) (1%)

–Personen bildar energi genom att gå upp med vagnen. Hans kropp förbränner socker och annat som behövs och från vagnen bildas det friktionsenergi.

V VAGNEN I ENERGIFOKUS (5%)

–Vagnen tillförs energi vilket gör att den rullar uppåt backen.
–Vagnen får lägesenergi.
–Energin som går åt för att skjuta upp vagnen lagras i vagnen.

VI BÅDE PERSON OCH VAGN I ENERGIFOKUS (15%)

A Energiöverföring/omvandling nämns ej eller är oklar (7%)
–Personen använder energi för att skjuta vagnen och vagnen använder energi för att rulla.
–Personen gör av med egen energi från kroppen för att skjuta vagnen det blir rörelseenergi.

B Energi överförs från person till vagn. Omvandling till rörelseenergi kan nämnas (5%)
–Personen använder egen energi för att putta fram kärnan. På det sättet får kärnan mer och mer energi ju högre upp den kommer.
–Personen använder kemisk energi som han gör om till rörelseenergi som sedan övergår till att det blir rörelseenergi även i vagnen.

C Energi överförs från person till vagn som får läges- och eventuellt också rörelseenergi (2%)
–Personen använder energi till musklerna som gör att personen kan skjuta upp vagnen. Personen blir varm genom arbetet. Vagnens lägesenergi ändras. Den blir större längre upp i backen.

D Energi överförs från person till vagn. Båda får högre lägesenergi (två svar)
–Personen omvandlar kemisk energi till rörelse energi och värme energi och ger vagnen och sig själv lägesenergi.

VII ÖVRIGT (10%)

–Allt energi som finns i vagnen förs över till mannen som måste ha energi för att dra den uppför backen.
–Personen behöver inte använda lika stor kraft än om han skulle lyfta vagnen rakt upp. Detta är ett exempel ur fysikens gyllene lag: "Det man vinner i kraft förlorar man i väg".

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori V eller VI

Uppgift 6. Kraftverket

I ett oljeeldat kraftverk avger den brinnande oljan energin 280 000 J (Joule) per sekund. Den elektriska energin som kommer från kraftverket är 70 000 J per sekund. Förklara varför det är så stor skillnad!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=643)

I EJ BESVARAT/EJ MOTIVERAT (40%)

II SKILLNADEN TOLKAS SOM EN KVALITETSSKILLNAD (19%)

A Oljan är bäst/bästa energislag (15%)

–Bättre krut i olja
–Brinnande olja avger mer energi än elektrisk energi.
–Den starka värmen av oljan ger starkare energi.
–Brinnande olja är mer farligt och mer brandfarligt en elektriska energin så att det blir mer joule och elektriska energin är mer miljövänlig.

B Elen är bäst/bästa energislag (3%)

–Det elektriska energin utvinner mera än oljeeldat.
–Elenergi går snabbare fram.

C Övrigt (3 svar)

–Oljan har längre förbränningstid än elektriciteten.

III SKILLNADEN TOLKAS SOM EN FÖRLUST (28%)

A Ospecificerat (energin försvinner, försvinner på vägen, i läckor mm) (8%)

–Det försvinner lite energi.
–Det försvinner alltid energi under en process.

B Förluster i ledningarna (3%)

Allmänt

–Energin läcker ut när den transporteras genom ledningar på väg till bostäderna.

På grund av dimensionering

–För att energin försvinner ut ur ledningar för att inte klarar av såpass mycket.

På grund av resistans

- Det blir ett stort bortfall i ledningar och dyl. eftersom de gör motstånd mot strömmen.
- Motståndet i ledningar tar bort mycket energi.

C Det behövs energi för att få ut energi/få oljan att brinna (3%)

- Det behövs energi för att förvandla "oljeenergin" till elektrisk energi.
- All energi går inte att ta till vara. Det går åt energi för att hålla oljan brinnande. För att framställa energi går det också åt energi.

D Energi går till att driva kraftverket (4%)

- Kraftverket kanske använder en del energi till eldningen och annat inne i kraftverket.
- Kraftverket behöver lite Joule att driva maskinerna med.
- Kraftverket som drivs av elektrisk energi måste ta upp väldigt mycket av sin energi för att kunna fungera. Men det är ju mycket miljövänligare så man väljer det i alla fall.

E Energiförluster uppstår i omvandlingen (2%)

- Det försvinner energi vid omvandlingen till el.
- All energi som tillverkas klarar man inte av att ta vara på utan energi går förlorad i förvandlingen i energiprocessen.

F Förluster i form av värme (+ eventuellt annat) (9%)

- Mycket energi försvinner med värmen.
- Mycket energi försvinner i form av värme m m av olja får man alltså 0,25 nyttiggjord elenergi.
- Det blir stora energiförluster pga värmeutströmning, tröghet i turbiner och generatorer, resistans i eltransporteringen.
- Det avgår energi genom röken. Värmeenergin utnyttjas inte fullt ut.
- För det är värmen det handlar om, och det är svårt att ta till vara på och då blir det en hel del spillenergi. Men det försöker de arbeta bort genom att dra ledningar från fabriken som t ex värmer upp hus.

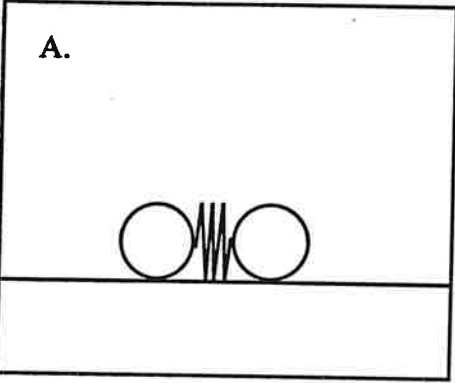
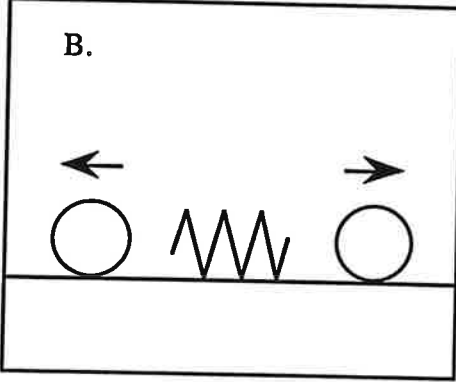
IV ÖVRIGT (13%)

- Det finns såna där skåp som transformerar om strömmen.
- För att oljan går att använda gång på gång.
- Det behövs syre vid förbränning.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Någon av kategorierna III C, D, E eller F.

(I en gasturbinanläggning används t. ex. en del av den genererade elen till att komprimera luft innan den förs in i brännkammaren. Därför betraktas kategori C och D som acceptabla.)

9 ENERGIN BEVARAS, DEN KAN INTE UPPSTÅ ELLER FÖRSVINNA**Uppgift 7. Klot och fjäder**

FÖRST	SENARE
A. 	B. 
De två bilderna visar samma FÖREMÅL – två klot och en fjäder. I bild A är fjädern hoptryckt och kloten stilla. I bild B har fjädern rätats ut, och kloten rullar iväg snabbt åt var sitt håll. Svara på följande frågor genom att kryssa i JA eller NEJ!	
	JA NEJ
Har 'två klot + fjäder' någon energi i A?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Har 'två klot + fjäder' någon energi i B?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Har 'två klot + fjäder' mer energi i A än i B?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Har 'två klot + fjäder' mer energi i B än i A?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Har 'två klot + fjäder' lika stor energi i A som i B?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Förklara hur du tänkte!	

Vi har kategoriserat elevernas svar med utgångspunkt i de olika mönster av kryss-svar som förekommer. JA kodas med 1, NEJ med 2. [11122] betyder att första frågan besvarats med ja, andra med ja etc. Följande kategorier har konstruerats (n=665).

I EJ BESVARAT (1%)**II SYSTEMET HAR INGEN ENERGI VARKEN I VILA ELLER I RÖRELSE [22221 ELLER 22222] (1%)**

- Klot och fjädrar drar ingen energi.

III SYSTEMET HAR INGEN ENERGI I VILA, MEN VÄL I RÖRELSE [21212] (27%)

A Ej motiverat (7%)

B Rörelse/aktivitet, men ej vila, förknippas med att energi finns (12%)

- Kloten är ju stilla på bild A men rör sig på bild B.
- Kloten och fjädern i bild A behöver ingen energi för att ligga still. Men kloten i bild B behöver energi till att förflytta sig och fjädern för att rätta ut sig.

C Det bildas energi (4%)

- När kloten står still finns ingen energi. Men när fjädern skjuter iväg kloten så bildas energi genom rörelsen.
- I A finns ingen energi men när bollarna puttas iväg av fjädern uppstår energi.

D Kloten får energi (1%)

- När kloten puttas bort då får den energi o rullar snabbt.
- Dom får energi när dom rätas ut.

E Tecken på att energin är lagrad och frigörs (motsäger kryssvaret)(2%)

- Energin kommer inte till användning förrän fjädern får skjuta iväg bollarna.
- När fjädern är ihoptryckt så händer det ingenting. När fjädern rätats ut används energi för att få iväg kloten.

F Övrigt (1%)

- I B studsar dom ut åt sidorna vilket är kraft.

IV SYSTEMET HAR MINDRE ENERGI I VILA ÄN I RÖRELSE [11212] (11%)

A Ej motiverat (3%)

B Rörelse innebär mer energi än vila (5%)

- Stillastående föremål har lägre energi än rörande föremål.
- När man står stilla använder man inte lika mycket energi som när man rör sig.

C Två klot har mer energi än en fjäder (1%)

- I figur A finns det energi i fjädern som bara behöver frigöras. I figur B har energin i fjädern gått över till bollarna som rullar iväg. Det är mer energi i figur B därför att det är två bollar. Det fördubblar fjäderns energi.

D Övrigt (3%)

- De två kloten måste ha energi för att rulla iväg. De måste alltså skaffa, samla på sig energi för att kunna rulla. Energin släpps ut då de rullar iväg.

V SYSTEMET HAR ENERGI I VILA MEN INGEN I RÖRELSE [12122] (12%)

A Ej motiverat (3%)

B Fjäders energi har använts (utlösts, förbrukats, frisläppts etc.) (8%)

- När fjädern är ihoptryckt är det mer energi för när fjädern rätas ut utlöses energin.
- Fjädern har energi i första frågan inte i andra, för har fjädern redan släppt iväg all energi. Därför har A mer energi än B

C Övrigt (2%)

- Då den ihoptryckta fjädern har åkt isär är det ingen spänst i den.

VI SYSTEMET HAR MER ENERGI I VILA ÄN I RÖRELSE [11122] (14%)

A Ej motiverat (3%)

B Mer energi (kraft) då kloten är hoptryckta/fjädern är hoptryckt (4%)

- Det krävs energi att trycka ihop fjädern. Om man släpper som på B behövs ingen.
- Det måste ta mer kraft att hålla i hop fjädern än när den är ute.

C Fjäders energi har använts (utlösts, förbrukats, frisläppts etc.) (4%)

- I A är ju energin lagrad i B har ju redan en del energi använts.
- När fjädern är ihoptryckt finns energin kvar. När den "sprättar ut" förbrukas energin.
- Energin är mer "lagrad" och starkare i A. I B är energin nästan förbrukad.

D Lägesenergi (laddad energi etc.) först, rörelseenergi (frisläppt energi etc.) sedan. Omvandling/överföring kan nämnas (1%)

- När fjädern är ihoptryckt är den laddad med energi. När fjädern rätas ut skjuts kloten iväg. Energin omvandlas till rörelseenergi.
- I A har kloten + fjädrarna massor av lägesenergi den gör sedan av med all lägesenergi i form av rörelseenergi.

E Energin minskar p. g. a. friktion. Omvandling/överföring kan nämnas (1%)

–I A finns energin lagrad i fjädern som lägesenergi, medan energin i B till allra största delen har övergått till kloten som rörelseenergi. En liten del av energin har dock gått förlorad till gravitation och luftmotstånd, därför finns det mer energi i "två klot + fjäder" i A än i B.

–När kloten rullar iväg "förstörs" lite energi pga friktionen. Alltså har det försvunnit lite energi i B.

F Övrigt (1%)

–När fjädern rätas ut blir det en fart på kulorna.

VII SYSTEMET HAR LIKA MYCKET ENERGI I VILA SOM I RÖRELSE [11221] (18%)**A Ej motiverat (2%)****B Uttryck för att energin finns i olika delsystem eller former (omvandling eller överföring nämns ej) (3%)**

–A är lägesenergi och B är Rörelseenergi. Krafterna är lika stora.

–I A är det lägesenergi och B är det rörelseenergi.

–I A är det fjädern som har (läges) energi och i B är det kloten som har (rörelse) energi. I A har kloten ingen energi och i B har fjädern ingen energi.

C Uttryck för att energin överförs eller omvandlas (4%)

–När fjädern är ihoptryckt är det den som har energi när fjädern rätas ut sig får kloten energi i form av att rulla.

–I bild A har båda lägesenergi genom att hålla kvar fjädern. Denna frigörs när fjädern sprätter ut och omvandlas till rörelseenergi.

D Uttryck för att energin är densamma. Omvandling kan nämnas (8%)

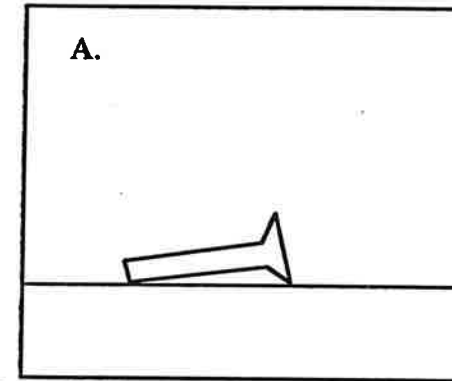
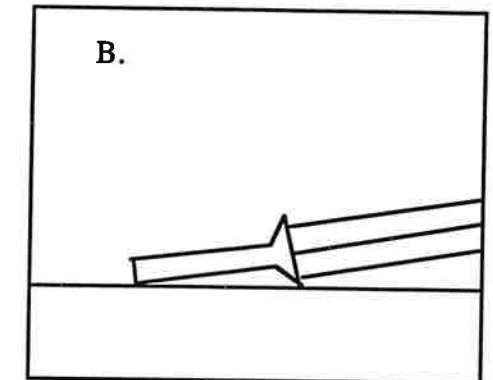
–I A så har de lägesenergi. I B så har lägesenergin omgjorts till rörelseenergi. Därför är energin lika stor.

–I A är det lägesenergi i B rörelseenergi, den är lika stor p g a att A har högre lägesenergi och lägre rörelseenergi än B.

VIII ANNAT (17%)

Denna kategori består bl. a. av kryssvar, vilkas mönster är annorlunda än de ovan nämnda. En del är logiskt inkonsekventa t. ex. [11111]. Andra innehåller svar med mindre än fem kryss, oftast ej motiverade.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Någon av kategorierna VI D, E eller VII.

Uppgift 8. Ficklampan**FÖRST****SENARE**

De två bilderna visar samma föremål – en ficklampan som ligger på ett bord. Ficklampan består av två batterier, en glödlampa och ett ytterhölje. I A är ficklampan släckt. I B har ficklampan knäppts på och fått lysa en stund.

Svara på följande frågor genom att kryssa i JA eller NEJ!

	JA	NEJ
Har ficklampan någon energi i A?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har ficklampan någon energi i B?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har ficklampan mer energi i A än i B?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har ficklampan mer energi i B än i A?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har ficklampan lika stor energi i A som i B?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Förklara hur du tänkte!

Vi har kategoriserat elevernas svar med utgångspunkt i de olika mönster av kryssvar som förekommer. JA kodas med 1, NEJ med 2. 11122 betyder att första frågan besvarats med ja, andra med ja etc. Följande kategorier av svar har konstruerats (n=665).

I EJ BESVARAT (1%)**II FICKLAMPAN HAR INGEN ENERGI VARKEN NÄR DEN ÄR SLÄCKT ELLER TÄND [22221 ELLER 22222] (1%)****A Diverse motiveringar (1%)**

–Det är inte ficklampan som har energi utan bara själva batterierna och glödlampan.

–Ficklampan har lika stor energi även fast den inte avger ljus.

III FICKLAMPAN HAR INGEN ENERGI SLÄCKT, MEN VÄL TÄND [21212] (38%)

A Ej motiverat (7%)

B Den är släckt i A och/eller tänd i B (energi nämns ej) (3%)

–Den lyser i B.

–Ficklampa är inte tänd i A.

–Att man måste sätta igång ficklampan så att den lyser. Annars ligger den bara där.

C Då den är släckt har den (behöver den m. m.) ingen energi och/eller då den är tänd har den (behöver den m. m.) energi (18%)

–När ficklampan inte lyser kan den väl inte ha någon energi (ingen energi frigörs)?

–Ficklampa började lysa och jag fattade då att den ger ifrån energi när den är på.

–Det går ju inte åt någon energi när lampan inte är tänd.

–Ljuset har energi en släckt lampa har ingen energi.

D Det bildas energi när lampan tänds (2%)

–När ficklampan slås på aktiveras batterierna och elektrisk energi uppstår.

–B lyser och då bildas energi men i A är ficklampan släckt, det betyder att där inte kan passera någon energi.

–Lampan har värmts upp och när något värms bildas det energi.

E Fler energiformer i B än i A (oftast 'värme i B, ingen energi i A') (2%)

–I A är den enda energiformen lägesenergi, men i B utvecklas också värme, som är en sorts energiform.

–I A har den ingen energi (tror jag) men i B har den värmeenergi så därför har lampan också mer energi i B än i A.

–I A finns ingen energi i B finns värmeenergi.

F Energin kommer från (frigörs från) batterierna (5%)

–Batteriet kan inte ge ifrån sig energi förrän ficklampan tänds.

–När det går ström från batteriet till glödlampan, tillförs glödlampan energi och därför så kan lampan lysa.

–Eftersom lampan är tänd avges energi. Energin finns där i form av batteri. Men först vid tändningen så frigörs den.

–B lyser. Batterierna i B avger energi.

G Övrigt (2%)

–Energi är när den utträttar någonting.

IV FICKLAMPAN HAR ENERGI SLÄCKT, MEN MINDRE ÄN TÄND [11212] (13%)

A Ej motiverat (3%)

B Fler energiformer i B än i A (3%)

–Ficklampa A måste ha energi eftersom allt finns i batteri. Ficklampa B måste också ha energi eftersom den är tänd. B måste ha mera energi än i A eftersom B har både batterier och är tänd. Den utgör mer energi helt enkelt.

–I bild A lagras det lägesenergi. I bild B bildas det värmeenergi, ljusenergi detta är mer energi sammanlagt än vad det är i A bilden.

C Ficklampa lyser i B/är släckt i A (5%)

–Ficklampa som lyser har klart mer energi än ficklampan som är släckt.

–Ficklampa B lyser så då måste den ha mer energi.

D Övrigt (2%)

–Det måste vara så

V FICKLAMPAN HAR LIKA MYCKET ENERGI SLÄCKT SOM TÄND [11221] (13%)

A Ej motiverat (4%)

B Det är batterier i hela tiden (de har samma energi) (5%)

–Det är ju batterierna som har energin och dom är ju där hela tiden.

–Batterierna har ju samma energi vare sig lampan lyser eller ej.

–Det är alltid batteri i den.

C I A är energin lagrad, inaktiv m. m. och/eller i B används den, frigörs den m. m. (1%)

–Energin finns där men den syns inte förrän den frigörs.

–Ficklampa har samma energi i både A och B men använder den bara i B.

–Båda lampor har energi, bara att inte har släppt ut den än.

D Det är bara olika sorters energi i A och B/energin har omvandlats (1%)

–A och B har bara olika sorters energi.

–På bild A lagras energin i batteriet och på bild B har man omvandlat den kemiska energin till strålningsenergi och värmeenergi, det är lika mycket energi fast i annan form.

E Energi kan ej förstöras, bara omvandlas (1%)

- Energi kan omvandlas men då förloras ingen energi!
- Det kan inte bildas eller försvinna energi. Det övergår bara till en annan form av energi.
- Som jag sagt innan. Energi produceras inte den finns hela tiden men i olika former.

F Övrigt (1%)

- På båda bilderna ligger lampan still

VI FICKLAMPAN HAR ENERGI SLÄCKT, MEN INTE TÄND [12122] (3%)**A Ej motiverat (1%)****B Diverse motiveringar (2%)**

- Energin som finns i batterierna avger energi när den tänds, så energin minskar eftersom.
- Batteriet är lagrat med energi. När lampan tänds laddas batterierna ur. Energin blir ljusenergi och värmeenergi. Energi försvinner från lampan.
- Det finns mer energi kvar i batteriet innan lampan tänds för då går det åt energi för att få lampan att lysa.

VII FICKLAMPAN HAR MER ENERGI SLÄCKT ÄN TÄND [11122] (23%)**A Ej motiverat (4%)****B Energin i A (i batteriet) används, förbrukas, avges, minskar m. m. (när ficklampan är tänd, lyser m. m.) (16%)**

- Ficklampa A sparar ju på all energi, den avger ju ingen.
- När ficklampan fått lysa en stund har den inte så mycket energi längre som den hade innan.
- Lampa A har ju energi i batteriet. När lampan har fått lysa en stund har det frigjorts energi, då har energin minskat i batteriet. Då måste energin vara mer i A än i B.

C Energin i A (Batteriernas) energi följs vidare. Omvandling nämns ej (2%)

- B har ju avgett energi i bl a form av värme energi.
- Energi frigörs till ljus när ficklampan lyser detta gör att energin minskar.

D Batteriernas energi omvandlas till ljus- (och värme-) energi (1%)

- I batteriet i ficklampan finns kemisk energi lagrad. Då ficklampan lyser omvandlas den kemiska energin till ljusenergi och värmeenergi. Eftersom ficklampan fortsätter att lysa omvandlas hela tiden kemisk energi till ljusenergi och värmeenergi som inte stannar kvar i ficklampan.

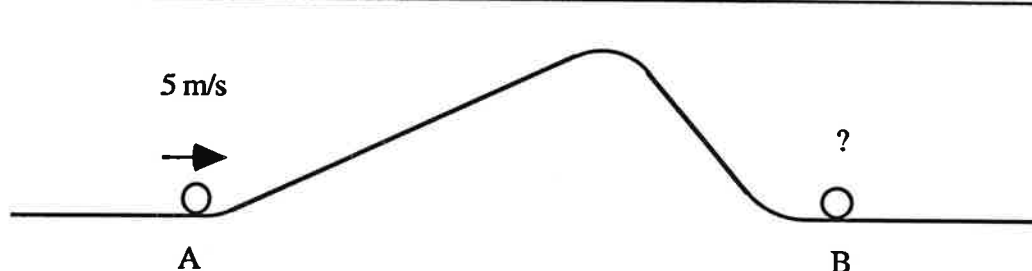
E Övrigt (1%)

- Det är mer energi i batterierna i A än i B.
- Det finns energi i den släckta lampan men den lyser inte för att kretsen inte är sluten.

VIII ANNAT (9%)

Denna kategori består bl. a. av kryssvar, vilkas mönster är annorlunda än de ovan nämnda. En del är logiskt inkonsekventa t. ex. [11111]. Andra innehåller svar med mindre än fem kryss, oftast ej motiverade.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori VII

Uppgift 9. Kulan i backen


En kula rullar i en ränna. Det är nästan ingen friktion mellan kula och ränna, d.v.s. kulan rullar mycket lätt. I A är kulans fart 5 m/s. Farten räcker för att kulan skall komma upp för hela backen. Vad gäller om kulans fart i B?

Farten är högre än 5 m/s

Farten är något högre än 5 m/s

Farten är 5 m/s

Farten är något lägre än 5 m/s

Farten är lägre än 5 m/s

Förklara hur du tänkte!

Tabell 9.1 'Kulan i backen'. Procentuell fördelning av elevsvar på olika kryssalternativ (n=665)

Kryssalternativ	%
Ej besvarat	2
Farten är högre än 5 m/s	47
Farten är något högre än 5 m/s	18
Farten är 5 m/s	21
Farten är något lägre än 5 m/s	6
Farten är mycket lägre än 5 m/s	4
Övrigt	1

Vi har konstruerat följande kategorier av förklaringar (n= 665).

I EJ BESVARAT (2%)

II FARTEN ÄR HÖGRE ELLER NÅGOT HÖGRE ÄN 5 m/s (67%)

A Ej motiverat (9%)

B Tecken på att eleven tänker sig två kulor (6%)

–Jo, därför kula B har ju mer fart eftersom den precis har åkt ner för backen.

C Kulan rullar fortare nerför backen (27%)

–Eftersom det går nerför så borde det gå snabbare.

–Det rullar neråt i backen klart att den rullar fortare då.

–För om nånting trillar ner från en backe måste farten öka eftersom då är jordens magnetiska kraft som starkast.

D Backens form förklarar farten (21%)

–Nedförsbacken är ungefär lika lång som uppförsbacken men nedförsbacken är brantare, högre hastighet därför.

–För att backen är kortare och högre

–Eftersom kulan hade tillräckligt med fart för att ta sig över toppen, och eftersom det sluttar mer sedan så får kulan mer fart.

E 'Energilagring' (1%)

–Om det är nerförsbacke så blir farten automatiskt högre kulan får mer energi den har utfört ett arbete och samlat på sig energi som sedan frigörs i form av fart.

–När kulan kommer över kanten frigörs lagringsenergi och kulans fart ökar.

F Övrigt (3%)

–Rörelseenergi

III FARTEN ÄR DENSAMMA (21%)

A Ej motiverat (4%)

B Tecken på att eleven tänker sig två kulor (1%)

–I rännan där A kulan skall rulla är den lång men inte så hög. B kulans ränna är kortare men högre, så det blir detsamma.

C Farten är densamma (4%)

–Kulan får samma fart när den åker ner som den behövde för att åka upp.

–I uppförsbacken så har farten minskat men i nedförsbacken så ökar farten igen, men bara till den fart som var från början.

D Backens form förklarar farten (3%)

–Om det krävs 5m/s för att komma upp så kan väl backen ner inte ge mer fart. Backen upp är längre men med lägre lutning. Backen ner är kortare men med högre lutning, så det borde gå på ett ut.

E Samma höjd(skillnad)/nivå(skillnad) (4%)

–Det är samma höjd för de båda men för B är det närmare.

–Fallhöjden är lika stor i a som i b därför tror jag att det inte spelar någon roll.

F Det finns ingen friktion (2 svar)

–Eftersom friktionen är försumbar försvinner ingen energi när kulan rullar.

–Det finns ingen friktion.

G Förlorad energi tas igen/mekanikens gyllene regel (2%)

–Det går ju åt lika mycket energi att komma uppför rännan som den får när den rullar ner på andra sidan. Därför är hastigheten ungefär samma. Möjligen lite lägre p g a friktionen.

–Den energi som förbrukas för att få kulan till toppen, fås tillbaka när kulan rullar ner.

–Det man vinner i kraft förlorar man i väg. Energin räcker till att få upp kloten i samma hastighet igen.

H Energiomvandling (rörelseenergi - lägesenergi - rörelseenergi) (3 svar)

–Rörelseenergi kan omvandlas till lägesenergi och tvärt om.

–När den står på toppen så är positionsenergin densamma som rörelseenergin var på botten. När den rullar ner frigörs positionsenergin och omvandlas till rörelseenergi om ingen rör den har den samma energi som från början.

I Övrigt (3%)

–Friktionen tar mer uppåt än neråt och då blir farten lika.

IV FARTEN LÄGRE/NÅGOT LÄGRE EFTER BACKEN (10%)**A Ej motiverat (3%)****B Tecken på att eleven tänker sig två kulor (1%)**

–B kulan har en sträcka som inte lutar, därför kan den inte få fart från den lilla biten mellan den och backen. Den kommer inte upp!

C Backens form förklarar farten (3%)

–Nerförsbacken är visserligen brantare men mycket kortare.
–Den får inte tillbaka farten. Backen är för kort.
–Backe B är brantare än backe A så då blir farten lägre.

D Det finns friktion (som minskar farten) (1%)

–En vågrät rörelse är konstant eftersom det inte finns mycket friktion mellan kulan och rännan så kommer hastigheten inte minska markant. Den friktion som dock finns räcker till att minska kulans hastighet något.
–Det är lite friktion.

E En evighetsmaskin är omöjlig (tre svar)

–Det kan omöjligt ha samma eller högre hastighet p g a att A och B är på samma höjd. I så fall skulle vi ha uppfunnit en evighetsmaskin och eftersom vi inte kan det måste kulans hastighet sänkas.
–Skulle kulan haft samma fart eller vid B skulle det kunna bli högre en evighetsmaskin och man skulle göra en ränna med flera sådana backar.

F Övrigt (2%)

–Bakom kullen så kommer ingen vind för att det är lä där

V ÖVRIGT (1%)

Kategorin innehåller två eller flera motsägande kryssvar, alla utom ett utan motivering.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Någon av kategorierna III E, F, G, H, IV D eller E

Uppgift 10. Raketbränslet

Eva och Lisa har sett uppskjutningen av en rymdraket i TV. De diskuterar raketbränsle.

Eva: Det finns ingen energi i bränslet. Bränsle är bara bränsle. Men det blir energi av bränslet då det brinner.

Lisa: Det finns energi i bränslet. När det brinner frigörs denna energi och lyfter raketten.

Ett av följande påståenden är riktigt. Vilket? Sätt kryss!

Eva har rätt Lisa har rätt Båda har rätt Ingen har rätt

Förklara hur du tänkte!

Tabell 9.2 Raketbränslet. Procentuell fördelning av elevsvar på olika kryssalternativ (n=665)

Kryssalternativ	%
Ej besvarat	6
Eva har rätt	22
Lisa har rätt	58
Båda har rätt	10
Ingen har rätt	3
Övrigt	1

Vi har konstruerat följande kategorier av förklaringar (n=665)

I EJ BESVARAT (6%)**II INGEN HAR RÄTT (3%)****A Ej motiverat (1%)****B Det är inte energin som gör att raketten lyfter (ett svar)**

–Raketten sätts igång av elden explosionen av kraften från explosionen inte från energin. Bränsle är bara bränsle.

C Övrigt (2%)

- När det står "bränslet brinner" tycker jag att det verkar konstigt. Bränslet måste förbrännas för att energin ska kunna utnyttjas. Båda förslagen låter konstiga.
- Energin utnyttjas när man använder + att den får också energi när den används.

III DET FINNS INGEN ENERGI I BRÄNSLET (EVA HAR RÄTT) (22%)**A Ej motiverat (8%)****B Upprepning av hela eller delar av Evas påstående, ordagrant eller något omskrivet (7%)**

- Precis som Eva sa. Att bränslet blir energi först då det börjar brinna.
- Då bränslet antäns avger den energi som man kan ta tillvara på.
- Eva har rätt!! Bränsle är bara bränsle. Men det blir energi av bränslet när det brinner.

C Eleven går utanför Evas påstående (8%)

- Därför att det bildas energi när gaserna oxideras alltså bränns. Då tror jag att "Eva" har rätt
- Det bildas energi när bränsle brinner med något annat, okej bränsle är väl energi från början men det kommer ju aldrig till någon nytta förrän vid förbränningen.
- Jag tror inte att det finns någon energi i bränsle förrän man sätter eld på det, det är själva elden som är energin, och bränslet är bara det som gör att elden brinner.

IV BÅDA HAR RÄTT (10%)**A Ej motiverat (4%)****B Diverse motiveringar (7%)**

- Det blir energi av det brinnande bränslet och inte av själva bränslet. Det visar bägges påståenden.
- Det finns alltid energi i något som fungerar förutom när det är avstängt.
- Det blir energi när bränslet brinner och det är pga värmen som bildas. Värme är energi.

V DET FINNS ENERGI I BRÄNSLET (LISA HAR RÄTT) (58%)**A Ej motiverat (18%)****B Upprepning av hela eller delar av Lisas påstående, ordagrant eller något omskrivet (16%)**

- Att det finns energi i bränslet och att det frigörs när raketten skjuts upp i luften på väg till rymden.
- Det måste finnas energi i bränslet och energin frigörs när den brinner.
- Den finns ju där hela tiden så när de tänds ger den nyttan som behövs för att den ska lyfta!

C Jämförelse med något liknande (ofta bil) (3%)

- Eftersom man använder bränsle i både raketer och bilar och en bil inte kan åka utan bränsle så måste ju energin finnas i bränslet. Energin frigörs sedan för att kunna användas.
- Det finns energi i bränsle för i sådana ämnen finns det energi. För annars skulle inte bilen gå med bara bara bränsle.

D Om det inte fanns energi i bränslet skulle det vara värdelöst, raketten inte lyfta, inget hända etc. (7%)

- Energin finns i bränslet annars skulle ju bränslet vara värdelöst och den frigörs när den brinna.
- Det måste ju finnas någon slags energi för att lyfta raketten.
- Det måste finnas energi i bränslet för att det ska kunna brinna annars hade det ju aldrig tänts på.

E Energi finns i allt/det mesta (3%)

- Det finns energi i allt egentligen om man eldar på en träbit frigörs det energi därifrån i form av värmen i elden.
- Det finns energi i alla material som sedan kan blir annan energi t ex rörelseenergi.
- Det måste finnas energi i allt som är föränderligt. Det måste vara lagrat på något sätt. Vilande energi finns det? Eller uppkommer energi bara när något blandas ihop? Det måste finnas vilande energi.

F Energiomvandling (-överföring) beskrivs (2%)

- Bränsle har energi för att bränsle är olja som kommer från döda djur (fossiler under högt tryck) som fått sin energi av solen som avger energi
- Det finns lägesenergi i bränslet. När det brinner frigörs denna energi och blir rörelseenergi som "puttar" iväg raketten upp i luften.
- Det bildas rörelseenergi när bränslet brinner och då frigörs energi och raketten lyfter.

G Uttryck för energiprincipen (2%)

- Bränslet innehåller självklart energi. För att ENERGI KAN INTE SKAPAS, BARA OMVANDLAS. Energin, bränslet omvandlas sedan till annan energi som lyfter raketten (+ värme energi).
- Energin finns självklart lagrad i bränslet eftersom energi aldrig kan skapas t ex genom förbränning, den kan bara omvandlas. Energin frigörs då när bränslet brinner.
- Energin måste väl alltid finnas där. Energi kan inte försvinna bara omvandlas.

H Övrigt (7%)

- För att den lagrade energin skall frigöras behövs värme.
- Energin är det som gör att raketten kan lyfta.
- Bara bensen är ingen energi men när den brinner blir det energi.
- Det är bara så att när bränsle frigörs bildas energi.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori IIB eller V

10 ENHETER OCH ENKLA BERÄKNINGAR**Uppgift 11. J och kWh**

Stina skriver: En bok väger 1 kg. För att lyfta den 1 m rakt upp behövs energin 10 J. Du vet säkert att kg utläses 'kilogram' och m 'meter'. Men hur utläses J?

Tabell 10.1 Hur utläses J? Procentuell fördelning av svar på olika alternativ (n=665)

Alternativ	%
Ej besvarat	9
Jon(er)	8
Felstavat, men rätt enhet (t. ex. Jol, Joul)	28
Joule	50
Övrigt	5

Hur utläses kWh?

Tabell 10.2 Hur utläses kWh? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=665)

Alternativ	%
Ej besvarat	10
Kilowhat	1
Kilowatthecko	1
Kilowatt	20
Kilowatt per timma	9
Kilowattimma	52
Övrigt	5

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Rätt på båda deluppgifterna, dvs. Joule (felstavning accepteras) och kilowattimma

Uppgift 12. Brödrost eller TV?

En brödrost har effektmärkningen 1000W, en TV har märkningen 80W. Till vilket används mest elektrisk energi - att se på TV 40 minuter eller att ha brödrosten igång 3 minuter? Sätt ett kryss!

- Till brödrosten, eftersom den har mycket högre effektmärkning.
- Till TV:n, eftersom en TV är mycket större och mer komplicerad än en brödrost.
- Till brödrosten, eftersom den drar mer energi på 3 minuter än TV:n på 40 minuter.
- Till TV:n, eftersom den drar mer energi på 40 minuter än brödrosten på 3 minuter.
- Till brödrosten, eftersom den blir så varm. TV:n utsänder nästan bara ljus och ljud.

Tabell 10.3 Brödrost eller TV? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=643)

Alternativ	%
Ej besvarat	1
Till brödrosten, eftersom den har mycket högre effektmärkning	6
Till TV:n, eftersom en TV är mycket större och mer komplicerad än en brödrost.	3
Till brödrosten, eftersom den drar mer energi på 3 minuter än TV:n på 40 minuter.	30
Till TV:n, eftersom den drar mer energi på 40 minuter än brödrosten på 3 minuter.	49
Till brödrosten, eftersom den är så varm. TV:n utsänder nästan bara ljus och ljud.	11
Övrigt	1

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Det fjärde kryssalternativet

Uppgift 13. Vad kostar elen i köket?

För apparaterna i ett kök gäller följande om den energi som behövs för att driva dem:

Diskmaskin	3 kWh/disk
Kylskåp	1 kWh/dygn
Frys	2 kWh/dygn
Spis: en kokplatta med full effekt	2 kWh/timme

Under ett dygn används diskmaskinen en gång och kokplattan en 1/2 timma. Kyl och frys är på hela tiden. Vad kostar detta? Priset för elektrisk energi är 50 öre/kWh.

Förklara hur Du tänkte!

Tabell 10.4 Vad kostar elen i köket? Procentuell fördelning av svar på olika alternativ (n=643)

Alternativ	%
Ej besvarat	18
3,50 men ingen enhet	3
3,50 men fel enhet	2
Rätt svar	45
Övrigt	33

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: 3,50 kr, dvs. rätt tal och rätt enhet

11 ENERGIFLÖDET PÅ JORDEN

Uppgift 14. Följa energin från solen

Solen sänder ut mycket energi. En del av den träffar vår jord.

Fortsätt följa den energi som träffar vår jord så detaljerat Du kan och så långt Du kan. Skriv ned hur Du tänker!

En komponentanalys av elevsvaren har genomförts. Sex huvudkomponenter (I t. o. m. VI) har identifierats, till vilka hör ett antal underkomponenter (A tom W).

För varje huvudkomponent anges procentuella andelen elever som har komponenten ifråga med i sitt svar, antingen i form av en eller flera underkomponenter.

För varje underkomponent anges procentuella andelen elever som har denna komponent med i sitt svar (n=643).

I exemplifieringen som följer ger vi hela elevsvar. Då flera komponenter ingår i ett svar är den aktuella komponenten understruken av oss.

I EJ BESVARAT (31%)

II BILDER UTAN TEXT (2%)

A Solen lyser på jorden i rymden (1%)



B Solen lyser på någon form av 'landskap' (1%)

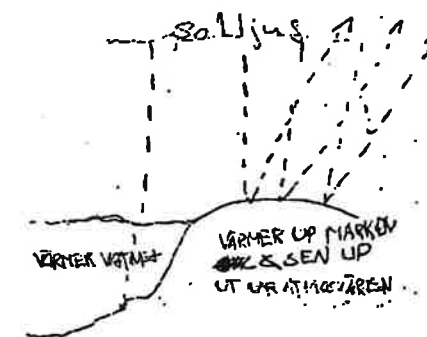


III SOLEN/STRÅLNINGEN/SOLENERGIN VÄXELVERKAR MED GEOFYSSKA SYSTEM (33%)

C Reflekteras tillbaka (7%)

–Den reflekteras och sänds ut igen.

–Värmer upp marken o sen upp ut ur atmosfären. (Figuren nedan hör till svaret.)



D Absorberas i atmosfären/del av atmosfären (5%)

–Solen sänder strålar ut i atmosfären. De solstrålar som träffar vår jord kallas ultravioletta strålar. De syns ej. Tack vare att vi har ett ozonskikt som dämpar U-strålarna, så slipper vi få strålarna i oss. Strålarna är farliga och kan ge vi människor hudcancer.

E Ger upphov till vindar och vindkraft (2%)

–Solen gör så att luften blåser åt olika riktningar den energin tar man upp med hjälp av vind kraftverk.

F Värmer jorden/marken (10%)

–Solen kommer till jorden och studsar jorden värms upp.
–Den värmer marken

G Värmer vatten i olika former, t. ex. hav, is, snö (10%)

–Solen värmer vatten och gör så att det grönskar, när det är snö smälter snön värmer hus.

H Ger upphov till vattenkraft och/eller vågenergi (2%)

–Vågenergi. Ebb och flod energi vattenkraft. Utan solen kan vi ej leva.

I Driver vattencykeln (4%)

–Den träffar våran jord och vattnet dunstar och blir regn som bildar floder som man sätter vattenkraftverk till och det blir ström till våra hus.

–Solljuset träffar jorden, vattnet och marken. Vattnet blir varmt och stiger, det bildas moln, molnen kyls, det regnar, och går till floder och sånt. Vi använder vattenkraftverket och får elektricitet och värme.

J Jorden avger energi/värmeutstrålning, ev. till rymden (1%)

–När solenergi träffar jorden stutsar det bort en ca 35% av energin. Resten går vidare och delas upp en del går till fotosyntesen. En stor del är värmeenergi det värmer upp vatten, jord, luften, gör så att jorden är beboelig. Jorden avger ungefär lika mycket som den får.

IV SOLEN/STRÅLNINGEN/SOLENERGIN PÅVERKAR BIOLOGISKA SYSTEM (35%)

K Ger liv/är nödvändig för liv/är bra för det levande (10%)

–När den träffar vår jord så blir det värme åt växter och liv. Och man kan med hjälp av solen få solenergi som värmekälla istället för att slösa på element.

L Gör att det växer (7%)

–Solen går ju rätt snabbt till jorden nån minut kanske. Det värsta tas upp av ozonlagret som skyddar oss mot UV-strålning. (Utan sol är liv på jorden icke möjligt) och sen lyser den upp jorden så att gräs och sånt kan växa.

M Finns med i fotosyntesen (8%)

–Det är solceller som träffar vår jord vad som händer är att när cellerna träffar vår jord tar växterna åt sig dom och gör så att vi får syre att leva med det kallas med ett annat ord (fotosyntes)

N Går till växter, som äts av djuren (det nämns ej att energin går vidare till djuren) (7%)

–Solens strålar träffar blommor och växter och fotosyntesprocessen äger rum. Djuren äter växterna t ex en ko äter gräs och klöver. Kon hamnar på ett slakteri och slutar på McDonalds. Nöjda nu!

O Går till växter, och därifrån vidare till djuren (4%)

–Växterna tar upp solens strålar. Sen kommer ett djur som är konsument. Därefter kommer kanske ett rovdjur och äter upp den andre, sen kommer människan och äter upp han. Hela tiden så har solenergin följt ledet och på det viset kommit till människan.

P Solenergin länkas via växter till fossila bränslen eller bio-bränslen (3%)

–Solens strålar träffar växten. Djuren kår växterna, människan kår en del djur. En del växter förmultnar och blir till olja och kol, som människor sedan använder till energi.

–Solens energi når jorden i form av ljus och värme. Värmeenergin värmer upp jorden så att liv är möjligt. Ljuset tas upp av "gröna växter", dessa omvandlar ljuset till kolhydrater med hjälp av fotosyntesen. Dessa växter äts sen av djur som behöver energin, djuren dör, multnar, energin som finns kvar bildar så småningom fossila bränslen. Dessa används för att driva fordon eller kraftverk som ger oss rörelse, värme, elektricitet eller ljus.

Q Annat (3%)

–Solstrålarna träffar marken och ger energi åt djuren sen äter vi djuren och får i oss energi.

V SOLEN/STRÅLNINGEN/SOLENERGIN PÅVERKAR/DRIVER TEKNISKA SYSTEM (22%)

R Driver/tas upp av solceller/solfångare (4%)

–Energien går igenom atmosfären värmer luften och jorden en del tas upp av solfångare m. m.

S Driver solceller, som i sin tur driver annat, ger el m. m. (5%)

–En del solenergi tas upp av solkraftverk o blir till elektricitet. Den största delen blir till värme som värmer jorden. En stor del går till växter som tar upp solljuset så att de växer.

T Värmer hus, direkt eller via (solfångare) (8%)

–Den träffar en solfångare och omvandlas till energi som kan värma upp en liten röd stuga.

U Annat (6%)

–Energien tas upp av Elkraftverk och förvandlas till El.

VI ÖVRIGT (8%)

V Solen ger skador på det levande (1%)

–En del av solstrålarna träffar solceller som gör energi för att värma upp hus mm. En del träffar växter då så det blir fotosynteser. Det bildas syre och det träffar vattnet och det bildas alger. Kalle kan få solen i ögat och bli blind. Den går åt mycket energi av honom att skrika. Energin kan också komma på Lenas hud som solar. Då kan det bildas cancer.

W Annat (7%)

–Eftersom det är en så lång väg tappar strålarna mycket energi och det kommer bara ner lite utan den.

–Det blir varmt och det blir längre dagar.

Tablell 11.1. Procentuell fördelning av elevsvar på antal underkomponenter i svaret (n=643).

Antal underkomponenter i svaret	0	1	2	3	4	5	6
Andel elever	31%	34%	23%	8%	2%	1%	2 svar

De elever som svarar på frågan har i medeltal 1,7 underkomponenter i sina svar.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR:

Det har varit svårt att för denna uppgift formulera ett kriterium. Vi har till slut stannat för att ett svar som relativt fullständigt följer en energikedja skall betraktas som acceptabelt. Konkret innebär detta att vattencykeln kopplas till generering av el (två svar i kategori II I), eller att solenergin tas upp av växter, som äts av djuren (någon av kategorierna IVN, O eller P). eller att solenergin tas upp av solceller, som i sin tur driver annat, gel el mm (kategori VS).

Uppgift 15. Förnybara energikällor

Ge så många exempel Du kan på förnybara energikällor!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=643)

- A EJ BESVARAT (33%)**
- B ICKE FÖRNYBARA KÄLLOR (EN ELLER FLERA) (3%)**
 -Olja, bensin.
 -Kärnkraft.
- C FÖRVÄXLING MED MATERIALÅTERVINNING (4%)**
 -Glas, aluminiumburkar, tidningar.
 -Plast, stål, järn, aluminium.
 -Batterier, flaskor, burkar, glasburkar, järn, aluminium, stål, plast.

- D PASSIVA KOPPLINGSELEMENT¹ (8%)**
 -Väderkvarn.
 -Element, bilmotor, mopedmotor, bussmotor, flygplansmotor
 -Vindkraftverk.
- E BATTERIER, ACKUMULATORER (5%)**
 -Batterier.
 -Uppladdningsbara batterier.
 -Batteri, ackumulator.
- F KOMBINATIONER AV B, C, D OCH E (3%)**
 -Papper, glas, batteriet.
 -Oljekällor, kärnkraftverk, vattenkraftverk, väderkvarn, bensin.
 -Ackumulator. Lampa.
- G FÖRNYBARA KÄLLOR (EN ELLER FLERA) I KOMBINATION MED ANNAT (14%)**
 -Vattenkraft, atomkraft, solkraft, vindkraft, elledning, bensin, motorer o dyl
 -Bensin, bränsle, mat.
 -Kärnkraft, solenergi, vindkraft.
 -Solenergi, vattenkraft, element.
- H FÖRNYBARA KÄLLOR UR GRUPPERNA BIOMASSA, VATTENKRAFT, VIND, SOL M.M. (27%)**
- H1 Exempel ur en grupp (5%)**
 -Vattenkraft.
 -Halm, pilträd, sälgräd, skogar, miljöskogar.
 -Solen.
 -Mat.
 -Biobränsle.
- H2 Exempel ur två grupper (7%)**
 -Vatten, vinden.
 -Solenergi, vattenkraft.
 -Ved för det växer ju alltid mera träd, vattenkraft, för det regnar ju alltid och snön smälter.
- H3 Exempel ur tre eller flera grupper (15%)**
 -Vindkraft, vattenkraft, vågkraft.
 -Sol-vind-ved-(vatten).
 -Solen, vågorna, forsar, vindar (cellulosa).
 -Biobränsle, solenergi, vattenkraft, jordvärme.

¹ Ett passivt kopplingselement är ett system som kopplar över energi från ett system till ett annat utan att själv ha någon större energi i förhållande till den omsatta energimängden.

I ÖVRIGT (3%)

- Växthus
- Återvinningar.
- Uppladdningsbara material.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Kategori H

Uppgift 16. Bensinen

En bil som kör får energi genom att bensinen förbränns. Finns denna energi innan förbränningen? Sätt ett kryss!

JA NEJ

Om Du svarat JA, så följ energin bakåt i steg så långt Du kan och så detaljerat Du kan. Skriv ned hur Du tänker!

Om Du svarat NEJ, så förklara hur Du tänkte!

Vi har konstruerat följande kategorier av svar (n=643):

I INGET KRYSSVAR (2%)**II KRYSSVAR NEJ (58%)****A Ej motiverat (11%)****B Bensin behövs för att bilen skall köra (2%)**

- Man kan inte köra bil utan bensin.
- Utan bensin kan inte en bil köra eller starta. Precis som vi människor kan inte leva utan föda.

C Energin bildas (uppstår) först när det händer något (start, uppvärmning, användning...) och/eller när inget händer finns ingen energi (7%)

- Energin uppkommer så fort man startar bilen och inte innan.
- Jag tror inte det finns någon energi förrän bilen används.

- Energin kommer bara när bilen är igång. Om den skulle vara där innan bilen sätts igång. Var skulle den då ta vägen?
- Jag tror inte det finns någon energi eftersom bilen står still.

D Energin bildas (uppstår, frigörs...) vid förbränning (vid reaktion, när bensinen förbränns) och/eller bara bensin är ingen energi (24%)

- När bensinen förbränns blir det väl någon slags reaktion som ger energi.
- Energi blir till vid förbränningen av bensinen. Bensinen i sig självt är ingen energi.
- Jag börjar bakifrån: Bensinen förbränns, då är det energi till bilen. Bensinen finns i bilen och väntar då på att förbrännas. Väntar på att bli aktiv energi. Bensinen tankar in i bilen och är då ej energi.
- Om energin fanns innan så skulle bilen rulla innan förbränningen sker.
- Om bilen skulle få energi utan att bensinen förbränns så måste man ta bort bensinen från bilen annars utvinns energin utan att man behöver den. Det blir en jäkla massa pengar som går åt till ingen nytta då.
- Om energi fanns innan så skulle ju bilen kunna starta utan att bensinen förbränns och det kan man inte.

E Tecken på att energi finns innan förbränningen (2%)

- Man måste förvandla den till energi först. Så får man energi. Jag menar man kan inte få den energi som bilen får (rörelseenergi) med rå bensin så klart, men energi finns i bensinen, man måste bara utvinna det.
- Ämnet bensin är ett energirikt ämne men det är inte förrän den förbränns som energin frigörs.
- Energin i bensinen är ju kemisk energi. När den förbränns i en bilmotor övergår den kemiska energin till bl. a. värmenergi, rörelseenergi, ljudenergi och ljusenergi.

F Övrigt (11%)

- Förbränningen är farlig.
- Bensinen retas upp inne i tanken och alla molekyler vill komma ut så snabbt som möjligt

III KRYSSVAR JA (40%)**A Ej motiverat (14%)****B Det finns energi i någon del av bilen (oftast batteriet, ibland föraren, någon gång specificerat) (3%)**

- Bensinen gör att bilen kan åka men det är bilbatteriet som startar bilen och det är energin innan förbränningen.
- Energin finns alltid i batteriet om den blivit körd under de senaste månaderna.
- Energi som vrider om nyckeln som går till batteriet som går till tändstiften osv.

C Det finns energi i bensinen (som sedan omvandlas) (5%)

- Bensin innehåller ju energi. Men den förbrukas inte så länge den inte förbränns.
- Denna energi måste ha varit där för den kan inte komma plötsligt när bensinen förbränns.
- Energien finns i bensinen från början, den bara omvandlas när det förbränns.

I fem svar hänvisas till energiprincipen:

- Energi kan varken skapas eller förstöras så energien finns i bensinen.
- Ja energien kan inte försvinna bara omvandlas. Energin fanns i bensinen eftersom bensinen inte var förbränd än nu men hade kapacitet att göra det tillsammans med luft. Efter förbränningen så omvandlas (frigörs) den laddade energin till värmeenergi.

D Energin fanns i oljan (som finns i hav, mark) (3%)

- Den fanns i oljan. Som raffinerades till bensin.
- Bensinen får man genom oljan som rengörs där man utvinns bensinen. Oljan kan man få från havet och havsbotten från marken.

E Koppling växter/djur – bensin. Olja kan nämnas som mellanled (1%)

- Bensin kommer från olja som borrhats upp ur jorden. Olja bildades av väldigt gamla djur från urtiden, deras förmultnade energi finns kvar i olja och det är den energin som gör att bilen kör framåt.
- Innan bensinen förbränns är den ju en energikälla. Den kommer från hårt sammanpressade växter som legat under tryck i miljoner år. Växter innehåller energi. Jag tror därför att energien finns innan förbränning sker.

F Koppling sol – bensin. Växter/djur och olja nämns för det mesta som mellanled, men länken sol – växt är vag (1%)

- Hm. Klart att den fanns. Det är väl kemisk energi? Bensinen kommer ju av olja och oljan kommer väl av gamla växtdelar. Jag vet inte men all energi kommer från solen från början.
- Bensinen innehåller energi som kan utvinnas på olika sätt. Denna energi kommer från solen, då djur och växter bildat olja, och därifrån har bensinen utvunnits.

G Kedja solen -> (acceptabel energilänk) växter/djur -> olja/ bensin (3%)

- Bensin utvinns (fraktion) från råolja som är förmultnade djur- och växtrester. Växterna fick sin energi från solen och djuret åt växterna.
- Bensinen kommer från råolja som är gamla växter som har ombildats. Växterna har använt solenergi för att växa.
- Energi kan inte försvinna eller tillverkas bara omvandlas i olika former. Bensin är utdestillerat ur råolja, råoljan har bildats av djur- och växtdelar som pressats ihop i berggrunden. Djuren fick energi av växterna som i sin tur fick den av solljuset genom fotosyntesen.

Två elever tar även upp processer i solen:

- Energin fanns i oljan som bensinen gjordes av. Energin i oljan kom från de förmultnade växter den bildades av. Energin i växterna kom från solen. Solens energi kom ifrån när väte omvandlas till helium därborta.

H Övrigt (10%)

- Energi kan inte förstöras.
- Det finns energi i allt.
- All materia är energi.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Någon av kategorierna III C, D, E, F eller G

Uppgift 17. Fossil energi

Hur stor andel av människans energibehov tillgodoses av olja, kol och naturgas)? (Med människan menas hela jordens befolkning.) Sätt ett kryss!

Några få procent	<input type="checkbox"/>	Cirka 60%	<input type="checkbox"/>
Cirka 20 %	<input type="checkbox"/>	Cirka 80%	<input type="checkbox"/>
Cirka 40 %	<input type="checkbox"/>	Nästan 100%	<input type="checkbox"/>

Tabell 11.2 Hur stor andel av människans energibehov tillgodoses av olja, kol och naturgas)? Procentuell fördelning av svar på olika alternativ (n=643)

Alternativ	%
Några få procent	5
Cirka 20%	12
Cirka 40%	20
Cirka 60%	29
Cirka 80%	26
Nästan 100%	5
Övrigt (flera kryss)	1
Ej besvarat	2

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Något av tre sista kryssalternativen (60%, 80% eller nästan 100%)

12 ENERGI I HEMMET

Uppgift 18. Spara energi

En familj vänder sig till dig och säger: 'Vi tänkte att vi skulle använda mindre energi än vi brukar. Det gäller ju att spara energi. Vad kan vi då göra?'

Vilka förslag har Du att ge till familjen? Svara så utförligt Du kan.

En komponentanalys av elevsvaren har genomförts. Ett antal sparkategorier har införts som huvudkomponenter (I tom VIII) till vilka hör att antal underkomponenter (A tom L). Vi anger för varje komponent hur stor andel av eleverna som har komponenten ifråga med i sina svar (n=643). Varje komponent kodas bara en gång för varje elev, oavsett hur många exempel som ges. Nedan ges enbart komponent-exempel. Ibland är exemplet det samma som elevens hela svar, ibland är det del av ett svar.

I EJ BESVARAT (9%)

II ELEKTRICITET (77%)

A Spara el allmänt (10%)

- Inte ha några elektriska saker.
- Spara på strömmen.

B Spara på belysning (63%)

- Släcka alla lampor som inte behövs.
- Ha inte tänd ljuset i onödan, när man inte är i rummet t ex, eller när man kan få in solljus.

C Spara på annat än belysning (konkreta exempel ges) (44%)

- Titta mindre på TV lyssna mindre på musik. Använda vanlig visp istället för el-visp.
- Stänga av TV, radio osv. När de går ut. Ha kyl och frys öppet kortare tid.
- Använd rätt storlek på plattor när ni lagar mat.
- Ej använda torkskåpet, torktumlare.
- Sluta spela så mycket musik, börja sjunga lite själv.

III VATTEN (38%)

D Spara på vatten (20%)

- Spara på vattnet.
- Att inte låta vattnet rinna i en kran i onödan.

E Spara på kallvatten (3%)

- Spara vatten genom att t ex stänga av vattnet när man borstar tänderna, skaffa en snålspolande toalett - sparar vatten.
- Använd inte så mycket vatten t ex. skala inte potatis under en rinnande kran.

F Spara på varmvatten (22%)

- Duscha mindre.
- Spara på varmvatten.
- Inte duscha så länge och inte i det allra hetaste vattnet. Välja att duscha istället för att bada i badkar.

IV BOSTADSVÄRME (31%)

G Spara på bostadsvärme (31%)

- Sänk värmen.
- Stänga av värmen på natten, och när man inte är hemma.
- Inte ha på element.
- Sänk värmen i huset och ta på en extra tröja.

V TRANSPORTER (6%)

H Åka mindre bil (6%)

- Använda bilen mindre, gå istället.
- Inte åka bil så mycket utan ta buss eller spårvagn.
- Cykla eller gå till och från jobbet istället för att ta bilen.

VI KONSUMTION AV VAROR (1%)

I Köpa mindre/återvinning/sopsortering (1%)

- Köp miljövänliga varor (det sparar indirekt energi) återvinn papper, glas, burkar (aluminium).
- Köp återvinningsbart papper.
- Lämna gammalt papper till pappersinsamling.

VII ALTERNATIVA ENERGIKÄLLOR

J Användning av alternativa (förnybara) energikällor (17%)

- Använd naturlig energi t ex som solen.
- Köpa vedspis.
- Köpa en vindkraft, sätta upp solfångare på taket, elda med ved om dom har kombinationspanna (både sådan som man kan elda ved och olja i).
- T ex använda solfångare (eller nåt sånt) då behöver man ju inte använda så mycket värme eftersom man har lagrat solvärme.

VIII DRASTISKA FÖRSLAG (3%)**K Drastiska förslag (3%)**

- Bygga sig en liten hydda ute i skogen. Där kan dom leva på jakt och fiske, som på den gamla goda tiden.
- Ta och köp energisnåla maskiner och använd solenergi åt mindre. Och det enda rätta sno ström från kraftledning.
- Stäng av strömmen i huset och res till Lappland.
- Använda energisnåla produkter. Sova hela dagarna. Inte arbeta.

IX ÖVRIGT (10%)**L Övrigt (10%)**

- Men använd mindre energi då.
- Genom att inte använda saker som drar energi och som är väldigt onödiga.
- De kan vila, så använder de inte så mycket kroppsenergi.
- Bara äta nyttiga saker.
- Åk bil istället för att gå. Ligg bara och lata er.

Det är 7% av eleverna som ger svar vilka omfattar förslag till sparande av såväl el som varmvatten och bostadsvärme.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Minst ett förslag i var och en av kategorierna II, III och IV.

Uppgift 19. Effekt på elapparater

På en vanlig elektrisk glödlampa som man har i taket hemma kan man läsa 60 W. Det är ett mått på hur mycket energi som behövs för att hålla lampan igång en sekund. Men vad kan man läsa på en elvisp, en mikrovågsugn och ett lysrör? Välj bland 50 W, 150W och 1300W.

elvisp _____ mikrovågsugn _____ lysrör _____

Tabell 12.1 Vilken effekt har elapparaten? Procentuell fördelning av elevsvar på skattad effekt för tre olika apparater (n=643). (Det är 2% som inte har svarat.)

Skattad effekt (W)	lysrör (50 W)	elvisp (150 W)	mikrovågsugn (1300 W)
50	54	39	2
150	36	55	9
1300	8	3	87

Det är 50% av eleverna som prickar in alla rätt.

VÅRT KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR: Alla rätt, dvs. lysrör 50 W, elvisp 150 W och mikrovågsugn 1300 W

MÖJLIGHETER

13 ANALYS AV RESULTAT

13.1 Att skilja mellan energi i naturvetenskaplig och annan mening

Som tidigare nämnts (avsnitt 5.1) har undersökningar visat att elever använder ordet energi i vad som för naturvetaren är två helt olika betydelser. Den ena har att göra med hur man mår och känner sig. Eleverna menar att man får energi genom att sova ordentligt, att sporta, att äta vitaminer etc. Den andra är förknippad med ansträngning. Det går åt energi då man joggar, flyttar möbler osv. Bara en av dessa betydelser är i linje med det naturvetenskapliga energibegreppet, nämligen den senare. Kan våra svenska elever i åk 9 hålla isär de båda betydelserna? Uppgift 1 och 2 är konstruerade för att ge svar på denna fråga.

Uppgift 1. Fysisk träning

Med uppgift 1 lyckas eleverna ganska väl. Det är det 59% som instämmer i Lisas påstående att vid fysisk träning används energi. Många motiveringar är bara omskrivningar av det Lisa säger, men en del elever gör också egna tillägg, t. ex. att Sven menar hur man känner sig, eller att den energi man behöver då man tränar får man från maten. Cirka en fjärdedel tycker att både Sven och Lisa har rätt, dvs. klarar inte av att i denna uppgift skilja på en vardaglig och naturvetenskaplig betydelse av energi. Men en del motiveringar till det felaktiga kryssalternativet tyder på att de är på väg åt rätt håll:

–Lisa tänkte på att man förbränner glukos när man motionerar. Sven tänkte på att motion gör att man orkar mer och får bättre kroppsphysik.

Uppgift 2. Rätt och fel om energi

Angående uppgift 2 är det positivt att nästan alla elever anser det vara naturvetenskapligt riktigt att man får energi genom att äta mat och att man använder energi då man promenerar. Men det är mindre tillfredsställande att 62% menar att man får energi i naturvetenskaplig mening genom att dricka vatten. Hur har denna uppfattning uppstått? En bidragande orsak är kanske erfarenheten att man känner

sig uppgigad och blir mer energisk om man släcker törsten med vatten. En annan anledning kan vara att eleverna visserligen lärt sig att vatten räknas in bland de näringsämnen som kroppen behöver men inte fått klart för sig skillnaden mellan gruppen 'protein, fett och socker' respektive 'vitaminer, mineraler och vatten' vad avser energiaspekten.

Ett annat undersökningsresultat som nämndes i avsnitt 5.1 är att elever i situationer med såväl en människa som ett icke levande system när det gäller energi tenderar att fokusera människan (32, 33). Vi gör samma iakttagelse då vi studerar svaren på uppgift 5, som går ut på att beskriva vad som händer ur energisynpunkt då en person skjuter en vagn upp för en backe. Cirka 60% av eleverna ger energisvar. I hälften av dessa förknippas energi enbart med personen, t. ex.: 'Personen förbrukar en hel del energi därför att han dels skjuter upp vagnens tyngd och dels sin egen'.

Intressant nog finns det i uppgift 1 en liten grupp svar som tyder på motsatsen till det nyss sagda, nämligen att energi förknippas enbart med det icke levande. Svaren uttrycker att kroppens energi inte är naturvetenskaplig:

–Lisa och Sven pratar om energi som man har i kroppen och som man får genom att äta och när jag tänker på naturvetenskaplig energi tänker jag på el och annan drivkraft. Därför tycker jag båda har fel.

Man anar i denna typ av svar att fysikundervisningen gjort så stort intryck på eleven att han eller hon förknippar energi enbart med elektricitet och annat icke levande som avhandlas på fysiklektionerna.

Det är naturligtvis önskvärt att eleverna bygger upp ett generellt energibegrepp som innefattar såväl levande som icke levande system. Ett led i detta kan vara att i undervisningen göra eleven medveten om hans eller hennes naturliga benägenhet att koppla energi till det levande och ta detta som en utgångspunkt för att gå vidare till andra typer av system utan att för den skull ge intryck av att energi bara gäller fysik. Alla lärare måste vara energilärare! Vi vill särskilt understryka biologiundervisningens betydelse bl. a. när det gäller att skilja mellan energi i naturvetenskaplig och annan mening. Växternas energikälla är solen. Djuren får energi genom sin föda, som är växter och/eller andra djur. Just i detta sammanhang kan man med fördel diskutera också andra innebörder av energi och skilja dessa från den naturvetenskapliga betydelsen. Man får inte energi då man vilar – det omsätts energi också under sömnen för att upprätthålla en normal kroppstemperatur. Vatten är livsnödvändigt, men bidrar inte med energi. Osv.

13.2 Energislag, energiomvandling och energispill

Om energislag

Då man tänker på, och samtalar om, energi och energiöverföring är det ibland praktiskt att introducera och använda olika energiformer. Om t. ex. en sten faller omvandlas lägesenergi hos systemet sten-jord till rörelseenergi. Om ved brinner omvandlas kemisk energi hos systemet ved-syre till inre energi hos system i omgivningen, bl. a. luft.

En hel del olika energislag tas upp i våra läroböcker för högstadiet. I de flesta nämns läges- och rörelseenergi, strålningsenergi, kemisk energi, ljudenergi,

kärnenergi och värmeenergi.¹ Förutom dessa standardformer av energi förekommer också tidvattenenergi, solenergi, skogsenergi, muskelenergi, fossil energi m. m.

Mängden energiformer kan reduceras till några få om man förstår hur de hänger ihop med varandra. Skogsenergi, muskelenergi och fossil energi är alla kemisk energi och denna är, om vi går ner på atomär nivå, potentiell energi hos system av laddade partiklar. Geotermisk energi är ett exempel på inre energi, som är kinetisk och potentiell energi hos partiklar på atomär nivå. Tabell 13.1 ger fler exempel på detta sätt att relatera energiformer till varandra. Vi ser att mängden av olika energiformer på partikelnivå kan reduceras till läges- och rörelseenergi samt strålning.

Tabell 13.1. Exempel på hur olika energiformer kan relateras.

MAKRONIVÅ (specifik)	MAKRONIVÅ (generell)	PARTIKELNIVÅ
vindenergi	rörelseenergi	rörelseenergi
geotermisk energi	inre energi	rörelse- och lägesenergi
bioenergi fossil energi	kemisk energi	lägesenergi
solenergi	strålningsenergi	strålningsenergi
elastisk energi	lägesenergi	lägesenergi

Tabellen går utöver vad som är rimligt att kunna i åk 9. Men den utgör likväl ett adekvat redskap för tänkande om energiundervisning på grundskolan. Den fokuserar ett problem, nämligen hur man skall hjälpa eleverna att bringa reda i den mängd av energislag som förekommer. Med hjälp av tabellen kan vi bl. a. ställa olika frågor, t. ex.:

- Skall vi tala om vindenergi eller rörelseenergi hos luft?
- Skall vi säga solenergi eller strålningsenergi från solen?
- Skall vi säga fossil energi eller kemisk energi hos fossila bränslen och syre?
- Skall vi överhuvud taget ha med partikelnivån?

Partikeltänkande kan vara aktuellt t. ex. då energi överförs till ett fast ämne utan att temperaturen ändras. Man kan naturligtvis säga att energin åtgår till att smälta ämnet, men också att systemets energi ökar på grund av att molekylerna vid smältning kommer längre isär från varandra, dvs. får ökad lägesenergi. Om eleverna begriper den senare beskrivningen har de rimligtvis en djupare förståelse än den som uppnås på enbart makronivå.

Det förda resonemanget torde visa att området 'energiformer och energiomvandlingar' alls inte är lätt – varken för lärare eller elever. Den relativt stora mängden energislag är ett problem. Ett annat är att grundskoleundervisningen inte kan utgå

¹ Värme är i strikt mening ingen energiform utan energi under överföring från ett system med högre till ett med lägre temperatur – se avsnitt 5.4.

från stringenta definitioner av de olika energislagen. Allt detta är viktigt att hålla i minnet då man värderar elevernas svar.

Uppgift 3. Rörelseenergi

Två av våra uppgifter går ut på att abstrahera en och samma energiform ur fyra olika situationer. Uppgift 3 gäller rörelseenergi, uppgift 4 lägesenergi. Den förra visar sig vara lättast. Hälften av eleverna svarar rätt. Detta kan förklaras med att rörelseenergi behandlas i läromedel och undervisning samt att elevens vardagsbegrepp om energi är starkt förknippat med aktivitet, vilket underlättar att komma ihåg rörelseenergi som energiform. Utöver de rätta svaren är det nästan 10% som skriver rörelse, fart eller hastighet. De är på rätt spår. Eventuellt kan man betrakta åtminstone svaret 'rörelse' som korrekt – det går att svara så på frågan 'Vilken energiform är det?' även om 'rörelseenergi' är att föredra. Ett vanligt alternativt svar är någon form av kraft (cirka 10%). Detta kan kopplas till tidigare nämnda undersökningar som visar att energi av eleverna förknippas eller är synonymt med kraft (se 5.1), vilket inte är onaturligt om man betänker det språkbruk (vattenkraft, kärnkraft, tidvattenkraft m. m.) som kan förekomma i läromedel, media och broschyrer från 'kraftbolag'.

Uppgift 4. Lägesenergi

Uppgiften om lägesenergi måste betecknas som svår. Den innehåller två former av lägesenergi som inte är vanliga i läromedlen, nämligen elastisk och magnetisk. I och för sig finns det i uppgiften två exempel på gravitationell lägesenergi, vilken behandlas i undervisningen. Dessa två exempel kan hjälpa eleverna in på rätt spår, men det är ändå en betydande svårighet att härifrån ta steget till två nya situationer. Vidare kan vi konstatera att lägesenergi inte innebär någon aktivitet. Systemet bara finns där men förändras inte. Eleven måste alltså, trots att inget sker, föreställa sig en möjlighet som för närvarande inte är aktualiserad. En del uttrycker just detta i sina motiveringar:

- Alla kommer att röra sig när de får chansen. Alla har lägesenergi.
- Energin finns lagrad i alla dessa saker för att sedan kunna utlösas plötsligt.

Med tanke på de nämnda svårigheterna är det måhända inte så dåligt att 25% svarar rätt. Till detta kan läggas ett förslag som är ganska bra, nämligen 'dragningsenergi'. Det är visserligen inte etablerad vokabulär, men uttrycker ändå en känsla för vad det är fråga om. Och förslaget är förvisso inte sämre än hemsnickrade uttryck för andra energiformer såsom 'skogsenergi', som kan dyka upp någon gång i läromedlen.

Bland alternativa svar dominerar tyngdkraft, dragningskraft och kraft. Vi hänvisar till kommentaren ovan om kraft och energi. Notabelt är att nästan var femte elev ej besvarar frågan. En bidragande orsak till detta anser vi vara svårigheten att föreställa sig energi som en icke aktualiserad möjlighet.

Uppgift 5. Vagn uppför backe

På senare år har 'vardagstänkande' och 'vetenskapligt tänkande' varit två viktiga begrepp i den internationella debatten om naturvetenskaplig undervisning. Då diskussionen började ansåg många att det gäller att ersätta vardagsföreställningar med vetenskapliga. En annan ståndpunkt, framförd av bl. a. Solomon (35) är att vardagsföreställningar inte kan raderas ut eftersom de ständigt används och

bekräftas i vardagslivet. Därför bör undervisningen i stället sträva efter att göra eleven medveten om att det finns två olika sätt att tänka och hjälpa honom eller henne att bygga upp det vetenskapliga tänkandet som ett separat system. Vi betraktar detta som en rimlig ståndpunkt om än med vissa reservationer (36).

Både vardagligt och vetenskapligt tänkande kommer in i bilden då elever beskriver energiöverföringar. Solomon (37) har funnit tre typer av svar.

- A. Enbart vardaglig beskrivning
- B. Enbart vetenskaplig beskrivning
- C. Koordination av vardaglig och vetenskaplig beskrivning

Med en elektrisk bormaskin som borrar i en vägg kan det se ut så här:

- A. Elektriciteten gör att borren roterar. På så sätt blir det ett hål i väggen. Borr och trä blir varma.
- B. elektrisk energi → rörelseenergi → inre energi
- C. Elektrisk energi kommer in i borren och omvandlas till rörelseenergi hos borren och sedan genom friktion mellan borr och trä till inre energi hos borr och trä.

Solomon har bl. a. funnit att elever som på ett test omedelbart efter undervisning ger typ C-svar också har denna typ av svar på ett eftertest drygt två månader senare, under det att elever som på första testet gett typ B-svar tenderar att falla tillbaka till typ A. Den förståelse som ligger bakom typ C-svar tycks alltså vara mer beständig. Solomon har också visat att systematisk träning i att tankemässigt gå fram och tillbaka mellan vetenskaplig och vardaglig beskrivning förbättrar lärandet när det gäller denna typ av uppgift. Det verkar med andra ord som om en medveten interaktion mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande leder till ett bättre lärande än enbart träning av det senare. Solomon noterar också att det är svårare för eleven att lösa en uppgift som kräver att de går från vardaglig till vetenskaplig föreställningsvärld än en som enbart utspelar sig på ett vetenskapligt plan.

Med detta som bakgrund kan vi göra följande iakttagelser angående uppgift 5:

Problemet är vardagligt beskrivet, både i ord och bild. Det gäller för eleven att från detta sammanhang gå in i den vetenskapliga energivärlden. Det är 38% som inte tar detta steg – 19% svarar eller motiverar inte och 19% ger en i huvudsak vardaglig beskrivning, d. v. s. typ A-svar:

- Vagnen vill rulla bakåt eftersom lutningen på underlaget är sådant. Människan måste kämpa mot lutningen och mot lådans tyngd. Något som också spelar in är trögheten dvs. friktionen mellan vagnens hjul och underlaget.

Det är få elever som ger beskrivningar av typ B (cirka 3%), t. ex. *rörelseenergi ersätts av lägesenergi*. Med hänvisning till Solomons iakttagelser kan antas att vi skulle fått fler beskrivningar av denna typ om vi frågat omedelbart efter avslutad undervisning. Men allteftersom tiden går minskar typ B-svar och ökar typ A.

I cirka hälften av svaren kopplas energislag till konkreta objekt, men i en stor del av dessa är det enbart personen som står i energifokus, vilket vi tidigare kommenterat (13.1). Det är cirka 10% som klart beskriver en energiomvandling och dessutom kopplar ihop denna med konkreta objekt och processer (typ C-svar):

- Personen omvandlar kemisk energi till rörelseenergi och värmeenergi och ger vagnen och sig själv lägesenergi.

Utöver denna analys av svarstyper vill vi framhålla att uttrycket 'ur energisynpunkt' som används i uppgiften är onödigt svårt. Ett bättre ordval är: 'Beskriv vad som händer med hjälp av det du kan om energi!'

Vi anser att resultat på uppgifter där det gäller att beskriva energiöverföring och -omvandlingar kan bli betydligt bättre med systematisk övning. Ett viktigt inslag är att eleven blir medveten om att det gäller att koppla ihop en händelsebeskrivning, med en energibeskrivning. Kopplingen är en förutsättning för att energibeskrivningen skall vara begriplig. Enbart en energibeskrivning blir så att säga hängande i luften utan referens till verkligheten.

Uppgift 6. Kraftverket

Uppgiften om det oljeeldade kraftverket tycker vi, i efterhand, har blivit onödigt svårt formulerad. För att komma in på rätt spår behöver man ha en föreställning om att förbränningen av olja leder till att en elgenerator hålls igång. Detta kunde eleverna fått hjälp med i form av en enkel skiss. Någon sådan finns nu inte, och kanske är det en bidragande orsak till att så många inte svarar alls (39%). Om man inte har någon som helst idé om att den brinnande oljan och elen hänger ihop orsaksmässigt är det förvisso inte lätt att förstå frågan.

Kanske är det sagda också en förklaring till att svar av kategori II förekommer (18%). Om länken mellan brinnande olja och generering av eleenergi saknas i tänkandet kan det ligga nära till hands att gissa på att 280 000 J/s och 70 000 J/s uttrycker någon form av kvalitetsskillnad. Det vanliga är att olja betraktas som bättre än el:

- Det är bättre krut i olja.
- Den starka värmen av oljan ger starkare energi.

Det är 28% som uppfattar skillnaden som en förlust. Av dessa förefaller 3% tolka 'kommer från kraftverket' ur ett konsumentperspektiv, dvs. att 70 000 J/s är det som levereras exempelvis till ett antal hushåll. Med denna utgångspunkt ligger en idé om förluster i ledningarna nära till hands. Andra uttrycker att det behövs energi för att få oljan att brinna eller för att driva kraftverket. Detta är riktigt. I en gasturbinanläggning används t. ex. en del av den genererade elen till att komprimera luft innan den förs in i brännkammaren.

Bara 9% anger tydligt att det rör sig om värmeförluster. Eftersom sådana har stor praktisk och ekonomisk betydelse är det önskvärt att detta procenttal vore större. Förståelse av värmeförluster innebär också fördjupade teoretiska insikter.

13.3 Energin bevaras, den kan inte uppstå eller försvinna

Uppgift 7 och 8: 'Klot och fjäder' samt 'Ficklampan'

Låt oss nu fundera över vilka svårigheter eleverna kan tänkas ha att förstå och använda satsen om energins bevarande.

Vi erinrar oss först att svaren på uppgift 5 visar att åtskilliga elever har svårt att koppla ihop en konkret beskrivning av objekt och händelser med en energibeskrivning. Speciellt besvärligt är att starta i vardagsvärlden och därifrån ta steget till den vetenskapliga energivärlden. Vidare är det inte så många elever som följer energin i steg. De fokuserar t. ex. ett delsystem, särskilt om detta är en människa, snarare än hela systemet. Allt det här har betydelse för förståelse av energins bevarande vid transformationer. Det gäller då bl. a. att kunna översätta händelsekedjor till energikedjor.

Som framgått av kommentarerna till uppgift 4 har eleverna också svårigheter att föreställa sig energi i potentiell form. Det som är lägesenergi för naturvetaren tenderar att inte vara någon energi alls i vardagstänkandet. Om lägesenergi omvandlas till någon annan form kan eleverna tolka detta som att energi uppstår eller produceras, vilket är i direkt motsägelse till energiprincipen. Språkbruket i vardagliga och tekniska sammanhang kan verka förvirrande. Man talar både om energi-produktion och produktion av t. ex. elenergi. Men man kan bara producera ett energislag, inte energi.

Åtskilliga vardagserfarenheter talar för att energi är något som förbrukas. Vi äter, arbetar och blir trötta, vilket upplevs som att energin tagit slut. Brasan falnar och energin finns inte mer. Osv. Man behöver en hel del kunskaper om olika energislag för att kunna hålla ordning på energiflöden vid olika omvandlingar. Inte minst gäller detta mer eller mindre svårupptäckt energiutspredning i form av värme. Också i det här sammanhanget kan språkbruket verka förvirrande. Man talar både om energiförbrukning och förbrukning av t. ex. elenergi. Men man kan bara förbruka ett energislag, inte energi.

De nu beskrivna svårigheterna märks på olika sätt då eleverna löser uppgifterna 7 och 8. Det är 27% som svarar att systemet 'två klot och en fjäder' inte har någon energi i vila (siffrorna inom parentes beskriver elevernas kryssvar, se kapitel 9 för förklaring):

- När kloten står still finns ingen energi. Men när fjädern skjuter iväg kloten så bildas energi genom rörelsen. [21212]

Andra elever (11%) menar att systemet har energi i vila men mindre än i rörelse.

- Stillastående föremål har lägre energi än rörande föremål. [11212]

Svaren enligt kategori V kan ses som uttryck för att energi inte bevaras. Eleverna säger ju med sina kryssvar att systemet har energi i vila men inte då kloten är i rörelse. En del svar enligt kategori VI pekar i samma riktning t. ex.

- I B har en del av den energi som fanns i A förbrukats. [11122]
- När fjädern har skjutit iväg kloten (B) finns det fortfarande energi kvar, ända tills kloten har stannat. Energin håller på att förbrukas. I figur A finns energin men den har inte börjat att användas än. [11122]

Ett ord som 'förbrukas' kan dock tolkas på olika sätt. Antingen finns det förbrukade kvar men i oanvändbart skick eller också har det upphört att existera.

I 18% av svaren anges att det är lika mycket energi 'först' som 'senare'. Det är dock ingen som explicit hänvisar till energiprincipen. Men en del förklaringar är goda nog:

–I A så har de lägesenergi. I B så har lägesenergin omgjorts till rörelseenergi. Därför är energin lika stor. [11221]

Det är 1% av eleverna som tänker sig friktionsförluster:

–Eftersom fjädern lagrar energi finns det energi i A och i B finns den energin i form av rörelseenergi. Men en del av energin försvinner i B p g a friktionen. [11122]

–När kloten rullar iväg "förstörs" lite energi p.g.a. friktionen. Alltså har det försvunnit lite energi i B. [11122]

Uppgift 8. Ficklampa

Det som nu sagts om systemet 'två klot och en fjäder' har på olika sätt sin motsvarighet när det gäller 'ficklampa'. Det är 38% som med sina kryssvar uttrycker att ficklampan inte har någon energi släckt, men väl tänd. En del elever säger explicit att det bildas energi när den tänds:

–När ficklampan slås på aktiveras batterierna och elektrisk energi uppstår. [21212]

Tillhörande kryssvar är tecken på att eleven tänker sig att elenergi inte uppstår ur någon annan energiform utan skapas. Andra ordval är mer svårtolkade:

–Batteriet kan inte ge ifrån sig energi förrän ficklampan tänds. [21212]

Här verkar det vid första påseendet som om motiveringen motsäger kryssvaret. Men vad betyder 'ge ifrån sig'? Kanske är det något som just skapas. De båda svaren är också tecken på elevernas benägenhet att förknippa energi med aktivitet, vilket är ett annat sätt att uttrycka att de har svårt att föreställa sig potentiell energi, som är en icke aktualiserad möjlighet.

Bland de elever som sagt att ficklampan inte har någon energi släckt, men väl tänd eller att den har mindre energi släckt än tänd finns ett intressant försök till kvantifiering – ju fler energiformer, desto mer energi:

–I bild A lagras det lägesenergi. I bild B bildas det värmeenergi, ljusenergi detta är mer energi sammanlagt än vad det är i A bilden. [11212]

–I A är den enda energiformen lägesenergi, men i B utvecklas också värme, som är en sorts energiform. [21212]

Vi ser positivt på dessa försök till kvantifiering. Det eleverna försöker göra är att relatera energimängden före till den efter. Just detta relaterande är ett nödvändigt första steg mot ett konservationstänkande.

Det är 13% som med sina kryssvar anger att ficklampan har lika mycket energi tänd som släckt. Närmare hälften av dessa elever framhåller att det är batterier i hela tiden och att dessa har samma energi. Man kan se dessa svar som en förväxling av energi och effekt. Lampan lyser lika starkt hela tiden beroende på att batteriet levererar en konstant energimängd per tidsenhet. Men den lagrade energin minskar successivt. En annan bidragande orsak till att eleverna inte kommer att tänka på en energiminskning kan vara deras uppfattning om vad ljus är. Det finns ett flertal studier som visar att åtskilliga elever på högstadiet inte har någon klar uppfattning om att ljus är något som utbreder sig i rummet, skilt från källor och effekter (38). Om denna föreställning saknas eller är outvecklad så finns det i tankevärlden inget som bär bort energi från ficklampan.

I en del andra svar används energiprincipen, men i de flesta fall relateras den ej till de konkreta detaljerna i den givna situationen.

–Det kan inte bildas eller försvinna energi. Det övergår bara till en annan form av energi. [11221]

Andra svar kan tolkas som att eleven har svårt att hålla fast vid att det är energin hos ficklampan som efterfrågas:

–På bild A lagras energin i batteriet och på bild B har man omvandlat den kemiska energin till strålningsenergi och värmeenergi, det är lika mycket energi fast i annan form. [11221]

Ett naturvetenskapligt acceptabelt svar ges av 23%. De allra flesta uttrycker att batteriet är ett energiförråd som minskar allteftersom lampan lyser:

–Batterierna innehåller energi, men på bild B så har lite energi försvunnit eftersom den har varit tänd en stund. [12122]

Ett och annat mycket välutvecklat svar förekommer också:

–I batteriet i ficklampan finns kemisk energi lagrad. Då ficklampan lyser omvandlas den kemiska energin till ljusenergi och värmeenergi. Eftersom ficklampan fortsätter att lysa omvandlas hela tiden kemisk energi till ljusenergi och värmeenergi som inte stannar kvar i ficklampan. [12122]

Uppgift 9. Kulan i backen

När det gäller denna uppgift måste vi tyvärr notera ett tekniskt missöde – vi borde inte ha ritat ut en kula i B, eftersom det kan förleda eleven att tänka på två kulor, trots att detta inte uttrycks i texten. Vi märkte inte något sådant i svaren på pilotstudien men borde naturligtvis ändå tänkt på saken. Nu är det som det är, och vi redovisar svar som behandlar två kulor som en särskild kategori (se kapitel 9).

Ett slående intryck av den totala svarsbilden är att få elever genomför ett energiresonemang. Ingen använder energiprincipen explicit, men några procent uttrycker likväl en god förståelse:

–När den står på toppen så är positionsenergin densamma som rörelseenergin var på botten. När den rullar ner frigörs positionsenergin och omvandlas till rörelseenergi om ingen rör den har den samma energi som från början.

För många (27%) verkar det vara självklart att kulan rullar fortare nedför backen:

–Det rullar neråt i backen klart att den rullar fortare då.

En lika stor andel förklarar sitt svar med hänvisning till backens form, t. ex.

–Eftersom kulan hade tillräckligt med fart för att ta sig över toppen, och eftersom det sluttar mer sedan så får kulan mer fart.

Det är cirka två tredjedelar av eleverna som menar att kulans fart är högre eller något högre än 5 m/s då den kommit ned på slät mark igen. Det vore intressant att veta hur dessa elever skulle ställa sig till följande svar:

–Skulle kulan haft samma fart eller högre vid B skulle det kunna bli en evighetsmaskin och man skulle kunna göra en ränna med flera sådana backar. Svaret är både roligt och originellt och är ett exempel på att man kan besvara

fysikfrågor genom att gå vid sidan av etablerade tankemönster. Eleven överväger ett antal backar efter varandra men tycks inse att en ökad hastighet innebär en accelerator för kulor, vilket framstår som omöjligt.

Uppgift 10. Raketbränslet

Läsaren har förmodligen observerat att vårt eget bruk av energibegreppet inte är stringent i denna uppgift. Lisas replik lyder: 'Det finns energi i bränslet. När det brinner frigörs denna energi och lyfter raketerna.' Vi behandlar med andra ord energi som en mekanism eller orsak (jämför 4.1). Vi föreslår därför att repliken ändras till: 'Det finns energi i bränslet. När det brinner frigörs denna.'

Förklaringen till vårt misstag är helt enkelt att vi själva var omedvetna om att energi i strikt mening ej orsakar något. Till detta vill vi foga två kommentarer. Den första är att ett begrepp inte är något som man antingen har eller inte har. En persons begrepp förändras hela tiden – när de används i nya situationer, när de länkas på nya sätt till andra begrepp, när man upptäcker tidigare okända intentionsdjup. Denna syn på begreppsbyggnad är måhända viktig att ta upp och diskutera i undervisningen. Man kan se den som en metakognitiv insikt av betydelse för att förbättra individens lärande.

Den andra kommentaren är att det framstår som viktigt att med kollegor ha en ständigt pågående diskussion om sina egna begrepp, så att dessa utvecklas på olika sätt. Eftersom diskussionerna av och till kommer att uppenbara brister i den egna begreppsbyggnaden gäller det att vara så prestigelös som möjligt. Rätt-feltänkande måste ställas i bakgrunden, både bland kollegor och i klassen, till förmån för en fri debatt, vars syfte är att så bra förståelse som möjligt skall konstrueras av så många som möjligt.

Så några ord om elevernas svar. Tanken med uppgiften har varit att ytterligare belysa i vilken utsträckning eleverna har en föreställning om att energi kan finnas i potentiell form. Denna föreställning är en förutsättning för att förstå innebörden i satsen om energins bevarande. Det är 60% som håller med Lisa, vilket vi betraktar som ett hyggligt resultat. Motiveringarna varierar alltifrån upprepning av vad Lisa säger till användning av energiprincipen:

–Bränslet innehåller självklart energi. För att ENERGI KAN INTE SKAPAS, BARA OMVANDLAS. Energin, bränslet omvandlas sedan till annan energi som lyfter raketerna (+ värme energi).

Intressant nog är det en elev som löser uppgiften bättre än vad konstruktörerna var kapabla till då problemet med raketbränslet först formulerades (kategori VB):

–Raketerna sätts igång av elden explosionen av kraften från explosionen inte från energin. Bränsle är bara bränsle.

Slutligen vill vi uppmärksamma följande svar (Kategori IIIE):

–Det måste finnas energi i allt som är föränderligt. Det måste vara lagrat på något sätt. Vilande energi finns det? Eller uppkommer energi bara när något blandas ihop? Det måste finnas vilande energi.

Det verkar som själva uppgiften hos eleven utlöser en mycket aktiv bearbetning av frågan om huruvida energi finns i vilande form eller bara uppstår, vilket leder till att

hon faktiskt åstadkommer ett tankegenombrott: 'Det måste finnas vilande energi.' Kanske har hon hjälp av en allmän tendens hos tänkandet att skapa invarianser för att få stabilitet i en föränderlig omvärld – läsaren påminns om Piagets många studier av elevers konservativtänkande gällande bl. a. antal, längd, area, materiemängd och volym.

Vi tror att de flesta elever på egen hand kan göra analoga framsteg om de får rätt stimulans. Varför inte prova t. ex. att ha öppna diskussioner i klassen om problem av typ 'Raketbränslet' innan satsen om energins bevarande introduceras.

13.4 Enheter och enkla beräkningar

Uppgift 11. J och kWh

Denna uppgift prövar en minneskunskap: 'Hur utläses J?' Om man bortser från stavningen är det 78% som kan. Bra! Något sämre är det med kWh – 52% svarar rätt. Det är 'h' som ställer till trassel. Antingen glöms det bort (kilowatt) eller också blir det kilowatt/timme. Om eleven förstått skillnaden mellan effekt och energi torde detta underlätta rätt 'utläsning' av kWh.

Uppgift 12. Brödrost eller TV?

Uppgiften tillkom efter en pilotstudie av en öppen fråga:

En brödrost har effektmärkningen 1000W, en TV har märkningen 80W. Till vilket används mest elektrisk energi - att se på TV 40 minuter eller att ha brödrosten igång 3 minuter? Förklara ditt svar!

Kryssalternativ 2 och 5 är hämtade från elevsvaren i denna undersökning. De har attraherat 14% av eleverna i den nationella studien. Alternativ 3 och 4 visar sig vara populärast. De har valts av 79%. Troligen är det formuleringarna, inklusive kvantitativa tidsangivelser, som gör att eleverna misstänker att något skall räknas ut, och att det därför bör vara 3 eller 4 som gäller. Svarens bild tyder på att fortsättningen av väljandet dock inte enbart är gissning – 49% tar det rätta alternativet, men bara 30% det felaktiga.

Uppgift 13. Vad kostar elen i köket?

De flesta av oss har förmodligen ganska dåliga kunskaper om vad olika elektriska apparater kostar per dygn, per timma eller per användningstillfälle. Uppgiften har tillkommit för att markera att detta kan vara värt att veta. I samband med fysiklektioner kan det vara en intressant uppgift att ta reda på de olika kostnaderna. I uppgift 13 är de emellertid givna och det gäller att beräkna en dygnskostnad. Hälften går i land med detta.

13.5 Energiflödet på jorden

Uppgift 14. 'Följa energin från solen'

Beskrivningar av energiflödet på jorden förekommer i läromedel för högstadiet, som är baserade på Lgr 80 (39). Det är dock inte känt hur pass noga läraren i allmänhet går in på detta flöde. Kanske det bara tas upp översiktligt, eftersom det är av tillämpningskaraktär, vilket i så fall torde vara en bidragande orsak till att relativt många (31%) ej besvarar frågan. Om eleven bara flyktigt eller inte alls har mött idén om energiflödet på jorden är uppgift 14 att betrakta som svår. Det finns också en viss oklarhet i själva frågeställningen. Vad menas med jorden? Enbart själva klotet eller klotet plus atmosfären?

Ett översiktligt intryck är att ganska få komponenter förekommer i elevernas svar, i medeltal 1,7 räknat enbart på dem som svarar. Ett annat sätt att uttrycka detta är att säga att det inte förekommer så många grenar eller steg i elevernas beskrivningar av energiflödet. Vissa komponenter rymmer dock flera steg, bl. a. IV N, O och P.

När det gäller detaljer i svarsbilden är det positivt att så många som 35% länkar solstrålning och växter. Men länken är i cirka hälften av svaren vag – eleverna uttrycker att solen ger liv eller gör så att det växer. Inga elever nämner kedjan sol-växter-förbränning av ved. Men som framgår av figur 3.1 är det mer än dubbelt så mycket av energin i systemet 'biomassa-syre' som används till bränsle som till mat. Brännved har stor betydelse i U-länder.

Det är få elever (4%) som länkar den inkommande solstrålningen till vattencykeln. Saknas denna länk blir det heller ingen länk till hydro-el. Varför är procenttalet så lågt? Vattencykeln behandlas ju på alla skolstadier och borde därför vara väl känd för eleverna i åk 9. En förklaring kan vara att man i undervisningen betonar materians, dvs vattnets, kretslopp snarare än energiomvandlingar i samband med detta. Det är därför svårt för eleverna att associera till vattencykeln från ett energisammanhang. Måhända skulle det vara lättare att följa energin bakåt från t. ex. ett vattenkraftverk. Icke desto mindre är den ringa förekomsten av länken solstrålning-vattencykel i elevernas svar en indikation på en brist i deras omvärldsuppfattning av betydelse när det gäller att förstå diskussionen om förnybar energi. Så gott som all sådan energi, inklusive hydro-el, har ju sitt ursprung i den kontinuerligt infallande solstrålningen.

Liksom tidigare (se 13.3, uppgift 5) noterar vi att eleverna, då de besvarar uppgift 14 (och för övrigt också 16, som gäller att följa energi från bensin bakåt) tenderar att beskriva händelser och objekt snarare än energins flöde, trots att de uppmanas att följa energin.

–Solenergin gör att växter kan växa, djuren äter sedan av växterna - ett kretslopp.

Ett adekvat sätt att svara är att länka en energibeskrivning till händelser och objekt:

–Solen får våra växter att växa, genom att äta blommor får kossan energin, en del av energin lagras i köttet som vi äter. Den energin använder Bosse till sin dagliga joggingrunda runt parken.

Som nämnts kan en förklaring vara dels att energi är ett abstrakt begrepp, dels att en energibeskrivning blir mer komplex, eftersom man för begriplighet måste länka denna till den konkreta världen, d. v. s. koordinera två beskrivningsnivåer.

Fört en stor del av eleverna gäller att det förekommer relativt få länkar i deras händelse- eller energikedjor. Till detta kan läggas att det bara är 1% som i sina svar tar upp möjligheten att energin går ut i rymden igen:

–Energin tar sig igenom ozonlagret. Sen kanske den tvättar ett blad. Fotosyntes, sen äter något djur bladet. Energin följer med från mage till mage på djur som äter varandra. Den används och förbränns hejvilt. Till slut är det kanske dens tur att utstrålas till värme. Kanske kommer den tillbaka ut i rymden.

Uppgift 15. Förnybara energikällor

Utifrån det mönster som visas i figur 3.1 torde det vara ganska lätt att klargöra vad som menas med förnybar och icke förnybar energi. Det är, som framgår av svaren på uppgift 15, lite si och så med kunskaperna om detta. Bland detaljerna i svaren noteras att en del elever betraktar t. ex. en väderkvarn och ett vindkraftverk som förnybara energikällor (kategori D). Svaren pekar på att ett särskilt begrepp kan behövas för denna typ av system. Karplus (40) inför 'passivt kopplingselement'. Då t. ex. någon snurrar upp propellern på ett modellflygplan är propellern ett delsystem som ligger mellan personen (energigivaren) och gummibandet (energi-mottagaren). 'This intermediate subsystem never acquires an appreciable amount of energy of its own. A subsystem ... which facilitates energy transfer in a passive way, is called a passive coupling element.' (41)

Uppgift 16. Bensinen

Några bedömare som kommenterat uppgift 16 anser att dess formulering inbjuder till att svara JA eftersom detta alternativ är mer detaljerat utformat i texten än NEJ:

Om Du svarat JA, så följ energin bakåt i steg så långt Du kan och så detaljerat Du kan. Skriv ned hur Du tänker!

Om Du svarat NEJ, så förklara hur Du tänkte!

Likväl är det 58% som väljer NEJ. I åtskilliga fall är svaren tydliga nog. Eleverna uttrycker att energin uppstår först när det händer något eller framhåller att när det inte händer något, så finns ingen energi (kategori II C, 7%). Andra säger att energin uppstår vid förbränningen (kategori II C, 24%). Exempel är:

–Energin uppkommer så fort man startar bilen och inte innan.

–Energi blir till vid förbränningen av bensinen. Bensinen i sig självt är ingen energi.

Svar liknande dessa är ytterligare ett exempel på att eleverna tenderar att förknippa energi med aktivitet, vilket än en gång understryker nödvändigheten att diskutera potentiell energi i undervisningen.

Men det finns också några svar i kategori II E (2%) som pekar på att det kan finnas en språklig svårighet i uppgiftens formulering. Vi frågar: 'Finns denna energi innan förbränningen?' och tänker då naturligtvis på energi i allmänhet. Men eleverna kan tolka det skrivna som att vi syftar på energislag, vilket följande svar indikerar:

–Energin i bensinen är ju kemisk energi. När den förbränns i en bilmotor övergår den kemiska energin till bl. a. värmeenergi, rörelseenergi, ljudenergi och ljusenergi.

Eleven tänker troligtvis att det energislag (de energislag) som bilen får genom att bensinen förbränns (rörelseenergi, värme) inte fanns innan. Då var det kemisk energi. Därför är svaret på frågan NEJ.

Det är 43% som bejakar att energin finns innan. När det gäller att följa denna bakåt är det notabelt att få elever kommer så långt som till solen. Eftersom energi från fossila bränslen har en helt avgörande betydelse för hur vårt samhälle gestaltat sig är det rimligt att var och en har kunskap om att det är forna tiders fotosyntes som är länken mellan den infallande solenergin och teknisk förbränning av olika slag.

Sammantaget visar svaren på uppgift 14 och 16 att den enskilde eleven i allmänhet inte har särskilt utförlig och detaljerad kunskap om hur energiflödet från solen går vidare genom naturliga och tekniska system. Å andra sidan känner olika elever till olika pusselbitar i det mönster som figur 3.1 utgör. Därför kan man anta att chansen är relativt god för att en klass tillsammans kan åstadkomma något som är ganska likt figur 3.1. En tänkbar undervisningsmetod är att låta eleverna gruppvis lösa problem av den typ som getts i uppgift 14 och 16: Följ energin bakåt och framåt från den varma elplattan, bilen som kör, brasan som brinner, personen som joggar.... Gruppernas redovisningar kan efter hand läggas samman och byggas ut till 'energiflödet på jorden'.

Uppgift 17. 'Fossil energi'

Det är ungefär 80% av människans energibehov som tillgodoses av olja, kol och naturgas. Att känna till denna siffra är av vikt när det gäller att förstå människans energisituation, vilket är motivet för att ha med uppgift 17 i utvärderingen. 60% av eleverna är på rätt procenthalva med sina svar (alternativen cirka 60%, cirka 80% och nästan 100%). Det får anses vara ett hyggligt resultat, om än i det lilla formatet. Undervisningen om fossil energi skall naturligtvis till stor del handla om vad siffran 80% innebär för natur, människa och samhälle.

13.6 Energi i hemmet

Uppgift 18. Spara energi

Uppgift 18 innebär ett annat perspektiv på energiflödet på jorden, nämligen det personliga. Närmare bestämt rör det sig om en familj som vill använda mindre energi än den brukar. Vilka förslag har eleven att komma med? Först noteras att få elever uppmärksammar möjligheten att spara energi utanför hemmet – transport 6%, konsumtion 1%. Kanske gör uppgiftens familjesammanhang eleverna benägna att i sina tankar stanna innanför hemmets väggar. Måhända skulle lätta puffar av typ 'kan familjen spara energi också utanför hemmet' ge betydligt fler svar i kategorierna 'transporter' och 'konsumtion av varor'. Likväl är de få svaren i dessa kategorier ett memento för läraren att ta upp energisparande i såväl ett individuellt som kollektivt perspektiv.

Om vi går innanför hemmets väggar, så är det vanligaste sparförslaget att släcka lampor (64%). Eftersom belysning svarar för cirka 20% av hushållens elanvändning, uppvärmning ej inräknad, är förslaget bra. Moderna glödlampor, lysrör och

lågenergilampor klarar av att tändas och släckas ofta, utan att dra mer energi och utan att slitas mer (42). Man kan undra varför detta sparförslag är relativt dominerande, jämfört med t. ex. att spara på bostadsvärme, som är den största posten på hushållens energiräkning. En förklaring kan vara att det är fråga om ett gammalt energibeteende som lever kvar i kulturen. Den första hushållselen användes i stor utsträckning till belysning, och det gällde för gemene man, som levde under knappa omständigheter, att 'spara på strömmen'. Denna inställning kan ha förts vidare genom generationerna. Hur det än må vara med den saken visar elevsvaren att undervisningen behöver reda ut detaljer i energiflödet genom bostaden så att eleven blir medveten om de många delar som ingår (belysning, kyl- och frys, matlagning, tappvarmvatten, tvätt och tork, övriga elapparater, uppvärmning av bostaden) och dessas ungefärliga andel av hushållens energianvändning.

Uppgift 19. Effekt på elapparater

Uppgift 19 gäller detaljer i sparsammanhanget, nämligen kunskaper om vilka hushållsapparater som drar mycket och lite energi. Eleverna klarar uppgiften bra. Det är 87% som prickar in mikrovågsugnens effekt rätt, och 50% klarar alla apparater.

13.7 Om att använda testuppgifterna i undervisningen

Ett positivt resultat av vår utvärdering är att eleverna i stor utsträckning faktiskt svarar på de ganska svåra frågor som vi ställer. Den samlade svarsbilden ger intryck av rikedom på tankar och idéer. Se detta som en potential! Gör elevernas tankar till undervisningsinnehåll! Låt uppfattningar brytas mot varandra! På så sätt kan en nyfikenhet på 'vetenskapens ståndpunkt' skapas. Undran hålls vid liv.

Vi hoppas att våra testuppgifter blir använda i denna anda, t. ex som

- problem till klassen med åtföljande diskussion
- problem för lösning i mindre grupper
- problem för enskilt arbete
- utvärderingsinstrument
- prov

Vi återkommer till andra aspekter på energiundervisningen i kapitel 15.

14 VÄRDERING

Vår väg fram till att värdera har varit ganska lång, men likväl intressant och väl värd att vandra. Först preciserade vi mål för området energi, och tog då hänsyn till kursplaner, pågående samhällsdebatt, forskningsresultat om elevers begrepp och svårigheter att förstå samt undervisningspraxis, speglad bl. a. i läromedel. Nästa steg har varit att omsätta målen till testuppgifter. Möjligheterna härvidlag är många och tolkningsutrymmet betydande. Vi har gjort våra val på basis av pilotstudie-resultat och efter att ha inhämtat synpunkter från en mindre referensgrupp av erfarna högstadielärare. Under hela denna process möter man olika problem. Vi har berört en del av dessa i avsnitt 2, inte minst svårigheten att med hjälp av relativt få testuppgifter avgöra om ett mål är uppnått eller ej.

Om man accepterar våra val av preciserade mål och bedömer testuppgifterna som rimliga och representativa instrument för att mäta om satta mål är uppnådda eller ej, så fastlägger man samtidigt en plattform för värdering. En detalj återstår dock, nämligen att ställa upp kriterier för acceptabelt svar. Detta är gjort i tabell 14.1, av vilken också framgår andelen acceptabla svar uppgift för uppgift.

Tabell 14.1. Mål, uppgifter, våra kriterier och andel acceptabla svar för området 'energi'.

MÅL	UPPGIFT	KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR	ANDEL ACCEPTABELA SVAR
<u>Mål 1.</u> Att skilja mellan energi i naturvetenskaplig och annan mening	1. Fysisk träning	Kategori V (dvs rätt kryssvar)	59%
	2. Rätt eller fel om energi	Alla rätt (FFRFR)	13%
<u>Mål 2.</u> Energislag, energiomvandling, energispill	3. Fyra bilder - rörelseenergi	Kategori IX	48%
	4. Fyra bilder - lägesenergi	Kategori IX	25%
	5. Vagn uppför backe	Kategori V & VI	20%
	6. Kraftverket	Någon av kategorierna III C, D, E eller F	17%

Tabell 14.1(forts). Mål, uppgifter, våra kriterier och andel acceptabla svar för området 'energi'.

MÅL	UPPGIFT	KRITERIUM FÖR ACCEPTABELT SVAR	ANDEL ACCEPTABELA SVAR
<u>Mål 3.</u> Energin bevaras, den kan inte uppstå eller försvinna	7. Klot och fjäder	Någon av kategorierna VI D, E eller VII	20%
	8. Ficklampan	Kategori VII	23%
	9. Kulan i backen	Någon av kategorierna III E, F, G, H, IV D eller E	8%
	10. Raketbränslet	Kategori II B el V	58%
<u>Mål 4.</u> Enheter och enkla beräkningar	11. J och kWh	Rätt på båda	45%
	12. Brödrost eller TV?	Kryssalternativ 4	49%
	13. Vad kostar elen i köket?	Rätt svar	45%
<u>Mål 5.</u> Energiflödet på jorden	14. Följa energin från solen	Svar med länk till elgenerering i kat II I eller någon av kat IV N, O eller P eller kat VS	17%
	15. Förnybara energikällor	Kategori H	27%
	16. Bensinen	Någon av kategorierna III C, D, E, F eller G	13%
	17. Fossil energi	Något av alternativen 60%, 80% eller nästan 100%	60%
<u>Mål 6.</u> Energi i hemmet	18. Spara energi	Minst ett förslag i var och en av kategorierna II, III F och IV	7%
	19. Effekt på elapparater	Alla rätt	50%

Kan man då anse att de av oss formulerade målen (se avsnitt 6.2) är uppnådda?

För att svara på frågan noterar vi först och främst relativt låga procentsiffror på uppgifterna 5,6,7,8 och 9. Inget tal överstiger 25 %. Karakteristiskt för dessa uppgifter är att eleverna måste använda sina kunskaper om energi i för dem nya situationer. Och det är inte vilken kunskap som helst, utan förståelse av grundbegrepp, närmare bestämt energins bevarande och dess överföring i olika situationer. Den relativt låga andelen acceptabla svar bedömer vi som mindre tillfredsställande.

Också när det gäller energi i natur och samhälle, dvs. mål 5 och 6, skulle man gärna se att resultaten var betydligt bättre. Knappt en tredjedel av eleverna kan ge exempel på förnybara energikällor, vilket vi ser i relation till dessa källors betydelse i den pågående samhällsdebatten. Det är bara 7% som ger förslag till en familjs energisparande vilka innefattar såväl el som tappvarmvatten och uppvärmning av bostad.

I anslutning till temat 'energi i natur och samhälle' noterar vi också att när det gäller att följa energin i bilmotorns exploderande bensin bakåt, så är det 58% som uttrycker att energin inte finns innan förbränningen. Av dem som anser att energin funnits innan är det bara en liten del (7% av alla som besvarat problemhäftet) som härleder energin till solen.

Sammantaget leder oss ovanstående observationer till en önskan att förbättra grundskolans undervisning om energi. Vi använder därför i nästa avsnitt erhållna resultat som underlag och utgångspunkt för att skissera hur detta skulle kunna ske.

15 GRUNDSKOLANS UNDERVISNING OM ENERGI – NÅGRA NYA MÖJLIGHETER

15.1 Utgångspunkter

Under utvärderingsprocessen skapas kunnande av olika slag – om energibegreppets natur, om mål som är möjliga för grundskolan, om elevers tänkande och svårigheter att förstå. Vår förhoppning är att detta kunnande kommer till användning vid försök att förbättra undervisningen. I syfte att stimulera arbete i denna riktning redovisar vi här några egna tankar om hur grundskolans undervisning om energi skulle kunna utformas. Vi börjar med ett antal allmänna utgångspunkter.

Först noteras att så gott som varje förändring i omvärlden innebär en överföring av energi. Det betyder t. ex. att varje experiment i fysik, kemi och biologi kan diskuteras ur energisynpunkt. Energi är med andra ord inte ett väl avgränsat avsnitt i fysiken. Energin finns överallt, också i kemiska experiment och biosfärens myllrande ekosystem. Varje naturvetenskaplig lärare kan alltså vara en energilärare.

Vidare konstateras att området energi *måste* ingå i grundskolans undervisning, både enligt Lgr 80 och Lpo 94. Vi har argumenterat för att detta *måste* är välmotiverat och gett förslag till preciserade mål (avsnitt 3 och 6). Vi har också diskuterat olika sätt att introducera och bygga upp energibegreppet (avsnitt 4). Vår slutsats av denna diskussion är att en fysikaliskt stringent introduktion och uppbyggnad, baserad på definitioner av kvantitativa begrepp, inte är möjlig i grundskolan. Därför bör vi gå tillväga på ett annat sätt än det som fysiker är vana vid.

Det är alltid något att kunna utesluta ett alternativ. Men det finns också mer positiva utgångspunkter. Några kommer från konstruktivismen, som bl. a. säger att individen försöker förstå något nytt med de tankestrukturer han/hon redan har. Det betyder att undervisning om energi med stor sannolikhet aktiverar elevernas vardagsföreställningar inom detta område. För att förstå deras utgångsläge är det därför önskvärt att känna till dessa föreställningar så långt det är möjligt. De många elevsvar vi kategoriserat är en rik informationskälla härvidlag.

Vi betraktar inte vardagstänkandet om energi som en kognitiv fiende som skall nedkämpas. Däremot anser vi att det kan vara lämpligt att försöka göra eleverna medvetna om att de har ett vardagstänkande och att det nu gäller att pröva på ett annat tänkande, nämligen det vetenskapliga, som på olika sätt skiljer sig från vardagens invanda banor.

Till dessa konstruktivistiska insikter kan läggas att eleverna måste bringas till insikten att deras lärande i stor utsträckning beror av deras egen aktivitet. Lärande är att ställa frågor, att i tanken 'vrida och vända' på det innehåll man försöker begripa, att formulera sitt kunnande i talade och skrivna ord osv.

15.2 Idén om energiflöde som alternativ till vardags-tänkande

Låt oss nu se lite närmare på vardagstänkandet. I detta lever energin ett tillfälligt och situationsbundet liv. I vissa sammanhang finns den, i andra inte. Den uppstår eller försvinner utan förklaring. Lite mer i detalj visar de svar som vi fått följande:

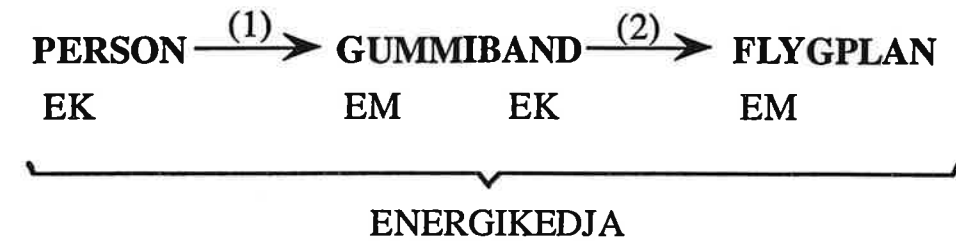
1. En hel del elever tänker sig, i olika situationer, att energi bara uppstår.
2. Föreställningen att energi förbrukas och försvinner är vanlig.
3. Energi tenderar att förknippas med att något händer.
4. Energi tenderar att förknippas med den levande världen, särskilt människor.
5. Att ha energi kan i vardagstänkandet vara liktydigt med att känna sig pigg och må bra.
6. Eleven har svårt att föreställa sig lägesenergi. System som har potentiell energi uppfattas av relativt många som 'energilösa'.

Vi märker också följande svårigheter:

7. Då eleverna uppmanas att beskriva hur energin flödar och omvandlas tenderar de att beskriva händelser och objekt snarare än energins flöde med tydliga länkar till den konkreta världen.
8. Det är få steg i elevernas händelsekedjor/energikedjor.
9. Energiprincipen används sällan.

Särskilt punkterna 1, 2, 6 och 8 gör att man söker något som skulle kunna hjälpa eleverna att i sin tankevärld göra energin mer permanent och stabil. Detta något skulle kunna vara energiprincipen. Men våra resultat visar att trots undervisning så används den sällan. Möjligen kommer den för tidigt i undervisningen, dvs. innan eleverna fått tillräckliga erfarenheter av att följa energi genom olika omvandlingar. Ett alternativ är idén om att energin flödar. Den uppstår inte plötsligt – den kommer från en källa. Energin försvinner inte – den går vidare till nya system. Det önskade flödestänkandet kan introduceras och utvecklas med hjälp av begreppen energikälla, energimottagare, tecken på energiöverföring och energikedja, vilka alla refererar till något konkret, men som också uttrycker att energi – något vi inte kan varsebli – överförs steg för steg.

Ta som exempel en person som vevar upp propellern på ett modellplan. Hon är energikälla, gummibandet energimottagare. Tecken på energiöverföring är att gummibandet spänns. Sedan släpper hon iväg planet. Gummibandet är då energikälla och planet mottagare. Tecken på energiöverföring är att planet får fart och att gummibandet blir mindre spänt. Schematiskt kan vi skriva som i figur 15.1, där EK betyder energikälla och EM energimottagare. Pilen står för energi som överförs. (1) är första överföringen, och tecknet på denna är att gummibandet spänns. (2) är den andra överföringen, och tecken på denna är att planet får upp farten. Tillsammans bildar överföringarna en energikedja.



Figur 15.1 Exempel på en energikedja.

Ett annat exempel är krocketspelaren som slår till sitt klot. Han är energikälla, klotet mottagare. Tecken på energiöverföring är att klotet börjar rulla. Klotet – nu energikälla – krockar med motspelarens, som blir energimottagare. Tecken på energiöverföring är att det första klotet stannar och det andra börjar röra sig.

Det nu beskrivna sättet att introducera ett energitänkande har för- och nackdelar. Till fördelarna hör att eleverna får följa energin i steg. De kan börja vänja sig vid tanken att energin kommer någonstans ifrån och går vidare. Energin som sådan kan inte iaktas, men väl tecken på energiöverföring. Till nackdelarna hör att läraren inte förklarar vad energi är, utan i stället helt enkelt börjar prata om den med hjälp av exempel. Detta anser vi vara acceptabelt på grundskolan, där en strikt begreppslogisk uppbyggnad bedöms som icke möjlig, vilket tidigare nämnts. En annan svårighet är att man alltid kommer till en punkt då energin verkar försvinna – genom omärklig överföring av värme till omgivningen.

Kanske kan man börja diskutera denna omständighet med relativt tydliga exempel för att sedan övergå till fall då det inte går att observera förändringar i de system som mottar energi i form av värme. Ett relativt tydligt exempel är att koka vatten på elspisen – se figur 15.2!

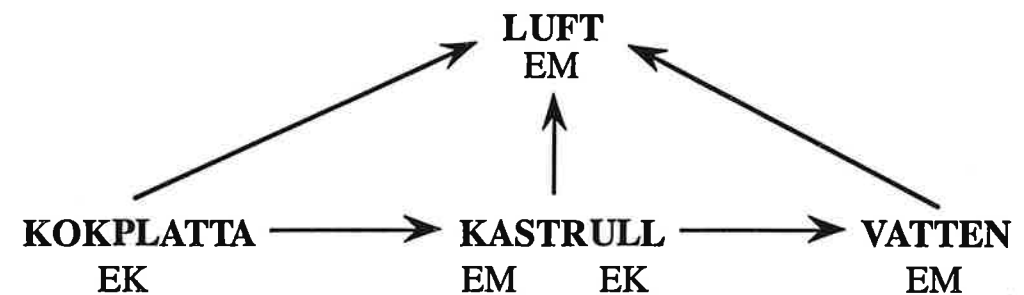
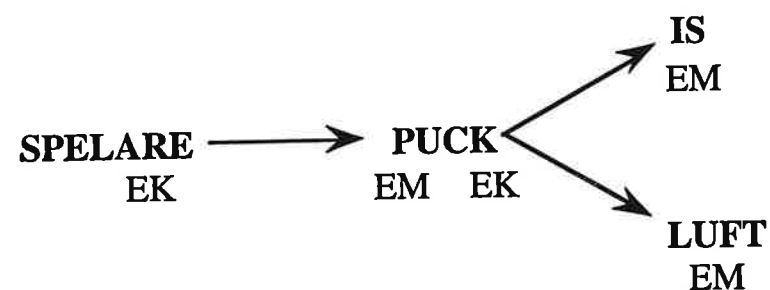


Fig 15.2 Energiöverföringar vid kokning av vatten.

Ett mindre tydligt fall är pucken, som efter ett utslag glider allt långsammare över isen för att slutligen stanna.



Figur 15.3 Energiöverföringar då en puck slås ut och glider över isen.

15.3 Energiflödet på jorden – ett mönster som förenar biologi, fysik och kemi

Begreppen energikälla och energimottagare kan användas i allt fler och vidare sammanhang. Personen som kör skottkärran är källa, kärran mottagare. Men varifrån får personen sin energi? Från maten, svarar antagligen en hel del elever. Men hur kommer då energin till maten? Kanske några elever har hört talas om att växterna binder solenergi genom sin fotosyntes och kan bidra med detta. Man kan vända på sin baklängesfärd längs en flödeslinje och börja från solen. Den avger energi inte bara till växterna utan också mark, luft och vatten. Vad händer sedan med energin?

Genom att ta upp exempel liknande dessa kan läraren bereda marken för en introduktion av 'Energiflödet på jorden', dvs. det schema som visas i figur 3.1. Vi tror det är möjligt att göra denna introduktion på basis av en undervisning liknande den som ovan beskrivits. Introduktionen är menad att ge en första inblick i hur olika företeelser hänger samman i energikedjor. Förståelsen torde till att börja med bli intuitiv och ganska tunn, och därför menar vi att den behöver stabiliseras genom att man fördjupar sig i olika delar av schemat. Fotosyntesen som första ledet i energiflödet genom ett biologiskt samhälle är ett exempel från biologin, näringslära och jordens livsmedelsproblem ett annat. Flödesschemat erbjuder kemin ett sammanhang för undervisning om endoterma och exoterma reaktioner – många anser att fotosyntes och förbränning av organiskt material är de viktigaste kemiska reaktionerna i en medborgarutbildning. För fysiken finns mycket av intresse – strålning, ellära, värmelära...

15.4 Energiformer

En del av energiundervisningen är att introducera och använda olika energiformer. Rörelseenergi kan vara en lämplig början eftersom energi i vardagstänkandet förknippas med aktivitet. Rörelsen är påtaglig. Det händer något. Eleven torde inse att ju högre hastighet, desto större rörelseenergi. Vid samma hastighet är det den större av två massor som har störst rörelseenergi.

Nästa steg kan vara att ta itu med potentiell energi. Eftersom eleverna vid det här laget antas ha en viss vana vid att identifiera energikällor- och mottagare kanske man kan fråga så här:

Två bollar är hopbundna med ett gummiband som är spänt. Se bild A!



Bild A

Då bollarna släpps får de upp farten, dvs. deras rörelseenergi ökar och ökar. Se bild B!

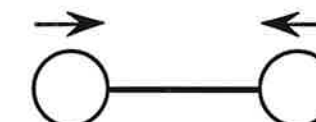


Bild B

Att rörelseenergin ökar och ökar tyder på att mer och mer energi överförs till bollarna. Vilken är energikällan? Förhoppningsvis ger eleverna svar, vilkas innebörd är 'gummibandet' eller 'systemet bollar+gummiband'. Det finns alltså energi från början, trots att det då inte händer något. Man säger att systemet har lägesenergi eller potentiell energi. Denna kommer i sin tur från personen som dragit isär bollarna.

Nästa steg kan vara följande fråga:

Två magneter hålls isär. Se bild A!



Bild A

Då de släpps rör de sig fortare och fortare mot varandra, dvs. deras rörelseenergi ökar och ökar. Se bild B!



Bild B

Att rörelseenergin ökar och ökar tyder på att mer och mer energi överförs till magneterna. Vilken är energikällan? Det vore onekligen intressant att veta hur elever besvarar denna fråga. Kanske kan de inse att energin finns i systemet 'två magneter' i form av lägesenergi och att det är denna som omvandlas till rörelseenergi. Då magneterna drogs isär var det en person som utgjorde energikällan. När hon väl gjort detta händer ingenting. Men den tillförda energin har för den skull inte upphört att existera. Den finns som potentiell energi i systemet 'två magneter' – inte enbart hos den ena eller den andra magneten, utan i systemet. Det spelar ingen roll hur man drar isär magneterna – det är likväl systemet 'två magneter' som är energimottagare. Om man t. ex. håller fast den ena och drar i den andra magneten, så är det inte enbart den senare som tar emot energin, vilket framstår som rimligt om man släpper båda magneterna och ser att de båda börjar röra sig, inte bara den som man dragit iväg.

Det är en öppen fråga hur långt man kan driva denna typ av resonemang på grundskolans högstadium. Förhoppningen är naturligtvis att eleverna också förstår att då man lyfter ett föremål, så är det systemet jord-föremål som tillförs energi.

15.5 Energispråk i fyra olika sammanhang

Då vi analyserat elevsvar och skrivit denna rapport har vi blivit alltmer medvetna om vårt eget sätt att tala och skriva om energi. Ibland har vi iklätt oss 'puristens' roll, dvs. försökt leva upp till en hypotetisk idealfysikers stringenta och helt invändningsfria språkbruk. Detta har bl. a. lett till påpekanden om brister hos andra, vilket i sin tur medfört att samtal om energi blivit något ansträngda och en smula hackiga. För att slippa känna oss som den strikta fysikens ständiga väktare har vi infört fyra olika sammanhang för samtal om energi och sagt oss att det språkbruk som finns i vart och ett av dessa är funktionellt för sina brukare, och därför inget som bör bli föremål för omedelbara och energiska reforminsatser. Däremot kan det vara på sin plats att i undervisningen göra eleven medveten om de olika sammanhangen och att språkbruket i dessa kan skilja sig åt en hel del. De fyra sammanhangen är

- vardag
- samhälle (bl. a. media)
- skola
- naturvetenskap

Låt oss ta några exempel. I debatten diskuteras samhällets energiförbrukning. Detta ord stämmer bra med vardagserfarenheten. Arbetar man ordentligt förbrukar man sin energi och blir uttröttad. Men i skolan gäller att det är energislag som förbrukas, inte energi. Detta är också det vetenskapliga språkbruket.

I både vardag och samhälle torde man betrakta energi som orsak i såväl psykologisk som fysisk mening. Billig energi sägs t. ex. sätta fart på industrin. I skolan behandlas energi enbart som fysisk orsak. Energin i bensinen sägs t. ex. driva bilen framåt. Den vetenskapliga ståndpunkten att energi är en abstrakt kvantitet som beskriver ett systems tillstånd framstår i dessa sammanhang som egendomlig och svårfattlig.

I samhället finns oljeförråd, och dessa kan omtalas som en energireserv. Det är inte klart om detta betyder energi i potentiell form, eller bara materia, ur vilken energi kan skapas om betingelserna är de rätta. Vardagstänkandet, som förknippar energi med aktivitet snarare än vila, står därför inte nödvändigtvis i någon motsatsställning. I skolan är energireserv i detta sammanhang detsamma som kemisk energi. I naturvetenskapen ses reserven också som potentiell energi.

I samhällsdebatten används ordet kärnkraft. Detta ord är så etablerat att det tar emot att säga exempelvis 'folkomröstning om kärnenergin' jämfört med 'folkomröstning om kärnkraften'. Språkbruket ligger nära vardagen, i vilken kraft och energi inte hålls isär. I naturvetenskapen däremot är kärnkraft meningslöst, eftersom det inte finns något kraftbegrepp i beskrivningen av atomkärnornas värld. På fysiklektionerna används därför ordet kärnenergi, även om det kan vara svårt att på ett djupare sätt förklara för eleverna varför kraft bör undvikas i detta sammanhang.

Skolan är en plats där man kan reflektera över hur ord används. För de naturvetenskapliga lärarna innebär detta en möjlighet inte bara att hjälpa till att skapa en språklig medvetenhet hos eleverna utan också ett sätt att med hjälp av jämförelser befästa naturvetenskapliga betydelser av ord. För att understryka detta sammanfattar vi det sagda i form av tabell 15.1

Tabell 15.1 Energispråk i fyra olika sammanhang

SAMMANHANG FÖR SPONTANT SPRÅK OM NATURVETENSKAPLIGA FÖRETEELSER		SAMMANHANG FÖR REFLEKTION ÖVER SPRÅKET	
VAR DAG	SAMHÄLLE	SKOLA	VETENSKAP
min energi är förbrukad	industrins energiförbrukning har minskat	energi förbrukas ej, men väl energislag	exergi förbrukas, energi konserveras
hennes energi driver hela familjen	billig energi sätter fart på industrin	energi är en fysisk orsak	energi är en abstrakt kvantitet, ej en fysisk orsak
olja är olja, energi uppstår om man tänder på	vi lagrar olja för att ha en energireserv	olja är kemisk energi	systemet syre-olja har mer energi än systemet koldioxid-vatten
kärnkraften är jättefarlig	låt oss diskutera om vi behöver en ny folkomröstning om kärnkraften	kraft och energi är skilda storheter, därför skall det hejta kärnenergi	kärnkraft är ett begrepp utan mening eftersom kraft inte används för att beskriva atomkärnor

Vi gör halt här i våra funderingar om hur energiundervisningen på högstadiet skulle kunna tänkas gå till. Möjligheterna att på olika sätt gå vidare från den plattform vi skisserat är många, och det kan vara roligt och spännande att fundera och spekulera. Betydligt mödosammare är att pröva sina idéer i det verkliga klassrumslivet. Vi hoppas att denna rapport stimulerar till sådana försök och att vunna resultat rapporteras!

NOTER

1. Karplus, 1965, s. 8.
2. Holm & Thunberg, 1993, s. 65.
3. Holm & Thunberg, 1993, s. 48.
4. Hubendick, 1985, s. 150.
5. Trumper, 1990, s.352.
6. Feynman, Leighton & Sands, 1963 (kapitel 4-1).
7. Warren, 1982.
8. Science Curriculum Improvement Study, 1974, s. 96-97.
9. TEFY är ett läromedelssystem för grundskolans högstadium i fysik, kemi och teknik. Det ges ut av TEFY, Munka Ljungbyvägen 55A, 262 00 Ängelholm.
10. Fysik, Försök och fakta är en del av ett läromedelssystem för högstadiet som ges ut av Liber, 205 10 Malmö.
11. Warren, 1972.
12. Woolnough, 1973.
13. Shaw, 1974.
14. Solomon, 1992, s. 43-44.
15. Trumper, 1990, s. 350.
16. Ibid., s. 349.
17. Watts, 1983, s. 214.
18. Solomon, 1992, s. 48.
19. Trumper 1991, s. 3-4.
20. Duit, 1983.
21. Watts & Gilbert, citerade av Driver, Squire, Rushworth & Wood-Robinson, 1994, s.145.
22. Duit, 1983.
23. Nicholls & Ogborn, 1993.
24. Trumper 1991, s. 5.
25. Solomon, 1992, s. 68.
26. Ibid., s. 67.
27. Duit, 1981.
28. Brook & Driver, 1984, s. 79-89.
29. Duit, 1981.
30. Solomon, 1992, s. 128.
31. Ibid. , s. 146.
32. Solomon, 1992.
33. Watts, 1983.
34. Solomon, 1992.
35. Ibid.
36. Andersson, 1993, s. 28. Vi menar bl. a. att vardagsuppfattningen att materia kan försvinna vid t. ex. förbränning eller nedbrytning gärna kan ersättas med adekvata vetenskapliga begrepp i hela befolkningen.
37. Solomon, 1992, s. 110-114.
38. Andersson och Kärrqvist (1981)
39. Se t. ex s. 24 i TEFY: Fysik GRH 2 och s. 118-119 i Fysik och fakta. Referenser till dessa läromedel ges i not 9 och 10.
40. Karplus, 1969.
41. Karplus, 1969, s 85
42. Holm & Thunberg, 1993, s 107-109.

REFERENSER

- Andersson, B. (1993). *Skolans naturvetenskap – problemanalyser och förslag till FoU*. (Rapport NA-SPEKTRUM, Nr 9). Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1981). *Ljuset och dess egenskaper*. (Rapport Elevperspektiv No. 8). Mölndal: Institutionen för pedagogik, Göteborgs universitet.
- Brook, A. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary school students' understanding of energy: full report*. Leeds: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Children's Learning in Science Project.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. London: Routledge.
- Duit, R. (1981). Understanding energy as a conserved quantity – remarks on the article by R. U. Sexl. *European Journal of Science Education*, 3, 291-301.
- Duit, R. (1983). Energy conceptions held by students and consequences for science teaching. In H. Helm & J. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 316-322). Ithaca, NY: Cornell University.
- Feynman, R., Leighton, R. B. & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Volume 1. Reading, USA: Addison-Wesley.
- Holm, F., & Thunberg, B. (1993). *Nya handla miljövänligt*. Naturskyddsföreningens förlag AB.
- Hubendick, B. (1985). *Människoekologi*. Gidlunds.
- Karplus, R. (1965). *Theoretical background of the Science Curriculum Improvement Study*. Berkeley: Lawrence Hall of Science, University of California.
- Karplus, R. (1969). *Introductory physics. A model approach*. New York: W. A. Benjamin.
- Nicholls, G. & Ogborn, J. (1993). Dimensions of children's conceptions of energy. *International Journal of Science Education*, 15, 73-81.
- Science Curriculum Improvement Study. (1974). *SCIS teachers handbook*. Berkeley: University of California, Lawrence Hall of Science.
- Shaw, R. (1974). How do you teach heat in schools? *Physics Education*, 9, 73-74.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy in school and society*. London: The Falmer Press.

- Trumper, R. (1990). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept – part one. *International Journal of Science Education*, 12, 343-354.
- Trumper, R. (1991). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept – part two. *International Journal of Science Education*, 13, 1-10.
- Warren, J. W. (1972). The teaching of the concept of heat. *Physics Education*, 7, 41-44.
- Warren, J. W. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4, 295-297.
- Watts, M. D. (1983). *Some alternative views of energy*. *Physics Education*, 18, 213-217.
- Woolnough, B. (1973). Heat in schools. *Physics Education*, 8, 237.