

Tjernobyl



Ioniseret stråling - den usynlige fjende

Fællesfagligt fokusforløb henvendt til 9. klasse

Anslået tidsforbrug: 30 lektioner



Forløbet er udarbejdet for Stærke Naturfaglige Fællesskaber af:
Anne Marie Kirkeby, VIA University College

26. april 1986 eksploderede reaktor 4 på atomkraftværket Tjernobyl i det daværende Sovjetunionen. Konsekvenserne var mange. Sporene efter ulykken er stadig tydelige. I området kalder de strålingen: Den usynlige fjende. Men hvad er det for en fjende?

Formål

Formålet er, at eleverne igennem et fællesfaglig fokusforløb med Tjernobyl som afsæt kan arbejde med ioniserende stråling, den usynlige fjende og derigennem udvikle deres undersøgelses- og modelleringsringskompetencer. En del elementer sætter desuden perspektiveringskompetencen i spil.

Forudsætninger, form og indhold

Elevernes forudsætninger

Med afsæt i Fælles Mål for de forskellige naturfag kan lærerteamet med fordel undervise klassen enkeltfagligt eller flerfagligt i begreber og undersøgelsesmetoder tilknyttet de enkelte fag inden det fællesfaglige forløb. Hvis der er undervist i det på tidligere klassetrin, kan det eventuelt tages op som repetition. På den måde har eleverne den faglige viden, der er nødvendig for, at de kan arbejde problemløsende med egne problemstillinger. Fra fysik/kemi er det en forudsætning, at eleverne har arbejdet med ioniseret stråling (alfa, beta og gamma) for at forstå den usynlige fjende. Fra geografi er det en forudsætning, at eleverne har arbejdet med vindsystemer og vejrforhold for at kunne opnå viden om, hvordan den usynlige fjende spredes til fjerne egne, og fra biologi er det en forudsætning, at eleverne har kendskab til planters opbygning og optagelse af næringsstoffer for at kunne undersøge, hvor langt plantens rødder skal gå ned i jorden for at passere de mest forurenede jordlag.

Eleverne har desuden erfaringer med problemstillinger, arbejdsspørgsmål, hypotesedannelse, undersøgelser, modeller og laboratoriearbejde generelt; se digitalt forløb: [*Problembaseret undervisning*](#).

Endelig er det en forudsætning, at eleverne har arbejdet med programmering, især blokprogrammering.

Fagsprog

Det kan være en fordel i teamet at blive enige om, hvilke fællesfaglige begreber der skal anvendes i forløbet.

Et eksempel: Næringsstoffer, næringssalte og næringsioner er tre begreber for det samme fra hver sit fag. Det kan forvirre en del elever og skabe afstand mellem fagene i elevernes forståelse. Det er ikke væsentligt, hvilket af de tre der vælges. Det afgørende ligger i kun at anvende ét begreb.

Overblik over forløbet

Forløbet foregår på skolen, i faglokalerne, i 5-6 uger. Alle naturfagstimer anvendes.

Lektion 1-3: Introduktion

- Introduktion til ulykken

Lektion 4-14/16: Fælles undersøgelser

- Undersøgelse 1: Oprydning af reaktor 4
- Undersøgelse 2: Radioaktivitet i jorden og dyrkning af afgrøder

Lektion 14-24/26: Arbejde med problemstillinger

- Emne: Tjernobylys børn

Lektion 24-26/28: Fremlæggelse

- Praktisk/mundtlig terminsprøve

Vejledning forgår løbende i grupper.

Forløbets længde kan skaleres, afhængigt af hvilke elementer der medtages og hvordan.

Fællesfaglig problemstilling

Hele forløbet er underlagt det overordnede problemfelt "Tjernobyli – ioniserende stråling – den usynlige fjende".

Forløbet opfylder to ud af tre kriterier til de fællesfaglige fokusområder; kriterierne om teknologi og interesseudsætninger. Hvis man ønsker at udvide til alle tre kriterier, kan forløbet tilføjes undersøgelser i lokalområdet ved at lade eleverne undersøge skolen for radon, som også er en usynlig fjende; se digitalt forløb: [Fællesfaglighed](#).

I dokumentaren om Tjernobylys nye sarkofag er det tydeligt, at rigtig mange forskellige lande og organisationer deltager i arbejdet om at sikre værket, så der ikke opstår en ny katastrofe. Eleverne kan her reflektere over følgende problemstilling:

- Hvordan kan man med naturfaglige argumenter retfærdiggøre, at så mange lande bruger så mange penge på et projekt i Ukraine efter en ulykke, som skete i 1986?

I forbindelse med undersøgelserne skal eleverne arbejde ud fra følgende fælles problemstillinger:

- Hvordan kan teknologi, som robotter, være med til at rydde op efter ulykken og holde området sikkert for mennesker og natur?

- Beboerne i den forbudte zone ønsker at dyrke afgrøder så sundt som muligt. Hvilke slags afgrøder kan med fordel dyrkes, så optagelsen af radioaktive isotoper minimeres så meget som muligt?

Efter at have lavet fælles undersøgelser, formulerer eleverne i grupper problemstillinger, der knytter sig til problemfeltet "Tjernobyls børn" og inddrager mindst én af de fælles undersøgelser.

Kompetencemål efter 9. klasse

Forløbet sigter mod kompetencemålene efter 9. klasse, men særligt kompetencerne markeret med fed i nedenstående skema er i fokus i dette forløb.

| | |
|---------------------|--|
| Undersøgelse | Eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i biologi, geografi og fysik/kemi |
| Modellering | Eleven kan anvende og vurdere modeller i biologi, geografi og fysik/kemi |
| Perspektivering | Eleven kan perspektivere biologi, geografi og fysik/kemi til omverdenen og relatere indholdet til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse |
| Kommunikation | Eleven kan kommunikere om naturfaglige forhold med biologi, geografi og fysik/kemi |

Konkretiserede læringsmål

- Eleverne vil opnå færdigheder i at lave problemstillinger, arbejdsspørgsmål og hypoteser.
- Eleverne vil opnå viden om hvordan teknologi kan være med til at rydde op efter ulykken og holde området sikkert.
- Eleverne opnår praksiserfaring med, hvordan teknologi og programmering kan være med til at løse autentiske problemstillinger.
- Eleven opnår viden om ulykken i Tjernobyl, hvordan det påvirkede området dengang, og hvilke konsekvenserne der stadig er lokalt og globalt.
- Eleven opnår en forståelse af, at konsekvenserne ikke kun var lokale, og kan beskrive, hvordan radioaktiviteten blev spredt til blandt andet Skandinavien via vindsystemer og vandkredsløbet, også i fremtiden.

Tilrettelæggelse

Eleverne arbejder i grupper. Processen er elevstyret, og lærerne indtager rollen som vejledere frem for undervisere. Når eleverne har valgt, hvad de vil arbejde med, formulerer de deres problemstilling. Eleverne skal desuden designe og gennemføre minimum én undersøgelse ud over de fælles.

[Astras ark](#) til undersøgelser kan med fordel anvendes både i den daglige undervisning og i de fællesfaglige forløb som stilladsering af elevernes arbejdsproces. På den måde hjælpes eleverne til at arbejde elevstyret ved hjælp af de ark, de kender, og vejledning fra deres lærere. Eleverne arbejder på deres undersøgelser og bør vejledes løbende i, hvordan de sikrer, at undersøgelserne har sammenhæng med problemstillingen; se digitalt forløb: [Undersøgelser baseret naturfagsundervisning](#).

Lærerne kan med fordel indføre skemalagt vejledning, hvor grupperne skal have forberedt, hvad de gerne vil vejledes i. Det kan eksempelvis være: begrebsafklaring, tjek af undersøgelse, snak om variabler og fejlkilder eller produktfremstilling.

Lærerne bestiller LEGO WeDo, LEGO SPIKE eller lignende hjem fra eksempelvis [CFU](#), hvis ikke der er noget til rådighed på skolen. Lærerne sørger desuden for at indkøbe et varieret udvalg af køkkenhavefrø, korn og andre relevante afgrøder, som eleverne som udgangspunkt kan vælge imellem. Plastakvarier eller andet egnet til at dyrke i, som er mindst 20 cm højt og gennemsigtigt, kan sikkert findes på skolen eller indkøbes billigt.

Lærerne sørger endelig for, at alle ark er tilgængelige for eleverne enten online eller i print.

Forslag til spørgsmål, der kan overvejes, inden forløbet gennemføres

- Hvad er en god problemstilling?
- Hvor mange naturfaglige spørgsmål, skal eleverne formulere?
- Hvilke tegn på undersøgelseskompetencen vil vi gerne se?
- Hvilke tegn på modelleringskompetencen vil vi gerne se?
- Hvilke kriterier sætter vi for elevernes produkter?

Sammenhæng med digitale forløb i Stærke Naturfaglige Læringsfællesskaber

Forløbet knytter sig til de digitale forløb: [Fællesfaglighed](#), [Undersøgelser baseret naturfagsundervisning](#) og [Problembaseret undervisning](#).

Opbygning

Introduktion

Forløbet er opbygget med fokus på elevernes undersøgelseskompetence, når der arbejdes fællesfagligt.

Lektion 1 - 3: Introduktion til ulykken

Forløbet starter med en introduktion til ulykken på Tjernobyli-værket i 1986, og hvordan området ser ud i dag. Der findes mange gode klip på nettet såsom dette: https://youtu.be/R7hv_6alPw. Dette klip er fra DR.dk og på dansk. Klassen taler om stråling som usynlig fjende. Hvis det er nødvendigt, kan strålingstyperne repeteres, og der kan laves undersøgelser af, hvordan vi kan se det usynlige ved at måle mængden af stråling med Geiger-Müller-rør.

Der afsættes god tid til elevernes spørgsmål.

Lektion 4 – 14/16: Undersøgelser (fælles)

Undersøgelse 1: Oprydning af reaktor 4

Lærerne viser klassen, hvordan sikkerhedssarkofagen er placeret og opbygget. Benyt gerne følgende dokumentar fra mitCFU.dk, som også giver et godt indblik i, hvordan der så ud lige efter ulykken i 1986 og frem til i dag (2018).

<https://hval.dk/mitCFU/mm/player/?copydan=031805022300>

Hvis der er et begrænset antal timer til forløbet, kan nedenstående artikel fra dr.dk benyttes i stedet. Den indeholder både tekst og små videoklip.

<https://www.dr.dk/nyheder/webfeature/tjernobyli#!/>

Eleverne skal nu i grupper arbejde ud fra problemstillingen:

- Hvordan kan teknologi, som robotter, være med til at rydde op efter ulykken og holde området sikkert for mennesker og natur?

Grupperne skal designe og programmere en robot pr. gruppe, der kan bidrage til oprydningen ved reaktor 4, så mennesker ikke udsættes for strålingsfare.

Klassen laver i fællesskab en model af grundplanen for sarkofagen. Dette kan gøres med malertape på gulvet i lokalet, i en aula eller med kridt på legepladsen i et størrelsesforhold, som passer til den type robotter, skolen har adgang til. Det kan for eksempel være LEGO WeDo eller LEGO SPIKE, da de er forholdsvis simple for eleverne at programmere. Har skolen ikke adgang til robotter, kan de lånes ved det lokale CFU.

Følgende egenskaber er forslag til, hvad en oprydningssrobot for eksempel skal kunne. Eleverne kan komme med deres egne bud på egenskaber til deres undersøgelse.

1. Køre et køretøj hen til et katastrofeområde
2. Gå/køre hen over murbrokker
3. Fjerne forhindringer
4. Åbne døre
5. Brug værktøj til at bryde eksempelvis døre ned
6. Klatre på stiger
7. Dreje ventiler
8. Reparere forskellige ting med værktøj
9. Opsamle radioaktivt affald

Eleverne opstiller i gruppen en forventning til, hvilken del af oprydningen deres robot skal kunne løse. Eleverne kan løbende afprøve deres robot i modellen på gulvet. For at differentiere kan lærerne stille forskellige forhindringer op i modellen, lade legoklodser i en

bestemt farve være det radioaktive affald eller sætte en tidsfrist på, hvor lang tid robotten har til at løse opgaven.

Selve undersøgelsen "Oprydning af reaktor 4" kan med fordel tage afsæt i Engineering-modellen (<https://astra.dk/engineering/proces>), som også er beskrevet i læseplanerne for naturfagene. Det er en proces, som let kan blive en tidsrøver, så sæt gerne nogle deadlines undervejs med delmål. Undervejs kan evaluering af Engineeringkompetence give et indblik i elevernes proces i udførelsen af undersøgelse. På astra.dk ligger der et redskab til dette. Delmålene, som er beskrevet, kan i dialog med grupperne danne grundlag for feed up, feed forward og feedback (se afsnit om "Evaluering").

Undersøgelse 2: Radioaktivitet i jorden og dyrkning af afgrøder

Lærerne fortæller eleverne om situationen i Tjernobyl i dag. Det kan tage afsæt i følgende narrativ:

"På vej til landsbyen Bartolejevskaja, der ligger i den forbudte zone, passerer man forladte huse og fabrikker. Hist og her dyrkes mindre jordstykker af bønder, fortrinsvis gamle, som nægtede at forlade deres hjem, selvom lægerne advarede dem mod en pinefuld død. Enten overhørte de advarslerne, eller også lever de i uvidenhed om, at mælken fra deres køer, æggene fra deres høns, rødbederne fra haven samt bærrerne, svampene og dyrene fra de nærliggende skove bærer den usynlige fjende i sig. De ca. 200 resterende indbygger i den forbudte zone nægter at flytte; de lever af det, de kan dyrke og finde i området.

De radioaktive isotoper ^{129}I (jod) og ^{137}Cs (cæsium) findes stadig i livstruende doser i jorden i den forbudte zone. Isotoperne opløses i fugten i jorden og optages af planter igennem rødderne. Forureningen er værst i det øverste jordlag fra 0-10 cm. Fra 10-20 cm falder mængden betydeligt, men er stadig sundhedsskadelig ved indtagelse."

Eleverne skal designe og gennemføre en undersøgelse, som svarer på følgende fælles problemstilling:

- Beboerne i den forbudte zone ønsker at dyrke afgrøder så sundt som muligt. Hvilke slags afgrøder kan med fordel dyrkes, så optagelsen af radioaktive isotoper minimeres så meget som muligt?

Undersøgelsen kan med fordel laves i grupper. Eleverne dokumenterer deres undersøgelse i et ADI-ark. Dette ark kan laves at naturfagsteamet eller hentes på [astra.dk https://astra.dk/sites/default/files/adi_ark.pdf](https://astra.dk/sites/default/files/adi_ark.pdf).

Til de elever, som kan have svært ved at designe en egnet undersøgelse, kan lærerne vejlede i retning af at dyrke forskellige planter på en måde, så man kan observere røddernes dybde. Dette kan gøres i et plastikakvarie, en plastiklomme eller andet gennemsigtigt med plads til mindst 20 cm lange rødder.

Til de grupper, der skal udfordres, kan lærerne vejlede i retning af, at valget af afgrøder kan overvejes ud fra flere kriterier end blot længde på rødderne. Det kan være kriterier som grunder i klima, ernæring eller årstiderne.

Følgende spørgsmål kan bruges i vejledning af eleverne:

- Er det en fordel om planten har korte eller lange rødder?
- Vil det være sundest, at den del af planten, som man spiser, vokser over eller under jorden?

- Hvordan kan I så undersøge det, I tror vil være sundest?

Igennem en vejledende lærerrolle kan eleverne stilladseres til at arbejde selvstændigt med deres undersøgelser.

Lærerne kan udlevere stilladserende ark til eleverne. ”Tjek din undersøgelse” og ”Design en undersøgelse” er gode bud på stilladserende ark, der kan hentes fra astra.dk.

Lektion 14 – 24/26: Arbejde med problemstillinger

Emne: Tjernobyls børn

Efter at have arbejdet med undersøgelserne laver eleverne en litteratursøgning om emnet: Tjernobyls børn. De vil opdage, at rigtig mange børn i området er syge; både børn og voksne har høj forekomst af kræft. Klassen kan lave en faktavæg med tal og beskrivelser.

Lærerne forklarer eleverne, hvordan stråling også kan anvendes til at redde liv. Er man ikke helt opdateret på området, har [Kræftens Bekæmpelse](#) nogle gode tekster og små filmklip. Disse kan også ses med eleverne.

Klassen har nu i fællesskab arbejdet med problemfeltet ”Tjernobyl – ioniserende stråling den usynlige fjende”.

Det elevstyrede arbejde påbegyndes med gruppedannelse og formulering af problemstillinger.

Forslag til faglige problemfelter, som eleverne kan tage afsæt i, når de skal formulere deres egne problemstillinger:

- Tjernobyl – Europas største naturreservat
- Hvad er farligst - stråling eller menneskers tilstedeværelse?
- Hvor langt væk fra Tjernobyl kunne der måles forhøjet radioaktivitet?
- Hvorfor er der uenighed om dødstallet?
- Hvorfor bliver børnene af arbejderne syge?
- Hvilken type stråling er der i området?
- Passer HBO-serien 100% med det, der skete?
- Kan man virkelig besøge området uden at blive syg?

Lektion 24 – 26/28: Fremlæggelse

Forløbet kan afsluttes med flere forskellige fremlæggelsesmetoder.

Teamet bør overveje, hvilken form der passer bedst med tiden og det, man har af muligheder. Flere skoler har stor succes med at lade eleverne forberede en praktisk/mundtlig terminsprøve, der kommer så tæt på den rigtige prøve som muligt.

Evaluering

I forløbet er der løbende evaluering af gruppernes arbejde, når de modtager vejledning og feedback på deres arbejdsproces. Som nævnt kan evaluering af Engineeringkompetence eller feedback-metoden anvendes undervejs. En anden evalueringmetode, som kan benyttes, er den såkaldte elevortale, som tager udgangspunkt i følgende refleksioner hos eleverne: "Hvad kan jeg? Hvad vil jeg? Hvad opnår jeg ved det?" Det støtter den vejledende lærerrolle til at stilladsere eleverne i elevstyrede undervisningssituationer ved at stille spørgsmål fremfor at give dem svarene.

Slutteligt modtager eleverne en mundtlig evaluering fra lærerne, som de ville få den til den fælles naturfagsprøve. Evaluering og eventuelt karakter kan med fordel tage udgangspunkt i delmål for kompetencerne. For undersøgelseskompetencen og modelleringskompetencen kunne delmål se ud som følger:

| Undersøgelseskompetence | Modelleringskompetence |
|---|--|
| 1: Jeg har formuleret en naturfaglig problemstilling, der kan undersøges. Jeg kan forklare faserne i en naturvidenskabelig undersøgelse. | 1: Jeg kan forklare forskelle på modeller og virkeligheden. |
| 2: Jeg lægger en plan for, hvordan min problemstilling kan undersøges. Jeg opstiller hypoteser (forventninger) til undersøgelserne. Jeg kan udvælge eller selv designe undersøgelser, der belyser problemstillingen. | 2: Jeg kan skabe overblik over mit emne ved at bruge modeller. Jeg kan bruge modeller til at forklare mit emne ud fra. |
| 3: Jeg kan forklare, hvorfor jeg har valgt disse undersøgelsesmetoder. Jeg har styr på resultaterne og kan fortælle, hvad de viser. Jeg ved, hvilke variabler der er i mine undersøgelser. | 3: Jeg kan sætte mine egne resultater ind i relevante modeller. (grafer, diagrammer, mm.) Jeg er kritisk overfor modeller - er de tydelige nok? |
| 4: Jeg er grundig i mine undersøgelser og har styr på de data, jeg indsamler. Jeg kan ud fra min undersøgelse finde sammenhænge med min problemstilling. Jeg har forholdt mig kritisk til mine resultater og kan oplyse om evt. fejlkilder. | 4: Jeg skriver altid de rigtige symboler og bruger så vidt muligt fagbegreber. Jeg kan bruge modellerne til at analysere min problemstilling. |

Forslag til refleksionsspørgsmål efter gennemført aktivitet

- Hvor godt lykkedes det dig/jer at stilladsere elevernes udvikling af de naturfaglige kompetencer, der var i fokus?
- Hvad får I øje på, som lykkedes særligt godt?
- Hvilke observationer af elevernes undersøgende gruppearbejde peger på fagfaglig læring, udvikling og motivation?
- Var fællesfagligheden tydelig for eleverne?
- Hvordan fungerede de materialer, I havde stillet til rådighed?
- Hvordan fungerede rollen som vejleder i forhold til feedback?
- Hvilke problemstillinger virkede særligt motiverende på eleverne?

Referencer

Science of The Total Environment (2019) "Analysis of ^{129}I and ^{127}I in soils of the Chernobyl Exclusion Zone, 29 years after the deposition of ^{129}I " [04-02-2021]

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719334321>

Faktalink (2019) "Tjernobyl-ulykken" [04-02-2021]

<https://faktalink.dk/titelliste/tjer>

dr.dk (2016) "Enorm kuppel skal redde Tjernobyl-reaktor fra yderligere radioaktivt udslip" [04-02-2021]

<https://www.dr.dk/nyheder/udland/video-enorm-kuppel-skal-redde-tjernobyl-reaktor-fra-yderligere-radioaktivt-udslip>

Astra (2020) "Engineering i skolen" [04-02-2021]

<https://astra.dk/engineering>

Astra (2020) "Lærervejledning til evaluering af Engineeringkompetence" [04-02-2021]

https://astra.dk/sites/default/files/del_2a_redskab_til_evaluering_af_engineeringkompetence_laerervejledning_1_1.pdf

Astra (2020) "Produktive spørgsmål" [04-02-2021]

https://astra.dk/sites/default/files/Cue%20cards_NY_Web.pdf

Astra (2020) "Tjek din undersøgelse" [04-02-2021]

https://astra.dk/sites/default/files/tjek_din_undersoegelse_v3.pdf

Astra (2020) "Argumentationsbaseret undersøgelse (ADI)" [04-02-2021]

https://astra.dk/sites/default/files/adi_ark.pdf

Astra (2020) "Design og udfør en undersøgelse" [04-02-2021]

<https://astra.dk/sites/default/files/Elevark%20A4%20UBNU%20temadage%20fora%CC%8Ar%202017.pdf>