

Bæredygtig energiforsyning



Indhold

Kapitel 1: Hvad er energi?	2
Kapitel 2: Energiomdannelse og energimåling	7
Kapitel 3: Energiens Udnyttelse Gennem Tiden og Fremtidens Udfordringer	13
Kapitel 4 Vedvarende energi	19
Kapitel 4.1: Solenergi som Vedvarende Energikilde	19
Kapitel 4.2: Vindenergi som Vedvarende Energikilde	24
Kapitel 4.3: Vandenergi som Vedvarende Energikilde	29
Kapitel 4.4: Geotermisk Energi som Vedvarende Energikilde	34
Kapitel 4.5: Biomasse som Vedvarende Energikilde.....	39
Kapitel 4.6: Atomkraft som Energikilde	43
Kapitel 5: Lager Energi – Nøglen til Fremtidens Energiforsyning	48

Udarbejdet i samarbejde med chatGPT4o og perplexity

Kapitel 1: Hvad er energi?

Indledning

Energi er en underlig størrelse. Vi kan tydeligt mærke varmen fra et bål, når brændet brænder, men når brændet bare ligger der, er der ikke meget tegn på al den energi, der gemmer sig i det. Energi kan være både meget håndgribelig og samtidig svær at forstå. Forvirringen opstår måske, fordi energi kan optræde i forskellige former. Tænk på det som forskellige tøjsæt til forskellige lejligheder – selvom du skifter tøj, er du stadig den samme person. På samme måde er energi den samme, selvom den optræder i forskellige "tøjsæt", som vi kan kalde energiformer. Lad os kigge nærmere på de syv forskellige energiformer.

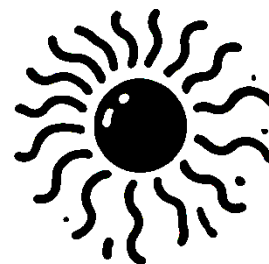
Afsnit 1: Varmeenergi

Varmeenergi er nok den form for energi, de fleste kender. Den oplever vi som varmen fra en radiator eller fra sandet på en strand, der brænder under fødderne. Men hvad er varme egentlig? Varme er bevægelse af atomer og molekyler. Jo hurtigere de bevæger sig, jo varmere er stoffet. Når noget køles ned, bevæger atomerne sig langsommere, og ved -273°C , det absolutte nulpunkt, står de helt stille og temperaturen kan ikke blive lavere. Varmeenergi er svær at holde inde, hvilket du måske har bemærket, når dit værelse hurtigt bliver koldt, hvis radiatoren slukkes en vinterdag. Varmen forsvinder ikke, men spredes sig til andre steder, f.eks. udenfor gennem vægge og vinduer.



Afsnit 2: Strålingsenergi

Vi har alle mærket varmen fra solens stråler på en sommerdag. Solens lys er en form for strålingsenergi. Lys tilhører i virkeligheden en stor familie af forskellige strålingsformer som bl.a. indbefatter UV-lys, radiobølger og røntgenstråling, som vi mennesker dog ikke er i stand til at se. Strålingsenergi kan omdannes til varme i vores krop, når solens stråler rammer vores hud. Det er ikke kun lys fra solen som er stråling - det gælder i virkeligheden alt som udsender lys som f.eks. lamper, skærme mm.



Afsnit 3: Bevægelsesenergi (Kinetisk energi)

Når du løber, har din krop også energi – nemlig bevægelsesenergi også kaldt kinetisk energi. Du tænker måske ikke over det, men hvis du løber ind i en dør, kan den faktisk gå i stykker. Jo hurtigere noget bevæger sig, jo mere energi indeholder det. Derfor er biler, der kører hurtigt, mere farlige. Hvis man sænker farten fra 50 km/t til 30 km/t, reduceres energien i bilen, og sandsynligheden for at overleve en kollision stiger markant.



Afsnit 4: Kemisk energi

Du har sikkert set energidrikke og energibarer i supermarkedet. De indeholder kemisk energi, som er den energi, der er lagret i kemiske bindinger i mad. Når vi spiser, omdannes maden til energi, som kroppen bruger til at holde os i live og varme – din krop er ca. 37°C, takket være den energi, du får fra maden. Kemisk energi findes også i batterier og alt, der kan brænde, som f.eks. træ og benzin.



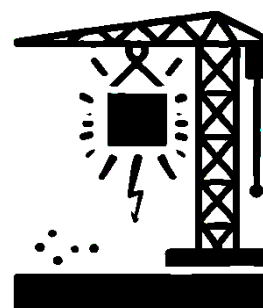
Afsnit 5: Elektrisk energi

Elektrisk energi er en vigtig del af vores hverdag. Det er den energi, der løber gennem ledningerne i vores hus og driver apparater som lys, computere og kaffemaskiner mm. Elektrisk energi består af elektroner i bevægelse. Den spiller også en central rolle i fremtidens energiforsyning, da vi i stigende grad bevæger os over mod elektriske løsninger, som f.eks. elbiler, der erstatter benzinbiler.



Afsnit 6: Beliggenhedsenergi (Potential energi)

Har du nogensinde set en kran løfte en tung kasse højt op i luften? Hvis kassen faldt ned, ville den kunne gøre stor skade. Energien, der er lagret i kassen, kaldes beliggenhedsenergi eller potentiel energi. Jo højere kassen løftes, og jo tungere den er, jo mere energi indeholder den. Hvis kranen

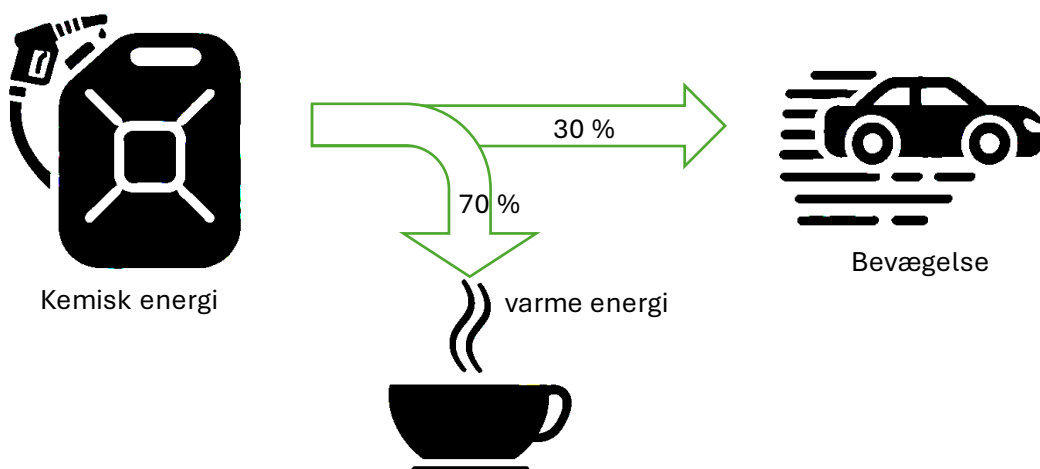
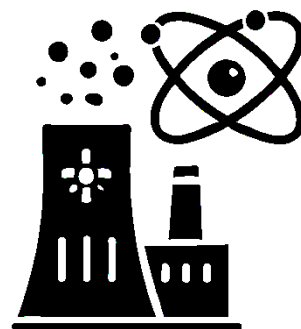


derimod løftede en pose fjer, ville det ikke være så farligt – fordi posens lavere vægt gør beliggenhedsenergien mindre.

Afsnit 7: Kerneenergi

De fleste har hørt om atomkraftværker og atombomber. Almindelige bomber med TNT indeholder kemisk energi, men atombomber får deres energi fra kerneenergi. Her omdannes noget af bombens masse til energi. Dette lyder måske mærkeligt, men ifølge Einsteins berømte ligning,

$E = m \cdot c^2$, er energi (E) og masse (m) to sider af samme sag. Kerneenergi er den energi, der er lagret inde i atomkerner.



Afsnit 8: Energiomdannelse

Energien kan skifte fra én form til en anden. Som vi har set, kan strålingsenergi fra solen blive til varme i vores krop, og kemisk energi fra benzin kan blive til bevægelsesenergi i en bilmotor. Men der er en udfordring: *Hver gang vi omdanner energi, går noget af energien tabt som varme.* Det ser vi f.eks. i en benzinmotor, hvor kun ca. 30 % af energien bliver til bevægelse, mens resten forsvinder som varme. Dette varmetab er ofte svært at udnytte, og det er en af de store udfordringer i vores moderne energiforsyning.

I næste kapitel skal vi undersøge energiomdannelse og hvordan vi kan måle tabet af varmeenergi i praksis.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Kan du give nogle eksempler på varme energi?

Hvordan hænger bevægelsen af atomer sammen med varmeenergi?

Hvad sker der med varmen, når vi slukker radiatoren?

Kan du nævne nogle forskellige former for stråling?

EKSTRA: undersøg hvad forskellen imellem strålingsformerne er?

Hvad kaldes bevægelsesenergi også?

Hvad er forskellen mellem at ramme noget i en bil der kører 50 km/t i modsætning til 30 km/t.

Kan du give nogle eksempler på kemisk energi?

Hvad omdannes den kemiske energi til inde i kroppen?

Hvad er egentlig elektrisk energi?

Kan du komme med nogle eksempler på hvordan elektrisk energi kan være fremtiden energi?

Hvilket andet ord bruges om beliggenhedsenergi?

Kan du komme med et eksempel på ting som du kan tilføre beliggenhedsenergi?

Hvilke ting kan påvirke hvor meget beliggenhedsenergi en ting har?

Kan du komme med nogle eksempler på kerneenergi?

Hvad har Einsteins berømte ligning med kerneenergi at gøre?

Kan du komme med nogle eksempler på energiomdannelse i hverdagen?

Hvad sker der når man omdanner energi fra en form til en anden?

Undringsspørgsmål:

Hvad ville der ske, hvis vi kunne stoppe atomers bevægelse helt og opnå det absolutte nulpunkt (-273,15 C)? Ville tiden også stoppe?

Hvordan ville vores liv ændre sig, hvis vi ikke havde adgang til elektrisk energi i en hel uge?

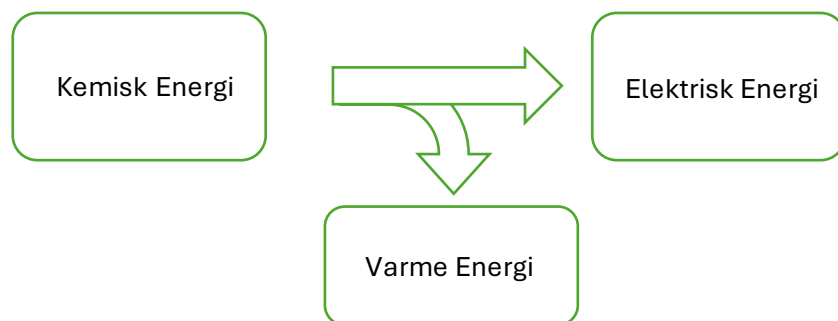
Hvordan kan vi bruge den energi, der går tabt som varme ved energiomdannelse, på en bedre måde?

Hvis vi kunne udnytte kerneenergien fra hvert eneste atom, ville vi så nogensinde løbe tør for energi på jorden?

Kapitel 2: Energiomdannelse og energimåling

Indledning

Energi kan antage mange former og skifte mellem disse. De syv energiformer er varme (termisk energi), stråling, bevægelsesenergi (kinetisk energi), beliggenhedsenergi (potentiell energi), kemisk energi, elektrisk energi og kerneenergi. Denne mangfoldighed gør energi til en lidt svær størrelse at forstå, fordi den kan optræde på så mange måder. I dette kapitel vil vi undersøge energilovene og lære, hvordan vi kan måle energi.

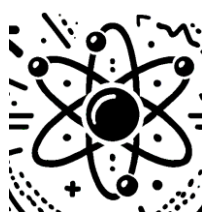


Afsnit 1: Energien er konstant

En af de vigtigste fysiske love om energi er, at "*energien er konstant*". Det betyder, at der ikke opstår ny energi, og at ingen energi forsvinder. Faktisk har der ikke været hverken mere eller mindre energi i universet siden Big Bang for 13,8 milliarder år siden. Men det kan virke underligt, da vi jo tydeligt oplever, at f.eks. en varm kop kakao bliver kold med tiden. *Men hvis energien ikke forsvinder, hvor bliver den så af?* Svaret er, at varmen fra kakaoen overføres til luften omkring koppen, og da der er meget luft, bliver varmen hurtigt fordelt og "*fortyndet*". Energien er der stadig, men nu som en lille ændring i luftens temperatur.

Afsnit 2: Energi kan omdannes, men der tabes altid noget som varme

Energi kan ændres fra én form til en anden, men der er en vigtig regel: *hver gang energi omdannes, tabes der altid noget af energien som varme*. For eksempel, når du bruger din mobiltelefon, omdannes den kemiske energi i batteriet til elektrisk energi, som driver telefonen. Men en del af den kemiske energi går desværre tabt som varme. Du har sikkert lagt mærke til, at din mobil bliver varm, når du bruger den i længere tid. Denne varme er energitab, som ikke kan bruges til andet. Det samme gælder for mange andre maskiner og apparater – de genererer varme, når de omdanner energi, og den varme er ofte svær at udnytte.



Kerne



Stråling



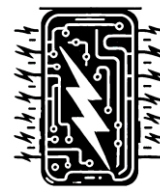
Bevægelse



Elektricitet



Kemiske



Elektrisk

Afsnit 3: Energien skifter form hele tiden

Det meste af den energi, vi bruger i vores hverdag, stammer fra solen. Men hvordan kommer energien fra solen og ender i din mobiltelefon? Lad os følge energiens rejse:

- Solens energi skabes i dens kerne, hvor små atomer smelter sammen og danner større. Dette er kerneenergi.
- Kerneenergien omdannes til strålingsenergi, som sendes ud fra solen som lys.
- Strålingsenergien rejser de 150 millioner kilometer til Jorden, hvor den rammer og opvarmer planeten, og noget af energien omdannes til varmeenergi.
- Temperaturforskelle på Jorden skaber vind, som er bevægelsesenergi.
- Vinden driver vindmøller, der omdanner bevægelsesenergien til elektrisk energi.
- Elektriciteten transporteres gennem ledningsnettet til din oplader, hvor den omdannes til kemisk energi i din mobiltelefons batteri.
- Når du bruger din mobil, omdannes den kemiske energi igen til elektrisk energi, som driver mobilen.

Energiens rejse fra solen til din mobil indebærer mange omdannelser mellem forskellige energiformer.

Afsnit 4: Hvordan man kan måle energi

Du har sikkert set energiangivelser på varedeklARATIONER på slik eller sodavand. Her står, hvor meget energi der er i produktet, men du har måske lagt mærke til, at der ofte står to forskellige måleenheder: *Joule (J)* og *kalorier (Cal)*. *Men hvad er forskellen?* Energi måles i dag i Joule (J), mens kalorier (Cal) er en ældre måleenhed for energi. For at gøre det lettere at forstå angives begge enheder, hvor 1 kalorie svarer til ca. 4,2 Joule.

Afsnit 5: Watt som mål for energi

Inden for elektricitet måles effekt i watt (W), som fortæller, hvor meget energi der bruges i et elektrisk kredsløb. Watt er derfor også et mål for energi. Ligesom kalorier og Joule kan watt og Joule omregnes. For eksempel, hvis en pære bruger 5 watt og er tændt i 5 sekunder, kan energiforbruget beregnes som:

$$5 \text{ W} * 5 \text{ sekunder} = 25 \text{ Joule eller } 25 \text{ wattsekunder (Ws)}.$$

Så 1 Joule svarer til 1 wattsekund.

Afsnit 6: Nyttetvirkning

Når energi omdannes fra en form til en anden, tabes jo noget energi som varme. Energien forsvinder ikke, men bliver til varme, som kan være svær at udnytte. Hvor meget af energien der udnyttes effektivt, kaldes nyttevirkning. I en benzinmotor er nyttevirkningen f.eks. kun 30 %, fordi kun en tredjedel af energien fra benzinen bliver til bevægelse, mens resten bliver til varme. Til sammenligning har en elbil en nyttevirkning på ca. 90 %, hvilket betyder, at langt mere af energien i batteriet bliver til bevægelse. Nyttetvirkning beskriver, hvor effektiv en energiomdanning er, og hvor meget der går tabt som varme.

Afsnit 7: Varmeenergi og isolation

Varmeenergi er en svær energiform at opbevare, fordi den har tendens til at sprede sig. Hvis du gemmer 1 liter benzin i 30 år, vil den stadig indeholde den samme mængde kemisk energi, når du finder den igen. Men hvis du gemmer 1 liter kogende vand i 30 år, vil varmen hurtigt forsvinde. For at opbevare varmeenergi bruger man isolering, som f.eks. en termokande, der har et hulrum fyldt med luft, der forhindrer varmen i at slippe væk. Det er her den stillestående luft inde i termokanden der giver en isolerende effekt.

Afsnit 8: Hvordan man kan opbevare varme

For at opbevare varme er det vigtigt at bruge isolering, men det stof, man opvarmer, spiller også en rolle. Vand bruges ofte til at opbevare varme, fordi det har en høj *varmekapacitet*, hvilket betyder, at det kræver meget energi at opvarme vand. For eksempel kræver det 4.180 Joule at opvarme 1 liter vand med 1 grad, mens det kun kræver 1.700 Joule for olie. Dette gør vand til et ideelt materiale til opbevaring af varme.

Afslutning

I dette kapitel har vi set, hvordan energi kan omdannes fra én form til en anden, og hvordan energitab ofte opstår som varme. I næste kapitel vil vi undersøge, hvordan energien har formet vores samfund, og hvor afhængige vi er af billig og rigelig energi.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvordan forholder det sig med energi i universet? Er der kommet mere eller mindre?

Hvor bliver varmen fra kakaoen af, når den køler af, hvis energi ikke kan forsvinde?

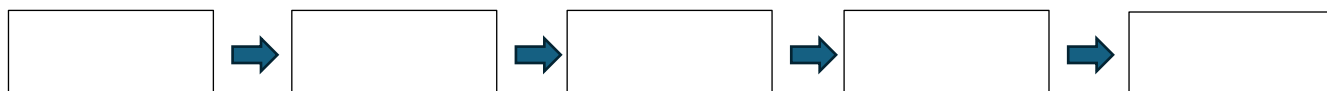
Kan du komme med nogle eksempler på at ved energi omdannelse går noget af energien tabt som varme? (gerne eksempler der ikke er fra teksten)

Forbind kasserne til venstre med kasserne til højre

Et s-tog i bevægelse	Stråling
En tændt lampe	Varme
Atombombe	Bevægelse
Mad	Beliggenhed
En radiator	Kerne
En opvaskemaskine	Kemisk
På toppen af rutschebanen	Elektrisk

Find de forskellige energiformer i følgende historie og deres omdannelse:

Solens stråler rammer en solcelle på et bustag. Solcellen leverer strøm til at lade familiens elbil op. Familien bruger dagen efter elbilen til at køre til deres sommerhus. Bilens dæk smelter sneen der ligger på vejen.



Hvad er forskellen på Joule og kalorier, og hvordan kan du omregne mellem de to?

Hvorfor er det vigtigt at kunne måle energi i forskellige enheder som Joule og watt?

Hvad fortæller begrebet nyttevirkning om en energiomdannelse?

Hvorfor er varmeenergi svær at opbevare?

Hvad kan man gøre for at holde på varmen f.eks., i en termokande?

Prøv at forklare hvorfor det er vand og ikke olie der flyder igennem din radiator?

Undringsspørgsmål:

Undersøg begrebet evighedsmaskiner. Hvorfor er sådan en maskine umulig?

Kapitel 3: Energiens Udnyttelse Gennem Tiden og Fremtidens Udfordringer

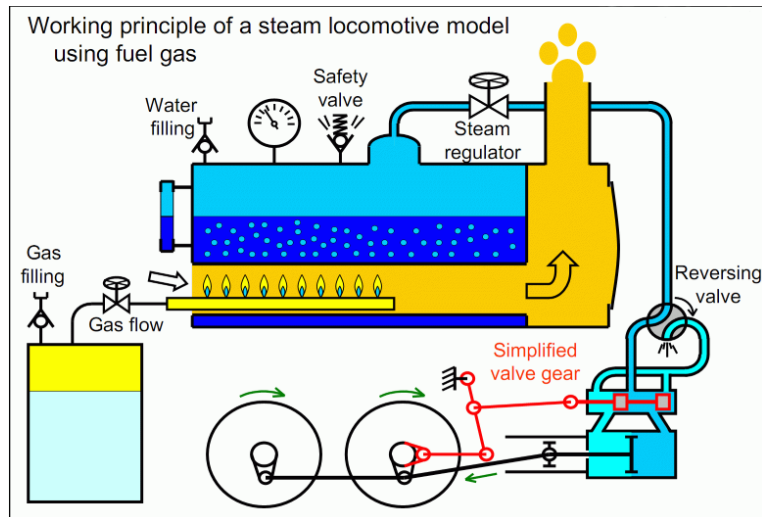


Indledning

Vores civilisation er dybt afhængig af energi. Faktisk findes der teorier, der foreslår, at jo mere avanceret en civilisation er, desto mere energi forbruger den. En af disse teorier omhandler den såkaldte "*Dyson Dome*", som foreslår, at der måske et sted i universet findes en civilisation så avanceret, at den har indkapslet sin sol i en kæmpe solcelle for at udnytte al energien fra stjernen. Vi er langt fra at nå det niveau, men vores samfund kræver stadig en stabil og rigelig energiforsyning for at fungere.

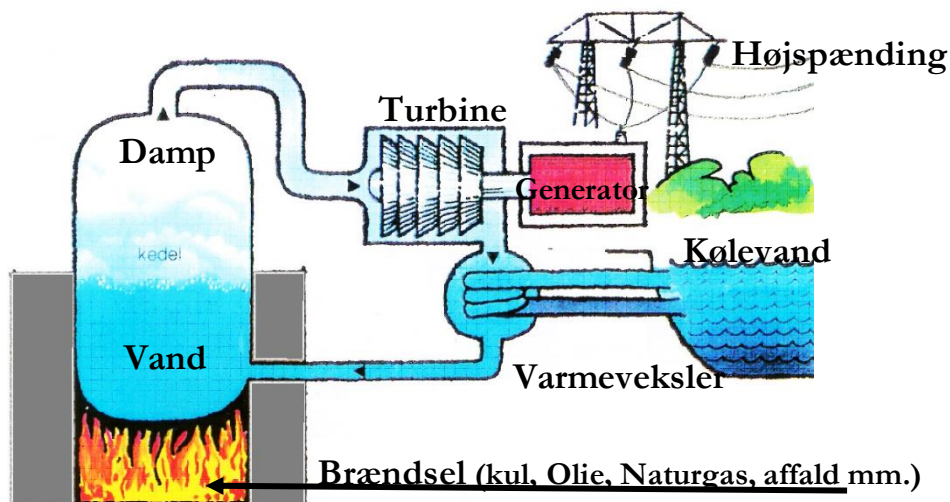
Afsnit 1: Energi før den industrielle revolution

Selvom vi i dag lever omgivet af teknologi og luksus, der ville få en middelalderperson til at besvime, har mennesket altid brugt energi. I middelalderen og renessancen blev energien primært udnyttet gennem vandmøller og vindmøller. Disse møller drev mekaniske maskiner som savværker eller møller til at male korn. Dog var de afhængige af naturen – hvis vinden stod stille, eller floderne tørrede ind, stod energiforsyningen også stille. Derfor blev mange byer anlagt tæt på vandløb eller vindrige områder, så de kunne udnytte naturens energi.



Afsnit 2: Den industrielle revolution

Selvom vi i dag tager maskiner for givet, var opfindelsen af dampmaskinen en revolution. I slutningen af 1700-tallet forbedrede James Watt dampmaskinen, og dermed tog den industrielle revolution fart. Dampmaskinen blev drevet af kul, som fik vand til at gå på dampform som igen kunne få stempler og hjul til at køre på maskinen. Brugen af kul i dampmaskiner var stabile energikilder, der var uafhængige af vejret. Dampmaskiner blev ikke kun brugt i lokomotiver, men også til at pumpe vand fra miner og drive de første tekstilfabrikker. For første gang kunne man producere energi uden at være afhængig af naturens luner.



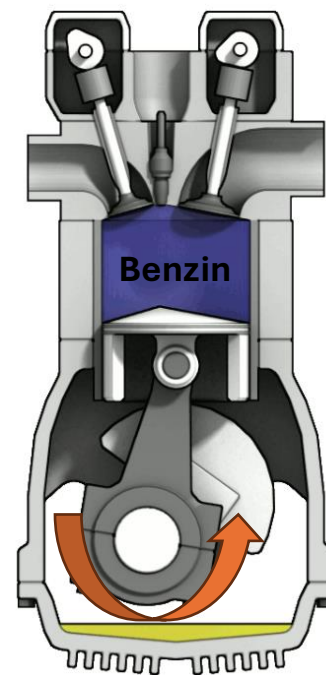
Afsnit 3: Fossile brændstoffer og kraftværker

Selvom dampmaskinen var revolutionerende, var den stor og upraktisk i mange sammenhænge. I 1831 opdagede Michael Faraday, at man kunne producere elektricitet ved hjælp af magnetisme. Dette førte til, at man begyndte at udvikle kraftværker, som kunne omdanne fossile brændstoffer som kul, olie og

naturgas til elektricitet. I et kraftværk brænder man brændstofferne som f.eks. kul, olie, naturgas eller affald for at opvarme vand, der omdannes til damp. Dampen driver en turbine, som roterer og skaber elektricitet i en generator. Efter dampen har drevet turbinen, bruges restvarmen ofte til fjernvarme, inden vandet sendes tilbage til kedlen for at gentage processen.

Afsnit 4: Benzinmotorens revolution

Den industrielle revolution blev ikke kun drevet af maskiner i fabrikkerne, men også af transportens udvikling. Benzinmotoren, opfundet i slutningen af 1800-tallet, revolutionerede transportindustrien. Benzinmotoren er baseret på, at benzin blandes med luft og antændes med en gnist, hvilket skaber en kontrolleret eksplosion, som driver et stempel og dermed en bils hjul. Dette gjorde transport billigere og mere effektivt, og benzin- og dieselmotorer blev hurtigt en konkurrent til dampmaskinerne.



Afsnit 5: Billig energi og vores civilisation

Civilisationer gennem tiden har altid haft en ressource, der drev deres udvikling. For Romerriget var det landbrugsjord, men for vores moderne civilisation har det været billig og rigelig energi. Siden den industrielle revolution har fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas været vores primære energikilder. De har muliggjort den teknologiske udvikling og den levestandard, vi har i dag. Men denne afhængighed af fossile brændstoffer har en bagside. Afbrænding af fossile brændstoffer har skabt miljøproblemer som global opvarmning, forurening og syrerregn. Samtidig er disse ressourcer begrænsede, og en dag vil de slippe op. Spørgsmålet er, om vores civilisation vil gå samme vej som Romerriget, når vores primære ressource er opbrugt.

Afsnit 6: Udfordringen med fossile brændstoffer og grøn energi

Målet i dag er at blive fri for fossile brændstoffer for at sikre vores fremtid. Men vi har stadig brug for billig og stabil energi, og jo mere avanceret vores civilisation bliver, desto mere energi har vi brug for. Derfor er der i de seneste årtier blevet fokuseret på vedvarende energikilder som sol, vind, vand, geotermisk energi og biomasse. Disse energikilder er ubegrænsede, men de har den udfordring, at de

ikke altid er tilgængelige. Vi er altså igen konfronteret med det problem, som middelalderens vand- og vindmøller også stod overfor – de virker kun, når naturen tillader det.

Afsnit 7: Løsningen på energiforsyningsproblemerne

Der er nok vedvarende energi til rådighed, men problemet er at opbevare den, når der er overskud, og bruge den, når der er underskud. Elektricitet kan nemlig ikke gemmes direkte, men skal omdannes til en anden energiform, som f.eks. kemisk energi i et batteri. Dette er en af de største udfordringer i den grønne omstilling, fordi hver gang energi omdannes fra én form til en anden, går noget tabt som varme. Når man hører politikere tale om "*Power2X*", handler det om, hvordan vi kan gemme overskudsenergi fra vedvarende kilder og bruge den, når der er behov for det.

Afslutning

I dette kapitel har vi set på, hvordan vores energiforbrug har udviklet sig fra middelalderen til i dag, og hvilke udfordringer vi står over for i fremtiden. I de følgende kapitler skal vi undersøge de forskellige vedvarende energikilder og diskutere deres potentiale for at sikre en bæredygtig energiforsyning for fremtidige generationer.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Jo mere avanceret en civilisation bliver hvad sker der så med energiforbruget?

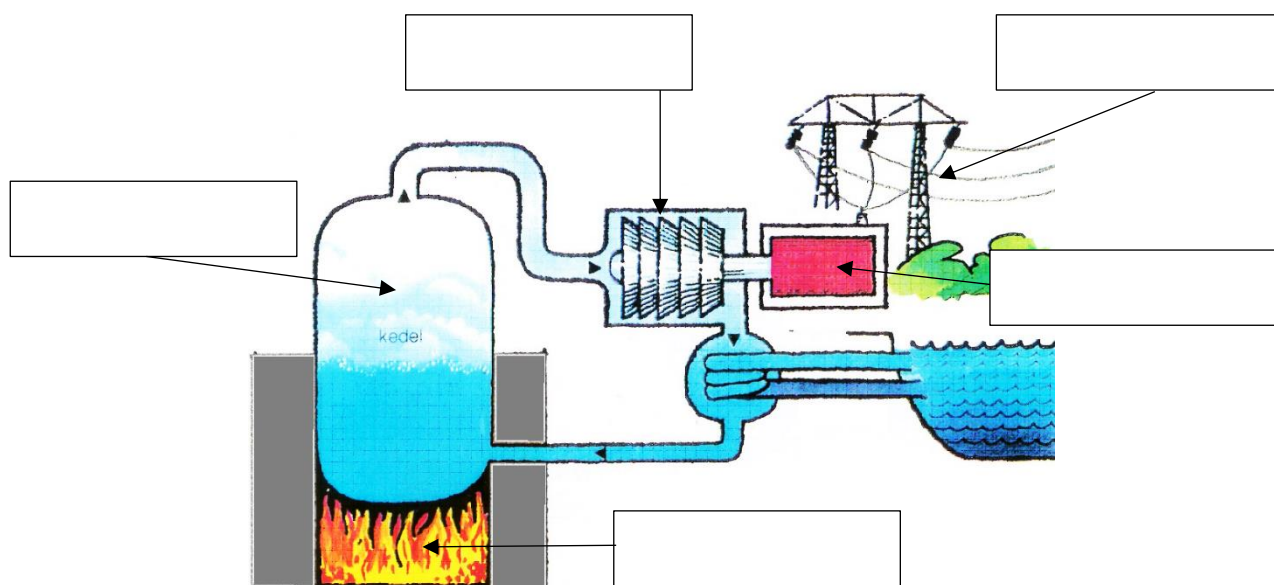
Prøv at forklare hvad ideen bag en "dyson dome" er?

Hvordan blev energi udnyttet i middelalderen og renæssancen?

Hvordan ændrede dampmaskinen vores civilisations forbrug af energi?

Hvilke fordele er der ved kul fremfor f.eks. brænde?

Skriv hvad de enkelte dele af kraftværket hedder:



Hvad betyder det, at man ofte bruger restvarmen fra kraftværker til fjernvarme?

Hvordan kunne benzinmotoren udkonkurrere damplokomotivet i forhold til transport?

Hvilken rolle har billig energi spillet i udviklingen af vores moderne samfund?

Hvilke miljøproblemer er forbundet med brugen af fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas?

Prøv at forestille dig at vi slap helt op for fossile brændstoffer fra den ene dag til den anden. Hvordan tror du det vil påvirke din hverdag?

Hvad er den største udfordring ved at bruge vedvarende energikilder som sol, vind og vand?

Hvad er problemet med at lagre vedvarende energi?

Kapitel 4 Vedvarende energi

Kapitel 4.1: Solenergi som Vedvarende Energikilde

Indledning:

Vedvarende energi stammer næsten udelukkende fra solen, undtagen nogle få undtagelser som geotermisk energi. Solen spiller en afgørende rolle i at varme Jorden op, skabe vind og drive vandets kredsløb. Selv biomasse får sin energi fra solen, da planter bruger sollys til at vokse. Derfor starter vi vores rejse gennem vedvarende energikilder med solenergi, en grundlæggende og kraftfuld energiform.

Afsnit 1: Hvor meget solenergi modtager Jorden?

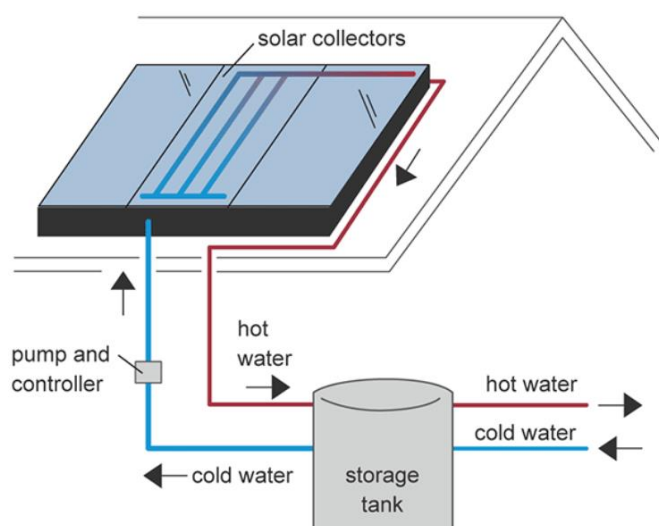
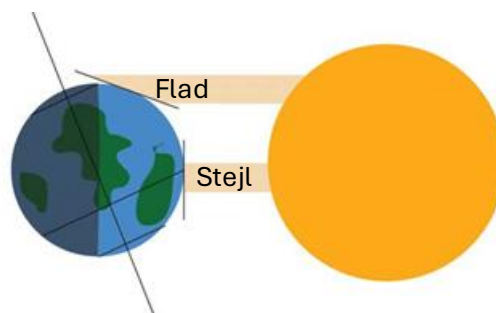
Solen udsender en enorm mængde energi hver dag i alle retninger. En lille del af denne energi når Jorden efter at have rejst de 150 millioner kilometer fra solen. Selvom det kun er en brøkdel af solens energi, svarer det til cirka 100.000 TeraWatt (TW) dagligt. Til sammenligning bruger Jordens befolkning kun omkring 18 TW hver dag. Noget af den energi jorden modtager fra solen reflekteres/sendes tilbage i rummet af skyer og atmosfæren, men potentialet for at udnytte solens energi er stadig enormt, hvis vi bare kan høste en lille del af den.

Afsnit 2: Hvordan høster vi solens energi?

Mennesket har opfundet forskellige måder at udnytte solens strålingsenergi på. Fordi strålingsenergi er svær at opbevare, omdanner vi den til andre energiformer. De mest almindelige metoder er *solceller*, der omdanner sollys til elektricitet, og *solfangere*, der omdanner sollys til varme. Begge teknologiers effektivitet afhænger af sollysets intensitet, hvilket gør det vigtigt at placere dem korrekt på Jorden og i den rette vinkel mod solen.

Afsnit 3: Solindstrålingens vinkel og udnyttelsen af solenergi

Jo tættere man kommer på ækvator, desto mere direkte rammer solens stråler Jorden, hvilket giver højere intensitet. Tættere på polerne kommer solens lys ind i en lavere vinkel, hvilket spreder lyset over et større område og formindsker intensiteten. Denne vinkel ændrer sig på grund af Jordens hældning, og derfor er det vigtigt, at solceller og solfangere placeres korrekt, typisk i en vinkel på cirka 40 grader og med en orientering mod syd for at få mest muligt ud af sollyset.

**Afsnit 4:** Hvordan fungerer en solfanger?

Forestil dig en sort haveslange, der har ligget længe i solen. Når vandet begynder at løbe ud af slangen, vil det første vand være varmt. Det skyldes, at sort absorberer solens lys og omdanner det til varme, hvilket kaldes albedo-effekten. En solfanger udnytter dette princip ved at bruge sorte rør fyldt med vand (tilsat frostvæske), som varmes op af solen. Det opvarmede vand cirkulerer gennem solfangeren og opvarmer brugsvand i en vandvarmer, hvilket skaber et simpelt og effektivt varmesystem.

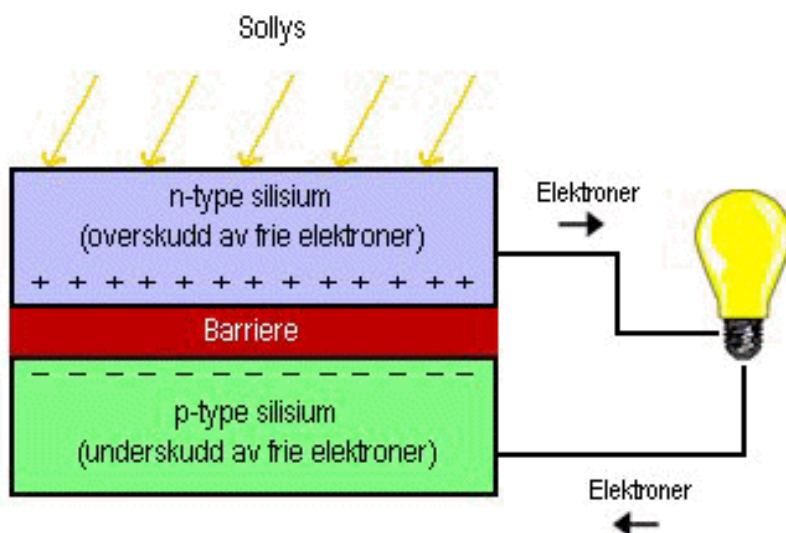
Afsnit 5: Solfangeres effektivitet

Solfangere kan omdanne 40-60 % af solens energi til varme, mens mere avancerede solfangere, som vacuumrørsolfangere, kan nå op til 90 % effektivitet under optimale betingelser. Solfangere er særligt

udbredt i Sydeuropa, hvor solens intensitet er højere, mens de ikke er så almindelige i Danmark, hvor solindstrålingen er lavere.

Afsnit 6: Hvordan fungerer en solcelle?

En solcelle omdanner solens lys til elektricitet, som er elektroner i bevægelse. For at forstå, hvordan en solcelle virker, kan du forestille dig en rutschebane i et vandland. Øverst på rutschebanen står en gruppe børn og venter på at få et skub, så de kan rutche ned. Når de først er kommet ned, vil de gerne op igen, men de kan kun komme tilbage ved at løbe rundt om hele vandlandet.



I en solcelle er elektronerne som børnene på rutschebanen. Når solens lys rammer solcellen, giver det elektronerne et skub fra *n-laget* (toppen af rutschebanen) ned til *p-laget* (bunden af rutschebanen). Men elektronerne kan ikke bare hoppe tilbage til *n-laget*; de er nødt til at bevæge sig gennem et kredsløb. I deres løb gennem kredsløbet skaber de strøm, som kan bruges til at drive elektriske apparater. Solens lys er altså det, der sætter elektronerne i bevægelse, ligesom et skub på rutschebanen får børnene til at glide ned.

Afsnit 7: Solcellers effektivitet og udfordringer

De fleste solceller er lavet af grundstoffet *silicium* og har en effektivitet på omkring 20-30 %, hvilket er lavere end solfangere. Solcellers effektivitet aftager med tiden, og de fleste har en levetid på omkring 25 år. Desuden kan solceller få belægnings eller træer kan skygge, der reducerer deres effektivitet. Der forskes i at forbedre solcellers effektivitet og æstetik, herunder farvede solceller og gennemsigtige solceller, som kan integreres i vinduer eller tagflader.

Afslutning:

Solenergi er en kraftfuld energikilde, der kan udnyttes på mange forskellige måder. Selvom vi kun har dækket nogle af de mest almindelige teknologier, er det tydeligt, at solenergi spiller en central rolle i mange vedvarende energiformer. I næste kapitel skal vi se nærmere på vindenergi, som også drives af solen gennem opvarmning af atmosfæren, der skaber vind.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvilken energi omdannelse er der tale om? (brug de 7 energiformer)

Hvordan er teknikken opbygget?

Hvilke fordele og ulemper er der ved den vedvarende energiform

Fordele:

Ulemper:

Hvad påvirker Effektiviteten af den vedvarende energi?

Hvordan vil energikilden udvikle sig i fremtiden?

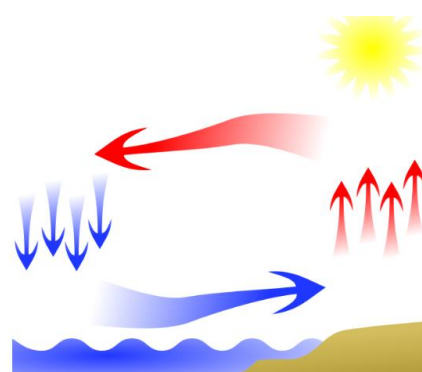
Kapitel 4.2: Vindenergi som Vedvarende Energikilde

Indledning:

I Danmark har vi gennem mange år satset på vindenergi i form af vindmøller, og det er ikke tilfældigt. Vindenergi er en ren og vedvarende energikilde, men der er både fordele og ulemper forbundet med den. I dette kapitel skal vi se nærmere på, hvorfor vind opstår, hvordan vindmøller virker, og hvordan vi kan udnytte vindens energi til elproduktion.

Afsnit 1: Hvorfor opstår vind?

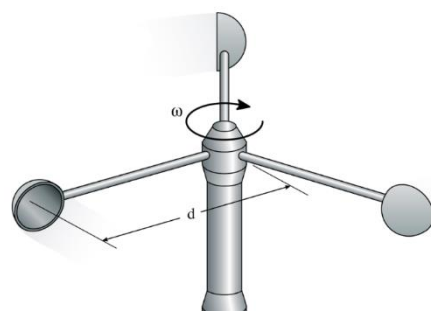
Vind opstår som følge af temperaturforskelle i luften. Når solen opvarmer Jordens overflade, varmes luften op forskelligt, hvilket skaber trykforskelle. Kold luft fylder mindre end varm luft, og derfor har kold luft et højere tryk. Kold luft vil derfor søge mod områder med varm luft, hvor trykket er lavere. Dette skaber



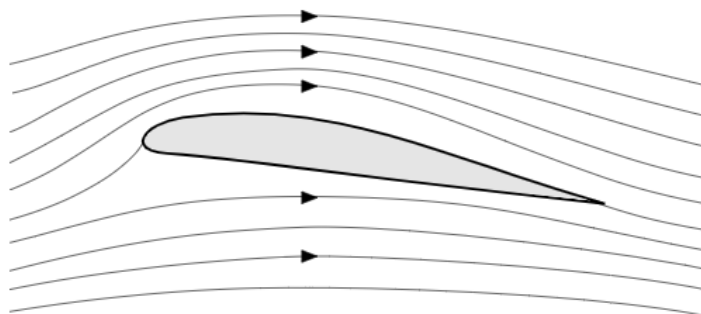
bevægelse i luften, som vi kalder vind. Områder med kold luft kaldes højtryk, mens områder med varm luft kaldes lavtryk. Vindens bevægelse er dog sjældent lige, fordi Jordens rotation skaber det, vi kalder *corioliseffekten*, som får vinden til at bøje mod højre på den nordlige halvkugle.

Afsnit 2: Vindhastigheder og måling

Vindhastigheder måles i *meter per sekund* (m/s). For at få en bedre fornemmelse af vindens styrke, kan man omregne m/s til km/t ved at gange med 3,6. En typisk vind i Danmark ligger mellem 3 og 8 m/s , svarende til 11 til 29 km/t . Man måler vindhastigheden med et *anemometer*, som består af små skovle eller en vindmølle, der roterer i takt med vinden.



Vindhastigheder inddeles også i forskellige kategorier, som f.eks. en "*frisk vind*" (8 m/s), "*stiv kuling*" (14 m/s) og "*orkan*" (over 25 m/s).

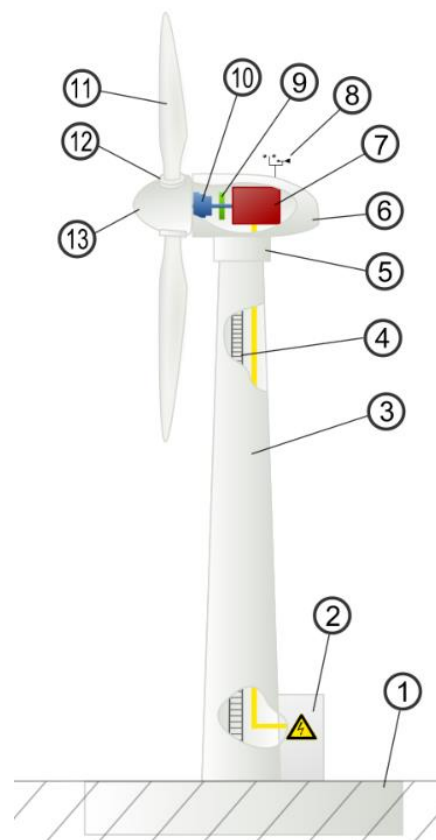


Afsnit 3: En vindmølles opbygning

En vindmølles vinger er designet til at udnytte vindens *bevægelsesenergi*. Vingerne er buede, hvilket skaber et undertryk på forsiden og et overtryk på bagsiden, som er årsag til at vingerne drejer rundt. Vingerne skal være både stærke og lette, hvilket gør dem svære at genanvende, da de ofte er lavet af komplekse giftige materialer. De fleste moderne vindmøllers vinger er mellem 40 og 60 meter lange. Jo længere vingerne er, jo mere energi kan de fange fra vinden, da en fordobling af vingernes længde giver en firdobling af den energi, vindmøllen kan producere.

Afsnit 4: Vindmøllens øvrige dele

Bag vindmøllens vinger sidder et lille hus kaldet en *nacelle*, som indeholder en gearkasse (10) og en generator (7). Gearkassen omdanner vingerens (11) relativt langsomme rotation til hurtigere omdrejninger, som kan drive generatoren, der producerer elektricitet i form af vekselstrøm. Nacellen er placeret på et højt tårn (3), ofte op til 100 meter eller mere, fordi vinden er kraftigere jo højere over jorden man kommer. Tårnet er fastgjort til et solidt fundament (1), der holder vindmøllen stabil, selv i kraftig vind. Møllen kan dreje nacellen og vingerne for altid at stå optimalt mod vinden (5+8).



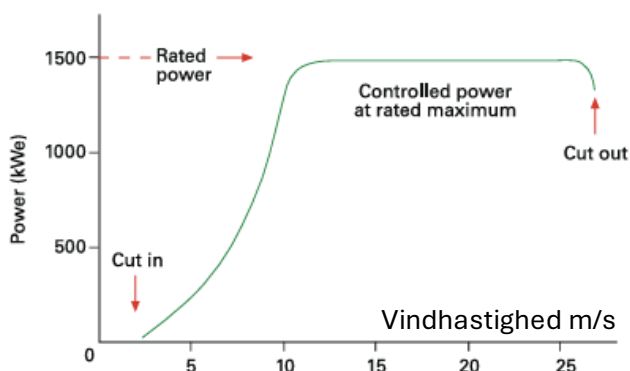
Afsnit 5: Hvorfor tre vinger?

De fleste vindmøller har tre vinger, men man kunne teoretisk set have flere. Flere vinger ville fange mere vind, men det ville også gøre vindmøllen tungere og dyrere at producere. To vinger kunne være

lettere, men ville skabe ubalance, når de roterer. Tre vinger giver den bedste balance mellem vægt, stabilitet og energiudnyttelse. Vingerne kan desuden justere deres vinkel for at tilpasse sig forskellige vindhastigheder. Ved meget kraftig vind, som f.eks. under en orkan, kan vingerne stoppes helt for at beskytte møllen mod overbelastning.

Afsnit 6: Vindmøllers effektivitet

Effektiviteten af en vindmølle afhænger af flere faktorer, herunder vingernes længde og vindhastigheden. Jo længere vingerne er, og jo kraftigere vinden blæser, desto mere energi kan vindmøllen producere. Nyere vindmøller på havet har meget lange vinger på over 100 meter, hvilket gør dem ekstremt effektive. Som nævnt tidligere vil en fordobling af vindmøllens længde firdoble energien. For at fungere optimalt skal vindmøller have vindhastigheder på mindst 4 m/s, og de fungerer bedst ved hastigheder over 10 m/s. (se graf)

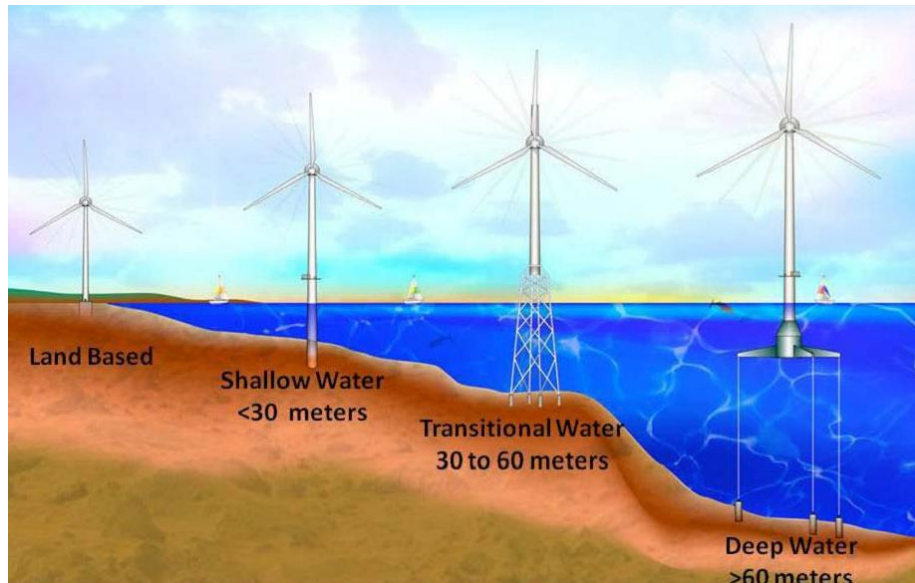


De fleste vindmøller har en effektivitet på omkring 40-50 %, da de ikke kan udnytte al energien i vinden. Hvis de havde en 100 % udnyttelse ville der være vindstille bag vindmøllen. En stor havvindmølle kan producere nok strøm til at oplade en Tesla ved blot én rotation af vingerne.

Afsnit 7: Hvor opsættes vindmøller?

Vindmøller opsættes traditionelt på land, hvor de placeres på åbne og flade områder uden forhindringer, der kan bremse vinden. I Danmark blæser vinden oftest fra vest, så de vestlige egne er særligt egnede til vindmøller. På det seneste er havvindmøller blevet mere populære, da de kan placeres i havområder med stabile vindforhold. Havvindmøller opsættes ofte på lavt vand, men de producerer

elektricitet langt fra land, hvilket betyder, at en del af energien går tabt under transporten. Til gengæld har fundamentet for havvindmøller vist sig at være godt for havets biodiversitet, da det skaber levesteder for fisk.



Afsnit 8: Nye typer af vindmøller

Udover de traditionelle stationære vindmøller findes der også *flydende vindmøller*, som kan placeres længere ude på dybere vand og flyttes efter behov. Dette åbner op for at udnytte vindenergi på steder, hvor stationære vindmøller ikke er praktiske, f.eks. i områder med dybe have. Derudover arbejdes der med *vertikale vindmøller*, som kan udnytte vinden lige godt, uanset hvilken retning den kommer fra. Disse typer kan være særligt velegnede i byområder eller andre steder med skiftende vindforhold.

Afslutning:

Vi har nu set, hvordan vindmøller udnytter vindens bevægelsesenergi til at producere elektricitet. Ligesom med solceller er en af udfordringerne ved vindmøller, at de kun producerer energi, når der er vind. I næste kapitel skal vi se nærmere på vandenergi, som er en mere stabil og forsynings sikker vedvarende energikilde – dog ikke så udbredt i Danmark på grund af vores få store vandløb.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvilken energi omdannelse er der tale om? (brug de 7 energiformer)

Hvordan er teknikken opbygget?

Hvilke fordele og ulemper er der ved den vedvarende energiform

Fordele:

Ulemper:

Hvad påvirker Effektiviteten af den vedvarende energi?

Hvordan vil energikilden udvikle sig i fremtiden?

Kapitel 4.3: Vandenergi som Vedvarende Energikilde

Indledning:

Vandenergi minder på mange måder om vindenergi, da begge energiformer udnytter bevægelser i naturen. Hvor vindmøller høster energien fra luftens bevægelser, udnytter vandkraft vandets bevægelser. Men vand er langt tungere end luft, og det betyder, at vand kan udøve et meget større pres, hvilket gør det muligt at udvinde endnu mere energi. I dette kapitel ser vi nærmere på vandenergi, som kan høstes på tre forskellige måder: *vandkraftværker*, *bølgeenergi* og *tidevandsenergi*.

Afsnit 1: Hvor kan man udnytte vand energi?

For at udnytte vandenergi er det nødvendigt at have vand i bevægelse. Jo hurtigere vandet bevæger sig, desto mere energi indeholder det. Energien i bevægeligt vand kan beregnes med formlen for kinetisk energi:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad (m = \text{vægt i kg, } v = \text{ fart i m/s})$$

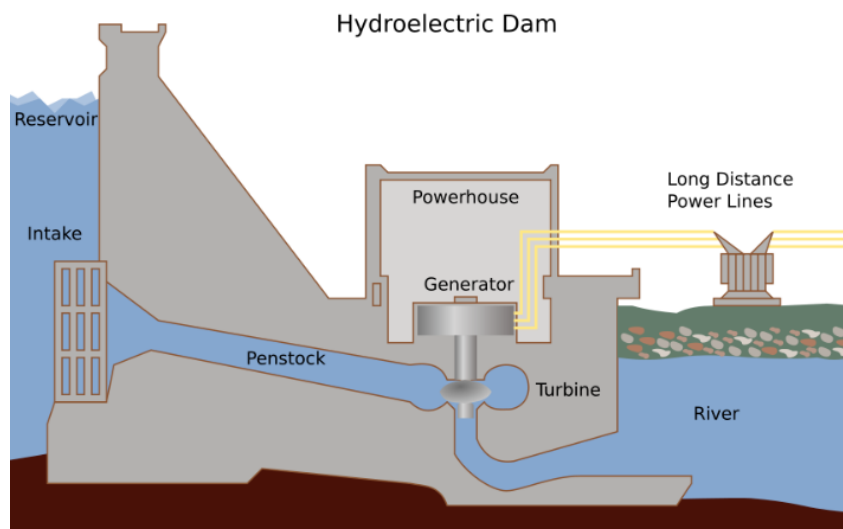
Hvis vandet bevæger sig med 2 m/s, vil 1 kg vand have følgende energi:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} * 1 \text{ kg} * (2 \text{ m/s})^2 = 2 \text{ Joule}$$

Ved en fordobling af hastigheden til 4 m/s får vi:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} * 1 \text{ kg} * (4 \text{ m/s})^2 = 8 \text{ Joule}$$

Dette viser, at en fordobling af hastigheden giver en firdobling af energien. Vandenergi er derfor særligt effektivt i floder med hurtigt strømmende vand, som f.eks. i bjergområder. Danmark er et fladt land uden store floder, hvilket er en af grundene til, at vi ikke har så meget vandkraft.



Afsnit 2: Hvordan er et vandkraftværk opbygget?

Et vandkraftværk fungerer på en måde, der minder om en vindmølle. I stedet for vinger har et vandkraftværk en *turbine*, der omdanner vandets bevægelse til en roterende bevægelse. Denne bevægelse driver en *generator*, som producerer elektricitet ved hjælp af *induktion*. Når vandet har passeret gennem turbinen, ledes det tilbage i floden.

Fordelen ved vandkraft er, at der ofte er strømmende vand året rundt, hvilket giver en mere stabil energikilde end vind og sol. Ulempen er, at vandkraftværker kræver en større investering og kan kun bygges, hvor der er vand i bevægelse.

Afsnit 3: Ulemper ved vandkraftværker

Et vandkraftværk kan være et stort indgreb i naturen. Det kan skabe barrierer for fisk og andre dyr, som normalt bevæger sig op og ned ad floden. Nogle steder, hvor vandet ikke har tilstrækkelig hastighed, kan man bygge en *dæmning* for at skabe en sø og øge vandtrykket. Dette kan dog føre til oversvømmelser af store områder og ændre naturen betydeligt, som man har set ved det store dæmningsprojekt ved den gule flod i Kina.

Afsnit 4: Bølgeenergi

På havet er der næsten altid bevægelse i vandet, og bølgeenergi udnytter denne bevægelse til at producere elektricitet. Et typisk bølgeanlæg består af en *flyder*, der bevæger sig op og ned med bølgerne.

Denne bevægelse driver en generator, der producerer strøm. Nogle anlæg bruger også vandets bevægelser til at drive en turbine, ligesom ved et vandkraftværk. Desværre er bølgeanlæg ofte udsatte for kraftige storme, som har ødelagt mange af de anlæg, der er blevet opført i Danmark.

Afsnit 5: Tidevandsenergi

Tidevandsenergi udnytter havstrømme, der opstår som følge af tidevandet, som skabes af månens tiltrækning. To gange om dagen er der højvande (flod) og lavvande (ebbe), og på steder med store højdeforskelle mellem ebbe og flod kan man udnytte den kraftige strømning.

I Frankrig har man f.eks. tidevandsanlægget *La Rance* i Bretagne, hvor forskellen mellem ebbe og flod er 13,5 meter. Dette anlæg kan producere op til 240 MW, nok til at forsyne 130.000 husstande med elektricitet.

Afsnit 6: Beregning af energien i et tidevandsanlæg

For at beregne den potentielle energi i et tidevandsanlæg kan man bruge formlen for potentiel energi:

$$E_{\text{pot}} = m * g * h$$

Hvor m er massen/vægten af vandet, g er tyngdeaccelerationen ($9,82 \text{ m/s}^2$), og h er højdeforskellen mellem ebbe og flod. Hvis man flytter 1 kg vand 2 meter op, vil energien være:

$$E_{\text{pot}} = 1 \text{ kg} * 9,82 \text{ m/s}^2 * 2 \text{ m} = 19,64 \text{ Joule}$$

Hvis højdeforskellen er 4 meter, fordobles den potentielle energi til 39,28 Joule. Derfor er højdeforskellen afgørende for, hvor meget energi man kan udnytte i et tidevandsanlæg. Tidevandsenergi har den fordel, at det er meget stabilt og forudsigeligt, da tidevandet altid sker to gange om dagen.

Afsnit 7: Udbredelsen af vandkraft i verden

Vandkraft udgør omkring 7 % af verdens samlede energiproduktion, med hovedvægten på store vandkraftværker. I Danmark har vi kun ét stort vandkraftværk ved *Tange Sø*, mens Norge får hele 90 % af sin energi fra vandkraft. Norge har også udviklet systemer, hvor de bruger overskudsstrøm fra

vindenergi i Danmark til at pumpe vand op til højtliggende søer. Når der er behov for elektricitet, kan de lukke vandet ned igen og udnytte energien på ny.

Afslutning:

I dette kapitel har vi set på vandenergi som en forsyningssikker vedvarende energikilde, der kan levere elektricitet året rundt. Selvom Danmark ikke har meget vandkraft, er det en vigtig energikilde i mange lande. I næste kapitel skal vi se på *geotermisk energi*, en anden forsyningssikker og stabil vedvarende energikilde.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvilken energi omdannelse er der tale om? (brug de 7 energiformer)

Hvordan er teknikken opbygget?

Hvilke fordele og ulemper er der ved den vedvarende energiform

Fordele:

Ulemper:

Hvad påvirker Effektiviteten af den vedvarende energi?

Hvordan vil energikilden udvikle sig i fremtiden?

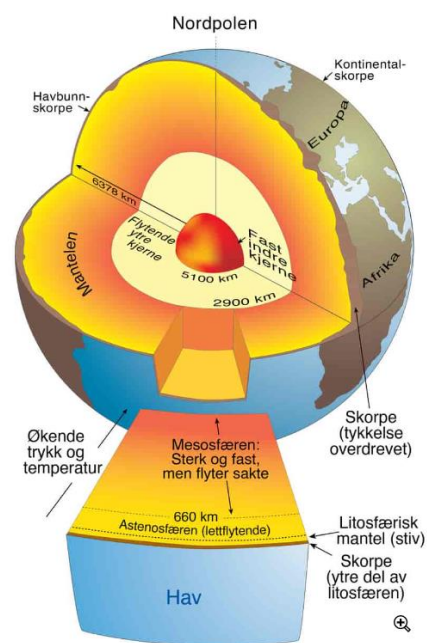
Kapitel 4.4: Geotermisk Energi som Vedvarende Energikilde

Indledning:

Mange af de vedvarende energiformer, vi har set på indtil nu, har den ulempe, at de ikke er forsyningsstabile. Vind og sol er afhængige af vejret, og derfor kan vi ikke altid være sikre på at få energi fra dem. Geotermisk energi udnytter derimod Jordens indre varme, som er konstant, og dermed har denne energiform en stor fordel. "Geo" betyder jord, og "termisk" betyder varme, så geotermisk energi er bogstaveligt talt jordvarme. I dette kapitel skal vi se nærmere på, hvordan geotermisk energi fungerer, og hvordan den kan udnyttes.

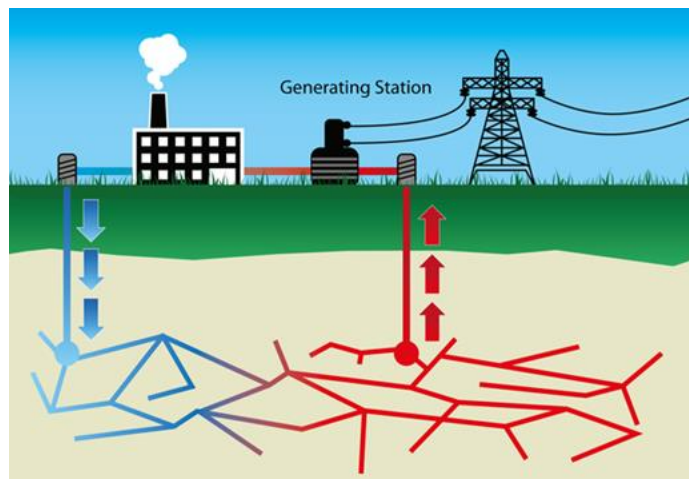
Afsnit 1: Hvor varm er Jordens kerne, og hvorfor er den varm?

Jordens kerne er omkring *6.000 grader varm*, hvilket faktisk er samme temperatur som solens overflade. Denne enorme varme kan opleves ved vulkanudbrud, hvor varme og smeltet stenmasse slipper ud til jordens overflade. Men hvorfor er Jorden så varm? Varmen stammer fra Jordens dannelse for cirka 4,6 milliarder år siden, hvor små stenklumper kolliderede og skabte friktion, hvilket producerede varme. Denne varme er stadig fanget i Jordens indre. Derudover genereres der stadig varme gennem *radioaktivt henfald*, hvor radioaktive atomer i Jordens kerne henfalder og frigiver energi i form af varme.



Afsnit 2: Hvor er det nemmest at udnytte geotermisk energi?

Jordens overflade, som vi går på, er ikke specielt varm, og selvom temperaturen stiger, jo længere ned i jorden man kommer, er det ikke nok bare at grave et par meter ned for at finde geotermisk energi. De steder, hvor geotermisk energi er nemmest at udnytte, er områder med *vulkanisme*, som er forbundet med Jordens tektoniske plader. Vulkanisme sker, hvor pladerne enten støder sammen eller bevæger sig fra hinanden. Et godt eksempel er *Island*, som ligger på en tektonisk grænse, hvor to plader glider fra hinanden. Island får derfor størstedelen af sin energi fra geotermisk energi. Denne billige og vedvarende energi har tiltrukket energikrævende industrier som aluminiumfabrikker og datacentre fra virksomheder som Facebook og Google.



Afsnit 3: Danmarks muligheder for geotermisk energi

Danmark ligger midt på en tektonisk plade og har hverken vulkaner eller jordskælv. *Men betyder det, at vi ikke kan udnytte geotermisk energi?* Det er muligt, men mere kompliceret. Siden 1984 har Danmark haft et geotermisk anlæg i *Thisted*, hvor man har boret to huller ned i jorden på en dybde af ca. *1.250 meter*.

Temperaturen i denne dybde er omkring *65 grader*. Koldt vand pumpes ned i det ene hul, og det varme vand hentes op i det andet. Vandet, der når overfladen, har en temperatur på ca. *46 grader*, hvilket ikke er varmt nok til elproduktion, men det kan bruges til *fjernvarme*, som opvarmer huse i nærområdet.

Afsnit 4: Varmepumpens rolle i geotermiske anlæg

De 46 grader varmt vand, som hentes op fra geotermiske anlæg i Danmark, er ikke varmt nok til at blive sendt direkte ud i fjernvarmesystemet. Derfor bruges en *varmepumpe* til at opkoncentrere varmen. En varmepumpe fungerer ved at overføre varme fra et medie til et andet, så temperaturen kan hæves. Varmepumper er populære i f.eks. sommerhuse, hvor de kan udnytte luften udenfor til at opvarme huset, selv om vinteren. En varmepumpe kan også fungere omvendt og køle ned, hvis det ønskes.

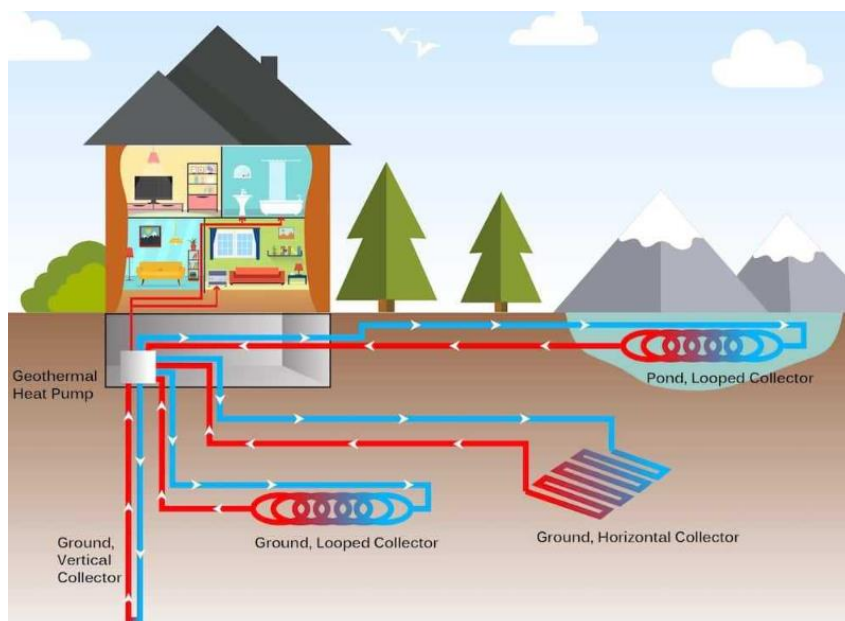
Afsnit 5: Hvor dybt kan man bore?

De 1.250 meter i *Thisted* lyder måske ikke af meget, når man tænker på, at der er 6.400 km til Jordens centrum. Jo dybere man borer, jo højere temperaturer kan man opnå. *Hvorfor lavede man ikke et dybere hul i Thisted?* Men det er ikke så simpelt. At bore dybt er teknisk svært og meget dyrt. Jo længere ned man borer, jo større er presset og varmen, hvilket slider voldsomt på boreudstyret. Det dybeste hul, der nogensinde er boret, er 12 km, og det blev lavet af russerne på Kolahalvøen. De måtte stoppe, fordi

borehovedet simpelthen smeltede på grund af varmen. Udover hullet skal man også tage højde for at der skal være et jordlag hvor vandet kan passere igennem fra det ene rør til det andet. Ikke alle jordlag egner sig til dette.

Afsnit 6: Små geotermiske anlæg til huse

I dag er det muligt at installere et lille geotermisk anlæg i Danmark, som kan forsyne et enkelt hus eller flere med varme. Disse anlæg kræver typisk boreriger på 150 til 240 meter. Temperaturen stiger dog ikke ens overalt i Danmark, og nogle steder er bedre egnet til geotermi end andre. Boringen kan påvirke undergrunden, og man er særligt bekymret for risikoen for, at giftige stoffer kan forurene grundvandet. Derfor er det ikke alle steder i Danmark, hvor det er lovligt at lave geotermiske boreriger.



Afsnit 7: Jordvarme

Mange huse i Danmark får allerede deres varme fra et såkaldt *jordvarmeanlæg*, som er en anden form for varmeudnyttelse. Her graves lange vandrør ned i jorden, typisk 1 meter under jordoverfladen, hvor de optager varme fra den øverste del af jorden. Selvom jordvarmeanlæg kan virke som geotermi, udnytter de faktisk ikke varme fra Jordens indre, men snarere varmen fra solens stråler, der opvarmer jorden. Jorden fungerer derfor som en stor *solfanger*, og jordvarmeanlæg udnytter denne opvarmning til at levere varme til huse.

Afslutning:

Geotermisk energi er en stabil og vedvarende energikilde med stort potentiale, selvom den stadig er i sin tidlige udvikling i Danmark. Nye teknologier kan gøre det muligt at bore dybere og udnytte mere af Jordens indre varme. Fremtiden for geotermi ser lovende ud, især med udviklingen af metoder som mikrobølger, der kan smelte sten i stedet for at bore igennem dem. I fremtiden kan vi måske også opbevare sommerens varme under jorden for at udnytte den i vintermånederne.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvilken energi omdannelse er der tale om? (brug de 7 energiformer)

Hvordan er teknikken opbygget?

Hvilke fordele og ulemper er der ved den vedvarende energiform

Fordele:

Ulemper:

Hvad påvirker Effektiviteten af den vedvarende energi?

Hvordan vil energikilden udvikle sig i fremtiden?

Kapitel 4.5: Biomasse som Vedvarende Energikilde

Indledning:

I de forrige kapitler har vi set på vedvarende energiformer som vind, sol og vand, som mennesket har lært at udnytte de sidste tusind år. Men en af de ældste energikilder, vi har tæmmet, er faktisk *biomasse*. Allerede i stenalderen brugte vi træ til at lave bål og frigive den kemiske energi, der er gemt i træet. Træ er nemlig et rigtig godt eksempel på biomasse. I dette kapitel skal vi se nærmere på, hvad biomasse egentlig er, og hvordan vi kan udnytte den som energikilde.

Afsnit 1: Hvad er biomasse?

Ordet biomasse består af to dele: *bio*, der betyder liv eller levende, og *masse*, som betyder vægt eller stof. Biomasse handler altså om vægten af levende stof. I energisammenhæng dækker biomasse over materialer, der tidligere har været levende. Det kan være mange forskellige ting som træflis, halm, kasseret olie fra en frituregryde, afføring, tis fra rensningsanlæg eller endda døde dyr som f.eks. mink. Biomasse er med andre ord alt organisk materiale, der kan bruges som brændstof.

Afsnit 2: Fælles for biomasse: Det kan brænde

Det, der er fælles for biomasse, er, at det kan bruges som *brændsel*. Biomasse brænder og frigiver energi, som kan bruges i kraftværker eller maskiner. Når biomasse brændes, frigøres der CO_2 og *vand*, som sker ved alle former for forbrænding (på nær nogle enkelte). CO_2 -udledningen fra biomasse skaber ikke samme klimaproblem som fossile brændsler, fordi biomasse anses for at være *CO_2 -neutral*.

Afsnit 3: Hvad betyder CO_2 -neutralitet?

CO_2 er en stor synder, når det kommer til global opvarmning, og det er netop CO_2 , vi prøver at reducere ved at erstatte kul med vindmøller og solceller. Biomasse betragtes som *CO_2 -neutral*, fordi det består af materiale, der for nylig har været levende. Planter og organismer optager CO_2 fra atmosfæren, når de vokser, og når de afbrændes, frigives denne CO_2 igen. Da der samtidig optages CO_2 i nye planter, forbliver balancen i atmosfæren uændret.

Afsnit 4: Hvorfor er kul ikke CO₂-neutralt?

Fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas er ikke CO₂-neutrale. Det skyldes, at de består af gamle organismer, der levede for mere end 65 millioner år siden. Når de afbrændes, frigives CO₂, som har været gemt i jorden i millioner af år, og denne CO₂ tilføjes atmosfæren, hvilket øger koncentrationen. Til sammenligning er halm CO₂-neutralt, fordi det frigiver CO₂, som blev optaget for blot et par måneder siden. Der er dog forskel i CO₂-neutralitet mellem forskellige typer biomasse. For eksempel kan et træ som et egetræ tage 150 år om at vokse, så det frigiver CO₂, der har været bundet i atmosfæren over en langt længere periode end f.eks. halm.

Afsnit 5: Biogas fra biomasse

Nogle typer biomasse, som afføring eller slam fra rensningsanlæg, brænder ikke godt i sig selv. Her kommer *metanbakterier* til hjælp. Disse bakterier kan nedbryde biomasse under iltfri forhold (anaerob proces) og omdanne den til gasarten *methan* (CH₄), som er en brændbar gas. Denne biogas er CO₂-neutral og kan bruges på samme måde som naturgas. Processen minder om, hvad der sker i vores egne tarme, hvor bakterier producerer metan som en del af fordøjelsen. Biogas er vigtig, fordi den kan erstatte naturgas og bruges i eksisterende varmeanlæg.

Afsnit 6: Alkoholproduktion af biomasse

Udover bakterier kan vi også bruge gærsvampe til at omdanne biomasse til *alkohol*. Gær kan omdanne sukkerstoffer til *ethanol* (C₂H₅OH) gennem en proces kaldet *gæring*. Denne ethanol kan bruges som brændstof og tilsættes allerede til benzin, hvilket vi kender som *E10*, hvor 10 % af benzinen er ethanol. Gær kan gære op til ca. 20 % alkohol, men da alkoholen er giftig for gæren, stopper processen der. For at få højere koncentrationer skal man destillere alkoholen, så den kan bruges som brændsel.

Afsnit 7: Fordele og ulemper ved biomasse

En stor fordel ved biomasse er, at den er *CO₂-neutral*, og at den kan bruges i eksisterende kraftværker og maskiner, der normalt bruger fossile brændstoffer. Dermed slipper vi for at bygge nye anlæg. Dog er

der flere ulemper. Hvis vi f.eks. bruger fødevarer som sukker til at producere brændstof, kan det føre til stigende fødevarerpriser. Desuden kan fjernelsen af biomasse fra økosystemet påvirke dyrelivet negativt. Hvis alt dødt træ fjernes fra skove, kan det skade biodiversiteten. Transporten af biomasse over lange afstande kan også gøre produktionen mindre CO₂-neutral.

Afslutning:

Biomasse tilbyder mange spændende muligheder for bæredygtig energi, men der er også udfordringer, især når det kommer til at sikre, at vi bruger ressourcerne på en ansvarlig måde. Fremtiden kan også byde på nye former for biomasse som f.eks. *biodiesel*, der kan laves af fedt og olie fra fastfood restauranter. I næste kapitel skal vi se på en ikke-vedvarende, men kontroversiel energikilde, nemlig *atomkraft*.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvilken energi omdannelse er der tale om? (brug de 7 energiformer)

Hvordan er teknikken opbygget?

Hvilke fordele og ulemper er der ved den vedvarende energiform

Fordele:

Ulemper:

Hvad påvirker Effektiviteten af den vedvarende energi?

Hvordan vil energikilden udvikle sig i fremtiden?

Kapitel 4.6: Atomkraft som Energikilde

Indledning:

I de tidligere kapitler har vi set på forskellige vedvarende energikilder som vind, sol og vand, og vi har diskuteret både fordele og ulemper. En af de store ulemper ved mange vedvarende energikilder er *forsyningsikkerheden* – altså om vi kan være sikre på at have strøm hele tiden. I et moderne samfund er elektricitet afgørende for alt fra industri til transport og madopbevaring. Atomkraft er en energiform, der ikke er vedvarende og heller ikke fossilt brændstof, men som har potentialet til at levere stabil energi. I dette kapitel ser vi nærmere på atomkraft.

Afsnit 1: Hvor kommer energien fra i atomkraft?

Atomkraft udnytter *kerneenergi*, som kommer fra atomets indre. Energi frigives gennem en proces kaldet *fission*, hvor et atom spaltes/deles i to mindre dele. I atomkraftværker spaltes atomer af Uran. Når fissionen sker, forsvinder der faktisk en lille smule af atomets masse, og denne masse bliver omdannet til energi. Dette kan forklares med Einsteins berømte formel:

$$E = m * c^2$$

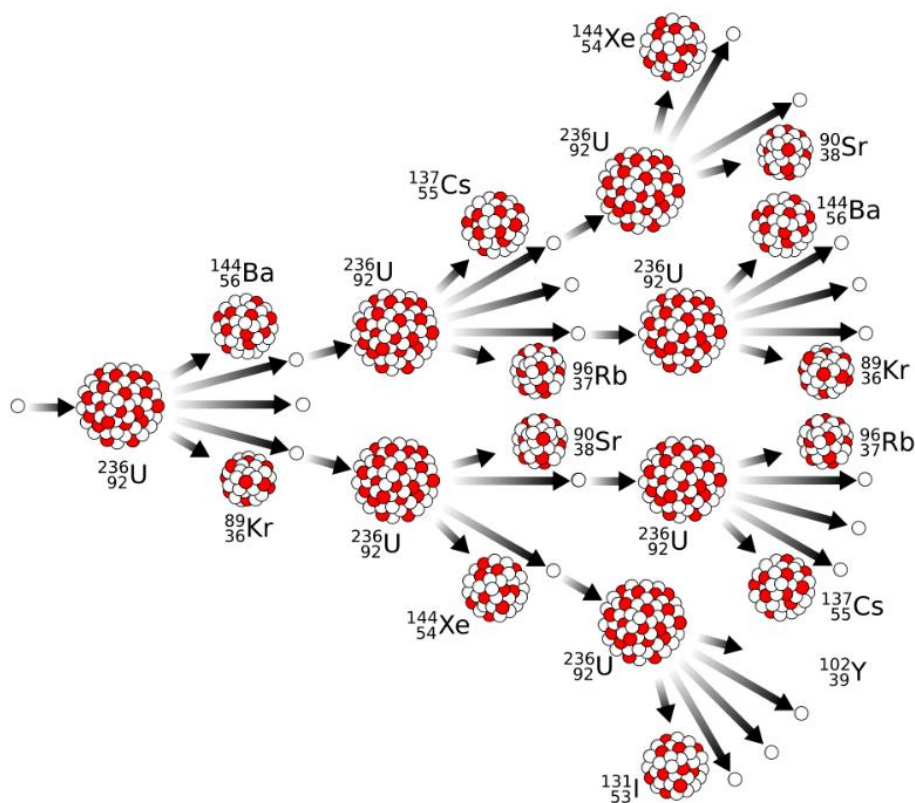
hvor E står for energi, m for masse/vægt, og c er lysets hastighed (300.000 km/s). Formlen viser, at selv en lille mængde masse kan give en stor mængde energi, fordi lysets hastighed er et enormt tal.

Afsnit 2: Hvor meget energi frigives ved fission?

Hvor meget energi frigives ved fission? Lad os tage et eksempel. Hvis vi forestiller os, at 1 gram af uran omdannes til energi, kan vi bruge Einsteins formel:

$$E = 0,001 \text{ g} * (300.000.000 \text{ m/s})^2 = 90.000.000.000.000 \text{ Joule}$$

Dette er en voldsom mængde energi. Til sammenligning giver 1 gram benzin kun 44.000 Joule. Mængden af energi fra atomkraft er altså enorm, og det er en af grundene til, at det kan være skræmmende – det er svært at forestille sig, hvor meget energi der kan frigives på én gang.



Afsnit 3: Kædereaktion i atomkraft

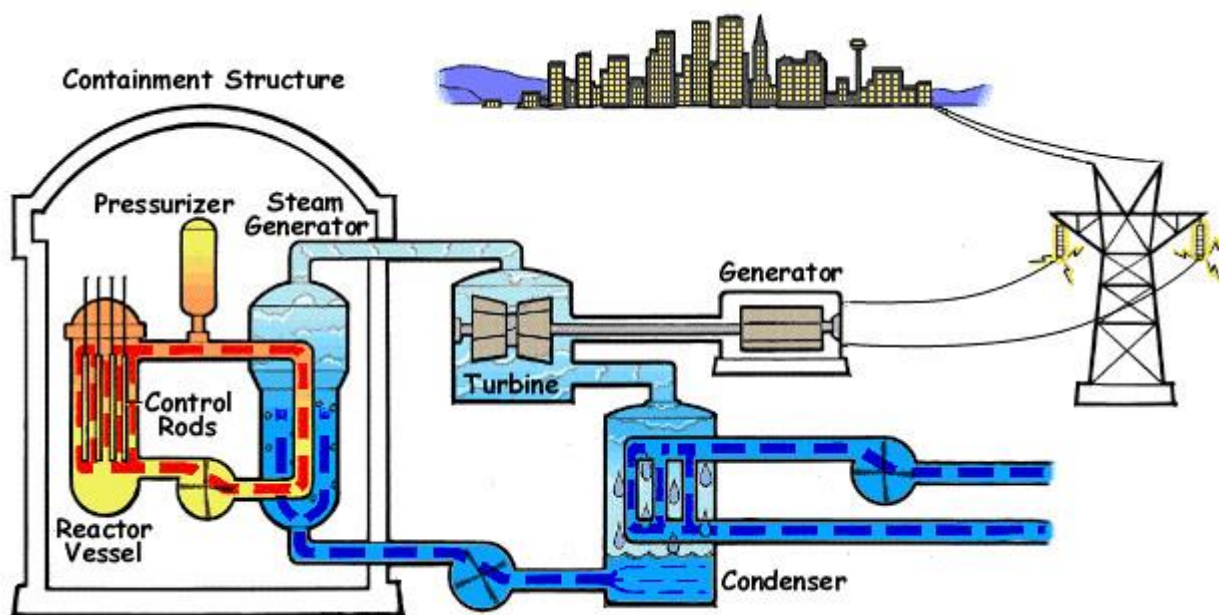
Hvis vi skulle kontrollere og spalte hvert enkelt atom, ville atomkraft ikke være praktisk muligt. Heldigvis sker fissionen automatisk for os, fordi fissionen af ét uranatom frigiver 2-3 neutroner, som hver i sær kan spalte andre uranatomer. Dette skaber en *kædereaktion*, hvor flere og flere atomer spaltes. Det minder om en række dominobrikker – når den første brik vælter, falder de andre med den. I en atombombe løber denne kædereaktion helt ukontrolleret, hvilket fører til en enorm eksplosion. I atomkraftværker skal man dog kontrollere denne reaktion for at undgå en katastrofe.

Afsnit 4: Kontrolleret kædereaktion i en reaktor

For at styre kædereaktionen i et atomkraftværk bruger man *kontrolstænger*, der kan indfange neutroner. Ved at fjerne neutroner stopper man kædereaktionen, eller man kan i hvert fald sænke den. Atomreaktoren er derfor en *kontrolleret atombombe*, hvor kædereaktionen styres, så den ikke løber løbsk. Hvis systemerne fejler, kan det dog blive farligt. Derfor er atomkraftværker udstyret med flere sikkerhedssystemer, som forhindrer overophedning og nedsmeltning, hvilket kunne føre til en alvorlig ulykke.

Afsnit 5: Forbrug og produktion i et atomkraftværk

Et atomkraftværk bruger uran som brændstof. Et typisk værk forbruger mellem 20-30 tons uran om året og har en effekt på 1.000 MW. Til sammenligning kræver det cirka 1.000 vindmøller på 3 MW hver at producere den samme mængde energi. Et atomkraftværk kan forsyne op til 2,2 millioner husstande med elektricitet. Men der er en væsentlig ulempe: det *radioaktive affald* fra reaktoren er meget giftigt og vil være det i tusindvis af år. Fremtidige generationer vil skulle håndtere dette affald. Dog er der nye teknologier under udvikling, der kan genanvende det radioaktive affald fra ældre atomkraftværker og gøre brug af det.



Afsnit 6: Hvordan er et atomkraftværk opbygget?

Et atomkraftværk ligner et almindeligt kraftværk på flere måder. Selve fissionen og dannelsen af energi foregår i *reaktoren*, hvor uranen ligger nedsænket i vand. Når kædereaktionen forløber, varmes vandet op og omdannes til damp. Dampen driver en *turbine*, som skaber elektricitet i en *generator* – præcis som i et traditionelt kraftværk. Reaktoren er omkranset af en tyk betonkonstruktion for at beskytte personalet og omgivelserne mod stråling. Historisk set har der været ulykker, som i *Tjernobyl* (1986) og *Fukushima* (2011), hvor radioaktivt materiale slap ud og skabte store miljøkatastrofer.

Afsnit 7: Fremtidens atomkraft: Smeltet salt-reaktorer

I Danmark har man valgt ikke at satse på atomkraftværker på grund af folkelig modstand og risikoen for ulykker. Men fremtidens atomkraft kan se anderledes ud. *Smeltet salt-reaktorer (MSR)* er en ny teknologi, som kan gøre atomkraft både sikrere og mere effektiv. I stedet for at bruge faste uranstænger, bruger MSR-teknologien *flydende uransalt*, hvilket gør reaktorerne mindre og mere sikker. Hvis kædereaktionen løber løbsk, vil saltet opvarmes og udvide sig, hvilket stopper reaktionen automatisk. Flere danske virksomheder arbejder på at udvikle små MSR-reaktorer, der kan være så små, at de passer i en container. Disse små reaktorer kunne levere stabil energi til lande i f.eks. Afrika, hvor energibehovet vil stige kraftigt i de kommende år.

Afslutning:

I dette kapitel har vi set på, hvad atomkraft er, og hvordan det fungerer. Atomkraft har potentialet til at levere store mængder energi med høj forsyningssikkerhed, hvilket gør det til en vigtig mulighed, når sol og vind ikke kan levere strøm nok. Selvom de traditionelle atomkraftværker har deres udfordringer, kunne fremtidens *smeltet salt-reaktorer* være en løsning, der både er mere sikker og effektiv, og som kunne spille en central rolle i den grønne omstilling. En anden fordel ved smeltet salt reaktorer er at de ikke kan bruges til at lave atombomber.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Hvilken energi omdannelse er der tale om? (brug de 7 energiformer)

Hvordan er teknikken opbygget?

Hvilke fordele og ulemper er der ved den vedvarende energiform

Fordele:

Ulemper:

Hvad påvirker Effektiviteten af den vedvarende energi?

Hvordan vil energikilden udvikle sig i fremtiden?

Kapitel 5: Lager Energi – Nøglen til Fremtidens Energiforsyning

Indledning:

Ofte hører man, at vi blot skal sætte flere vindmøller og solceller op, og så kan vi blive fri af fossile brændstoffer. Men som vi har set i de forrige kapitler, er det ikke helt så enkelt. For at et moderne samfund kan fungere, kræves der en *stabil forsyning af billig energi*. Mange vedvarende energikilder som sol og vind mangler denne stabilitet – *hvad gør vi, hvis solen ikke skinner, og vinden ikke blæser?* I dette kapitel skal vi se på en af løsningerne på dette problem: *lager energi*.

Afsnit 1: Overskud og underskud af strøm

Vedvarende energikilder har et enormt potentiale og kan teoretisk dække hele verdens energibehov. Problemet er, at der er perioder med *overskud af energi* og perioder med *underskud*. I perioder med meget vind kan strømprisen i Danmark falde til nul, fordi vi producerer mere elektricitet, end vi kan bruge. Omvendt stiger priserne drastisk, når der er underskud, f.eks. omkring aften, hvor mange bruger elektricitet på madlavning og elektronik. For få år siden var prisen på strøm fast, men i dag afhænger den af tidspunktet på dagen og vejret. Elselskaber har prøvet at motivere folk til at bruge strøm om natten, men de færreste vil stå op kl. 3 for at sætte vaskemaskinen i gang.

Afsnit 2: Udveksling af elektricitet i Europa

Danmarks strømforsyning er en del af et stort europæisk *elnetværk*, hvor elektricitet udveksles mellem landene. Hvis vi har overskud af strøm fra vindmøller, kan vi sende det til andre lande. Problemet er dog, at når det blæser i Danmark, blæser det ofte også i Tyskland og Sverige. Disse lande har derfor ikke brug for vores overskudsstrøm. Desuden er der *modstand i ledningerne*, som gør, at elektricitet går tabt som varme over lange afstande. Selvom det ville være smart at sende strøm fra f.eks. solceller i Sahara til Danmark, er det i praksis umuligt på grund af dette energitab.

Afsnit 3: Lagerenergi – En løsning på problemet

Løsningen på problemet med overskud og underskud er at *lagre energien*. Men elektricitet, som de fleste vedvarende energiformer laver, kan ikke gemmes direkte – den skal omdannes til en anden energiform.

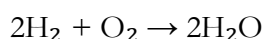
Denne proces kaldes for *lagerenergi*. Når man omdanner energi fra én form til en anden, går der desværre noget tabt som varme. Der eksperimenteres med forskellige former for lagerenergi. En mulighed er at omdanne elektriciteten til *potentiel energi* ved at løfte tunge betonklodser op i luften og udnytte energien, når de sænkes igen. Man kan også omdanne elektricitet til *kemisk energi* i kæmpe batterier eller til bevægelse i svinghjul. Men to af de mest lovende løsninger lige nu er *brint* og *ammoniak*, som vi skal se nærmere på i de følgende afsnit.

Afsnit 4: Brint som lagerenergi

Brint (hydrogen) er det letteste grundstof i det periodiske system og er meget brandbart. Brint kan fremstilles gennem *elektrolyse*, hvor elektricitet splitter vand (H₂O) op i brint- og iltgasser. På denne måde kan elektricitet omdannes til *kemisk energi*. Desværre er effektiviteten af elektrolyse kun omkring 30-40 %, hvilket betyder, at en del energi går tabt som varme. Derudover er brint svær at opbevare, da den er en meget let og eksplosiv gas. Men på trods af disse udfordringer har brint en række fordele, som gør den interessant som energilager.

Afsnit 5: Anvendelsen af brint

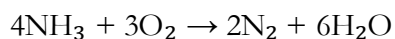
Brint er særligt attraktivt, fordi når det brænder, dannes der kun vand som affaldsprodukt:



Der udledes altså ingen CO₂. Brint kan også bruges i *brændselsceller*, hvor brint og ilt omdannes til vand og der opstår elektricitet. Brændselsceller kan muligvis blive fremtidens drivmiddel i f.eks. biler, tog og lastbiler. Brint kan desuden omdannes til *Methan*, som kan videreforarbejdes til *Methanol*, der kan bruges som brændstof i skibsmotorer. Problemet er dog, at hver omdannelsesproces indebærer et energitab, hvilket gør det mindre effektivt.

Afsnit 6: Ammoniak som fremtidens energilager

Ammoniak (NH₃) er en anden lovende mulighed for lagerenergi, især til skibsfart, der i dag udleder store mængder CO₂. Ammoniak kan ligesom Brint brænde uden at producere CO₂:



Her dannes kun kvælstof og vand som affaldsprodukter. Ammoniak kan fremstilles gennem den industrielle *Haber-Bosch-proces*, hvor brint reagerer med luftens kvælstof. Hvis brinten produceres gennem elektrolyse med vedvarende energi, kan hele processen gøres bæredygtig. Ammoniak kan også bruges som brændstof i store motorer, hvilket gør den attraktiv som erstatning for fossile brændstoffer i skibsfarten.

Afsnit 7: Smart grid – Et intelligent energinetværk

Forestil dig en fremtid, hvor din bolig producerer og opbevarer sin egen elektricitet gennem solceller på taget og et batteri i kælderen. Overskudsstrømmen kan sendes til naboens hus, og omvendt, når der er brug for det. Dette kaldes for *smart grid*, og det handler om at gøre energinetværket mere fleksibelt og decentraliseret. Ved at opbevare elektricitet i hjemmet kan man udnytte solenergien, selv når man ikke er hjemme, og sørge for, at strømmen bruges, når den er billigst. Elbiler kunne også spille en rolle ved at levere strøm tilbage til nettet, når de ikke bliver brugt. Dette kunne potentielt gøre en bil til en indtægtskilde i stedet for en udgift.

Afslutning:

Vi har i dette kapitel set på de udfordringer, der opstår med forsyningssikkerheden i vedvarende energi, og hvordan *lagerenergi* kan være en del af løsningen. Der findes mange muligheder som brint, ammoniak og smart grids, der alle kan hjælpe os med at sikre en stabil energiforsyning. Fremtiden kræver, at vi finder effektive metoder til at opbevare og udnytte den energi, vi producerer, og det er nødvendigt, hvis vi skal overgå til en verden fri for fossile brændstoffer.

Nøglebegreb	Forklaring

Arbejdsspørgsmål:

Prøv at forklar hvorfor det ikke er nok blot at sætte vindmøller og solceller op for at blive fri for fossile brændstoffer?

Hvordan kan det være at man ikke blot kan sende elektricitet fra solceller i Sarah op til os i Danmark?

Giv nogle bud på hvilke former for energi den elektriske energi kan laves om til?

Beskriv nogle fordele og ulemper ved at bruge brint som lagerenergi?

Fordele:

Ulemper:

Brint kan laves om til andre brandstoffer som f.eks. Methan. Det lyder smart - men er der nogle problemer ved dette?

Prøv at forklare hvorfor det er bedre at brænde ammoniak af iforhold til f.eks. Methan (CH_4)

Prøv at forklar hvad SMART GRID går ud på.

Hvilke fordele og ulemper kunne der være ved SMART GRID?

Undring: Brint og ammoniak virker som lovende energikilder, men de har også store udfordringer. Tror du, der er en anden energikilde, der kunne være endnu bedre i fremtiden?