

ENERGIFLÖDET GENOM NATUREN OCH SAMHÄLLET

PROJEKT NORDLAB-SE
Inst för pedagogik och didaktik
Göteborgs Universitet
Box 300, SE-405 30 GÖTEBORG

Hemsida: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>
Tel: +46-(0)31-7731000 (växel)
Fax: +46-(0)31-7732060
E-post: anita.wallin@ped.gu.se

Projektgrupp: Björn Andersson (projektledare), Frank Bach, Birgitta Frändberg, Ingrid Jansson,
Christina Kärrqvist, Eva Nyberg, Anita Wallin, Ann Zetterqvist

Nordisk kontaktgrupp: Albert Chr. Paulsen (DK), Irmeli Palmberg (FI), Stefán Bergmann (IS),
Anders Isnes (NO)

OM PROJEKTET NORDLAB

NORDLAB är ett projekt som går ut på att genom nordiskt samarbete ge framför allt lärare i naturvetenskapliga ämnen redskap att förbättra och förnya sin undervisning. Matematik och teknik kommer också in i bilden. Ämnesdidaktiska forskningsresultat och annat nytänkande är centralt för projektet, liksom ambitionen att verksamhet och produkter skall framstå som intressanta och användbara för den arbetande läraren i skolan.

Initiativtagare till projektet är Nordiska Ministerrådet genom 'Styringsgruppen for Nordisk Skolesamarbejde.' Ministerrådet är också finansär av projektets samnordiska delar.

NORDLAB leds av en projektgrupp med följande medlemmar

Ole Goldbech och Albert Chr. Paulsen, (DK)
Veijo Meisalo (FI)
Baldur Gardarsson (IS)
Thorvald Astrup (NO)
Björn Andersson (SE)

Denna nordiska projektgrupp anser att en lämplig metod att nå fram till lärarutbildare och lärare med nya idéer, med den ämnesdidaktiska forskningens senaste rön och med reflekterande praktikers erfarenheter, är att skapa och utpröva ett material av workshop-karaktär, som kan användas på ett flexibelt sätt i lärarutbildning, lärarfortbildning, studiecirklar och för självstudier.

Inom ramen för NORDLAB svarar varje nordiskt land för ett delprojekt med följande innehåll:

1. experimentellt arbete (DK)
2. IT som redskap för kommunikation, mätning och modellering (FI)
3. samhällets energiförsörjning (IS)
4. elevers självvärdering som ett sätt att förbättra lärandet (NO)
5. senare års forskning om elevers tänkande och möjligheter att förstå naturvetenskap, och vad denna forskning betyder för undervisningen (SE)

Det svenska delprojektet (NORDLAB-SE) finansieras av Utbildningsdepartementet och Skolverket

© Projektet NORDLAB-SE, Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet.

Detta arbete är belagt med copyright. Det får dock kopieras av enskilda personer för användning i hans eller hennes undervisning, t. ex. lärarutbildning eller fortbildning. Källan skall anges.

OM PROJEKTET NORDLAB-SE

Syfte

NORDLAB-SE behandlar, i form av ett antal enheter eller 'workshops', några aspekter av det spännande företag som kallas naturvetenskap. Ett genomgående drag i dessa workshops är att de tar upp senare års forskningsresultat angående elevers vardagsföreställningar om naturvetenskapliga företeelser. Syftet är att göra dessa resultat kända och presentera dem så att läsaren/workshopdeltagaren stimuleras att vidareutveckla skolans naturvetenskapliga undervisning.

Tonvikt på förståelse

Naturvetenskap går primärt ut på att förstå. Vi vill lyfta fram detta karaktärsdrag därför att vi tror att förståelse ger en inre tillfredsställelse och stimulerar till fortsatt lärande, oavsett om man är barn eller vuxen, novis eller expert.

Teman

Naturvetenskapens arbetssätt. Inom detta tema behandlas växelspelet mellan teori och observationer, liksom hur man väljer lämpliga system och att genomför kontrollerade experiment.

Naturvetenskapens innehåll. Elevernas möjligheter att förstå skolkursernas innehåll står i fokus för detta tema. Såväl biologi, som fysik och kemi behandlas.

Naturvetenskapen i samhället. I detta tema ingår frågor om natur och moral och hur elever uppfattar vissa miljöproblem ur både natur- och samhällsperspektiv. Vi tar också upp hur förståelse kan fördjupas genom att man sätter in sitt kunnande i olika sammanhang.

Användning

Framtagen materiel kan användas i många olika sammanhang:

- i grundutbildningen av lärare
- som del av, eller hel, fristående universitetskurs
- som underlag för en studiecirkel på en skola
- vid fortbildningsdagar
- för självstudier

Våra workshops skall ej uppfattas som lektionsförslag, men de innehåller åtskilligt som är användbart för den undervisande läraren i skolan, inte minst ett stort antal problem som stimulerar och utmanar eleverna, och som sätter fingret på väsentligheter i den naturvetenskapliga begreppsbildningen.

Framtagen materiel

Projektet har producerat 23 workshops. Samtliga kan laddas ner, var och en för sig, som pdf-filer från internet. Vidare har en hel del materiel som berikar och fördjupar olika workshops utvecklats:

- internetbaserade kunskapsdiagnoser
- animationer av astronomiska förlopp (Quicktime-filmer)
- internetbaserade interaktiva prov för lärande och självdiagnos

För vidare information, se: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

INNEHÅLL

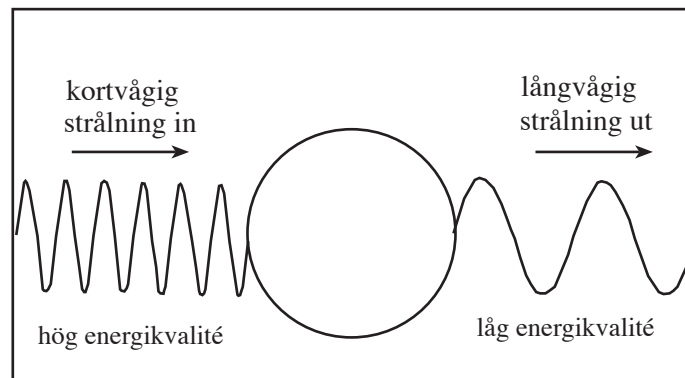
ENERGIFLÖDET PÅ JORDEN	5
ENERGIFLÖDETS HISTORIA	7
MÄNNISKANS BIOLOGISKA ENERGIOMSÄTTNING	12
ÄR ENERGI FLÖDET GENOM SAMHÄLLET RÄTTVIST FÖRDELAT?	13
VAD VET ELEVERNA OM ENERGI FLÖDET PÅ VÅRT KLOT?	14
ENERGIFLÖDET I FRAMTIDEN	18
ENERGIFLÖDET OCH SKOLANS ÄMNER	20
NOTER	21
REFERENSER	21
BILAGA: BERÄKNINGAR	22

ENERGIFLÖDET GENOM NATUREN OCH SAMHÄLLET

Finns det energi nog för ett bra liv åt jordens växande befolkning? Hur blir det med framtidens energiförsörjning? Frågor som dessa kan diskuteras med utgångspunkt från denna workshop, som inleds med en skildring av hur energiflödet genom natur och samhälle sett ut från forntiden till våra dagar. Sedan behandlas människans biologiska energiomsättning, varefter denna omsättning jämförs med storleken av den hjälpenergi som tas i anspråk för transporter, uppvärmning, produktion av varor m. m. Jämförelsen görs för olika länder. Så följer ett avsnitt angående vad elever vet om energiflödet på jorden och reflexioner över vilka konsekvenser detta kan ha för undervisningen. Avslutningsvis problematiseras framtidens energiförsörjning och hur undervisning om energi kan komma in i skolans olika ämnen. Vissa beräkningar ingår i workshopen. I ett appendix ges också förslag på räkneuppgifter som kan leda till fördjupade kunskaper om energiflödet på jorden.

ENERGIFLÖDET PÅ JORDEN

Vår jord befinner sig i ett energiflöde. Kortvågig strålning flödar in mot planeten, och långvågig lämnar den. Se figur 1.



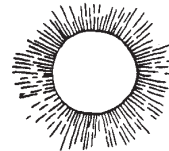
Figur 1. Jorden befinner sig i ett energiflöde.

Processen 'inflöde-utflöde' tenderar att reglera sig själv så att strålningsbalans eller energibalans upprätthålls, d. v. s. att inflödet är lika med utflödet. Om inflödet är större än utflödet så ökar temperaturen tills balans inställer sig. Om inflödet är mindre än utflödet minskar temperaturen tills balans uppnås.

Strålningsbalansen för en given ort varierar över tid. En klar natt är utflödet större än inflödet. Då blir det kallare. En solig dag är strålningsbalansen den motsatta. Då blir det varmare. För en given tidpunkt är den olika för olika orter på jorden. För hela vårt klot kan man tala om en medelbalans för t. ex. ett år, vilken ger en viss årsmedeltemperatur. För närvarande tenderar jordens energibalans att förskjutas så att årsmedeltemperaturen ökar något.

UPPGIFT 1

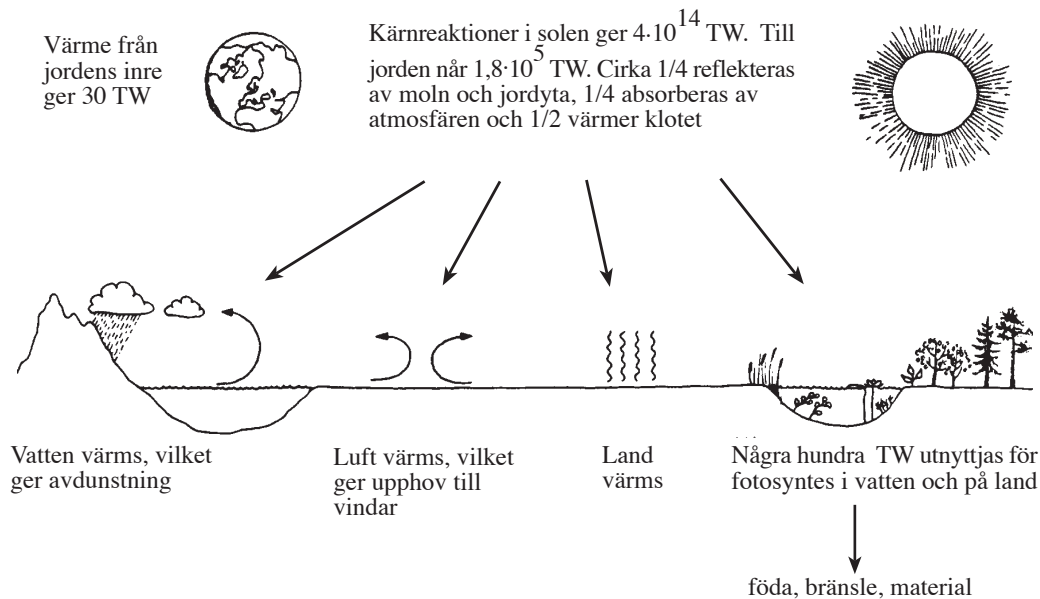
Figur 1 är mycket översiktlig. Jorden har behandlats som en 'svart låda' som tar emot och avger ett energiflöde. Resten av denna workshop handlar om vad som händer med energin i denna 'svarta låda'. Vi tror att fortsättningen blir mera spännande för dig om du här gör en liten paus och på egen hand funderar över detta. Vad händer med energin inuti denna 'svarta låda'? Hur flödar den? Hur förgrenar sig flödet? Genom vilka system passerar flödet innan det slutligen omvandlats till långvågig värmestrålning som lämnar planeten? Försök rita en bild som visar de väsentliga dragen i energiflödet på jorden!



ENERGIFLÖDETS HISTORIA¹

Energiflödet fram till jordbrukets början

Låt oss bygga upp en bild av det globala energiflödet med hjälp av en historisk exposé! Från tillblivelsen av människan som art cirka 200 000 år tillbaka i tiden till jordbruksperiodens början för cirka 10 000 år sedan kan energiflödet på jorden beskrivas som i figur 2. Människans behov av energi och material tillgodosågs, med hjälp av enkla verktyg, av ekosystemen. *Observera att i denna, liksom i följande figurer, så följs inte energiflödet tillbaka ut i rymden igen. Skälet härtill är att inte belasta figurerna med för många detaljer.*



Figur 2. Energiflödet fram till jordbrukets början. TW utläses 'terawatt'. $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$. För sydkandinaviens del anses jordbruket ha tagit sin början omkring 4000 år f. Kr.

Energiflödet i slutet av medeltiden

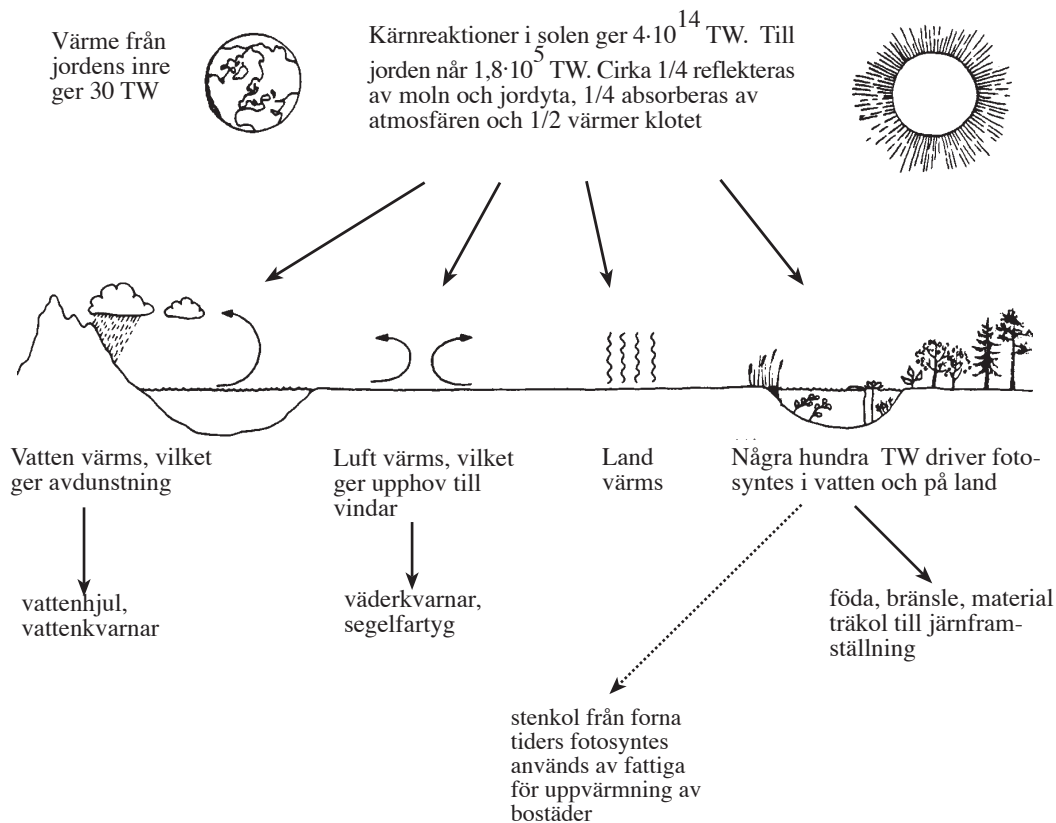
Det finns ingen konsensus om vad som orsakade att jordbruket uppstod. En hypotes är att befolkningstillväxt efter hand ledde till att den energibas som de befintliga ekosystemen utgjorde började svikta, vilket framtvängde nya metoder att skaffa föda.

För Europas del skedde under senare delen av 1000-talet efter Kristus en utveckling av kärrplogen, vilket förde med sig treskiftesbruk och användning av hästspann. Detta ledde till befolkningsökning och efter hand ökat tryck på den nya energibasen, dvs. odlade grödor, liksom på övriga ekosystem.

Till exploateringen av ekosystemen bidrog också skeppsbyggande, som krävde mycket virke, liksom järnframställning, som gick till så att malm blandades med träkol, som tändes på via ved varefter elden underhölls med blåsbälg. Därvid uppnåddes så hög temperatur att malmen reducerades av överskottet av träkol och smälte.

Stenkol användes i skogfattiga distrikt till uppvärmning, men den ofullständiga förbränningen i dåtidens spisar innebar en allvarlig förgiftningsfara.

Energiflödet i slutet av medeltiden illustreras med figur 3.



Figur 3. Energiflödet i slutet av medeltiden

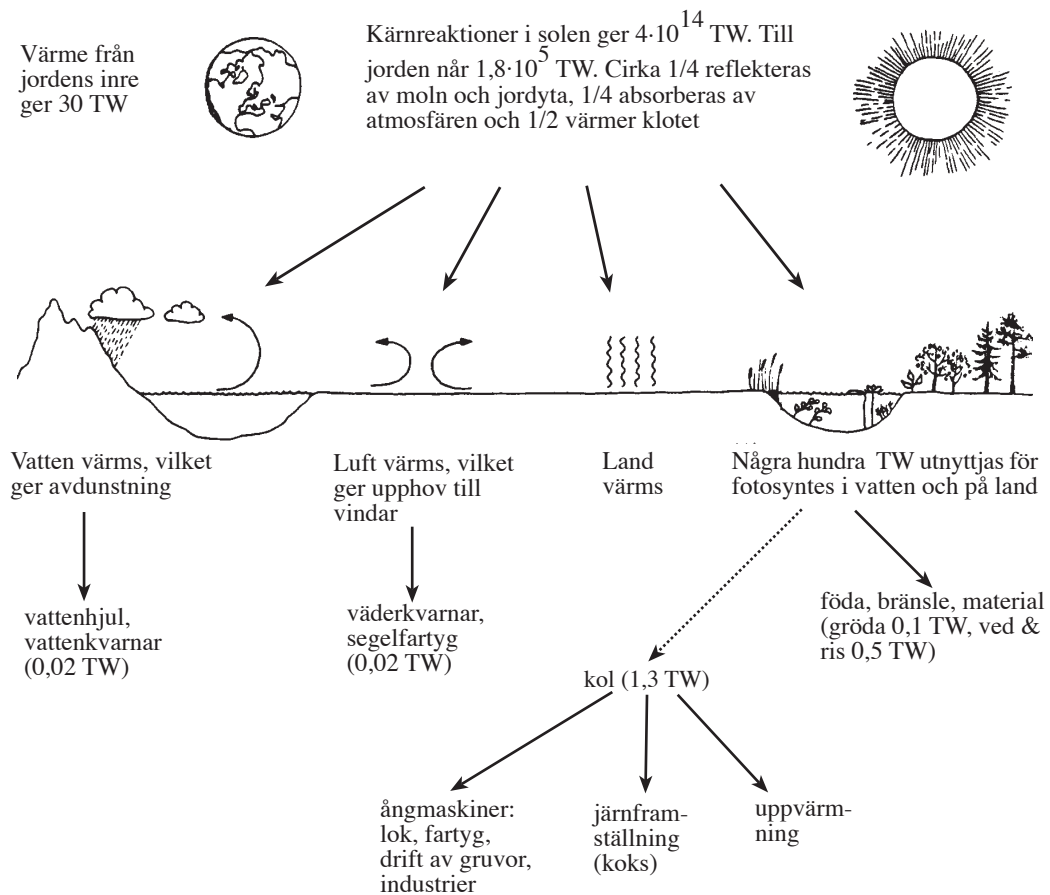
Den industriella revolutionen

Bristen på trä, och därmed träkol, gjorde att man i England försökte ersätta träkolet i järnframställningen med stenkol, som det fanns gott om. Men försöken var inte så lyckade. Avgaserna från stenkolet gav blåsigt järn och svavel gjorde järnet sprött. Detta ledde till utveckling av metoder att avgasa stenkol till det vi nu kallar koks, som lämpade sig bra för järnframställning.

Det är alltså en sviktande energibas, baserad på årliga bidrag från fotosyntesen, som tvingar fram en ny energibas, nämligen fossilt kol. Det användes bl. a. till att

driva ångmaskiner, som utvecklades under 1700-talet. Ångloket blev ett nytt transportmedel, vilket minskade behovet av hästar, som i sin tur frigjorde grödor åt hungriga människor. Ångmaskiner lösgjorde industrier från rinnande vatten, vilket starkt bidrog till att Englands produktion av textilier 50-dubblades under perioden 1770 - 1830. Ångmaskinen underlättade också gruvhantering, inte minst kolbrytning. Detta var den industriella revolutionens tid, och dess drivkraft var fossilt kol. Utvecklingen innebar inte bara ökat välstånd, utan också nedsmutsning av järnvägslinjer och städer. Man kan tala om sotets epok.

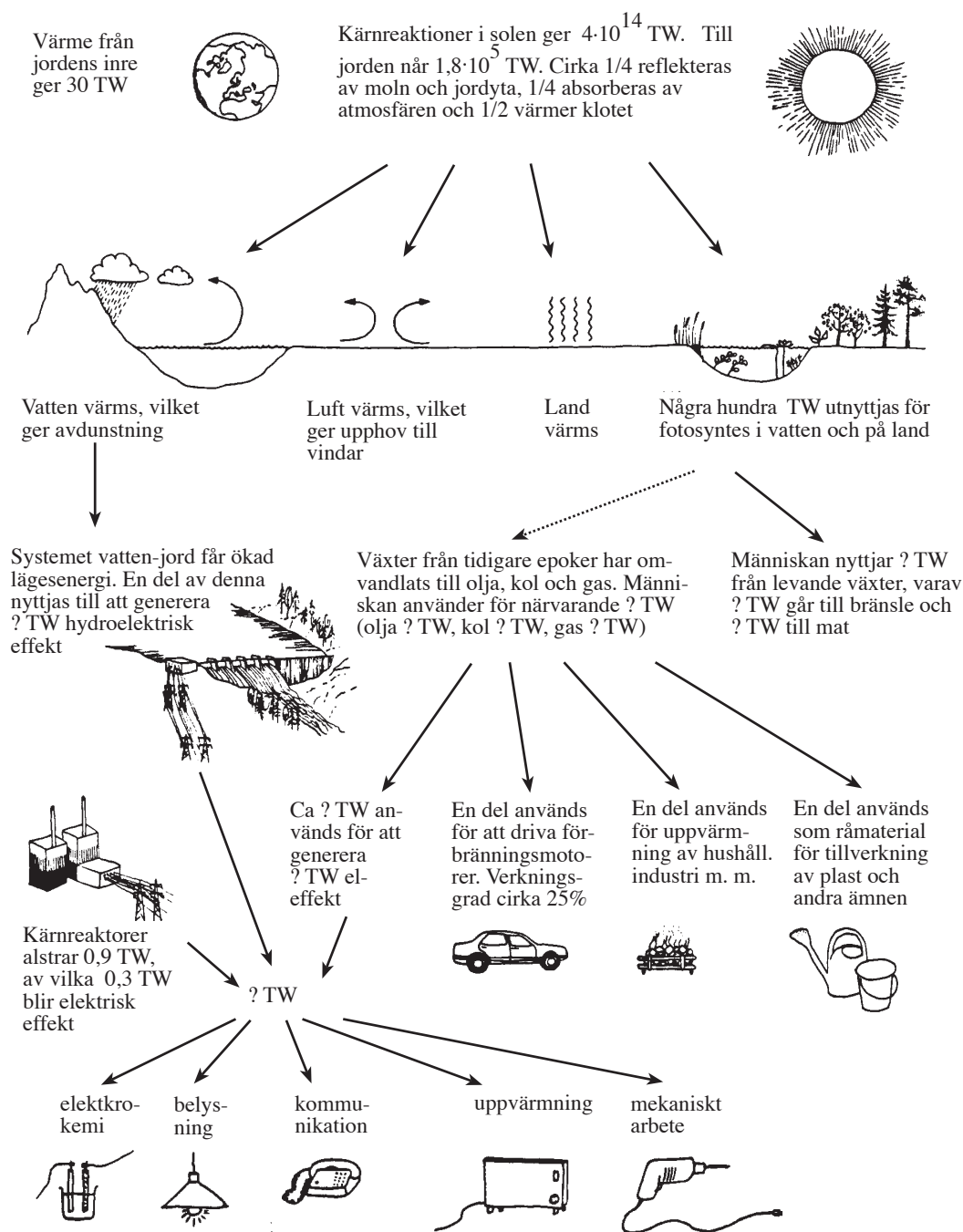
En sammanfattning av energiflödet omkring 1870 ges i figur 4.



Figur 4. Energiflödet omkring 1870².

Nutiden

Runt förra sekelskiftet händer mycket. Oljerushen sätter in. Bilar som drivs med oljedestillat konstrueras av Benz och Daimler. El-generatorer och elmotorer kommer i bruk. Trådlös telegrafi ser dagens ljus. Det teknologiska och ekonomiska tempot drivs upp, och energiflödet genom människans samhälle ökar takten. Allt fler bilar rullar på vårt klot. Under sextiotalet byggs kärnkraften ut. En bild av energiflödet strax före år 2000 ges i figur 5.



Figur 5. Energiflödet på jorden just före år 2000. Angående frågetecknen, se uppgift 2 på nästa sida!

Figuren visar samband som inte är uppenbara i vardagslivet. Ett viktigt sådant är fotosyntesens avgörande roll för människans energiförsörjning. Genom växternas fotosyntes omvandlas inkommande strålningsenergi till kemisk energi, bunden i systemet 'syre-biomassa'³. Denna energi kan användas till bränsle och mat. Vidare framgår att organismer från tidigare epoker i jordens historia har omvandlats till

olja, kol och gas. Detta betyder att energin i systemet 'syre-fossila bränslen' är solenergi, som bundits till organismvärlden genom forntida växters fotosyntes.

Figuren är relativt översiktlig, men man kan ganska lätt gå vidare och placera in vardagens händelser i det större mönstret. Då man exempelvis tänder lampan över köksbordet startar en energiöverföring som kan ha börjat i solen. Från denna har strålningsenergi överförts till vatten som avdunstat, omvandlats till regn och samlats upp i kraftverksdammar. Då vattnet i dammen faller ner omvandlas lägesenergi till rörelseenergi hos en turbin och i nästa steg till elenergi. Denna i sin tur blir till ljus och värme.

Figuren demonstrerar hur natur, teknik och samhälle hänger samman. Energi-flödet utgår från naturen, t. ex. solstrålning och jordvärme. Det länkas in i människans samhälle med hjälp av tekniska system. Hur detta sker beror på tillgängliga kunskaper, ekonomiska förhållanden och politiska beslut. Vår energianvändning påverkar hur samhälle och levnadsvillkor gestaltar sig, och har återverkningar på naturen.

Energiflödet fortsätter ut i rymden. Vi lever på kvalitetskillnaden mellan in- och utstrålningen.

UPPGIFT 2

Som du ser i figur 5 finns en del frågetecken utsatta. Spekulera över de siffervärden som skall stå i stället för frågetecknen. Som en referens för funderingarna har vi gett effekten för kärnkraft (0,9 TW kärnenergi ger 0,3 TW el)

UPPGIFT 3

Presentera figurerna 2 t. o. m. 5 för kollegor/studerande med historia och teknik som sina ämnen och undersök tillsammans hur undervisningen i naturvetenskap, teknik och historia/so kan hjälpa eleverna att fördjupa sin förståelse av energiflödet på jorden.

UPPGIFT 4

I figur 1 visas det långvågiga strålningsutflödet från jorden. Diskutera med utgångspunkt i figur 5 de olika bidragen till detta utflöde.

Storleken på energiflödet och dess delar genom naturen och samhället

För dig som vill veta hur olika siffervärden i figur 5 beräknas har vi skrivit bilaga 1, som innehåller ett antal räkneuppgifter samt förklaringar till dessa. En kort repetition av olika enheter för effekt och energi ingår också.

MÄNNISKANS BIOLOGISKA ENERGIOMSÄTTNING

En människa har en tämligen konstant kroppstemperatur på 37 °C. Det krävs energi för att hålla denna höga temperatur. Dessutom går vi, lyfter, vrider och vänder oss osv. Detta kräver också energi. Inuti kroppen sker processer som omsätter energi. Hjärtat slår, nervimpulser sänds osv. Hur mycket 'biologisk energi' omsätter en vuxen per dygn ?

Ett sätt att uppskatta detta är att ta reda på vad vi äter och med hjälp av näringsvärdestabeller räkna ut tillförd energi under en given tid. Här följer ett exempel. Energivärdena är angivna inom parentes i kcal/100 g. De är hämtade ur en s. k. 'kaloritabell' (1 cal = 4,18 J). Vi förutsätter också att personen inte går upp i vikt.

<u>Basmat under en dag</u>			<u>Tillägg</u>		
standardmjölk	500 g	(60)	grönsaker	30 g	(25)
lättmjölk	200 g	(40)	kål	60 g	(25)
ost(45+)	40 g	(400)	frukt	200 g	(60)
potatis	350 g	(95)	rotfrukter	50 g	(40)
knäckebröd	100 g	(385)	kött	150 g	(200)
matfett	45 g	(750)	ägg	60 g	(150)
mjöl, gryn, flingor	100 g	(350)			

Om man räknar på detta (du kanske har lust att kontrollera...) finner man att energiintaget under ett dygn är 2500 kcal eller 10,5 MJ. Effekten blir då 120 W. Ett tal att lägga på minnet är att människans biologiska effekt är ungefär densamma som effekten av en 100-wattslampa!

UPPGIFT 5

- Uppskatta personens energiintag under ett år i GJ. (1 GJ = 10^9 J)
- Uppskatta hur mycket biologisk energi jordens befolkning omsätter per sekund, uttryckt i TW! Räkna med att befolkningstalet är 6 miljarder.
- Antag att Du kunde få den energi Du behöver genom att koppla in Dig på elnätet. Vilken blir dygnskostnaden och årskostnaden? Räkna med att 1kWh kostar 50 öre.

ÄR ENERGIFLÖDET GENOM SAMHÄLLET RÄTTVIST FÖRDELAT?

Vi antar i fortsättningen att en måttligt aktiv vuxen behöver ett födointag motsvarande

$$10 \text{ MJ/dygn} = 3,7 \text{ GJ/år}$$

Utöver denna 'biologiska energi' används hjälpenergi, eller 'teknisk energi' till transporter, uppvärmning av bostäder och arbetsplatser, produktframställning- och bearbetning, belysning och annat.

Det har sitt intresse att ta reda på, för olika samhällen, hur stor den tekniska energin per capita är i förhållande till den biologiska. Därför inför vi nu enheten 1 ES, som utläses 'en energislav'.

$$1 \text{ ES} = 10 \text{ MJ/dygn} = 3,7 \text{ GJ/år}$$

I tabellen nedan finns energianvändning per år angiven för några olika länder. Det är fråga om hjälpenergi från kol, olja, gas, hydroel, kärnenergi, och biomassa. Data är hämtade från International Energy Agency (IEA) och avser år 1998 för europeiska länder och USA, och 1997 för övriga länder. (1 Mtoe = $4,19 \cdot 10^4$ TJ)
(<http://www.iea.org/stats/files/selstats/keyindic/keyindic.htm>)

	Energian- vändning (Mtoe/år)	Folkmängd (miljoner)
Bangladesh	24,33	123,63
Etiopien	17,13	59,75
Island	2,33	0,27
Kina	1098,93	1227,18
Peru	15,13	24,37
Portugal	21,85	9,98
Sverige	52,47	8,85
USA	2181,80	269,09

UPPGIFT 6

A. Räkna ut antalet energislavar per person i de olika länderna och fundera över orsakerna till skillnader och likheter och vad dessa innebär.

UPPGIFT 6 (forts)

- B. USA anses vara en stor energislösare, och får utstå en del klander för detta. Men bland länderna i listan ovan är det faktiskt ett annat land än USA som har flest energislavar per capita. Är detta i så fall mer klandervärt? Använd webbadressen till IEA för att sätta dig in i detaljer i dessa båda länders energianvändning, och avge sedan ett svar.
- C. Studera IEA:s databas tillsammans med kollegor/studiekamrater inriktade mot SO (<http://www.iea.org/stats/files/selstats/keyindic/keyindic.htm>). Diskutera hur information om ett lands energianvändning kan ge fördjupad förståelse av levnadsvillkor och andra förhållanden i landet.
- D. En vuxen person i Kalahariöknen lägger ner cirka tre timmars arbete per dag för att hålla sig med en fullvärdig kost. Övrig tid kan användas för avkoppling och samvaro. Liknande förhållanden gäller för andra samlar-jägarfolk.⁴
- En invånare i ett västerländskt högteknologiskt samhälle använder kanske hundra gånger mer energi. Diskutera om västerlänningen har det 100 gånger bättre, är hundra gånger så lycklig, har hundra gånger bättre livskvalité?
- E. Som framgått har vi infört enheten
 $1 \text{ energislav} = 1 \text{ ES} = 10 \text{ MJ/dygn} = 3,7 \text{ GJ/år}$

Denna enhet är knappast vedertagen i energisammanhang, men kan måhända tjäna ett didaktiskt syfte genom att konkretisera energin. Vi som producerat detta workshopmateriel är dock inte ense om detta. Vad anser du? Är det en didaktisk poäng att införa enheten '1 energislav'? Är det bättre att tala om kvoten mellan teknisk och biologisk effekt?

VAD VET ELEVERNA OM ENERGIFLÖDET PÅ VÅRT KLOT?

Att följa energin från solen

Vid svenska nationella utvärderingen 1995 gavs följande uppgift till ett slumpmässigt riksurval (n=643) av elever i skolår 9⁵:

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!

I svaren identifierades ett antal komponenter (A-P) Dessa har grupperats i några kategorier (I-IV). Följande resultat erhöles:

I STRÅLNINGEN/ENERGIN VÄXELVERKAR MED GEOFYSSKA SYSTEM

- A Reflekteras tillbaka (7%)
- B Absorberas i atmosfären/del av atmosfären (5%)
- C Ger upphov till vindar och vindkraft (2%)
- D Värmer jorden/marken (10%)
- E Värmer vatten i olika former, t. ex. hav, is, snö (10%)
- F Ger upphov till vattenkraft och/eller vågenergi (2%)
- G Driver vattencykeln (4%)
- H Jorden avger energi/värmeutstrålning, ev. till rymden (1%)

II STRÅLNINGEN/ENERGIN PÅVERKAR BIOLOGISKA SYSTEM

- I Ger liv/är nödvändig för liv/är bra för det levande (10%)
- J Gör att det växer (7%)
- K Finns med i fotosyntesen (8%)
- L Går till växter, som äts av djur (11%)
- M Solenergin länkas via växter till fossila bränslen eller biobränslen (3%)

III STRÅLNINGEN/ENERGIN DRIVER TEKNISKA SYSTEM

- N Driver/tas upp av solceller/solfångare (4%)
- O Driver solceller, som i sin tur driver annat, ger el m. m. (5%)
- P Värmer hus, direkt eller via solfångare (8%)

IV ÖVRIGT (18%)

V EJ BESVARAT (31%)

Då den nu redovisade uppgiften gavs förekom beskrivningar av energiflödet på jorden i läromedel för högstadiet. Troligtvis togs dessa beskrivningar bara upp översiktligt, vilket i så fall torde varit 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 uppgiften 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 i sig flera steg, bl. a. IIL och IIM.

När det gäller detaljer i svarsbilden är det positivt att en relativt stor andel av eleverna länkar solstrålning till 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-biobränsle.

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 procentalet så lågt? Vattencykeln behandlas på alla skolstadiet men undervisningen betonar materiens, dvs. vattnets, kretslopp snarare än energiomvandlingar i samband med detta. Det kan därför vara svårt för eleverna att associera till vattencykeln från ett energisammanhang. Måhända skulle det vara lättare att följa energin bakåt från t. ex. ett vattenkraftverk. Länken 'solstrålning-vattencykel' är givetvis betydelsefull 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.

Vidare noteras att eleverna, då de besvarar uppgiften, tenderar att beskriva händelser och objekt snarare än energins flöde, då de uppmanas att följa energin.

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

Ett adekvatere 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.

Förklaringen kan 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.

För 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.

Det är positivt att eleverna som grupp uppvisar en betydande bredd när det gäller att följa energin från solen. Detta leder till följande undervisningsidé: Eleverna får i smågrupper diskutera vad som händer med den solenergi som träffar vårt klot. Enskilt kanske en elevs bidrag är litet, men om flera drar sitt strå till stacken vidgas perspektivet och när hela klassen kommer in kan energikedjorna få många länkar och grenar. Den kollektiva bredd som finns i en klass kan med andra ord stimulera individuell kunskapsutveckling och bidra till att eleverna lär sig att betrakta hela energiflödet, inte bara dess delar.

En alternativ problemställning är att följa energiflöden baklänges. Då lampan lyser, då bilen kör, då människan promenerar används energi. Varifrån kommer den? Följ denna energi bakåt så långt du kan och så noga du kan...

Fossil- och kärnenergi – vilka proportioner?

I den svenska nationella utvärderingen 1998 ingick två flervalsfrågor om fossil- och kärnenergi.⁶ Dessa, och hur elevernas svar fördelar sig på givna alternativ, redovisas i tabell 2 och 3. Antalet elever är 290, 200 och 220 i skolår 5, 9 respektive 3 gy.

Tabell 1. Hur stor del av den energi som alla människor på jorden tillsammans använder kommer från olja, kol och gas? Skolårsvis fördelning av elever på givna svarsalternativ (%). *=acceptabelt svar.

	år 5	år 9	år 3 gy
lite (några procent)	1	4	1
en del (10-20%)	13	10	8
ganska mycket (30-40%)	38	36	30
mycket (50-60%)	33	38	35
det mesta (70-80%)*	16	12	26

Tabell 2. Hur stor del av den energi som alla människor på jorden tillsammans använder kommer från kärnreaktorer? Skolårsvis fördelning av elever på olika svarsalternativ (%). *=acceptabelt svar.

	år 9	år 3 gy
lite (några procent)*	2	6
en del (10-20%)	23	38
ganska mycket (30-40%)	43	37
mycket (50-60%)	23	16
det mesta (70-80%)	9	4

Tabell 1 visar att eleverna underskattar den andel av människans energianvändning som utgörs av olja, kol och gas. Exempelvis är det i år 9 cirka hälften som svarar 40% eller mindre. Det korrekta värdet är det dubbla.

När det gäller kärnkraften kan anmärkas att det första svarsalternativet – lite (några få procent) – inte är helt lyckat. Den genererade kärnkraftselen är 0,3 TW, vilket är ett par procent av en total energianvändning på drygt 13 TW. Men den utvecklade effekten på grund av kärnreaktioner är 0,90 TW. Bara omkring 30% omvandlas till el. Resten blir spillvärme. Detta högre värde på effekten bör användas då man uppskattar kärnkraftens andel av den totala energianvändningen, och då får vi drygt 6%, vilket är lite mer än 'några få procent'. Det sagda påverkar inte bedömningen av elevernas svar på uppgiften. De visar en kraftig överskattning av kärnkraftens andel av människans energiförsörjning (tabell 2)

En realistisk uppfattning av storleken på andelarna fossil energi respektive kärnkraft kan göra att man lättare förstår dels vilken oerhörd omställning det är att göra sig kvitt beroendet av olja, kol och gas, dels vilken gigantisk utbyggnad av ersättningsystem som behövs om man vill behålla nuvarande nivå på energianvändningen. Till saken hör att olja och gas är ändliga tillgångar. Ett mått på hur länge kända reserver räcker är den s. k. R/P-kvoten. R är mängden kända utvinningsbara reserver, P är årsproduktionen. För hela världen är kvoten för olja 1998 cirka 40 år. För Mellersta Östern är den 90 år, för övriga världen mellan 10 och 35 år, beroende på region. För gas är R/P-kvoten för världen 1998 cirka 65 år. För Mellersta Östern är den 'mer än 100 år', för övriga världen mellan 10 och 'mer än 100' år, beroende på region. För kol är världskvoten över 200 år.⁷ De angivna tiderna kan ändras. De beror bl. a. av konsumtionsmönster, världsmarknadspriser, nya fyndigheter och nya tekniska landvinningar. Det finns bl. a. stora mängder olja i oljeskiffer, som det inte är lönsamt att utvinna med nuvarande världsmarknadspriser.

Kommentarer

Det framförs olika meningar om hur man bör undervisa om energi. En extrem ståndpunkt är att helt eliminera energi från den elementära undervisningen (dvs. allt utom NV-programmet), och introducera och bygga upp en förståelse matematiskt och på basis av begreppet arbete.⁸ Följer man denna rekommendation utestängs majoriteten av eleverna från det mesta av innehållet i detta kapitel.

Det sagda illustrerar folkundervisningens svårighet i vårt moderna samhälle. En stringent behandling av naturvetenskapliga begrepp är ofta inte möjlig, men att därför avstå helt betyder att eleverna får en bristande orientering om väsentliga aspekter av omvärlden. En pragmatisk inställning till denna svårighet är den enda rimliga. Exempelvis har det visat sig möjligt att introducera och använda de intuitiva begreppen energikälla, energimottagare, tecken på energiöverföring samt energikedja i 11-12-årsåldern. Läraren börjar helt enkelt 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 spänns.

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.

Energibegreppet används intuitivt snarare än stringent i samhällsdebatten. Man säger t. ex. att energi förbrukas, vilket tycks vara en fullt tillräcklig precision för att folk någorlunda skall förstå vad man talar om. I skolans fysik gäller däremot att energi bevaras. Den förbrukas alltså inte, men omvandlas från en form till en annan.

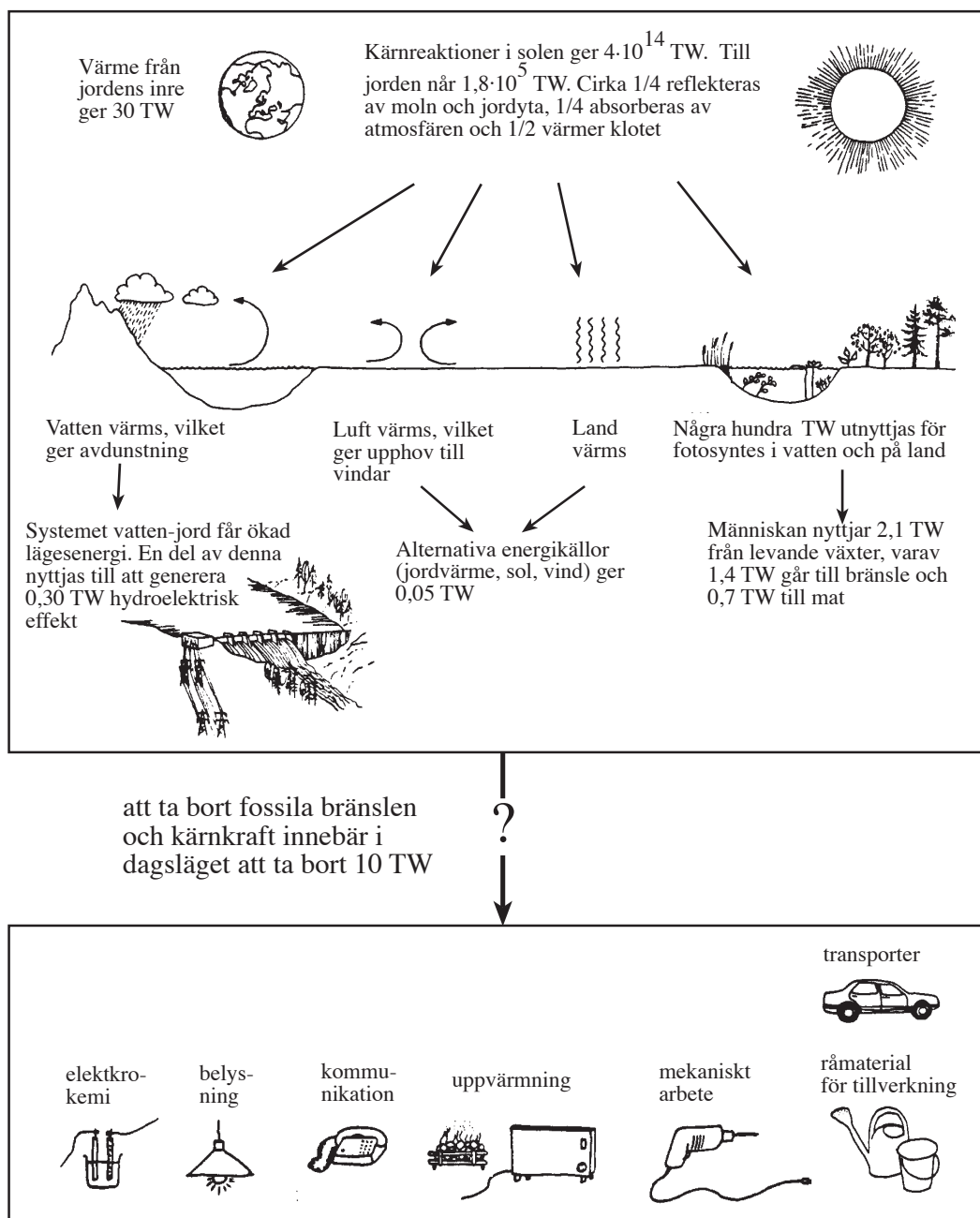
För en utförligare diskussion om denna problematik hänvisas till en rapport från den svenska nationella utvärderingen 1995.⁹

UPPGIFT 7

- A Säger gällande kursplaner något om energiflödet genom natur och samhälle?
- B Studera läromedel med avseende på hur de eventuellt behandlar energiflödet genom natur och samhälle.
- C Är det rimligt att begära att en majoritet av eleverna, i skolår 9 eller allra senast år 3 gy, skall kunna svara på de uppgifter som getts i detta avsnitt? ('Att följa energin från solen' samt storleken på fossil- respektive kärnenergi.) Varför? Varför inte? Ta också reda på dina egna elevers kunskaper!

ENERGIFLÖDET I FRAMTIDEN

Problemen med användning av fossila bränslen är väl kända. Förurning och risk för klimatändring på grund av utsläpp av framför allt koldioxid är två allvarliga hot. Tillgången på fossila bränslen är ändlig, men någon omedelbar fara för att de skall ta slut föreligger inte. Kärnkraft innebär också problem och risker. Reaktorhaverier har inträffat, och någon absolut säker form av slutförvaring torde inte finnas. Många önskar förmodligen att vi kunde göra oss kvitt vårt beroende av såväl fossila bränslen som kärnkraft. Ett sätt att åskådliggöra vad denna önskan innebär visas i figur 6. Den övre rutan i figuren visar den energi som i dag utvinns förutom den vi får från olja, kol, gas och kärnkraft. Undre rutan antyder att vi inte är särskilt benägna att sänka vår materiella välfärd. Vi lämnar åt läsaren att nysta vidare i dessa lösa tanketrådar...



Figur 6. Problematisering av vad det innebär att eliminera olja, kol, gas och kärnkraft som energikällor.

UPPGIFT 7

Samla intresserade kurskamrater/kollegor med olika ämnesinriktning och diskutera framtidens energiförsörjning med utgångspunkt i figur 6!

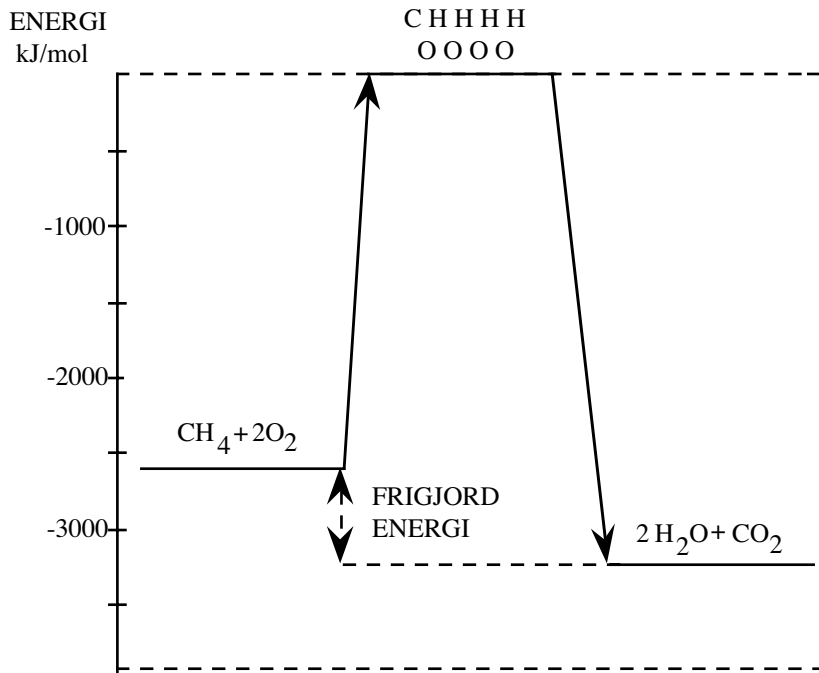
ENERGIFLÖDET OCH SKOLANS ÄMNER

Om man bestämmer sig för att förståelse av flödesschemat i figur 5 (se även fig. 7 i bilagan) är ett centralt mål för skolans undervisning, så kan schemat på olika sätt växelverka med undervisningen i olika ämnen. Schemat utgör ett sammanhang i vilket olika ämnesbegrepp kan introduceras och/eller användas. Dessa ämnesbegrepp kan då bli mer meningsfulla för eleverna. Schemat kan också påverka vilka ämnesområden man väljer att undervisa om, och vad man betonar i dessa. Allt detta kan i sin tur leda till att eleverna får en upplevelse av att skolans ämnen hänger ihop och vart och ett på sitt sätt bidrar till att göra omvärlden mer begriplig.

UPPGIFT 8

Presentera figur 7 (se bilagan) för kollegor/studiekamrater med olika ämnesinriktning. Undersök genom samtal i vilken utsträckning, och på vilket sätt, han/hon kan tänka sig att bidra till att eleverna får god förståelse av energiflödet genom naturen och samhället. Utgå från följande tabell

ÄMNE	ASPEKTER AV ENERGIFLÖDET GENOM NATUR OCH SAMHÄLLE
biologi	
fysik	
geografi	
hemkunskap	
historia	
kemi	
religionskunskap	
samhällskunskap	
teknik	



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

4. Hubendick, 1985, s 141.
5. Andersson, Bach och Zetterqvist, 1996.
6. Andersson, Kärrqvist, Oscarsson, Löfstedt och Wallin, 1999.
7. British Petroleum, 1998
8. Warren, 1972 och 1982.
9. Andersson, Bach och Zetterqvist, 1996.

REFERENSER

Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1996). *Nationell utvärdering 95 – åk 9. Energi i natur och samhälle* (NA-SPEKTRUM, nr 17). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.

Andersson, B., & Jönsson, B. (1990). *Satelliter och kvastskäft*. Stockholm: Utbildningsförlaget

Andersson, B., Kärrqvist, C., Oscarsson, V., Löfstedt, A., & Wallin, A. (1999). *Nationell utvärdering 98 – tema tillståndet i världen*. (NA-SPEKTRUM, nr 21). Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.

British Petroleum. (1998). *BP statistical review of world energy June 1998*. British Petroleum Company.

Ehrensverd, G. (1971). *Före - efter*. Stockholm: Aldus/Bonniers

Hubendick, B. (1985). *Människoekologi*. Gidlunds.

Rifkin, J. (1982). *Entropi. En ny världsbild*. Wahlström & Widstrand.

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.

BILAGA *BERÄKNINGAR*

Några definitioner

Energi per tidsenhet kallas effekt. Enheten för effekt är 1J/s eller 1W (watt).

Om effekt betecknas P, energi W och tid t, så gäller alltså att $P=W/t$ eller $W=Pt$. Härav ser man att enheten för energi (1J) också kan skrivas 1Ws (wattsekund). Vanligare är den större enheten kWh (kilowattimma).

$$1\text{kWh} = 1000 \cdot 3600\text{Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{Ws} = 3,6 \text{MJ (megajoule)}$$

I bl. a. energisammanhang är det bra att känna till följande:

<u>Tiopotens</u>	<u>Benämning</u>	<u>Förkortning</u>
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k

Förr i tiden fanns energienheten 1 cal (kalori). Det är den energimängd som behövs för att värma upp 1 g vatten 1°C . En större enhet är 1 kcal (kilokalori). Den används fortfarande parallellt med 1 J, t. ex. på matförpackningar.

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Inom energiområdet används ofta andra är SI-systemets enheter. En vanlig enhet är 1Mtoe, vilket utläses 'miljoner ton oljeekvivalenter'. $1\text{Mtoe} = 4,19 \cdot 10^4 \text{ TJ}$

Räkneuppgifter

Energiflödet i naturen

- A. Genom mätningar (t. ex. från en satellit) vet man att mot jorden instrålade medeleffekt är $1,36 \text{ kW/m}^2$. Detta mätvärde kallas solarkonstanten, och 'kvadratmetern' är vinkelrät mot strålningen. Beräkna med utgångspunkt från solarkonstanten solens medeleffekt i terawatt, dvs. den energi som solen per sekund avger till rymden. Avståndet jord-sol är $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$. Arean av ett klot beräknas med formeln $4\pi R^2$.
- B. Uppskatta med utgångspunkt från solarkonstanten den strålningsenergi som per sekund träffar jorden (den totala instrålningens medeleffekt). Försumma atmosfärens tjocklek. Jordens radie är $6400 \cdot 10^3 \text{ m}$.

- C. Från geologin hämtas uppgiften att värmeflödet inifrån jorden är 0,0015 kWh per kvadratmeter och dygn. Räkna ut medeleffekten på den energikälla som finns i jordens inre!
- D. Uppskatta den globala energiomsättningen vid fotosyntesen (i TW) utifrån följande:
 Solarkonstanten är 1,36 kW/m²
 Jordens radie är 6400·10³ m.
 Cirka 50 % av instrålningen från solen absorberas eller reflekteras av atmosfären.
 Det fotosyntetiserande växttäcknet utgör cirka 30% av vårt klot.
 Av den strålning som infaller mot växterna tillgodogör sig dessa i medeltal 1%.
- E. I samband med fotosyntesen talar man om NPP, dvs. Net Primary Productivity: Den uttrycks i den mängd kol som binds av växterna under ett år, dvs. NPP är ett mått på ökningen av växternas biomassa under ett år. Ett aktuellt värde är 59,0 Pg C per år. Prefixet P (peta) = 10¹⁵
 (Värdet är hämtat från http://daac.ornl.gov/NPP/npp_home.html
 Adressen till det aktuella databladet är
http://daac.ornl.gov/NPP/html_docs/npp_ccycle.html)
 För att bilda en mol socker vid fotosyntesen behövs cirka 2800kJ.
 Uppskatta med hjälp av dessa uppgifter den NPP-energi som per sekund fixeras i växternas biomassa, uttryckt i TW!

Energiflödet i samhället

- F. Från British Petroleum (<http://www.bp.com/worldenergy/>) hämtas uppgifter om världskonsumtionen av olja, kol och gas för år 1999:
 Olja: 3462 Mtoe
 Kol: 2130 Mtoe
 Gas: 2064 Mtoe
 Ersätt med ledning av dessa uppgifter frågetecknen i följande: Växter från tidigare epoker har omvandlats till olja, kol och gas. Människan använder för närvarande ?TW (olja ?TW, kol ?TW, gas ?TW). Se figur 5!
- G. År 1999 genererades enligt BP:s energistatistik 650 Mtoe kärnenergi. Räkna ut vilken effekt detta motsvarar i TW, och vilken elektrisk effekt detta ger vid verkningsgraden 0,3.
- H. År 1999 genererades enligt BP:s energistatistik 227 Mtoe hydroelektrisk energi. Vilken effekt i TW motsvarar detta?

- I. År 1997 genererades 8689 TWh elektrisk energi av fossila bränslen, enligt 'Annual Energy Report' från Europeiska Kommissionen, Generaldirektoratet för energi och transport, http://europa.eu.int/comm/energy/en/etf_1_en.html
Räkna ut vilken effekt detta motsvarar i TW, och vilken fossilbränsleeffekt detta ger vid verkningsgraden 0,3.
- J. År 1998 var världens 'Total primary energy supply' 9491 Mtoe, enligt 'International Energy Agency'. Av detta utgjorde energi från biomassa i olika former 11,2%. Vilken effekt i TW motsvarar detta? (I energi från biomassa ingår inte mat.)
(<http://www.iea.org/statist/keyworld2002/key2002/keystats.htm>)
- K. År 1998 var som nyss nämnts världens 'Total primary energy supply' 9491 Mtoe. Av detta utgjorde energi från alternativa energikällor (sol, vind, jordvärme) 0,4%. Vilken effekt i TW motsvarar detta?

Lösningförslag

Energiflödet i naturen

A. Solarkonstanten gör det möjligt att räkna ut solens effekt, då avståndet jord-sol är känt (arean av ett klot beräknas med formeln $4\pi R^2$):

$$4\pi \cdot (1,5 \cdot 10^{11})^2 \cdot 1,36 \cdot 10^3 \text{ W} \approx 4 \cdot 10^{14} \text{ TW}$$

B. Eftersom jordradien är $6400 \cdot 10^3 \text{ m}$ blir instrålningen

$$\pi \cdot (6400 \cdot 10^3)^2 \cdot 1,36 \cdot 10^3 \text{ W} \approx 18000 \cdot 10^{13} \text{ W} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ TW}$$

C. Jordens inre är en energikälla. Energiflödet vid jordytan är 0,0015 kilowatt-timmar per kvadratmeter och dag (Foley, 1992, s 161). Jordens effekt blir då:

$$[4\pi(6400 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,0015 \cdot 1000 \cdot 3600] \text{Ws} : [24 \cdot 60 \cdot 60] \text{ s} = 32 \cdot 10^{12} \text{ W} \approx 30 \text{ TW}$$

Denna effekt kommer till 40% från kärnreaktioner i jordens inre och till 60% från inre energi ("värme") som är kvar sedan jorden bildades (Foley, 1992, s 160).

D. Man utgår från solarkonstanten, dvs. instrålningen på en kvadratmeter som är vinkelrät mot strålningen och befinner sig utanför atmosfären: $1,36 \text{ kW/m}^2$
Jordens radie sätts till R. Vi räknar till att börja med utan atmosfär. Instrålningen per kvadratmeter på den jordhalva som är belyst blir i medeltal

$$(1,36\pi R^2) : (0,5 \cdot 4\pi R^2) = 0,68 \text{ kW/m}^2$$

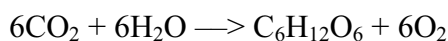
Om man också beaktar att en kvadratmeter bara är belyst på dagen så sjunker detta värde med hälften. Vidare gäller att cirka 50 % av strålningen absorberas eller reflekteras av atmosfären. Detta ger

$$0,68:4 = 0,170 \text{ kW/m}^2 = 170 \text{ W/m}^2$$

Om vi nu antar att växttäckets tillgodogör sig 1% av infallande strålning, och att växttäckets utgör cirka 30% av vårt klot (kontinenter, sjöar och kustvatten), så blir den totala energiomsättningen

$$170 \cdot 4\pi(6400 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,3 \cdot 0,01 \text{ W} \approx 260 \text{ TW}$$

E. Utgångspunkten är som nämnts i uppgiften att NPP är 59,0 Pg C per år, samt att det behövs cirka 2800 kJ för att bilda en mol socker vid fotosyntesen.



Av formeln för fotosyntesen framgår att bildning av 1 mol socker innebär fixering av $6 \cdot 12 = 72$ g kol. För att fixera $59 \cdot 10^{15}$ g kol i biomassa behövs då $[(59 \cdot 10^{15}) : 72] \cdot (2800 \cdot 10^3) \approx 22,9 \cdot 10^{20}$ J. Det ger effekten

$$[(22,9 \cdot 10^{20}) \text{ J}] : [(365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s}] \approx 73 \text{ TW}$$

Detta kan jämföras med att människans uttag av biomassa till bränsle är ca 1,5 TW. Eftersom mycken biomassa förekommer i för människan otillgänglig form kan man fråga sig hur hårt vi tär på den förnybara NPP-resursen. Var går gränsen för hållbarhet?

Energiflödet i samhället

Olja, kol och gas

F. Från British Petroleum (<http://www.bp.com/worldenergy/>) hämtas som nämnts uppgifter om världskonsumtionen av olja, kol och gas för år 1999:

Olja: 3462 Mtoe Kol: 2130 Mtoe Gas: 2064 Mtoe

Eftersom 1Mtoe = $4,19 \cdot 10^4$ TJ ger detta följande effekt för olja:

$$(3462 \cdot 4,19 \cdot 10^4) \text{ TJ} : (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s} = 4,6 \text{ TW}$$

På analogt sätt erhålls 2,8 TW för kol och 2,7 TW för gas.

Kärnenergi

G. År 1999 genererades enligt BP:s energistatistik 650 Mtoe kärnenergi. Detta ger 0,86 TW. Eftersom verkningsgraden är 0,3 blir den genererade elenergin $0,26 \text{ TW} \approx 0,3 \text{ TW}$.

Hydroel

H. År 1999 genererades enligt nämnda statistik 227 Mtoe hydroelektrisk energi. Detta ger 0,30 TW. Verkningsgraden för ett vattenkraftverk är nära 100%.

El från fossila bränslen

I. År 1997 genererades som nämnts 8689 TWh elektrisk energi av fossila bränslen, enligt 'Annual Energy Report' från Europeiska Kommissionen, Generaldirektoratet för energi och transport, http://europa.eu.int/comm/energy/en/etf_1_en.html

Detta motsvarar effekten $8689 \text{ TWh} : (365 \cdot 24) \text{ h} = 1,0 \text{ TW}$. Eftersom verkningsgraden för ett fossileldat elkraftverk är 0,3 motsvarar detta en fossilbränsleeffekt på 3,3 TW

Energi från biomassa i olika former

J. År 1998 var världens 'Total primary energy supply' 9491 Mtoe, enligt 'International Energy Agency'. Av detta utgjorde energi från biomassa i olika former 11,2%.

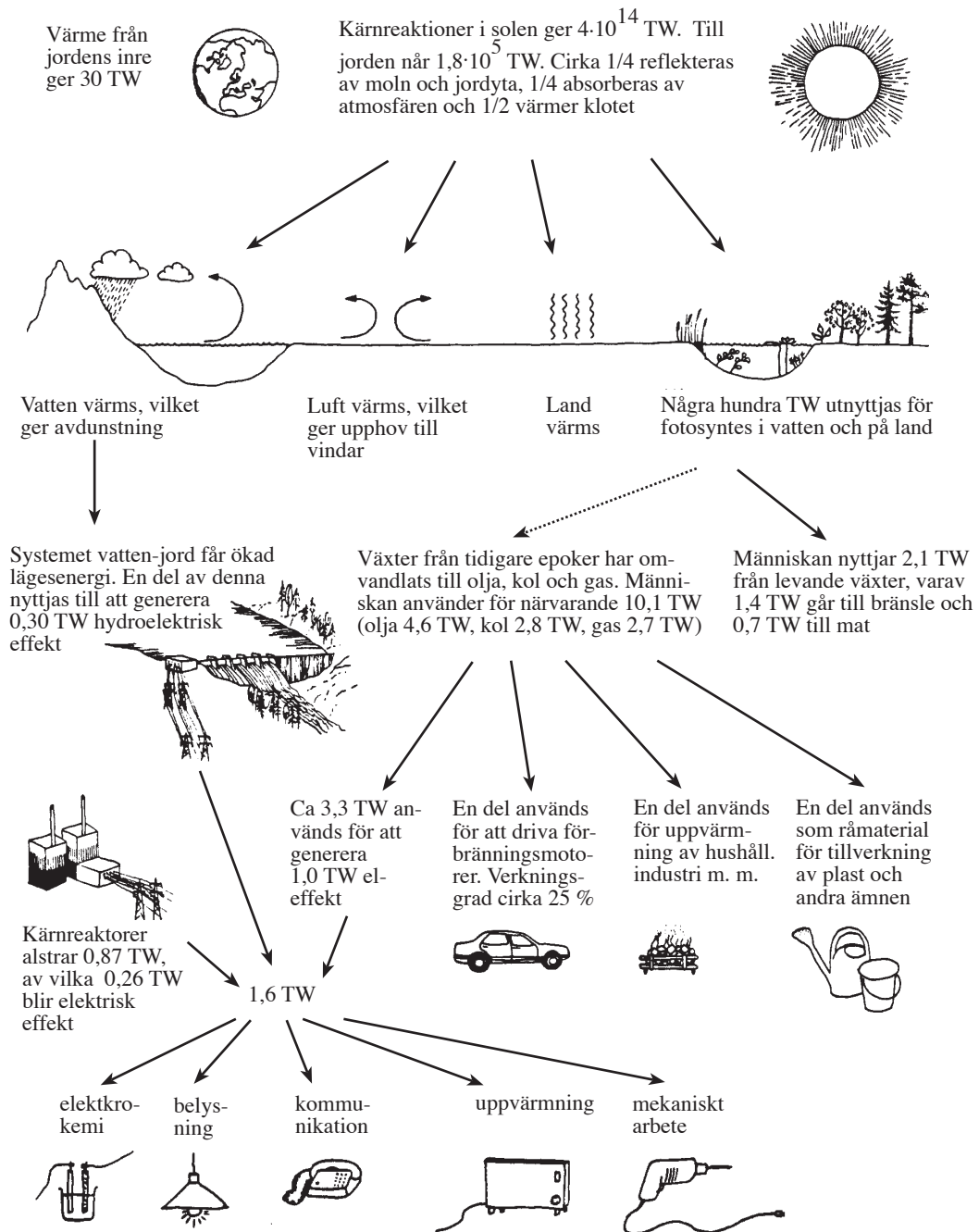
(Se <http://www.iea.org/statist/keyworld2002/key2002/keystats.htm>)

Detta motsvarar $(9491 \cdot 0,112 \cdot 4,19 \cdot 10^4) \text{ TJ} : (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s} = 1,4 \text{ TW}$

Energi från alternativa källor

K. Energi från alternativa energikällor (sol, vind, jordvärme) utgjorde 0,4%. Detta motsvarar 0,05 TW.

Det kompletta flödesschemat finns på nästa sida.



Figur 7. Energiflödet genom naturen, tekniken och samhället strax före år 2000.

Översikt av enheter i projektet NORDLAB-SE
(15 okt 2003)

Naturvetenskapens karaktär

- Elevers och naturvetares tänkande – likheter och skillnader
- System, variabel och kontrollexperiment – tre redskap för vetgirighet
- Grönskande är naturvetenskapliga teorier!

Naturvetenskapens innehåll

- Socker och syre till alla celler – en fråga om logistik
- Livets evolution
- Formativ utvärdering med fotosyntes som exempel
- Genetik

- Jorden som planet i rymden
- Varför har vi årstider?
- Månen, planetsystemet och universum
- Mekanik 1 – Newtons första och andra lag
- Mekanik 2 – Newtons tredje lag
- Temperatur och värme

- Materiens bevarande
- Materiens byggnad
- Materiens faser
- Blandning, lösning och vattnets kretslopp
- Ämnen
- Kemiska reaktioner

Naturvetenskapen i samhället

- Energiflödet genom naturen och samhället
- Växthuseffekten, tekniken och samhället
- Natur och moral – integration eller separation?
- Vad kan man göra med skolkunskaper? Om att sätta in i sammanhang

För korta sammanfattningar av olika enheter se

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/se.html>

Alla enheter kan laddas ner från internet:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/trialunits.html>