
AT-2012: Katastrofen på Tjernobyværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

Indledning:

D. 26. april 1986 kl. 1.23 blev det nordlige Ukraine og sydlige Hviderusland ramt af en katastrofe. Reaktor 4 på Tjernobyatomkraftværket sprang i luften og sendte en sky af radioaktivitet op i atmosfæren. Ingen vidste det på det tidspunkt, men dette øjeblik skulle få vidtrækkende eftervirkninger, der stadig ses den dag i dag. Jeg har valgt at definere en katastrofe som en ulykke/hændelse, der meget negativt påvirker mange mennesker over længere tid. Selvom selve ulykken og den tilhørende eksplosion kun dræbte 2 mennesker på stedet, er mange tusinder siden døde eller blevet alvorligt syge på grund af Tjernobyl. Dette gør det til en katastrofe, da mange mennesker dermed er "negativt påvirkede over længere tid", som jeg jo netop vagte som en definition. Men hvor meget ved vi egentlig om Tjernobylulykken? De færreste har undgået emnet i forbindelse med fysikundervisningen, hvor vi er blevet mættet med uhyggelige historier om kræft-ramte børn og en hemmelighedsfuld koldkrigsregering. Med denne opgave ønsker jeg at undersøge hvilke konsekvenser Tjernobylulykken havde dengang og nu. For at kunne dette er det nødvendigt både at forstå fysikken bag reaktoren og det radioaktive nedfald samt den historiske situation som ulykken skete i.

Problemformulering:

Hvilke konsekvenser havde ulykken på Tjernobyreaktoren?

- Hvordan blev atomkraftværket i Tjernobyl drevet?
- Hvordan var sikkerhedsprocedurene på Tjernobyl i forhold til værket og omgivelserne, og hvad gik galt? og hvad gjorde man ved det?
- Hvordan påvirkede ulykken omgivelserne - både fysisk og menneskeligt?
- Hvordan reagerede det sovjetiske styre/omverdenen på ulykken (med analyse af Gorbatjovs tale om Tjernobyl fra d. 14. maj 1986)? Hvilke forklaringer kan der ligge bag disse reaktioner?
- Hvordan har Tjernobylulykken påvirket opfattelsen af atomkraft? Og i hvor høj grad er det relevant at se på "gamle" ulykker, når både den politiske situation og kraftværktyperne er ændret i dag?

Metode

Fagene fysik og historie tilhører henholdsvis det naturvidenskabelige hovedområde og det humanistiske hovedområde¹. Inden for fysik har jeg primært læst hvad andre har skrevet om atomreaktorers virkemåde og om hvad der fysisk gik galt ved Tjernobyl. Derfor vil jeg beskrive den metode som disse mennesker har brugt. Teorien bag atomreaktorer (og dermed viden om hvordan de virker) er fremkommet ved brug af den induktive metode, hvor observationer fører til en teori, der kan forklare observationerne.² Man kunne ikke forstå hvordan produktet af U-239 henfald kunne være barium, da masse tallet af barium-isotoper er meget mindre en massetallet af U-239. Derfor var man nødt til at opstille en helt ny teori, om at U-239 kernen simpelthen revnede.³ Herefter benyttede man den eksperimentelle metode⁴ til at bestemme hvordan man lettest kunne udnytte kernefissionens energi, hvormed de første reaktorer blev dannet.⁵ Ulykkens årsag og

¹ Historie kan tilhøre det samfundsvidenskabelige hovedområde, men gør det ikke i denne opgave.

² (Føge & Hegner, Primus 1, 2005-2007, s. 76-77)

³ (Christensen & Meyer, 1989, s. 25)

⁴ (Dideriksen, Olsen, & Witzke, 2009, s. 40)

⁵ (Christensen & Meyer, 1989, s. 57)

AT-2012: Katastrofen på Tjernobylværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

konsekvenser (i form af radioaktivt nedfald) er bestemt empirisk, idet man kan måle, hvad der gik galt ved ulykken, hvilken isotopsammensætning der er tale om i nedfaldet og hvor meget, der er tale om. Samlet set, er dette den naturvidenskabelige metode, der går ud på hvad man kan måle og observere. Historie benytter den humanistiske metode. Her fokuseres på det enkelte menneskes opfattelse af ulykken, og de konsekvenser som den har haft for individet. Desuden benytter faget historie sig specifikt af kildekritik. Jeg har benyttet kildekritik på alle mine kilder, idet jeg har overvejet, hvilken baggrund forfatterne/journalisterne har, samt hvilken baggrund de interviewede har. Nogle af kildernes forfattere har indsamlet kvalitativ empiri, idet de har interviewet enkelte mennesker om deres situation. Desuden har jeg lavet en historisk analyse af Mikail Gorbatsjovs tale til det sovjetiske folk om Tjernobylylykken. Her har jeg benyttet den hermanautiske cirkel, da jeg har læst teksten flere gange, hver gang med en forforståelse. På den måde har mit syn på teksten udviklet sig.⁶

Delkonklusioner:

Hvordan blev atomkraftværket i Tjernobyl drevet?

Atomkraftværket i Tjernobyl var af den sovjetiske type RBMK. Denne type adskiller sig fra mange andre typer atomkraftværker ved at anvende grafit som moderator. Moderatoren har til formål at bremse de neutroner, der dannes ved fissionsprocessen hvor uran spaltes, ned, så de kan spalte andre uranatomer. Dette kaldes en styret kædereaktion. De fleste atomkraftværker anvender beriget uran, så procentdelen af det spaltelige uran-235 bliver 3-5 % mod 0,7 % i ikke-beriget uran. Kraftværket i Tjernobyl anvendte ikke-beriget uran, og reaktoren var derfor udformet så atomerne lettere blev accelererede. Rundt om brændslet og grafitten cirkulerede kølevandet i rør. Dette vand fungerede som en yderligere moderator, og det siges at reaktoren havde en positiv void-effekt, da varmere kølevand (der er tegn på, at der er noget galt) ville medføre en øget energiproduktion.⁷

Hvordan var sikkerhedsprocedurene på Tjernobyl i forhold til værket og omgivelserne, og hvad gik galt? og hvad gjorde man ved det?

Tjernobylylykken fandt sted under en test af sikkerhedssystemet. I reaktor 4, der havarede, havde man 4 dieselgeneratorer, der skulle slå til i tilfælde af kølesvigt, dvs. stigende vand temperatur. Men disse generatorer startede ikke hurtigt nok op, og man ville derfor undersøge hvorvidt restdamptrykket kunne drive kølevandspumperne indtil dieselgeneratorerne kørte på fuldt tryk. Sikkerhedsprocedurene på værket sagde, at reaktorens effekt ikke måtte komme under 700 MW. Grunden kendes ikke, men kontrolstængerne blev ført så langt ind i reaktoren at den næsten standsede. Af sikkerhedsmæssige grunde burde testen nu afblæses, men i stedet trak man stængerne ud, men det resultat at reaktoren nu kørte ved 165-200 MW. Den lave effekt medførte at temperaturen blev ustabil sammen med vandgennemstrømningen og dermed muligvis neutron-dannelsen. Adskillige af værkets alarmer gik i gang med blev ignoreret. Da turbinegeneratorerne blev standset faldt vandgennemstrømningen og store bobler blev dannet. Vandet absorberede nu ikke længere så mange neutroner og energiproduktionen blev øget, hvormed vandet blev varmet yderligere op og dannede endnu flere bobler. Nu ville man slukke helt for reaktoren, og de 7 kontrolstave blev derfor

⁶ (Følge & Hegner, Primus 1, 2005-2007, s. 56)

⁷ (Tjerney, 2011, s. 4)

AT-2012: Katastrofen på Tjernobyværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

sat ind hvilket tog 18-20 sekunder. Men kontrolstavens spids var lavet af grafit og nåede derfor at øge neutron nedbremsningen, før det neutronabsorberende materiale, de var lavet af, mindskede energiproduktionen. Dermed blev reaktorens kerne overophedet og eksploderede. Brændselsstavene gik dermed i stykker og energiproduktionen steg uhæmmet til 30 GW. Nu efterfulgte en stor dampekspllosion, hvor reaktortanken og brændslet revnede. På grund af varmen blev endnu mere af kølevandet til damp, og reaktionen accelererede yderligere. Endnu en eksplosion fandt sted, muligvis en brinteksplosion, da brint kunne være dannet enten fra dampens reaktion med grafit eller zirkonium (fra brændselslegeringerne). På grund af den revnede reaktortank kom grafitten i forbindelse med luftens ilt, der nærede branden. Der gik også ild i reaktor 3's tag, og på trods af ordre om ikke at slukke reaktoren, slukkede reaktor 3's natholdsleder alligevel reaktor 3 senere på aftenen.⁸ Efter ulykken skulle branden først og fremmest slukkes. Brandmændene, der blev sat på opgaven, blev udsat for en strålingsdosis på 4-16 Gy i løbet af få timer. Dette skal sammenlignes med LD_{50} -dosisen⁹, der er 3,5-4 Gy. Desuden var man nødt til at tømme reaktorens kælder for vand, da der ellers kunne finde en vanddampsekspllosion sted.¹⁰ I oktober 1986 byggede man en betonsarkofag uden om reaktor 4. Denne sarkofag står der endnu, men pga. lækningsfare er man i gang med at forberede en ny sarkofag.¹¹ For at beskytte omgivelserne igangsatte man en evakuering af beboerne i området, denne blev dog først igangsat dagen efter ulykken d. 27. april 1986.¹²

Hvordan påvirkede ulykken omgivelserne - både fysisk og menneskeligt?

I dag ses en markant stigning i kræfttilfælde i Tjernobylys omegn, hvor i sær skjoldbruskkirtelkræft er udbredt. Dette skyldes, at de tre meget udbredte radioaktive stoffer I-131, Cs-137 og Sr-90 og plutonium¹³ bliver optaget i naturen og dermed fødevarerne, da de har stor lighed med henholdsvis ikke-radioaktivt iod, kalium og calcium (både strontium og plutonium kan minde om calcium). Den højradoaktive iod-isotop skaber problemer, når den optages i stedet for ikke-radioaktivt iod i skjoldbruskkirtlen. Her forårsager den i løbet af længere tid¹⁴ kræft. Især børn er udsatte. Inden Tjernobylykkes havde man ca. 1-2 børnekræfttilfælde i skjoldbruskkirtlen om året. I 1994 havde man 41, og tallet er siden vokset¹⁵. Folk fra de evakuerede områder har desuden mistet deres hjem i forbindelse med evakueringerne, hvilket i sær har været svært for den ældre del af befolkningen, der ofte havde boet det samme sted, hele deres liv.¹⁶ Den fysiske påvirkning, ses ikke kun som kræfttilfælde i området omkring Tjernoby. I andre lande som f.eks. Danmark og Wales oplevede, at henholdsvis kvæg og får fik græsningsforbud, på grund af store mængder cæsium i græsset¹⁷.

Hvordan reagerede det sovjetiske styre/omverdenen på ulykken (med analyse af Gorbatsjovs tale)? Hvilke forklaringer kan der ligge bag disse reaktioner?

⁸ (Tjerney, 2011, s. 4-5)

⁹ LD_{50} -dosis: dosis hvor halvdelen af dem, der udsættes for den, dør. Kilde: (Tjerney, 2011, s. 8)

¹⁰ (Magnusson & Nørgaard, 1986, s. 16-17)

¹¹ (Tjerney, 2011, s. 15)

¹² (Eskesen, 2006, s. 197)

¹³ (Eskesen, 2006, s. 189)

¹⁴ 3-4 år for børn og 7-10 år for voksne (Eskesen, 2006, s. 28)

¹⁵ (Eskesen, 2006, s. 27)

¹⁶ (Eskesen, 2006, s. 19-25)

¹⁷ Kilder: (Tjerney, 2011, s. 43) og Politiken, 12. maj 1986, "Danske køer må igen gå på græs" - Harald Lindboe

AT-2012: Katastrofen på Tjernobylværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

Det sovjetiske styre reagerede på ulykken med tavshed. Vesten opdagede første gang, at der var noget galt, da der i Sverige blev målt forhøjet radioaktivitet. Efter at en ulykke på et svensk atomkraftværk var udelukket, opdagede forskere, at radioaktiviteten kom fra Sovjetunionen. Men på en forespørgsel fra den svenske ambassade i Moskva, svarede de sovjetiske atom-kontrol-myndigheder, at man "intet kendte til et uheld i Sovjetunionen".¹⁸ I Vesten frygtede nogle, at radioaktiviteten, skyldtes en sovjetisk atomprøvesprængning, hvilket dog blev tilbagevist pga. isotopsammensætningen i nedfaldet.¹⁹ Først om aftenen, d. 28. april 1986, indrømmede Sovjetunionen kort, at der var sket en ulykke på Tjernobykraftværket. Dagen efter fulgte en kort bemærkning om, at 2 var døde og at de omkringliggende byer var evakuerede.²⁰ Hemmeligholdelse af ubehagelige sandheder var ikke ualmindeligt i Sovjetunionen. Men partisekretæren Mikhail Gorbatsjov, der netop var trådt til i 1985, havde ellers bebudet en ny linje, hvor et af nøgleordene var "glasnost" (åbenhed). Bare et par måneder inden Tjernobylykikken havde han til en partikongres udtalt "*Uden offentlighed er der ikke og kan der ikke være demokrati, politisk aktivitet blandt masserne eller deltagelse fra massernes side i administration og ledelse*".²¹ Alligevel talte den sovjetiske leder først til sit folk d. 14. maj i et Tv-program. Talen²² hedder "*Læren af Tjernobyli*" og ligger op til de ændringer, der skal ske i verden pga. Tjernobyli. Først og fremmest går Gorbatsjov op i, at det var "*under en rutinemæssig nedlukning af den fjerde kraftværksenhed [at] en pludselig stigning i reaktorens kapacitet [skete]*." (l. 24-26 s. 202). Om han har vidst, at ulykken til dels skyldtes menneskelige fejl under en test eller ej, vides ikke, men fokus er i hvert fald rettet væk fra den menneskelige faktor. Han er hurtig til at vende fokus væk fra selve Tjernobylykikken og over på vestens beholdning af atomvåben, "hetz" mod Sovjetunionen i forbindelse med ulykken og USA's lignende håndtering af atomulykken på the Tremile Island. På den måde fjerner han fokus fra evt. kritik af den sovjetiske regering og tildeler til dels Sovjetunionen en "offer-rolle". Desuden bruger han mange positivt ladede ord om redningsarbejdet som "*heltemodigt*", "*uselvisk*" og "*heltemodigt*". Hans hovedformål med talen er altså at sætte Sovjetunionen (og resten af de kommunistiske lande) i et godt lys, mens det kapitalistiske vesten fremstår som det primære problem.

Hvordan har Tjernobylykikken påvirket opfattelsen af atomkraft? Og i hvor høj grad er det relevant at se på "gamle" ulykker, når både den politiske situation og kraftværktyperne er ændret i dag?

I forbindelse med Tjernobylykikken i 1986 kom der fokus på resten af verdens atomkraftværker. I Danmark gav det anledning til en opblusning af konflikten omkring det svenske A-værk Barsebäck. Oppositionen krævede i forbindelse med ulykken, at regeringen skulle bede de svenske myndigheder om at lukke Barsebäck.²³ Denne diskussion var ikke ny, men det er næppe noget tilfælde, at den brugte kilde, netop blev trykt så tæt på ulykken. 1970'ernes karakteristiske "Atomkraft - nej tak" badges viser tydeligt, at der altid har været en vis tilbageholdenhed i forhold til atomkraft, men efter Tjernobylykikken fik modstanderne et meget konkret eksempel på, hvorfor de mente atomkraft var så farligt. Dette medførte bl.a. en demonstration i København.²⁴ Hvis der udelukkende fokuseres på Tjernobylykikken, kan det dog være svært, at godtgøre hvorfor atomkraft nødvendigvis er skidt. Ud over at kraftværket blev drevet forkert på ulykkesnatten, skyld-

¹⁸ Politiken, 29. april 1986, "Radioaktivt nedfald over hele Skandinavien" - Harald Hamrin

¹⁹ <http://www.dr.dk/bonanza/search.htm?needle=tjernobyli&type=all&limit=120>

²⁰ Politikken, 30. april 1986, "Sovjetisk TV - to er omkomne" - Harald Hamrin

²¹ (Magnusson & Nørgaard, 1986, s. 62)

²² (Gorbatsjov, 1987)

²³ Politiken, 8. maj 1986, "Folketinget: Barsebäck skal lukke" - Susanne Utzon

²⁴ Politiken, 30. april 1986 "Demonstration i dag" - Henrik Kaufholtz

AT-2012: Katastrofen på Tjernobylværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

tes ulykken en designfejl i reaktortypen "RBMK". Men denne reaktortype fandtes kun i Sovjetunionen og blev efterfølgende forbedret rent sikkerhedsmæssigt. Reaktormæssigt er det altså slet ikke de samme sikkerhedsrisici som vestlige og moderne reaktorer står over for. Historisk set ligger den kolde krig efterhånden langt væk, og den bipolaritet, der prægede verden dengang er opløst. En af grundene til, at Tjernobylykkelsen udviklede sig til en egentlig katastrofe, var jo netop den lukkethed, der herskede i det sovjetiske samfund, både over for omverdenen og indbyggerne. Men kommer kommunikation om evt. atomkraftulykker lettere rundt i dag? Under den seneste store atomulykke, ulykken på Fukushima-værket i marts 2011, blev den japanske regering kritiseret for at tilbageholde information om ulykkens omfang og hvordan radioaktiviteten fordelte sig.²⁵ Så selvom verden umiddelbart er blevet mere åben, er hemmeligholdelse af vigtige informationer stadig et problem.

Samlet konklusion:

Hvilke konsekvenser havde ulykken på Tjernobyreaktoren?

Ulykken på Tjernobyreaktoren i 1986 har haft stor indflydelse på mange menneskers liv. Blandt befolkningen i området omkring Tjernobyl er tilfældene af kræft, især skjoldbruskkirtelkræft, steget voldsomt på grund af eksponeringen for de radioaktive stoffer, der blev spredt ved ulykken. Især har de radioaktive grundstoffer plutonium, I-131, Cs-137 og Sr-90, der ophober sig i fødevarer grundet deres lighed med almindeligt forekomne grundstoffer, forvoldt store skader på mennesker, og forårsaget store økonomiske problemer for landmænd og gartnere Vesteuropa. Bevidsthedsmæssigt har Tjernobylykkelsen antændt en allerede værende skepsis overfor atomkraftværket, og givet modstanderne gode argumenter for deres sag. Det kan dog diskuteres hvor relevant denne skepsis er i dag, og især i Vesten, da både reaktortyper og den politiske situation har ændret sig væsentligt. Desuden gjorde ulykken omverdenen og sovjetborgerne opmærksomme på det sovjetiske styres hemmelighedskræmmeri.

Perspektivering

Dette AT-projekt kan perspektiveres til et projekt i Kemi-Samfundsfag som vi lavede i 2.g. Projektet handlede om kemiske våben og benyttede den naturvidenskabelige metode og den samfundsfaglige metode. Kemiske våben kan forårsage en form for katastrofer, når de anvendes. Vi så altså, som nu, på en katastrofe, som vi både beskrev rent naturvidenskabeligt (hvordan kemiske våben virker rent kemisk) og samfundsmæssigt (hvordan det internationale samfund forholder sig til kemiske våben). På den måde så vi altså, hvordan en begivenhed kan gribes an fra to forskellige vinkler. Selvom vi dog i 2.g så de kemiske våben fra en international-politisk side i stedet for en menneskelig, humanistisk side. I dette AT forløb om Tjernobyl havde det også været interessant at ligge en samfundsfaglig vinkel på katastrofen og set på om de internationale konventioner om brugen af atomkraft er påvirket af ulykken. Desuden kunne biologi være koblet på, da det ville give mulighed for en mere dybdegående beskrivelse af den radioaktive strålings påvirkning af levende væv.

²⁵ http://www.nytimes.com/2011/08/09/world/asia/09japan.html?_r=1

AT-2012: Katastrofen på Tjernobylværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

Litteraturliste:

Christensen, C., & Meyer, T. (1989). *Manhattan Projektet*. Munksgaards dimensioner.

Dideriksen, M., Olsen, M., & Witzke, A. (2009). *AT-håndbogen*. Systime.

Bogen er brugt til generel viden om AT-eksamen, metoder, synopsen mm.

Eskesen, M. (2006). *Tjernobyl 20 år - 20 liv*. Informations forlag.

Bogen er brugt til at undersøge de konsekvenser af Tjernobylulykken, som ses i dag. Forfatterne af bogen har brugt en kvalitativ metode til at undersøge eftervirkningerne, idet de har interviewet forskellige mennesker om hvordan Tjernobylulykken har påvirket deres liv. Der er udøvet kildekritik på kilden, men umiddelbart har forfatteren ingen særlige dagsordener med bogen.

Føge, P., & Hegner, B. (2005-2007). *Primus 1*. Systime.

Bogen er brugt til generel viden om AT-eksamen, metoder, synopsen mm.

Føge, P., & Hegner, B. (2006). *Primus 2*. Systime.

Bogen er brugt til generel viden om AT-eksamen, metoder, synopsen mm.

Hemmersam, K.-J., Husballe, J., Bach Nielsen, E., & Olsen, J. (1994). *Verden i konflikt og forandring*. Munksgaard.

Bogen er brugt til baggrundsviden om forholdene i Sovjetunionen. Da det er en historie-grundbog regnes den for meget troværdig.

Magnusson, M.-L., & Nørgaard, O. (1986). *Dagbog fra Tjernobyl*. Forlaget Carnet.

Bogen er en skildring af forholdene omkring Tjernobyl som de så ud kort efter ulykken. Forfatterne bruger flere forskellige metoder til at belyse emnet. Samlet set kan man sige, at de har benyttet spormetoden (s. 44 i AT-håndbogen), da de har indsamlet meget forskelligt data; både interview, mediemæssige udtalelser, redegørelse for hvad der skete etc. Interviewene er kildekritisk meget interessante, da det kan diskuteres hvor objektive borgere i Sovjetunionen kunne tillade sig at være. Umiddelbart har hverken Magnusson eller Nørgaard offentligt givet udtryk for særlige pro- eller anti-sovjetiske holdninger eller holdninger for eller imod atomkraft, der kunne påvirke deres vurdering af sagen.

Tjerne, O. (2011). *Atomkraftulykker*. Foreningen af Yngre Biologer og Biologisk Forum.

Bogen er primært brugt til fysik-delen, da den giver en indgående beskrivelse af driften af Tjernobyl, hvad der gik galt og de radioaktive følger. Tjerne har anvendt andres undersøgelser, men disse undersøgelser bygger på den naturvidenskabelige metode.

AT-2012: Katastrofen på Tjernobylværket

Fysik A og Historie A

Karakter: 12

Hjemmesider:

<http://www.dr.dk/bonanza/search.htm?needle=tjernobyl&type=all&limit=120>

28. marts 2012

http://www.nytimes.com/2011/08/09/world/asia/09japan.html?_r=1

28. marts 2012

Artikler:

Politiken, 29. april 1986, "Radioaktivt nedfald over hele Skandinavien" - Harald Hamrin

Politikken, 30. april 1986, "Sovjetisk TV - to er omkomne" - Harald Hamrim

Politiken, 8. maj 1986, "Folketinget: Barsebäck skal lukke" - Susanne Utzon

Politiken, 30. april 1986 "Demonstration i dag" - Henrik Kaufholtz