



NATURFAG

Innhold

Portrettet	07
Undervisning om energi	10
Energi for enhver pris? Argumentering	12
Energimåling i skolen	14
Energinettverket	18
Tredje generasjon solceller	20
Turboteknologien - fornybar energi	25
Hvordan får vi energi fra thorium?	28
En kvantitativ måling av fotosyntese - som fungerer!	33
Animasjoner om fotosyntese	36
Med varme tanker. Termosforsøk	38
Energikurs: Med kvernkall på laget	40
Hva er et atom?	46
Digitale verktøy - tankekart	50
Trekk polarforskning og satellittbilder inn i klasserommet!	52
Klimaendringer og satellitter	54
Fra nytte dyr til verdens mest invaderende marihøne	58
Fremmede arter i norsk natur	62
Norsk-russisk skoleprosjekt med fokus på klima	65
Jakten på tall og bokstaver	72
Vannets kretsløp	74
Periodesystemet.no	78
Viktige faktorer ved innføring av Teknologi og forskningslære	80
På ASE-konferanse i Liverpool	82
Interaktive tavler og læring	84
The Science Education Review (SER)	88
Digitale ferdigheter i barnehagen	90
Fra forskning.no: Fornybar energi	95

NATURFAG

Utgitt av
Naturfagsenteret
(Nasjonalt senter for
naturfag i opplæringen)

Nummer 1/2008

Redaktør
Anders Isnes

Redaksjon
**Anne Lea, Siv Flåsen Almendingen,
Wenche Erlien, Jørn Nyberg og
Lise Faafeng**

Redaksjonssekretær og layout
Lise Faafeng

Adresse
Postboks 1099, Blindern 0317 OSLO

Telefon og e-post
22 85 50 37/22 85 53 37
anders.isnes@naturfagsenteret.no
post@naturfagsenteret.no

Grafisk mal
Irene Haldorsen Enne

Toppfeltikon
Gro Wollebæk

Trykkeri
GAN Grafisk as

Forsidefoto
Jorid Kvalsnes

Opplag 4000
ISSN 1504-4564

Neste nummer
kommer i september 2008
Frist for innsending 1.06.08

Kopiering fritt til skolebruk, men
forbudt i kommersiell sammenheng

Abonnement
se s.92 og www.naturfagsenteret.no

LEDER



Energi og aktualitet

Energi er på mange måter et problematisk begrep. Det har så mange aspekter at det er vanskelig å fange det inn i en presis definisjon. Begrepet har vært diskutert i både faglige og didaktiske sammenhenger. Hvordan underviser vi om de ulike sidene ved begrepet slik at det blir så faglig dekkende som mulig? I dette nummeret setter vi energi og spesielt fornybar energi på dagsorden. Vårt ønske er å gi dere som er naturfaglærere noen impulser til dette viktige temaet i skolen, ikke minst i de kommende årene. Energi og energibruk kommer til å være høyaktuelle temaer i mange år framover, både innen forskning, samfunnsliv og skole. Mange av oss mener at nettopp samfunnsdebatten på dette området kan aktualisere innholdet i naturfagsundervisningen. Men det er noen grøfter å falle i for en naturfaglærer. Vi bør unngå den slagordpregete undervisningen, og hvis den trekkes inn i skolen, må hensikten være å belyse ulike sider ved makt- og pressgrupper. Vi kan sikkert bli flinkere til å utnytte den drahjelpen som ligger i å aktualisere naturfaglige emner. Elevene må lære seg å se bakenfor tabloide avisoverskrifter og bruke naturfagkunnskapen sin. De skal utvikle et kritisk blikk for den naturfaglige informasjonen som dukker opp i media, og da gjelder det å ta i bruk et vidt metoderepertoar. Elevene bør lære seg noen grunnleggende naturfaglige prinsipper om energi (slik vi tar opp i en artikkel seinere i bladet), og de bør lære seg å anvende kunnskapen om problemstillinger knyttet til bruk av energi.

Flere lærere reiser spørsmål om det går an å være objektiv når vi underviser om energibruk i samfunnet. Er det riktig at læreren toner flagg? Blir ikke da naturfagsundervisningen lett politisert? Kanskje det er slik undervisningen kan bli mer relevant for elevene når de må forholde seg til standpunkter de møter utenfor



skolen? Jeg vet at mange lærere i dag skaper gode diskusjoner i elevgruppene og at de aktualiserer undervisningen ved å gripe tak i samfunnsdebatten. Jeg tror dette er viktig, samtidig som vi må advare mot å la undervisningen i naturfag bli et annet samfunnsfag. Naturfag er og skal være noe mer enn et samfunnsfag. Det skal gi elevene et faglig fundament til ikke ”å la seg lure verken av seg selv eller av andre”.

Hva vektlegger du i undervisningen?

Vi har alle opplevd diskusjoner om elevers læring og om hva som skal til for å skape de gode lærings situasjonene. Det er framsatt ulike teorier og det har oppstått ”skoler” som gir oppskrift og veiledninger til lærere om elevers læringsstiler og læringsstrategier. En tilsvarende debatt om naturfaglærerens undervisningsstil er også relevant. Det er ikke likegyldig hvordan læreren forsøker å ta hensyn til ulike barns måter å lære på. Det er heller ikke likegyldig hvordan jeg som lærer vektlegger ulike sider ved naturfaget og hvilken undervisningsstil jeg ønsker skal være den framtreddende i min undervisning.

Er jeg en lærer som ønsker å bringe videre den naturfaglige kunnskapen til elevene, det vil si den leksikalske viten som lærebøkene er fulle av? Eller ønsker jeg å framleske den utforskende og undersøkende elev ved å stimulere nysgjerrigheten og kreativiteten til eleven? Legger jeg vekt på å undervise om naturvitenskapens vesen, det som på engelsk kalles The nature of Science, eller er det mest framtreddende hos meg å ta utgangspunkt i debatter som har røtter i naturvitenskapen og legge vekt på argumentasjonen i naturfagene? Kanskje jeg hører til dem som setter arbeidsmetoder som prosjektarbeid og elevenes selvstendige initiativ i høysete? Slik kan vi fortsette å stille spørsmål, og vi vil oppdage at ingen av oss er reindyrket i vår undervisningsstil. Vi kan heller si at vi gjør bruk av et mangfold av strategier. Men etter nærmere ettertanke innser vi kanskje at vi har vekten på en av disse strategiene. Er det sprik mellom slik vi underviser og slik vi skulle ønske at det var? Hvilke forhold er det som gjør at undervisningen blir annerledes enn vi ønsker? Er det rammefaktorer som tid og utstyr? Romforhold eller elevgruppe? Mangel på relevant kompetanse? Eller skyldes det at vi har et grunnleggende syn på hva naturfag er og hvordan det skal undervises? Et syn som er som en grunnmur i det vi foretar oss i undervisningsplanleggingen og gjennomføringen. Til tross for vårt grunnsyn på hva som er god naturfagundervisning, -lar vi oss rive med av debatten som ulike medier har skapt i kjølvannet av PISA-resultatene og lar det prege undervisningsstilen vår?

PISA – på ville veier eller kilde til nyttig kunnskap?

Hva er viktig og nyttig kunnskap i naturfag? Hvem eller hva skal definere dette? Er det de store internasjonale studiene, læreplanen eller læreverkene, eller kanskje det er læreren? Det er vel mest sannsynlig at læreplanen og den tolkningen som læreverk og lærer gjør, styrer innhold og metode. Men på et mer overordnet nivå blir selvfølgelig de internasjonale studiene tatt hensyn til, og vi ser også at tiltak blir satt i gang, tiltak som i neste omgang kan få konsekvenser for det daglige arbeidet i klasserommet.

Det er ikke noe problem å velge ulike ståsteder og kritisere både PISA, læreplanen og læreverk. Men for oss som arbeider med innholdet i naturfag og ikke minst med å implementere de nye læreplanene, er all den kunnskapen som bringes fram gjennom både nasjonale og internasjonale undersøkelser, valg som læreplanmakere og lærebokforfattere gjør, nyttige innspill til å reflektere over naturfagenes innhold og metode. Vi trenger mange kilder til kunnskap om naturfagundervisningen.

PISA-oppgavene er ikke laget med tanke på å dekke de norske læreplanene i naturfag, og de har heller ikke et format som norske elever har mye trening med. Men oppgavene er likevel i stor grad relevante i forhold til læreplanen, og de tar opp problemstillinger som å forklare fenomener naturvitenskapelig, å identifisere naturfaglige spørsmål og å bruke naturfaglig evidens. Noen vil si at her finner vi både produkt og prosess i naturfag. PISA-undersøkelsen og andre internasjonale studier har også bidratt til å sette skole og naturfag på dagsorden i den offentlige debatten. Selv om mange av oss synes debatten noen ganger sporer av, er det positivt at så mange engasjerer seg og gir uttrykk for sitt syn på skole og undersøkelser av denne typen.



Anders Isnes



PORTRETET LARS HALTBREKKEN

Lars Haltbrekken er engasjert leder av Norges Naturvernforbund og vil innføre **Den naturlige skolesekken**

- Naturopplevelse, kunnskap om naturen og miljøvernsspørsmål er så viktige for dagens barn og unge og framtida, at det er behov for å styrke dette arbeidet i skolen, sier Lars Haltbrekken. Derfor foreslår vi for regjeringa at det etableres en støtteordning for biologi, naturfag og naturopplevelse etter modell av den kulturelle skolesekken.

– I Naturvernforbundets innspill til statsbudsjettet for 2009 foreslår vi at det bevilges 50 mill. kroner i 2009 for en oppbyggingsfase, og at dette utvides gradvis til 150 mill. kroner, som den kulturelle skolesekken ligger på i dag. Dette skal være penger som stilles til disposisjon for skolekontorenes planlegging og utførelse av feltaktiviteter i samarbeid med for eksempel biologer, Artsdatabanken, miljølare.no, naturvernorganisasjoner og naturmuseene. Opplevelser i naturen og kunnskap om sammenhengene i naturen skal stå i fokus, sier Lars, like engasjert som da han meldte seg inn i Natur og Ungdom i 1988.

Fra den gang har han viet mesteparten av sin tid og sitt engasjement for å sette miljøvern på dagsorden og for at miljøvern ikke bare blir prat, men spørsmål politikere og andre må ta på alvor. Miljøkunnskap må lede til handling. Det var en generell interesse for samfunns- og miljøspørsmål som utløste hans engasjement. I 1986 hadde vi Tjernobylyllykken med radioaktivt nedfall i Norge.



Dette medførte økt fokus på miljøvern i media og samfunnet generelt. Mange ble engasjert i miljøsaken. Lars meldte seg inn i Natur og Ungdom, som er ungdomsorganisasjonen til Norges Naturvernforbund. Etter hvert ble han leder i Natur og Ungdom og i 2005 leder i Naturvernforbundet. I dag ses han stadig i media og på arenaer hvor miljøvern diskuteres.

PORTRETTE T LARS HALTBREKKEN



Naturopplevelse

– Den sikreste måten å få barn til å føle ansvar for naturen og jorda, er å gi de naturglede, hevder Lars bestemt. – Derfor er det så viktig at barn får gode opplevelser i naturen. Foreldre må ta barna med på tur, fyre bål og ha det fint ute. Barnehagen må bruke de naturområdene som er tilgjengelig. Skolen må bruke naturområder både som naturlige læringsarenaer og til varierte opplevelser. Den naturlige skolesekken er et tiltak som kan gjøre det lettere for skolene å øke skolens bruk av naturområder, ved å få støtte til reise, til bruk av biologer eller andre ressurspersoner. For mange barn er naturopplevelse grunnlaget til forståelse av naturen og respekt for dens verdier. Derfor er naturopplevelse viktig grunnlag for at de skal få miljøengasjement og føle samfunnsansvar senere i livet.

Norges eldste miljøbevegelse

Norges Naturvernforbund ble grunnlagt i 1914 og Lars leder derfor den eldste og største miljøorganisasjonen i landet. – Det som skiller oss fra andre miljøorganisasjoner, er at vi har lokal- og fylkeslag over hele landet, forklarer han. – Naturvernforbundet er en landsdekkende organisasjon. I starten dreide det seg mest om vern av mindre områder rundt i landet. Det er fremdeles viktig. Mange av lokallagene gjør en viktig innsats for å bevare viktige naturområder, sier Lars. – Det er to store hovedutfordringer Norge og resten av verden står overfor på miljøområdet. Den ene er tapet av plante- og dyrearter i naturen, den andre er trusselen om klimaendringer.

Norges Naturvernforbund

1914 ble Landsforeningen for Naturfredning i Norge startet med sine tre første kretsforeninger på Østlandet, i Nord-Norge og Trøndelag. De første 50 årene var dette en forening for de få, men kvalifiserte medlemmer som vesentlig drev med klassisk naturvern. I 1963 tok vi navnet Norges Naturvernforbund og har utviklet oss til en stor demokratisk miljøvernorganisasjon som tar for oss hele bredden av natur og miljøvernssaker.

Norges Naturvernforbund har hele tiden vært den største natur- og miljøvernorganisasjon i Norge og har i dag ca. 55 000 medlemmer. Da regner vi med barneorganisasjonen Blekkulfs Miljødetektiver og ungdomsorganisasjonen Natur og Ungdom. Naturvernforbundet er den eneste landsomfattende miljøorganisasjon med 155 lokallag og kontor i alle fylker. Den omfattende lokale aktiviteten er organisasjonens stolthet. Samtidig er Naturvernforbundet den organisasjonen som tar oppgaven å representere miljøbevegelsen i de fleste offentlige utvalgt og råd og som følger opp beslutningstakerne i politikk og næringsliv tett.

Norges Naturvernforbundet har et omfattende internasjonalt arbeid med flere egne prosjekter. Særlig viktig er arbeidet i Regnskogsfondet, som i år bruker 5 millioner kroner i 10 prosjekter til bevaring av brasiliansk regnskog, og Air Pollution Europe, som er det største miljøvernprosjektet for skolene i Øst- og Vest-Europa. Naturvernforbundet arbeider via mange internasjonale organisasjoner og nettverk som Friends of the Earth, IUCN, Taiga Rescue Network, Ecocounseling, Transport and Environment.

Fra Norges Naturvernforbunds nettside 13.02.2008

Les mer om Norges Naturvernforbund på www.naturvern.no
Natur og Ungdom har egen nettside: www.nu.no

PORTRETET LARS HALTBREKKEN

Energisparing

– Energidebatten i dag dreier seg mye om hvordan vi kan skaffe mer energi. Veldig få er opptatt av hvordan vi kan bruke den energien vi har tilgjengelig mer effektivt, sier Lars litt oppgitt. – I tillegg til å bevare regnskogen, vil energiøkonomisering gi oss de største utslippsreduksjonene på kort sikt. Dette sier klimapanelet tydelig i sin rapport. Vi bør utnytte bedre den energien vi allerede produserer, fordi det er det som raskest vil gi miljøforbedring. Vi bør effektivisere bruken av energi i boliger. Norge ligger i verdenstoppen når det gjelder bruk av elektrisk strøm til oppvarming av boliger. I våre naboland Sverige og Danmark har de kommet mye lenger i bruk av mer miljøvennlige energikilder som bioenergi, varmepumper og fjernvarme til oppvarming av boliger, av den enkle grunn at der er strømmen dyrere. Myndighetene bør stille strengere krav til bruk av fornybar energi og isolasjon av boliger i Norge.

Støtte til spart energi

– Staten betaler 8 øre for hver produsert kilowatt time (kWh). Hva om du sparer en kWh, skal du få 8 øre da?, spør Lars. – En spart kWh er mer verdt enn en produsert kWh om vi ser det i en miljøsammenheng. Trondheim kommune gjennomførte i 2006 et prøveprosjekt for privatforbrukere hvor de som var med, fikk tilbud om fastpris med returret. Husstanden kjøpte inn den strømengden de normalt forbrukte. Men dersom de bestemte seg for å spare litt, kunne de selge den sparte strømmen tilbake til kommunen til den da gjeldende markedspris. Det viste seg at de som var med på dette prosjektet, reduserte strømforbruket med 20 %, mens de som ikke var med prosjektet i samme periode økte sitt forbruk med 7 %. Når staten er villig til å bruke penger på å pumpe mer energi inn i markedet, da bør de også være villig til å støtte dem som sparer samfunnet for energibruk ved å isolere bolig eller på annen måte redusere sitt forbruk. En kWh er mer verdt om den blir spart enn om den blir brukt. Staten bruker jo disse pengene uansett, så det spiller økonomisk sett ingen rolle for staten om energien er spart av forbruker eller produsert av et kraftverk. Utgiftene ville bli de samme, men miljøgevinsten større.

Personlig engasjement – politisk ansvar

– Det er politikerne som må løse miljøproblemene, la det være helt klart, sier Lars. – Men vårt personlige engasjement presser politikerne i riktig retning og viser at folket vil ha miljøvennlige tiltak.

– Det britiske miljøverndepartementet regnet ut at om alle i England slo av TVen sin helt i stedet for å la den stå på stand by, ville CO₂-utslippene i England reduseres med 3,5 millioner tonn i året. Det tilsvarer omtrent utslippene fra tre norske gasskraft-

verk. For den enkelte er dette et enkelt tiltak, du sparer til og med litt på det. Men allikevel tenker noen at det hjelper sikkert ikke fordi ikke alle de andre gjør det. For å få til dette må en sette i gang massive holdningskampanjer og bruke store summer på dette. Det må da være mye enklere at politikerne ganske enkelt forbyr stand by funksjonen på elektriske apparater. Da ville problemet vært løst. Vi trenger jo ikke den funksjonen, vi hadde den ikke før. Det medfører ikke engang tap av velstand.

– La meg ta et eksempel til, sier Lars. – Det selges i dag soveromslamper som har transformator som trekker strøm hele døgnet. På soverommet trenger man ikke varmen de avgir, i alle fall ikke i sommerhalvåret. Hver lampe koster deg omtrent en hundrelapp i året i strømutfgifter du ikke trenger. Hvorfor skal dette være tillatt? Det er jo ikke snakk om én enkelt lampe eller én TV, forbyr man slike energisløsende funksjoner vil det gjelde millioner av apparater. Da vil man kunne redusere energibruken og slippe å bygge ut nye CO₂-produserende energiverk.

Ressursbruken må ned

– For 100 år siden fløy det første mennesket, i dag er det 1,7 milliarder flyreiser i året. Med den veksten vi har i dag vil vi få nye 1,7 milliarder i løpet av de neste 10 årene. Det sier seg selv at dette ikke kan fortsette, slår Lars fast. – Forbruket av energi, metaller og andre ressurser kan ikke fortsette ukritisk inn i framtida, det går bare ikke. Dessuten har vi store befolkninger i Kina, India og andre steder som ikke har tatt del i den samme velstandsutvikling som oss i vesten. Vårt ressursforbruk kan ikke fortsette på samme måte dersom de som har det betydelig verre enn oss skal kunne øke sin levestandard vesentlig. Det er selvfølgelig dobbelt umoralsk at vi ødelegger klimaet uten at alle mennesker får del i velstanden. Kina og India vil ikke godta at store deler av befolkningen skal leve uten tilgang på elektrisk strøm, mens vi sløser uhemmet. Et omfordelt og for vår del redusert ressursforbruk, vil presse seg fram om vi vil det eller ikke. Derfor bør vi være miljøbevisste. Vi kan til og med gjøre mange miljøtiltak uten at det rammer vår livskvalitet, jeg tror til og med mange miljøtiltak vil heve den.

Skolen må ta debatt

– Skolen har et stort ansvar, sier Lars. Den må gi de unge kunnskap om naturen og miljøproblemer som tap av arts mangfold og et klima i endring. Dessuten må den åpne for debatt og engasjement om disse spørsmålene, sette miljøspørsmålene på dagsorden. Hva er livskvalitet, hvordan skal framtida bli for oss mennesker på jorda og hvilket ansvar har vi? Skolen må ikke være redd for debatt. Det dreier seg om vår framtid, og dagens unge skal både leve, forme samfunnet og velge politikerne i årene framover.

ENERGI UNDERVISNING



Dette nummeret av Naturfag er viet energi og energiundervisning. Energibegrepet er sentralt i naturfagene, men det er vanskelig å gi en kortfattet og dekkende definisjon av hva energi er, fordi begrepet har så mange sider. Begrepet kan lett oppfattes som abstrakt av elevene. I læringsarbeidet bør vi derfor legge vekt på konkretiseringer med utgangspunkt i energikjeder. På lavere trinn i skolen er det i hvert fall viktig å la elevene møte mange eksempler på energikjeder slik at de etter hvert får innsikt i de ulike sidene ved energibegrepet.

Undervisning om energi

I fysikken lærer vi at energi er evnen til å utføre arbeid. Det gjør at vi kan regne på situasjoner med energi. Men det er bare halve sannheten. Energi har like mye med varme å gjøre. Energi kan overføres ved arbeid og ved varme. Ved å legge vekt på energioverføringer, blir energibegrepet mer konkret, fordi det er i disse sammenhengene at energi blir ”synlig”.

Får ting til å skje

Noe av det som kjennetegner naturvitenskapen, er at den søker etter utsagn og begreper med stor generalitet. Energi er et slikt begrep. Uansett hva slags prosesser vi studerer i naturen eller i laboratoriet, kan vi alltid betrakte dem ut fra et energisynspunkt. Fysikeren James Maxwell (1831-1879) skal ha sagt: ”Energy is the go of things”. Dette utsagnet gir nok en av de beste beskrivelsene av hva energi er, men definisjonen er lite presis. På norsk kan vi si: ”Energi er det som får ting til å skje”.

Blir bevart

En av grunnene til at energibegrepet er så nyttig, er blant annet at vi kan drive ”regnskap” med det. Energi som forsvinner et sted, finner vi igjen et annet sted. Dermed kan vi gjøre opp et regnskap som stemmer. Fysikken lærer oss altså at energi er en størrelse som er bevart, den er konstant.

I undervisningen om energi, vår ”energimetodikk”, blir det viktig å få fram alle sidene ved energibegrepet som: energiformer, energikjeder, energioverføringer, energibevaring og energikvalitet:



ENERGI UNDERVISNING

- Energi kan ha ulike former: stillingsenergi og bevegelsesenergi (eller andre navn vi gir til ulike energiformer).
- Energi kan overføres fra ett system eller en gjenstand eller et annet system eller gjenstand ved arbeid eller varme.
- Energi forsvinner ikke den skifter bare form. Dette er uttrykt i energibevaringsloven.
- Energien blir mindre tilgjengelig etter hvert som den overføres fra system til system. Vi sier at energikvaliteten avtar i alle naturlige prosesser.

Energikjeder

Disse sidene ved energibegrepet er det mulig å få fram ved hjelp av energikjeder. Prinsippene lar seg bruke for å forstå fornuftig energibruk i samfunnet og i hjemmet. Hvordan kan vi planlegge for en bærekraftig utvikling i energisektoren?

En energikjede består av energikilder og energimottakere. I undervisningen er det viktig å være konsekvent med å la både energikilde og energimottaker være konkrete ting. Under energikildene eller energimottakene kan vi sette energinavn som viser hvilken form energien har. Selv om fysikerne sier at alle energiformer enten er stillingsenergi (potensiell energi) eller bevegelsesenergi (kinetisk energi), er det viktig på lavere trinn i skolen å gi beskrivende navn til energiformene, for eksempel strikkenergi, matenergi, kjemisk energi, lysenergi osv.

Når vi tegner energikjeder, får vi vanligvis ikke fram at en energikilde er energikilde for mange energimottakere. Vi velger i mange tilfeller bare ut én energimottaker når vi tegner energikjeder. Men vi kan selvfølgelig tegne et energinett på samme måte som vi tegner et næringsnett i biologien når vi ønsker å få fram hvem som spiser hva eller hvem. En bueskytter bruker for eksempel matenergi til noe mer enn bare å skyte med pil og bue.

Eksempel på energikjede som viser at muskelenergi kan være utgangspunkt for flere energikjeder (bueskytteren sparker til en stein i tillegg til å skyte ut en pil):



I fysikken er varme og arbeid definert på følgende måter: Varme er energioverføring på grunn av temperaturskjell, mens alle andre energioverføringer er arbeid. Arbeid (W) er definert som kraft F multiplisert med forflytning eller strekning s : $W = F \cdot s$. Dette gjelder bare når kraften er kontant og virker i samme retning som strekningen.

Blir mindre tilgjengelig

Som regel starter en energikjede opp med sola og ender opp i omgivelsene som varmeenergi. Temperaturen i omgivelsene blir da en smule høyere, selv om vi ikke alltid er i stand til å måle denne økningen. Når energien ender opp i omgivelsene som varmeenergi, er den svært lite tilgjengelig for oss. Ved å understreke dette poenget når vi tegner energikjeder, får vi fram at energien ikke blir borte, men at den bare skifter form, og at den blir mindre tilgjengelig for oss.

Dette prinsippet (loven) om at energien blir mindre tilgjengelig for oss er et uttrykk for termofysikkens 2. hovedsetning. Det er denne loven som uttrykker at det er umulig å lage en evighetsmaskin (*perpetuum mobile*). Selv om mange fortsatt forsøker å lage en slik maskin, og flere lykkes med å lage noe som kan se ut som en, vet vi at dette ikke er mulig ut fra 2. hovedsetning. 1. hovedsetning, som sier at energien alltid er bevart i alle naturlige prosesser, utelukker ikke at det er mulig å lage en evighetsmaskin. Energien er jo der hele tiden. Den blir ikke borte, og den burde derfor kunne brukes om og om igjen.

Vi har altså to helt sentrale lover når vi arbeider med energi og energioverføringer:

1. hovedsetning: Energien er alltid bevart, den kan ikke bare oppstå, og den blir heller ikke borte.
2. hovedsetning: Energifølelsen avtar i alle naturlige prosesser, det vil si at energien blir mindre tilgjengelig for oss etter hvert som den overføres. Energien ender som varmeenergi i omgivelsene ved slutten av alle energikjeder.

Hvor kommer energien fra?

Det er ikke alltid lett å vite hvor energien kommer fra, og det hender at det blir diskusjoner i klassen om hva som er energikilden. Hva er for eksempel energikilden til et solur? Noen vil kanskje svare sola, siden den kaster skyggen. Andre vil svare jorda, fordi den dreier soluret rundt. Kanskje noen også svarer at det ikke finnes noen energikilde, siden det ikke er noen viser som flytter seg. Alle har litt rett. De ser på soluret på litt forskjellige måter. I undervisningen må vi derfor tillate litt ulike svar i noen situasjoner.

ENERGI ARGUMENTERING



Energi for enhver pris? - 22 elevers argumentering i ”høyspentledningsaken”

I hverdagen og i den offentlige debatten møter vi ofte saker hvor også naturvitenskapelig kunnskap inngår. Genmodifiserte matvarer, klimasaken og tilsetningsstoffer i matvarer er aktuelle eksempler. I denne artikkelen vil jeg referere en studie hvor målet var å beskrive noen elevers måter å begrunne sine oppfatninger i en aktuell sak hvor naturvitenskap inngikk: hvilke argumenter, kunnskaper og verdier la de vekt på?

I elevenes nærområde (Bergen) var det diskusjoner knyttet til bygging av nye høyspentledninger. Dette var omdiskutert da noen studier har funnet økt hyppighet av blodkreft hos barn som vokser opp nær høyspentledninger. For å minske en eventuell fare ønsket mange ledningene i jordkabler selv om utbygger (BKK) hevdet dette ville bli adskillig dyrere. En utfordring i denne saken var at forskningsresultater om en eventuell risiko var sprikende og usikre.

Metode

I undersøkelsen gjennomgikk fire klasser i naturfag (Vg1) et undervisningsopplegg over to timer. Den første timen ble de fortalt at magnetfeltet var antatt å være mulig årsak, magnetfelt fra ulike installasjoner hjemme ble tallfestet. Videre ble 17 ulike sitater fra forskningsrapporter, lokalaviser, politikere og utbygger vist på transparente og lest høyt. Den andre timen arbeidet elevene i grupper der de skulle diskutere seg frem til en mening i saken og skrive ned to argumenter samt to antatte motargumenter.



Bildet viser en av høyspentledningene som var omdiskutert i den aktuelle saken i Bergen.

I etterkant valgte jeg ut 22 elever til å bli intervjuet om sine vurderinger i saken. Intervjuene ble tatt opp, og utskrevne intervjuer utgjorde datagrunnlaget for studien. I analysen av intervjuene benyttet jeg blant annet en teori hvor argumenter beskrives som en påstand underbygget av et (påstått) faktum, men hvor det også inngår en kobling mellom påstand og faktum som ofte bare uttrykkes implisitt. Ved å vurdere hvordan ulike argumenter og vurderinger i et intervju spilte sammen, identifiserte jeg fem ulike argumentasjonsmønstre.

Det er viktig å være klar over at jeg bare har undersøkt 22 utvalgte elevers argumentering og at resultatene ikke kan generaliseres. Men resultatene kan brukes som hypoteser når en skal prøve å forstå andre elevers vurderingsmåter i saker med liknende trekk.

Funn

Beslutning umulig

Ivar: Det er veldig vanskelig å ha en mening for vi vet jo ikke om det er farlig og då kan jo ingen ... når alle mener forskjellig liksom, når du ikke vet det, hadde vi visst om det var det så hadde det vært litt enklere.

Alle de 22 elevene mente det forelå forskeruenighet om hvilken risiko som eventuelt var involvert i saken. For to av elevene gjorde denne fortolkningen det umulig å ta noen avgjørelse. Disse studentene vektla både føre-var prinsippet og viktigheten av å unngå unødvendige kostnader. For å kunne vekke disse to argumentene ønsket de å ha sikrere informasjon om risikoen først. Den avgjørende faktor i deres vegring mot å gjøre seg opp en mening var således manglende enighet blant forskere.

Føre-var argumentering

Intervjuer: Sier du at du syntes det var vanskelig å gjøre deg opp en mening?

Bård: Jeg var ikke sikker, men så lenge det er en risiko, så synes jeg det er rimelig at livet selv er viktigere enn pengene.

For ni av elevene var føre-var prinsippet avgjørende. Disse elevene vektla særlig to saksopplysninger. For det første at det forelå forskning som indikerte at det eksisterer en risiko. For det andre at risikoen innebar en alvorlig konsekvens i form av barneleukemi. Naturvitenskapelig kunnskap var således avgjørende for deres vurdering. Ingen av disse elevene fant det rimelig å sammenlikne med risikoer i andre av livets områder. I en situasjon hvor risikovurderingene var usikre brukte disse elevene føre-var prinsippet til å vekke helse argumentet i forhold til økonomiske argumenter.

Sitatet fra Bård illustrerer hvordan kunnskap og verddivurderinger spiller sammen i et argument. Eksistensen av en mulig risiko henvises til som et faktum. Elevens beslutning er at det bør foretas en kostnadskrevende nedgraving. Kunnskapen om risikoen gjøres relevant for beslutningen ved å peke på at i helsepørsmål er føre-var prinsippet en viktig verdi. Beslutningen er således et samspill mellom kunnskap og verdier.

Liten risiko

Finn: Eg synes egentlig, for min skyld gjør det ikkje så grådig mye å ha sånne høyspentledninger altså, eg er ikkje sikker på om det er så grådig skadelig som de vil ha det til. Eg forandret i hvert fall ikkje mening når vi hadde om det liksom.

To av studentene vurderte størrelsen på den mulige risikoen som neglisjerbar, og at høyspentledningene derfor ikke trengtes kables. De brukte således naturvitenskapelig informasjon i form av størrelsen på risikovurderingen som avgjørende kunnskap. Verdien de henviste til var at slike små risikoer er en naturlig del av livet. Når risikoen er liten, blir det dermed ikke nødvendig å kable.

Relativ risiko

Lise: Eg ville [gjærne] ha visst konkret hvor farlig den magnetisk strålingen var og hvor mye den var i forhold til andre elektriske artikler som eg har kjennskap til.

Fem av elevene var opptatt av hvor store magnetfeltene fra høyspentledninger er i forhold til vanlig elektrisk utstyr vi har hjemme, samt størrelsen på risikoen i forhold til andre risikoer i dagliglivet. Ved at de vektla kostnadseffektivitet som verdi ble det viktig for dem å se på naturvitenskapelig og annen informasjon som muliggjorde en rasjonell sammenlikning. Da risikoen var liten og kostnadene høye, konkluderte de med at kabling var unødvendig.

Vurdere argumenter for og mot

Fire av elevene trakk inn ulike argumenter for og mot og vurderte disse. De var opptatt av konsekvenser for ulike berørte parter (foreldre, barn, strømpriser for forbrukere, kraftsituasjon og arbeidsplasser, boligpriser for boligeiere langs traseer). Uten å kunne peke på noen spesiell årsak, strevde de veldig med å ta en beslutning. De hadde ikke et klart verdistandpunkt i forhold til risikovurdering som kunne gjøre det mulig å vekke ulike argumenter mot hverandre.

Diskusjon

Alle de intervjuede elevene gjorde på ulike måter bruk av naturvitenskapelig kunnskap i sin argumentering. Samtidig var kunnskapen fra forskningsfronten, og ikke slik kunnskap som elevene møter i skolens naturfag. Begrepene usikkerhet og risiko stod sentralt i manges vurderinger, noe de ofte gjør i slike saker. Dette viser at det kan være viktig å vektlegge disse begrepene i skolen.

Elevene vektla ulike kunnskaper og verdier i sin argumentering. Samtidig er det min vurdering at flere av elevene bare var oppmerksom på konsekvensene til noen få av de berørte partene. Når en i naturfagene skal arbeide med argumentering i aktuelle saker, kan det derfor være viktig at lærer gjør tilgjengelig og stimulerer til vurdering av ulike typer informasjon og konsekvenser for ulike aktører. Gjennom diskusjon kan en bevisstgjøre elevene på ulike verdier som kan bidra til vektning av argumenter.



ENERGI ENERGIMÅLING

Energimåling i skolen – det gir kunnskap og engasjerer!

- **Hvordan varierer utetemperaturen fra dag til dag?**
- **Hvordan varierer innnetemperaturen fra dag til dag?**
- **Er det noen sammenheng mellom den mengde energi som brukes på en skole og ute/innetemperatur?**
- **Kan vi selv gjøre noe for å redusere energibruken vår?**

Enova SF oppfordrer elevene til å måle ute- og innnetemperatur daglig over en periode og samtidig sjekke skolens energibruk.

På nettsidene til Regnmakerne kan hver enkelt lærer bestille materiell, bl.a et termometer til å måle både ute- og innnetemperaturen samtidig, plakater til føring av måleresultater og lærerveiledning. Hver morgen over en avgrenset tidsperiode skal elevene lese av ute- og innnetemperaturen og føre tallene opp i en tabell.

Ukentlig skal elevene lese av skolens energimåler. Dersom flere energikilder benyttes, må alle målere leses av. Resultatene føres opp i en tabell. Mange nettselskaper tilbyr nå kundene sine å levere sin strømmåleravlesning via Internett, og kundene kan følge med på sitt historiske forbruk. Mange skoler har også denne muligheten, noe som kan brukes i undervisningen. Der dette ikke er mulig, kan elevene snakke med rektor eller vaktmester og be om å få lese av skolens energimålere.

Når det har gått en tid og mange målinger er utført, skal dataene bearbejdes. Tegn gjerne opp temperaturkurver og energibruk på samme skjema slik at det er mulig å se eventuelle sammenhenger. Mange skoler har allerede gjort denne aktiviteten. Dersom det er ønskelig å sammenligne seg med andre skoler, kan nettstedet www.miljolare.no benyttes, og dataene kan registreres der. Der ligger også en god beskrivelse av aktiviteten.

Vi vil oppfordre så mange skoler som mulig til å registrere seg på dette nettstedet. Da kan skolene hente inn data fra andre skoler og sammenlikne. Dette er en fin læringsaktivitet både i naturfag og i matematikk.

Hva med strømforbruket hjemme – kan vi spare?

Vi tror det gir ekstra godt utbytte om elevene undersøker energibruken hjemme. Da kan de også forske på om det er mulig å redusere energibruken hjemme ved å gjennomføre forskjellige tiltak som de selv kan oppfordres til å tenke ut.

Bruker vi for eksempel mindre energi om vi

- skrur av lyset i rom der vi ikke oppholder oss?
- dusjer kortere tid?
- skrur ned termostaten på ovner?

Hvor mye er det mulig å spare i løpet av en uke? En måned? Hvor mye tilsvarer dette i kroner? Tips til mulige tiltak kan elevene få ved å se på 4 filmer som ligger tilgjengelig på Regnmakernes nettsider, www.regnmakerne.no, og velge Rubens Regnmakeroppdrag.

Regnmakerskoler kan vinne et stipend på 10 000 kroner

For å bli kvalifisert til tittelen Regnmakerskole må skolen registrere denne energiaktiviteten samt fire andre aktiviteter knyttet til energiundervisning. Mer informasjon ligger på www.regnmakerne.no/larer.

ENERGI ENERGIMÅLING

Sjekk skolens energibruk!

Skriv opp hvor mye energi skolen bruker hver uke, og pass på at alle får vite om det. Da kan det hende at alle på skolen blir flinkere til å spare. Noen må passe på å slå av lyset etter seg, og det er noen som må passe på at det ikke er for varmt inne. I hvert fall når skolen er tom, og det er kaldt ute!

Energimåleplakat for skolen

Skole og grunnskole: _____

Oppmålet av: (navn) _____

Skole adresse: _____

Energimålingen startet i år: _____

Slik gjør dere:

Denne skolemålingen er en del av et stort prosjekt som skal undersøke og måle energibruket på skolen. Det er viktig at alle lærere og elever er med på dette. Målet er å finne ut hvor mye energi skolen bruker og hvordan vi kan spare energi. Dette er viktig for miljøet og for å redusere utslippene av CO₂. Skolen skal være et godt eksempel på hvordan vi kan bruke energi smart. Dette er en viktig del av skolenes ansvar. Skolen skal være et godt eksempel på hvordan vi kan bruke energi smart. Dette er viktig for miljøet og for å redusere utslippene av CO₂. Skolen skal være et godt eksempel på hvordan vi kan bruke energi smart.

Visste du at ... 2007 var et rekordår for Enova

Enova er et statsforetak som eies av Olje- og energidepartementet. ENOVA skal bidra til omlegging til mer miljøvennlig energibruk og energiproduksjon og stimulere til å ta i bruk ny fornybar energi. Enovas virksomhet finansieres gjennom påslag på nettatariffen og over Statbudsjettet.

Resultatet for 2007 ble 2,4 TWh i spart og produsert ny fornybar energi. Dette er det beste resultatet i Enovas historie. Rundt regnet tilsvarer dette tallet fire Altakraftutbygginger. Enova har siden starten i 2001 bidratt med støtte til prosjekter som er kontraktfestet til 10,1 TWh. Energieffektivisering i bygg og industri står for om lag 50 % av resultatene så langt.

- Vi er meget godt fornøyd med resultatene for 2007 og oppnådde det høyeste årsresultatet siden Enova ble etablert. Målet vårt på 12 TWh innen utgangen av 2010 er dermed godt innenfor rekkevidde, sier administrerende direktør (kst) Fridtjof Unander.

Enovas innsats for å redusere energiforbruket og bidra til mer fornybar energi er et viktig bidrag til reduksjon av CO₂-utslipp. Hvis det antas at alternativ kraftproduksjon er fra gasskraftverk, tilsvarer prosjektene Enova har gitt støtte til siden 2001 en reduksjon i fremtidige CO₂ utslipp på rundt 3,3 millioner tonn per år. Dette utgjør nesten halvparten av utslippene fra den norske bilparken.

- Å bidra til omlegging til mer miljøvennlig energibruk og energiproduksjon er vår hovedoppgave. Midlene vi setter i arbeid skal utløse mange ganger så mye i investeringer fra næringsliv og industri. Det betyr at det i årene framover skal investeres flere milliarder årlig i grønn energi som kan gi store reduksjoner av CO₂-utslipp, uttaler Unander.

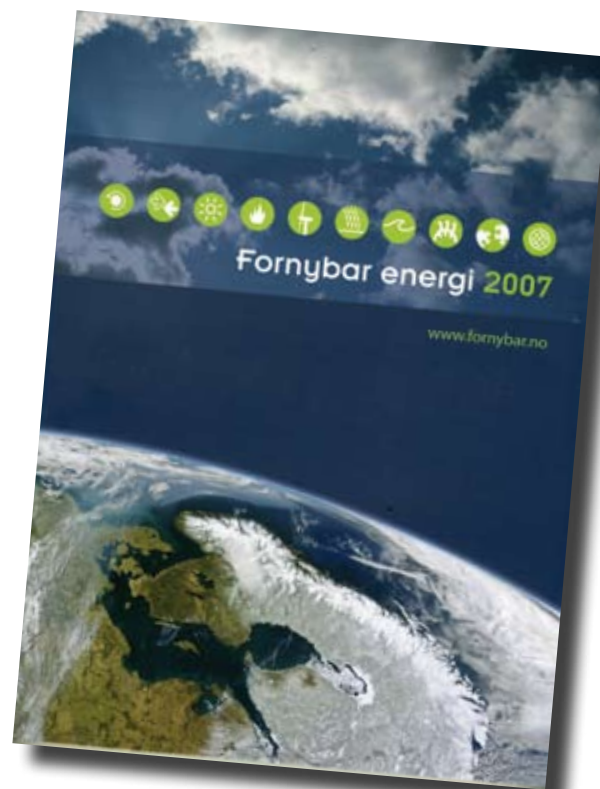
Fornybar energi 2007 og fornybar.no – ressurser for både lærere og elever

Daglig kan vi lese i avisene om jordas helse-tilstand; jorda har feber og årsaken er menneskenes enorme forbruk av ikke-fornybare energikilder som olje, kull og gass. Vi har et stort behov for energi som er produsert på en måte som ikke bidrar til økt drivhuseffekt, noe som gjør fornybar energi til et meget aktuelt tema. I Norge har myndighetene bestemt at energiforbruket skal bli mer miljøvennlig og produksjonen av energi fra fornybare energikilder skal økes, samtidig som energibruken skal effektiviseres. Energiundervisning er kommet med i læreplaner på både mellomtrinnet, ungdomstrinnet og i videregående skole. Da er det godt å vite at det finnes en meget god og dagsaktuell kilde til informasjon, både i bokform og på Internett.

Heftet heter *Fornybar energi 2007* og er en revidert og utvidet versjon av publikasjonen «Nye fornybare energikilder» fra 2001. Det er Enova, Innovasjon Norge, Norges forskningsråd og NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) som står bak både boken og nettstedet. Her får vi en samlet oversikt over den teknologiske, økonomiske og markedsmessige utvikling innen fagfeltet fornybar energi.

God struktur

Nettstedet er godt strukturert, og nesten alle overskrifter er "klikkbare" slik at det er lett å få en rask oversikt samtidig som man kan velge å gå dypere inn i fagstoffet dersom det er ønskelig. Målgruppe for heftet er skoleelever og lærere, men også politikere, næringslivsledere og fageksperter som ønsker innsikt i andre fagfelt enn sitt eget.



Temaer

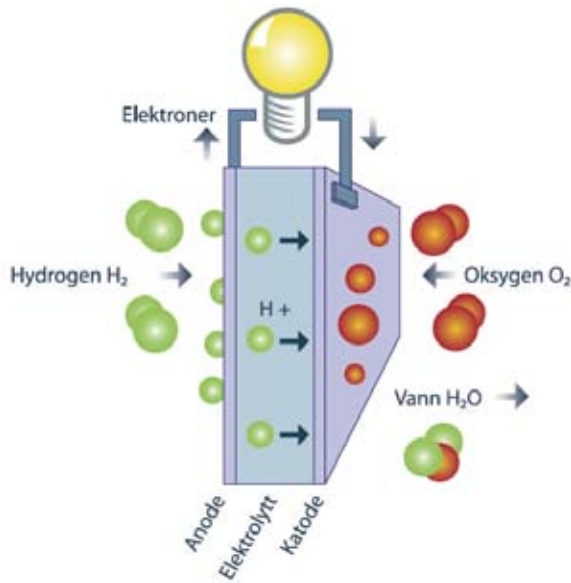
Heftet starter med å gi et innblikk i hvilke energiutfordringer vi kan vente å få i fremtiden. Likeledes gis det innblikk i hvilke utfordringer det kan være med å integrere nye energiproducenter inn i energisystemet. De forskjellige fornybare energikildene gjennomgås både når det gjelder virkemåte, bruksområde, utbredelse i Norge og i andre land, hvilket potensial de har, og også hvilke utfordringer som er knyttet til å ta ressursen i bruk.



Ulike fornybare energikilder. Foto: Enova

En fornybar energikilde krever ofte annet teknologisk utstyr for å kunne integreres i vårt energisystem. Teknologi for fornybar energi er derfor også viet et eget kapittel. Her omhandles blant annet forskjellige måter å lagre energi på. Varmepumper og brenselceller er også viet oppmerksomhet.

Til sist får vi et innblikk i hvordan energisystemene kan komme til å se ut i fremtiden.



Hydrogen brenselcelle. Illustrasjon: Endre Barstad.

Fornybar energi 2007

Utgever: Enova, Innovasjon Norge, Norges forskningsråd og NVE

Nettsted: www.fornybar.no

Språk: Bokmål

Utgivelsesdato: 2007

Omfang: 182 sider

ISBN: 978-82-410-0632-6

Kompetansemål i Kunnskapsløftet

Naturfag etter 7. trinn:

- gjøre greie for bruk av noen energikilder før og nå og beskrive konsekvenser for miljøet lokalt og globalt
- gjøre greie for hvordan man gjennom tidene har brukt overføring av bevegelse til å utnytte energi i vind og vann

Naturfag etter 10. trinn:

- forklare hvordan vi kan produsere elektrisk energi fra fornybare og ikke-fornybare energikilder

Naturfag etter VG1:

Bærekraftig utvikling

- vurdere miljøaspekter ved forbruksvalg og energibruk
- forklare hva drivhuseffekt er og gjøre rede for og analysere hvordan menneskelig aktivitet endrer energibalansen i atmosfæren
- gjøre rede for noen mulige konsekvenser av økt drivhuseffekt, blant annet i arktiske områder, og hvilke tiltak som settes i verk internasjonalt for å redusere økningen i drivhuseffekten

Energi for framtiden

- gjøre forsøk med solceller og solfangere og forklare virkemåten
- gjøre rede for fysiske prinsipper for hvordan varmpumper virker, og i hvilke sammenhenger varmpumper brukes
- forklare hva redoksreaksjoner er, gjøre forsøk med forbrenning, galvanisk element og elektrolyse og gjøre greie for resultatene
- beskrive virkemåten og bruksområdet til noen vanlige ladbare og ikke-ladbare batterier og til brenselceller
- gjøre rede for ulik bruk av biomasse som energikilde
- gjøre rede for hydrogen som energibærer

ENERGI ENERGINETTVERKET



Har du høyrd om Energinettverket?

Omtrent alle vidaregåande skular i Noreg har nokre få ungdomsskular i nærområdet der dei rekrutterar elevane sine frå. I Energinettverket nyttar vi denne gruppa av skular til å involvere elevar frå begge skulestega i eit fysikkprosjekt. Vi fokuserer spesielt på nye fornybare energikjelder. Samarbeidspartnarane er Naturfagsenteret, Utdanningsdirektoratet, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Statens strålevern og Statkraft.

Her er litt av det som har skjedd i nettverket det siste året:

Studietur til Danmark 5. – 9. september 2007

Årets samling i Energinettverket gjekk til Danmark og til studie av energiundervisning i dansk skole. I samarbeid med Fondet for Dansk-Norsk Samarbeid fekk vi opphald på Schæffergaarden da vi var der nede.



På båten ned og opp hadde vi erfaringsutveksling og lokal planlegging. Sjølve kursopplegget i Danmark stod Janus Hendrichsen frå Skolernes Energiforum for. Han hadde laga eit variert og fagleg godt program for oss dei to dagane. Den første dagen besøkte vi Nord-Europas største forbrenningsanlegg Vestforbrænding. I tillegg utførte vi elevøvingar om dei ulike prosessane.

Den andre dagen besøkte vi solcellefabrikken Gaia Solar, forsksskolen Vanløse skole og Energiværkstedet. På Energiværkstedet laga vi våre egne solcellemodular. Det var ein flott øving. På fredag kveld hadde vi ein fantastisk kulturell kveld på Schæffergaarden med ei spesialforestilling av Jeppe på Bjerget med Frode Rasmussen og Heidi Marie Vestrheim.

Solceller i undervisningea

I Danmark har det blitt utvikla eit godt undervisningsopplegg om solenergi og spesielt om solceller. Sjå www.esbensen.dk/solsiden.

Alle skulane i Energinettverket har fått tilsendt spesiellaga solceller slik at dei kan gjennomføre alle øvingane som du finn på desse sidene. Øvingane kan du laste ned under oppgåver på www.esbensen.dk/solsiden/06_oppgaver.htm.

Er du interessert i å gjennomføre dette opplegget på eigen skule, så ta kontakt med nettverket.

ENERGI ENERGINETTVERKET



Andre energiaktivitetar

Omtale av andre aktivitetar i nettverket finn du på nettsidene våre. Her kan du lese om Energidag på Steinkjer vgs og St. Olav vgs og om Energikamp på Telemarks tak. Kanskje du finn idear som du kan bruke i eige undervisning?

Har du lyst til å vite meir om Energinettverket og eventuelt bli med?

Ta kontakt med Karl Torstein Hetland på karlth@online.no.
Vår heimeside er: <http://www.naturfagsenteret.no/energi/energi.html>.



Statkraft om Energinettverket:

”Gjennom Energinettverket får vi en konkret arena for samarbeid mellom skole og næringsliv. Vi kan bidra med våre ressurser, kompetanse og fysiske anlegg for å gjøre realfag, energi og miljø mer spennende i undervisningen. Eksempler på dette kan være gjesteforelesninger, besøkskraftverk eller den årlige Energikampen i Telemark. Gjenytelsen fra skoleverket er norske samfunnsborgere med en bedre forståelse av bærekraften i norsk kraftproduksjon og balansen mellom fornybar kraftproduksjon og naturinngrep. Vårt engasjement i Energinettverket blir således både en del av vårt samfunnsansvar og som et ledd i å sikre fremtidens arbeidskraft. Å rekruttere kloke hoder med interesse for realfagene vil være svært viktig for at vi skal nå Statkrafts visjon om å bli ledende i Europa innen miljøvennlig energi.”

Tron Engebretsen, Statkraft





ENERGI SOLCELLER

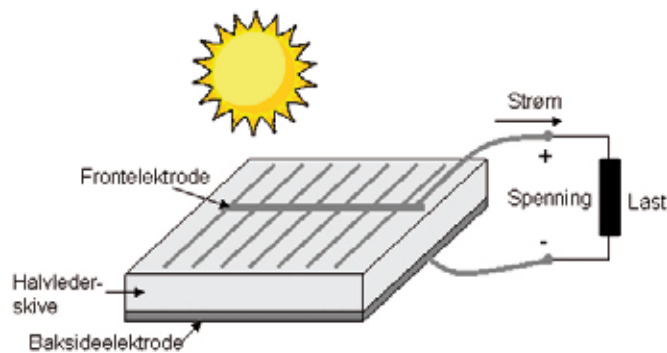
Tredje generasjon solceller

Sollyset utgjør en enorm energiresurs. I løpet av ett år tilfører sollyset jordoverflaten mer en 10 000 ganger den mengden energi som vi i dag henter fra alle andre energikilder til sammen. Solceller kan omdanne sollyset direkte til elektrisk energi og anses derfor som en av teknologiene som vil kunne stå for en betydelig andel av fremtidens strømproduksjon. I det følgende gjennomgår vi først virkemåten til dagens solceller, og deretter presenteres en rekke spennende konsepter som kan muliggjøre solceller med langt høyere effektivitet, og følgelig en langt lavere strømpris enn den som er oppnåelig med dagens teknologi. Slike solceller blir ofte kalt tredje generasjon solceller.

Hvordan fungerer en solcelle?

En solcelle er en komponent som er i stand til å konvertere energien i sollyset direkte til elektrisk energi. En typisk solcelle består i hovedsak av en skive (*wafel*) av en halvleder (se faktaboks) som er belagt med elektroder over og under, som vist i figur 1.

Enkelt fortalt fungerer en solcelle ved at fotonene i sollyset absorberes i halvledermaterialet. For at et foton skal kunne absorberes, må det ha en fotonenergi ($E_{\text{foton}} = hf$, hvor h er Plancks konstant og f er frekvensen til lyset) som er større enn båndgapet. I absorpsjonsprosessen gir fotonet all sin energi til et

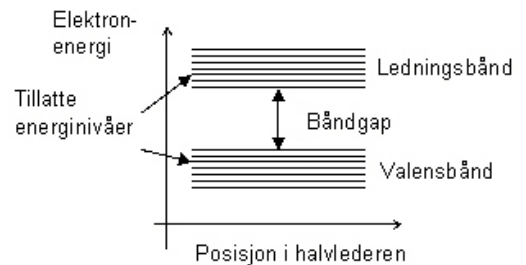


Figur 1: En solcelle består i hovedsak av en halvlederskive som det er lagt elektroder på foran og bak. Under belysning leverer solcellen strøm til en last (for eksempel en liten motor) som bestemmer spenningen over solcellen.

bindingselektron som dermed får nok energi til å løsnes fra den posisjonen det hadde i halvlederen. Elektronet kan nå lettere bevege seg omkring i halvlederen og kan gi opphav til en elektrisk strøm, som er det vi ønsker at solcellen skal "levere". Energimessig har elektronet beveget seg fra valensbåndet til ledningsbåndet, og det er gått over fra å være et *bindingselektron* til et *ledningselektron*. Som en følge av prosessen beskrevet over, etterlates det en tom elektrontilstand i valensbåndet. Andre valenselektroner kan nå forflytte seg til denne ledige posisjonen, slik at valenselektroner også bidrar til strømmen i solcellen. I stedet for å se på hvordan mengden av valenselektroner beveger seg, er det enklere å betrakte den tomme tilstanden til en tenkt partikkel som beveger seg i motsatt retning. Den tomme tilstanden kalles et *hull* og har en positiv ladning av samme størrelse som elektronets negative ladning.

Halvledere

Halvledere er materialer som har en ledningsevne som ligger mellom metaller og isolatorer. De brukes i solceller og som det aktive materialet i elektroniske komponenter. De elektroniske egenskapene til en halvleder er enkle å modifisere ved å tilsette små mengder av andre grunnstoffer (såkalt doping). For bruk i solceller er det båndgapet til halvlederen som er den viktigste parameteren. Størrelsen på båndgapet angir et energiområde, rett over energinivåene til bindingselektronene (valenselektronene), hvor det ikke finnes tillatte energinivåer for elektroner. Over båndgapet kommer et nytt område med tillatte energinivåer. Energiområdet med energinivåene til valenselektronene kalles valensbåndet, og det med energinivåene til ledningselektronene kalles ledningsbåndet.



Dersom solcellen ikke er koblet til noe (dvs den er i "åpen krets"), vil det ikke sendes noen strøm ut av solcellen, men det vil være satt opp en spenningsforskjell mellom front- og baksiddelektrode. Dersom solcellen kobles til en last (for eksempel en liten motor), så vil solcellen levere en endelig strøm og en endelig spenning, og dermed en endelig effekt. Effekten er produktet av spenning og strøm: $P = UI$. Maksimal effekt fåes når systemet er optimalisert slik at produktet av strøm og spenning levert av solcellen er maksimalt.

Solcellens effektivitet

Effektiviteten (η) til en solcelle er et mål på hvor effektivt solcellen omdanner energien i sollyset til elektrisk energi og er gitt ved

$$\eta = P_m / P_{Sol} = I_m \cdot U_m / P_{Sol}$$

hvor P_{Sol} er effekten i sollyset og P_m den maksimale elektriske effekten solcellen produserer. P_m er igjen gitt som produktet av strømmen (I_m) og spenningen (U_m) solcellen leverer når den får mest mulig effekt ut av sollyset.

Solcelleeffektivitet og båndgap

Som nevnt må fotonenergien overstige båndgapet for at valenselektronene skal kunne bli til ledningselektroner. Enhver halvleder har én bestemt verdi på dette båndgapet. Dersom båndgapet er lite, vil selv fotoner med liten energi (infrarøde fotoner i solspekret) kunne bidra til å omdanne valenselektroner til ledningselektroner, og en får da mange ledningselektroner og hull og mye strøm fra solcellen.

Dessverre setter båndgapet en øvre grense for hvor stor spenning solcellen kan gi. Et materiale med et lite båndgap vil gi liten spenning, men mye strøm fra solcellen, mens et stort båndgap vil gi høy spenning og liten strøm. Vi må dermed gjøre et kompromiss mellom mye strøm og høy spenning fra solcellen. For å oppnå høyest effektivitet ønsker vi å bruke et materiale med et båndgap som maksimerer den totale effekten produsert av solcellen. For uforsterket sollys er det optimale båndgapet på ca 1,4 eV.

Effektivitet og prisen på solcellestøm

Selv om bruk av solceller allerede i dag i mange tilfeller vil være et økonomisk godt alternativ selv uten subsidier, vil den høye strømprisen ved produksjon i solceller være et hinder for den fortsatt sterke veksten som må til, dersom solceller virkelig skal bidra til den globale produksjonen av elektrisitet. Det pågår derfor en betydelig innsats i både forskningsmiljøer og i industrien for å gjøre solcellestøm til et stadig billigere alternativ.

Det er to faktorer som bestemmer prisen på strøm produsert av en solcelle. Den ene er kostnadene forbundet med å framstille og installere et ferdig energisystem basert på solceller. Her er blant annet produksjons- og materialkostnader svært viktige. Den andre faktoren er hvor mye elektrisk energi det totale solenergisystemet leverer. Dette er for en stor grad bestemt av hvor effektivt selve solcellen omdanner energien fra sollyset til elektrisk energi.

Effektiviteten til en solcelle er også med på å bestemme den såkalte energitilbakebetalingstiden, det vil si tiden solcellepanelet må produsere strøm for å "betale tilbake" all energi som er brukt under framstillingen av det ferdige solcellebaserte energisystemet.

ENERGI SOLCELLER

De mest utbredte kommersielt tilgjengelige solcellene er i dag basert på silisium (Si). Disse har allerede en relativt høy effektivitet på mellom 14 % og 22 %, avhengig av hvilken teknologi som er basis for fremstillingen. Energiltilbakebetalingstiden for hele energisystemer basert på slike solceller, har også falt dramatisk i forhold til tidligere år, og ligger i dag typisk på mellom 2 år og 4 år. Dette er en liten del av solcellepanelenes totale forventede levetid på 25 år eller mer.

Imidlertid er det mange som har øynet det åpenbare potensialet forbundet med å lage enda mer effektive solceller (høyere enn 22 %). I det følgende skal vi se nærmere på hva som begrenser effektiviteten til en solcelle. Deretter skal vi gå gjennom ulike tredje generasjon solcellekonsepter som, i hvert fall på tegnebrettet og i laboratoriet, er i stand til å nå dramatisk høyere verdier av effektivitet enn det som er mulig med de mest brukte teknologiene i dag. I denne terminologien refererer for øvrig begrepet første generasjon solceller til solceller laget av relativt tykke, krystallinske halvlederskiver (wafer), som i dagens solceller laget av Si. Andre generasjon solceller er framstilt med metoder som gir billige solceller, men oftest med langt lavere effektivitet enn første generasjon solceller. Til tross for lavere effektivitet kan strømprisen for andre generasjons solceller konkurrere med første generasjon, fordi produksjonskostnadene også kan være lavere. Eksempler på andre generasjon solceller er såkalte tynnfilmceller.

Dagens solcelleindustri

Den samlede produksjonskapasiteten av strøm fra solcellepanelene produsert i 2006 alene var på 2,6 GW_p (se faktaboks om W_p).

Produksjonen på 2,6 GW_p representerte en økning på omlag 45 % fra året før og en videreføring av en svært sterk årlig vekstrate gjennom mer enn et tiår. Totalt har det hittil blitt installert solceller

”Watt-peak” W_p

I solcelleindustrien oppgis kapasiteten i W_p i stedet for i kWh, da det siste målet til en stor grad vil være bestemt av hvor i verden solcellen brukes. W_p er et mål på effekten et solcellepanel produserer under standardbetingelser der solcellene ved 25 °C belyses med et lysspekter kalt AM1,5; en lett reproducerbar tilnærming av solspekteret ved jordens overflate. AM står for ”air mass”, og 1,5 angir at sollyset har gått en lengde gjennom atmosfæren tilsvarende 1,5 ganger atmosfærens tykkelse, dvs med en innfallsvinkel på ca 42°. Den innstrålte effekten per areal under slike målinger er normalisert til 1 kW/m².

med en total produksjonskapasitet på godt over 5 GW_p. Norge er representert i solcelleindustrien med profilerte selskaper som Renewable Energy Corporation (REC), Elkem Solar og NorSun.

Alle industrielt viktige solceller som lages i dag, baserer seg i hovedsak på å bruke ett enkelt materiale til å absorbere sollyset. I omlag 98 % av solcellene som ble produsert i 2006 var materialet en eller annen form av halvledermaterialet Si. Det meste av de resterende 2 % brukte andre sammensatte halvledermaterialer, hovedsakelig CdTe og ulike variasjoner av CIGS. Felles for de nevnte solcellene (dvs både første og andre generasjon solceller) er at de har en veldefinert øvre grense for oppnåelig effektivitet på omtrent 30 %. Denne grensen er bestemt av virkemåten til solcellen og er med på å sette klare grenser for mulig kostnadsreduksjon. Vi vil komme tilbake til opphavet for denne grensen nedenfor.

Tapsmekanismer

Hvor kommer så begrensningen av effektiviteten til en typisk solcelle fra? I solcellen beskrevet over vil enkelte fundamentale mekanismer gi uunngåelige tap. Disse er: i) lavenergetiske fotoner som går rett gjennom solcellen ii) termalisering av energetiske ladningsbærere og iii) rekombinering av ladningsbærere. De to førstnevnte gir de største begrensningene og er begge forårsaket av at solceller med bare ett båndgap ikke er i stand til å nyttiggjøre seg hele solspekteret på en effektiv måte. Disse to mekanismene forårsaker at mindre enn 50 % av energien i sollyset kan omdannes til elektrisk energi i solcellen. Vi vil nå beskrive de tre tapsmekanismene mer i detalj.

Sollyset som treffer jordens overflate, inneholder fotoner med et stort spenn i fotonenergi; fra ca 0,4 – 4 eV, mens solcellematerialer har typisk et båndgap på $E_g = 1,0\text{--}1,5\text{eV}$. Fotoner med $E_{\text{foton}} < E_g$ vil ikke absorberes, men fortsetter tvers igjennom og ut av solcellen, og bidrar derfor ikke til å lage strøm. For silisiumsolceller vil fotoner med energi mindre enn båndgapet på 1,1 eV ikke absorberes. Dette utgjør ca 20 % av tilgjengelig energi i sollyset.

Den andre viktige tapsmekanismen er forårsaket av at de fotonene i sollyset som *kan* absorberes, stort sett vil ha en fotonenergi som er større enn det som trengs ($E_{\text{foton}} > E_g$). Umiddelbart etter absorpsjonen av fotonene vil vi kunne finne ledningselektroner med høy kinetisk energi langt oppe i ledningsbåndet (og hull langt nede i valensbåndet). Overskuddsenergien til ledningselektronene og hullene tapes svært raskt. Dette kalles termalisering. Termalisering resulterer i et tap på ca 30 % av energien i sollyset. Den overskytende energien utover E_g vil resultere i oppvarming av solcellen.

ENERGI SOLCELLER

Den tredje unngåelige tapsmekanismen skyldes at lednings-elektronene vil kunne falle tilbake til valensbåndet før de rekker å komme fram til kontaktene. Energien som frigis på denne måten, overføres enten til fotoner som stråles ut fra solcellen eller til ytterligere oppvarming. Disse prosessene kalles *rekombinering*. De vil ikke gi så store tap som de to foregående prosessene i en ideell solcelle, men må alltid regnes med.

Det er flere måter å designe solceller på som vil unngå disse fundamentale begrensningene. Dette er de såkalte tredje-generasjonssolcellene. Grunnprinsippene for og flere eksempler på slike vil bli gitt i det følgende.

Tredje generasjon solceller

Det er fire hovedretninger vi kan følge dersom vi ønsker å lage solceller som utnytter fotonenergiene i sollyset bedre. Disse er:

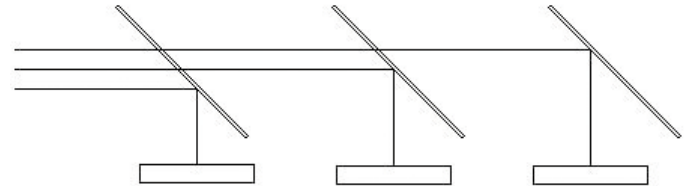
- Å lage solceller som baserer seg på bruk av mer enn ett båndgap
- Å redusere eller unngå effekten av termalisering
- Å endre energifordelingen til fotonene i solspekteret før de absorberes av solcellen
- Å lage solcellen av en halvleder med et så lite båndgap at flere ledningselektroner dannes ved hjelp av kollisjoner

De to førstnevnte innebærer helt nye oppbygningsmåter av solcellene, mens de to siste i prinsippet kan bruke variasjoner av dagens design på selve solcellen.

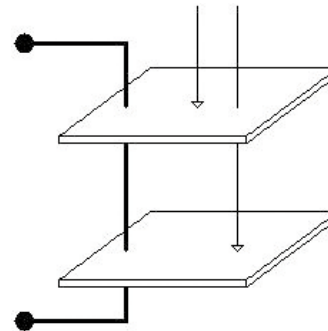
a) Flere båndgap

Den enkleste løsningen er å styre ulike deler av solspekteret mot ulike solceller som har hvert sitt båndgap, E_g . Hver solcelle i settet er optimalisert med hensyn til en begrenset del av solspekteret, noe som resulterer i en økt utnyttelse av den totale energien i sollyset. Figur 2 viser et eksempel på dette hvor optiske filtre sender ulike energiintervaller i sollyset mot solceller med ulike båndgap.

Den vanligste måten å gjøre det på, er å stable solceller med forskjellige verdier av E_g oppå hverandre, som illustrert i figur 3. Det mest energetiske lyset fanges i den øverste solcellen. Fotoner med lavere energi går gjennom denne og fanges opp av en eller flere underliggende solceller. Jo flere solceller som settes sammen, desto bedre kan de utnytte sollyset. Slike solceller kalles *tandemsolceller* og er per dags dato den eneste typen tredje generasjons solcelle som har demonstrert høye verdier av effektiviteten. Belyst med standard sollys har verdier på 32 % blitt målt på en tandemsolcelle bestående av tre solceller koblet optisk og



Figur 2: Prinsippkisse av en solcellestruktur som bruker optiske filtre til å dele opp sollyset i ulike energiintervaller og sender disse til solceller med ulike båndgap.



Figur 3: Prinsippkisse av en tandemsolcelle hvor to solceller med forskjellig båndgap er koblet både optisk og elektrisk i serie.

elektrisk i serie. Under mer intens belysning, noe som for eksempel kan oppnås gjennom bruk av linser og speil, har det nylig blitt rapportert målte verdier på over 40 %.

Solceller som er basert på bruk av avanserte materialer med flere energigap med ulike verdier av E_g har også blitt lansert. Ved å bruke slike materialer slipper vi å lage mange solceller oppå hverandre og unngår problemer som oppstår på grunn av den elektriske sammenkoblingen av disse. Slike materialer er imidlertid mer kompliserte å framstille.

b) Redusert termalisering

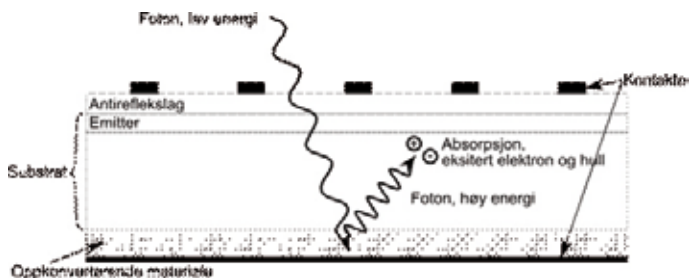
En løsning er å bremse hastigheten til de prosessene som gir termalisering og deretter trekke ut ladningsbærere med høyere energi enn E_g gjennom egnede kontakter. Dette er i prinsippet mulig i avanserte materialer, for eksempel i ulike nanostrukturerte materialer. På denne måten kan den høye spenningen som er til-

ENERGI SOLCELLER

gjengelig i energetiske fotoner bevares uten at vi samtidig må øke E_g , noe som på sin side ville ha redusert tilgjengelig strøm.

c) Fotonenergikonvertering

Den tredje retningen, å omdanne fotonenergier før de treffer solcellen, kan realiseres på ulike måter. Den ene måten er å bruke materialer som omdanner høyenergetiske fotoner ($E_{\text{foton}} > 2E_g$) til mer enn ett foton med lavere energi, men som fortsatt har tilstrekkelig energi til å bli absorbert i solcellen. Denne prosessen kalles *nedkonvertering* og vil føre til at energetiske fotoner kan bidra til en større solcellestøm enn den vi ellers ville ha oppnådd. Den andre måten er å bruke materialer som omdanner to eller flere fotoner med for lav energi ($E_{\text{foton}} < E_g$) til ett eller flere fotoner med tilstrekkelig energi til å bli absorbert i solcellen og dermed bidra til økt solcellestøm, såkalt *oppkonvertering*. Solceller basert på oppkonvertering er kanskje ett av de konseptene som medfører minst krav til endringer og derfor lettest kan få innpass i konvensjonell teknologi for fremstilling av silisiumbaserte solceller.



Figur 4: Sjematisk fremstilling av en konvensjonell silisiumsolcelle som er modifisert for å kunne utnytte lavenergetiske fotoner gjennom innføringen av et egnet oppkonverterende materiale.

En siste måte å endre solspekteret på før det entrer solcellen, er å bygge solceller rundt legemer som absorberer sollyset, varmes opp og deretter sender ut varmestråling. Varmestrålingen fra dette legemet sendes så mot dertil egnede solceller. Alternativt kan vi bruke andre varmekilder, f.eks. en gassflamme. Slike solceller kalles termofotovoltaiske celler.

d) Kollisjonsgenerasjon

Den siste tredjegerasjonsretningen er å lage solceller av en halvleder med et så lite båndgap at flere ledningselektroner dannes ved hjelp av kollisjoner. Etter absorpsjon av fotoner vil det i slike materialer først dannes svært energetiske ladningsbærere.

Disse kan raskt slå løs kaskader av nye ladningsbærere fra atomer i materialet ved ioniserende kollisjoner, noe som vil gi økt solcellestøm.

Norsk innsats

Ved NTNU jobber man med å framstille materialer til bruk i solceller med flere båndgap. En måte å lage flere energigap på, er å bruke nanomaterialer satt sammen av to ulike halvledere. Materialene har nanometersmå partikler, kalt *kvanteprikker*, av halvlederen med minst båndgap av de to, og egenskapene til materialene bestemmes til dels av kvantiserings effekter som oppstår på grunn av størrelsen på kvanteprikkene. Institutt for Energiteknikk (IFE) har nylig fått innvilget midler til å starte opp et større forskningsprosjekt knyttet til silisiumbaserte, tredje generasjon solceller. Her vil flere av løsningene, inklusive tandemsolceller bygget opp av en silisiumbasert solcelle og en eller flere tynnfilm solceller og energikonvertering, både gjennom kvanteprikker og andre avanserte materialer, bli studert i detalj. Ved Universitetet i Oslo er det også en aktivitet knyttet til solceller som utnytter energikonvertering, og ved NTNU jobber man også med oppkonverteringsmaterialer.

Hva vil fremtiden bringe?

Som det framkommer av teksten over, har det blitt foreslått en rekke kreative løsninger som i teorien skal kunne overstige grensen for oppnåelig virkningsgrad fra en solcelle. Flere av disse har et teoretisk potensial for å øke virkningsgraden nært opp mot en termodynamisk virkningsgradsgrense på hele 93 %. Dersom solceller med betraktelig høyere virkningsgrader enn de vi i dag produserer kan realiseres uten for store kostnader, kan dette få enorme konsekvenser for prisen for solcellestøm og solcellers konkurransedyktighet, så vel som for strømprisen forøvrig. Det er derfor stor internasjonal interesse rundt tredjegerasjonssolceller.

Til tross for at rekorden i virkningsgrad fra en solcelle holdes av en tandemsolcelle er det allikevel per dags dato ingen tredje generasjons solcelle som konkurrerer på strømpris med de beste av de etablerte solcelleteknologiene. For de øvrige solcelleløsningene synes veien fram mot industriell realisering av kostnadseffektive solceller med høye virkningsgrader fortsatt lang. Det er dermed rikelig plass for mange gode ideer og mye god forskning på dette svært viktige feltet godt inn i fremtiden.

ENERGI TURBOTEKNOLOGEN

Turboteknologen – og fornybar energi

For to år siden solgte REC-gründeren Alf Bjørseth seg ut av solenergikonsernet. Han var blitt 64 år gammel, og det normale ville være å trekke seg tilbake og nyte sitt otium. Men debatten om tidlig avgang har på ingen måte inspirert Bjørseth. I stedet har han brukt pengene på å blåse nytt liv i sitt gamle selskap Scatec og lagt inn høygiret. I dag er Scatec en familie av høyteknologiselskaper.

Vi hadde fått et intervju med Alf Bjørseth i Scatecs nye lokaler i Sommergaten 13-15 ved Solli plass. I samme bygning holdt Norsk Hydro til i starten så her var det industrihistorie i veggene. Her var det nok skrevet mange viktig kontrakter som var med å forme Norge som industrinasjon. Kanskje historien gjentar seg? Litt forsinket kommer Bjørseth inn i raskt tempo. Han kommer fra et viktig møte på Aker Brygge og unnskylder seg. Han må bare gi noen beskjeder før vi kan gå i gang. Vi skjønner at her er det er flere enn oss som ønsker denne mannen i tale. Under hele intervjuet durer telefonen og varsler at det er ankommet nye SMS-er. Her er det fart.

Hvordan fant dere på å starte produksjon av solceller i Glomfjord? Det var jo en ganske vill ide i starten av 90-tallet.

–Husk at i jobben min som teknologidirektør i Elkem var jeg veldig opptatt av å finne nye anvendelsesområder for silisium. På den tiden var Elkem verdens største silisiumprodusent, men det var et tøft marked og vi trengte flere ben å stå på. Den åpenbare veien å gå var å lage silisiumbaserte produkter med høyere verdi og kunnskapsinnhold. Noe av det vi så på var produkter basert på ulike legeringer av silisium og noe helt nytt som produkter av krystallisert silisium. Da Hydro ville legge ned i Glomfjord, så vi muligheten til å bruke silisiumkrystaller til produksjon av solceller. Jeg hadde stor tro på markedet for krystallisert silisium, men Elkem var ikke i en finansiell situasjon til å satse. Da var ikke veien lang til å satse på egen hånd.



Alf Bjørseth

Vi ble styrket i troen av en EU-rapport som slo fast at markedet for solenergi ville vokse raskt i årene fremover. Det vi ikke kunne vite var hvor mye raskere det skulle gå. Før vi var ferdig med fabrikkene, hadde vi solgt hele kapasiteten og det gav selvfølgelig en god følelse. Men selv om vi hadde markedet i ryggen, var det ikke alltid like enkelt. Likevel har historien vist at vi satset riktig. Selv om kursene fluktuerer, er REC verdens største solcelleselskap i dag.

ENERGI TURBOTEKNOLOGEN



Hallen hvor det trekkes opp ingoter fra silisiumet. Denne befinner seg i NorSuns virksomhet i Årdal.

Og du brenner fremdeles for fornybar energi?

–I høyeste grad. Virksomheten i Scatec er konsentrert rundt to ting; klimanøytral energi og materialer. Mer enn det rekker vi ikke, men det er mer enn nok å gjøre innen disse feltene i svært mange år fremover. Dette er viktige områder både nasjonalt og internasjonalt og det betyr at vi ikke er alene på feltet. Likevel er konkurranse bare noe som stimulerer oss.

Datterselskapet NorSun er allerede vel etablert i Årdal og har snart 100 ansatte og har inngått en lang rekke spennende kontrakter og partnerskap over hele verden. Og vi er godt i gang med planen om å produsere ingot og wafer til solindustrien. Test-produksjonen har begynt.

Jeg har også stor tro på nanoteknologi. For tre uker siden så jeg hvordan det var mulig å få karbonnanostrukturer til å vokse på silisiumskiver. Det kan bety at vi om noen år kan lage mye billigere og mye mer effektive solceller enn i dag. Kanskje vi kan oppnå virkningsgrader som nærmer seg 40 %.

Når blir solenergi lønnsomt?

–Hvis vi ser på solbeltet i USA, så tipper jeg omtrent fem år med de årlige kostnadsreduksjoner vi ser. Da vil vi nå det vi kaller grid parity. Det vil si at solenergi fra eget anlegg vil koste det samme som strøm fra nettet. I dette markedet er jo energiprisen på det høyeste når solstrålingen er sterkest på grunn av behovet

Scatec

- Alf Bjørseth stiftet Scatec for mer enn 20 år siden. Siden har selskapet hans vært utgangspunkt for ulike forretningsinitiativ. Scatec er organisert for å gi ideene et komplett ledelsesteam fra dag én.
- Scatec identifiserte forretningspotensialet og startet PhotoCure som i dag er børsnotert.
- Gjennom Scatec startet Bjørseth industrieventyret Scan-Wafer, ScanCell, ScanModule, SiNor/Sitech og SolEnergy, selskapene som senere ble slått sammen til REC - Renewable Energy Corporation.
- Bjørseth forlot REC og stillingen som administrerende direktør høsten 2005 og bestemte seg for å fortsette utviklingen av nye ideer gjennom Scatec.
- Scatec etablerte NorSun i desember 2005.

for kjøling. Hos oss er det motsatt. Det er om vinteren vi trenger mest strøm. Her i Norge vil det ta veldig lang tid før solenergi blir lønnsomt, om det noen gang blir det.

I dag konkurrerer solceller med termisk solenergi, men selv om det kan være en billigere måte å lage solenergi på i dag, må slike anlegg være store og da bygges de desentrale. Det betyr at de er avhengig av et stort og kostbart fordelingsnett.

Jeg har også stor tro på solceller integrert i bygninger. I motsetning til nesten alle andre former for energiproduksjon tar ikke dette noe plass og energien lages der den skal brukes.

Dere er også engasjert i vindenergi?

–Gjennom selskapet NorWind bygger vi på norske fortrinn for å utnytte vindkraft til havs. Slike anlegg er verken pene eller lydløse og det er bare et par av grunnene til å flytte dem ut i havet. Her ute er vinden også mye mer stabil enn på land og det er enklere å transportere og mulig å bygge større konstruksjoner med større turbiner til havs.

Turbinteknologi er jo et vel etablert område, men innen offshorerektoren i Norge har vi mye kompetanse om fundamentering og forankring til havs. Dessuten har vi mange verft langs kysten som kan dette med å bygge store konstruksjoner. Jeg tror slike konstruksjoner kan utvikle seg til å bli en ny eksportindustri fra Norge omtrent som landbaserte anlegg er blitt for danskene og tyskerne. Bare se på Aker Verdal. De bygger allerede understell til havmøller for det tyske markedet.

ENERGI TURBOTEKNOLOGEN

Thoriumutvalget har nettopp avgitt sin rapport. Er dere fornøyd?

–Så langt jeg har sett er dette en meget positiv rapport for oss. Gjennom majoritetseierskapet i Thor Energy ser vi på hvordan vi kan utnytte thorium som alternativ til uran i fremtidens kjernekraft. Vi gjør nå vår egen og mye mer tekniske studie av mulighetene for thoriumkraft. Utgangspunktet vårt er behovet for klimanøytral energi. Selv om vi ser at både sol- og vindenergi kommer til å vokse veldig hurtig, vil ingen av dem bli en betydelig energikilde før om 30 år. Og for at det skal skje trengs det en del store teknologigjennombrudd, men de tror vi kommer. Med slike tidsrammer er vi nødt til å vurdere alle tenkelige CO₂-frie energikilder.

Kjernekraft peker seg ut som et viktig alternativ. Det viser jo utviklingen på verdensmarkedet, men vi ønsket ikke å arbeide med uran. Selv om dagens reaktorer er veldig sikre, har vi fremdeles et problem med alt avfallet med den lange halveringstiden. Og uran-anlegg produserer jo plutoniumholdig avfall som kan brukes til våpenproduksjon.

Kjernekraft basert på thorium har ikke slike problemer. Det kan til og med redusere mengden plutonium i verden. Dessuten finnes det mye mer thorium enn uran, og forekomstene er i politisk stabile land. Hvis Norge kan bidra til å ta i bruk thorium i større grad til kraftforsyning, har vi gitt et veldig godt bidrag i klimakampen.

Når kan all den nye teknologien erstatte fossilt brennstoff?

–Uansett hvor godt vi lykkes, kommer vi til å være avhengige av fossilt brennstoff. Sikkert i hele dette århundre. Derfor har vi engasjert oss i Sargas som arbeider med CO₂-fangst. Målet er å gjøre prosessen billigere og med høyere virkningsgrad i årene fremover. Kanskje vi burde sett mer på bruken av CO₂ i stedet for vanninjeksjon til økt oljeutvinning her i landet. I USA er det faktisk mangel på CO₂ til dette formålet og gode priser. Og hvis selskapene i Nordsjøen ikke er interessert, så er det mye enklere å transportere CO₂ enn naturgass på skip. Kanskje vi burde se på oljelandene i Midtøsten som et interessant eksportmarked for den problematiske gassen?

Transport står for en stor del av klimautslippene. Hva er løsningen?

–Jeg tror at fremtidens transport i økende grad blir elektrisk. Det har gjort at vi har kjøpt oss inn i Think. Jeg har mistet litt av troen på hydrogensamfunnet. Det har tatt for lang tid, og nå ser vi hvordan interessen for elektriske biler har eksplodert. Det er ikke mange år siden Ford droppet Think, men nå tenker alle elektrisk. Think har et forsprang på alle de store bilprodusentene som nå er i ferd med å våkne opp.

Har vi det som skal til her i landet for å lykkes med ny industri?

–Jeg mener nordmenn har mange gode egenskaper for å lykkes. Vi er mer forandringvillige enn mange andre folk, og vi har gode kunnskaper på områder som er viktige for oss. Det er forresten ikke så viktig å ha akkurat den riktige kunnskapen alltid. Det viktigere er å være åpen for livslang læring.

Politikerne må ta inn over seg behovet for kunnskap og kompetanse. Det er mye snakk, men det skjer for lite. Vi bruker jo mer penger enn de fleste på både helsevesen og utdanning, og da må det være noe feil med organiseringen når vi får så lite igjen. Men det er selvfølgelig ikke bare politikernes feil. Vi må bidra alle sammen. Ikke minst til å øke interessen for realfag og vise ungdom hvilke muligheter som åpnes for dem i næringslivet.

Du har dr. grad i kjemi, er professor II, men klarer du å holde det vitenskaplige ved like i all forretningsutviklingen?

–Jeg holder meg fremdeles oppdatert innen kjemi og jeg er veldig opptatt av nanoteknologi, vitenskapen rundt båndgap i solceller, Schrödingers likning og annen vitenskap som er relevant for det vi arbeider med. Det er ikke alle hovedkontor hvor periodesystemet har fått en så prominent plass på veggen som hos oss.

Og hva med den fysiske formen? spør vi, selv om det er tydelig at energibunten ikke mangler noe her.

–Jeg holder formen ved å løpe tre til fire mil i uka. Jeg jogger 12 km hjem fra kontoret så ofte jeg kan, og jeg har alltid joggesko med meg når jeg reiser. Mottoet mitt er at bekymringer er løselig i svette. Dessuten gir det inspirasjon til nye ideer og bedre søvn.

Men får du noen personlig glede av alt du har bygget opp. Du har tross alt en betydelig formue?

–Det er ikke behovet for forbruk og luksus som er min drivkraft. Jeg drives av skapertrangen og ideene jeg tror på. Jeg spiser korn til frokost og kjører den gamle bilen. Penger er bare et verktøy for å nå målene jeg har satt meg.

Og hvor lenge vil du fortsette? Du passerer jo snart vår offisielle pensjonsalder.

–Lenge. Jeg har ingen planer om å trekke meg tilbake. Men kanskje jeg på sikt må redusere litt på reisingen. Mellom 150 og 200 reisedager blir for mye i det lange løp. Men jeg har mange ideer som skal bearbeides og det teamet vi har bygget opp i Scatec er godt rustet til å ta seg av det. Det kommer nok flere selskaper inn i familien vår i årene fremover.



ENERGI THORIUM

Denne artikkelen er skrevet med tanke på å gi grunnleggende informasjon om kjerneenergiverk som benytter thorium som brennstoff. Målet er at læreren skal forstå de viktigste mulighetene og begrensningene på en slik måte at hun/han kan formidle dette videre. Artikkelen vil ikke diskutere for eller imot kjerneenergiverk, den diskusjonen overlates til andre fora. Det er forfatterens håp at artikkelen vil bidra til at både tilhengere og motstandere av kjerneenergi kan diskutere med utgangspunkt i et tryggere faglig grunnlag og dermed heve debattens kvalitet og verdi.

Hvordan får vi energi fra thorium?

I de 70 årene som er gått siden Lise Meitner i 1938 forstod at atomkjernene kunne dele seg i to – fisjonere – og frem til dagens kjerneenergiindustri som produserer ca 16 % av verdens elektrisitet, har det vært en fantastisk utvikling. I dag finnes det et stort antall kjernereaktorer av en rekke forskjellige typer og årganger. Imidlertid har kjerneenergi (i dagligtale ofte kalt kjernekraft) på grunn av ulykker og frykt for radioaktivitet de siste 20-30 årene vært et ikke-tema. Ikke minst på grunn av CO₂-problematikken og global oppvarming så opplever kjerneenergiindustrien en renessanse etter i flere tiår å ha vært truet av nedbygging og folks frykt for radioaktivitet.

Kjerneenergiindustrien er nå på vei ut av denne ”nukleære middelalder” og en rekke nye og forbedrede reaktorkonsepter er under utvikling og til dels bygging. Samtidig øker tiltroen til sikker bruk av kjerneenergi i de fleste land, også Norge. Dette illustreres ved den omfattende debatten som har vært i Norge siden Egil Lillestøl fra Universitetet i Bergen høsten 2006 foreslo at Norge skulle bygge kjerneenergiverk. Dette energiverket skulle ”brenne” thorium, som Norge har i store mengder, og benytte en såkalt partikkelakselerator for bedre sikkerhet og mindre avfall.

Siden har kommersielle interesseorganisasjoner foreslått å bygge andre typer kjerneenergiverk av mer ”vanlig” type, men fremdeles basert på thorium som brennstoff. Fra debattene som har rast rundt disse forslagene er det helt klart at svært få egentlig forstår de grunnleggende prinsippene for de foreslåtte konseptene, samt hva dette har for konsekvenser for drift, sikkerhet og avfallshåndtering. Det er også klart at det er en grunnleggende mangel på forståelse for hvilke behov en eventuell norsk kjerneenergiindustri vil medføre med hensyn til offentlig og industriell infrastruktur for å overvåke, betjene og sikre en slik satsing. Det er opplagt behov for skolering og da er selvfølgelig skolene et viktig sted å starte – naturfaglærerne må forstå utviklingen innenfor bruk av kjerneenergi godt nok til å gi elevene en basisforståelse for problematikken og aktuelle veivalg. Vi kan kanskje hevde at det er for sent – det er nå vi må ta avgjørelsen – men med tanke på verdens eksplosjonsartede behov for energi i de neste 100 årene så vil dette være en debatt som vil pågå i lang tid.

Energi fra atomkjerner og kjedereaksjoner

Helt grunnleggende for hvordan man får energi fra kjerneenergi- verk er at energien som er lagret i de tyngste atomkjernene kan frigjøres hvis kjernen spaltes i to deler. Vi kaller dette for *fisjon*, og vi sier at kjernen *fisjonerer*. Årsaken til dette er at *nøytronene* og *protonene* som atomkjernen er bygget opp av, med en fellesbetegnelse kaller vi dem kjernepartikler eller *nukleoner*, ikke er bundet sammen like sterkt i alle atomkjerner. I de tyngste kjernenene, som uran og thorium, er nukleonens gjennomsnittelige bindingsenergi litt mindre enn i de mellomtunge kjernene. Spaltes en tung kjerne, dannes to mellomtunge kjerner og i disse

ENERGI THORIUM

fragmentene vil nukleonene bindes sterkere sammen. Resultatet er at forskjellen i bindingsenergi frigjøres som strålings- og bevegelsesenergi, som omdannes til varmeenergi når strålingen absorberes og fragmentene stoppes. Mengden energi som frigjøres per atomkjerne som fisjonerer er betydelig og angis gjerne i energienheten *mega-elektronvolt* (MeV) – ca 200 MeV frigjøres per fisjon. Til sammenligning frigjøres det typisk bare noen få MeV når en atomkjerne desintegrerer ved beta-desintegrasjon (kjernen omdannes til en ny kjerne med samme vekt, men med et annet nøytron-proton forhold). Sammenligner vi med energien som skal til for å bryte en typisk kjemisk binding i et molekyl, så er denne i størrelsesorden noen få elektronvolt (eV), dvs ca 100 millioner ganger så liten. Det er med andre ord enorme mengder energi som frigjøres når en atomkjerne fisjonerer.

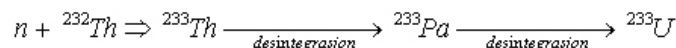
I tillegg til de to fragmentene som dannes når en atomkjerne fisjonerer, så frigjøres det også 2-3 nøytroner. Disse er nøkkelen til å frigi energien lagret i de tyngste atomkjernene: De kan spalte en atomkjerne de støter mot, forutsatt at denne er av korrekt type. Siden det frigjøres mer enn ett nøytron kan vi derfor under gunstige betingelser få en kjedereaksjon som medfører at flere og flere kjerner spaltes per tidsenhet og dermed frigjør mer og mer energi. Det er dette som skjer i en atombombe. I en kjerne-reaktor foregår dette på en mer kontrollert måte: Vi kontrollerer nøye at nøyaktig like mange kjerner spaltes i hver ”generasjon”. På den måten får vi en konstant energiproduksjon.

For å få denne prosessen til å gå, er nøytronenes bevegelsesenergi (fart) viktig. Nøytronene som frigis har forholdsvis høy bevegelsesenergi og egner seg dårlig til å spalte vanlig kjernebrensel, vanligvis uranisotopen ^{235}U . Hvis nøytronene derimot bremses ned til meget lave energier vil de effektivt spalte ^{235}U . Nøytroner med så lav energi kalles gjerne for *termiske* nøytroner, fordi de har like lav bevegelsesenergi som gassmolekyler ved romtemperatur. Med andre ord er sannsynligheten for spaltning av et gitt fissilt materiale en funksjon av nøytronenergien. Nedbremsingen kan gjøres ved å la nøytronene kolliderer med lette atomer som de ikke lett vil reagere med, for eksempel hydrogen (i vann), deuterium (i tungtvann) eller karbon. Nedbremsingsmediet kalles gjerne for en *moderator*. Forskjellige atomkjerner har forskjellig sannsynlighet for å spaltes av nøytroner, og de er avhengig av nøytronets energi på forskjellige måter. For eksempel kan ^{238}U til en viss grad spaltes av høyenerginøytroner, men ikke av termiske nøytroner. Nøytronspekteret, det vil si fordelingen av bevegelsesenergi på reaktorens nøytroner, er derfor meget viktig for å forutsi hvilke reaksjoner som vil finne sted.

Uran er fisjonerbart, thorium er fertilt

I en tradisjonell kjerne-reaktor er det fisjon av uranisotopen ^{235}U som gir energi. Imidlertid er det svært lite av denne isotopen i naturlig uran, bare 0,7 %. Resten er stort sett ^{238}U , som ikke lar seg spalte av termiske nøytroner. Derfor er det nødvendig å foreta en meget kostbar og vanskelig oppkonsentrering av ^{235}U for å få høy nok konsentrasjon til at reaktoren vil gå. Imidlertid kan ^{235}U brukes til å lage kjernevåpen, slik at man normalt ikke anriker uranet til mer enn maksimum 20 %. I vanlige reaktorer anrikes ikke uranet til mer enn 3 %. Med brennstoff av anriket uran kan kjerne-reaktoren startes opp og kjøres direkte, uten andre tiltak enn at de drar ut kontrollstavene (som absorberer nøytroner og dermed hindrer dem i å indusere fisjoner).

Ønsker vi å benytte thorium som brennstoff er situasjonen en annen. Naturlig thorium består utelukkende av nukliden ^{232}Th . Denne lar seg ikke fisjonere. Men den kan omvandles til den fisjonerbare nukliden ^{233}U , dette gjøres ved å sette inn et ekstra nøytron i ^{232}Th :



Som det fremgår av ligningen får vi da ^{233}Th som er meget ustabil og i løpet mindre enn et par timer vil gjøres om til ^{233}Pa . Protactiniumet er litt mer stabilt, men vil likevel gjøres om til ^{233}U i løpet av et par måneder. Thorium omtales av denne grunnen ofte som et *fertilt* materiale – det kan gjøres om til *fissilt* (spaltbart) ^{233}U ved å plassere det et sted hvor det er mange nøytroner. Mange nøytroner finner vi jo nettopp i en kjerne-reaktor, så dette er i utgangspunktet enkelt.

Skal vi benytte thorium som brensel i en vanlig kjerne-reaktor, så er det imidlertid nødvendig å ha en hvis mengde ^{235}U tilstede, eventuelt fissilt plutonium. På grunn av frykten for misbruk til å lage kjernevåpen ønsker vi ikke at sivile thoriumreaktorer skal bruke plutonium og heller ikke rent ^{235}U . Vi må derfor basere en thoriumreaktor på en blanding av anriket uran og thorium. I motsetning til hva som er hevdet i den norske debatten så er dette en teknologi som er utprøvet og fungerer med alle vanlige typer kjerne-reaktorer. Det betyr at det er fullt mulig å brenne thorium i alle slags reaktorer. En grundig og forholdsvis lettlest gjennomgang av dette finnes i en artikkel skrevet av Prof. Mujid S. Kazimi fra MIT¹. I artikkelen fremgår det blant annet at ved å innføre thorium i vanlige reaktorer kan vi redusere mengden av

¹ American Scientists, bind 91, nummer 5, side 408, DOI: 10.1511/2003.5.408, www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/25710/page/1

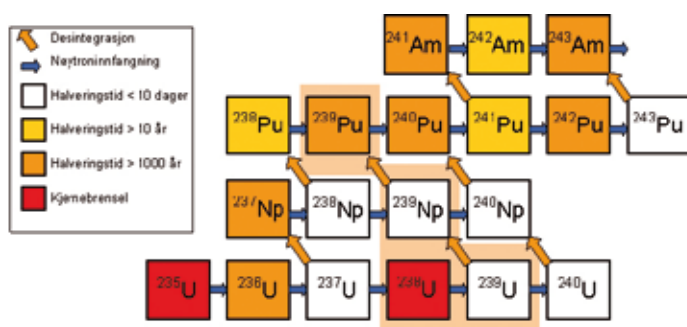
ENERGI THORIUM

avfallsprodukter tyngre enn uran med en faktor 4-5, noe som er en betydelig forbedring. Dette er kostnadsbesparende, men det er uvisst om den økte kompleksiteten i tillaging og håndtering av brenselstaver oppveier den økonomiske gevinsten eller ikke. Uansett er det jo svært attraktivt med en reduksjon av det farligste avfallet!

Transuraner i avfallet er farligst

I konkurranse med fisjon av kjernebrenselet vil vi alltid ha såkalt nøytroninnfangning (slik fertilt ^{232}Th ble gjort om til ^{233}Th på). Nøytroninnfangning medfører tap av nøytroner som ellers kunne ha spaltet fissile kjerner. Dette reduserer reaktorens evne til å produsere energi. Minst like problematisk er det at mange av produktene fra nøytroninnfangning lager meget problematisk avfall. Som det fremgår av figur 1 så er nøytroninnfangning i ^{238}U , som utgjør minst 80 % av uranet i en kommersiell reaktor, hovedårsaken til dette problemet: ^{238}U uran gjøres om til ^{239}U ved innfangning av et nøytron, ^{239}U desintegrerer til ^{239}Np i løpet av noen timer og vil innen en uke desintegrere til ^{239}Pu . ^{239}Pu har 24.000 års halveringstid og vil hope seg opp. Dette er problematisk fordi det er nettopp denne isotopen av plutonium som benyttes i kjernevåpen. Videre, som det fremgår av figuren, så vil nøytroninnfangning i ^{239}Pu medføre at enda tyngre nuklider dannes. Dette fører tilslutt til at betydelige mengder langlivede transuraner (grunnstoff tyngre enn uran) dannes. Disse sender ut alfastråling, som er den farligste formen for radioaktive stråling, og de har meget lange levetider. Enhver reduksjon i mengden transuraner i avfallet er derfor sterkt ønskelig.

I en vanlig kjernereaktor vil det lages omtrent ett gram ^{239}Pu per dag hvis reaktoreffekten er 1 MW. En typisk reaktor kjøres med



Nøytroninnfangning i uran (spesielt ^{238}U) medfører at store mengder transuraner dannes. Transuranene med lange halveringstider (oransje farge) utgjør den farligste delen av brukt kjernebrennstoff. Merk hvordan våpenplutonium, ^{239}Pu , lages i store mengder fra ^{238}U .

en effekt på 3000 MW. Den vil produsere omtrent 3 kg plutonium per dag eller omtrent et tonn per år. Når en brenselstav er utbrent, det vil si at den inneholder for lite fissilt materiale til å kunne brukes videre, vil den inneholde omtrent 1 % plutonium.

Benyttes thorium som brennstoff, vil produksjonen av plutonium være betydelig mindre fordi det ikke er ^{238}U som lager plutonium. Mengden plutonium som lages fra nøytroninnfangning i ^{232}Th er vesentlig mindre (omtrent en tolvhundredel) enn det som lages i et vanlig urandrevet energiverk. En større andel av plutoniet vil dessuten bestå av ^{238}Pu , noe som gjør strålingsintensiteten fra det samlede plutoniet meget høy, så høy at det vil være store problemer å håndtere slikt materiale for å fremstille en bombe. Klarer man likevel å isolere plutoniet og sette sammen en bombe, vil varmeenergien fra desintegrasjonen av ^{238}Pu være så høy at bomben sannsynligvis vil gå i stykker lenge før den kan detoneres. Med andre ord er det praktisk umulig å lage en plutoniumsbombe fra brukt thoriumbrensel.

Imidlertid kan ikke thorium benyttes direkte i en kjernereaktor. Selv om brenning av ^{233}U fra fertilt ^{232}Th gir betydelig mindre transuranavfall og er uegnet til å fremstille bombemateriale, må det blandes med en betydelig mengde direkte fisjonerbart materiale. Ideelt sett kunne dette vært høyanriket ^{235}U eller ^{239}Pu , men siden dette kan benyttes direkte til å lage kjernevåpen, er det uheldig fra et sikkerhetsperspektiv. Vi må derfor blande ^{232}Th med lavanrikt uran. Det produseres tilsvarende store mengder transuranavfall. Som nevnt tidligere vil likevel brenselstaver som består av en blanding av thorium og lavanrikt uran gi en avfallsreduksjon på ca 75-80 %. Reaktorene Alf Bjørseths Thor Energy foreslår å bygge utenfor Porsgrunn, er av en slik type.

Skal vi utnytte potensialet som brenning av thorium gir med hensyn til betydelig avfallsreduksjon, må vi skaffe nøytroner fra en annen kilde enn ^{238}U -holdig uran. Dette er tanken bak det såkalte akseleratordrevne kjerneenergiverket som Egil Lillestøl har foreslått at Norge skal være med å utvikle. Det er viktig å ikke blande sammen disse to thoriumbaserte kjerneenergikonseptene, da det er betydelig forskjeller, både i driftsmåte og utviklingsstadium. Blandinger av thorium og uran i brensel-elementene til forskjellige typer kommersielle kjerneenergiverk er relativt omfattende utprøvd og vil kunne utnyttes på kommersiell basis i løpet av forholdsvis kort tid. Akseleratorkonseptet er imidlertid ukjent terreng i langt større grad og vil kreve mange års forskning og utvikling før det kan kommersialiseres. Thor Energy foreslår å bygge kommersielle kjerneenergiverk, mens Egil Lillestøl foreslår å bygge en prototyp av en helt ny kjerne-

ENERGI THORIUM

energiverktype som aldri tidligere har vært bygget i full skala. Forskjellen er betydelig!

I det følgende vil de viktigste forutsetningen og komponentene i et akseleratordrevet kjerneenergiverk forklares. På engelsk betegnes et slikt anlegg ofte som et *Accelerator Driven System* og forkortes ADS.

Høyenergiprotoner lager nøytroner

En enkel, men effektiv måte å spalte en fissil atomkjerne på, er som beskrevet tidligere å sende inn et nøytron med meget lav bevegelsesenergi. Nøytroner er imidlertid vanskelig å fremskaffe – de kan bare lages i kjernereaksjoner som krever spesiell kompetanse og utstyr. I teorien skulle vi kunne oppnå samme effekt ved å bruke den andre byggeklossen i atomkjernen, protonet. Det lar seg imidlertid ikke gjøre fordi protonet er positivt ladet, noe som medfører en voldsom frastøtning mellom protonet og kjernen man prøver å dytte protonet inn i – kjernen er jo også positivt ladet. Dette er synd, fordi protoner er enkle å fremskaffe – alt som skal til er å fjerne elektronet fra en hydrogenkjerne. Dette gjøres i et hvilket som helst kjemilaboratorium når vi arbeider med syrer, som spalter av H⁺-ioner. Skal vi få et proton inn i en atomkjerne, må vi imidlertid skyte dem inn med stor nok energi til å overvinne frastøtningen fra den positivt ladede kjernen. Dette er mulig, men medfører at sannsynligheten for å spalte atomkjernen reduseres drastisk.

Et vanlig kjerneenergiverk baserer seg derfor på nøytronene som frigjøres i fisjonsprosessen – de er jo på en måte gratis og i overflod. For å få til en selvgående prosess må vi imidlertid kjøre reaktoren under kritiske betingelser. Det vil si at vi fjerner akkurat nok nøytroner til at en konstant mengde kjerner spaltes per tid. Mister vi kontrollen med nøytronene er det fare for at reaktoren løper løpsk og spaltningshastigheten kommer ut av kontroll. Dette medfører at reaktoren overopphetes og smelter. Den resulterende varmeenergien og trykkoppbyggingen kan ødelegge reaktorinnkapsling (hvis den er dårlig bygget) og vi får utslipp av store mengder radioaktivt materiale. Hvor galt det kan gå, ble tydelig demonstrert i den ulykksalige hendelsen i Tsjernobyl.

Det finnes imidlertid en annen måte å lage store mengder nøytroner på: Skyter vi protoner med meget høy energi inn i en tunge atomkjerne, vil protonene nærmest knuse kjernene. Resultatet er at det ”spruter” nøytroner og protoner ut av materialet som beskytes. Kjernefysikerne kaller gjerne materialet som beskytes for et *target*, som er det engelske ordet for målskive. Ordet stammer imidlertid fra norrønt og var navnet for *skjold*. Vi føler derfor at

vi har lov til å bruke ordet ”target” på norsk også! Prosessen med å knuse atomkjerner med høyenergiprotoner er relativt komplisert og kalles på fagspråket for *spalasjon*.

På grunn av sin ladning vil ikke protonene gå veldig langt i et tykt target. De bremses raskt opp av vekselvirkningen med elektronene i materialet. Det er derfor i hovedsak nøytronene som kommer ut av targetet slik som vist i figur 2. Vi har derfor et alternativ til fisjonsnøytroner, men det krever en intens protonstråle med meget høy energi, for eksempel 1000 MeV per proton. 1000 MeV protonstråler er rutinemessig tilgjengelig i kjernefysikklaboratorier verden over, men ikke med intensiteter høye nok til å drive et kjerneenergiverk som på kommersiell basis skal levere elektrisk energi. Kravene til driftsikkerhet, vedlikehold og stabilitet er også svært forskjellig fra det som er normen ved et forskningsanlegg.

Partikkelakselerator

For formålet som behandles her finnes det i hovedsak to typer ”partikkelkanoner”. Forskerne kaller det for *partikkelakseleratorer*, fordi de øker energien til en partikkel fra omtrent null til voldsomme energier i løpet av noen brøkdeler av et sekund. Med andre ord – partikkelens *akselereres* til svært høye hastigheter. Felles for begge typer er at de baserer seg på at positivt ladede protoner vil akselereres mot et negativt ladet felt. Flytter vi feltet slik at det alltid ligger like foran partikkelen kan vi derfor trekke partikkelen etter feltet i stadig større hastigheter. Vi kan enten gjøre dette i et langt rør der partikkelen starter i den ene enden og kommer ut i andre enden med høy energi, eller vi kan bruke et magnetfelt til å tvinge partikkelen til å gå i en sirkelbane med stadig høyere hastighet for hver omdreining. I sistnevnte tilfelle vil sirkelbanens radius være en funksjon av partikkelens energi. Høyenergipartiklene ligger derfor ytterst og vi kan ”tappe” disse fra kanten av maskinen, se figur 2. Den første type maskin kalles for en *lineærakselerator* og den siste for en *syklotron*. Hvilken maskin som egner seg best er et åpent spørsmål og vil være avhengig av hva slags type anlegg som lages. Syklotronen høres kanskje mest komplisert ut, men er i praksis det enkleste instrumentet.

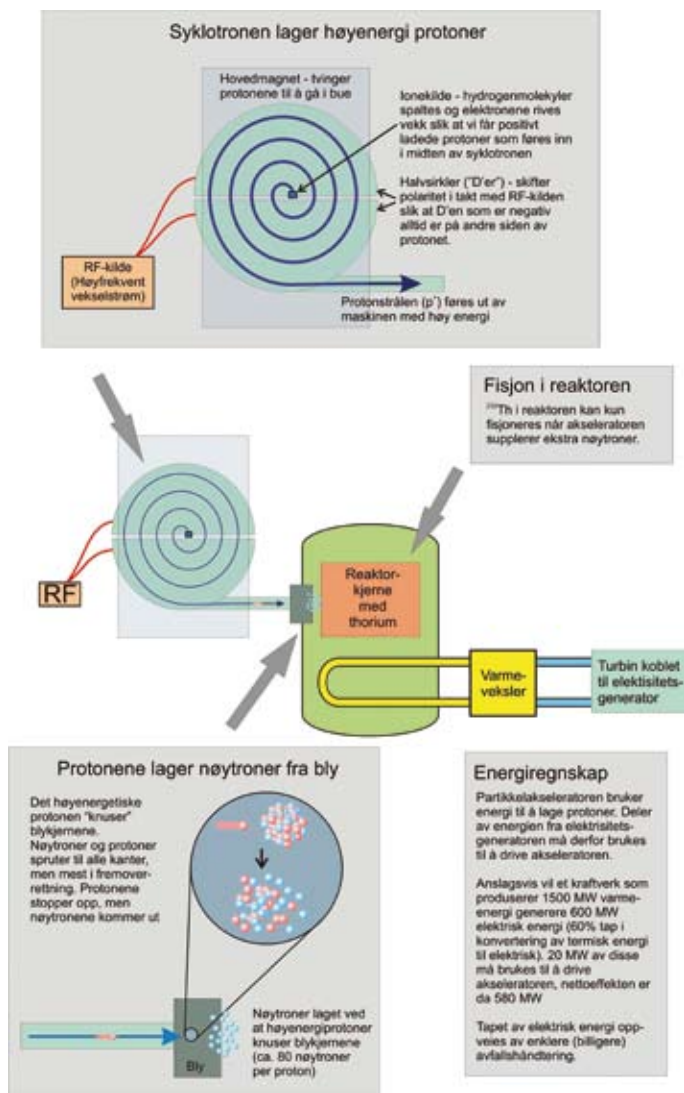
Akseleratordrevet kjerneenergiverk

Setter vi sammen en partikkelakselerator, et target av et tungt metall, for eksempel bly eller wolfram, og en kjernereaktor så har vi komponentene i et akseleratordrevet kjerneenergiverk slik som foreslått av Egil Lillestøl fra Universitetet i Bergen. Dette er nødvendigvis et mer komplisert anlegg enn en ”vanlig” thoriumreaktor og er aldri utprøvd i full skala. Det er imidlertid gjort

ENERGI THORIUM

et betydelig antall forsøk og utviklingsarbeider for å fremskaffe grunnlagsdata til å sette sammen et slikt anlegg. Konseptet ble opprinnelig utviklet i USA (og senere Japan) for å bygge anlegg som kunne bryte ned det radioaktive avfallet fra kjerneenergi-industrien. Tanken var at med tiden ville konseptet kunne utvikles

til et selvstendig energiverk som destruerte sitt eget avfall. Denne løsningen ble beregnet å være billigere enn å på permanent basis deponere avfallet i stabile geologiske formasjoner. Senere ble ideen tatt opp av Carlos Rubbia, nobelprisvinner og tidligere direktør på forskningslaboratoriet CERN. Han og medarbeidere utviklet sitt eget konsept – Energy Amplifier – så langt de kunne med CERNs omfattende partikkelakseleratorer og laboratorier. Utviklingsarbeidet er kommet så langt at neste skritt er å bygge et prototypenanlegg for å prøve ut konseptet i full skala, som er nøyaktig det Lillestøl har foreslått. Bakgrunnen for hans forslag er at Norge har en av verdens største forekomster av thorium, har stor erfaring i å bygge meget krevende industrielle installasjoner (petroleumsindustrien osv) med tilhørende dyktige ingeniører og at vi fra før av ikke har noen kjerneenergiindustri. Det siste er et poeng siden den tradisjonelle kjerneenergiindustrien har omfattende prosjekter på gang i å bygge neste generasjons kjerneenergiwerk (såkalte fjerde generasjonsenergiwerk) og derfor har lite "frie" midler å kanalisere inn i et nytt konsept.



Skisse av komponentene i et akseleratordrevet energiverk med prinsippforklaring til akseleratoren og den eksterne nøytronkilden (spalasjonstargetet).

I tillegg til å mer effektivt kunne brenne thorium enn et vanlig energiverk så har det akseleratordrevne energiverket en viktig psykologisk faktor: Siden vi har en ekstern nøytronkilde, behøver vi ikke kjøre reaktoren under kritiske betingelser. Det er derfor ingen fare for at spaltningsprosessen kommer ut av kontroll slik at vi får en kjernenedsmelting. Siden vi har bedre kontroll med nøytronene, kan vi dessuten i mye større grad destruere avfallet som produseres.

Konklusjon

I denne artikkelen er det pekt på mange av fordelene ved å benytte thorium som kjernebrensel istedenfor uran. Videre er det klarlagt at "thoriumenergiwerk" ikke er noen entydig betegnelse – det er betydelig forskjellig på å blande inn thorium i brenselet til en vanlig kjerneraktor og å bygge et akseleratordrevet kjerneenergiwerk. Det er selvfølgelig også ulemper, men disse er først og fremst av teknologisk og økonomisk art. Hovedkonklusjonen om at å bruke thorium som kjernebrensel gir mindre farlig avfall, berøres ikke av dette. Videre er det klart at akseleratordrevne energiverk har fortrinn fremfor vanlig energiverk – de kjøres med sub-kritiske mengder brennstoff, noe som selvfølgelig ikke er mulig for et vanlig energiverk, og de produseres vesentlig mindre avfall, siden de i første rekke ikke produserer så mye avfall og dessuten i større grad er i stand til å destruere det som blir laget. Det er imidlertid helt klart at et akseleratordrevet anlegg er betydelig mer komplekst og at det fremdeles gjenstår mange år med utvikling og utprøving for konseptet kan kommersialiseres.



Aktiviteten finner du på naturfag.no

Tekst og foto: Bjørn Vidnes
Naturfagsenteret

ENERGI FOTOSYNTESEFORSØK

En kvantitativ måling av fotosyntese – som fungerer!

I de fleste økosystemer er levende organismer avhengig av energi fra sola. Energien blir tilgjengelig via fotosyntese hos produsentleddet i næringskjedene. I akvatiske miljøer er planktonalger svært viktige og står for en betydelig del av den årlige primærproduksjonen.

Mange har nok opplevd problemer ved gjennomføring av kvantitative fotosynteseforsøk. Forsøkene er ofte vanskelig å kontrollere, og det er vanskelig å få gjort nøyaktige nok målinger. SAPS (Science And Plants for Schools) i England har utviklet et forsøk som benytter grønnalgen *Scenedesmus quadricauda* støpt inn i kalsiumalginat. I tillegg til å belyse faglige aspekter rundt temaet, gir metoden gode muligheter for å jobbe med praktisk arbeid på en måte som dekker flere av kompetansemålene i "den unge biologen" i læreplanen for biologi 2.

Forsøket krever litt planlegging og forarbeid fra læreren. Til gjengjeld får vi et forsøksoppsett som er engasjerende for elevene og raskt gir pålitelige og gode resultater. SAPS selger et sett som inneholder algekultur, næringsmedium, natriumalginat, indikator, lysfiltre og glass til prøvene. I tillegg trengs en klar plastflaske, akvarieluftpumpe, noen tesiler, plastskjeer, en lyskilde og noe vanlig laboratorieutstyr.

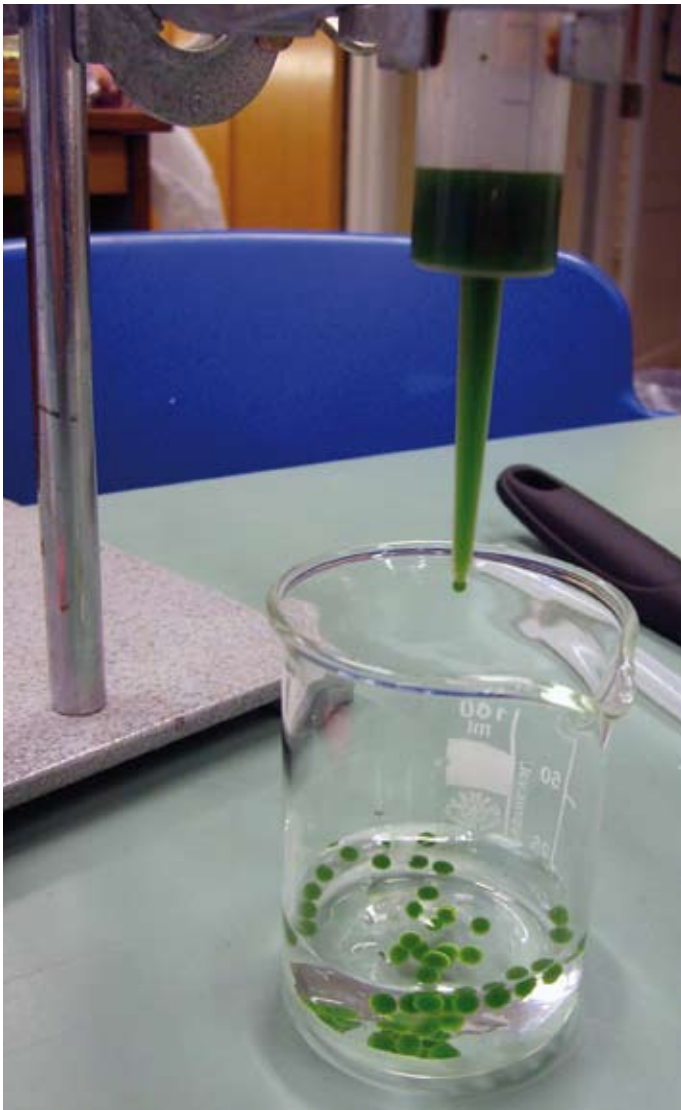
Dyrking av alger

30 mL algekultur (*Scenedesmus quadricauda*) må kjøpes og oppformes i 3-4 uker. Da er det alger nok til 15 elevgrupper.

Algekulturen dyrkes i plastflasker.



ENERGI FOTOSYNTSEFORSØK



Algeballene dannes i en kalsiumkloridløsning.

Støping av algeballer

Elevene støper sine egne algeballer i løpet av noen minutter. Algekonsentratet blandes med flytende natriumalginat og dryppes ned i kalsiumklorid. Dette gjør at alginatet stivner med algene inni. Etter en kort vaskeprosedyre kan algeballene brukes i fotosynteseforsøk.

Fotosynteseaktivitet

I fotosynteseforsøkene plasseres algeballene i små bijot-flasker med en hydrogenkarbonatindikator. Indikatoren har en gradvis fargeendring fra gul til kraftig lilla i det aktuelle pH-området. Når fotosynteseaktiviteten i algene overskrider respirasjonen skjer det et netto opptak av CO_2 . Da øker pH i løsningen og den blir mer lilla. Ved netto respirasjon skilles det ut CO_2 , pH avtar og løsningen blir gulere.

Vi kan få kvalitative resultater ved at vi sammenligner fargene i de ulike prøveglassene. Eller vi kan få kvantitative resultater ved å sammenligne fargene i prøveglassene med en standard bufferløsning med indikator. Vi kan få enda mer nøyaktige målinger ved å måle absorpsjonen i indikatoren ved 550 nm i et kolorimeter. Ved utprøving er det funnet en lineær sammenheng mellom absorbans og pH i indikatorløsningen ved denne bølglengden.

Lyskilde

Et kritisk punkt i gjennomføringen av fotosynteseforsøket er valg av lyskilde. Glødelamper med effekt over 40 W er brukbare, men de kan gi temperaturøkning i prøveglassene. Dette kan kontrolleres ved å plassere et gjennomsiktig kar med vann mellom lyskilden og vannprøvene. Jeg har oppnådd de beste resultatene ved å plassere glassene på overhead-prosjektøren. Den har kraftig lys, men det er liten varmeutvikling på glassplaten.

Forsøksoppsett

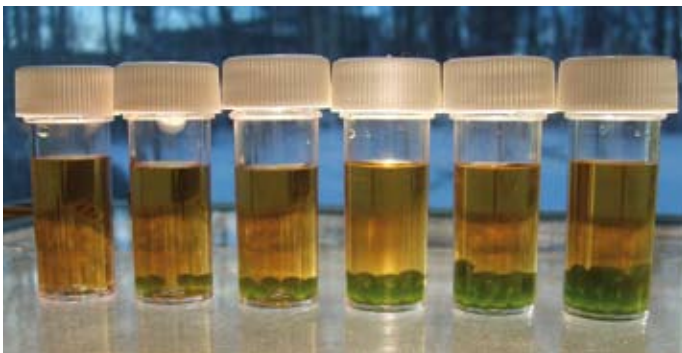
I settet fra SAPS er det filtre som gjør det enkelt å måle effekten av varierende lysintensitet eller ulike lysfarger. Lyseksposering i 45–60 minutter er tilstrekkelig for å få tydelige resultater. I tillegg kan vi variere mengde fotosyntetiserende materiale, enten ved å endre antallet algeballer eller ved å ha forskjellige konsentrasjoner på algene som blir støpt inn i alginatet. Elevene kan også utfordres til å planlegge og gjennomføre forsøk for å undersøke effekten av temperatur på en kontrollert måte.

Planlegge og gjennomføre undersøkelser

Det første fotosynteseforsøket med bruk av algeballer kan med fordel styres stramt av læreren, for eksempel når vi undersøker effekten av lysintensiteten. Deretter kan elevene selv stille spørsmål, lage hypoteser og planlegge forsøk der de benytter teknikken til å undersøke en annen faktors betydning for fotosyntesen. Metoden er så rask og lite arbeidskrevende at elevene kan få et stort datamateriale for å kunne belyse gjennomsnitt og spredning i målinger. Det gir et godt grunnlag for en diskusjon rundt feilkilder og målesikkerhet.

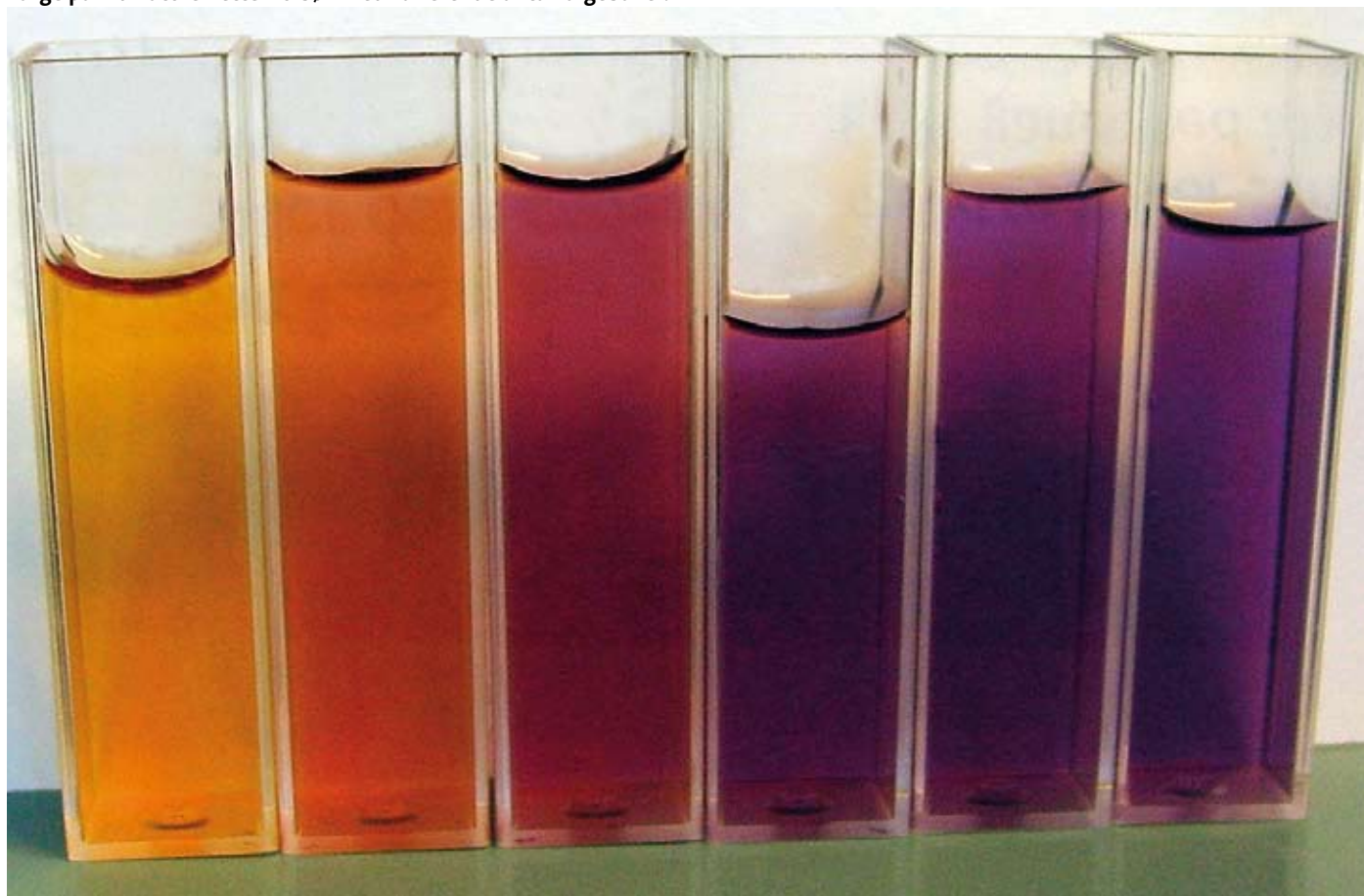


ENERGI FOTOSYNTSEFORSØK



En forsøksserie med variasjon i antall algeballer.

Farge på indikatoren etter forsøk med varierende antall algeballer.



Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Biologi 2

Den unge biologen

- planleggje og gjennomføre undersøkingar i laboratorium frå alle hovudområda, rapportere frå arbeida med og utan digitale verktøy og peike på feilkjelder i undersøkingane

Energiomsättning

- forklare korleis lysenergi kan overførast til kjemisk bunden energi i fotosyntesen, og korleis energien blir brukt til å produsere glukose
- gjere greie for korleis ytre faktorar verkar inn på fotosyntesen

ANIMASJONER OM FOTOSYNTESE

Animasjoner om fotosyntese

Fotosyntese: Innledning ↔ Embed / Url

Fotosyntesen

Plantene omdanner lysenergi til kjemisk energi. Denne prosessen kalles fotosyntese og reaksjonsligningen er:

$$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$$

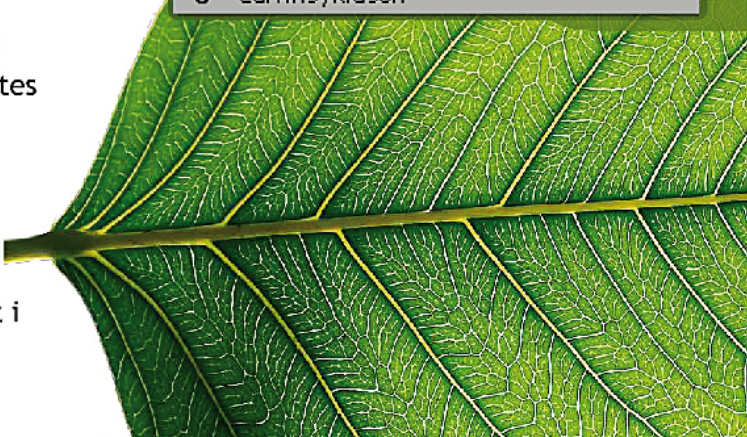
Fotosyntesen er en todelt prosess:

I lysreaksjonen blir solenergi bundet som kjemisk energi i ATP og NADPH. H_2O spaltes og O_2 blir dannet.

I Calvinsyklusen (syntesedelen) blir CO_2 fiksert og gjennom flere reaksjoner blir glukose dannet. Dette skjer ved hjelp av energi fra ATP og NADPH som blir dannet i lysreaksjonen.

SIDEOVERSIKT

- 1 Innledning
- 2 Oversikt
- 3 Kloroplast
- 4 Lysreaksjonen
- 5 ATP syntase
- 6 Calvinsyklusen



VITEN Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding Nasjonalt senter for naturfag i opplæringen

ANIMASJONER OM FOTOSYNTESE

Naturfagsenteret og Skolelaboratoriet for biologi ved UiO har laget et Viten-objekt med animasjoner og interaktive oppgaver om fotosyntesen. Her er fokuset på kloroplast, lysreaksjonen, ATP syntase og Calvinsyklusen.

Animasjonene er laget for Biologi 2 (3 BI), og elevene vil ha best utbytte av animasjonene etter å ha jobbet teoretisk og praktisk med stoffet.

Fotosyntese: Lysreaksjonen Embed / Url

Stroma

FS 2

H_2O

e^-

Elektron-transportkjede

FS 1

Elektron-transportkjede

NADP⁺

H^+

H^+

H^+

H^+

ATP syntase

ADP

P

Lumen

Tylakoide-membran

Lysreaksjonen

I lysreaksjonen blir lysenergi brukt til å omdanne ADP til ATP og redusere NADP⁺ til NADPH + H⁺. H₂O blir spaltet og O₂ dannet. Animasjonen viser kun et elektron om gangen. I virkeligheten skjer dette kontinuerlig.

VITEN

Om ressursen Om rettigheter Gi tilbakemelding Nasjonalt senter for naturfag i opplæringen

1
2
3
4
5
6

ENERGI TERMOSFORSØK



Med varme tanker

Elevene på 5.trinn ved Jansløkka skole i Asker ble forelagt en åpen oppgave: "Lag en termos!". Selv om oppgaven var åpen, fikk de klare kriterier i oppgaveteksten.

Tanker om varme

Tanken bak oppgaven var å utfordre elevene til å bruke kreativitet, ideer og tanker kombinert med kunnskaper de hadde fra før om varme og isolering. Gjennom testing av termosene skulle de undersøke om egne hypoteser stemte. Målet var å teste termosene i praksis, fordi de senere skulle brukes på tur. Alle ville jo helst ha varm drikke på tur om vinteren!

Innledende samtaler

I forkant snakket vi om hva som gjør at vi selv holder oss varme når vi er ute i kulda. Hvordan holder dyra seg varme? Hva gjør vi for å holde maten varm? Hvilke materialer kjenner elevene til som leder varme og hvilke isolerer? Læreren bør vokte seg for å

fortelle så mye at det styrer valg av materialer og fremgangsmåte i eksperimentet i særlig grad. Vi bør oppfordre elevene til å snakke sammen og diskutere valg seg i mellom og med foreldrene.

I vårt opplegg kunne elevene velge å jobbe alene eller to eller tre sammen. De fleste elevene valgte å jobbe sammen med andre. De skulle lage en skriftlig rapport om hvilke materialer de hadde brukt og hva de hadde tenkt. Det viste seg å bli store variasjoner i hvilke materialer de valgte til termosene og hvordan de utformet dem.

Plastflasker

For å få informasjon om plastflasker kan brukes til varm drikke, kontaktet jeg Coca-Cola company. Kan plasten i flaskene avgi uheldige stoffer til den varme drikken? Deres svar var at flaskene bare skulle brukes til Coca-Colas egne drikkevarer. Jeg tenkte at det måtte være greit å bruke flaskene én gang som termos, så elevene og jeg bestemte at plastflasker skulle danne utgangspunkt for engangstermoser beregnet på tur.

Termoser og testing

Elevene laget termoser av både kjente og ukjente isolasjonsmaterialer. Noen foreldre hadde antakelig blitt involvert i prosessen. Det var spennende at noen hadde skjult en halvlitersflaske inni en 1½ litersflaske med "mystiske lag" mellom de to flaskene.

Vannet ble kokt i klasserommet, og det hadde en temperatur på 97 °C da det ble helt over på termosene. Elevene målte temperaturene med glasstermometre. I forkant av testingen hadde elevene ulike meninger om hvilke termoser som var best. Etter at de hadde foretatt den første målingen, ble flere elever inspirert til å videreutvikle sine termoser, og det dukket opp nye termoser for neste måling.



ENERGI TERMOSFORSØK



Den neste målingen av temperaturen ble foretatt 1 time og 20 minutter etter at vannet ble helt på termosene. Spenningen var stor! Temperaturen på vannet varierte nå mellom 48 og 57 °C, og det var lett å se at materialer og utforming ga utslag på isoleringsevnen. Elevene gjorde flere målinger over ulike tidsrom. Den siste målingen ble foretatt på en termos der vannet hadde stått natten over.

Kalde drikker

Etter at termosene var isolert og målingene utført kom vi fram til at det er flere måter å bruke en termos på. Enkelte tider av året vil vi heller holde drikken kald enn varm, så på varme dager er også termosen kjekk å ha. Elevene pleier å legge en flaske med saft i fryseren dagen før en varm stranddag, og dersom saften fryses i en termos som tåler dette, skulle vi tro at temperaturen ville holde seg lav i lengre tid.



Vi testet termosene for deres evne til å holde lav temperatur også. Ved først å fryse dem ned over natten med en bestemt mengde vann i og deretter la dem stå en tid i romtemperatur, kunne vi måle hvor mye vann som hadde smeltet. Vi kom fram

til at evnen til å holde lav temperatur samsvarte med evnen til å holde høy temperatur. De termosene som best holdt varm drikke varm, var også de som best holdt kald drikke kald.

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Barnetrinn 3-4

Forskerspiren

- bruke enkle måleinstrumenter til undersøkelser

Barnetrinn 5-7

Forskerspiren

- formulere spørsmål om noe han eller hun lurer på, lage en plan for å undersøke en selvformulert hypotese, gjennomføre undersøkelsen og samtale om resultatet

Fenomener og stoffer

- beskrive sentrale egenskaper ved gasser, væsker, faste stoffer og faseoverganger ved hjelp av partikkelmodellen



til at evnen til å holde lav temperatur samsvarte med evnen til å holde høy temperatur. De termosene som best holdt varm drikke varm, var også de som best holdt kald drikke kald.

Faseoverganger

I denne sammenhengen var det naturlig å prate om faseoverganger. Hvor mye vann kunne vi helle på termosene når vannet skulle fryses ned? Hvorfor kunne de ikke fylles helt fulle? Hvordan ser det ut inni termosene når vannet holder på å fryse?

Presentasjon

Ulike målinger med ulike resultater åpnet for at resultatene kunne bearbejdes i tabeller, kurver diagrammer. Ved å ta i bruk digitale hjelpemidler kunne også digital kompetanse utvikles.

ENERGI ENERGIKURS

Med kvernkall på laget

En sensommerdag i fjor gikk jeg langs Sems-vannet i Asker. Der traff jeg Knut Solberg. Han rigget opp en hjemmelaget kvernkall med tilhørende lypærer som fikk liv når fossen og Knuts kvernkall spilte på lag. Knut Solberg er ingeniør og tidligere ansatt i Hydro og med tusen jern i ilden.

Besøk i klassen

Mine elever på 6. trinn ved Jansløkka skole skulle lære om energi samme høst. Derfor spurte jeg pent om en avtale med Knut og kvernkallen hans i fossen, og han var ikke vond å be. Det resulterte i første omgang i at elevene mine fikk oppleve energiproduksjon i praksis. De fikk høre fossen som bruste, kjenne lufttrykket fra vannet som falt og fikk se at lypærene lyste når vannet traff kvernkallen. Herlig!

Vi hadde besøk av Aftenposten denne dagen, og de omtalte kvernkalloppvisningen i forbindelse med en kommentar til PI-SA-resultatene som var rett rundt hjørnet. Anne Thidemann fra Energibedriftenes landsforbund (EBL) leste artikkelen og tente umiddelbart. Hun husket hvordan de lekte med kvernkaller i hennes barndom i Trøndelag. Vannkraft er spesielt for Norge. Den har vært og er en basis for vårt levesett og vår industri. EBL tok derfor initiativ til å utvikle Knuts kvernkall til noe flere kunne ha glede av. Det ble satt i gang arbeid med kurs for lærere. EBL ønsket å gi faglig påfyll til lærere som skal undervise i temaet energi og gi ekstra motivasjon og inspirasjon til å gjøre undervisningen spennende.

Kurs over to dager

Samarbeidet mellom Knut Solberg, EBL og undertegnede resulterte i et kursopplegg om energi. Et kompetansemål etter 7. trinn innenfor hovedområdet fenomener og stoffer er å gjøre greie for bruk av noen energikilder før og nå og beskrive konsekvenser for miljøet lokalt og globalt. Vårt todagers kursopplegg med foredrag og aktiviteter hører under dette målet. Første dagen bygger kursdeltakerne en modell av en kvernkall som Knut Solberg har designet. Kvernkallen får de med seg tilbake til skolen etter kur-



Kvernkallmodellen som blir bygget på kurset.

set. Den kan demonteres og bygges opp igjen gang på gang. Slik kan elevene være med på byggingen, for så å prøve den ute i en bekk eller foss. Andre kursdag består av et besøk på Rånåsfoss kraftverk.

Kurset er gratis takket være økonomisk støtte fra noen av EBLs medlemsbedrifter. At det private næringsliv støtter lærerkurs kommer senere elevene til gode. EBL ønsker å vekke de unges interesse for energi og miljø. Om noen år velger de kanskje realfag som programfag. Økt rekruttering til disse fagene er det stort behov for i Norge.

Meld deg på kurset!

Tid: Kurset starter 4. juni kl. 10.00 og avsluttes 5. juni kl. 15.00

Sted: Hurdal Hotell (ca. 30 minutter fra Gardermoen)

Kostnader: Ingen kursavgift. Arrangøren (EBL) og medlemsbedrifter dekker overnatting, mat og organiserte aktiviteter. Reiseutgifter og evt. vikarutgifter må dekkes av hver enkelt.

Frist for påmelding: 18. april, men prinsippet om "først til mølla" gjelder..

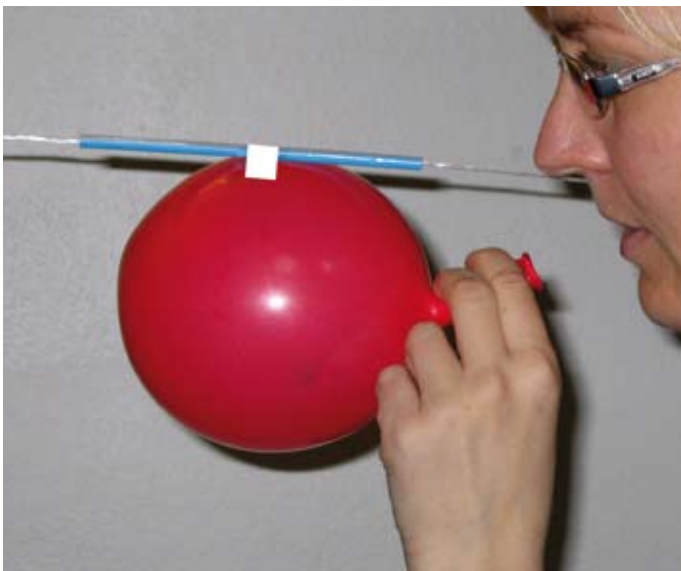
Påmelding til: Anne Thidemann, EBL - at@ebl.no.

Oppgi navn, adresse, skole, e-postadresse og mobilnummer.



Ballongraketten

Her er en oppskrift på hvordan du kan lage en rakett av en ballong.



Materialer og utstyr

- ballong
- sugerør
- teip
- hyssing
- saks



Fest en ende av hyssingen høyt oppe i et hjørne av rommet. Sett deg ned i det motsatt hjørnet. Klipp vekk den bøyelige delen av sugerøret. Blås ballongen litt opp sånn at du med en teipbit kan feste den omtrent midt under sugerøret. Pass på at åpningen peker langs sugerøret. Trø sugerøret inn på hyssingen med ballongåpningen bakover. Blås mye luft inn i ballongen. Hold hyssingen stram. Slipp ballongen.

Faglig forklaring

Den luften som blir blåst ut bakover, skyver ballongen forover.

Kommentarer/praktiske tips

I raketter blir framdriften laget på samme måte som i denne ballongraketten. Noe blir skutt ut bakover og da går raketten forover. Jetfly virker på liknende vis. De tar luft inn foran, og skyver luften ut igjen med mye større fart bakover. Da skyver denne luften jetflyet forover.

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Barnetrinn 1-2

Teknologi og design

- lage gjenstander som kan bevege seg ved hjelp av vann eller luft og fortelle om det de har laget

Barnetrinn 3-4

Forskerspiren

- bruke naturfaglige begreper til å beskrive og presentere egne observasjoner på ulike måter

Fenomener og stoffer

- gjøre forsøk med luft og lyd og beskrive observasjonene



ENERGI SOLCELLEBIL

Før du går i gang med solcellebilen, bør du lese artikkelen "Grunnkurs –solceller":
www.plu.ntnu.no/skolelab/web_pub/solceller_grunnkurs.pdf
En annen aktuell aktivitet er "Lag en solcelle":
www.plu.ntnu.no/skolelab/web_pub/solceller_solcellesikke.pdf

Bygg en solcellebil

I denne artikkelen skal vi lage en solcelle drevet modellbil. Vi velger å bygge opp bilen fra grunnen av ved hjelp av papp, plasthjul, tannhjul og en liten motor i tillegg til solceller.

Problemstilling

Bygg en solcelledrevet modellbil som kan tilbakelegge en strekning på 5 meter på kortest mulig tid, drevet av sollys eller kraftige byggglamper (500 W).

Innledende undersøkelser

Innledningsvis må følgende valg gjøres:

- Valg av motor
- Valg av effekt
- Valg av spenning
- Optimale dimensjoner på bilen

Noen innledende betraktninger

Valg av motor

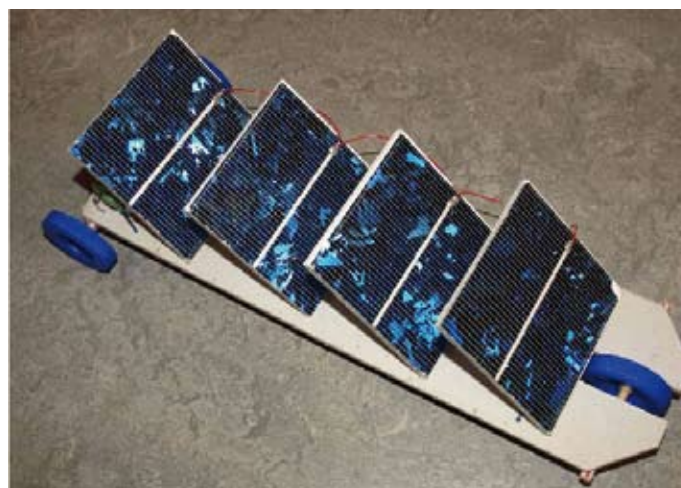
Vi velger en billig motor fra KPTnaturfag eller Clas Ohlson. De minste av disse motorene er spesifisert for 1,5 V og 0,03 A og et omdreiningstall på 1000 O/min, som skulle gi et effektforbruk på 45 mW. Hvilket skulle være godt innefor det en solcelle kan levere.

Valg av effekt

Vi har sett at én celle (15,5 cm · 15,5 cm) under optimale forhold, kan levere bort imot 1/2 W. Den utnyttbare effekten øker betraktelig når cellen deles opp og seriekobles (ca. 1 W se avsnitt 7.3). Dette synes mer enn nok for å drive den valgte motoren.

Valg av spenning

Siden én celle leverer ca. 0,5 V er det nærliggende å velge å seriekoble fire celler. Vi velger derfor å dele opp en celle (15,5 cm · 15,5 cm) i fire like deler.



Utstyr:

- 1 solcelleflak montert på 5 mm papplate oppdelt i fire stykker a 7,7 cm · 7,7 cm
- 1 papplate 30 cm · 10 cm · 0,15 cm
- 1 m tynt isolert ledning (flertråd 0,08 mm²) Clas Ohlson
- 1 motor 1,5 V (Clas Ohlson/KPT naturfag)
- 3 plasthjul (KPT naturfag)
- 1 tannhjul (30 tenner) (KPT naturfag)
- 1 tannhjul (10 tenner) (KPT naturfag)
- 20 cm blomsterpinne (dia. 4 mm)
- 1 sugerør (dia. 5 mm) (REMA1000)

ENERGI SOLCELLEBIL



Verktøy

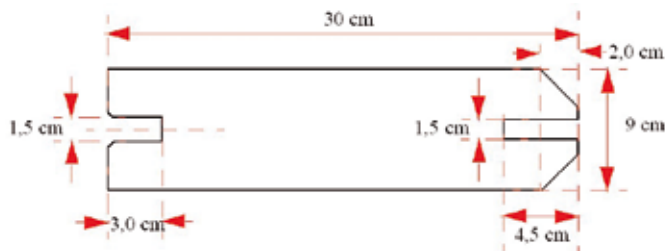
- Avbiter
- Loddebolt m/loddetinn
- Limpistol
- Linoleumskniv
- Sølvlim (ev. lodd ledningene til solcelleflaket) (ELFA eller Fasit Forlag)

Valg av bilens størrelse

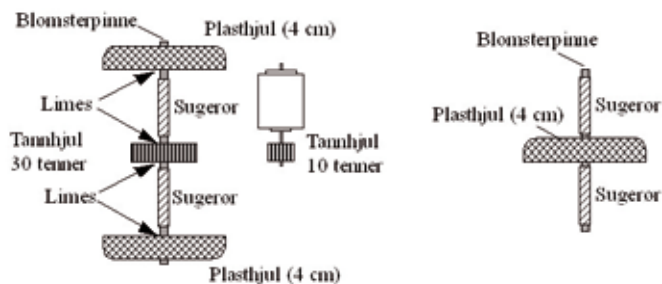
Dersom vi deler opp en enkelt celle i fire, vil hver del bli på ca $7,7 \text{ cm} \cdot 7,7 \text{ cm}$. Dersom cellene legges flatt etter hverandre vil vi ha behov for et areale på ca. $8 \text{ cm} \cdot 32 \text{ cm}$. I tillegg må vi ha plass til hjul, akslinger og motor. For at bilen ikke skal bli for stor, velger vi å skråstille cellene slik at de tar noe mindre plass, som lett medfører at de skygger for hverandre. På denne måten får vi en bil med en total lengde på ca. 30 cm og en bredde på 8 cm.

Konstruksjon av bilen

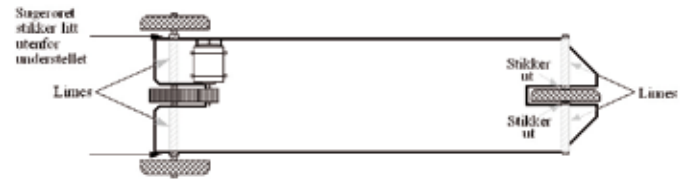
Skjær til understellet til ønsket størrelse og form. Figuren under viser et eksempel på et understell.



Dernest lages akslingene med hjul. Vi velger lette plasthjul med en diameter på 4 cm og en diameter på akslingen lik ca. 4 mm. Som aksling bruker vi blomsterpinner og som lager bruker vi sugerør. Drivhjulet festes midt på bakakslingen som vist på figuren til høyre. Tannhjul og drivhjulene på bakakslingen festes med smeltelim. Pass på å tre sugerørbitene inn på akslingen før hjulene limes fast.

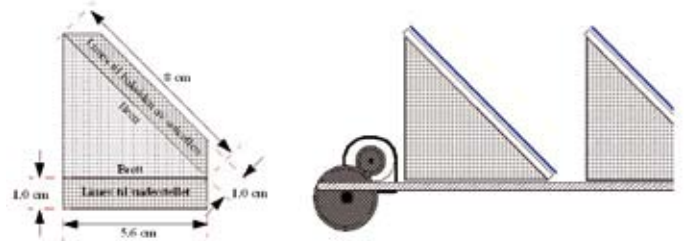


Akslingene monteres på understellet ved å lime sugerørene til undersiden av papplata ved hjelp av smeltelim slik at hjulene kommer på rett plass. Dette er vist på figuren under.

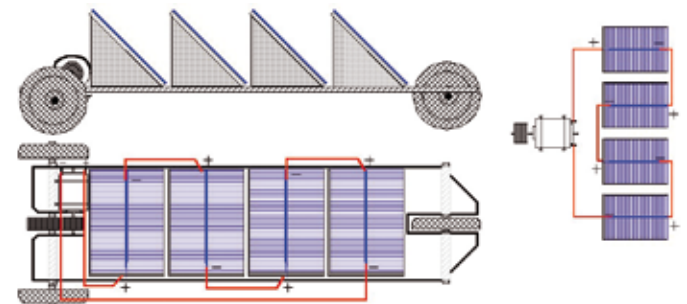


Legg spesielt merke til at sugerørene stikker litt ut over understellet for å hindre at hjulene berører papplata.

Motoren festes til understellet ved hjelp av metalltråd som går gjennom hull i plata. Tråden tvinnes på undersiden til motoren sitter fast. Plasseringen velges slik at tannhjulene griper passe inn i hverandre. Griper de for hardt inn i hverandre vil det gi økt friksjon i tannhjuloverføringen. Til slutt festes solcellene ved hjelp av pappknektar. Knektene kan lages på forskjellig vis. Figuren under viser én måte å gjøre dette på. Til venstre sees en utbrettet knekt. Til høyre hvordan knekten er brettet og limt til solcellene.



Sammensatt kan bilen se ut som vist på figuren under. Solcellepanelene er seriekoblet for å ende opp ved motoren.





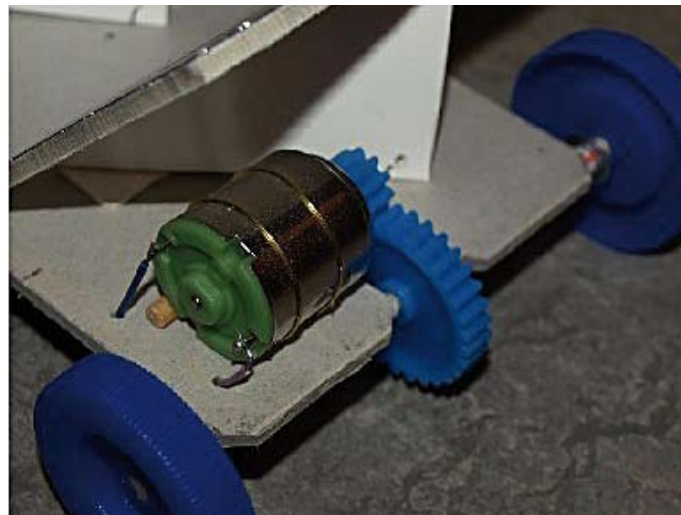
ENERGI SOLCELLEBIL

Figuren på forrige side til høyre viser koblingsskjemaet. Det er viktig å huske at undersiden av solcelleflakene er den positive polen og stripene på oversiden, som skal belyses, er den negative polen.

Bildet på s. 40 viser den ferdige bilen. Det viktig å understreke at dette er en måte å gjøre dette på, kanskje slett ikke den mest effektive for å møte utfordringen på den beste måten. Diskuter og eksperimenter slik at dere finner den optimale konstruksjonen.

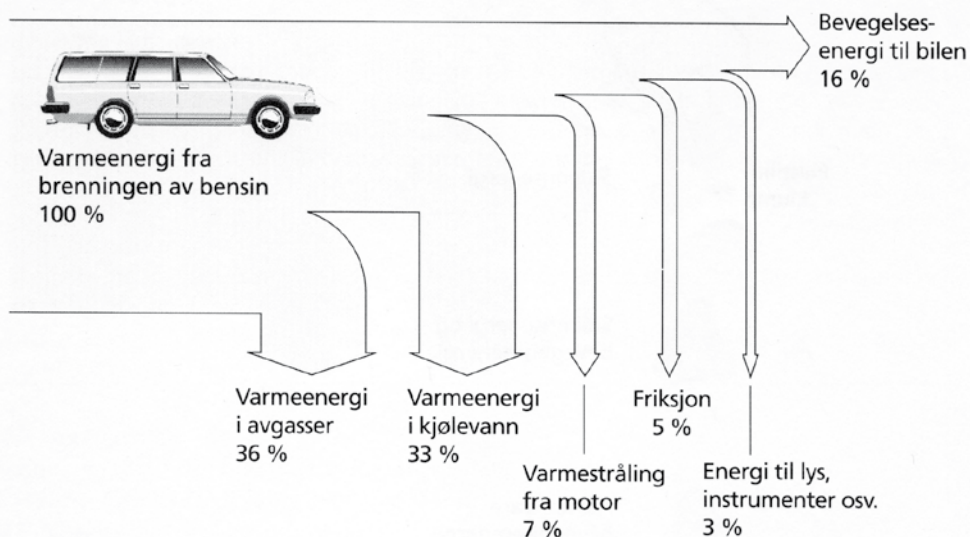
Utfordring

Lag bilen slik at den en solskinnsdag tilbakelegger en 5 meter lang bane i skolegården på kortest mulig tid. Som tilleggsbetingelse kan vi sette krav om å lage den letteste bilen. En kan også sette som krav at en kun får lov til å benytte ett solcelleflak (15,5 cm · 15,5 cm).



Visste du at...

...bare 16 % av energien fra brenningen av bensin i en bil går til bevegelsesenergi?





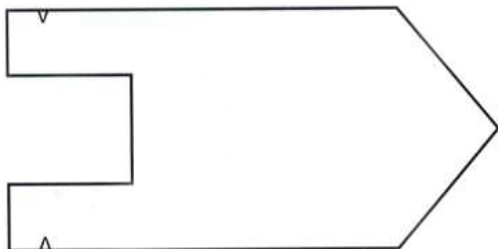
Denne aktiviteten er hentet fra heftet
"NATURFAG TEMA Energi i hverdagen" fra Cappelen forlag.

Lag en båt med strikkmotor

Du kan lage en båt som kan bevege seg ved hjelp av en strikkmotor med propell.

Slik gjør du:

- Skjær til plankebiten så den får form som en båt.
- Bak på båten må du skjære ut et stykke som gir plass til propellen.



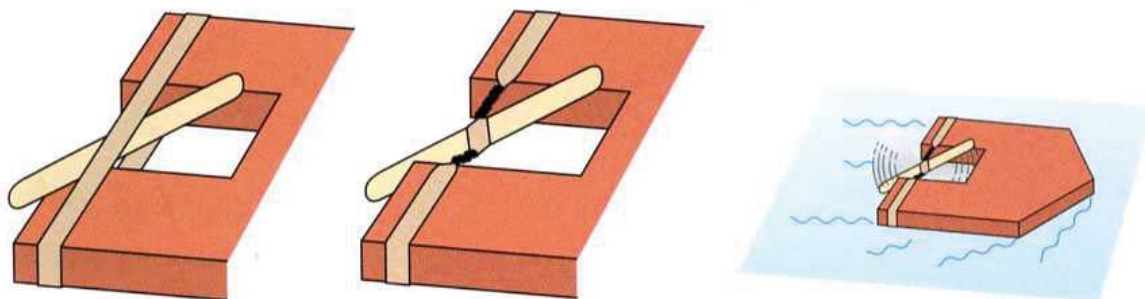
Slik skjærer du til båten. Hakkene i siden lager du med kniven.

Du trenger:

- en plankebit
- en sag
- en kniv
- en kraftig strikk (syltestrikk)
- en ispinne

- Sett er strikk rundt åpningen bak på båten.
- Tre ispinnen inn i strikken. Den må kunne rotere i åpningen. Kanskje må du kutte pinnen litt for at den skal få plass.
- Tvinn pinnen med strikken rundt mange ganger.
- Sett båten på vannet før du slipper ispinnen.

Når båten beveger seg på vannet, har den energi.
Hvor har denne energien kommet fra?



Montering av propell



HVA ER ET ATOM?

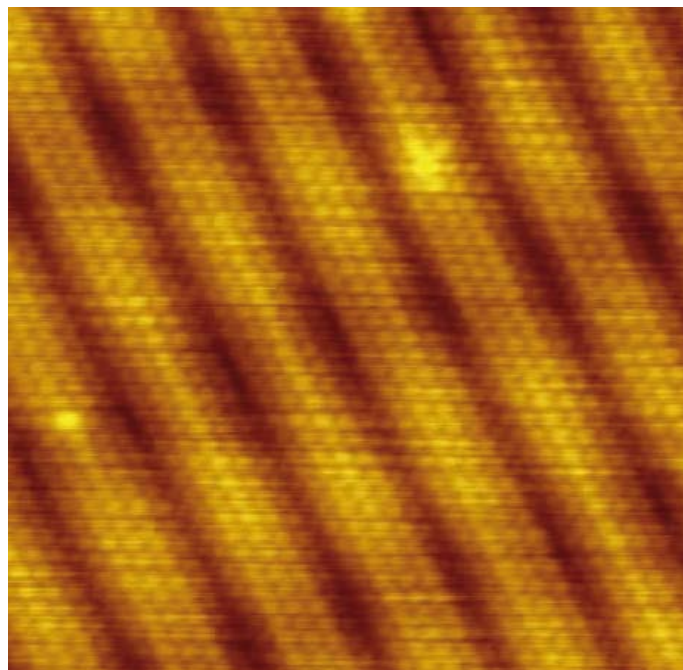
Hva er et atom?

I denne artikkelen skal vi ta en rundtur i atomet og finne ut hvordan vitenskapen anno 2008 tror at denne merkelige lille tingen er skrudd sammen.

Gi et nytt og fint stykke hvitt tavlekritt til en elev. Hva er det første eleven vil gjøre med det? Brekke det i to, så klart. Ta så en av disse to, mindre bitene, og gi til en ny elev. For denne eleven ser biten ut som et nytt og fint stykke hvitt tavlekritt, og også denne biten vil derfor bli brukket i to. Gi en av disse bitene til en tredje elev, og det hele gjentar seg. Anta nå at du har et uendelig antall elever. Kan du drive med denne leken helt til timen er slutt? Hele dagen? Eller kommer du og klassen til slutt til et punkt hvor krittbiten bare ikke lar seg dele mer? Hvis det tar slutt, hvordan vil den siste biten se ut?

Lærebøkene forteller oss at vi etter hvert blir sittende igjen med et atom. Faktisk er det slik at hvis krittet ditt opprinnelig er 10 cm langt, er det den 30. eleven som ender opp med et atom, så det passer jo bra som eksperiment for en vanlig norsk skoleklasse. Men hva er det denne eleven da holder i hånden? Ordet atom kommer fra det greske atomos som betyr udelelig, – er det naturens minste, udelelige byggesteiner vi da har funnet? Eller vil en 31. elev kunne finne noe enda mindre?

La oss først slå fast at atomer finnes. Da Albert Einstein i 1905 brukte atomer til å forklare brownske bevegelser, oppdaget av Robert Brown i 1827, gjorde han dette uten noensinne å ha sett et atom. Vi er derimot heldigere, vi kan bruke et elektronmikroskop til å ta bilde av et gitter av atomer. Se på figur 1, – dette er et nærbilde av en skive gull, laget ved å “lyse” på den med elek-



Figur 1: Nærbilde av gull. Prikkene er atomer som ligger i et pent gitter. Illustrasjon: Erwin Rossen, Technical University Eindhoven.

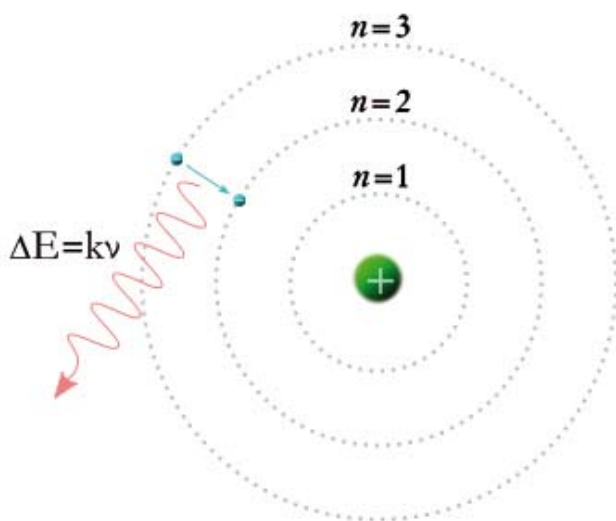
troner. Der ligger gullatomene i pene rekker, uten tegn til å være satt sammen av noe, og vi kan vel kanskje tilgis for å tro at vi her har funnet naturens minste byggesteiner? Vi kan til og med måle hvor store de er – atomer er omtrent 0,000000001 meter (0,1 nanometer) i diameter.

HVA ER ET ATOM?

Men samtidig har vi gjort nytte av noe briten J. J. Thompson oppdaget i 1897, – en liten partikkel som kalles et elektron. Elektronene er mye mindre enn selve atomene og ser ut til å kunne komme ut av atomene under rette forhold. Naturen inneholder altså mer enn bare atomer, – hvor passer elektroner inn i dette verdensbildet? Tidlig på 1900-tallet ble det også oppdaget flere små partikler, – protoner, nøytroner og til og med et positivt ladet elektron. Dessuten fant forskerne ut at det måtte være en liten, men kjempetung kjerne i midten av hvert atom. Så hvordan ser atomet egentlig ut?

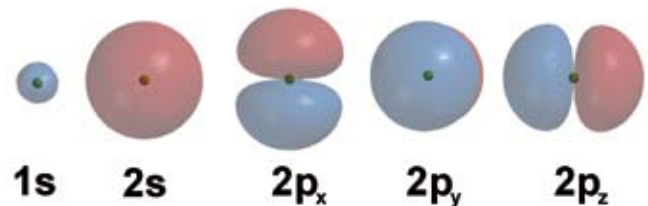
La oss pause litt her. Dersom noen forteller deg at de vet det fulle svaret på dette, så tar de feil. Ingen har til dags dato klart å se inn i et atom, og ingen vet hvordan ting virkelig henger sammen der inne. Men ved å gjøre mange og grundige eksperimenter på atomer, har vi likevel laget oss modeller av hvordan atomet kan henge sammen. En modell er vår gjetning om hva atomet “er”.

Den modellen som har blitt stående lengst og som er avbildet i omtrent alle skolebøker på rett nivå, er Bohrs atommodell. Den blir ofte tegnet som på figur 2. I midten av hvert atom ligger en bitteliten atomkjerne, som er laget av protoner og nøytroner. Rundt denne, i pene planetbaner slik at det hele blir seende ut som et lite solsystem, svirrer elektronene. Denne modellen er god til å forklare utfallet av eksperimenter. For eksempel kan



Figur 2: Bohrs atommodell, med en kjerne i midten og et elektron i bane rundt kjernen. Illustrasjon: wikipedia.org

den forklare hvorfor en gass av hydrogenatomer lyser med bare noen helt spesielle farger. Disse fargene tilsvarer at et elektron hopper fra en “planetbane” til en annen, som vist på figuren, og da må det på grunn av energibevaring avgis en liten bit av energi – et foton – som er like stort hver gang. Dette fotonet er ikke noe annet enn det vi til vanlig kaller lys, og at alle fotonene har samme energi betyr bare at de har samme farge.

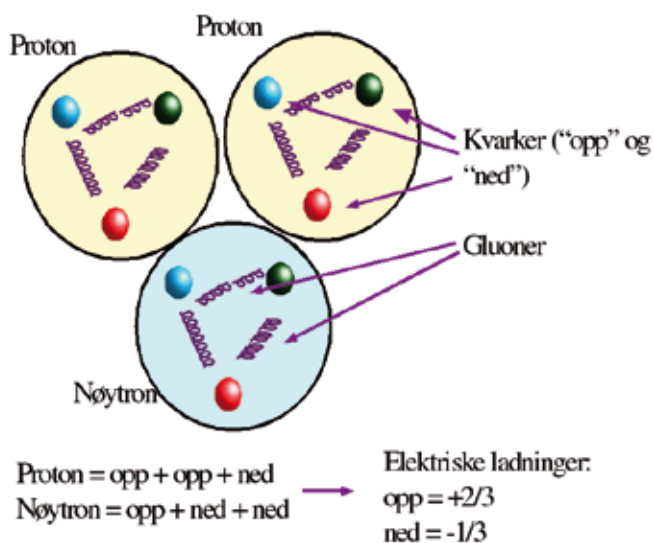


Figur 3: Elektronorbitaler rundt en atomkjerne. Illustrasjon: wikipedia.org.

Dessverre er dette pene, pedagogiske bildet ingen god modell, verken for elektronene vi akkurat har sett på eller for kjernen i midten av atomet. Vi har i dag gjort så mange eksperimenter på atomer at vi har kunnet lage oss en enda mer sofistikert modell av hvordan de henger sammen.

Det overordnede bildet er fortsatt det samme. Kjernen, en klump på ca. 0,0000000000001 meter (10 femtometer) i diameter, ligger i midten og inneholder 99 % av all massen i atomet. Elektronene svirrer fortsatt rundt kjernen, men ikke i pene, runde planetbaner. Vi kan faktisk ikke si noe som helst om hvor hvert enkelt elektron befinner seg. Det eneste vi vet, er hvor sannsynlig det er å finne det på et gitt sted til en gitt tid. Disse sannsynlighetsfordelingene er det vi i dag kaller orbitaler, og du kan se en illustrasjon av noen av dem på figur 3. Hydrogen, det letteste grunnstoffet, har ett proton i kjernen og ett elektron rundt. Hvis vi leter etter dette ene elektronet, vil vi mest sannsynligvis finne det i et område som ser ut som orbitalen merket 1s på figuren. Litium, som har tre elektroner, vil – i gjennomsnitt – ha to elektroner i 1s-fordelingen, og ett i 2s-fordelingen. Slik fortsetter det, og formen på orbitalene blir etter hvert mer og mer spesiell. Men forskjellen på dagens forståelse av orbitalene og den mest vanlige måten å tegne Bohrs atommodell på, er rett nok ikke veldig store. Det viktigste poenget er at orbitalene ikke er baner, men sannsynlighetsfordelinger. Hvis vår 30. elev, som står der med ett enkelt atom i hånden, kunne studert dette grundig, ville hun derfor sett en ganske tåkete dott av elektroner og lite annet.

HVA ER ET ATOM?



Figur 4: Atomkjernen, en klump av protoner og nøytroner. Disse består igjen av kvarker, som holdes sammen av gluoner.
 Illustrasjon: Bjørn Samset

Hva så med atomkjernen? Her har utviklingen vært mye større siden Bohr laget sin modell tidlig på 1900-tallet. Det eneste forskerne da visste, var at kjernen var veldig liten og tett, og at den inneholdt en del elektrisk ladning. Men innen midten av 1930-tallet hadde de oppdaget to partikler – protoner og nøytroner – som passet som bestanddeler i atomkjernen. Protonet hadde elektrisk ladning på +1, som nøyaktig balanserte elektronets ladning på -1, mens nøytronet var elektrisk nøytralt. Samtidig var protonene og nøytronene like tunge, men 2000 ganger tyngre enn elektronet. Kjernen ble forstått som en klump av protoner og nøytroner, sammen kalt nukleoner, på en slik måte at hydrogen, det letteste grunnstoffet, hadde ett proton i kjernen, helium hadde to, litium tre og så videre. I tillegg måtte kjernene ha et visst antall nøytroner for at det skulle stemme med vekten man kunne måle. Forskere laget også en “skallmodell” (eller “orbitalmodell”) for kjernen, der nukleonene beveger seg i orbitaler rundt hverandre på samme måte som elektronene gjør rundt kjernen. Denne atommodellen er ganske enkel: alt er satt sammen av protoner, nøytroner og elektroner, som riktig nok beveger seg på litt uforutsigbare måter.

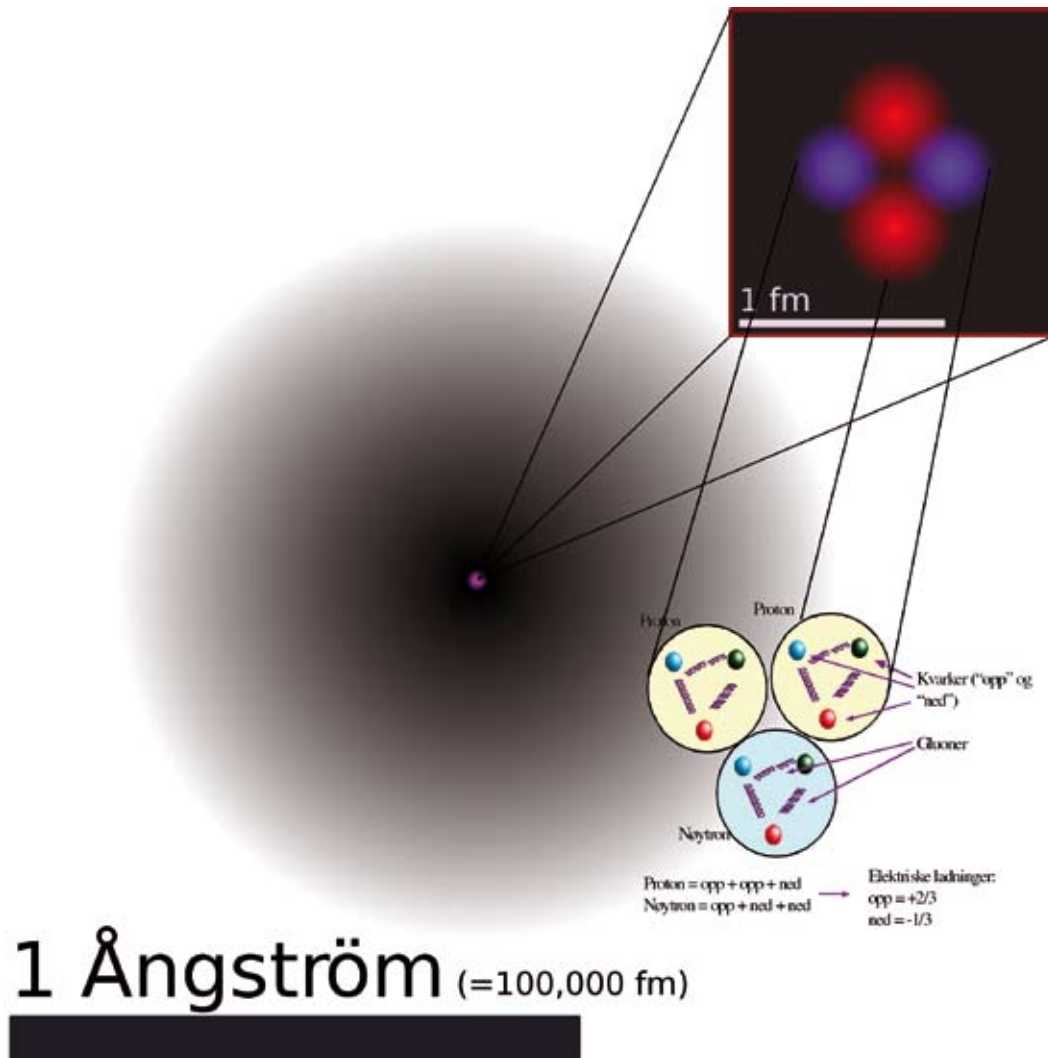
Men etter hvert oppdaget forskerne problemer med forståelsen av nukleonene. De så ikke ut til å være elementære, men oppførte seg som om de hadde mindre bestanddeler. Murray Gell-Mann og George Zweig foreslo i 1964 en teori som ble kalt kvark-modellen. De antok at nukleonene er satt sammen av mindre partikler – kvarker – slik det er illustrert på figur 4. To opp-kvarker og en ned-kvark utgjør et proton, mens en opp og to ned blir et nøytron. Samtidig innså de at atomkjernen er satt sammen av mange partikler med positiv elektrisk ladning (og noen nøytrale), og siden like ladninger frastøter hverandre burde kjernen derfor ikke kunne henge sammen. Den eneste løsningen er at det må være nok en naturkraft der inne som holder nukleonene sammen, og denne kraften fikk etter hvert navnet den sterke kjernekräften. Denne kraften antas i atommodellen vår å bæres av en partikkel som kalles gluonet, og dermed har vi en ny, helhetlig modell for kjernen. Protoner og nøytroner er blitt til kvarker og gluoner.

Til å begynne med ser det kanskje ut som om vi bare har erstattet noen partikler med noen andre og gjort verden mer vanskelig for oss selv. Men da kvarkmodellen ble laget, hadde man ikke bare funnet protoner og nøytroner, men også en hel skolegård full av forskjellige andre partikler. Mange av disse lot seg også forklare som byggverk av kvarker og gluoner, og dermed gjorde kvarkmodellen egentlig beskrivelsen vår av naturen mye enklere.

Men det stopper ikke der. Akkurat som elektronene rundt kjernen ikke går i enkle planetbaner, oppfører partiklene i kjernen seg også litt komplisert. Kvarkene beveger seg på samme måte inne i nukleonene, og vi kan aldri si med sikkerhet hvor vi vil finne en kvark hvis vi ser etter. Dessuten har vi oppdaget at det er riktigere å si at et nukleon i gjennomsnitt inneholder tre kvarker. Ser vi nøyer etter, finner vi ut at naturen er slik at det stadig dukker opp par av kvarker og antikvarker inne i kjernen, som lever en kort stund og så forsvinner igjen. Dette, som på fagspråket kalles vakuumfluktasjoner, gjør atomkjernen til et ganske rotete sted. Derfor forenkler vi som regel modellen og ser bare på de tre gjennomsnittskvarkene, eller bare på nukleonene, alt ettersom hva som passer. Det er bare når vi skal gjøre veldig spesielle eksperimenter på atomkjerner – slik som de som skal foregå på CERN i Sveits fra og med sommeren 2008 – at vi trenger å ta hensyn til resten av “kjernerotet”.

Dermed er vi framme ved det litt merkelige atomet, slik vi i dag mener at det henger sammen. Den forenklete modellen er at kjernen består av oppkvarker og nedkvarker, bundet sammen av gluoner, tre og tre sammen, til protoner og nøytroner. Protonene

HVA ER ET ATOM?



1 Ångström (=100,000 fm)

Figur 5: Det moderne atom. En tåkedott av elektroner, rundt en ganske rar kjerne. Illustrasjon: wikipedia.org

og nøytronene utgjør igjen en atomkjerne, og rundt denne igjen svirrer det elektroner. Ser vi litt næyere etter, ser vi at elektrone-
ne faktisk svirrer i litt uforutsigbare baner, og at atomkjernen
oppfører seg som en sky av mange, mange kvarker og gluoner,
men for de fleste praktiske formål trenger vi ikke å ta hensyn til
dette.

Er dette bildet, illustrert på figur 5, endelig det den siste kritt-
brekkende eleven ville ha sett – hvis hun virkelig kunne ha stu-
dert den lille biten hun ble sittende igjen med? Kanskje. Det jeg

har presentert her er den modellen vi i dag har av et atom, om
lag hundre år etter at det ble oppdaget. Hvordan atommodellen
vår ser ut om enda hundre år er ikke godt å si, men i hovedtrekk
vil den nok være som i dag. Det vi alltid må være åpne for, er
at det kan komme nye opplysninger, nye ideer, som gjør at vi
må endre litt på modellene våre, og dermed bli i stand til å for-
stå ting enda bedre. Få steder er dette tydeligere illustrert enn i
den historiske utviklingen av forståelsen av atomet – og det er
jo nettopp muligheten for slike utviklinger som gjør studiet av
naturen så spennende.

DIGIALE TANKEKART



Digitale verktøy - tankekart

Det finns nå en del dataprogram som gjør at en lett kan sette opp tankekart. Som presentasjonsprogram har tankekart den fordelen at man lettere ser strukturen i stoffet. Det kan derfor være nyttig av og til å la PowerPoint få en avløsning og i stedet presentere nytt stoff via et tankekart.

PowerPoint egner seg godt dersom en vil presentere stoff på samme nivå. For eksempel vil jeg foretrekke PowerPoint dersom jeg skulle omtale en rekke blomsterplanter. Imidlertid mener jeg et tankekart vil være et bedre verktøy dersom jeg i stedet skulle presentere prinsippet for plantesystematikk med eksempler. Det betyr at vi bør beherske presentasjon både via PowerPoint og tankekart slik at vi bruker disse hjelpemidlene der de er best egnet. Det ene utelukker ikke det andre. Vi kan for eksempel ha presentasjon via PowerPoint og repetisjon via tankekart. For mitt eget vedkommende presenter jeg vanligvis nytt stoff i forelesninger via tankekart/tavle. Hovedtrekkene tas via tankekartet, og detaljer som utledninger via tavlen.

En annen bruk av tankekart er at studenter lager slike. Etter en undervisningssekvens kan vi gi studentene i oppgave å lage et tankekart over det stoffet de har lært. Jeg tror det kan være en nyttig måte å bearbeide og strukturere stoffet på.

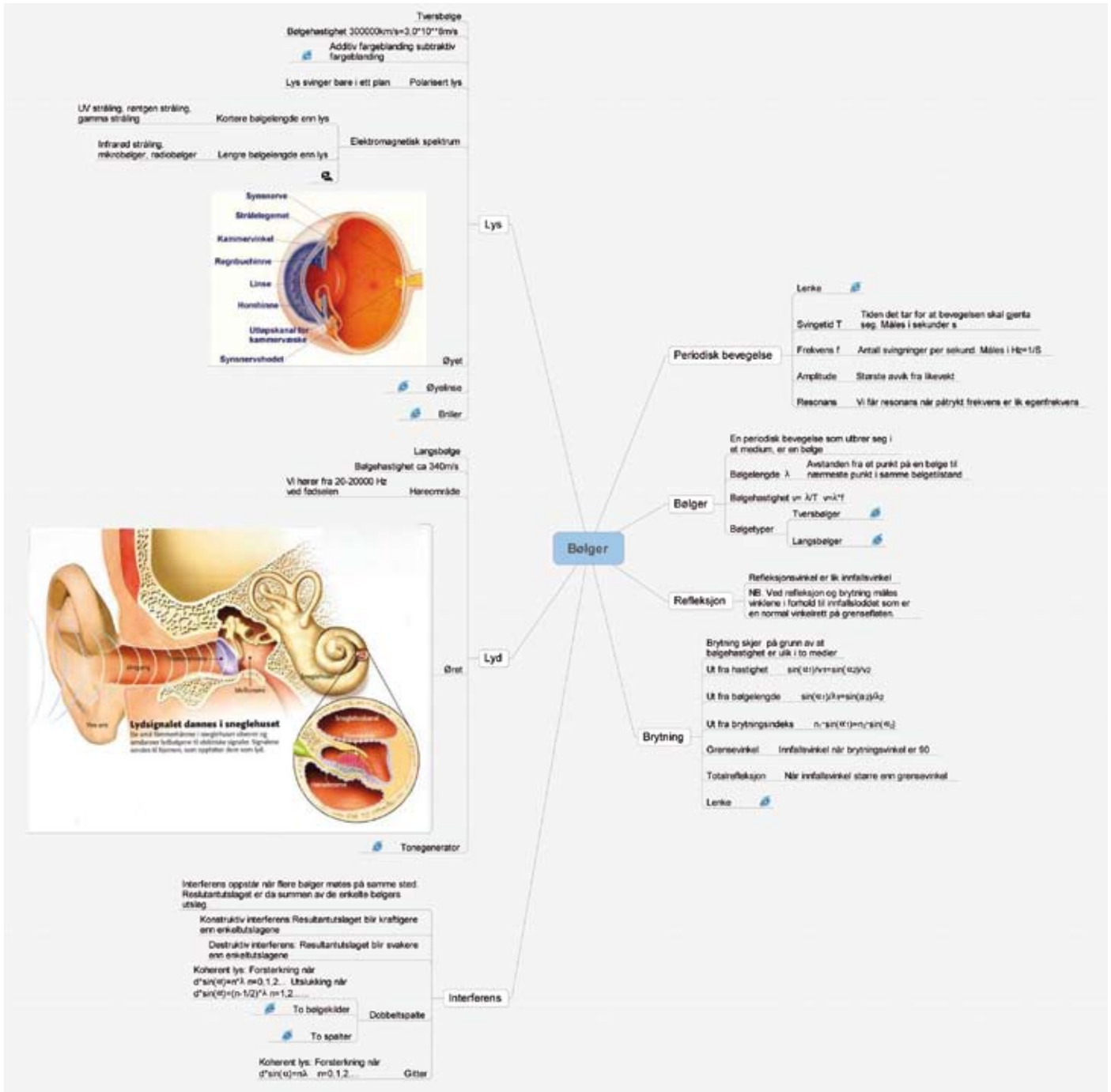
I det følgende skal jeg se på tankekartprogrammene MindManager og FreeMind. MindManager må kjøpes og koster ca 700 kr. Det er enkelt å bruke. Bruker en høyre musknapp når man jobber med det, fremkommer menyer som tilfredsstillende de fleste behov, eller vi kan nytte menyen øverst på siden. Vi trenger derfor ikke lese noen manual for å komme i gang. En ulempe med programmet er at teksteditoren er noe begrenset. Det er således ikke mulig å skrive inn formler direkte. Nå har Microsoft Word en rimelig god formeleditor dersom denne er aktivert (Sett inn-Objekt-Microsoft Formelredigering 3,0). Vi kan derfor skrive formlene i Word, kopiere disse og bruke Edit-Paste Special As - Bitmap eller Picture når vi limer inn i MindManager. Vanlig

tekst skrevet i Word kan vi lime direkte inn i MindManager. Det er lett å sette inn bilder og lenker til nettsider, og derved har vi stort sett det vi trenger. Ved presentasjoner kan vi enkelt velge det detaljeringsnivå vi vil ha på greinene. MindManager har også en presentasjonsmodus som lettvis åpner en grein om gangen når vi bruker MindManager under presentasjon av nytt stoff. Vil vi legge ut et tankekart på et studiestøttesystem som Its learning, kan vi konvertere tankekartet til et pdf-dokument som kan åpnes av alle. I tillegg finnes det en gratis leser på nettet slik at det er mulig å åpne tankekart skrevet i MindManager i denne leseren.

FreeMind er et tankekartprogram vi kan laste gratis ned fra nettet. Dermed blir det lettere å få gjennomslag for at det kan installeres på datarom slik at studentene kan få tilgang til det. Stort sett gjør programmet det samme som MindManager, men det er litt mer tungvint å sette inn bilder. Bilder må ligge i samme mappe som Freemindfilen dersom de skal bli med når du kopierer til et nytt sted som en minnepinne. Vi må altså kopiere hele mappen med bilder og Freemindfilen, men det er i grunnen ikke noe stort problem når vi er klar over det. Formler kan vi ikke kopiere inn i FreeMind like lettvis som ved bruk av MindManager. Vi må først kopiere formlene laget i Word til et bildebehandlingsprogram (for eksempel IrfanView som er gratis). Der konverterer vi formlene til et JPG-bilde og så setter vi formlene inn i FreeMind som et bilde. Vanlig tekst i Word kan vi kopiere direkte inn. Lenker til eksterne nettsider setter greit inn i FreeMind. FreeMind har ikke presentasjonsverktøy som MindManager, men det er enkelt å åpne greiner ved å klikke på dem under en presentasjon. FreeMind er altså noe enklere enn MindManager, men det er gratis og enkelt å installere.

Et annet gratis tankekartprogram er MindOmo. Det er imidlertid noe vanskeligere å installere i det vi må få en nøkkel gjennom e-post for å få det aktivert. For en enkeltinstallasjon er i det ikke noe problem, men for en installasjon på et datarom kompliserer dette installasjonen slik at it-ansvarlig ikke ser med blide øyne på slike program. Jeg har derfor ikke sett nøyere på dette programmet.

DIGIALE TANKEKART



SATELLITTBILDER



Trekk polarforskning og satellittbilder inn i klasserommet!

Det internasjonale polaråret (IPY) fokuserer på klima og miljø. Forskere fra over 60 land er involvert. Gjennom undervisningsprosjektet PolarEduSpace ønsker NAROM (Nasjonalt senter for romrelatert opplæring) å lage gode koblinger mellom polarforskning, romforskning og klasserommet. PolarEduSpace har fokus på utvalgte IPY forskningsprosjekt hvor satellittbilder er en viktig datakilde.

I flere IPY prosjekter spiller satellittene en helt sentral rolle fordi de gir oversiktsbilder over tid. Satellittene overvåker polområdene kontinuerlig og gir forskerne og klasserommet løpende data om situasjonen. PolarEduSpace vil formidle kunnskap og data fra IPY prosjekter som har som mål å observere utvalgte isbreer, overvåke havis og vær i Arktis, undersøke havstrømmer, samt studere solvinden og nordlysfenomenet i nord og sør.

Den romrelaterte nettressursen sarepta.org formidler resultater fra IPY prosjektene og synliggjør aktuelle undervisningsaktiviteter og tema knyttet til prosjektene. Bildedatabasen i sarepta.org (Satellite Image Bank) vil oppdateres og utvides med aktuelle satellittbilder. I samarbeid med ESA (European Space Agency) og KSAT (Kongsberg Satellite Services) vil Norsk Romsenter bidra med hjelp til å fremskaffe satellittdata etter behov.

Gjennom PolarEduSpace vil elever, studenter og lærere ha mulighet til å følge forskningsaktiviteter og knytte resultater fra forskere i felt til pedagogiske opplegg som egner seg for klasserommet.

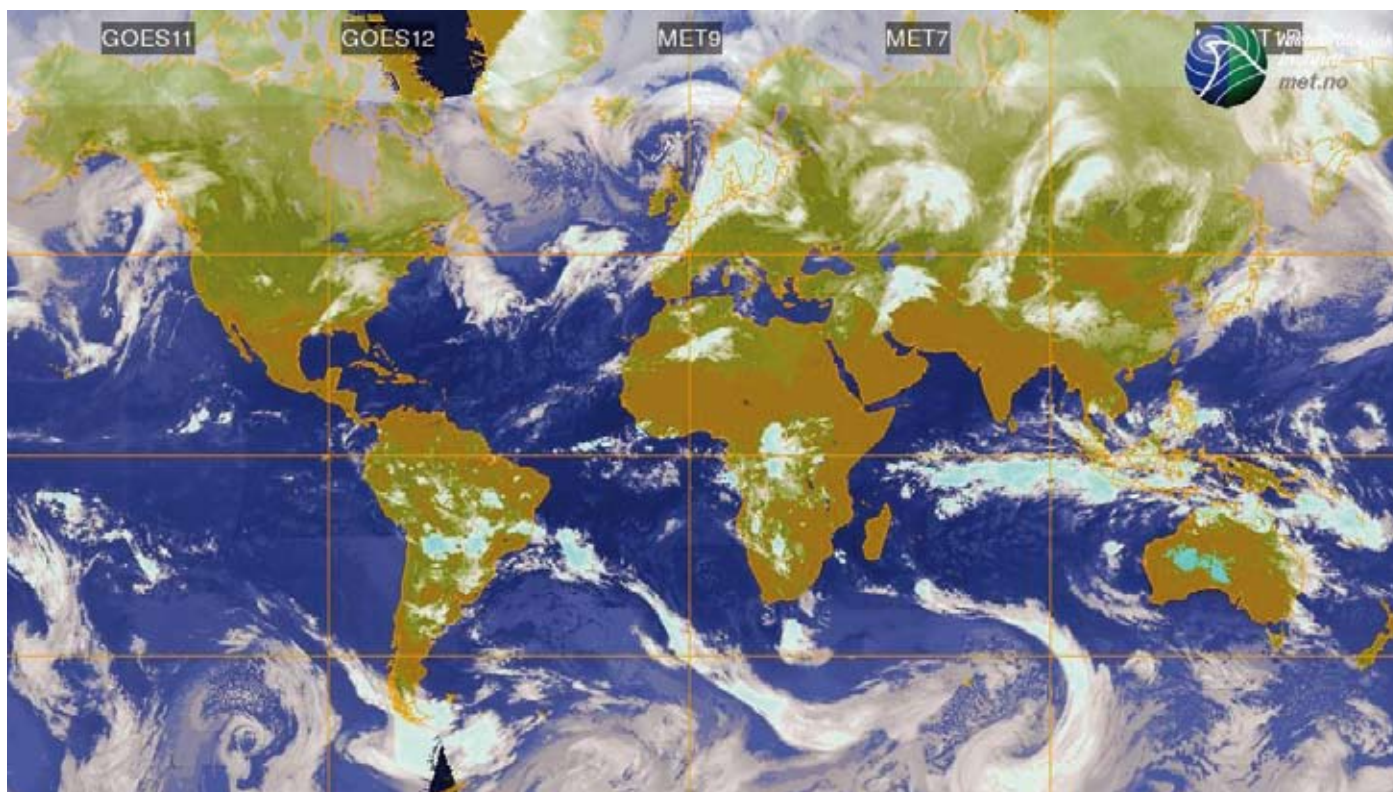
Aktiviteter som startet i november 2007

PolarEduSpace har startet med forskningsprosjektet ICESTAR. Prosjektet utforsker hvordan solstormer og romværet påvirker de to polare områdene samtidig ved å ta i bruk alle tilgjengelige data fra bakken og fra satellitter. Aktivitetene i PolarEduSpace startet i november 2007 med polarårkonkurranse for unge sol- og nordlysforskere i videregående skole. Også lærere og studenter ble invitert til å studere solvind og nordlysfenomenet. I februar 2008 var det spennende feltaktiviteter for elever og lærere ved Andøya Rakettskytefelt og på Svalbard for å bli bedre kjent med nordlysforskningen.



Elevene opplevde nordlys før skyene tok over. Foto: Njål Gulbrandsen

SATELLITTBILDER



Bildet viser den globale værsituasjonen 26. februar 2008. Det er sammensatt av informasjon fra fem geostasjonære værsatellitter. Bildet er hentet fra bildedatabasen til sarepta.org.

Selv om konkurransen og feltaktiviteter er avsluttet, så vil det fortsatt være mulig å følge bloggen og bruke ressursene. Det som er tilrettelagt for ICESTAR prosjektet, egner seg spesielt for naturfag Vg1. Det gjelder både Forskerspiren og tema "Stråling og helse" hvor elevene skal kunne beskrive hvordan nordlys oppstår, og hvordan Norge har vært og er et viktig land i forskningen på dette feltet.

Aktiviteter som starter i mars 2008

Neste klasseromsaktivitet i PolarEduSpace starter tidlig i mars 2008 med utlysning i sarepta.org. I denne aktiviteten vil vi formidle kunnskap og data fra IPY-prosjekter som forsker på ismeltingen i Arktis og bevegelser på breene, studere "motoren" i Golfstrømmen, polare lavtrykk og arktiske fronter. Her vil satellittene gi nyttig informasjon.

Gjennom nettressursen sarepta.org vil vi invitere til klasseromsaktiviteter. Det vil være aktiviteter for å følge Golfstrømmen

ved bruk av ferske satellittbilder kombinert med andre registreringer, samarbeid med miljolare.no om å registrere temperatur og saltinnhold i havoverflaten, overvåke havisen i Arktis og følge de polare lavtrykkene ved å studere ferske satellittbilder. På feltkurset på Svalbard skal deltakerne bl.a. på ekskursjon i Adventdalen og Longyeardalen for å studere geologi og landskap. Endringer i de lokale isbreene blir studert ved bruk av satellittbilder, digitale kartlag (enkel GIS) og GPS. Det vil være oppgaver om sedimenter, bergarter og landformer i forkant for å forberede aktivitetene ute i felt. Gjennom blogg er det mulig å stille spørsmål til forskere. Opplegget vil egne seg for naturfag og geografi på ungdomstrinnet og geofag og geografi i videregående skole.

Noen aktive og interesserte lærere vil bli invitert til feltaktiviteter på Svalbard i august 2008. Ta kontakt med prosjektleder Birgit Strømsholm (birgit@rocketrange.no) dersom du ønsker mer informasjon.

KLIMAENDRINGER OG SATELLITTER



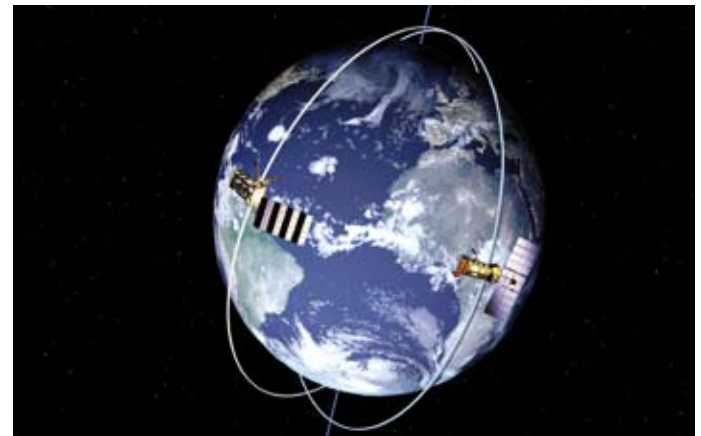
Klimaendringer og satellitter

Satellitter er unike i sin evne til å gi enhetlige målinger over store områder. Flere av de store romorganisasjonene har klimaspørsmålet som et av de viktigste når de nå planlegger og bygger nye satellitter for forskning eller operativ bruk. Dette gjelder ikke minst den europeiske romorganisasjonen European Space Agency (ESA) og meteorologiorganisasjonen EUMETSAT, som til sammen har en rekke nye satellitter under bygging for å bidra til avklaringer vedrørende klimamodellering og -overvåking.

Når forskere skal forklare hva som skjer med klimaet, og gi prognoser for de kommende årtiene, er to ting vesentlig: modeller og målinger. Satellitter har betydning for begge. Fremdeles finnes det uløste spørsmål som satellitter kan bidra til å gi et bedre svar på. Vil økende global temperatur og påfølgende økning i fordamping føre til mer eller mindre skyer? Hvordan bidrar utslipp av aerosoler til klimaendringer? Hvor forskjellige vil utslagene bli i henholdsvis Arktis og Antarktis? Dette er områder hvor vi finner noen av de største usikkerhetene og utfordringene innen klimamodellering.

For å kunne forstå og modellere geofysiske prosesser, trenger forskerne detaljerte målinger av de parametre som modellen benytter. For dette formål bygger de gjerne forskningssatellitter.

For å gjøre langsiktige klimaprogner (modellberegninger), trenger forskerne oppdaterte målinger over hele jorda helt fram til det tidspunkt da beregningen kjøres. Her bidrar vær- og miljøsatellitter med et vell av data.



Satellitter i polare baner kan over noe tid gi data fra alle steder på jorda. (NASA/EUMETSAT)

Satellittenes styrker og svakheter

I det følgende er gitt en del eksempler på klimarelaterte temaer hvor europeiske jordobservasjonssatellitter i bane eller under bygging vil kunne yte vesentlige bidrag i løpet av det kommende tiåret.

Tyngdefeltet

Når det gjelder detaljerte spørsmål om hvordan havstrømmer beveger seg og hvordan de vil kunne endre seg, er kunnskapen om jordas tyngdefelt i dag for dårlig. Den europeiske satellitten GOCE, som skal skytes opp i år, vil gi forskerne et vesentlig mer presist tyngdefelt over verdenshavene, og på den måten mer detaljert innsikt i havstrømmene. En annen tyngdefeltsatellitt, amerikansk-tyske GRACE, har i de siste par årene gitt helt nye data om hvordan jordas tyngdefelt varierer lokalt som funksjon av at isbreer kalver, is smelter og mye vann renner ned i havet langs store elver.

KLIMAENDRINGER OG SATELLITTER



Målingene fra ESAs tyngdefelt-satellitt GOCE vil også bidra til bedre modellering av havstrømmer. GOCE skytes opp i 2008. (ESA)



De europeiske værsatellittene i MetOp-serien (bildet) vil gi informasjon om skydekke, sjøtemperatur og isdekke i mange år framover. (ESA), mens den europeisk-japanske satellitten EarthCARE vil bidra til bedre forståelse av skyer og strålingsbalansen i atmosfæren.

Havet

Dagens værsatellitter og flere forskningssatellitter gir hver dag direkte informasjon om havets overflatetemperatur. Et godt eksempel er Europas nye polare værsatellitt MetOp-A, som ble skutt opp i 2006. De identiske etterfølgerne MetOp-B og MetOp-C vil sikre datakontinuitet frem til 2020. Andre satellitter kan måle havhøyden (vannstand) globalt, og gir dermed indirekte informasjon om temperaturforholdene dypere ned i havet, fordi vann utvider seg noe når det blir varmere. Men også havets saltholdighet er viktig, og dette er en parameter som har vært vanskelig å måle fra satellitt. Med ESAs satellitt SMOS vil det fra 2008 omsider komme et instrument i rommet som kan måle saltholdighet i havoverflaten.

Gasser og aerosoler

Stadig flere forskningssatellitter kommer opp med instrumenter som kan måle atmosfærens innhold av ulike klimagasser, partikler og annen forurensning, og moderne værsatellitter kan i tillegg gjøre ozon-målinger. Dette er et svært verdifullt supplement til målinger gjort fra bakken, ballonger og fly. Det er økende interesse for aerosolens rolle i klimasammenheng, både når det gjelder direkte absorpsjon og refleksjon av solstråling, og bidrag til skydannelse.

Is

En rekke satellitter gir i dag informasjon om polarisens utbredelse og isbreers bevegelse. Både nøyaktighet og dekningsvevne vil øke ytterligere når Europas nye miljøradarsatellitt Sentinel-1 kommer opp i 2011. Direkte måling fra satellitt av havisens tykkelse har hittil vært et problem, men med ESAs kommende CRYOSAT vil



ADM-Aeolus skytes opp i 2009 med en meget avansert laser for å måle vindhastighet og aerosoler i forskjellige høyder. (ESA)

KLIMAENDRINGER OG SATELLITTER



CRYOSAT vil fra 2009 bidra med målinger av isens tykkelse i Polhavet og Antarktis. (ESA)

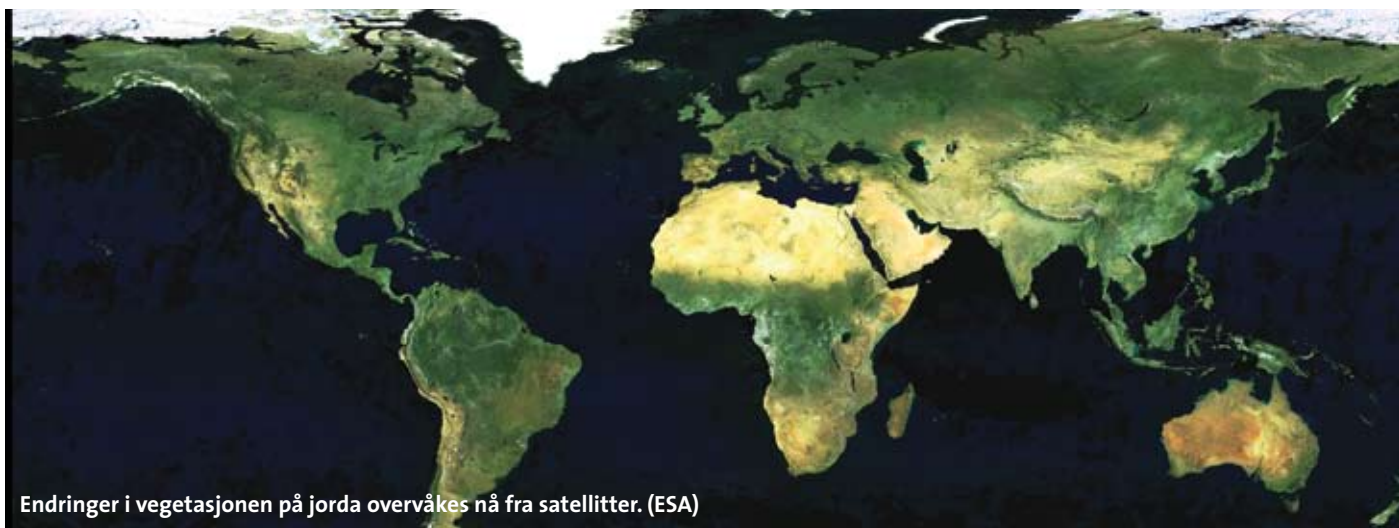
forskerne fra 2009 få et helt nytt verktøy her. CRYOSATs nøyaktige radar vil registrere hvor høyt isen ligger over vannet, og dermed vil den totale istykkelsen kunne beregnes.

Skog og arealbruk

Skog og annen vegetasjon har stor betydning for CO₂-balansen. Ved avskoging av et område endres både mengden CO₂ som bindes gjennom fotosyntese, og områdets evne til å reflektere sollys. Samtidig vil en varmere og mer CO₂-holdig atmosfære kunne gi raskere tilvekst i mange eksisterende skogsområder. En rekke satellitter som kan gi detaljert informasjon om skogareal, skogbranner og skogens helse, er nå i bane rundt jorda. Ingen land kan lenger skjule nedhogging av skog nå som skogstatistikk kan kontrolleres uavhengig vha satellitter.

Sola

Det er viktig å holde øye med solas utstråling av lys og partikler i retning jorda. I dag er både amerikanske, europeiske og japanske rominstrumenter i virksomhet. Satellittene har vist oss hvor dynamisk sola er, der den plutselig "hoster, harker og spytter" ut partikler, magnetfelt og stråling. Historisk sett har sola vært årsak til mange klimaendringer her på jorda, og data tyder på at økt utstråling fra sola bidro noe til den globale temperaturøkningen i perioden 1880-1960. Satellittmålinger tyder imidlertid på at den varmen jorda årlig har mottatt fra sola de to siste tiårene har vært ganske konstant. Vil dette vedvare eller vil sola igjen vise langtidstrender? Det vil fortsatte satellittobservasjoner kunne gi svar på. Det er også observert store variasjoner i mengden



Endringer i vegetasjonen på jorda overvåkes nå fra satellitter. (ESA)

KLIMAENDRINGER OG SATELLITTER

uv-, røntgen- og partikkelstråling, avhengig av solas 11-årige solflekksyklus. Slike variasjoner gir vesentlige endringer i den øvre jordatmosfæren som igjen kan påvirke klimasystemet i nedre del av atmosfæren.

I årene framover er det planlagt flere forskningssatellitter som kan gi bedre modeller av prosessene på sola, og mer informasjon om hvordan romværet påvirker oss på jorda utover det at vi kan se nordlys. Med bedre overvåking og forbedret modellering av sola vil vi kanskje kunne forutsi mer presist hvordan solaktiviteten vil utvikle seg og dermed også hvilke bidrag den vil gi til klimautviklingen. Dersom vi er heldige, vil solas utstråling avta noe og dermed redusere effekten av den økte drivhuseffekten.

Oppsummering

Satellitter er blitt et svært nyttig verktøy i klimasammenheng, både for å bidra med daglige globale målinger og for å avklare modellmessige spørsmål. Mange av de meldingene som nå tikker inn om temperaturøkning og nedsmelting rundt om på jorda, kommer fra satellitter.

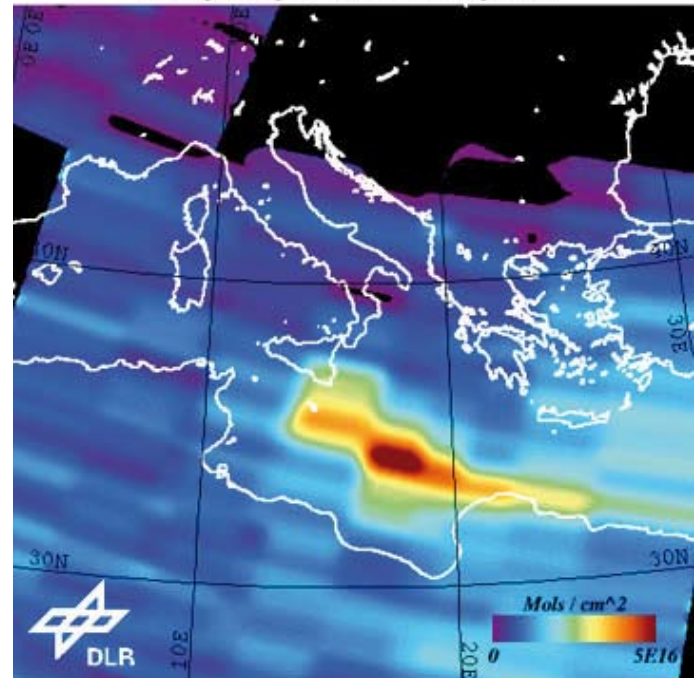
Den europeiske romorganisasjonen ESA har tatt klimaspørsmålet på alvor. En rekke europeiske satellitter er under bygging for å gi enda bedre innsikt i temperatur, havstrømmer, havis og skyer i årene framover. I tillegg intensiveres overvåkingen av sola gjennom en ny solflekksyklus i samarbeid mellom USA, Europa og Japan.

Sola er en variabel stjerne der utstrålingen varierer med en 11-års syklus med en underliggende historisk trend. De siste tyve årene viser derimot utstrålingen fra sola liten eller ingen trend. Hvordan vil sola påvirke klimaet vårt de neste hundre år? (SOHO/ESA/NASA)



GOME SO₂ Retrieval

3-Day Composite 22. - 24. July 2001



Satellittmåling av SO₂-utslipp fra vulkanen Etna. Målinger fra ESAs radarsatellitt Sentinel-1 vil fra 2011 bidra til detaljert overvåking av verdens vulkaner. (ESA/DLR)

HARLEKINMARIHØNA



Fra nytte dyr til verdens mest invaderende mariehøne

Monstermariehøna er på vei inn i Norge. Fra å være en tilfeldig blindpassasjer på importplanter i 2006 er harlekinmariehøna (*Harmonia axyridis*) funnet overvintrende i Oslo denne vinteren. Arten er uønsket i Norge fordi den kan utkonkurrere andre arter og ha en negativ innvirkning på artsdiversiteten. På kort tid kan den bli svært tallrik, og om høsten kan den opptre i tusentall på og i bygninger der den leter etter et sted for å overvintre.

I 2006 ble harlekinmariehøna for første gang påvist i Norge. Den ble funnet i Oslo i en sending med thujabusker fra Nederland. Funn i samme undersøkelse viste at 16 av 156 arter med insekter og edderkopper ikke var registrert i Norge tidligere. Disse artene ble funnet som blindpassasjerer på importerte grøntanleggsplanter, deriblant thuja og barlind. Det som setter denne importen i en særstilling, er at disse plantene produseres på friland sør i Europa og fraktes med jord oppover til Norge hvor de selges og plantes ut i hager og parker. Et mildere klima og en voksende planteimport øker sjansen for at nye arter kan etablere seg i Norge. Fremmede arter er en av de største truslene mot det biologiske mangfoldet, fordi de er i stand til å endre sårbare økosystemer. I dag kontrolleres ikke importerte planter godt nok til å hindre at disse fremmede artene slipper inn i Norge.

Utbredelse

Harlekinmariehøna har rykte på seg for å være verdens mest invaderende mariehøneart, og de siste årene har den spredt seg over store deler av Europa. I Storbritannia ble den første gang påvist i 2004, og forskere der tror hele øya vil være invadert innen utgangen av 2008. Danmark har også fått besøk av den og danskene rapporterer om en tallrik populasjon i København høsten 2007.

Harlekinmariehøna har sitt opprinnelige utbredelsesområde i Sentral- og Øst-Asia (Japan, Korea, Kina, Mongolia, Sibir, m.fl.).

Allerede i 1916 ble den introdusert til USA for biologisk bekjempelse av bladlus på sitrustrær, men den første etablerte bestanden ble ikke påvist før i 1988. Etter dette spredte den seg raskt og har nå blitt den vanligste mariehønearten i flere delstater. Forskere er fortsatt uenige i om etableringen skyldes tilskattede utslipp eller om den har kommet med importmateriale. Det som er sikkert, er at harlekinmariehøna, eller Multicolored Asian Lady Beetle som den også heter, har blitt den vanligste mariehønearten i flere stater i USA etter at den etablerte seg.

Harlekinmariehøna hører til ordenen biller (*Coleoptera*) og familien mariehøner (*Coccinellidae*). I Norge har vi 54 mariehønearter. Blant disse er det ca 34 som folk flest vil tenke på som mariehøner på grunn av de sterke fargene og med to eller flere prikker. Prikkene blir dannet av pigmenter i dekkvingene hos mariehøna og er gjerne artsspesifikke.

Livssyklus

Som alle andre biller har disse en fullstendig utvikling gjennom 4 stadier; egg, larve, puppe og voksen. Dette tar ca 3-4 uker. Eggene er gule og ovale og settes på høykant i klynger på 30-50 stk. Voksne individer som er klare for egglegging, oppsøker gjerne bladluskolonier hvor det vil være godt med mat når larvene klekker etter noen dager. Larvene spiser ofte eggskallet sitt og uklekte egg før de vandrer ut og tar for seg av føden rundt. Larven vokser og har 4 hudskifter før den kan forvandles til en

Gå på jakt etter harlekinmarihøner. Finner du den, er det flott om du sender en e-post om tid og sted til artikkelforfatteren: arnsteins@gmail.com.

HARLEKINMARIHØNA



Harlekinmarihøna (*Harmonia axyridis*) kan opptre i mange ulike varianter, *f.conspicua* (venstre), *f. spectabilis* (midten) og *f.succinea* (høyre). Bare *f.succinea* er foreløpig funnet i Norge.

puppe. Når dette skjer, fester larven bakkroppen på underlaget, larveskinnet sprekker opp og vrenses bakover. Fram kommer en puppe som herdes og fortsetter utviklingen mot det siste stadiet. Etter noen dager klekker den voksne marihøna, da er den helt gul og uten sorte prikker.

De fleste norske marihønene, som den 7-prikkede og den 2-prikkede, må ha en kuldeperiode (diapause) før de legger egg. Disse marihønene har derfor vanligvis bare en generasjon i året. Harlekinmarihøna kan ha flere generasjoner i året fordi den ikke trenger denne kuldeperioden.

Føde

Harlekinmarihøna er en glupsk bladlusjeger. I likhet med vår syvprykkede og toprikkede marihøne er den en generalist som kan ha mange byttedyr. Når det er lite bladlus, kan den spise egg og larver fra både biller, sommerfugler og andre bløthudete in-

sekt. I tillegg spiser den pollen og nektar. Om høsten kan man finne dem i klynger på frukt og bær hvor de tar til seg karbohydrater som den trenger for overvintringen. Som larve kan harlekinmarihøna få i seg mellom 90-370 bladlus før hvert hudskifte. Som voksen spiser den opptil 65 bladlus per dag. Kannibalisme er også utbredt, og den spiser egg og larver av både toprikket-, syvprykket- og sjakkbrettmarihøne, som alle er vanlige arter i Norge (se plakaten).

Når harlekinmarihøna blir forstyrret, skiller den ut et sekret, et alkaloid, som smaker og lukter vondt. I 2001 ble over en million liter vin ødelagt i USA som følge av at harlekinmarihøner hadde klynget seg på vindruene og blitt med i vinprosessen.

Marihøner overvintrer som voksne. I sitt naturlige habitat søker harlekinmarihøna ofte opp i fjellsider hvor den overvintrer under sørvendte steiner. I mangel på naturlige overvintrings-

HARLEKINMARIHØNA

steder har man i USA og Europa funnet mariehøner innendørs. Dette skjer ofte i månedsskiftet oktober/november og derfor har harlekinmariehøna også fått navnet "Halloween ladybug" i USA. De kan samle seg i tusentall, og når temperaturen i huset stiger, begynner de å røre på seg. De kommer inn i huset gjennom små sprekker og kan klemme seg igjennom åpninger på 3 mm.

Utseende og identifisering

På grunn av det varierende utseendet kan harlekinmariehøna være vanskelig å identifisere, men størrelsen, formen og antallet prikker gjør at den skiller seg ut. Arten er på størrelse med den norske syvprikkede mariehøna, men har en litt rundere/kuplete form. Fra Europa er det kjent fire hovedvarianter av arten; *f.succinea*, *f.spectabilis*, *f.conspicua* og *f.axyridis*. I Norge har vi foreløpig kun avdekket *f.succinea*, mens de andre variantene er kjent fra bl.a. Danmark.

Varianten *f.succinea* har mellom 0-19 sorte prikker og fargen på dekkvingene kan variere fra lys oransje til rød.

- Prikkene er plassert i et mønster på 2-3-3-1 på hver dekkvinge, med variasjoner i antall fremtredende prikker.
- Nakkeskjoldet (pronotum) har en hvit grunnfarge og 4-5 svarte flekker som ofte danner en M eller W avhengig av hvilken vei man ser den. Den svarte tegningen kan også være formet som et trapes.
- Bak på dekkvingene har arten vanligvis en kant/rynke som går på tvers.

Funn i Norge

Det første funnet på friland i Norge ble gjort i november 2007 ved Solli plass i Oslo. Senere kom det også rapporter fra to andre lokaliteter i Oslo. Det er derfor sannsynlig at arten har klart å etablere en bestand i Oslo-området. I så fall vil dette være den hittil nordligste populasjonen av harlekinmariehøna i Europa.



Sterkt kjemisk forsvar! Mariehøna skiller ut et sekret som forsvar mot å bli spist. Arten på bildet er *Hippodamia tredecimpunctata*.

Vanlige norske mariehøner



Syveflekket mariehøne*
Anafis ocellata
Lengde: 7 - 9 mm
Habitat: Nåletrær
Stekten har 1 art i Norge



Stripet mariehøne*
Myzia oblongopunctata
Lengde: 6 - 8 mm
Habitat: Nåletrær
Stekten har 1 art i Norge



Syvprikket mariehøne
Coccinella septempunctata
Lengde: 5 - 8 mm
Habitat: Generelt
Stekten har 6 arter i Norge



Trettensprikket mariehøne*
Hippodamia tredecimpunctata
Lengde: 4,5 - 7 mm
Habitat: Vålermark
Stekten har 5 arter i Norge



Sekstensprikket mariehøne*
Pezomachus sedecimpunctata
Lengde: 5 - 7 mm
Habitat: Livfældende trær (eks. Ask)
Stekten har 1 art i Norge



Fjortensprikket mariehøne
Cafius quatuordecimpunctatus
Lengde: 4,5 - 6 mm
Habitat: Livfældende trær
Stekten har 3 arter i Norge



Åttenprikket mariehøne*
Myrrha octodecimpunctata
Lengde: 3,5 - 6 mm
Habitat: Nåletrær
Stekten har 1 art i Norge



Topprikket mariehøne
Adalia bipunctata
Lengde: 3,5 - 5,5 mm
Habitat: Generelt
Stekten har 3 arter i Norge



Tipprikket mariehøne*
Adalia bipunctata
Lengde: 4 - 5 mm
Habitat: Busker, skoglandskap
Stekten har 2 arter i Norge



Sjakkbrettmariehøne*
Pezomachus sedecimpunctata
Lengde: 3,5 - 4,5 mm
Habitat: Nåletrær
Stekten har 1 art i Norge



Aphidecta obliterata
Lengde: 3,5 - 5 mm
Habitat: Nåletrær
Stekten har 1 art i Norge



Femsprikket mariehøne
Coccinella quinquepunctata
Lengde: 3 - 5 mm
Habitat: Generelt
Stekten har 8 arter i Norge



Hieroglyfmariehøne*
Coccinella hieroglyphica
Lengde: 4 - 5 mm
Habitat: Lynghei
Stekten har 5 arter i Norge



Eirochonus quadripustulatus
Lengde: 3 - 5 mm
Habitat: Nåletrær
Stekten har 1 art i Norge



Tjuefireprikket mariehøne
Subcoccinella vigintiquatuorpunktata
Lengde: 3 - 4 mm
Habitat: Gresseng
Stekten har 1 art i Norge



Vingeløs mariehøne*
Cynogaster impunctata
Lengde: 3 - 4,5 mm
Habitat: Gresseng
Stekten har 1 art i Norge



Tjueprikket mariehøne*
Anisosticta novemdecimpunctata
Lengde: 3 - 4 mm
Habitat: Vålermark, 'lakser' dunkjelv
Stekten har 2 arter i Norge



Tjueprikket mariehøne*
Pylorobius vigintiduo-punctata
Lengde: 3 - 4,5 mm
Habitat: Gresseng
Stekten har 1 art i Norge



Svart fjortensprikket mariehøne*
Coccinella quatuordecimpunctata
Lengde: 3 - 4 mm
Habitat: Gresseng
Stekten har 1 art i Norge



Chilocorus renipustulatus
Lengde: 3 - 4,5 mm
Habitat: Livfældende trær
Stekten har 2 arter i Norge

* Senlig til norsk navn. Buxton og navnlig etter Holmvang, T. (red.) 1982. Norske dyrtaxer med tilhørende viteskapelige navn. II: Insekter, edderkoppdyr og ryggradsdyr. Fauna, tryk. 35. nr. 2.



FREMMEDE ARTER

Fremmede arter i norsk natur – til berikelse eller økte problemer?

Fremmede arter er et økende problem i norsk natur. Mange av artene er lette å observere for elever og gir et godt eksempel på at naturen ikke er statisk, men i stadig forandring. Flere av artene har interessante spredningsmetoder og de gir oss mange problemstillinger som er verdt å diskutere med elevene.

Naturlige barrierer i naturen som hav, fjell og elver har ført til at ulike arter og økosystemer har utviklet seg forskjellig. Artene har fått egenskaper som er tilpasset sine leveområder. Dermed har evolusjonen gitt hver region sine særegne arter. Artene er blitt spesialiserte mot sykdommer og ulike typer endringer. Etter FNs konvensjon om biologisk mangfold, som Norge har undertegnet, er vi forpliktet til å hindre innføring av fremmede arter. Konvensjonen sier videre at Norge skal kontrollere eller utrydde arter som truer økosystemer, leveområder eller andre arter.

Hva er en fremmed art?

Våren 2007 kom Artsdatabanken med "Norsk Svarteliste" over fremmede arter som truer norsk natur. I listen er det gjort risikovurderinger av 2483 arter, og totalt er 93 arter vurdert til kategorien høy risiko. Høyrisiko arter er arter som har negativ effekt på stedegent biologisk mangfold. I Norsk svarteliste blir en fremmed art definert på følgende måte:

Fremmede arter er arter, underarter eller lavere takson som opptrer utenfor sitt naturlige utbredelsesområde ...og inkluderer alle livsstadier eller deler av individer som har potensial til å overleve og formere seg. (Norsk svarteliste 2007).

Det er mange problemstillinger knyttet til en "svarteliste", hvorfor blir noen arter regnet som fremmede eks platanlønn, mens bøk eller sitkagran ikke blir regnet med? Jeg skal ikke ta opp denne problemstillingen her, men et søk på nettet gir mange interessante artikler.

Hvor kommer artene fra?

Artene kommer som oftest som blindpassasjerer til hagebruk og gartneri. Mange av artene er "norske" arter som har spredd seg til nye områder i Norge. Et eksempel er pinnsvin. Ellers kommer de fleste artene fra Europa. Når artene først er etablert i Norge, har de ulike spredningshastigheter. Kongekrabben sin vandring sørover kan vi følge fra år til år. Andre arter, som platanlønn, har hatt en stille invasjon av store arealer langs hele norskekysten opp til Lofoten. Flere av artene vil få en større utbredelse ved et framtidig varmere klima. Mange av artene har interessante spredningsmetoder og er gode eksempler på ulike tilpassninger.

Å observere og finne fremmede arter kan være vanskelig for dem som ikke er fagpersoner. Ofte tenker ikke folk over at det er fremmede arter, og at de ikke hører hjemme i de lokale naturtypene. Men med litt kjennskap til arter og spredningsmetoder er det ikke vanskelig å finne og følge utvikling til flere arter i nærområdet. I nærområdet til hager og skoler er det ofte områder som blir brukt til dumping av hageavfall, og her kan vi finne flere arter som står på "svartelista".

Fremmede arter som er lette å undersøke

Vi skal se på fire høyrisiko arter som alle er lette å observere, og som finnes i nærområdene flere steder i landet. Andre arter som er lette å observere er hagelupin, rødhyll, tromsøpalme og japanpestrot.



Platanlønn. Foto: Norman Hagen.

Som en forberedelse til aktivitetene er det greit å snakke med elevene om nye og fremmede arter, og hvorfor de ikke er ønskelige i norsk natur. Hvilke trussel utgjør arten og hvordan sprer den seg? Hva kan gjøres for å hindre videre spredning?

Platanlønn, en gang et prydtre

Hageeiere på 1700-tallet plantet platanlønn som et prydtre. Treet kan bli opptil 30m høyt og tar seg flott ut i parker og ved kirker. I dag blir den plantet langs veier og i hager, den er i rask spredning, og kan dominere store områder. Platanlønn vokser på skrinn jord og er svært tilpassningsdyktig. Ungplantene tåler å vokse i skygge, noe som er en fordel i forhold til andre planter. Den setter frukt i ung alder og produserer store mengder frø. Den blir vurdert som en høyrisiko art i "svartelisten".

Parkslirekne, en spennende nykommer

Parkslirekne var en gang et spendende innslag i hagene. Etter hvert trivdes den for godt og vokste ut av hagen. Hageeieren skar den ned og dumpet restene ved nærmeste skogkant. Her trivdes den godt. Parkslirekne sprer seg vegetativt og jordstengelen kan spre seg både i ferskvann og i saltvann. Den slår ofte rot i vannkanter. Når den først har fått slått rot, kan den dekke



Parkslirekne. Foto: Norman Hagen.

store områder, med tett og nærmest ugjennomtrengelig jungel. Den er vanlig langs kysten opp til Lofoten og blir regnet som en høyrisiko art.

Pærebrann og dens bærere

Pærebrann skyldes en bakterie som gir alvorlig sykdom på epler, pære og rosebusker. Den trives godt på mispelarter, som er utbredt som prydbusk. Mispelarter er en av de viktigste måter pærebrann blir spredd på. I Norge og spesielt på Vestlandet, er det satt inn store ressurser på overvåking og fjerning av mispelplanter. Den store skrekken er at pærebrann sprer seg inn til frukthagene i Hardanger og Ryfylket i Rogaland. Mispelarter er blitt plantet i mange hager siden 60- og 70-tallet. Den produserer store mengder bær som blir effektivt spredd med fugl. Mispel holder bladene langt utover høsten og er derfor lett å finne på senhøsten. I bynære områder kan du finne mange enkeltindivider av mispelplanter som det er vanskelig for myndighetene å ha kontroll på.

Aktiviteter om fremmede planer

- Kartlegg forekomster av arten i nærområdet
- Undersøk skoggrensene og randsoner og se om arten finnes der
- Finn og kartlegg plasser hvor det blir kastet hageavfall
- Lag vegetasjonskart over et område slik at utviklingen kan følges over flere år
- Fjern planten på ulike måter og observer hva som skjer

FREMMEDE ARTER

Iberiasnegl, hageeierens skrekk

Den innførte arten som har skapt flest problemer i de senere år, er Iberiasnegl eller brunsnegl. Mang en hageeiere som har stiftet bekjentskap med denne arten, har erklært en krig som tas dypt alvorlig. Det er rapportert om ”fangster” på flere tusen i løpet av en sesong. Iberiasnegl har ingen naturlige fiender i norsk natur. Den er hermafrodit, noe som betyr at hvert individ opptre som både hun og han. Hvert individ kan legge opptil 400 egg i løpet av sommeren, etter 3,5 – 5 uker klekkes eggene. På tross av lav evne til egenspredning, har den spredd seg raskt og i et stort antall.

Aktiviteter om iberiasnegl

- Kartlegg forekomster av iberiasnegl i nærområdet
- Intervju hageeiere om hvor lenge sneglen har vært i området og hvordan den blir bekjempet
- Prøv å finne ut hvordan den har kommet til området



Foto: Arnstein Staverløkk /Natuorgbilde.no

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Etter 2. trinn

Mangfold i naturen

- Kunne gjenkjenne og beskrive noen planter og dyrearter og sortere dem

Etter 4. trinn

Forskerspiren

- Bruke naturfaglige begreper til å beskrive og presentere egen observasjon på ulike måter

Mangfold i naturen

- Samtale om livssyklusen til noen plante og dyrearter
- Observere hva som skjer med et tre eller en annen flerårig planter over tid.
- Argumentere for forsvarlig framferd i naturen

Etter 7. trinn

Forskerspiren

- formulere spørsmål om noe han eller hun lurer på, lage en plan for å undersøke en selvformulert hypotese, gjennomføre undersøkelsen og samtale om resultatet

Mangfold i naturen

- planlegge og gjennomføre undersøkelser i noen naturområder i samarbeid med andre

Etter 10. trinn

Forskerspiren

- planlegge og gjennomføre undersøkelser for å teste holdbarheten til egne hypoteser og velge publiseringsmåte

Mangfold i naturen

- observere og gi eksempler på hvordan menneskelige aktiviteter har påvirket et naturområde, identifisere ulike interessegruppers syn på påvirkningen og foreslå tiltak som kan verne naturen for framtidige generasjoner

Etter Vg 1

Bærekraftig utvikling

- beskrive suksessjonsprosesser i et økosystem
- forklare hva som ligger i begrepene føre-var-prinsippet, usikker kunnskap og begrepet bærekraftig utvikling, og gi eksempler på dette



Tekst: Espen Aarnes og Ingvild Wartainen
Bioforsk Jord og miljø Svanhøvd

FENOLOGI PÅ NORDKALOTTEN

Norsk – russisk skoleprosjekt med fokus på klima

Skolenettverket ”Phenology of the North Calotte” (PNC) er et norsk–russisk prosjektsamarbeid mellom grunnskoler og naturvitenskapelige forskningsinstitusjoner i Barents-regionen. Langs en løype i skolens nærområde registrerer elevene tidspunktet for utvalgte årvisse hendelser (fenofaser), og de innsamlede dataene brukes videre i klimaforskning.

Bakgrunn

Skoleprosjektet har siden starten i 2001 vært ledet av Bioforsk Jord og Miljø Svanhøvd og er et prosjektsamarbeid som omfatter grunnskoler og naturvitenskapelige forskningsinstitusjoner i Norge og Russland. PNC består av en naturfaglig del og en kulturutvekslingsdel, og har som målsetting å:

- Øke den naturfaglige kompetansen blant elever i grunnskolen (ungdomstrinnet) ved innlæring av en del nøkkelarter for nordlige økosystem og bevisstgjøre elevene på tidspunkter for årvisse hendelser i naturen
- Medvirke til gjensidig forståelse og respekt for kultur og tradisjon på tvers av landegrensene gjennom å skape arenaer for bedre kontakt mellom norske og russiske skoler og faginstitusjoner
- Lære skoleelevene vitenskapelig metode og bidra til økt interesse for forskning. Koble forskning og undervisning slik at man reduserer gapet mellom disse disiplinene
- Medvirke til økt satsning og bruk av IKT på skolene som deltar på prosjektet
- Stimulere til bedre engelskkunnskaper blant russiske og norske skoleelever

Prosjektet er avhengig av mange gode samarbeidspartnere og i Norge er Nettverk for miljølære en viktig partner, da de utvikler og oppdaterer nettsidene for prosjektet kontinuerlig. Prosjektet



En del av fenologiprojektet er å registrere når den første rødnebbterna (*Sterna paradisaea*) blir observert. Foto: Espen Aarnes

har også samarbeid med Norut IT Tromsø, som benytter data fra fenologinettverket og bidrar med råd og veiledning i forbindelse med etablering av nye registreringsområder. I tillegg er Oppvekstkontoret i Alta involvert med en ressursperson i prosjektnettverket.

FENOLOGI PÅ NORDKALOTTEN



Figur 1: Kartet viser deltager-skolene hvor de fenologiske observasjonene blir gjort.

Hovedfinansieringen kommer fra Miljøverndepartementet. Fylkesmannen i Finnmark og Barentssekretariatet bidrar også økonomisk til prosjektet.

Fenologisk løype

Fenologi er studiet av tidspunktet for de sesongvise variasjonene i naturen (fenofaser), slik som blomstring hos blåbær (*Vaccinium vitis idae*), tilbakekomst av vårens første linerle (*Motacilla alba*) og gulninga av bladene på bjørka (*Betula sp*) om høsten. I prosjektet skal elevene registrere hele 33 fenofaser fordelt på 18 forskjellige fugle-, insekt- og plantearter, samt snø- og isdekke.

Hver enkelt skole har laget seg en løype i nærområdet hvor de har mulighet til å studere de fleste av de aktuelle artene. For å kunne si noe om klimaendringer innen et område og variasjoner

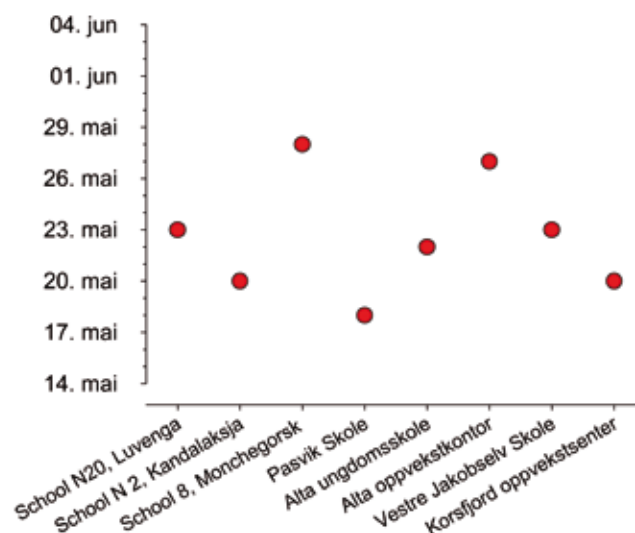
mellom områder, er det nødvendig at tidspunktet for de botaniske fenofasene, samt snø- og isdekke, registreres på samme område hvert år. Det er også avgjørende at fenofasene er tydelige og godt definerte for å kunne sammenligne resultater fra år til år og mellom forskjellige skoler. Prosjektet har derfor utarbeidet en egen prosjektmanual (norsk og russisk) og feltmanual (engelsk), som benyttes av deltakerne.

Registrering på nett

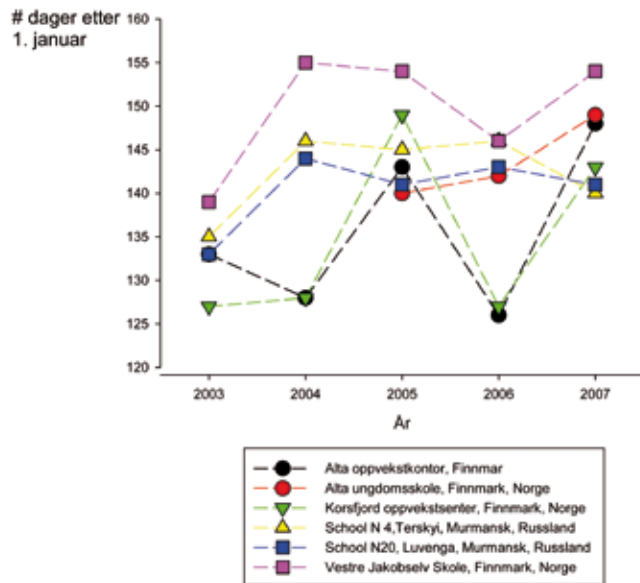
Prosjektet har egen nettside (sustain.no/projects/northcalotte), hvor skolene registrer sine observasjoner i en database. Resultater fra alle skolene kan hentes ut ved behov og benyttes i undervisningen. Mulighetene er mange, og i naturfag kan de blant annet benyttes til å studere lokale og regionale klimavariasjoner. Resultatene kan også benyttes til tverrfaglig arbeid med for eksempel matematikk, engelsk og geografi.

Et bidrag i klimaforskningen

Arbeidet som blir gjort i dette prosjektet har også betydning for klimaforskningen som blir gjennomført ved Norut IT Tromsø.



Figur 2: Dato for første observasjon av rødnebbterne (*Sterna paradisaea*) i 2007. Skolene står ordnet etter breddegrad, med den sørligste nærmest origo.



Figr 3: Tidspunkter for første observasjon av bladsprett hos bjørk (*Betula pubescens*)

Ved bruk av avansert satellitteknologi kan de måle graden av grønnhet i vegetasjonen (fotosynteseaktiviteten). De kan da få bilder som viser når vekstsesongen starter om våren og når gulningen inntreer i vegetasjonen om høsten. For å kunne tolke og forstå hva satellittbildene viser er de avhengige av observasjoner på bakken som de kan sammenligne med. I Nord-Norge er skolene som deltar i PNC-prosjektet en viktig bidragsyter til disse målingene.

Skolesamling

Ved siden av de fenologiske registreringene er skolesamlingene den viktigste aktiviteten i prosjektet. Her treffes 50-60 elever og lærere fra deltakerskolene til en naturfaglig leirskole som varer i tre dager. Fokuset er på sosiale aktiviteter og biologiske tema. Samlingen avholdes annethvert år i Norge og Russland, og i år skal den avholdes i Alta. Her vil fremstilling av resultatene i databasen ved grafer og tabeller, tolking av disse og skriving av rapport være blant temaene. Fuglekikking, matlaging på bål og museumsbesøk vil også inngå i programmet. I 2007 ble skolesamlingen avholdt i Murmashi i Russland, og her var det spesielt fokus på analyser av ferskvann og jord, samt artsmangfold hos lav.

Svanhovd

Bioforsk Jord og miljø Svanhovd ligger i Pasvikdalen, møtepunktet mellom Norge, Finland og Russland. Beliggenheten gir ett unikt utgangspunkt for samarbeid på tvers av grensene, og Svanhovd er en aktiv brobygger i miljøsam arbeidet mellom Norge og Russland. Vi har lang erfaring innen forskning og formidling av natur og miljøfag i Barentsregionen. Her gjennomføres det blant annet faunaregistreringer, forskning på helsefremmende urter i Barentsregionen og DNA-analysering av brunbjørn. Sistnevnte gjør at Svanhovd er et viktig ledd i den nasjonale bestandsovervåkingen av brunbjørn, da alle DNA-analyser blir gjennomført her. Vi gjennomfører også overvåking av bestanden som holder til i grenseområdet Norge, Finland og Russland (Pasvik-Inari), og dette er et samarbeid mellom de tre landene. Øvre Pasvik nasjonalpark verner et av landets største urørte urskogsområder, og nasjonalparksenteret ligger på Svanhovd. Her har finner man blant annet en utstilling som forteller om naturen i Pasvikdalen.

Tolking av figurer

Det å tolke figurer er noe som krever trening, og vi får bruk for mer enn gode naturfagkunnskaper. Kunsten er å stille de riktige spørsmålene, og da kan vi få bruk for både naturfag-, geografi-, IKT- og mattekunnskaper. Figur 2 ser oversiktlig og grei ut, men hvordan kan vi forklare at den ser slik ut? En titt på kartet (figur 1) viser jo at det slett ikke er noen sammenheng mellom sørlig beliggenhet og tidlig observasjon. Hva kan årsaken til dette være? Kan dette si noe om trekkrutene til rødnebbterne? Kanskje kan vi finne mer om dette på Internett? En annen faktor vi må ta i betraktning er at dette er tilfeldige observasjoner av et mobilt objekt. Hvilken betydning kan det ha på forskjellen mellom Alta ungdomsskole og Alta oppvekstsenter?

Figur 3 er mer uoversiktlig og viser observasjoner av et stasjonært objekt over flere år. Klarer vi å se et mønster? Ser vi flere mønstre, og i tilfelle hvilke kan skyldes klima og hvilke kan skyldes observatøren? Hvorfor viser enkelte skoler avvik fra mønsteret noen år? Kan enkelte av målingene forklares ut i fra meteorologiske målinger? Kan vi se regionale og lokale tendenser? Hva kan være årsaken til at løvsprett skjer så seint i Vestre Jakobselv? Det er mange spørsmål vi kan stille oss, og det er slett ikke alltid noe fasitsvar. Elevene (og lærer) får virkelig satt sine kunnskaper og logiske tenking på prøve i et slikt arbeid.



Å forske på blader

Studer blader, finn kjennetegn og klassifiser dem

1. Studer blader fra ulike trær. Se på over- og underside, nerver, form, sammenligne former på eget blad sammenlignet med blad fra andre trær. Hvilken funksjon har nervene i bladet?
2. Finn kjennetegn, likheter og forskjeller. Hvilke blader ligner på hverandre og hva ligner de på? Finn assosiasjoner.
3. Hvordan kan dere klassifisere eller ordne bladene? Undersøk for eksempel høyde, bredde, flateinnhold, farge, form eller tykkelse. Hvordan kjennes det ut når dere tar på bladene?
4. Bruk bladene og lag dekorative bilder: Du kan presse bladene mellom aviser med en tung bok på toppen. Du trenger ikke å skifte papir, men bladene bør ligge i press et par uker. Deretter kan du montere bladene på ark. Klipp gjerne ut rammer i en annen farge og lag utstilling. Alternativt kan du male på blader og lage avtrykk.

Kommentarer/praktiske tips

Bladene har forskjellige former og fasonger, og vi beskriver dem som for eksempel runde, med tagger, fjærnærvede eller håndnervete, koplete, brede, smale, med hår på stilken, blanke eller matte, grønne, lys grønne, gråaktige over eller under og så videre. Studering av bladformer egner seg også til samarbeid med forming og/eller matematikk.



Avtrykk av blad

Materialer og utstyr

- luper
- kontaktpapir
- aviser eller lignede til å presse blader
- saks
- tape
- lim
- tegne- og skrivesaker



Det er ikke nødvendig å lære alle begrepene med en gang. Men det vil oppstå behov for begreper når bladene skal beskrives og kanskje sorteres eller brukes i et bilde. Oversikt over nyttige begreper finnes i de fleste floraer.

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Barnetrinn 3-4

Forskerspiren

- bruke naturfaglige begreper til å beskrive og presentere egne observasjoner på ulike måter
- innhente og systematisere data og presentere resultatene med og uten digitale hjelpemidler

Mangfold i naturen

- observere og notere hva som skjer med et tre eller en annen flerårig plante over tid

Barnetrinn 5-7

Mangfold i naturen

- beskrive kjennetegn til et utvalg av plante-, sopp- og dyrearter og fortelle hvordan disse er ordnet systematisk



Aktiviteten tilhører undervisningsopplegget "Forskerspirer undersøker trær" som er en del av Forskerdiplom. Se: www.naturfag.no/forskerdiplom.

Tekst: Inger Hilmo, Høgskolen i Oslo

Å FINNE HØYDEN PÅ ET TRE

Å finne høyden på et tre

Det fins flere metoder til å måle høyden på trær. Her er to forslag. Kan du finne andre måter?

Materialer og utstyr

- pinne
- metermål

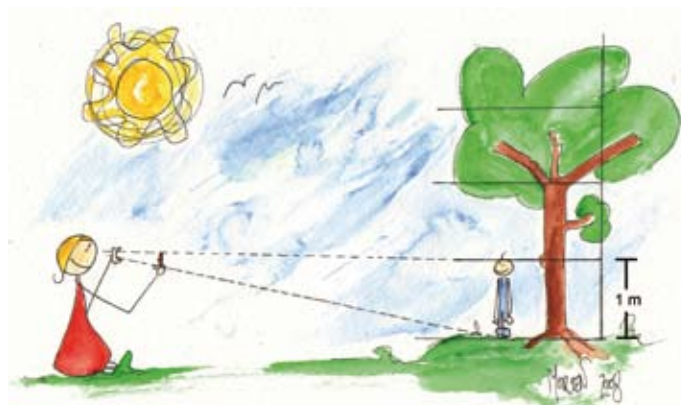


Metode for å måle høyden på et tre. Illustrasjon: Morten Solheim

1. Gå et stykke unna treet du skal måle. Hold opp en liten pinne som akkurat dekker treet når du sikter på det.
2. Vri pinnen 90 ° slik at det ser ut som den ligger i flukt med bakken rett ut til siden for treet. Be en elev gå fra treet og rett ut til siden i samme retning som du har vippet pinnen. Eleven skal stoppe når du ser han/henne ved enden av pinnen.
3. Mål avstanden fra treet til eleven. Avstanden fra eleven til treet er like lang som høyden på treet.

Kommentarer/praktiske tips

Det er viktig å kunne bruke øyemål, og å kunne vurdere resultater man regner seg fram til. Dette egner seg som et tverrfaglig opplegg med matematikk.



Metode for å måle høyden på et tre. Illustrasjon: Morten Solheim

1. Stå noen meter fra treet og hold en pinne i hånden. Sikt mot en elev som står ved treet. Pinnen skal dekke høyden til eleven.
2. Så sikter du inn hvor mange ganger pinnen går på høyden av treet. Dette antallet ganger du med høyden til eleven. Hvis eleven er 1 meter høy og pinnen går 4 ganger på høyden av treet, er treet 4 meter.

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Barnetrinn 3-4

Forskerspiren

- innhente og systematisere data og presentere resultatene med og uten digitale hjelpemidler
 - bruke enkle måleinstrumenter til undersøkelser
- ##### Mangfold i naturen
- observere og notere hva som skjer med et tre eller en annen flerårig plante over tid



Vanntransport i en plante

Sett en avskåren plante i farget vann og studer vanntransporten

1. Sett en plante i et glass med vann. Tilsett farge i vannet.
2. La planten stå et par dager. Studer hva som skjer og beskriv det. Kan dere se vedrør på blader og blomst? Prøv å forklar hva som skjer.
3. Eksperimenter videre:
 - Lag for eksempel et snitt på langs av stengelen. Sett de to stengeldelene i vann med forskjellig farge.
 - Prøv ut ulike planter.
 - Prøv forskjellig type farger som blekk, konditorfarge, vannfarge.

Nellik egner seg godt til dette forsøket.



En nellik som er farget blå av blekk

Faglig forklaring

Transporten skjer i vedrørsceller som danner lange vedrør i stengelen. Vedrørene blir farget og viser hvordan vann transporteres opp i blomsten.

På bildet til høyre er det tydelig å se at disse rørene går rett opp i blomsten og ikke krysser hverandre.



Nellik i vann med rødt og blått blekk



Aktiviteten tilhører undervisningsopplegget "Forskerspirer undersøker trær" som er en del av Forskerdiplom. Se: www.naturfag.no/forskerdiplom.

Tekst og foto: Naturfagsenteret

VANNTRANSPORT I EN PLANTE

Materialer og utstyr

- nellik eller annen plante med hvit blomst
- ulike vannløselige fargestoffer
- tre glass

Kommentarer/praktiske tips

Det er mulig å gjøre dette forsøket med ulike planter med hvit blomst. Men nellik og roser fungerer spesielt godt fordi det er lett å kutte i stilken og blomsten tar lett farge. Dere kan også prøve hvite tulipaner eller hvitveis.

Blekk gir sterk effekt, med det er også mulig å bruke forskjellige typer vannfarger og konditorfarge.

Nærbilde av nellik som er farget rød og blå. Fint til 17. mai!

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Barnetrinn 3-4

Forskerspiren

- bruke naturfaglige begreper til å beskrive og presentere egne observasjoner på ulike måter

Mangfold i naturen

- observere og notere hva som skjer med et tre eller en annen flerårig plante over tid

Biologi 1

Funksjon og tilpassing

- forklare korleis opptak og transport av vatn og oppløyste stoff skjer hos planter, og diskutere kva slag tilpassing planter kan ha til ulike levevilkår



KONKURRANSE JAKTEN PÅ BOKSTAVER OG TALL

Jakten på bokstaver og tall i naturen 2008

Har du oppdaget at naturen er full av bokstaver og tall? Sommerfuglen Hvit c har en C under vingene. Sprekker i et svaberg kan danne bokstaven A. Nå gjentar vi suksessen fra i fjor og utlyser ny konkurranse: Ta digitale bilder av former i naturen som ligner på bokstaver og tall i naturen.

I fjor fikk vi inn bidrag fra nesten 30 klasser. Gruppene Polaris og Sirius ved 2. trinn og læreren Marit Seim på Ila skole ble kåret til vinner av fotokonkurransen.

Juryens begrunnelse var:

”Elevene har laget en spennende presentasjon med bilder av bokstaver og tall i naturen. Motivene er hentet fra skyer, vann, svaberg, blomster, bark og trær. Motivene er nære, fjerne, store og små. I presentasjonen har de brukt naturfaglige ord som forklarer motivene. Både bildetakingen og bruken av bildene er kreativ. For eksempel er bildene brukt til å lage ord.”



Fra presentasjonen til 2. trinn ved Ila skole. Kan du lese hva som står skrevet?

[72]



Jakten fortsetter: Flere måneder etter at elvene ved Ila skole var med i konkurransen fant de en siamesisk tvilling-banan i fruktkurven. Den forårsaket mange spennende studier, og når de kuttet den opp, fikk alle et åttetall hver.

På disse sidene kan du se noen bilder fra presentasjonen til elevene ved Ila skole.

Vi håper dere ble inspirert til å se etter bokstaver, tall, mønstre, planter, dyr og spennende ting i naturen. Jakten fortsetter og det blir ny konkurranse i år! Konkurransen gir mulighet til å bruke grunnleggende ferdigheter som skriving, lesing og bruk av digitale verktøy som kamera og for eksempel PowerPoint på en kreativ måte i naturfag. Bruk for eksempel en utedag og start gjerne nå i vinter og samle bilder fra ulike årstider.

Lærere som deltok med elever i 2007 har sagt følgende:

- ”Før var elevene ute å lekte, nå leter de etter bokstaver og tall i naturen”
- ”Elevene kommer stadig og forteller om ting de har sett ute som ligner på bokstaver og tall”

KONKURRANSE JAKTEN PÅ BOKSTAVER OG TALL

Konkurransetilbetingelser 2008

Produkt: Ta digitale bilder av former i naturen som ligner på bokstaver og tall. Lag en presentasjon av bildene. Det kan være en plakate med en oversikt over noen av bokstavene eller en presentasjon i PowerPoint. Det må være minst 15 bilder av bokstaver og/eller tall. Motivene skal være hentet fra naturen og skal ikke være manipulert. Men bildet kan beskjæres. Til hvert bilde må det oppgis hvilket tall eller bokstav det representerer og gjerne navn på motivet, for eksempel løvetann.

Målgruppe: Barnehage og barnetrinnet

Innlevering: Send produktet på e-post til konkurranse@naturfag.no eller send CD til

Wenche Erlien, Naturfagsenteret
Postboks 1099 Blindern
0317 Oslo.

Oppgi navn på klasse, lærer, skole og lærerens e-postadresse.

Innleveringsfrist: 1. oktober 2008

Premier: Det deles ut premie til det beste bidraget fra barnehager og fra barnetrinnet. Premien består av digitalt kamera til skolen/barnehagen.

Gruppene Polaris og Sirius ved Ila skole



A - Svaberg





ROLLESPILL VANNETS KRETSLØP

Vannets kretsløp

Et rollespill om vannets kretsløp som gir et realistisk bilde på vannmolekylenes "tur" gjennom de forskjellige fasene og oppholdsstedene i naturen.

Vannmolekylene kan være på følgende oppholdssteder: hav, atmosfære, planter, innsjø, dyr, bakke, grunnvann, isbre eller elv. Hvert oppholdssted symboliseres med en plakat eller bilde, og de plasseres rundt i hele undervisningsrommet.

Elevene skal være vannmolekyler og jobbe i grupper på tre.

Rollene er:

- Kasteren - kaster terningen som viser neste oppholdssted
- Speideren - leder gruppa til neste oppholdssted
- Sekretæren - noterer oppholdsstedene i rekkefølge

Gjennomføring av spillet

Alle grupper unntatt én starter på oppholdsstedet HAV, fordi 97,2 % av vannet på jorda er i havet. Én gruppe starter på ISBRE der 2,2 % av vannet er. Alle grupper kaster terning og flytter seg ti ganger. Tabellen (som kan lastes ned fra naturfag.no) forteller hvilke oppholdssteder gruppene skal flytte seg til ut fra hvilket tall terningen viser.

Sekretærene rapporterer til læreren som lager en felles oversikt på tavla over oppholdsstedene til de forskjellige gruppene. Bruk gjerne en tabell som den nedenfor (her er oppholdssteder for gruppe 1 skrevet inn).

Gruppe	Oppholdssteder									
Gr. 1	hav	atmosfære	innsjø	innsjø	atmosfære	isbre	elv	dyr	bakke	planter
Gr. 2										
Gr. 3										
osv.										

Materialer og utstyr

- terninger
- tabell som viser oppholdssteder i spillet
- bilder av oppholdssteder

Fra sekretærens notater, skal gruppa i løpet av 10 minutter lage en kort presentasjon av vannets kretsløp slik det var for disse tre vannmolekylene. Gruppene kan selv velge form på presentasjonen: Historie, eventyr, dikt, nyhetsopplesning, tegning, modell, osv. Gruppene presenterer for hverandre.

Ny gjennomføring av spillet etter global oppvarming

Ved global oppvarming øker temperaturen. Molekyler i atmosfæren beveger seg forttere. Gruppene må derfor løpe mellom oppholdsstedene. Det blir mer stress overalt i naturen. Vannets kretsløp får mer energi og går på et høyere gir. Derfor har hver gruppe to terninger og en ny tabell. Ellers følges samme opplegg og samme tabell som før global oppvarming. Summer kolonnene og sammenlign de to tabellene. Er det noen forskjell i hvor ofte vannmolekylene er på de ulike oppholdsstedene før og etter global oppvarming?



Hele rollespillet med vedlegg finner du på naturfag.no

Tekst: Pål Kirkeby Hansen, Høgskolen i Oslo

ROLLESPILL VANNETS KRETSLØP

Faglig forklaring

Vannets kretsløp er den største og mest energikrevende prosessen på jorda. Nærmere 23 % av innstrålt solenergi brukes til dette kretsløpet. Da har allerede skyene, som er en del av kretsløpet, reflektert ca 30 % tilbake til verdensrommet. Til sammenlikning bruker vind og havstrømmer ca 1 % og fotosyntesen bare 0,02 % av solenergien.

Mange værphenomener er en del av vannets kretsløp. Når vandampen i atmosfæren avkjøles, kondenserer den til skyer eller tåke som er en samling av bittesmå dråper (10-50 mikrometer i diameter) eller små iskrystaller. Skydråpene og iskrystallene er så lette at de svever i lufta. Under gunstige forhold kan iskrystallene raskt vokse seg så store at de begynner å falle som snø og hekte seg sammen til snøflak. Er det varmt nok, smelter snøflakene til regndråper på ca.1 millimeter i diameter. All nedbør starter som snø på våre breddegrader, selv om sommeren! De mest dramatiske værphenomenene er de store tropiske orkanene med enorm vindstyrke og voldsom nedbør. Også de store syklonene som kommer inn over landet vårt, kan gi mye nedbør og sterk vind. Mindre skala, men mye dramatik ligger i store bygskyer med tordenvær.

Mange lærebøker i naturfag og geografi fremstiller vannets kretsløp svært forenklet der alt vann på jorda deltar i en rundkjøring mellom hav, atmosfære, landjorda og hav igjen. I dette rollespillet er det med flere oppholdssteder for vannet og resultatene i tabellen gir et relativt realistisk bilde av kretsløpet.



Oppholdssteder i rollespillet Vannets kretsløp hvis det antas at global oppvarming har funnet sted.
 Finn ut hvor dere står. Kest temingene. Temingkastet (kolonnen til venstre) angir hvilket oppholdssted dere skal flytte dere til.

Dere står	Hva hender med dere?	Flytt til
HAV		
2 til 5	Vannet oppvarmes og fordampet	Atmosfære
6 til 12	Vannet blir i havet	Hav
ATMOSFÆRE		
2	Vandampen avkjøles, kondenserer og faller som regn på bakken	Bakke
3 eller 4	Vandampen avkjøles, kondenserer og faller som snø på isreen	Isbre
5 eller 8	Vandampen avkjøles, kondenserer og faller som regn på innsjøen	Innsjø
7, 8, 9 eller 10	Vandampen avkjøles, kondenserer og faller som regn på havet	Hav
11 eller 12	Vandampen blir i atmosfæren eller kondenserer til en sky	Atmosfære
PLANTER		
2 til 9	Vannet forlater plantene ved transpirasjonsprosessen	Atmosfære
10, 11 eller 12	Vannet brukes av plantene og blir i cellene	Planter
INNSJØ		

Tabell som viser oppholdssteder i rollespillet.

Aktuelle kompetansemål i læreplanen

Barnetrinn 5-7

Fenomener og stoffer

- foreta relevante værmålinger og presentere resultatene med og uten digitale hjelpemidler
- beskrive sentrale egenskaper ved gasser, væsker, faste stoffer og faseoverganger ved hjelp av partikkelmodellen

Ungdomstrinn 8-10

Mangfold i naturen

- gjøre greie for hvilke biotiske og abiotiske faktorer som inngår i et økosystem og forklare sammenhengen mellom faktorene

Global oppvarming

Ved global oppvarming øker temperaturen i atmosfæren og havet og alle de andre oppholdssteder for vann i ulike faser. Fordampningen øker. FNs klimapanel sier i sin siste rapport 2007 at atmosfærens innhold av vandamp (frie vannmolekyler) i gjennomsnitt har økt siden 1980-årene både over hav og land. Økningen er i overensstemmelse med det faktum at varm luft kan holde på mer vandamp enn kald luft før den er mettet, og det dannes skyer. De fleste isbreer i fjellområder over hele verden går kraftig tilbake. Havisen i Arktis minker både i areal og tykkelse. Dette har blitt enda klarere etter at klimapanelet avsluttet innsamling av opplysninger i 2006. Den ytterste delen av iskapen på Grønland og i Antarktis beveger seg hurtigere og kalver oftere. Det er usikkert hva det vil medføre på lang sikt. Snødekket om vinteren vil bli stadig mindre, vinteren kommer senere og varer kortere. Modellberegninger viser at både tropiske sykloner og våre egne uvær sannsynligvis blir mer intense og vil gi kraftigere nedbør. Smeltende breer og økt nedbør fører i perioder til mer vann i vassdrag og hyppigere flom. Subtropiske områder, som allerede er tørre, vil bli enda tørrere og varmere. Hele vannets kretsløp vil altså påvirkes av global oppvarming når det kommer mer energi inn i prosessen. Kretsløpet vil gå på et "høyere gir".

Project ATMOSPHERE

Rollespillet "Vannets kretsløp" er oversatt og bearbeidet etter materiale fra Project ATMOSPHERE. Dette prosjektet er utviklet av American Meteorological Society. www.ametsoc.org/amsedu/project_atmosphere.html



NORSKE STEDSNAVN

Norske stedsnavn – med kjemiske symboler

Pedagogisk bruk av konkurranser og spill fungerer bra i naturfag. Kombinasjonen av moro og repetisjon av fagstoff viser seg å være noe som elevene både liker og lærer mye av. Gjetteleker, spill og konkurranser har stor appell til elever i alle aldre. Dette kan rett og slett være en annen måte å øve faguttrykk på, eller det kan dreie seg om repetisjon før en prøve eller avslutning av et tema.

I denne aktiviteten skal elevene bruke kjemiske symboler til å navngi noen norske byer og tettsteder. Samtidig som elevene lærer seg å bruke periodesystemet til å finne kjemiske symboler, kan det hende de lærer litt geografi fordi løsningsordene i denne er norske stedsnavn.

Elevene får et kart der både stedene de skal navngi og navnene på grunnstoffene de trenger symbolene til, er tatt med. Antall bokstaver i stedsnavnene er markert med streker, og bokstaver det ikke er grunnstoffsymboler for, er tatt med i stedsnavnene. I noen av stedsnavnene må elevene bruke symbolene flere ganger for å komme fram til riktig svar.

I tillegg til kartet trenger elevene et periodesystem med grunnstoffenes navn og symboler. På kartet har vi tatt med hydrogenisotopene deuterium (D) og tritium (T) for at oppgavene ikke skal bli for lette.

Eksempel på hvordan oppgavene er strukturert

Norden er et fellesnavn på landene **A** **M**
(nitrogen, deuterium, argon, kalium),
 (lantan, nitrogen, fluor, jod, deuterium),
 (svovel, jod, neodym, lantan), **E**
(nitrogen, røntgenium, oksygen)
og
(erbium, vanadium, germanium, svovel, jod)
samt Færøyene og Åland.

Svar: DANMARk, FINLaNd, ISLaNd, NORgE og SVERIGe.

Andre varianter av denne aktiviteten er å bruke hovedsteder eller land i stedet for norske byer og tettsteder, elevene kan lage oppgaver til hverandre, og temaet trenger ikke å være stedsnavn.

Europa skrevet med kjemiske symboler

Nedenfor finner du en liste med noen forslag til hovedsteder og land som kan skrives med kjemiske symboler. Bokstaver elevene må få oppgitt er plassert på riktig sted og markert med **fete typer**. Noen av stedsnavnene kan skrives på flere vis. I T a L i A og I T A l i A er et eksempel på dette.

Det er flere måter å bruke denne aktiviteten på. Noen eksempler er som quiz ("Skriv hovedstaden i Makedonia med kjemiske symboler?"), elevene kan få oppgaver som vist nedenfor, eller de kan få et kart hvor de skal sette navn på hovedsteder og/eller land. Oppgavene blir lettere når grunnstoffene er oppgitt i den rekkefølgen de står i stedsnavnet enn om de er oppgitt i en tilfeldig rekkefølge.

Eksempler

I hvilket land er Bratislava hovedstad? (S L O V A K I A)
Hovedstaden i Norge er **L** (svovel, oksygen). (O S L O)
Hovedstaden i Polen er **A** **A** (svovel, wolfram, argon).
(W A r S A W A)
Aten er hovedstad **L** (helium, lantan, svovel).
(H e L L a S)
Amsterdam er hovedstad i
(erbium, lantan, deuterium, neon, neodym).
(N e D E r L a N d)

Ideen til denne aktiviteten har vi fått fra Antonio Joaquín Franco Mariscal og María José Cano Iglesias som begge underviser i kjemi på skoler i Spania. Aktiviteten er tilrettelagt for norske elever av Naturfagsenteret.

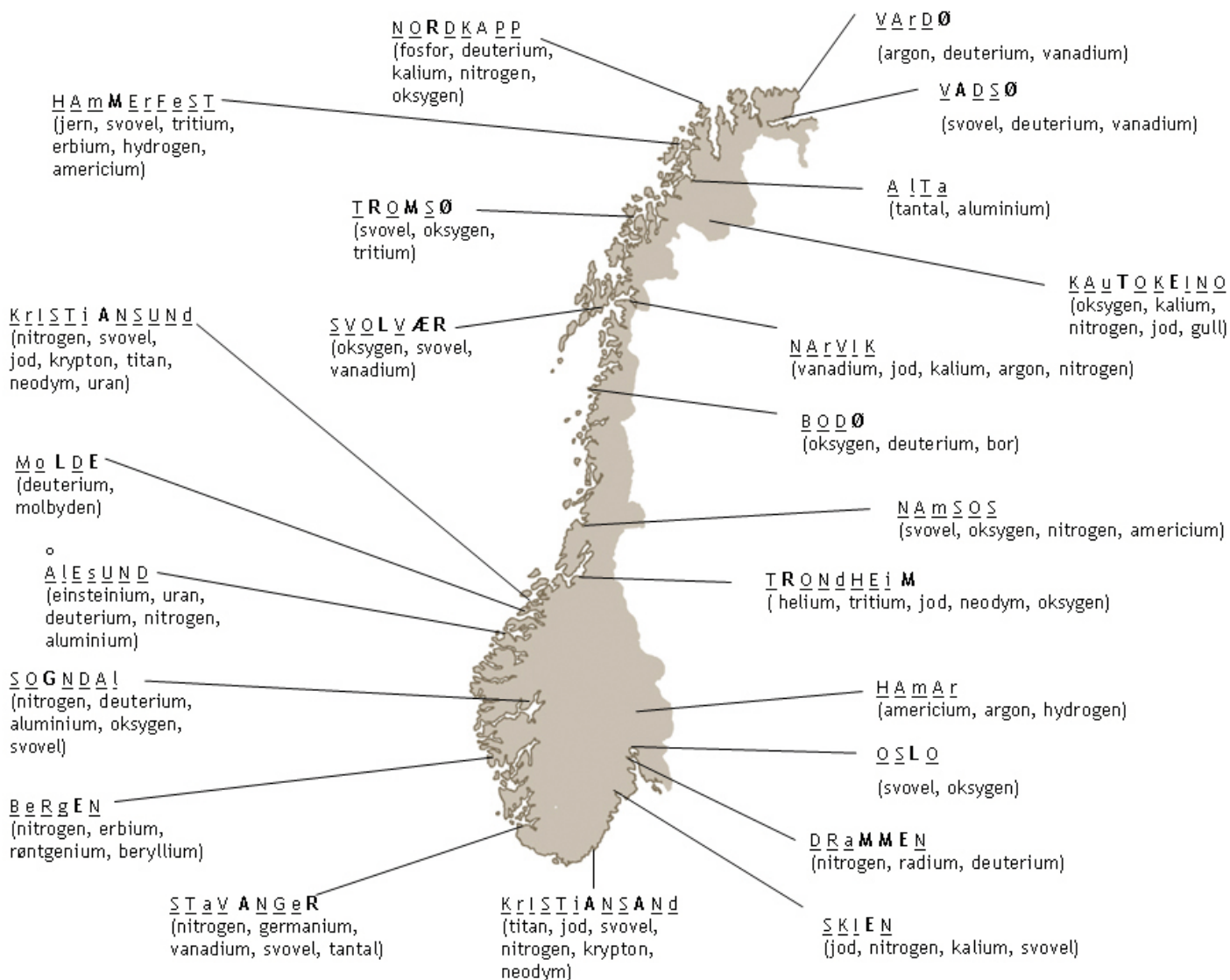


Du finner hele aktiviteten med elevark på naturfag.no.

Tekst: Antonio Joaquín Franco Mariscal og María José Cano Iglesias,
tilrettelagt for norske elever av Naturfagsenteret.

NORSKE STEDSNAVN

Norske byer med kjemiske symboler:



periodesystemet.no

- et nettsted med fokus på verdens byggeklosser

Visste du at gallium smelter når du holder det i hånden eller at kobolt er en viktig del av vitamin B12, som er nødvendig for å opprettholde nervevev og for å produsere røde blodlegemer? Dette er smakebiter på hva du finner på nettstedet periodesystemet.no.

Det finnes ufattelig mange nettsider om periodesystemet. Noen fokuserer på data, haikudikt, grunnstoffenes navn, tegneseriestriper eller komikk. 15. februar lanserte Kjemisk institutt ved Universitetet i Oslo nettstedet periodesystemet.no. Hensikten med dette nettstedet er å få en norsk side om grunnstoffene med fokus på norske forhold som for eksempel norsk industri og norske forekomster. Nettstedet inneholder både informasjon og fakta, samt grunnstoffenes historie fra tidenes morgen til vår tids samfunn. Nettstedet er også en kilde til data om grunnstoffene.

Målet med nettstedet er å presentere lettlest informasjon om grunnstoffene og deres forbindelser. Hovedmålgruppen er kanskje elever og lærere i videregående skole, men nettsidene vil også være interessante for elever og lærere på ungdomstrinnet og for den alminnelige kvinne og mann (og gutt og jente).

Litt om nettstedet








Nesten all tekst er knyttet opp mot de enkelte grunnstoffene. Tekstene er delt inn i kategorier som: *navn, historie, forekomst, i kroppen, fremstilling, anvendelser, i Norge og i miljøet*.

Ved å klikke på "om periodesystemet" på toppen av nettsiden kommer det opp generelle tekster om grunnstoffenes opprinnelse, om periodesystemets historie og om navnssetting for grunnstoffene.

Visste du at teflonbelegget i kjøkkenutstyr er en fluorforbindelse? periodesystemet.no har en "visste du at – tjeneste" som andre nettsteder kan benytte. Totalt er det ca. 200 slike meldinger som vises i tilfeldig rekkefølge.

Hvem står bak?

Arbeidet med periodesystemet.no er utført som en stor dugnad. Mange ved Kjemisk institutt, UiO har vært involvert. Naturhistorisk Museum har vært behjelpelig med bilder av mineraler. Sidene er fremdeles under utvikling. Innspill og kommentarer, ris og ros kan sendes til forfatterne/redaktørene for de enkelte grunnstoffene, henvendelser av mer generell karakter sendes til Svein Stølen (svein.stolen@kjemi.uio.no) og datatekniske spørsmål sendes til John Vedde (john.vedde@kjemi.uio.no).

Metall	Gull	Sølv	Jern	Kvikksølv	Tinn	Kobber	Bly
Symbol							
Himmellegeme	Sol	Måne	Mars	Merkur	Jupiter	Venus	Saturn
Dag							
latin	d.Solis	d.Lunae	d.Martis	d.Mercurii	d.Jovis	d.Veneris	d.Saturni
fransk	dimanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi
engelsk	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday

Metallnavn sammenlignet med navn på himmellegemer og dager i ulike språk.

Velg:

Finn nabogrunnstoff

N	O	F
P	S	Cl
As	Se	Br

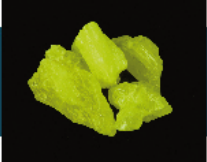
Visste du at...

B egypterne benyttet natron, som også inneholdt boraks (hovedkilden til bor), ved mumifisering?

Les mer om B

S

Svovel



atomnummer: 16
 gruppe: 16
 periode: 3
 atomvekt: 32,066

 I mennesket 140 g	 I jordskorpen 300 ppm	 I havet 900 mg/liter	 På solen 14,64 ppm
---	---	---	--

Innledning Navn Historie Forekomst I kroppen Anvendelser I miljøet Diverse - ||| - Vis alt Utskrift S@periodesystemet

Innledning

Svovel finnes i flere forskjellige former eller polymorfer/allotroper. I disse danner svovelpolymerer svovel-ringer og/eller kjeder. Ved vanlig trykk og temperatur krystalliserer svovel i strukturer hvor S₈ ringer dominerer, men det finnes polymorfer med S₇, S₁₂ og S₁₄ ringer også. Svovelet er i den stabile formen et sitrongult ikke-metall.

Visste du at...

titan arum liljen kun blomstrer hvert fjerde år? Utseendemessigt er den tiltrekkende, men den produserer en forferdelig lukt, iallfall for menneskets nese.

Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo

periodesystemet.no

om periodesystemet

hjelp **lenker** admin

Grunnstoff Endre visning

Navnsetting

Måter grunnstoff har fått navn på.
 Fra artikkelen [Grunnstoffenes navn opp gjennom tidene](#) av Vivi Rignes.

Fargeskala

- førkjemisk navn
- navn etter himmellegeme
- navn fra mytologi/ovetro
- navn etter malm/mineral
- geografisk navn etter malm/mineral
- geografisk navn etter oppdager
- navn etter farge
- navn etter annen egenskap
- konstruert navn
- navn etter person

Kilde: *Navn på kjemiske stoffer* av Vivi Rignes.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Periode																		
1			1 H	He Helium Navnsetting: navn etter himmellegeme														2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57-71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh		118 Uuo
	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			



Viktige faktorer ved innføring av Teknologi og forskningslære

Det nye faget i videregående skole, Teknologi og forskningslære, ToF, har en læreplan som gir stor handlefrihet både for lærere og elever, men det representerer samtidig en utfordring for lærerne/skolene på mange områder.

Av ulike grunner har mange skoler valgt å ikke tilby faget i år. Ca 80 videregående skoler spredt utover hele landet har tatt spranget og startet opp klasser i faget. Erfaringene fra disse pionerskolene vil bli viktige for videre utvikling av faget framover. Det er mange faktorer som er viktige for å etablere og utvikle faget.

Undervisningsopplegg og vurderingskriterier

Den nye læreplanen med kompetansemål for faget gir stor frihet med hensyn til innholdet, organiseringen og gjennomføringen av faget. Denne friheten som i utgangspunktet er positiv, kan også avle stor grad av usikkerhet om hvordan dette bør gjøres. Gjennomføring av undervisningen i ethvert fag er styrt av læreplanen og vurderingskriteriene ved en avsluttende eksamen. Vurderingskriterier er foreløpig ikke nærmere definert fra verken departementets eller direktoratets side, men det arbeides med retningslinjer for hvordan den enkelte skole skal utarbeide dette lokalt. Utarbeidelse av vurderingskriterier er et typisk emne der samarbeide mellom skoler vil kunne ha stor verdi. Naturfagsenteret holder på utarbeide forslag til noen generelle vurderingskriterier for ToF.

Prosjekt som kompetanse

Mens ToF 2 ut fra kompetansemålene skal inneholde mer teori om både teknologi og naturvitenskapelig forskning, skal prosjektarbeidet med et praktisk tilsnitt være sentralt i både ToF X og ToF 1. Prosjekter kan være alt fra predefinerte oppgaver og klare planer for gjennomføringen til ganske åpne prosjekter der elevene selv legger planer og selv definerer omfanget av prosjektet. Her vil det være en utfordring både for lærere og elever å definere og styre prosjektene slik at de blir konkrete nok og begrensede

nok til at de er mulig å gjennomføre innen tilgjengelig tid. Dette vil være en ekspertise og kompetanse som den enkelte skole og lærer må bygge opp gjennom erfaring. Særlig i ToF X og ToF 1 der de fleste kompetansemålene skal nås gjennom prosjektarbeid, vil det være ønskelig at det enkelte prosjekt dekker flest mulig kompetansemål. Dermed unngås mange små prosjekter og det gir elevene erfaring i gjennomføring av komplekse oppgaver over en viss tid. Veiledning og retningslinjer for hvordan prosjekter utvelges, planlegges, gjennomføres og rapporteres, vil være viktig både for elever og lærere i dette faget. Denne kompetansen som også eventuelle eksterne fagmiljøer tilknyttet det enkelte prosjektet kan bidra med, vil kunne utvikles blant annet gjennom samarbeid og utveksling av erfaringer lærere i mellom.

Oppnåelse av kompetansemål og vellykkede prosjekter

Ved at de fleste kompetansemålene skal nås gjennom prosjektene og prosjektene vil variere meget, er det en nødvendig konsekvens at den enkelte elev vil dekke det enkelte kompetansemål i ulik grad. Dette må tas i betraktning når den enkelte elev skal evalueres. Eleven må ikke lide under at prosjektet har begrenset dekning av bestemte kompetansemål.

Et annet viktig moment i evaluering av eleven er å ta stilling til hvordan en vektlegger selve gjennomføringen av prosjektet i forhold til det endelige målet (produktet). Er et vellykket prosjekt avhengig av et velfungerende/vellykket produkt? Begge disse momentene og flere andre vil det være viktig at lærere diskuterer både med hensyn på planlegging, gjennomføring, rapportering og evaluering av prosjekter.

TEKNOLOGI OG FORSKNINGSLÆRE



Foto: Håvard Holm, NTNU

Ide/prosjektbase

Erfaring hittil indikerer at elever har tendens til å starte prosjektarbeidet basert på den første ideen som dukker opp og helst uten for mye planlegging. Ved å starte med flere ideer og at eleven selv evaluerer disse ut fra visse kriterier, kan en sikre kvaliteten, omfanget og utbyttet av det valgte prosjektet. For å øke tilfanget på prosjektideer, vil det være aktuelt å etablere idebaser, enten lokalt eller sentralt, der skoler og lærere kan bidra til felles beste.

Eksternt samarbeid

Kontakt med eksterne fagmiljøer er eksplisitt nevnt i læreplanen og skal både gi elevene en opplevelse av arbeidslivet og erfaring med bruk av teknologi og realfag i samfunnet. Det er viktig at både skolene og industrien opparbeider avtaler om samarbeid som er eksplisitte nok til at begge parter er innforstått med hva samarbeidet skal bestå og hvilke forpliktelser de to partene har inngått overfor hverandre. Dette vil sikre at eleven får mest mulig ut av møtet og samarbeidet med industrien, som igjen på lenger sikt vil gagne både skolen, eleven og industrien. I denne prosessen vil NHO være en viktig instans som kan og bør involveres. NHO har en representant i hvert fylke som har kontakt mellom industrien og skoleverket som prioritert arbeidsoppgave.

Teknikker og kunnskap

Læreplanen inneholder også krav om en del konkrete teknikker og kunnskapsområder som elevene skal lære om og anvende. Det eksisterer foreløpig ingen lærebok i faget, og det kan hende at dette heller ikke er formålstjenelig i et fag som har en så åpen

læreplan. De aktuelle teknikkene og kunnskapsområdene kan enten gjennomgås som definerte kurs eller det kan også integreres i prosjektarbeidene der det er aktuelt. En oversikt over aktuelle kurs og litteratur vil derfor være gunstig.

Introduksjonsaktiviteter

Elevenes introduksjon til et fag som ToF er minst like viktig som i noe annet fag, og her vil også alle lærere/skoler kunne ha stor nytte av en sentral samling av ideer og forslag til enkle aktiviteter som innledningsvis kan stimulerer elevenes interesse, fantasi og glede for faget.

Utstys-, lokalitets- og økonomisk behov

ToF stiller en del krav til lokaliteter og utstyr som ikke nødvendigvis harmonerer med det som eksisterer på den enkelte skole i dag. Det praktiske arbeidet med prosjektene vil normalt kreve en type verksted. Etablering av faget vil kunne kreve betydelige investeringer i utstyr (PC-er, dataprogram, annet data- og elektronikkutstyr), anskaffelser av verktøy (til bl.a. elektronikk, mekanikk, trearbeider, modellering) og materialer. Lærere vil ha behov for kursing i ulike kompetansefelt og elever og lærere vil ha behov for reisevirksomhet i forbindelse med industrisamarbeid og ande kontakter. Dette behovet for ekstra ressurser og tilrettelegging kan ikke bare løses internt ved skolene, og skoleeier ved Fylkeskommunene og sentrale myndigheter ved Kunnskapsdepartementet må følge opp etableringen av dette nye faget ved å bevilge ekstra øremerkede midler. Det vil være viktig at den enkelte lærer/skole tydeliggjør dette ressursbehovet oppover i systemet, slik at faget gis muligheter til å bli en viktig stimulans til at flere elever velger realfaglig utdanning.

Naturfagsenterets nasjonale ansvar

Utdanningsdirektoratet har gitt Naturfagsenteret ved UiO et nasjonalt ansvar for å bidra til utviklingen av det nye programfaget Teknologi og forskningslære. Naturfagsenteret har derfor etablert et fagspesifikt område under nettstedet naturfag.no som vil inneholde nyttig stoff for lærere i faget. På naturfag.no vil det innen kort tid bli lagt ut forslag til introduksjonsaktiviteter i faget og etablert en base for prosjektforslag. Lærere vil bli bedt om å komme med bidrag til denne basen.

Naturfagsenteret er også i kontakt med diverse fagmiljøer i Norge som utvikler læremateriell i faget, og arbeider aktivt med etablering av lokale skolenettverk innen faget. Nettverk vil bli svært viktig for å utnytte og bearbeide all den erfaring og kunnskap som etableres på den enkelte skole, slik at dette kommer flest mulig lærere og elever til gode.

ASE-KONFERANSEN



På ASE-konferanse i Liverpool

- trønderske lærere i vesterled for naturfaglig påfyll

Siden Olav Tryggvasons tid har trøndere hatt sterk tradisjon for å reise fra Trondheim til England for å utvide sin horisont. Trønderske naturfaglærere er ikke dårligere. I januar reiste et 20-tall av dem, med støtte fra Sør-Trøndelag Fylkeskommune, til Liverpool for å delta på den årlige konferansen til ASE (Association for Science Education).

Straks nyttårshopprennet var overstått og konserttonene fra Wien stilnet dro vi av gårde fra Trondheim Lufthavn Værnes for å slutte oss til et par tusen naturfaglærere på ASE-konferansen i Liverpool. Vi kom til Manchester Airport, via Amsterdam, og følte oss allerede verdensvante da vi utenfor flyplassen fant vår forhåndsbestilte buss som skulle ta oss videre til Liverpool. Buss-turen i seg selv ble et typisk møte med engelsk vennlighet og gjestfrihet; representert ved vår sjåfør Andy. Etter å ha brakt oss trygt til studentbyen Carnatic Halls of Residence utenfor byen, var Andy sin jobb sant å si unnagjort. Han ventet likevel tålmodig på oss etter en usedvanlig omstendelig innsjekkingsprosess og kjørte oss til byen for en pubtur og en matbit i kveldingen. På veien fikk vi i tillegg en kvalifisert sightseeing og gode tips om hvor de beste pubene befinner seg. Vi har da ikke hastverk når det kommer fint besøk fra Trøndelag!

Konferanseopplevelser

Å bo på en engelsk studentby er en opplevelse i seg selv. Enkelt utstyrte hybler, med vinduer som med litt flaks lar seg åpne og radiatorer som av og til virker, men vi har da annet å gjøre enn å sitte på en hybel og gremmes over mangel på komfort, som for eksempel å stå sirlig i engelske køer for en English Breakfast som



Konferansen byr på en gedigen utstillingshall med læremidler, utstyr og ideer. Foto: Berit Bungum

holder deg gående hele dagen. Og står du ikke riktig plassert i køen, får du temmelig raskt høflig beskjed!

Konferansen byr på et tett program i tre dager, og her gjelder det å legge opp løpet selv. Et stort antall forelesninger, utstillinger, workshops og kurs spredt over en stor universitetscampus gir noe for enhver smak. Det dreier seg om alt fra siste nytt på forskningsfronten innen klima, til hvordan kriminalteknikere arbeider, Einsteins liv og levnet, hvordan undervise om fotosyntese på en begripelig måte, hvordan vi kan overføre lyd gjennom en fiberoptisk kabel vi monterer selv og hva slags naturvitenskap vi kan finne i en "party bag". Alt er rettet mot undervisning og gir et mangfoldig påfyll til alle som underviser i naturfagene. I tre dager fikk vi følelsen av at det vi selv kanskje jobber nokså alene om var det aller viktigste for en hel verden!

ASE konferansen for 2009 arrangeres ved Universitetet i Reading, 8.-10. januar. Påmelding foregår fra ca september. Les mer på www.ase.org.uk

ASE-KONFERANSEN



”The big bug experience”: En særegen følelse å komme i nærkontakt med storvokste snegler og insekter! Vi som turte fikk tildelt gult jakkemerke for bragden. Foto: Margareth Holte

Naturfag høyt prioritert i England

Noe av denne følelsen bunner i at ’Science’, det engelske naturfaget, har høy prioritet i England. Organisasjonen ASE - Association for Science Education - med 15 000 medlemmer er med på å gi lærerne en yrkesstolthet og samhørighet som profesjon. Videre har de gjerne egne teknikere ansatt på skolene, noe som viser at det praktiske arbeidet faget innebærer tas meget alvorlig. ASE-konferansen har til og med egne sesjoner skreddersydd bare for teknikere!

Vi opplever også at skolens naturfag er ’big business’ i mye større grad enn hjemme. Et utall av læremiddelfirmaer, forlag og andre bedrifter slåss om lærernes oppmerksomhet i utstillingshallen. Det gjelder å få sine produkter inn i naturfagrommet; i tillegg til salg av læremidlene i seg selv er bedriftene interessert i å eksponere seg for elevene – som for dem representerer både framtidige arbeidstakere og kunder.

Som Europeisk kulturby for 2008 kunne Liverpool selvsagt også by på kulturelle opplevelser. At en dramagruppe fant det for godt å sette opp et syngespill om naturvitenskapens store sønner og døtre sier sitt om hvilken plass våre fag har i deres kulturbevissthet! Kanskje noe å tenke på for Stavanger?

Viktig møteplass

ASE-konferansen er en viktig møteplass for engelske naturfaglærere, og etter hvert også for norske. Norske lærere utgjør en stor og synlig gruppe av de utenlandske deltakerne, og blant annet TEKNA Realistene har i en årrekke arrangert gruppereise til ASE-konferansen for flere titalls norske lærere.

Deltakelse på ASE-konferansen gir mange impulser og opplevelser, og ikke minst et nytt blikk på faget og undervisning gjennom å lære hvordan det gjøres i et foregangsland på feltet. Slik ser vi også vår egen virksomhet i nytt perspektiv.

Vi som dro i vesterled fra Sør-Trøndelag takker Fylkeskommunen for velvillig støtte gjennom Realfagsprosjektet (se under), og oppfordrer andre skoleeiere til det samme. Det er en vel verdert investering!

Realfagsprosjektet i Sør-Trøndelag Fylkeskommune (STFK)

Trøndelag har satt seg som mål å bli Europas mest kreative region. ”Flest i bredden og best i toppen”.

Sør-Trøndelag fylkeskommune har vedtatt en videre satsning på realfag i Strategiplan 2008-2011.

Realfagsprosjektet skal:

- Bidra til bedre rekruttering til realfagene
- Bidra til at flere lykkes med realfagene
- Bidra til jevnere kjønnsfordeling i realfagene
- Bidra til forståelsen av realfag som kulturfag
- Bidra til å knytte realfagene og samfunn og næringsliv bedre sammen

Sentralt i STFK sin realfagssatsning er:

- Bedre læringsstrategier hos elevene
- Styrke lærernes kompetanse, spesielt i forhold til å lære elever gode læringsstrategier.
- Skape møteplasser og arenaer for interaksjon



”Science in a party bag”: Vi deltok på praktiske kurs så vel som forelesninger. Her fra et kurs om ”Science in a party bag”, hvor vi fikk utforske hvordan ”slinky”-fjærer, magnetiske frosker, plastender som skiftet farge ved kontakt med varmt vann, trekk-opp-leker og annet skøy kan brukes i naturfagundervisning. Foto: Hilde Melvold



INTERAKTIVE TAVLER

Interaktive tavler og læring

Interaktive tavler (IAT) er store trykksensitive tavler som kontrolleres av en datamaskin koblet til en prosjektør. Prosjektøren viser skjermbildet fra datamaskinen på tavla. Datamaskinen kan kontrolleres på vanlig måte ved hjelp av mus, eller ved å berøre selve tavla direkte eller med en spesiell penn.

IAT er en relativt ny teknologi i utdanningssektoren, men i land som for eksempel Storbritannia finner vi IAT ved de fleste skoler. Der har myndighetene i høyt tempo investert mye i denne teknologien til tross for at det finnes lite dokumentasjon på hvordan IAT fungerer i undervisningen.

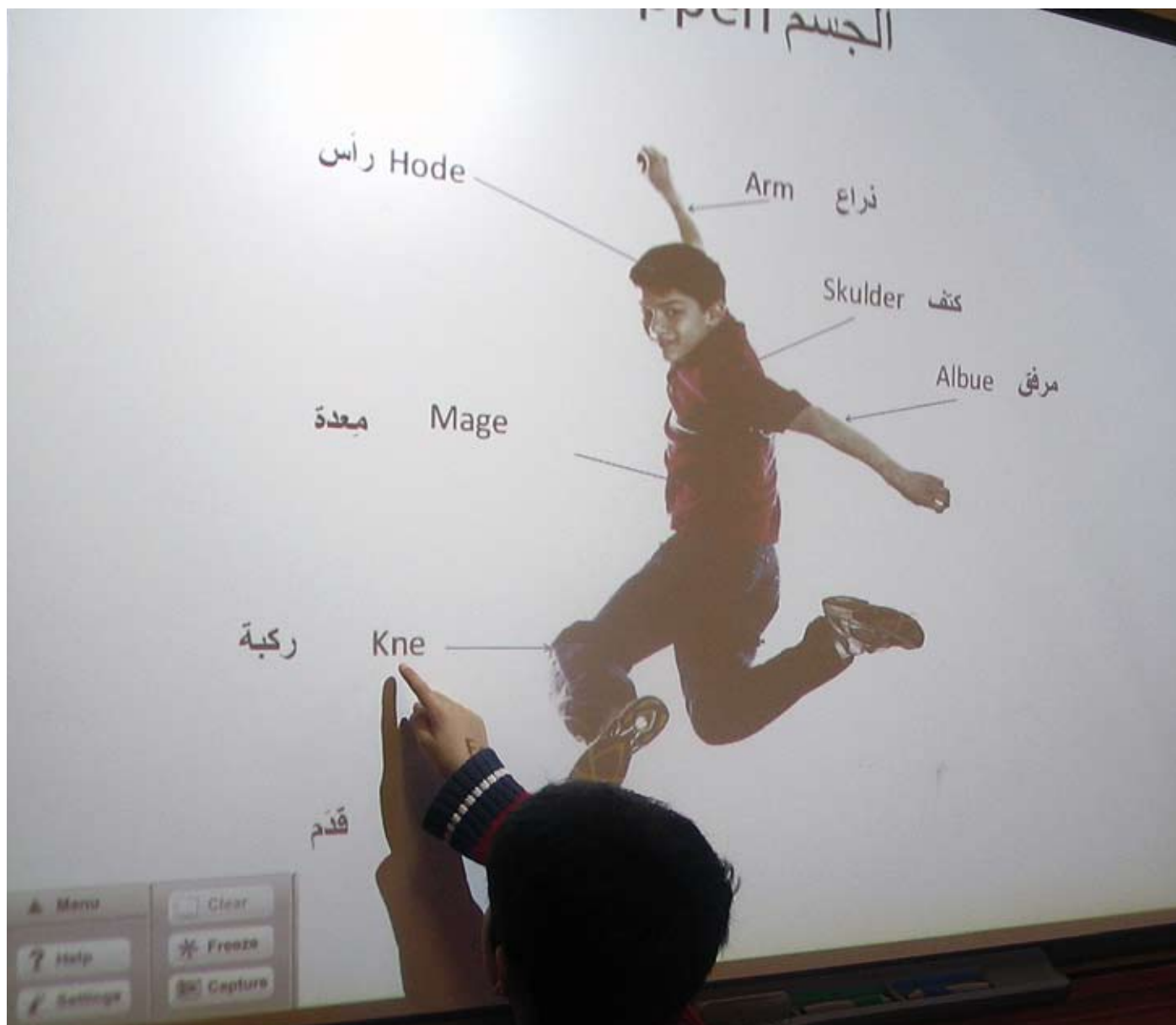
IAT er nå også på vei inn i norske skoler, og det kan være interessant å se litt nærmere på hva vi vet om bruken av dem i klasserommet. Den noe begrensede litteraturen om IAT foreligger gjerne i form av rapporter og småskala forskningsprosjekter hovedsakelig fra Storbritannia, USA, Canada og Australia.

Det fokuseres mye på potensielle effekter av IAT og litteraturen er ofte sentrert om effekt på elevene i form av motivasjon og engasjement, effekt på lærerens presentasjon av fagstoff og på elevenes læringsprosess.

Denne artikkelen bygger hovedsaklig på stoff fra følgende kilder:
Spesialnummer av tidsskriftet Learning, Media and Technology 2007, Vol. 32, No 3: The interactive whiteboard phenomenon: reflections on teachers' and learners' responses to a novel classroom technology, www.informaworld.com/smpp/title~content=t713606301
Becta (2003): /What research says about interactive whiteboards, www.becta.org.uk/page_documents/research/wtrs_whiteboards.pdf



INTERAKTIVE TAVLER



I litteraturen om IAT er det potensialet og fordelene som er mest omtalt. IAT kan for eksempel bidra til variasjon i undervisningen fordi de gir muligheter til bruk av mange ulike programmer, multimedieverktøy, Internett og fagressurser tilgjengelig i programvaren til IAT. IAT muliggjør en smidig veksling mellom disse

ulike ressursene og gjør det lettere å tilpasse undervisningen til spesielle behov hos elevene. Lett tilgang til mange forskjellige verktøy og ressurser gjør det også lettere for læreren å modellere abstrakte ideer og begreper på nye måter. Repertoaret av oppstartsaktiviteter i timene øker ofte ved bruk av IAT. Læreren

INTERAKTIVE TAVLER

kan for eksempel vise en filmsnutt eller et bilde og be elevene identifisere ulike trekk ved disse, la elevene delta i ordspill, la dem kommentere en artikkel i en nettavis eller et klipp fra Dagsrevyen kvelden før.

Flere studier dokumenterer at variert og dynamisk bruk av læringsressurser via IAT bidrar til økt motivasjon og oppmerksomhet hos elevene sammenlignet med bruk av andre læringsressurser. Andre rapporterer at nyhetsverdien ved IAT ga en kortvarig økning i motivasjonen hos elevene.

Gjenbruk av undervisningsmateriale trekkes fram som en av de store fordelene med IAT i forhold til andre teknologier. Her er det mulig å lagre og printe det som er produsert på tavlen, inkludert notater som er gjort underveis i timen. På denne måten unngår læreren å gjøre ting flere ganger, det er enkelt å redigere og det letter overgangen mellom timer, fordi vi lett kan repetere og skape sammenhenger ved å hente fram notater fra forrige time.

IAT egner seg godt for de fleste aldersgrupper, også for små barn og elever med handikap, fordi man ikke trenger å bruke tastatur og mus. På grunn av brukervennlighet favoriseres IAT av lærere som ellers sliter med å integrere teknologi i undervisningen.

Undervisningspraksis endrer seg ved bruk av IAT. En del lærere opplever større krav til å tenke gjennom valg av aktiviteter og logikk i faglig argumentasjon ved forberedelser til undervisningen. Det er viktig å tenke gjennom hvordan de skal formidle helhet og sammenhenger fordi noen elever synes bruk av IAT i undervisningen kan være forvirrende og uoversiktlig hvis de hopper for mye fra det ene til det andre.

IAT påvirker klasseromsledelsen og er godt tilpasset undervisning i hel klasse. Tempoet i undervisningen økes ofte ved bruk av IAT fordi lærerne presenterer undervisningsressurser mer effektivt, blant annet ved å bruke forberedt materiale og fordi de slipper å skrive på tavla. Videre sies det at IAT gir flere muligheter for interaksjon og diskusjon i klasserommet.

Men det påpekes at det tar tid å endre praksis. Et typisk evolusjonsforløp på veien til en bevisst og kreativt bruk av IAT starter med at læreren bruker den som et substitutt for eksisterende ressurser. Med voksende selvtillit utforsker læreren nye applikasjoner. Gjennom erfaringer med bruk av disse, begynner læreren å se potensialet i verktøyet og praksis endrer seg. IAT er ikke lengre et skjelett eller rammeverk, men blir et mer flytende

medium der læreren formidler ideer og utfordringer. Tempo og grad av endring i undervisningspraksis vil selvsagt variere fra lærer til lærer og avhenge av hvordan de mestrer teknologien.

Det er også en del ulemper med IAT. De kan for eksempel være vanskelig å vedlikeholde. I mange klasserom erstatter IAT konvensjonelle tavler, og over tid vil en lærers undervisningspraksis endre seg så mye at det skaper problemer når IAT er ute av drift.

IAT koster fremdeles ganske mye, så før skoler investerer i en, må de vite at lærerne virkelig kommer til å bruke den til noe mer enn et lerret for prosjektøren. IAT kan være vanskelig å bruke for lærere som ikke kjenner teknologien, og det har vist seg at uten veiledning kan bruk av IAT forsterke en lærersentrert undervisningsstil. Det er godt dokumentert at det tar tid og krever en viss innsats fra lærerne å bli godt kjent med, og opparbeide erfaring med bruk av IAT. God tilgang til IAT er en selvfølge for å kunne vedlikeholde det lærere har lært, og skaffe videre erfaringer gjennom å bruke den i undervisningen.

I en stor toårig studie ble bruken av IAT i 5. og 6. klasse ved 70 skoler fra 6 ulike regioner i England evaluert. Etter det første studieåret registrerte de at IAT gjennomsnittlig ble brukt i 66 % av undervisningstimene. Ved utgangen av det andre studieåret ble IAT brukt i 74 % av timene. Det andre året var lærerne mer involvert i utvikling og tilpasning av ressurser, hvilket indikerer større selvsikkerhet og ferdigheter i bruk av teknologien.

Det ble det også registrert reelle forskjeller på undervisningstimer med og uten bruk av IAT. I timer med bruk av IAT foregikk større deler av undervisningen i hel klasse og var preget av Initiativ fra lærer – Respons fra elev – Evaluering fra lærer (IRE), et velkjent mønster i klasseromssamtaler. Bruk av IAT bidro til å øke tempoet i undervisningen i form av flere spørsmål fra læreren, flere svar fra elevene og økt frekvens av evaluering fra læreren. Elevene var altså mer aktive, men svarene deres var gjennomsnittlig kortere enn elevsvarene i timer uten IAT. Videre førte bruk av IAT til at det ble mindre tid til gruppearbeid og elevpresentasjoner sammenlignet med timer uten bruk av IAT.

Lærere og elever som deltok i studien var overveldende positive til IAT, særlig mente lærerne at IAT hadde positiv innvirkning på elevenes læring. Studien viser imidlertid at effekten av IAT på elevenes kunnskaper og ferdigheter sammenlignet med kontrollgrupper så ut til å være minimal.

INTERAKTIVE TAVLER



Et annet eksempel er barneskolelæreren Sue fra New Zealand, som var den første på sin skole som fikk en IAT inn i klasserommet. Hennes erfaringer skulle bl.a. gi innspill til hvorvidt skolen skulle investere i flere IAT. Gjennom et skoleår skrev hun journal og reflekterte over egen praksis med bruk av IAT.

I begynnelsen brukte Sue mye tid på å finne og klargjøre innhold til IAT og følte dette som en stressfaktor. Hun opplevde at den første perioden med IAT hadde negativ innflytelse på undervisningen. Hun brukte IAT i lange sekvenser i hel klasse og var ikke flink til å involvere elevene. Hun utviklet etter hvert et mer kritisk forhold til hvordan teknologien påvirket undervisningen hennes og jobbet målrettet med å tilpasse den bedre til elevene.

Sue opplevde at IAT fanget elevenes oppmerksomhet fra første stund:

"The children have been captivated by the IWB – as soon as they have their eyes on it, it commands complete attention"

Sue mener at elevenes engasjement kan være et positivt trekk ved IAT, men også et potensielt problem. Etter hvert ble hun mer bevisst på å ikke bruke IAT så lenge av gangen og ble flinkere til å integrere den med andre aktiviteter. Sue benyttet for eksempel IAT til å jobbe med IKT-ferdigheter, tankekart og generelle læringsstrategier som å ta notater og markere viktig innhold i en tekst. Elevene ble svært engasjert når hun hentet inn ferske

artikler fra nettaviser eller videoer med nyhetsklipp og brukte disse for å illustrere faglige fenomener, eller som utgangspunkt for diskusjoner.

Videre opplevde Sue at programvaren i IAT forbedret undervisningen hennes ved å være et ekstremt effektivt verktøy i den daglige planleggingen. Hun brukte bare en brøkdel av tiden sammenlignet med tidligere og hadde bedre visuelle ressurser fra mange kilder. Sue ble mer bevisst i planlegging av undervisningen og progresjon av innhold. Hun presenterte læringsmålene for elevene og satte opp suksesskriterier for å nå målene. Etter å ha "temmet" teknologien ble hun i stand til å utnytte den som et middel til å forbedre elevenes læring, kreativitet og uavhengighet.

Selv om IAT endrer undervisningen og øker motivasjonen hos elever og lærere, trenger ikke dette ha signifikant eller målbar påvirkning på elevenes prestasjoner. IAT medfører endringer i klasseromsdiskurs og pedagogikk, men forskningslitteraturen har fremdeles til gode å peke ut hva som må til for å forbedre elevenes læring. Mange av studiene om IAT konkluderer at det ikke er teknologien i seg selv, men måten den blir brukt på som er viktig. Tre gode tips til lærere som ønsker å benytte IAT i undervisningen er:

- 1) Investertid på trening til å bli selvsikre brukere
- 2) Utforsk hele repertoaret av muligheter som finnes i IAT og
- 3) Samarbeid og del ressurser med andre lærere.



INTERAKTIVE TAVLER

The Science Education Review (SER)

Trenger du nye tips til naturfagundervisningen? Lurer du på hva slags hverdagsforestillinger elever har om mikroorganismer eller fossilt brennstoff? Ønsker du å holde deg oppdatert om naturfagdidaktisk forskning? Er du interessert i naturfagpoesi?

Det finnes massevis av tips og ideer til naturfagundervisning i litteraturen, men lærere har travle dager, uavhengig av om man jobber i grunnskolen, videregående skole eller i høyere utdanning. Mange opplever at det er vanskelig å finne nok tid til å holde seg faglig og fagdidaktisk oppdatert i en travel skolehverdag. Tidsskriftet *The Science Education Review* (SER) har som mål å samle og videreformidle ideer og erfaringer fra forskere og lærere over hele verden. SER overvåker og plukker stoff fra over 30 av de mest kjente tidsskriftene i naturfagdidaktikk både fra Australia, Europa, USA og andre land. De dekker hele spektret fra praksisnære *School Science Review* og *The Physics Teacher* til de litt mer teoretiske tidsskriftene *Studies in Science Education* og *Science Education*.

SER gir en lettlest og innholdsrik gjennomgang av forskning og nyskapende tenkning om naturfagdidaktikk i form av sammendrag fra nøye utvalgte forskningsartikler og andre fagdidaktiske artikler. Redaktøren i SER skriver noen av sammendragene, mens andre er skrevet av artiklenes originale forfattere. Man



finner artikler om undervisningsmetoder, elevers hverdagsforestillinger innen ulike emner, bidrag fra lærere med refleksjoner over egen praksis, lesernes eget forum, spalter med svar på læreres spørsmål om utfordringer i naturfag, vurderingsoppgaver og andre nyttige undervisningsressurser og linker, naturfagpoesi, interessante fakta, sitater og humor.

SER er publisert på engelsk og kommer med fire utgaver i året. Innholdet er først og fremst rettet mot grunnskole og videregående skole, men mye av det er lett overførbart også til høyere utdanning. Innholdet i SER er tilgjengelig både som PDF-filer og i wordformat og aktuelt stoff kan dermed lett modifiseres og brukes i egen undervisning.

SER bidrar med praktiske ideer til undervisningen som kan virke motiverende både for lærer og elever. Man kan abonnere på SER personlig eller som institusjon. Man får passord og online tilgang til innholdet. Man kan også få tilsendt papirutgaver av SER, men det koster litt ekstra.

Slik kommenterer et par lærere SER:

"I have found this journal very helpful. I teach future science teachers, and there is a good deal of information that is right in line with the revolution in science teaching which both the AAAS Benchmarks and the NRC Science Education Standards are aimed at." Lynn Firestone, USA

"This is a wonderful publication. I really like the fact it is down to earth (not filled with education jargon) and provides practical activities and insightful comments." Kerry Kostamo, Hancock High School, MI, USA



Du finner mer informasjon om SER her: www.scienceeducationreview.com/index.html, men ikke la deg skremme av en litt kjedelig nettside...

I hver utgave av SER finnes det en spalte som heter *Readers Forum*. Eksemplet nedenfor er hentet fra *The Science Education Review*, 6(2), 2007 74. Teksten er oversatt og noe forkortet av undertegnede.

Readers' Forum

Det utforskende spørsmålet:

Nøkkelen til suksessfull undersøkelsesbasert naturfag (Inquiry-Based Science)

Kirsten Schlüter and Mark Walker, University of Siegen, Siegen, Germany

Når det benyttes en undersøkelsesbasert tilnærming i naturfagundervisningen ser vi ofte at lærere og lærerstudenter møter betydelige problemer fordi det mangler et enkelt tydelig spørsmål som elevene skal besvare. Som et resultat av dette mislykkes ofte resten av arbeidsprosessen. Vi tror at lærere ofte forveksler utforskende spørsmål med mer generelle spørsmål brukt i klassen, og ser behovet for økt fokus på utvikling av gode spørsmål som lar seg utforske.

Det er viktig å identifisere hva som er gode utforskende spørsmål og hva som ikke er det. Et utforskende spørsmål bør ha som mål å besvare en spesifikk problemstilling som er enkel å utforske. Det har ingen verdi å la elever prøve å besvare spørsmål der man trenger å oppdage generelle teorier som naturlig seleksjon eller relativitet!

Ta for eksempel spørsmålet: *Hvorfor produserer vannplanten tjønnaks bobler? Kan du tenke deg en måte å designe et eksperiment for å besvare spørsmålet?*

Dette er et svært dårlig utforskende spørsmål. For å besvare dette spørsmålet må elevene enten ha forhåndskunnskaper om fotosyntese eller de må gjøre bakgrunnsundersøkelser. Men ved å endre spørsmålet litt kan problemstillingen bli mye bedre: *Hvilken effekt har temperatur på bobler som kommer fra vannplanten tjønnaks? Kan du tenke deg en måte å designe et eksperiment for å besvare spørsmålet?* Dette spørsmålet er mer direkte og målet er å besvare et spesifikt problem. Elevene vil synes det er mye lettere å designe et eksperiment til dette spørsmålet.

Se på spørsmålene nedenfor og spør deg selv hvorvidt du kan designe et enkelt eksperiment for å prøve å besvare dem:

Hvordan virker hjertet?

Hvordan er atferden til mus?

Hvordan er trær?

Hva er tetthet?

Hvorfor brenner stearinlys?

Spørsmålene nedenfor er om samme tema, men er mer spesifikke og har som mål og framsette enkle problemstillinger som kan utforskes. Hvordan kan du finne svar på disse spørsmålene?

Hvilken effekt har trenging på pulsen din?

Kan mus se farger?

Har ulike tretyper ulik høyde?

Hvor godt flyter objekter av ulik tetthet?

Brenner stearinlys saktere når det er kaldt?

Dette er eksempler på gode problemstillinger som lar elevene designe undersøkelser på egen hånd og på en utforskende måte. Dessverre ser vi ofte at den første typen spørsmål blir mye brukt som utgangspunkt for eksperimenter i undersøkelsesbasert undervisning i skolen

Lærebøker om undersøkelsesbasert undervisning er ikke gode nok til å skille mellom gode spørsmål som lar seg utforske og mer generelle spørsmål. Vi foreslår at naturfaglige miljøer må klargjøre skillet mellom utforskende spørsmål og mer generelle spørsmål. Naturfaglærere må bli bevisst på at utforskende spørsmål må være spesifikke og mulig å besvare, og lære hvordan man identifiserer og utvikler gode utforskende spørsmål på egen hånd. Uten fokus på dette vil undersøkelsesbasert undervisning mislykkes.



DIGITALE FERDIGHETER I BARNEHAGEN

Ska me'kje ha det med verdensrommet snart?

”Ska me'kje ha det med verdensrommet snart?” spør ungene i Myrsnipa barnehage hvert år. Rett etter jul, på den mørkeste tiden av året, når det er klarvær og forholdene ligger best til rette for å se noe i verdensrommet, tar Bertha av og til med seg teleskopet sitt til barnehagen. Tidlig om morgenen og sent på ettermiddagen bruker barn og voksne teleskopet til å studere stjerner og planeter.

Myrsnipa barnehage i Sandnes kommune er en foreldreeiet barnehage med 30 barn i alderen 0-6 år, og 9 tilsatte. Thorbjørg Aarrestad er daglig leder i barnehage og Bertha Larsen pedagogisk medarbeider. De siste årene har barnehagen arbeidet med prosjekter innen realfagsområdet. Barna viser stor interesse og det inspirerer personalet til å satse på prosjekter som blant annet tar for seg verdensrommet og planetene. Slike prosjekter harmonerer godt med rammeplanens fagområder *Natur, miljø og teknikk som dekker naturfaglige emner og Antall, rom og form* som omhandler matematisk kompetanse.

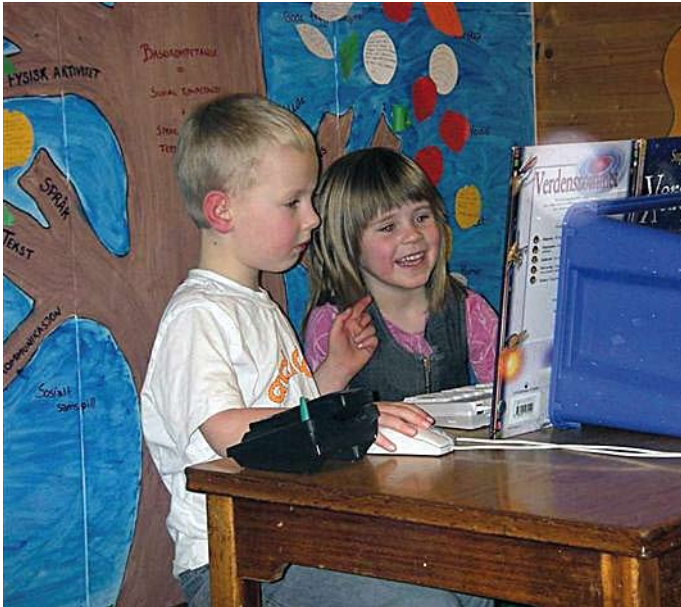
Bruker det de har

I starten tok barnehagen i bruk de verktøyene de hadde eller fikk låne. Bertha Larsen har alltid vært interessert i tekniske ting. ”Når jeg skaffer meg noe nytt, tenker jeg: Jeg tar det med i barnehagen og prøver det med barna,” sier hun. For henne er det en selvfølge å ta med teleskopet i barnehagen når verdensrommet skal studeres. Det utstyret barnehagen selv rår over, er ikke alltid tipp topp, men det har aldri hindret personalet i å bruke utstyret.



Planeter og raketter

DIGITALE FERDIGHETER I BARNEHAGEN



Barnehagen har sin egen værstasjon, og lar dessuten barna være aktive brukere av ulike digitale verktøy som kamera og GPS. Ettersom erfaringene økte og personalet så hvilke behov de hadde for utstyr, har de supplert med flere eller andre verktøy.

Digitale verktøy

Å bruk digitale verktøy kan bidra til å gjøre realfagene mer interessante. Digitale verktøy er blitt en naturlig del av barnehagens hverdag akkurat som de er en naturlig del av dagen hjemme for de fleste barn. Hittil har det digitale kameraet først og fremst vært brukt til dokumentasjon, og barna får selvsagt bruke kameraet til å ta egne foto. Dette med å bruke foto på ulike måter er noe barnehagen vil gjøre mer av i tiden som kommer. Internett blir brukt aktivt for å søke etter informasjon om ting barna arbeider med eller lurer på. Den digitale værstasjonen og GPS er eksempler på litt mer uvante digitale verktøy som finnes i Myrsnipa barnehage. Thorbjørg understreker at jobben dreier seg om barn, og at det er det personalet er spesialister i. "Vi kan ikke være spesialister på IKT, det er det andre som er. Men vi må lære oss det som vi til enhver tid trenger å kunne."

Værstasjon

Tidligere hadde barnehagen en manuell værstasjon med en sensor som henger ute, slik som finnes i en del hjem. I displayet kan barna finne ut hvordan været har vært og hvor mange grader det har vært ute. De har funnet ut om det blåste mye eller lite,

og om det hadde regnet siden i går. Nå har barnehagen skaffet seg en ny og digital værstasjon som kan kobles til PC-en, og som barnehagen er i ferd med å prøve ut.

De siste årene har Ekstremværeruka braket løs i slutten av september. Både Meteorologisk institutt og NRK er med, og programmet Newton følger det hele på nært hold. På nettsidene til Ekstremværeruka finnes aktiviteter, nyttige tips og vitenskaplig stoff. En av aktivitetene er Regnsjekken. Sammen med flere tusen barn over hele landet bruker barna i Myrsnipa barnehage en helt vanlig regnmåler for å måle nedbør for Regnsjekken. På sidene til miljolare.no kan du søke opp Myrsnipa og se resultatene fra Regnsjekken.

Verdensrommet og planetene

Men hvordan gikk det med verdensrommet? Ved hjelp av teleskopet studeres stjerner og planeter. Barnegruppen blir delt, og hver gruppe gjør seg kjent med en planet ved å lese faktabøker. På Internett spiller de kunnskapsspill som de blant annet finner på www.romsenter.no. Der blir barna rompiloter og foretar en reise i solsystemet. Og sammen med foreldre og søsken besøkte barn og personalet Stavanger Astronomiske Forening.

Barna lager sitt eget romskip av bord som settes sammen eller av pappesker dekket med aluminiumsfolie. Med romskipet drar de ut i verdensrommet. Romskipet er utstyrt med digitale verktøy så barna kan holde kontakten med kontrollstasjonen på jorden.



DIGITALE FERDIGHETER I BARNEHAGEN

Når barnehagen drar på tur med minibussen, er busen romskip og turmålet en annen planet. På den måten kan barna komme seg langt av gårde, forteller personalet. Når barna for eksempel drar mot Jupiter, vet de at de ikke kan lande der fordi Jupiter er en gassplanet. Derfor må de lande på en av Jupiters mange måner. Det har rompilotene lært på reisen i solsystemet.

GPS og Geocaching

Det nyeste verktøyet barnehagen har tatt i bruk er GPS-en til Bertha Larsen. "I Myrsnipa barnehage lever vi etter regelen om at alt ditt er mitt, og alt mitt er ditt," sier Thorbjørg. Men selv om Berta velvillig bruker GPS-en sin i barnehagen, har barnehagen nå gått til innkjøp av sin egen GPS.

Før brukte menneskene sol og stjerner til å finne ut hvor de befant seg. Etter hvert ble kart og kompass et godt hjelpemiddel. I dag skaffer stadig flere seg en GPS-mottaker. Satellitter i verdensrommet sender radiosignaler ned til GPS-ene som viser posisjonene ved hjelp av lengde- og breddegrader. På den måten hjelper GPS-en oss til å bestemme hvor vi er og finne veien dit vi skal.



Skatten er funnet etter oppgitt posisjon på nettet. Senere har barna gravet den ned et annet sted og oppgitt ny posisjon. Ryktet går om at den er funnet på nytt og siden gravet ned i Danmark.

Finn oss, da vel

Ved hjelp av GPS-en legger Berta inn posisjoner og lar barna være med å finne retningen til stedet de drar på tur til. Vel framme kan barna leke seg med GPS-en sammen med de voksne, gjemme seg og finne hverandre igjen. Barn og voksne går et stykke unna og lagrer posisjonen i GPS-en. Deretter går de tilbake til den andre gruppen og gir dem GPS-en før de går tilbake til den registrerte posisjonen og gjemmer seg. Så gir de klarsignal via mobiltelefonen om at den andre gruppen kan legge ut på leting. GPS-en piper når barna nærmer seg målet, og da blir det ekstra spennende for gruppen som er på leting.

Andre ganger graver den ene gruppen ned en skatt, og den andre gruppen må finne skatten ved hjelp av posisjonen på GPS-en. Når skatten er funnet, må skatten, som for eksempel er pepperkaker eller noe annet spiselig, deles rettferdig mellom deltakerne. Slik blir det litt matematikk også.

Å finne skatter i naturen

Etter hvert som barn og voksne fant ut hvordan GPS-en fungerte, tok de den målrettet i bruk til Geocaching. Geocaching er en sport, eller en lek, der elevene bruker en GPS for å finne skatter som er gjemt ute i naturen. En boks med loggbok og blyant blir gjemt. I boksen kan det ligge en skatt i form av småting som for eksempel en leke, en kortstokk eller en 5-krone. Dersom elevene tar noe fra turboksen, må en også legge noe igjen. Boksens posisjon blir publisert på Internett sammen med ledetråder og forklaringer. På nettsiden får deltakerne tips om hvor det lurt å parkere, hvor det er lurt å starte, og tips om at boksen er gjemt under en

DIGITALE FERDIGHETER I BARNEHAGEN



Barna har laget et romskip og de holder kontakt med jorda.

stein eller ved en stubbe. Posisjonen har en viss feilmargin, så når barna kommer fram til angitt posisjon, må de lete i nærområdet etter "skatten". Hittil har de alltid funnet skatten de har lett etter. Når boksen er funnet, skriver de seg inn i loggboken. De kan også skrive seg inn i loggen til akkurat den turboksen på Internett. Vel hjemme i barnehagen blir GPS-en koblet til PC-en ved hjelp av USB-porten. Da kan barna også sjekke hvor langt eller hvor fort de har gått.

Sirkus Myrsnipa

En gang fant barna en såkalt Travel Bug. En Travel Bug er utstyrt med en metallplate med ID-nummer. I dette tilfellet var Travel Bug-en en klovnefisk av plast kalt Klondrian, og han ble tatt med hjem til barnehagen. På nettsidene til Geocaching fant barna ut

hvor han hadde reist og hva han liker. Mest av alt ønsket Klondrian å oppleve sirkus. "Da lager me sirkus," sa barna. På Sirkus Myrsnipa var store og små i aksjon. Der var det både klovner, linedansere og tigre, og noen som helst ville være publikum. Flere fagområder enn *Natur, miljø og teknikk* ble berørt.

En "Travel Bug" skal elevene ikke beholde. Da sirkusforestillingen var over, skulle Klondrian ut å reise igjen. Ved hjelp av turbokser og posisjoner ble Klondrian plassert ved Ullanhaugtårnet i Stavanger slik at andre brukere av Geocaching kunne finne ham. På Internett kunne barna etter en stund finne ut at Klondrian var kommet til i Danmark.

Så hvis du har en GPS og er i området der Myrsnipa barnehage holder til, så ta en titt på starte.no. Velg Sandnes der det står *Finn nærmeste* og klikk så på *vis turbokser*. Da kommer du til siden med oversikt over turbokser i Sandnes og blant dem finner du *Edderkoppen* som er en skatt (cache) Myrsnipa barnehage har lagt ut.

Å styrke realfagene i barnehagen

Det er mye snakk om å styrke realfagene i grunnopplæringen. Nå som Kunnskapsdepartementet har overtatt ansvaret for barnehagene, kan vi håpe på en tydeligere realfagsatsning i barnehagen. Også utviklingen av realfagskompetanse starter i barnehagen, og barnehagen må bidra til å skape positive holdninger til realfag.

Aktuelle nettsteder

Ekstremværeruka: www.yr.no/ekstremver

Geocaching: www.starte.no

Institutt for teoretisk astrofysikk: www.astro.uio.no

Meteorologisk institutt: met.no

Miljølære: www.miljolare.no

Myrsnipa barnehage: myrsnipa.barnehage.no

Newton: www.nrk.no/newton/

Norsk Romsenter: www.romsenter.no

Stavanger Astronomiske Forening: www.ux.uis.no/saf

Regnsjekken finner du både under nettsiden til Ekstremværeruka, Miljølære og Newton.

Referanse

Bølgen, Nina. (2008). *Vil du være med så heng på. Barnehagen som digital arena*. Oslo: Fagbokforlaget

Vil du være med, så heng på! Barnehagen som digital arena

Ny bok om digitale ferdigheter i barnehagen og barns kreative og skapende bruk av IKT.

Nina Bølgan: "Vil du være med så heng på!
Barnehagen som digital arena."
ISBN: 978-82-450-0421-2
Fagbokforlaget, 2008
201 sider



Forfatteren Nina Bølgan har gjennom mange år vært opptatt av de digitale verktøyenes plass i barnehage og småskole og er en ettertraktet foreleser om dette temaet. Tidligere har hun blant annet skrevet temaheftet *IKT i barnehagen* på oppdrag fra Kunnskapsdepartementet. Nina Bølgan er høyskolelektor i pedagogikk ved førskolelærerutdanningen ved Høgskolen i Oslo.

Boken henvender seg til personalet i barnehagen, lærere i småskolen og til studenter og foreldre som vil vite litt mer om hvilket potensial digitale verktøy har som supplement til den pedagogiske virksomheten.

Nina Bølgan er opptatt av å gi barna gode forutsetninger for å bruke IKT på en pedagogisk, skapende og kreativ måte. Det har vært mange debatter knyttet til ulike aspekter ved IKT i skolen, mens diskusjoner om IKT i barnehagen hittil har vært nokså fraværende.

Vil du være med, så heng på gir en innføring i sentrale temaer knyttet til IKT i barnehagen. Boken tar for seg digitale verktøy sin plass i fagområdene i barnehagen, og presenterer ulike måter å se på digitale verktøy i barnehage og småskole på. Det blir skrevet om ulike perspektiver på dataspill, og om hvordan Internett kan brukes både som informasjons- og kommunikasjonskanal med omverdenen og innad i barnehagen.

KIMEN

En skriftserie fra Naturfagsenteret

KIMEN blir utgitt ved behov og vil ta for seg ulike tema hver gang. Navet på skriftserien er tatt fra Naturfagsenterets visjon:

Kompetanse
Inspirasjon
Mangfold
Engasjement
i Naturfag

Den første utgaven av KIMEN: "Noen realist som passer for meg?" er skrevet av Camilla Schreiner. Den handler om perspektiver som belyser ungdoms utdanningsvalg. Dette nummeret av KIMEN er et samarbeid mellom Utdanningsforbundet, Kunnskapsdepartementet og Naturfagsenteret. Det blir sendt ut til alle landets skoler.

KIMEN 1/08:
Camilla Schreiner: "Noen realist som passer for meg?"
www.naturfagsenteret.no
Naturfagsenteret, 2008
41 sider



Ta kontakt med Naturfagsenteret (post@naturfagsenteret.no) for gratis eksemplar.

Vil satse stort på fornybar energi



Norge skal bli europamester på energi og miljø, mener strategigruppa Energi21. Med store satsninger innen et utvalg av områder kan vi fordoble produksjonen av fornybar energi i løpet av 20 år.

- Norge har naturressurser, kompetansemiljøer og samfunnsmessige forutsetninger til å bli Europas fremste energi- og miljønasjon, konkluderer Energi21, som har arbeidet ut et forslag til en bred og samlende FoU-strategi for energisektoren. Med det mener de at vi skal ha lave klimautslipp og høy energieffektivitet her hjemme, samtidig som vi blir storeksporthorer av miljøvennlig kraft til Europa. Gruppa, som har arbeidet på oppdrag fra Olje- og energidepartementet, overleverte strategiforslaget til olje- og energiminister Åslaug Haga den 5. februar.

Den nye oljenæringa

- Produktutvikling og tjenester innenfor fornybar energi kan bli den nye oljenæringa, står det i ei pressemelding fra Energi21, som har bestått av representanter fra både næringsliv, forskningsmiljøer og myndigheter.

For å kunne oppfylle visjonen foreslår strategigruppa en satsing på forskning og utvikling på fem områder:

- effektiv energibruk innenfor bygninger, husholdninger og industri
- klimavennlig kraft innenfor vannkraft, vindkraft og solenergi
- CO₂-nøytral oppvarming, for eksempel bioressurser, spillvarme og varme fra omgivelsene
- et energisystem for framtidens behov der lokale, regionale og internasjonale nett tilpasses hverandre
- attraktive rammebetingelser for FoU som skal styrke kommersialiseringen

Økonomisk satsning

Gruppa anbefaler en bred satsning på utdanning, og foreslår videre at Olje- og energidirektoratet skal doble FoU-innsatsen allerede fra 2009, med offentlige investeringer på 400 millioner kroner per år i 2009 og 2010. Tanken er at offentlig satsning, stabile rammevilkår og spesialtilpassede finansielle incentiver etter hvert også vil gi milliardinvesteringer i privat næringsliv. - I løpet av en tyveårsperiode kan vi doble norsk produksjon av fornybar energi til 240 TWh, med en stor andel norske leverandører, sier Sverre Gotaas som har ledet Energi21.

- Potensialet for industribygging er enormt. I Norge ga olje- og gassvirksomheten en oppblomstring av norske teknologileverandører. Det er ingenting som tilsier at vi ikke skal få til det samme på fornybar energi.

Støtter Energi21

NTNU og SINTEF, som er sterke aktører innen energiforskningen, støtter forslagene fra Energi21. De to institusjonene er klare til å gjennomføre en betydelig økning av egen aktivitet på området for å bidra til at Norge skal bli Europas energi- og miljønasjon, heter det i en pressemelding. Konsernsjef Unni Steinsmo i SINTEF og rektor Torbjørn Digernes ved NTNU mener at forslagene fra Energi21 er i samsvar med budsjettforslaget fra Norges forskningsråd og klimaforliket som nylig ble forhandlet fram i Stortinget. Planene er også i tråd med EUs nye tiltakspakke på energiområdet, mener de to lederne.

- Det er nå bred konsensus om en kraftig økning i forskningen på fornybar energi og CO₂-håndtering, og aksept for at ny teknologi er avgjørende for å motvirke klimaendringene. Dette er svært positivt.

Energi og den utforskende elev

De fleste elever har noe erfaring med LEGO fra de tidlige leveårene, og de har mestret det å bygge et eller annet etter instruksjoner eller etter fri fantasi. LEGO har også utviklet materiell som kan brukes i skolens undervisning, blant annet innenfor mekanikk, robotisering og energi.



Energilaboratoriet eller eLAB handler om energi, arbeid og effekt (Startsettet) og fornybare energikilder (Settet Fornybar energi). Dette utstyret er godt egnet laboratorieutstyr når elevene skal lære om fornybar energi og selv være aktive og oppfylle kompetansemål i forskerspiren. Utstyret og oppleggene egner seg både i grunnskolen og på 1. trinn i videregående skole. Slik veiledningen i eLAB er bygget opp, får elevene prøve seg som forskere på sitt nivå ved at de stiller hypoteser og tester dem ut. Oppleggene gir dermed muligheter for differensiering, og elevene møter utfordringer på sitt nivå. Elevene får anledning til å utvikle strategier for å finne ut av ting, de kan designe forsøk selv, og de blir utfordret til å skrive rapporter om hva de har funnet ut.



I arbeidet med eLAB kan elevene utvikle flere ferdigheter i tråd med forskerspiren i læreplanen for naturfag:

- Stille hypoteser
- Teste ut ideer og hypoteser
- Vurdere feilkilder
- Samle inn data
- Analysere data
- Evaluere styrker og svakheter ved innsamlete data
- Trekke konklusjoner
- Presentere resultater

Ved å la elevene arbeide med dette legosettet, utforskes energibegrepet gjennom ulike energiformer og kilder, overføring, lagring og bevaring av energi. Forholdet mellom arbeid, energi og effekt blir også belyst. Etter å ha undersøkt og funnet ut en del om ulike prinsipper, skal elevene kunne bygge modeller på egen hånd og løse problemer ved hjelp av sin nye innsikt i energibegrepet.

Energisettet gir blant annet muligheter til å bygge en enkel bil med en generator som lagrer bevegelsesenergi i en kondensator som elektrisk energi. Denne energien kan igjen overføres til bevegelsesenergi ved at generatoren brukes som motor. Ellers kan elevene bygge vindmølle, vannturbin, solcellebil, pariserhjul og vinsj.

Det er flere måter å organisere undervisningen på med utgangspunkt i eLAB, avhengig av hvor mye utstyr skolen har. Dersom læreren velger å bruke en eller annen form for stasjonsundervisning, er ikke behovet for flere energisett tilstede, mens undervisning i samlet klasse krever flere sett.

eLAB kan brukes sammen med LEGO Dactas sensorer og ROBOLAB programmer. Det gir mer avanserte muligheter for datainnsamling over tid, analyse og bearbeiding. Dermed blir eLAB og tilhørende utstyr et nyttig verktøy også for det nye faget Teknologi og forskningslære i videregående skole.



Abonnér på Naturfag

Naturfag kommer ut med tre nummer årlig. Tegn deg som abonnent for 2008 ved å bestille på www.naturfagsenteret.no. Vi oppfordrer alle til å benytte betalingskort på Internett, fordi dette forenkler registreringsarbeidet betraktelig.

Har du ikke tilgang på Internett og betalingskort? Da kan du benytte kupongen under. Et fakturagebyr på 50 kr kommer da i tillegg. Et årsabonnement på Naturfag koster 150 kr.

Denne bestillingen kan du sende til:

Naturfagsenteret
Postboks 1099, Blindern
0317 Oslo

Leveringsadresse:	
Navn:	
Evt. Institusjon:	
Adresse:	
Postnr og sted:	
Fakturaadresse:	
Navn:	
Evt. Institusjon:	
Adresse:	
Postnr og sted:	



