

Tungtvann, D₂O – Kjemi, historie, produksjon og bruk

Av Kine Botnen, Shannon Vibeke Gunleiksrud, Janne Sando og Kaspar Walle

Forfatterne var alle elever ved 3NAB ved Melsom videregående skole i skoleåret 2005-2006

Sammendrag

D₂O, eller tungtvann, er praktisk talt det samme som vann. Forskjellen er at D₂O er tyngre. Isotopen deuterium har litt andre egenskaper enn Hydrogen.

Tungtvann ble først fremstilt av forskeren Harold Urey i 1931, men forskeren Gilbert Newton Lewis var den første som fremstilte det kjemisk. Dette var ikke før i 1933.

Norsk Hydro ble stiftet i 1905 av Samuel Eyde og Kristian Birkeland. Eyde sto for finansieringen mens Birkeland oppfant maskinen som ville få fabrikken til å gå rundt. Denne ble etter hvert modernisert, og i 1929 var en ny hydrogenfabrikk i drift.

Norsk Hydro var i begynnelsen skeptisk til å begynne med forskning og produksjon av tungtvann. Etter påtrykk fra mange viktige personer så ga de seg.

Rjukan var hele tiden ledende innenfor tungtvannsforskning. Det ble patentert ny forskning en stund, men til slutt valgte forskerne heller å hemmeligholde forskningen.

I 1934 fant ekteparet Joliot-Curie ut om nøytronbombartering. Kort tid

etterpå ytret Frankrike og Tyskland ønske om oppkjøp av alt tungtvann, og videre reservering av produksjonen. Det ble tilslutt bestemt at Frankrike skulle få kjøpe alt tungtvannet. Beholdningen på 185 kg ble smuglet under nesen på tyskerne med fly til Skottland også til Frankrike, men da Frankrike ble okkupert ble alt fraktet over til England.

Da okkupasjonen av Norge var i gang fryktet både amerikanerne og engelskmennene for tungtvannet og Tysklands planer. De satte derfor i gang flere aksjoner for å stoppe produksjonen og sabotere beholdningen. Det kom aldri noe tungtvann til Tyskland, hvis vi ser bort fra noen prøver som ble sendt før krigen mens forskningen pågikk.

Tungtvann kan fremstilles på tre forskjellige måter. Den første måten er ved elektrolyse av vann, som ble brukt og blir brukt i Norge. Det er en veldig enkel prosess som skal fjerne vann og beholde deuteriumet. Deuterium (D₂O) er et stoff som har en kjemisk oppbygning som ligner på

vann. Den andre måten er ved kjemisk utbytningsreaksjon, denne prosessen er litt mer innviklet og vil koste mer i lengden. Nummer tre er ved destillasjon.

Lise Meitner og Otto Frisch fant ut hvordan atomer kan spaltes så de gir fra seg store mengder energi. Ekkeparet Irene og Frédéric Joliot-Curie fant ut hvordan man kunne framstille kunstig radioaktivitet. Disse to hendelsene sammen med funnet av tungtvann la grunnlaget for atombomben. Dette er et tema som mange mennesker frykter mye i vår tid. Heldig vis kan atomforskningen også brukes til ikke-destruktive ting slik som kraftverk. Selve tungtvannet kan i tillegg til å være nøytronbrems brukes medisinsk eller til å spore oljerigg lekkasjer.

Innledning

Tungtvann er en stor vitenskaplig oppdagelse som både har laget utrolige tragedier og har gjort det mye enklere for oss på enkelte områder. Den tragiske siden med tungtvann er at den har gitt oss muligheten til å lage masseødeleggelsesvåpen. Disse kan igjen ødelegge verden som vi kjenner den. Men det har også gjort det lettere for oss når det gjelder å lage energi ved hjelp av kjernekraftverk. Tungtvannet kan i tillegg brukes i medisinske undersøkelser og forskning, og til oppsporing av lekkasjer i oljerør.

Grunnen til at vi valgte å undersøke historien, produksjonen, den kjemiske delen og bruken av denne oppdagelsen er fordi vi syntes det hørtes veldig interessant ut. I tillegg så er historiene bak tungtvannet rett og slett

spennende. Vi vil vite mer om hvilke måter vi har brukt stoffet før, og hvordan vi bruker det nå. Hvordan de produserte det før og hvordan vi produserer det nå.

Det hjalp oss mye at to av gruppe-medlemmene bor på Rjukan. Rjukan har lang og solid bakgrunn når det gjelder tungtvannet og vi hadde muligheten til å bo hos de i prosjektuka. På Rjukan fikk vi også snakket med Norges fremste ekspert på tungtvannshistorie, Per Pynten. Dette hjalp oss mye, og ga oss informasjon om de litt mindre kjente sidene i historien. Derfor valgte vi å vinkle historiedelen mot de nye historiene isteden for å vinkle den mot de britisk bestemte tungtvannsaksjonene. Vi syntes dette ga oppgaven vår et mer spennende perspektiv.

I begynnelsen av uka bestemte vi oss for å vinkle dette prosjektet litt mot barn. Alle undersøkelser, og det vi har funnet ut er skrevet i rapporten, og er ikke barnestoff. Vi har også skrevet en "historie-barnebok" for å forklare noe av virkningene og historien til tungtvann på en måte som barn kan forstå. I tillegg skal standen vår være litt barnevennlig.

Kjemi

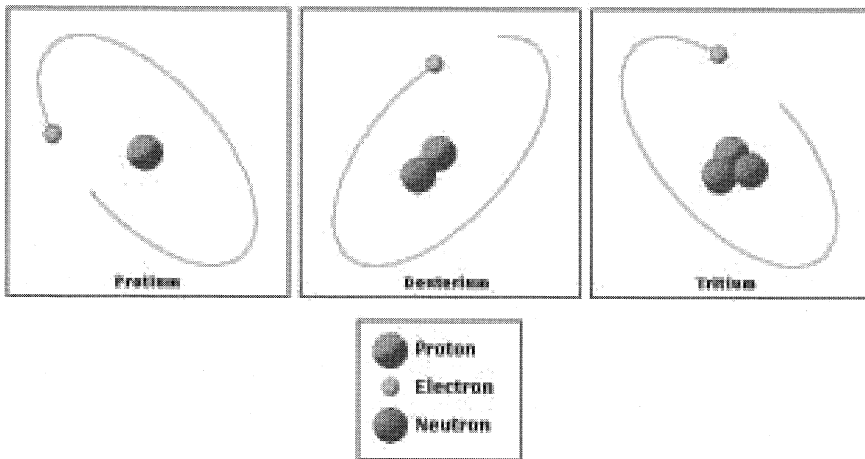
Tungtvann er trivialnavnet på Deuteriumoksid, D_2O .

Deuterium

"D" er en isotop, det vil si en versjon, av grunnstoffet hydrogen "H". Det som gjør disse isotopene forskjellige er antallet partikler i kjernen. En atomkjerne består av nøytroner, som er nøytrale (uten ladning) og protoner,

som har positiv ladning. Begge disse partiklene veier det samme, en stor forskjell på de er at hvis du har hydrogen og legger til ett proton, så får du et nytt stoff kalt helium. Det blir to forskjellige stoffer, med for-

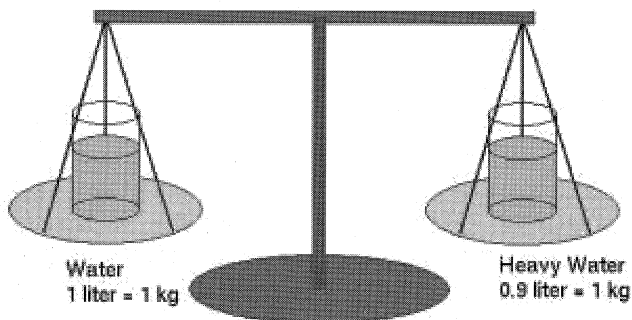
skjellige egenskaper. Hvis du derimot tar hydrogen og legger til et nøytron, så er det fortsatt hydrogen. Forskjellen er at dette hydrogenet er dobbelt så tungt, og heter nå deuterium.



D₂O

D₂O og H₂O er i og for seg det samme stoffet, D₂O kan også skrives som ²H₂O. Disse stoffene har likevel noen forskjellige egenskaper:

	Tungtvann, D ₂ O	Vann, H ₂ O
Smeltepunkt	3,81°C	0°C
Kokepunkt	101,42°C	100°C
Temp. max. tetthet	11,23°C	3,98°C
Max. tetthet	1,10602 g/cm ³	g/cm ³
Densitet 25°C	1,10452 g/cm ³	0,99701 g/cm ³



Virkemåte

D₂O løser uorganiske salter dårligere enn vann. Det er også mindre reaktivt, kjemiske reaksjoner forløper saktere. På grunn av dette kan større mengder tungtvann være helseskadelig. Skadeligheten går ut på at tungtvannet forsinker celledelinga, øker skade på vev som krever rask fornyelse.

Finnes i naturlig vann i forholdet 1 til 6000 i saltvann.

Historie

Oppfinnere av tungtvann

Harold Clayton Urey ble født 29. april, 1893 i Walkerton, Indiana. I 1921 begynte han på Universitetet i California for å jobbe med Professor Gilbert Newton Lewis.

I perioden 1940-1945 trådte han inn som Director of War Research, Atomic Bomb Project, Columbia University. Han flyttet videre til Institute for Nuclear Studies, University of Chicago i 1945 som Distinguished Service Professor of Chemistry.

I 1931 fant han en metode for å finne konsentrasjonen av hvilke som helst mulige tunge hydrogen isotoper ved destillering av flytende hydrogen. Dette førte til oppdagelsen av deuterium. Sammen med Dr. E. W. Washburn, utviklet han en elektrolyse metode for separasjonen av hydrogen isotoper. Senere jobbet han med separasjonen av uran isotoper.

Da Gilbert Newton Lewis fikk vite at hydrogen hadde ett tyngre isotop eksperimenterte han seg frem sammen med Ronald T. MacDonald. De var de første til å fremstille rent deuteriumoksid (tungtvann) i 1933. Ved å akselerere deutron (deuterium-

kjerner) i Ernest Lawrence sin syklotron, kunne han studere mange av egenskapene til atomkjernene.

Fra lysbue til tungtvann – Eyde og Birkeland

Samuel Eyde ble født i Arendal i 1866 og tok eksamen som bygningsingeniør i 1891 i Berlin. Etter noen år i Tyskland arbeidet han med utbygging av jernbanestasjoner og havner, blant annet i Oslo og andre steder i Norden. Sin store innsats gjorde han da han sammen med professor Kristian Birkeland skapte den norske nitrogenindustri gjennom utviklingen av Birkelands elektriske flamme til industrielt bruk for fremstilling av salpeter (særlig kalksalpeter) av luftens nitrogen. Han skaffet kapital til å starte fosseutbyggingen fra både Sverige og Frankrike. Desember 1905 ble Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab (Norsk Hydro) dannet. I de to følgende årene ble Svelgfoss og Rjukanfossen på Rjukan utbygd, og de to nye bysamfunnene skapt. Eyde var til 1918 generaldirektør i Norsk Hydro. Fra 1918 til 1920 var han stortingsrepresentant for Høyre, men gikk over som norsk sendemann i Warszawa i perioden 1920-23. Han bosatte seg i utlandet, og i 1939 ga han ut selvbiografien "Mitt liv og mitt livsverk".

Han døde i 1940, 74 år gammel.



Samuel Eyde



Kristian Birkeland

Kristian Olaf Bernhard Birkeland ble født den 13. desember 1867 i Christiania. Allerede den 6. Oktober 1898 ble Birkeland utnevnt til professor i fysikk ved det Kongelige Frederiks Universitet i Kristiania. Da var han bare 31 år gammel.

Birkeland studerte elektrisitet og magnetisme. Han fant en forklaring på fenomenet nordlys, *aurora borealis*, og klarte å simulere prosessen i laboratoriet sitt. Birkeland var populær i Frankrike og Tyskland, men ideene hans var mindre populære i England. Noe av grunnen kan være at den anerkjente britiske fysikeren Lord Kelvin blankt avviste at sola kunne være årsak til nordlys.

Birkeland kan også ha oppdaget røntgenstråler før Röntgen selv og det er mulig at Birkeland var den første som brukte strålene til å fotografere knoklene i ei hand.

Metodene han hadde utviklet ble tatt i bruk i produksjonen av kunstgjødsel. Sammen med ingeniøren Sam Eyde oppfant han Birkeland-Eyde-metoden for utvinning av nitrogen fra luft. Prosessen ble grunnlaget for Norsk Hydro.

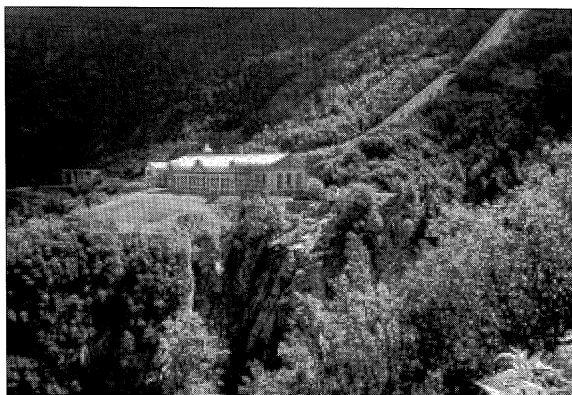
Han fikk seg også eget laboratorium i Egypt. Birkeland bodde i Egypt fra 1914 til 1917. Han døde på en reise i Japan, 49 år gammel. Birkeland rakk å bli nominert til nobelpriser i fysikk og kjemi flere ganger og assistentene hans ble senere ledende i den moderne fysikken i Norge.

Vemork

Vemork Kraftstasjon var i sin tid verdens største. Anlegget ble påbegynt i 1907 men sto ikke ferdig før i 1911. Kraftstasjonen skulle levere energi til Norsk Hydros fabrikk-anlegg på Rjukan. Norsk Hydros Fabrikk-anlegg skulle produsere kunstgjødsel ved syntetisk framstilling av nitrogen. Vannkraften var billig, og behovet for kraft var stort. Vannet ble derfor utnyttet flere ganger. Vemork Kraftstasjon var en av 5 kraftanlegg langs vassdraget fra Møsvann til Heddalsvannet. Til den første salpeterfabrikken på Notodden bygget Norsk Hydro to kraftstasjoner, Svelgfoss 1 (1907) og Lienfoss (1909). Til fabrikkanleggene på Rjukan, Vemork og Såheim (1916), samt Frøistul Kraftverk (1926). Vannet fra Møsvann ble altså utnyttet fem ganger. I dag er det 9 moderniserte kraftverk på samme strekning.

Ombyggingen

Haber-Bosch ammoniakmetode gjorde på 1920-tallet lysbuetmetoden avleggs. NH₃-metoden, med framstil-



Vemork i dag

ling av salpetersyre via elektrolytisk hydrogen og ammoniakksyntese var langt mindre kraftkrevende. Det ble reist et nytt anlegg (ammoniakk-anlegg), en hydrogenfabrikk og Vemork ble ombygget fra vekselstrøm til likestrøm. Hydrogenproduksjonen krevde likestrøm, og likestrøm kunne ikke overføres uten stort tap. Derfor ble fabrikkene lagt rett foran kraftverket.

Hydrogenfabrikken var i drift fra 1929. Den var tegnet av Thorvald Astrup i funksjonalistisk stil. Det var en 8 etasjers bygning i glass og betong, nesten 100 meter lang og 40 meter høy, med nærmere 300 elektrolyseapparater. På mørke kvelder laget den et imponerende lyshav. Fra Vemork gikk hydrogenet og oksygenet i rørgate til "Nyanlegget".

Tungtvannet var 10 % tyngre enn vanlig vann og ble brukt i tekniske og medisinske forsøk for å bremse

vekstprosesser. Hydrogenfabrikken, som var verdens største vannelektrolyseanlegg, produserte fra 1934 tungtvann i industriell målestokk.

Tungtvann og atombomber, en liten digresjon

Einstein satte opp sin berømte likning, $E=mc^2$, i 1905, men alle utsagn om at den ligningen kunne brukes i et våpen eller kraftverk forble spekulasjoner inntil man i Tyskland i 1939 klarte å sprengne atomet. Første skritt mot atombomben var tatt. Tyskerne var trolig først ute med konkrete planer om å lage en atombombe, men amerikanerne brukte mer penger og tid på rakettprogrammet sitt siden dette virket mer lovende. Mens amerikanerne satset på grafitt som stabilisator i sine kjernereaktor-forsøk, var de tyske forsøkene basert på tungtvann som stabilisator. Vitenskapsmennene Heisenberg og Döbel klarte nemlig i 1942 å oppnå en positiv nøytronproduksjon i en uranstabel med tungtvann som stabilisator.

Både Niels Bohr og Albert Einstein gikk god for at tyskerne kunne lage en atombombe. Roosevelt ble nesten med en gang interessert i atombomben. Allerede oktober samme år startet amerikanerne derfor med atomforskning, men det var først i 1942 at forskningen ble intensivert. Verden har i ettertid aldri sett så mange ressurser bli satt inn på et prosjekt.

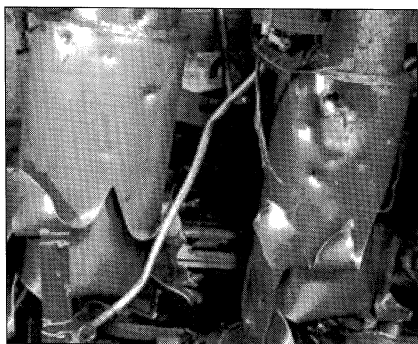
Grunnen til at Norge ble trukket inn i det første "atomkappløpet" var at Hydrofabrikken på Rjukan produserte tungtvann. Nå hadde tyske myndigheter alt som var nødvendig for å



Hydrogenfabrikken

produsere en atombombe - med ett unntak - tungtvann. Dette måtte de få fra Rjukan. Etter okkupasjonen av Norge ble det satt fart i tungtvannsproduksjonen, bl.a. med en ny produksjonsmetode.

Amerikanerne presset på for å bombe anlegget, og i november 1943 bombet 161 B-17 og B-24 bombe-fly Vemork og Våer med 711 stk. 500-kilos og 200 stk. 250-kilos høyeksplosive bomber. Om lag 12 bombe-fly slapp 118 stk. 250-kilos bomber over Rjukan. Bare 2 bomber ødela selve hydrogenfabrikken. Ødeleggelsene omfattet i tillegg alle rørledningene til kraftstasjonen, deler av taket og veggene til kraftstasjonen, hus og brakker på Vemork, Våer og Rjukan, Hengebroa og en rekke industriinstallasjoner. 22 norske sivile ble drept, i tillegg til de 10 som ble drept da et fly styrtet.



Destillasjonsapparater

Bombeangrepet førte til at fabrikken ble stengt. Tungtvannsutstyret ble demontert og sendt til Tyskland. Den resterende beholdning av tungtvann, ca 40 tønner, skulle transporteres med jernbane. I februar 1944 ble fergen

"Hydro" senket på Tinnsjøen, etter at 3 sabotører hadde lyktes å plassere en sprengladning i baugen. 4 tyske soldater og 14 sivile nordmenn mistet livet. Alt i alt mistet 92 militære og sivile livet.

Bedre etterretning fra alliert side, med pålitelige opplysninger om hvor langt tysk atomforskning var kommet, kunne ha gjort kampen om tungtvannet unødvendig. Planer på tysk side om fortsatt program med sikte på en bombe ble oppgitt sommeren 1942.

Utviklingen av produksjon

I Norge ble interessen av tungtvann fremhevet av Odd Hassel dosent og senere professor i fysikalsk kjemi og elektrokjemi. Han oppsøkte overingeniør Antonius Foss ved Hydros hovedkvarter og foreslo at Hydro kunne starte produksjon av tungtvann, men Foss var ikke interessert.

Derfra begynte Hassel sine egne elektrolyseforsøk. Dette var alt på hans egen regning, men senere fikk han lut og en elektrolysecelle (etter Jomar Bruns tegning) fra Vemork. Med denne hjelpen påviste Hassel at det var mulig å oppkonsentrere tungtvann. Hydro var fortsatt ikke interessert i funnene til Hassel, men han fikk forespørsel fra en Dr. Hocheim ved I.G Farben om å få tilsendt prøver.

Jomar Brun sendte til skriv til Hydro HK-Oslo og påpekte den store interessen for tungtvann. De kommer ingen vei med forespørselen og fikk da en venn av Brun til å henvende seg til Hydro. Denne vennen var Professor Leif Tronstad en berømt vitenskapsmann som ellers jobbet på NTH i Trondheim.

Tronstad og Brun fikk godkjent produksjonen av tungtvann. De måtte utarbeide et kostnadsoverslag over forsøket og komme opp med en effektiv måte å produsere på. De fant ut at tungtvann var svært avhengig av elektrodemateriale. De tok patent på metoden av fremstilling av tungtvann. Dette fortsatte de med en liten stund, men til slutt var de så langt foran resten av verden at de heller ville hemmeligholde resultatene enn å ta patent.

Flere land kjøpte tungtvann fra Norge, men det ble en nedgang i interessen når de håpene vitenskapsmennene hadde i forbindelse med tungtvann ikke ble innfridd. Når krigen slo ut i 1939 var det en ny interesse for tungtvann, men dette skulle brukes til atombomben, noe som Norge ikke støttet (Referanse: Per Pyntens kompendie).

Historien om den siste delen tungtvann (henviser til Per Pynten)

Jean Frédéric Joliot-Curie hadde publisert deler av sin forskning på tungtvann, men nå som det var blitt storkrig fikk han beskjed om ikke å publisere mer av tungtvann forskningen sin. På Vemork gikk produksjonen for fullt i starten fordi alle ville forske på dette nye tungtvannet rundt om i verden. Vann er en ingrediens i alt mulig liv, så de lurte på om de kunne bytte ut det vanlige vannet med tungtvann og dermed få spennende resultater i en helt ny kjemisk verden, men dette gjorde de ikke og dermed dabbet produksjonen av.

I 1939 var det ikke mer enn 185 kg tungtvann igjen i hele Norge. Og

generaldirektøren i Hydro fikk en forespørsel av Tyskland om å få kjøpe resten av deres beholdning tungtvann. De ville også at Hydro skulle fire-doble hele produksjonen av tungtvann og reservere alt til Tyskland. Omtrent samtidig fikk Hydro også en forespørsel fra Frankrike, de ba om nesten akkurat det samme.

Axel Aubert var generaldirektøren i Hydro på den tiden og han lurte på hvorfor to krigførende nasjoner ba om å få kjøpe alt tungtvannet og om å maksimere og reservere produksjonen. Siden de var i krig, ville han vite hva de skulle bruke det til. Han ville også spørre Jomar Brun (tungtvannskyndig) om han hadde noe formening om hva de to landene skulle bruke så mye tungtvann til. Dette var veldig hemmelig så han håndskrev et dokument til ham hvor han spurte hva de ville bruke det til. Dessverre visste ikke Brun det. Verken Tyskland eller Frankrike kom opp med noen god forklaring, og fikk derfor avslag på forespørslene sine. Både Tyskerne og Franskmennene hadde aksjer i Norsk Hydro, det var vanskelig å si nei, men Axel stod på sitt.

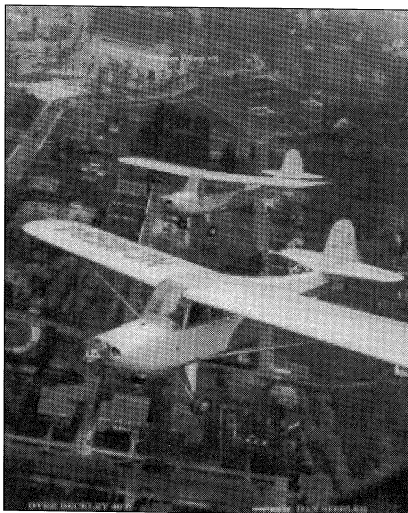
På denne tiden dro Direktør Steffensen, direktøren i patent avdelingen, til den banken i Frankrike som hadde finansiert Norsk Hydro da det ble startet. Her fortalte Steffensen til kontaktmannen Jacques Allier, at både Tyskland og Frankrike hadde kommet med tungtvannsforspørslar. Det Steffensen ikke visste var at Jacques var reserveoffiser i militæret. Jacques dro til krigsministeren og fortalte det Steffensen sagt. Krigsministeren kontaktet med en gang

Frédéric Joliot-Curie. I et møtet redegjør han for atomforskningen sin, og det går opp for krigsministeren at Tyskland også driver med atom-bombeforskning. Han får Jacques Allier til å dra til Rjukan for å snakke med Axel Aubert. Dette er for å få resten av tungtvannet og å reservere produksjonen slik at ikke Tyskland får noe.

Jacques drar til flyplassen i Amsterdam i februar 1940 for å ta flyet til Malmø, men før han går på flyet får han en telefon om at det tyske etterretningsvesen leter etter en mann med navn Jacques Allier som er på vei til Norge. Jacques Allier er ikke redd fordi han reiser med et annet navn. Han møter tre franskmenn i Stockholm som skal hjelpe han på oppdraget. Jacques Allier og hans tre hjelpere drar videre til Oslo. Der kontakter han Axel Aubert og ber om et møte med han, de er gode venner fra før. Allier og Aubert begynner å forhandle mens de tre hjelperne drar til et verksted hvor de får laget beholdere som de skal frakte tungtvannet i. Disse skal settes inn i spesiallagde kofferter.

Møtet varer i 2 dager. De kom til enighet og lagde en kontrakt, Jacques Allier skrev under først. Da Axel Aubert skulle skrive under fikk Jacques Allier dårlig samvittighet fordi de tross alt er gode venner. Jacques Alliere satt fingeren på kontrakten og sa "nå skal jeg fortelle sannheten" han forklarte at de skulle eksperimentere på å lage en atom-bombe. "hvis dere taper krigen undertegner jeg nå min egen dødsdom" svarte Axel.

Jacques Allier dro til Vemork og tappet tungtvannet i de spesiallagde beholderne og dro til Oslo i tre av Hydros privatbiler, til den Franske ambassaden. Der bestilte han fly til Amsterdam på tre forskjellige dager til fire menn. Det samme gjorde han til Skottland der flyet til Skottland hadde avgang litt tidligere på dagen, flyene sto på linje og Jacques Allier og hans menn gikk ut til flyene tidlig. De gikk frem og tilbake mellom flyene og kort tid før flyet til Skottland skulle gå så gikk de til flyet mot Amsterdam. Rett før det tok av, snek de seg om bord på det skotske flyet. Rett før avgang så kom det kjørende en drosje med en forvirret passasjer, de skulle på flyet til Amsterdam. Passasjeren løp ombord i flyet. Drosjen kjørte videre, og når flyet til Amsterdam skjulte dem, begynte de å laste kofferter opp i det skotske flyet. Drosjen forlot flyplassen igjen med begge hjelpere om bord.



Jacques Allier og hans mann med halvparten av tungtvannsbeholdningen var på vei til Skottland da to tyske jagerfly kommer opp bak dem, piloten reagerte ved at han stupte med flyet, fort nedover og deretter fort oppover igjen. Jacques Allier sprakk trommehinnen, men de landet trygt. Flyet til Amsterdam ble presset ned over Tyskland, og ble gjennomført. De fikk ikke noe. Denne unnamanøveren ble gjentatt en gang til med de to andre hjelperne.

Da de landet kom de seg til London og deretter til Syd-Frankrike. Det endte med at de fraktet tungtvannet tilbake til London da Frankrike ble okkupert. Det lå to båter i Syd-Frankrike, i den ene flyktet regjeringsmedlemmene og i den andre lå de viktige papirene og tungtvannet. Båten med tungtvannet kom trygt til London, tyskerne bombet den andre båten. Joliot-Curie ville ikke være med til London fordi hans kone ble syk, men hans to assistenter dro over til London og fortsatte forskningen, ved juletid i 1940 inviterte de politikere og andre vitenskapsmenn til å komme så de kunne vise hva de hadde funnet ut.

På den tiden samarbeidet amerikanerne med franskmennene og engelskmennene, men så kuttet Amerikanerne et hvert samarbeid. De startet "Manhattanprosjektet" for å lage en atombombe, nå trengte de ikke mer hjelp. Hjelperne til Joliot-Curie dro til Canada med det fredelige formålet å holde på med kjerne-kraftverk. Dit tok de med seg det tungtvannet som opprinnelig kom fra Norge.

Produksjon

Tungtvann fremstilles industrielt ved:

1. Elektrolyse av vann (denne fremstillingen brukes i Norge).
2. Kjemiske utbyttingsreaksjoner.
3. Fraksjonert destillasjon av vann eller hydrogen.

Fremstilling ved elektrolyse

Bygger på at den lettere hydrogenisotopen, protium, utlades lettere enn deuterium. Det hydrogenet som unnviker ved elektrolyse, er derfor anrikt på den lette hydrogenisotopen, mens deuterium i form av D_2O blir anrikt i elektrolyttluten. Ved lengre tids bruk kan anrikningen i den tekniske elektrolyttluten gå opp til fem ganger det opprinnelige innholdet. Den anrikede luten blir nøytralisert med karbondioksid og deretter destillert. Denne prosessen er energikrevende og kan bare utføres når de store mengdene hydrogen som samtidig dannes, kan brukes til andre formål, f.eks. til fremstilling av ammoniakk.

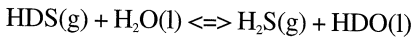
I Norge bygget de en "rekke" av elektrolyseceller. Når mengden med vann var ferdig med elektrolysen ble restene destillert for å bli kvitt luten (de prøvde først med svovelsyre, men fant ut at kalilut var bedre) i væsken. Den destillerte væsken ble overført til neste celle hvor samme prosess ville skje. Dette ble gjort så de kunne på en større prosent av rent tungtvann. Det nærmeste Norge har kommet rent tungtvann er 99.8 %, de stoppet der.

Utbyttingsreaksjonene

Disse er mest effektivt og krever ikke katalysator. I prosessen bruker du

H₂O, H₂S. Vann består av hydrogen og oksygen. Oksygenet har mange isotoper (finnes i mange versjoner), men dette ser vi bort fra siden forskjellen i disse er så små. Hydrogen har to isotoper, en med to partikler i kjernen og en med tre partikler i kjernen. Den med to partikler i kjernen kalles deuterium, den med tre kalles tritium. Tungtvann består av deuterium og vann. Hydrogen isotopen deuterium finnes naturlig i vann, men i et forhold på 1:6000 derfor blir destillasjonen lite effektivt.

I H₂S er det i virkeligheten også et isotopstoff HDS der D står for Deuterium. Det samme gjelder vann der du har HDO. Utbytningsreaksjonen er bygd på denne reaksjonsligningen:



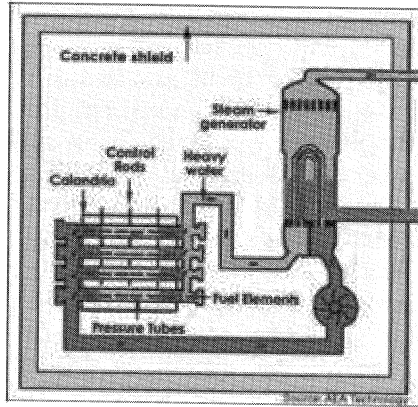
I denne reaksjonen går deuterium fra HDS og over i vannet slik at det blir en større grad av Deuterium i vann. Det brukes temperatur forskjeller for å oppnå 15 % deuteriumioner i hydrogenet.

Deretter brukes vakumdestillasjon for å oppnå 90 % D₂O, så brukes elektrolyse for å oppnå 97,75% D₂O.

Ammoniakk og hydrogenutbytningsreaksjonen minner om foregående, den er mer effektiv men er avhengig av en katalysator.

Destillasjon

Tungtvann har et høyere kokepunkt enn vanlig vann. Denne egenskapen kan benyttes i destillasjon. H₂O fordampes ved 100°C, men D₂O fordampes ved 101,42°C.

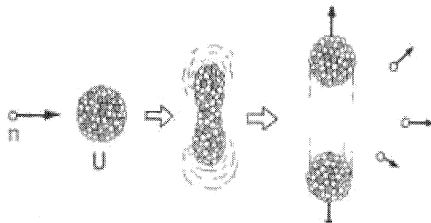


Skisse av destillasjonsapparat

Bruk

Fisjon

Lise Meitner og Otto Frisch fant i 1938 ut hvordan atomer spaltes. Ekteparet Irene og Frédéric Joliot-Curie fant ut hvordan en kunne lage kunstig radioaktivitet og senere at man kunne bombardere uran med mange nøytroner. Dette ville forårsake at det spaltes til to forskjellige atomer og gir fra seg stor mengde energi. Når et Uranatom deler seg og gir fra seg nøytroner og energi skjer det med alle de andre Uranatomene, det skjer en kjedereaksjon.

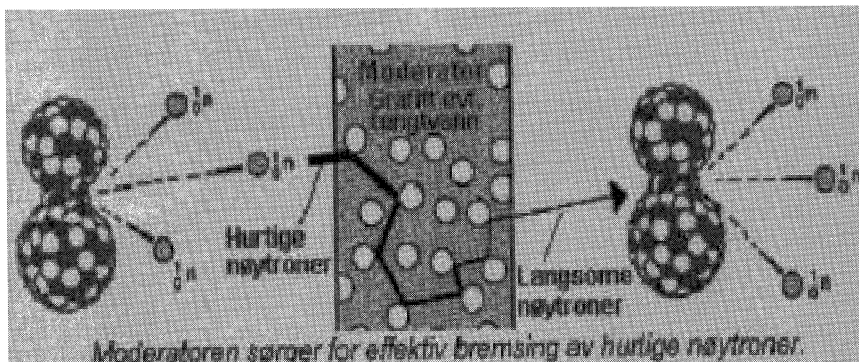


Spalting av Uranatomer

Bruksområder

Tungtvannet (D_2O) er nødvendig i produksjonen av atombomber og kjernekraftverk. De fungerer på den måten at uten tungtvannet går nøytronstrålene som trengs for fort til at de treffer uranet. Dette gjør at det ikke skjer noen spaltning og deretter

kjedereaksjon. Derfor må man føre nøytronene gjennom tungtvannet. Da senkes farten nok til at de treffer uranatomene, og de blir spaltet. Nå brukes karbon med samme formål, men det er vanskeligere å benytte det enn tungtvann.



Rask Nøytronstråle

Andre bruksområder tungtvann har er som varmeutviklingsmedium i kjerne-reaktorer, noe av den samme bruks-måten som i atombomber.

Den blir brukt som oppsporer i medisinsk sammenheng, pasienten drikker litt tungtvann, og etter en stund kan man da gjøre tester på pasienten og finne ut hvilke områder i kroppen som ikke tar opp vann. De områdene som ikke tar opp vannet er det da noe feil med.

Sist men ikke minst blir radioaktivt tungtvann, tungtvann med en viss andel tritium (den tredje isotopen til hydrogen som er radioaktiv), brukt som sporstoff på oljerigger i nord-sjøen. Hvis man vil finne ut hvor det er lekkasjer og hvor strømmene går i oljerørene langt under havet så sender

man inn det radioaktive tungtvannet, og leser det av. Tritium har en halveringstid på 12,5 år, da blir det vann. Dette er altså en temmelig miljøvennlig sporer.

Konsekvenser

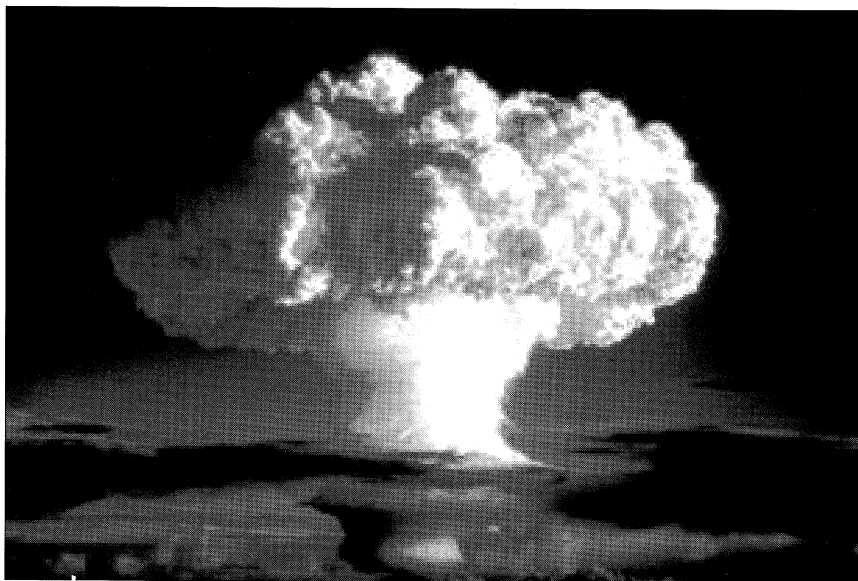
Tungtvannet (D_2O) er nødvendig i produksjonen av atombomber, på den måten at nøytronene i Uran går så fort at uranen ikke kan spalte seg. Derfor må man føre nøytronstrålene gjennom Tungtvannet så nøytronene senker farten så Uranatomene kan dele seg.

Atombomben

Atombomber kan lages av Uran eller Plutonium, Dvs. ^{233}U , ^{235}U eller ^{239}Pu , de er de eneste som vil spalte seg riktig. Plutoniumet er det mest

effektive av de tre. Plutoniumet gir fra seg mest energi med minst masse. Bruken av atombomben skaper en enorm trykkbølge som blåser bygninger over ende og feier bort løst materiale, temperaturen er mellom 50 og 100 millioner celsius. Det fører til fordamping av metaller, smelting av jern, påtenning av antenkelige materialer, i større avstander fører det til øyeskader og forbrenninger. Blir flere

bomber sprengt samtidig, skapes en kjernevinter fordi sotlaget hindrer sollyset å komme til jorda på området. Nøytron- og gammastråler ødelegger elektronisk utstyr, men strålingen dreper levende organismer. De radioaktive stoffene lager utrolig store skader på jorda og vannet. De radioaktive stoffene havner også i drikkevann til mennesker og dyr som har innvirkninger på hele menneskeheten.



Ekspljosjonssky fra atombombe

Grunnen til at Tyskerne var så ivrige på å få tak i tungtvannet var så de kunne lage plutonium til atombomben. Ved å kjøre atomet gjennom tungtvannet ville de få plutonium. De hadde alle ingrediensene utenom tungtvannet som de måtte få fra Hydrofabrikken i Rjukan. Tyskerne fikk ikke utført atombombe-programmet fordi de mente rakettpogrammet

virket mer lovende, og fordi de ikke fikk tak i tungtvannet.

Per Pynten

Kjemiker, sjef for laboratoriet på Hydro Rjukan. Begynte i 1972, var sjef for analyser, salg og sikkerhet for tungtvannet. Han er nå pensjonist og kjempetravel.

Oppsummering

Det vi kom frem til er at tungtvann er et stoff som blir skilt ut av vanlig vann. Det har evnen til å senke farten på nøytronstråler. Denne oppdagelsen gjorde det mulig å få enorme energimengder fra kjedereaksjoner i uran/plutonium atomene ved at de splitter seg. Grunnen til at tungtvann heter tungtvann er fordi den er tyngre enn vanlig vann. Tungtvann (D₂O) forsinker de fleste prosesser, i og med at Deuterium isotopen er dobbelt så tung som "originalen" hydrogen.

Produksjonsmessig har tungtvannet vært gjennom mye, fordi det en stund var så utrolig forespørsel etter produktet. Dette var fordi forskerne trodde tungtvann ville åpne et helt ny plan for kjemi. Du lurte på om tungtvann kunne erstatte vanlige vann som er i alt liv. Når forskerne hadde fordypet seg i tungtvann og dens muligheter ebbet produksjonen på Rjukan ut. Da Frankrike og Tyskland erklærte krig kom forespørselen om å mangedoble produksjonen p.g.a. de nye muligheter for bruk av tungtvann.

Produksjon av tungtvann førte til tap av 92 liv under britisk kommanderte aksjoner på Rjukan. Den førte også til muligheten for å lage atombomben, noe som kunne fått tragiske følger hvis den hadde havnet i hendene til tyskerne under krigen. I ettertid har det vist seg at tyskerne hadde gitt opp atomforskningen sin, og at tungtvannsaksjonene egentlig var unødvendige.

Amerika og mange andre kan nå lage tungtvann på egenhånd. De beste eksemplene vi har på hvor feil det kan gå med atombomber er Hiroshima og

Nagasaki hvor vi mistet flere tusen menneskeliv. Tungtvann er heldig vis ikke bare negativt, det er også gode måter å anvende tungtvann. Nå produserer flere land tungtvannet til kraftverk, sykehus, plattformer og til forskning.

Kilder

Nettsteder

<http://www.caplex.no>

<http://nn.wikipedia.org/wiki/tungtvann>

<http://www.visitvemork.com/images/documents/Om%20Hydro,%20Rjukan%20og%20Vemork.DOK>

www.google.com -> Vemork -> dok Vemork kraftstasjon

<http://www.woodrow.org/teachers/chemistry/institutes/1992/Lewis.html>

http://www.visitvemork.com/defaultweb_.asp?load=ok

<http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1934/urey-bio.html>

www.tourist-magazine.no

www.thaila.no

vev1.gs.bergen.hl.no

www.daria.no

http://nn.wikipedia.org/wiki/Det_kongelige_Frederiks_Universitet

Andre kilder

Per Pynten, allviter innenfor emnet

Båndopptak av Per Pynten

Kompendie, Per Pynten