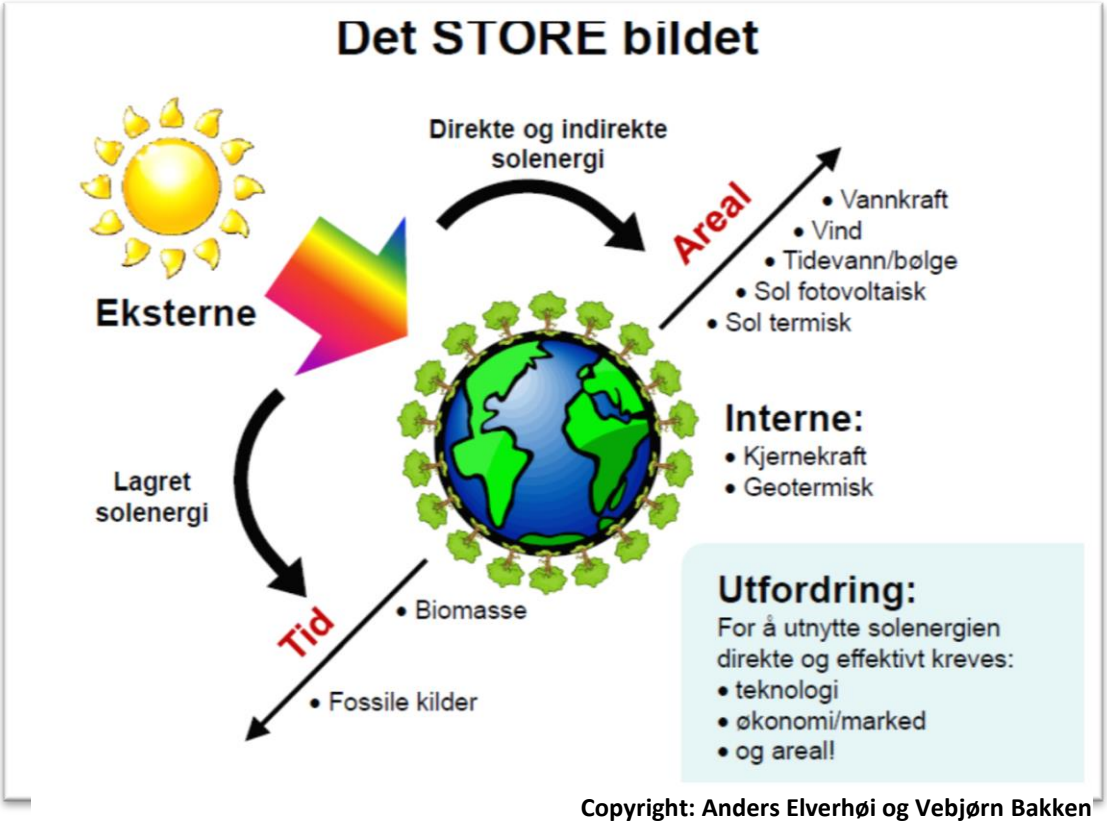
Energiskolene

En samling fagartikler skrevet av kursdeltakere på videreutdanningskurset Energilandskapet 2015



Copyright: Anders Elverhøi og Vebjørn Bakken

Energiskolene

NTNU
Det skapende universitet

NATURFAGSENTERET
NASJONALT SENTER FOR NATURFAG I OPPLÆRINGEN

Forord

Dette heftet består av 11 fagartikler skrevet av deltakerne på videreutdanningskurset «Energilandskapet». Kurset ble arrangert av Skolelaboratoriet ved NTNU i samarbeid med Naturfagsenteret gjennom prosjektet Energiskolene.

Energiskolene er en satsing av Olje- og energidepartementet, og er organisert som et prosjekt ved Naturfagsenteret. Ideen til kurset oppsto da Naturfagsenteret, gjennom prosjektet Energiskolene, ønsket å tilby et videreutdanningskurs for lærere og henvendte seg til Skolelaboratoriet i Trondheim. En gruppe bestående av Hilde Ervik (Naturfagsenteret) og Frode Øren og Peter van Marion (Skolelaboratoriet NTNU), tok på seg det faglige ansvaret for å utvikle «et kurs for lærere som ville vite mer om energi og klima enn det som står i avisene og lærebøkene». Kurset på i alt 15 studiepoeng ble gjennomført i 2014-2015.

For å sikre at kurset skulle gi deltakerne «mer enn det som står i avisene og lærebøkene», ble det lagt vekt på å hente inn fagpersoner som hver for seg representerte forskningsfronten innen sitt spesialområde. Kursets forelesere og veiledere kom blant annet fra NTNU, SINTEF, Universitet i Oslo, ENOVA og Miljødirektoratet.

Deltakerne i modul 2 av kurset fikk i oppdrag å velge et faglig fordypningstema med naturfaglig vinkling og satt inn i et samfunnsfaglig perspektiv. Hver deltaker ble koblet til en fagperson som fungerte som veileder for kursdeltakeren i arbeidet med å fordype seg innen det valgte temaet. Deltakerne skrev hver sin fagartikkel som inngikk i sluttvurderingen på kurset. Resultatet av deltakernes fordypning foreligger her som en samling meget interessante fagartikler, som holder imponerende høy standard.

Vi takker foreleserne på kurset for inspirerende foredrag med både stor bredde og dybde, og vi takker fagveilederne for entusiastisk og grundig oppfølging av kursdeltakerne.

Til slutt vil vi takke kursdeltakerne for positiv deltakelse og iherdig skriveinnsats. Ved at fagartiklene gjøres tilgjengelig her, bidrar de til å spre oppdatert kunnskap om energi og klimaet, noe som kan være et godt supplement til det som står i avisene og lærebøkene.

Trondheim, januar 2016

Hilde Ervik
Naturfagsenteret
Skolelaboratoriet NTNU

Peter van Marion
Skolelaboratoriet NTNU

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Solceller. Karen Hagland Øren	7
Solceller. Gro Søvik	11
Solenergi. Hanne Beate Hilsen	17
Kjernekraft. Synnøve Engdal Ekroll	25
Kjernekraft. Christine Norum Steinsli	29
Batteri. Ellinor Kvamen	33
Vannkraft. Bernhard Hesthag	47
Vind- og vannkraft. Lise Bjerkestrand Skaret	53
Havenergi. Gjertrud Jenssen	59
Bioenergi. Vigdis Jonsen	63
Bioenergi. Line Johnsen	67

Tekst: Karen Hagland Øren

Hvilken plass har solceller i Norges energiforsyning?

Solen er grunnlaget for alt liv på jorden og vår viktigste energikilde.

Energibehovet i verden øker. Det store forbruket av fossilt brennstoff i industriell tid medfører alvorlige konsekvenser for livet på jorden. Det er enighet i verden om å bruke mindre fossilt brennstoff og mer av fornybare energikilder.

Solen gir til enhver tid mer energi enn vi trenger. Utfordringen er å utnytte energien fra solen.

Her må teknologiske og samfunnsmessige utfordringer løses.

Norge er i en særstilling i forhold til bruk av fornybar energi. Nær 100 % av elektrisiteten blir produsert via fornybar energi via vann- og vindkraft. Energibehovet i Norge er økende. Samtidig er det behov for omfattende oppgradering av kraftnettet for å imøtekomme framtidens behov. Det satses på utbygging av vindmølleparker med de arealmessige og tekniske utfordringer dette medfører.

Solceller utnytter lyset fra solen direkte, rent og fornybart. Energien fra solen blir omdannet til elektrisk strøm som er en høyverdig og effektiv energibærer. Solceller er plasseringsvennlig og kan brukes i små, lokale eller i store sentrale anlegg.

Norge er verdensledende på produksjon av silisium og store på produksjon av solceller. Vi har teknologiske ressurser og økonomi til å utvikle systemer som også kan brukes i andre land der de har større utfordringer i forhold til bruk av fornybar energi. Vi burde være et foregangsland på alle typer fornybar energi – og da særlig på bruk av solceller.

Så hva er grunnen til at vi ikke ser en økende satsing på solceller? Hvilken plass har solceller i Norges energiforsyning nå og i framtiden?

Virkningsgraden for solceller i Norge er bedre enn tidligere antatt.

Den til nå manglende satsingen på solceller i Norge kan knyttes til at man har antatt at utnyttelse av solenergi har en begrenset betydning pga. lav solinnstråling og krevende klimatiske forhold. Dette har vist seg å ikke stemme.

Ved værstasjonen på Ås er det gjort målinger som viser en solinnstråling på 1000 kWh per kvadratmeter. Til sammenlikning har Tyskland, som satser stort på solenergi, en

solinnstråling på 1000–1200 kWh per kvadratmeter. Forskjellen mellom solinnstråling i Norge og Tyskland er altså ganske liten.

Virkningsgraden for solceller i Norge er da også høyere enn tidligere antatt. I dag ligger virkningsgraden for installerte anlegg på 11 -15%, og det jobbes kontinuerlig med å øke denne. Årsaken til den relativt høye virkningsgraden er, ifølge forskerne, en kombinasjon av lav temperatur, vind og nedbør som vasker solcellepanelene rene. Snø bidrar også til å øke virkningsgraden. De klimatiske forholdene i Norge ser altså ut til å være gunstig for produksjon av solenergi.

En studie ved NTNU viser at solceller kan gi 6000 kWh per hus i Norge. Dette er ca. 1/3 av en norsk husstands gjennomsnittlige årsforbruk av elektrisitet.

Prisene på solcelleanlegg synker

Prisene på solenergi synker stadig. Særlig Kinas satsing på solceller har ført til lavere pris. Investeringskostnaden ved et solcelleanlegg er likevel relativ høy og gjør at energikostnaden per kWh blir tilsvarende høy. Prisnivået for dette varierer. For større anlegg, som i næringsbygg, ligger energikostnaden per kWh på ca. 1,85 – 2,55 kr. For eneboliger ligger prisen på 2,25 – 3,00 kr per kWh. Det er grunn til å tro at disse prisene er på vei nedover etter hvert som solceller blir billigere i innkjøp og flere anlegg blir bygget.

Siden strømprisen i Norge via vannkraft er lav, dekker investeringskostnadene på solcelleanlegg fremdeles ikke inntjeningen i form av sparte strømutgifter. Selv ikke ved en forventet levetid på 20-25 år. Men ved bruk av bygningsintegrerte solcellepanel blir regnestykket et annet. Disse er ofte billigere enn vanlige fasadeløsninger og det foregår forskning på å tilpasse slike plater ytterligere for norske forhold. En slik løsning vil altså gi sparte strømutgifter fra første dag.

Kraftnettet i Norge trenger oppgradering

I Norge produserer vi i dag nok energi fra fornybare energikilder (vann og vind) til å dekke vårt forbruk av elektrisk strøm. Selv ved en økning i energiforbruk vil en oppgradering av eksisterende vannkraftverk dekke vårt behov. Det er kraftnettet i Norge som er flaskehalsen. Sentralnettet, som leverer strøm til norske forbrukere, er gammelt og trenger omfattende opprustning. I tillegg har befolkningsmønsteret og energiforbruket endret seg. Til visse tider på dagen og gjennom året er strømforbruket svært høyt. Sentralnettet vil trenge store investeringer om en skal kunne ha forsyningssikkerhet i forhold til slike energitopper.

Smarte målere er på vei inn i norske sikringsskap. Vi skal bli mer bevisste på eget strømforbruk. Vi må forvente at det i dette også ligger en døgnprising av elektrisk strøm. Det vil bli dyrere strøm når uttaket er størst.

Økt satsing på solcelleanlegg og annen lokalprodusert, fornybar energi vil imøtegå dette.

Strømmen vil bli produsert nær forbruker, det vil ikke være samme behov for økt dimensjonering av sentralnettet.

Lokale anlegg kan forsyne forbrukere når solinnstrålingen er god eller ved lav fyllingsgrad i vannmagasinene. Overskudd kan sendes ut på kraftnettet. Ved lav solinnstråling overtar vannkraft. Dette er en god løsning for deler av året. Men i Norge er strømforbruket størst når solinnstrålingen er minst, altså i den kalde årstiden. Dette medfører at vi fremdeles må ha et godt dimensjonert kraftnett for å ta unna strømtoppene om vinteren.

Vi må derfor finne løsninger som gjør at vi kan utnytte strøm fra solceller lokalt, også ved lav solinnstråling.

Mindre, gjerne private anlegg, lagrer allerede i dag strømoverskudd fra solceller på batteri for kortere tids forbruk. Om strømmen blir priset etter tidspunkt for forbruk, vil lokale lagringsmuligheter for strøm gjøre det mulig å fylle batteriet når prisen er lav og tappe det når prisen er høy. Men vi trenger større batterier eller andre lagringsmuligheter for energi, om dette skal gi tilstrekkelig gevinst.

Statnett er i gang med å bygge mellomlandsforbindelser til Tyskland og Storbritannia. Ved dette legger de til rette for økt import/eksport av elektrisk kraft. Norge kan med dette bli «Europas grønne batteri» der vi utveksler fornybar, elektrisk energi etter behov mellom landene som er tilknyttet. På denne måten vil solcelleanlegg i Norge være et tilskudd til at flere land får økt sin andel av fornybar energi.

Beskjedne støtteordninger

I Norge er den viktigste støtteordningen for fornybar energi grønne sertifikater. Dette er en teknologinøytral ordning som ikke legger til rette for økt satsing på solcelleanlegg spesielt. Enova og Oslo kommune har nylig innført støtteordninger til solcelleanlegg til husholdninger: Enova gir støtte på inntil 28 750 kr for mindre solcelleanlegg, mens Oslo kommune gir tilskudd på 40 % av total investeringskostnad.

Dette må sies å være et beskjedent tilskudd. Pris per installerte m^2 ligger i dag på rundt 3000 kr. For å produsere 6000 kWh i året, trengs det omtrent 40 m^2. Dette gir altså en investeringskostnad på rundt 120 000 kr.

Norge er i en særstilling.

I andre land som USA, Kina, Tyskland og Sverige ser man en økende satsing og investering i solceller som en del av kraftforsyningen. I Norge er vi selvforsynte med fornybar energi til elektrisitet gjennom vann- og vindkraft. Når vi kombinerer dette med lave strømpriser, kan vi forstå den beskjedne her til lands.

Solceller kan være en løsning for å imøtegå opprusting og strukturendring i kraftnettet men det er vanskelig å stole på om dette vil gi tilstrekkelig forsyningssikkerhet.

Om det skal satses på solcelleanlegg i Norge må dette gi økonomiske fordeler og sees i sammenheng med en forventning om økte strømpriser i framtiden. Tilskuddet av fornybar energi fra solceller må også sees på i et større perspektiv der målet er utveksling av fornybar energi til andre land.

Fakta – Solcelleanlegg i Norge

- Virkningsgrad ligger på 11 – 15%.
- Det antas at det i dag er ca 100 000 – 150 000 solcelleinstallasjoner i Norge. Dette er hovedsakelig fritidseiendommer som ikke er tilknyttet strømnettet.
- Ved utgangen av år 2014 var total kapasitet estimert til 13 MW.
- I 2014 ble det installert 2,2 MWp solceller. Dette er en tredobling i

Kilder:
http://forskning.no/alternativ-energi/2014/10/solcelleanlegg-mer-effektivt-enn-forventet
Kjell Sand – SINTEF
Kostnadsstudie, Multiconsult 2013
Statnett.no
fornybar.no
www.nve.no Ingrid H. Magnusen m.fl.: Energibruk - Energibruk i Fastlands-Norge Rapport nr 9/2011. ISBN: 978-82-410-0748-4.
http://www.sintef.no/forskningsaktuelt/bygningsintegrerte-solceller/

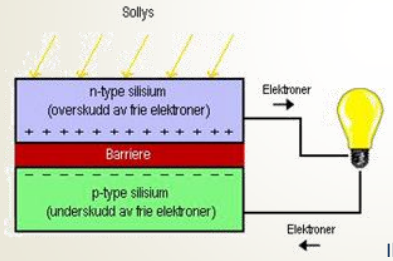
Tekst: Gro Søvik

Norge – perfekt for solceller

Det er ingen tvil om at solen har potensiale til å bli verdens viktigste energikilde. Solens energiinnstråling til jordkloden er flere tusen ganger større enn vårt energibehov. Faktisk vil energien fra 1 times solinnstråling være nok til å dekke verdens energibehov i 1 år.

I solceller omdannes solenergien til elektrisitet ved hjelp av den fotovoltaiske effekt. Mest brukt i dag er waferbaserte solceller av silisium. Kort fortalt slår fotoner i sollyset løs elektroner i solcellen og det genereres elektrisk strøm. Cellene seriekobles for å gi høyere spenning.

Solceller har i dag en virkningsgrad på rundt 18 %.



Illustrasjon: NDLA

Solceller har et stort potensiale. Strømmen kan brukes direkte i privatboliger og næringsbygg. Den kan også brukes til belysning langs veier, i tunneler etc. Det forskes på å bruke solceller i elektriske biler og verdens første solcelledrevne fly er allerede på vingene. I hus kan man nå få bygningsintegrerte solceller, der solcellene er integrert i takstein, fasader og vindu (gjennomsiktige solceller) Det forskes også på malingsbaserte solceller. Her kommer utviklingen til å skje i rekordfart de nærmeste årene.

I følge det internasjonale energibyrået IEA er det bare snakk om tid før solenergi er verdens viktigste energikilde. I Norge var det en installasjonsboom av solceller til industri- og næringsbygg i 2014 (økning på 54%) mens det på privatmarkedet ikke har vært samme økning (8%). Svenskene, derimot, står i kø for å installere solceller på tak, og installerte i 2014 30 ganger flere solcelleanlegg enn vi nordmenn.

Det finnes en rekke myter om solceller i Norge. Jeg vil prøve å belyse noen av de.

1. **Solceller er for dyrt**

Et av hovedargumentene mot å ta i bruk solceller er at det er en altfor kostbar investering.

De siste 10 årene har det imidlertid vært en kraftig prisnedgang på solceller. I takt med at markedet har steget, har prisen falt tilsvarende. Internasjonalt vokser solcelleindustrien med 20 – 30% hvert år.

Norge følger sakte men sikkert med i denne prisutviklingen. Kostnadene har gått ned med 97% fra 1980 til 2012, og de fortsetter å synke. På verdensbasis er solceller lønnsomt i stadig flere land. I Norge der vi har forholdsvis billig elektrisitet fra vannkraft, har vi fremdeles mye å gå på før vi kan si at energi fra solceller er billigere enn energi fra vannkraft. Men, dersom myndigheten går inn med gode støtteordninger, forventes det at markedet vil øke og prisene falle ytterligere. Det er derfor viktig med insentiver for å få ned prisen.

Å installere et solcelleanlegg i en villa er rundt 20 % dyrere i Norge enn i Sverige selv om det brukes samme utstyr fra samme produsent. Årsaken til dette er først og fremst at volumet i Norge er for lavt, slik at man ikke kan montere på en så effektiv måte som i Sverige. I Sverige har myndighetene gått inn med støtte siden 2009, og dette er nok hovedårsaken til den store interessen i Sverige. Økt marked medfører lavere priser. I Norge er det varierende med støtte fra de ulike kommunene. Oslo kommune har satt av en pott på 4 mill. til støtte av mindre solcelleanlegg, men de fleste kommunene i Norge gir ingen støtte.

Fra 1. januar 2015 ble det etablert støtteordninger fra Enova til såkalte plusskunder. Enova går inn med en støtte på 35 % av totalkostnadene, med et maks beløp på 10 000. I tillegg gis det 1250 kr per kilowatt installert effekt opp til 15 kilowatt. En plusskunde har en avtale med et lokalt nettselskap om å kunne levere og få betalt for overskuddsstrøm. Fra 1. juli 2016 endres forskriften slik et det blir strømleverandøren og ikke nettselskapet som blir kundens kontaktpunkt. Plusskundeordningen er imidlertid en frivillig ordning og nettselskapet forplikter seg ikke til å inngå avtaler med små strømleverandører. Du som kunde får kun betalt spotpris + en liten andel av nettleien og det er derfor ikke så lukrativt å selge overskuddsstrøm slik ordningen er i dag. Det er derfor mest lønnsomt å skalere anlegget slik at du bruker mesteparten av strømmen selv. Men på solrike dager har du altså en mulighet til å selge overskuddsstrømmen din.

Analyser foretatt på Hvaler i Østfold viser at for en enebolig som forbruker ca. 25 000 kWh i året, vil et anlegg på 3 – 4 kW gi best tilbakebetalingstid. Et anlegg på 4 kW vil gi en årlig besparelse på ca. 4000 kr, dersom vi antar at prisen av nettleie og strøm er 1 kr.

For å kunne selge overskuddsstrømmen må du installere en smart strømmåler (AMS). Dette er en digital strømmåler som gir deg full oversikt over eget forbruk. Slike strømmålere skal

installeres i alle boliger innen januar 2019, og inngår i det europeiske strømnettsystemet «Smart Grid». Gjennom Smart Grid kan strømleverandøren kontrollere og justere strømproduksjonen etter behovet, og selge overskuddsstrøm til resten av Europa når prisene er høye. Du som kunde vil få full oversikt over din produksjon og forbruk.

2. Solceller har for lang tilbakebetalingstid

På grunn av våre lave strømpriser vil tilbakebetalingstiden i Norge være høyere enn i andre land, men det betyr ikke at det ikke er lønnsomt å installere et solcelleanlegg.

Et middels stort solcelleanlegg på 3,1 kW vil koste ca. 32 000 kr, etter at Enova-tilskuddet er trukket fra. Med dagens strømpriser vil dette være tilbakebetalt etter 10 – 12 år (avhengig av hvor i landet anlegget blir montert). Anlegget har en forventet levetid på minst 30 år. Du vil da kunne hente ut netto gratis strøm i mer enn 20 år. Det forventes imidlertid en ytterligere prisnedgang på solceller i takt med økt salg og tilbakebetalingstiden vil da bli redusert tilsvarende.

Utfordringene med dagens solceller er den lave virkningsgraden. Men det forskes mye på utvikling av solceller med høyere virkningsgrad. Dagens solcelleanlegg til hus og hytter har en virkningsgrad på ca. 18%. Forskere har nå klart å produsere silisiumbaserte solceller med virkningsgrad på 25%, og det forventes en voldsom utvikling i tiden fremover. Dersom virkningsgraden øker uten at strømprisen går nevneverdig opp, vil du sitte igjen med en enda større besparelse.

I takt med denne utviklingen skjer det samtidig en utvikling på batterifronten. Batteriene blir stadig bedre, og det betyr at du kan lagre mer av din egenproduserte strøm. Mer lagret egenprodusert strøm, betyr lavere strømutgifter og lavere tilbakebetalingstid.

Med i regnskapet er det også viktig å få med at solceller er pålitelige, har lang levetid og har minimalt med vedlikeholdskostnader.

3. Solceller er ikke miljøvennlige

Silisium er hovedråstoffet i de fleste solceller, og utvinnes som regel av kvarts ved bruk av kull. For å rense silisiumet fra andre stoffer og bli 100% rent, må silisiumet igjennom en omfattende prosess i smelteovner. Dette er en prosess som krever store mengder energi og kjølevann. Det er derfor mange som mener at solceller av den grunn ikke er miljøvennlige.

Undersøkelser viser at energitilbakebetalingstiden er på ca. 1 år i solrike land som Spania og ca. 1,8 år i Norge. Hvis vi tar med at beregnet levetid for et solcelleanlegg er på 30 år, vil dette tilsvare et utslipp av CO_2-ekvivalenter på ca. 35 g/kWh. Tilsvarende vil et gasskraft ha et utslipp på ca. 400g/kWh.

Tilbakebetalingstiden vil også avhenge av produksjonsmetoden. I Norge brukes det mye metallurgiske prosesser. En prosess som er 5 ganger mindre energikrevende enn kjemiske prosesser som brukes i andre land. Ved metallurgisk prosess vil ikke silisiumet bli like rent som ved en kjemisk fremstilling, men det er rent nok til bruk i solcelleanlegg (renhetsgraden er på 99,9999% mot 99,99999% i en kjemisk prosess.) I tillegg har norske produsenter tilgang til ren energi gjennom vannkraft. Varmen fra avfallsgassene brukes til varmegjenvinning. Biprodukter fra produksjonen brukes i bygningsmateriell og blandes i sement. Produksjonen her til lands er derfor mer miljøvennlig og energitilbakebetalingstiden vil være kortere.

Men også innen dette feltet skjer utviklingen raskt. Det norske firmaet Dynatec har nylig utviklet en ny produksjonsmetode for kjemisk fremstilling av silisium som går 40 ganger raskere enn tradisjonelle metoder. Energibesparelsen antas her å være på 90%, og denne metoden vil kunne revolusjonere solcelleproduksjonen og halvere prisen på silisium.

4. Norge har for lav solinnstråling og for kaldt klima

I Norge har vi en solinnstråling på 30 – 50 % av ekvator. På grunn av mørke vintermåneder vil solen aldri kunne bli en hoved-energikilde for oss, men den kan bli et viktig supplement. Den høyeste innstrålingen opplever vi fra mai til juli. Januar og februar er månedene med lavest innstråling. Dersom helningsvinkelen til solcelleanlegget optimaliseres, vil du kunne få en betydelig produksjon allerede fra mars til oktober.

I Norge varierer årlig solinnstråling fra 700 til 1100 kWh/m2. De aller beste forholdene for utnyttelse av solenergi finner man helt på sør – og øst landet, samt i indre deler av Midt-Norge. Nordvestkysten og Nord-Norge er stedene med lavest innstråling

Norge har ikke mye mindre solinnstråling enn f.eks. Tyskland som satser stort på solceller. I Sverige er det som tidligere nevnt en kraftig økning i installasjon av mindre solcelleanlegg. Det er ingen ting som sier at ikke vi i Norge skal kunne gjøre det samme.

Hva med vårt kalde klima? Nyere forskning viser at effekten i solcellene er avhengig av temperaturen. Jo lavere temperatur, jo høyere spenning. Den optimale temperaturen er under 5 kuldegrader. Refleksjon fra snø har også en positiv effekt. Norge vil derfor kunne produsere mer strøm på solrike vinterdager enn tidligere antatt.

Solenergi er framtidens energi

Det er ingen tvil om at solenergi er fremtidens energi, også her i Norge. Det er nok sol i Norge og solcellene blir stadig billigere og bedre. De krever forholdsvis lite areal, og er godt egnet til lokal energiproduksjon i og på bygg.

For å få opp interessen for solceller her til lands kreves det imidlertid at myndighetene støtter opp om dette markedet i mye større grad enn i dag. For å få Ola Nordmann til å installere solceller trengs insentiver på lik linje med de som el-bilen har fått.

Så lenge vi har vår rene vannkraft vil ikke solenergi bli vår viktigste energikilde, men den kan bli et viktig supplement. Jo flere som investerer i solkraft, jo mindre behov vil det være for ytterligere utbygging av vannkraftanlegg. Samtidig vil vi kunne få et større overskudd av vannkraften som vi kan eksportere til andre land. På den måten kan Norge fungere som et grønt batteri mot resten av Europa og bidra til reduksjon av verdens CO_2-utslipp.

Kilder:

www.tu.no

www.Enova.no

www.Multiconsult.no

www.Fornybar.no

www.Energibransjen.no

Tekst: Hanne Beate Hilsen

BRUK AV SOLENERGI I STØRRE BYGG I NORGE

Energiinnstrålingen fra solen til jordkloden hvert år er flere tusen ganger større enn den energimengden som menneskene i verden bruker, og mange ganger større enn jordens totale energireserver. Solenergien som treffer jordkloden i løpet av ett år, tilsvarer om lag 15 000 ganger hele verdens årlige energibruk Solenergi er tilgjengelig over hele jorden og relativt jevnt fordelt mellom landene. I dette perspektivet har solenergi potensiale til å bli den viktigeste fornybare energikilden i framtiden.

Hvorfor benyttes det da ikke mer solenergi i større bygg i Norge?

Det globale energiforbruket er økende. Det internasjonale energibyrået IEA estimerer at effekten til solinnstrålingen som treffer jordens overflate er over 120 000 TW (terawatt).

Det er ekvivalent til over 100 millioner store kjernekraftstasjoner. Med 2006 som referanse tilsvarer dette cirka 7700 ganger det totale globale energiforbruket

Denne artikkelen tar for seg muligheter og barrierer som påvirker valg av solenergi som energikilde i større bygg. Større bygg har et relativt høyt energibehov både til varme og elektrisitet pr bygg og en er avhengig av å komme inn i dette markedet med solenergiløsninger om dette skal bli et viktig klimatiltak. Eksempler på større bygg menes skoler, kontorbygg, flerbrukshaller, svømmehaller, næringsbygg og aldersbolig ect.
Med solenergi menes i denne sammenhengen energi produsert i solcellepanel og solfangere. For å se hvordan en solfanger og solcelle virker gå inn på linken og velg animasjon:
http://kosmosyf.cappelendamm.no/c66169/sammendrag/vis.html?tid=104424

Viktige stikkord for en slik drøfting er:

- Hva med solenergiressursen her i Norge
- Hvilke barrierer finnes: Rammebetingelser, politisk vilje, marked, teknologi,økonomi,energisikkerhet,lagring,virkingsgrad
- Hvilke muligheter/utfordringer finnes-hva taler for å satse på solenergi.

Solenergiressursen i Norge

Energien fra sola kan utnyttes på mange måter, men som regel blir solenergien omdannet til varme eller elektrisk energi. Solenergien kan benyttes til oppvarming, belysning (dagslys) eller den kan omdannes til elektrisitet
I Norge er solvarme konkurransedyktig med elektrisitet til vann- og boligoppvarming, mens strøm fra solceller fortsatt blir mer kostbart enn nettstrøm.

Solinnstråling til oppvarmingsformål er større i Tromsø enn i Oslo. Grunnen til dette er at fyringssesongen er betydelig lengre i Tromsø. Det er imidlertid brukere som har behov for mye varme i sommerhalvåret som har størst mulighet til å utnytte solvarme. Dette er eksempelvis badeanlegg og hoteller.

Solinnstrålingen varierer fra nord til sør i landet og med årstidene. Potensialet er likevel stor for utnyttelse av solenergi med bruk av riktig solvarmeteknologi.

- De aller beste forholdene for utnyttelse av solenergi finner man helt på Sør- og Østlandet, samt i indre deler av Midt – Norge.

- Stedene med lavest innstråling finnes langs nordvestkysten og i Nord-Norge. Til tross for at solinnstrålingen i Norge er relativ lav sammenlignet med de alle mest egnede stedene i verden, så er potensialet for utnyttelse av solenergi (til både strøm og varme) betydelig også i Norge.

- I Norge varierer solinnstrålingen sterkt med årstiden, og det er også store forskjeller mellom nord og sør.
- Om sommeren, når solinnstrålingen er stor, er energiutbyttet størst ved oppvarming av vann. Gode eksempler er badeanlegg, vaskerier, helseinstitusjoner, hoteller eller andre storforbrukere av varmt vann.
- Forholdene er mest gunstige i Sør-Norge, som mottar en høyere andel av solinnstrålingen.
- Aktiv solvarmeteknologi er nødvendig for å utnytte dette potensialet effektivt.
- Til romoppvarming er energiutbyttet fra solen størst om våren og høsten, når solinnstrålingen fortsatt er relativt god og er kombinert med et visst oppvarmingsbehov.

Årsak til mange land i dag satser på solenergi er ønsket om å gjøre seg mer uavhengig av import av energi fra ustabile regimer og om å få kontroll over egen energiforsyning. EU er et eksempel på dette. Spesielt i øst hvor Europa importeres store mengder energi fra blant annet Russland Flere EU land subsidierer derfor produksjon av solenergi.

Per i dag er det kun et fåtall større solcelleanlegg og solvarmeanlegg som er installert i eller på bygg i Norge. Tabellene under viser en oversikt over noen eksisterende anlegg i Norge både innenfor solvarme og solceller.

	NORGES 10 STØRSTE SOLFANGERANLEGG		År
Nr	Navn	Bruttostørrelse, m²	Tilknyttet
1	Akershus Energipark, Lillestrøm	12 810 (= ca 7 MW_{th})	2012
2	Stenbråtlia borettslag, Oslo	476 (fordelt på 34 hus)	
3	Scandic Lerkendal, Trondheim	350	2014
4	Bellona huset, Oslo	290	2011
5	Søreide skole, Bergen	230 (200 nettoareal)	2014
6	Gjennestad gartnerskole, Stokke	193 (168 nettoareal)	2008
7	Høk Kro og Motell, Skjeberg	163	2010
8	Frydenhaug skole, Drammen	150	2014
9	Aarholt-tunet, Stokke	166 (145 nettoareal)	2009
10	Storøya grendesenter, Fornebu	120	2009

	Multiconsult NORGES 10 STØRSTE SOLKRAFTANLEGG		År
Nr	Navn	Merkeeffekt, kWp	Tilknytt
1	Asko Vestby	370	2014
2	Powerhouse Kjørbo	312	2014
3	Solsmaragden, Drammen	195	2015
4	Fornebu Senter	160	2014
5	Kiwi Auli	158	2014
6	Haldenterminalen	132	2015
7	Økern Sykehjem	130	2014
8	Frontbygget, Oslo	125	2015
9	Haakonsvern ZEB	85	2015
10	Kjerulfsgate bo- og aktivitetssenter	71	2015

Solvarmeteknologi og -løsninger hindres ofte av de samme barrierer som andre "fornybare" teknologier, eller effektiviseringsteknologier. Fellestrekk for disse er ofte høyere investeringsbehov og større anleggskompleksitet i forhold til alternativer med elektrisitet eller olje. Dette koblet sammen med lav energipris på andre energibærere, er en barriere. Især for solstrøm er konkurransedyktigheten såpass svak at teknologien primært egner seg for brukere hvor for eksempel nettilknytning ikke er mulig, eller der brukeren ønsker en spesiell profilering for eksempel på bygningsfasader.

Videre er norske leverandører av solvarmeanlegg relativt små, har begrensede ressurser og har i noen tilfeller begrenset erfaring og kompetanse. Begrenset markedsføring av solvarme fører igjen til svak kunnskap blant potensielle brukere, og dermed også svak etterspørsel. For større varmebrukere, slik som hotell, idrettsanlegg/svømmehaller og helseinstitusjoner som også har stort forbruk i sommerhalvåret, kan solvarme i mange tilfelle hevde seg lønnsomhetsmessig.

Nær nullenergi ved Frydenhaug skole, illustrasjon Terje Grønmo Arkitekter AS

Drammen Eiendom KF har installert 150 m^2 solfangere på Frydenhaug skole (se bilde og tabell over). Argumentet deres for å ta i bruk solfanger er i følge Teknisk leder Geri Andersen, at det er varmebehov i basseng samt at de i perioder dekker varmbehovet i passivhuset og gir varmepumpe ferie i 3-4 måneder av året. De har også vurdert å lagre energi i brønnhull for å sikre at varmepumpen ikke kjøres for hardt. Det er vanskelig å regne på lønnsomhet, men mener de kommer i pluss pga energibrønner og at de forlenger levetiden på varmepumpen. Solceller ble også nylig vurdert som tiltak i et parkeringshus, men med pris da på 5-6000 kr m^2 og i beste fall 100 kWh m^2 år så blir dette ulønnsomt.

Prosjektleder i Drammen drift påpeker at solceller er fornuftig og hensiktsmessig når de er bygningintegrerte og erstatter noe annet. Selv om prisene er på vei ned blir ikke dette nødvendigvis så lønnsomt. Men når veggen blir arkitektonisk spennende og forteller en miljøhistorie, så bør det være vel så bra som mye annet som koster og bare er prangende avslutter Geir.

For å øke bruken av solenergi i Norge foreslås det økt fokus på støtteordninger, økt kunnskaps- og informasjonsspredning, utvikling, realisering og dokumentasjon av gode forbildeprosjekter i sentrale regioner av landet samt oppbygging av solenergiklynger for å skape faglig sterke aktører i visse geografisk områder som kan gå foran som forbilder for resten av landet.
Solenergi må konkurrere med andre energibærere og annen energiteknologi. Konkurranseevnen vil henge nært sammen med kostnader for solenergi i forhold til alternativene. Siden økt utnyttelse av solenergi mest sannsynlig vil skje over mange år, er det naturlig å legge til grunn de langsiktige energiprisene, inkludert priser på utslipp av klimagasser, først og fremst CO_2-kvotepriser. I tillegg vil energikrav i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven kunne påvirke valg av tekniske løsninger for oppdekning av energibehovet til nye bygg.

Hovedbarrieren er nok derfor rammebetingelsene. Eksempelvis støtteordninger som ikke fungere eller mangel på tilstrekkelige og effektive støtteordninger. I tillegg har kommunal og moderniseringsdepartementet fastsatt nye energikrav i byggeteknisk forskrifter som har som mål å redusere oppvarmingsbehovet ytterligere i nye bygg.
Innføring av et svensk-norsk el-sertifikatsystem vil føre til økt produksjon av fornybar el, som kan føre til overskudd med tilhørende fall i el-priser dersom overskuddet ikke kan avsettes i utenlandske markeder. El-sertifikatene betales av sluttbruker, og ordningen vil kunne øke konkurranseevnen til solenergi, både ved at el som konkurrent øker i pris, og ved at produsenter av solstrøm kan tildeles sertifikater og dermed få økte inntekter.

Investeringsstøtte i Norge-Elsertifikatordningen(Grønn sertifikat)

Ordningen er omstridt og ikke alle er enige om at den vil medføre reduserte klimagassutslipp. Subsidiering av fornybar kraftproduksjon gir økt fornybar kraftproduksjon, men kritikerne hevder at om en hadde gjennomført mer dirkete tiltak ville effekten blitt bedre. Dette strider også mot ideen om at den som forurenser skal betale kostnaden for utslippene.

Ved utgangen av 2014 var det ingen solkraftverk i Norge som hadde fått elsertifikater. NVE hadde heller ikke bestemt om de skulle kutte elsertifikatstøtte til solceller som er ment til egenproduksjon av elektrisitet. Dette skaper usikkerhet i markedet og blir en barriere for at eiendomsutviklere satser på solceller. Eksempelvis Asko ønsker å bygge ut 103.000 kvadratmeter med solceller på takene av deres lager rundt om i Norge, med en tiltakskostnad på nær 200 millioner kroner. De står nå (i følge Dagens næringsliv) i fare for å tape 30 millioner årlig i inntekter på satsingen om anleggene som bruker en del av den produserte strømmen i eget hus selv ikke får tildelt El-sertifikater.

Enova SF.

Enova SF gir i dag investeringsstøtte til privathusholdninger til investering i solcellepanel og solfangere. Til næringsbygg støtter Enova SF solfangere og solceller i eksisterende bygg. Dette støttes ikke i nye bygg.
Det kan finnes også andre lokale støtteordninger i den enkelte kommune. Eksempel på dette er Enøk Fondet i Oslo Kommune.

Offentlig krav-nye energiregler

Samtidig som myndighetene gir offentlig støtte skjerpes også Energikravene i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven
Signalene fra EU, regjering og departement er at dette vil fortsette i årene som kommer med et mål om passivhus og plusshus som standard.

Fra og med TEK 07 (og TEK 10) har det vært stilt krav til andel energibruk fra «ny fornybare» energikilder. Dette skulle en tro ville styrke solenergiens konkurranseevne
Samtidig svekker den lønnsomheten til solenergianlegg siden behovet for oppvarming og energibruk reduseres betraktelig.
Denne høsten (nov 2015) ble nye skjerpede energikrav til TEK 10 lansert. Disse blir gjeldende fra 1.1.2016 (med 1 års overgangsordning). Her har myndighetene skjerpet minimumskravene for en rekke bygg, men samtidig fjerne kravet om andel «ny fornybar» energi.

Det blir heller ikke tillatt å installere fossile energikilder til oppvarming, men samtidig åpner den for bruk av elektrisitet til oppvarming gjennom El-kjel og vannbåren system i større bygg.
Det er en del utsikkerhet nå om hvordan dette vil påvirke valg av tekniske løsninger i fremtiden, men det er helt klart at El-kjel som energikilde til oppvarming er den billigste investeringen og blir trolig et naturlig valg for de byggherrer som bygger og selger for å få maksimal profitt.
På en annen side var en tidligere nødt til å kombinere solenergi med annen fornybar energi for å nå kravet om 60% fornybart. Nå er det muligheter til å kombinere eksempelvis solfangere med El-kjele alene og da blir merkostnaden relativ liten.

Konservativ bygg og anleggsbransje

Solvarmeanlegg opplever motstand i bygge bransjen da nye produkter fortrenger tradisjonelle løsninger. Dette er et generelt problem knyttet til innføring av nye produkter, materialer, rutiner osv. Det er lettest å bygge det en har bygget før. Spesielt gjelder dette i «Totalentreprisemarkedet» og hos utbyggere som bygger for å maksimere fortjeneste ved salg av bygget.

Det er en utfordring at markedet for solenergi i Norge er relativt nytt og umodent med tanke på kunnskapsnivå innen planlegging, prosjektering, montering og service/oppfølging. Det er stort behov for kompetanseheving og kvalitetssikring i alle ledd.
Manglende kompetanse hos fagrådgivere og arkitekter medfører at løsningene ikke blir medtatt i planleggingen av byggene og da er det lite sannsynlig at de kommer inn etterpå.

Potensiale for bruk av solenergi.

Vårt behov for strøm og varme er størst om vinteren, når solinnstrålingen er på sitt laveste. Dette kan løses ved å kombinere sol med vannkraft. Norges store vannkraftressurser har en betydelig fordel ved en større utbygging av solcellekapasitet i fremtiden som integreres i kraftsystemet.
Norges store fordel er at vi kan bruke solenergi når produksjonene er høy og samtidig spare på vannet i dammer og innsjøer. Når solinnstrålingen er lav kan vi kompensere med vannkraft. Dette er mye billigere enn å bygge enorme batterier ved solcelleanleggene, slik de gjør i for eksempel Japan. En annen fordel med å bygge solceller i Norge er at vi har relativt mye tilgjengelig landareal og lav befolkningstetthet: større solcelleanlegg kan bygges uten å gå på betydelig bekostning av annen arealbruk. Så Norge har et egnet kraftsystem.
Reviderte energikrav i Teknisk forskrift (som beskrevet tidligere) gir også muligheter siden kravet om at 60% av oppvarmingsbehovet skal dekkes av ny fornybar energikilde faller bort.
Utfordringen til bygge bransjen har frem til i dag vært at en ikke oppnår god nok lønnsomhet når en satser på flere teknologier samtidig. Eks solvarme i kombinasjon med varmepumpe. Lønnsomheten som helhet går ofte ned og for mye kapital bindes opp. Med de nye energikravene kan en «rendyrke» solvarmeanlegg og det er mulig dette gir større markedsandeler enn tidligere.

Miljøsertifisering av bygg og grønne byggeiere.

Grønn Byggallianse er et miljønettverk bestående av de største eiendomsaktørene i Norge og omfatter ca 25% av eiendomsaktørene i Norge. De etablerte BREEAM i Norge som er en måte å dokumentere kvaliteter i bygget og konsekvenser av byggeriet.

Flere og flere nybygg og rehabiliterte bygg blir miljøsertifisert gjennom BREEAM systemet. Mange av disse eiendomsaktørene har en bevisst strategi på å bygge og drifte sine bygg miljøvennlig med den tanke på at dette vil være økonomisk lønnsomt på sikt. For byggeiere søm ønsker å profilere sin miljøvennlighet er solceller / solfangere ofte det eneste synlige alternativet. Spesielt fasadeintegrerte systemer blir her aktuelle.

Oppsummering:

Solceller vil med dagens energipriser ikke tjene seg inn. Solfangere har kortere inntjeningstid, men den er fremdeles lang. De som investerer i solenergi i dag, har enten tro på at elektrisitetsprisene vil stige, ta samfunnsansvar og bruker tiltaket som en del av sin markedsføring av dette eller for å nå et spesifikt nivå i miljøklassifiseringsordninger som for eksempel BREEAM
At Grønn byggallianse fanger 25% av alle næringsbygg i Norge vitner om at bransjen selv ønsker å ta tak i miljøutfordringene. Sammen med en økt miljøbevissthet i befolkningen og hos investerer kan en forvente at solenergi kan ta større markedsandeler i fremtiden selv om energiprisene skulle fortsette å være lave.

KILDER

Enova
Drammen Eiendom KF
Solenergi.no
Teknisk ukeblad
VVS
Forskning.no
Cicero.uio.no
Multiconsult AS

Tekst: Synnøve Engdal Ekroll

Kjernekraft i Norge?

Energibehovet i verden øker stadig, samtidig som det blir mer fokus på å redusere klimautslippet. Selv om vi i Norge klarer oss godt med de ressursene vi har med vann- og vindkraft, er situasjonen en helt annen i resten av Europa. Med neste generasjons sentralnett kan vi begynne å se Europa under ett når det gjelder kraftproduksjon. Vi kan dermed produsere mer kraft enn det vi trenger i Norge, og eksportere til andre land som har behov for kraft. Siden vi har stor forekomst av thorium i Norge, kan kjernekraft bidra til å bedre energisituasjonen i Europa?

Energisituasjonen i Europa

I Norge er vi i den heldige situasjonen at nesten all kraftproduksjon kommer fra vannkraft. Sammen med vindkraft gjør dette at Norge produserer miljøvennlig energi. Tyskland har derimot flere kullkraftverk i bruk, og dette gir et høyt utslipp av klimagasser. Det skal satses på fornybar energi og å redusere klimagassutslippene fremover. Siden energisektoren står for store deler av utslippene globalt, må det derfor en endring til fra ikke-fornybare til fornybare energikilder. I flere deler av Europa er det dermed nødvendig å fase ut de fossile kraftverkene.

Samtidig som man skal redusere bruken av ikke-fornybare energikilder, øker etterspørselen av energi. Det er derfor ikke nok å bytte ut dagens energikilder med mer energivennlige energikilder. For å møte fremtidens energibehov er det også nødvendig å øke utbyggingen av kraftverk. Det er en utfordring å bygge ut nok fornybart til å kunne dekke fremtidens behov.

Neste generasjons sentralnett

Statnett har planlagt prosjekter der det norske sentralnettet blir knyttet opp mot ulike steder i Europa. I løpet av de nærmeste årene er det planlagt to mellomlandsforbindelser, en mellom Norge og Tyskland og en mellom Norge og Storbritannia. De nye kablene gjør at Norge kan satse på mer kraftproduksjon, og dermed bidra til at Europa klarer å imøtekomme fremtidens energibehov. I tørre perioder, kan vi i Norge importere kraft, mens vi kan eksportere kraft når vi har overskudd. Ressursene blir på den måten utnyttet bedre, og vi kan være med på å bidra til et mer klimavennlig energisystem. Å koble sentralnettet opp mot andre land, vil føre til mer

effektiv ressursbruk, økt forsyningssikkerhet og mer konkurranse. Det vil føre til at landene i Europa vil få en mer trygg forsyning av strøm.

Selv om Norge i dag dekker energibehovet i landet med vannkraft, kan vi tenke nytt fremover når sentralnettet nå skal kobles videre til andre land i Europa. Vi får da muligheten til å eksportere den kraften vi selv ikke har behov for. Alene vil ikke dette være løsningen, siden det i perioder vil være lav kraftproduksjon i alle områder. Ved å fortsette utbyggingen av kraftverk i landet, kan Norge likevel være en viktig bidragsyter til de andre landene i Europa.

Thorium i Norge

For tiden forskes det på å bruke thorium, i stedet for uran som brensel i kjernekraftreaktorer. Grunnstoffet thorium har kortere lagringstid, bare en hundredel av det uranavfall fra kjernereaktorer har. Det er mer thorium tilgjengelig i jordskorpen enn uran, samt at verken brenselet eller avfallsproduktene kan nyttiggjøres i atomvåpen. Det er altså flere grunner til at thorium bør benyttes som brensel fremfor uran.

Det viser seg at det er stor forekomst av thorium i Norge, en av de største thoriumressursene som er kjent i verden. Siden det trengs mye mindre mengder thorium enn uran for å produsere energi, har vi et stort potensiale til å utnytte disse ressursene i kjernekraft i Norge. Det finnes allerede en testreaktor i Halden som bruker thorium som brensel. Siden vi har så mye Thorium i Norge, hvorfor har vi ikke da allerede bygget kjernereaktorer her i landet?

Kan kjernekraft bedre energisituasjonen?

Kjernekraft er et omstridt tema, og fortsatt forbinder mange kjernekraft med Tsjernobylulykken i 1986. Etter Fukushimahendelsen i 2011 har ikke folk blitt mindre skeptiske til kjernekraft. Denne energikilden blir av mange sett på som farlig og usikker. Det har derfor vært lite aktuelt verken å bygge ut eller bruke penger på forskning rundt dette i Norge.

Mange har fordommer mot kjernekraft, uten å ha så mye faglig kunnskap om temaet. Om vi nå skal se for oss at den politiske holdningen endrer seg og at kjernekraft blir lov i Norge, kan dette bidra til å bedre energisituasjonen i Europa? I realiteten er produksjon av energi i kjernekraftverk både miljøvennlig og sikkert. Kjernekraft har så å si null utslipp av

klimagasser. Skal vi imøtekomme fremtidens energibehov, mener flere at det vil være nødvendig å benytte seg av denne ressursen.

Det satses som sagt på fornybar energi, men utfordringen der er å bygge ut nok til at dette dekker energietterspørselen. Selv om kjernekraft ikke er definert som fornybart, er dette en klart mer klimavennlig ressurs enn de andre ikke-fornybare energikildene. Kjernekraft er heller ikke væravhengig som blant annet vind- og vannkraft er, og produksjonen vil dermed være mer stabil. Om vi ser på thorium som brensel, er energipotensialet stort. 1 tonn thorium tilsvarer 3,7 tonn kull. Det kan derfor lønne seg å satse på dette, både økonomisk og energimessig.

Det er ikke helt uproblematisk å bygge kjernekraftverk her i landet. For å ta i bruk thorium i reaktorer, trengs det en del forskning på feltet. Utfordringene er knyttet til blant annet avfallshåndtering og å utvinne thoriumet som er i bergartene her i landet. I tillegg er holdninger blant folk en utfordring med tanke på utbygging av kraftverk her i landet. Ulykkesrisikoen er det mange frykter, og som gjør at mange er i mot utbygging. Her må vi minne oss på at ulykker kan skje over alt, risikoen for at en ulykke skal skje ved et kjernekraftverk er ganske liten. Denne holdningen vil kanskje endre seg etter hvert som olje, kull og gasskraftverk fases ut, mens energibehovet stadig økes.

Verdens energietterspørsel vil øke i årene fremover. For å skaffe nok miljøvennlig energi, er det nødvendig med utbygging av ulike kraftverk. Det er en utfordring å dekke fremtidens behov ut fra kun fornybare energikilder. Norge vil ha mulighet til å eksportere kraft i årene som kommer, og en mulighet kan være å bygge ut kjernekraft. Selv om dette er et omstridt tema i dag, kan dette endre seg når vi har gjort teknologiske fremskritt innen kjernekraft. Hvem vet, kanskje kjernekraft blir det nye store i Norge i årene fremover?

Fra energikilde til forbruker

Kjernekraft brukes først og fremst til elektrisitetsproduksjon, men kan også brukes til fjernvarme. I dag står kjernekraft for rundt 14 % av verdens elektrisitetsproduksjon. Et kjernekraftverk er lik andre varmekraftverk, hvor brenselet varmer opp vann, som driver en turbin. Brenselet som blir tatt i bruk i kjernekraftverk er stort sett uran, men det forskes på å bruke thorium som brensel. Når atomkjerner blir spaltet i reaktoren, blir energi frigjort. Vann blir varmet opp, og denne dampen driver en turbin. Turbinen er koblet til en generator, som igjen produserer elektrisitet.

Referanseliste

Aamo, V. (2014). *Thorium er materialet som kan danke ut oljen.* Hentet 26. november 2015, fra http://www.tek.no/artikler/thorium-er-materialet-som-kan-danke-ut-oljen/164787

Berg, Ø., Bjørnstad, T., Dahlgren, S., Nøvik, S., Rondeel, W. og Totland, A., (2012) *Thorium - En framtidsressurs i Oslofjordregionen? Thorium Think Tank rapport til Oslofjordfondet. Rapport nr 2-2012, Regiongeologen, Buskerud Telemark Vestfold fylkeskommuner. 24 pp.*

For første gang brenner thorium i en vanlig reaktor (2013). Hentet 7. november 2015, fra http://forskning.no/content/forste-gang-brenner-thorium-i-en-vanlig-reaktor

Statnett (2015). *Nettutviklingsplan 2015.* Hentet 7. oktober 2015, fra http://statnett.no/Global/Dokumenter/Prosjekter/NUP2015/Nettutviklingsplan%202015%20leseversjon.pdf

Wethe, P.I. (udatert). *Kjernekraftverk.* Hentet 29. november 2015, fra http://www.ife.no/no/ife/detaljer/kernekraft/kjernekraftverk

Tekst: Christine Norum Steinsli

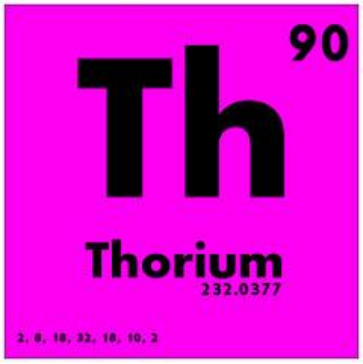
Gitt at det er politisk vilje. Hva ville energiproduksjon med thorium innebære i Norge?

«I nær fremtid: Norge stopper all olje og gassproduksjon. Europa er på randen av en ny energikrise». Jesper Berg den nyvalgte statsministeren tar klimakrisen på alvor. Regjeringer har stanset all olje- og gass produksjon og Norge skal bli storprodusent av energi basert på thoriumkraftverk. Dette er utgangspunktet for TV2 sin storsatsing i høst. Er dette en realitet i nær framtid?

Verdens tredje største kjente forekomster av thorium finner vi i Norge. Bare Australia og India har større forekomster enn oss. De største forekomstene i Norge ligger på Fensfeltet i Telemark. I følge studier kan energiinnholdet i norske thoriumforekomster være 120 ganger høyere enn all olje og gass på norsk sokkel. Teoretiske beregninger viser at fensfeltet kan inneholde så mye som 5600 – 67500 tonn Thorium. Problemet er at det i dag ikke finnes effektive måter å utvinne dette Thoriumet i stor skala.

Thorium

- Atomnummer 90
- Oppdaget av Jöns Jakob Berzelius i 1829
- Navnet etter den norrøne guden Tor
- Funnet første gang i metallet thoritt ($ThSiO_4$)
- Th-232 er den eneste isotopen som finnes i naturen
- Må omdannes til spaltbart uran før den kan bruke som reaktorbrensel



Thorium atomnummer 90
Kilde: www.Flickr.com

Omlegging av transportsektoren, null CO_2 utslipp

En fisjonsprosess frigir enorme mengder mer energi enn en typisk forbrenningsreaksjon. Går vi over til å bruke biler som går på thorium i stedet for bensin vil det å fylle tanken bli et sjeldent gjøremål. Ett gram thorium svarer til 28 000 liter bensin. Allerede i 1958 hadde Ford en atom/thoriumbil og i 2009 designet Cadillac en thoriumbil. Elektriskenergi dannes ved at thorium bestråles med en laser, det dannes varme som produserer damp som igjen driver en generator. Jeg vil tro denne teknikken i framtiden også vil kunne benyttes i fly.

All togtransport kan drives av elkraft fra kjernekraft. Det gjenstår bare å elektrifisere Nordlandsbanen. Mens all tungtransport til sjøs kan drives av kjerneraktorer. Dettet er ikke noe nytt, i over 50 år har skipsreaktorer vært benyttet med godt resultat. Til sjøs ville vi fått frakteskip og cruiseskip med egne små reaktorer. Dette ville vært en miljømessig og økonomisk gevinst for Norge.

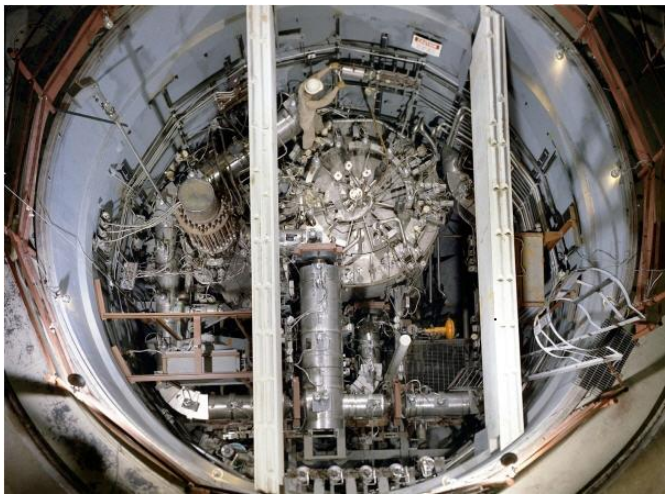
En kraftproduksjon med utgangspunkt i thorium bidrar til mindre avfall

Bruk av thorium som energikilde bidrar til vesentlig mindre avfall enn et kraftverk som bruker uran som brensel. Et kraftverk på en gigawatt vil bare produsere 1 tonn avfall mens et urankraftverk på denne størrelsen vil produsere 44 tonn radioaktivt avfall. 1 tonn avfall vil være lite plasskrevende. Dette avfallet skal visstnok få plass i et par IKEA poser. Thorium har vesentlig kortere nedbrytningstid enn uran. Avfall fra et urankraftverk må lagres i 10 000 år mens avfallet fra et thoriumkraftverk ikke trengs lagres lenger enn 250 år. Trygge lagringsplasser for radioaktivt avfall vil være reservoarer av leire, salt eller grunnfjell.

En annen fordel er at alt thorium kan utnyttes i reaktoren i motsetning til uran. Samtidig kan MSR reprosesserer sitt eget avfall. Det vil si plutoniumavfallet som dannes kan brennes opp i reaktoren.

Energiproduksjon ved hjelp av kjernekraft produserer ikke CO_2 avfall i motsetning til kraftproduksjon ved bruk av fossilt brensel. Også i dag er produksjonen av elkraft i Norge CO_2 nøytral. Men vi er med i et felles Europeisk kraftmarked hvor elektriskenergi også blir produsert ved hjelp av fossilt brensel.

Dessuten bidrar transportsektoren i Norge til store CO_2 utslipp. Som tidligere nevnt vil biler, busser og tog som går på kjernekraft fra thorium ha et enormt potensiale for å redusere utslipp av CO_2 som avfall.



Bildet viser salte smelt-reaktoren (MSR) ved Oak Ridge National Laboratory
(Bildet er hentet fra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thorium_reactor_ORNL.jpg?uselang=nb)

Arbeidsplasser og eksport inntekter

I framtiden når oljeproduksjonen trappes ned og tar slutt vil det bli behov for nye arbeidsplasser og nye inntektskilder. Kjernekraft utgjør 13 % (2013) av all strømproduksjon i verden. I Frankrike utgjør kjernekraft 80 % av denne produksjonen og i Sverige utgjør den nesten 50 %. Verdens befolkning vil øke til 10 milliarder frem mot år 2100. Dersom utviklingslandene skal få oppleve økt levestandard vil fremtidens energibehov være fire ganger dagens behov. For å møte framtidens energibehov må det bygges 170 kraftverk på 4000 MW hvert år frem til år 2100. I et klimaperspektiv viktig at dette er kjernekraftverk og ikke kullkraftverk. Det er urealistisk å tro at sol- og vindenergi alene skal greie å dekke det kommende energibehovet i første omgang. Med så mange kraftverk trengs det brensel og Norge kan bli en stor eksportør av thorium, den nye oljen. Utvinning og eksport av thorium vil da bidra til arbeidsplasser.

Økonomi og arealbehov

Overslag over priser på ulike former for kraftproduksjon viser at kjernekraft er det billigste. En kW produsert i en MSR vil ha en nettopris på rundt 10 øre

Det er dyrt å bygge et kjernekraftverk men når det først er bygget er det billig i drift. En MSR som er serieprodusert vil koste adskillig mindre enn en uranreaktor. Her er det snakk om bare en tiendedel av prisen til en reaktor med uran som brensel. Med thorium som brensel utnyttes mer av brenslets energimengde. Bare 1 % av energimengden i uran utnyttes i en uranreaktor.

En MSR er mindre plasskrevende. Den trenger mye mindre vannkjøling en dagens kraftverk og vil ikke være større enn et par eneboliger. Som tidligere nevnt vil lagring av thoriumavfall kreve mindre plass enn lagring av avfall fra uran. En MSR vil også kunne brukes til flere formål. For en rimelig penge kan den benyttes til å lage drikkevann fra sjøvann. Den kan også benyttes til å fremstille hydrogen som kan brukes som energikilde i transportsektoren.

MSR = Smelte salt-reaktor

Dette er en reaktor der kjølemidlet består av en blanding av fluorid salter. Kjernebrenslet oppløses i selve kjølemediet. Denne reaktoren egner seg godt for thoriumbrensel.

Utfordringer

I dag finnes det ikke effektive måter å utvinne thoriumforekomstene i Norge. Dette er en utfordring. Thoriumet som finnes her er svært finfordelt og kornstørrelsen er på 1 til 5 my. I land som Australia og India ligger thoriumforekomstene lettere tilgjengelige og kan utvinnes mye billigere. I framtiden må man se for seg at thorium på verdensmarkedet blir en etterspurt vare. Det vil være viktig å finne effektive metoder for å utvinne thorium i Fensfeltet. Utvinningen må skje i industriell skala til en konkurransedyktig pris.

«Selv om det skulle ta 40 år å utvikle en miljøvennlig og sikker thoriumteknikk så vil det være en god investering for at våre barn og barnebarn skal kunne ha en sikker og klimavennlig energi i tusenvis av år»

Referanser/kilder:

- http://forskning.no/bergfag-energi-fysikk-geofag-radioaktivitet-vulkaner/2012/11/thorium-kan-bli-norges-neste
- Berg m.fl.: Thorium – en framtidsressurs i Oslofjordregionen? (pdf), Sluttrapport til Oslofjordfondet 2012 fra "Thorium Think Tank", *Regiongeologen* Rapport nr. 2, 2012, Buskerud Telemark Vestfold fylkeskommuner
- HTTP://WWW.AFTENPOSTEN.NO/VITEN/THORIUM-FOR-FREMTIDEN-7572501.HTML
- Totland Arne og Sevje Truls, Thorium – bærekraftig og miljøvennlig kjernekraft, Tapir Akademiske forlag, 2008.
- http://www.nrpa.no/dav/3a03ff4869.pdf
- http://www.nyttnorge.com/thoriumbiler-ren-energi.html

Tekst: Ellinor Kvamen

Batteriteknologi

Batteri som energibærar er eit alternativ til fossilt brennstoff i både båtar og bilar. Teknologien er mykje satsa på, og vi ser ei stor utvikling innanfor dette området. Utviklinga tyder på at mogelegheitene kan vere større enn dei avgrensingane som tidlegare har vore. Dette gjer batteri spennande. Teksten her omhandlar batteriet sine bruksområde i dag, litt om forskning, og litt om korleis eit batteri fungerer.

Batteriet har mange bruksområde, alt frå lommelykter til drillar, høyreapparat og klokker, grasklipparar og støvsugarar, bilbatteri som gjev straum til startmotoren i bilen, bankterminalar, mobiltelefonar og datamaskiner, vi har alt frå små powerbankar til store back-up batteri som til dømes for Fukushima-reaktoren eller for store dataservarar eller sjukehus. I 2010 vart til då verdas største back- up batteri kopla til straumnettet i byen Fairbanks i Alaska og forsyner 90 000 menneske i tilfelle straumbrot. Batteriet kan holde for 15 min til back-up generator er på plass (Dvorak). Gjennom lagring i batteri kan vi få lys frå solcellepanelet i hytta sjølv etter at det er mørkt. Ved satsing på fornybar energi som solcellepanel og vindturbiner, kan batteri vere ein lagringskapasitet ved effekttoppar, når energien ikkje vert oppbrukt med det same. I båtar kan batteri som er installert saman med andre energisystem, ta effekttoppar og ladast når det krevs mindre energi på båten. El-bilar, som køyrer på batteri med stor lagringskapasitet, er meir og meir vanlege i Noreg med 17 – 22% av personbilsalet i 2015 (per august 2015, Frydenlund). Dette gjeld ny-bilsalet. Elsyklar er også etterkvart eit populært framkomstmiddel.

Batteri som miljøpolitikk

Vegtrafikken i Noreg står for omlag 20% av dei totale klimagassutsleppa i Noreg (SSB). Omlegging til bruk av el-bil vil kunne ha positiv virkning på utslepp dersom det reduserer bruk av bensin- og dieselbilar og bilane har lik årleg køyrelengde og levetid. I regel at den er hovudbil i ein husholdning. I tillegg må straumen vere produsert av fornybar energi. Her ligg det eit potensiale i batteriet, som kan bli endå betre utvikla. Dersom el-bilen får dei same fordelane som ein vanleg bensinbil eller dieselbil, med energikjelde som sjeldan trengst å

fyllast eller ladast, vil dette kunne gjere bilen meir praktisk i bruk. Slik kan det vere god miljøpolitikk i eit landskap som har straum frå fornybare energikjelder. Ein endå betre miljøpolitikk kan sjølvsagt vere å bruke kollektivtransport, køyre saman, sykle eller gå.

Batteri i båtar er også på veg inn. I 2015 kom Ampere, Noregs første el-ferje, i drift over Sognefjorden. Den vesle passasjerferja Beffen i Bergen vart også elektrifisert. Frå 2009-2014 er tre norskbygde hybridskip som Polarsyssel, Viking Lady og Edda Ferd sjøsette. Hybridskip brukar batteri i kombinasjon med annan teknologi. I 2014 lanserte Maritime Clean Tech Urban på Stord "Water Shuttle"-ideen (NCE). Kommunar rundt Oslofjorden ser på denne teknologien som ei mogeleg investering i pendlartrafikkken (Eriksen). Også desse tiltaka skal redusere CO_2-utslepp og vil vere ein positiv miljøfaktor lokalt, men også globalt. Osterøy ferjeselskap i Hordaland har prosjektert elferje på ferjestrekninga Valestrand - Breistein. Prosjektet vart lagt på is i 2013. Omlegging til elferje ville her redusere CO_2 utslepp som tilsvarar årleg utslepp frå rundt 700 personbilar (Ole Bull Heilt Elektrisk). Dei arbeidar no for ferje med brencelceller på hydrogen, med batteri som buffer. Nytt anbud på strekninga Anda- Lote set også krav til nullutsleppssferje. Siemens, som mellom anna utviklar batteripakkar og system, meiner i følgje Tu.no at overgang til batteri og hybridferjer vil kunne redusere CO_2 utslepp frå denne næringa i Noreg frå 400 000 CO_2e i året til 100 000 CO_2e årleg (Stensvold).

Utfordringar og nye prosjekt

Utfordringar knytt til batteri i båtar er mellom anna lading. Mykje straum må til på kort tid – altså ein treng stor effekt. Til dømes treng ferja Ampere å få lada batteria sine med 150 – 200 kWh i løpet av mindre enn 10 minutt, omtrent like mykje elektrisk energi som ein gjennomsnittleg norsk einebustad brukar i løpet av ei halv veke. Dette gjerast via batteripakkar på land, som er knytt til høgspentnettet. Det ideelle ville ha vore å få høgspenning rett til ladepunktet, men nettet ved Sognefjorden er ikkje dimensjonert for den effekten som trengst til lading. (Stensvold) At energien tappast på så kort tid vil etter mine utrekningar utgjere ein like stor belastning på straumnettet som tilkopling til omkring 500 gjennomsnittlege norske einebustadar[1], noko som ville utgjort ein stor

[1] Dette er rekna slik: Straumenergi på einebustad i året, 20 000 kWh. 20 000 kWh $år^{-1}$ /104 halvveker $år^{-1}$= 195 kWh. Kor mange 10 minutt er det i løpet av ei veke: 3,5 dagar * 24 timar dag^{-1} * 60 minutt $time^{-1}$/ 10 minutt = 504**.** Effekten som vert brukt til å lade batteria med er altså den samme effekten som 500 gjennomsnittlege norske einebustadar vil trekke av straumnettet.

forskjell på desse små plassane som ferjesambandet går mellom. Andre ferjestrekker som til dømes Valestrand- Breistein vil kunne knytte seg direkte på høgspentnettet utan for store omleggingar.

Ferjer er ideelle for bruk av batteri som energibærar, ettersom det er mogeleg å få lada batteria ved lasting av ferja. Ein utfordring til båtar ved lengre overfartar er at dei ikkje har desse mogelegheitene. Her er kanskje hybridmodellar ei betre løysing, som ved dei tre skipa nemnde ovanfor, med dagens teknologi.

Andre utfordringar knytt til batteri på båtar, er branntryggleik. Det er veldig vanskeleg å slukke eit litium-ion batteri, og det igjen krev ekstra tiltak for brannsikring. Ampere har til dømes 10 tonn litium- ion -batteri om bord (Qvale). Dersom det skulle ta fyr i eit av desse batteria, er det veldig viktig at det ligg isolert frå dei andre batteria, så brannen ikkje smittar vidare.

Batteri tar mykje større plass enn bensin eller diesel. Ein liter bensin vil oppta omtrent 1 dm^3 volum i enheten som han skal drifte, og vil vege i underkant av 1 kg. Batteripakkane som er laga av litium-ione -batteria som skal levere tilsvarande energi som diesel eller bensin, vil ta mykje større plass, og vege mellom 40 og 50 gongar meir enn bensinen. (Valmot) Forholdet til energitettleiken er minst 45:1 mellom bensin og batteri. Reknar ein at kun 85% av energien i batteria kan utnyttast, vert energitettleiken noko mindre (Normann, epost). Her er altså mogelegheit til å lagre og frakte batteri i farkosten som skal nyttiggjere seg av desse, ein viktig faktor. Det er også viktig at vekta av batteria ikkje gjer energiforbruket til farkosten unødig stort. Foreløpig har batteridrivne ferjer mindre kapasitet både på tonnasje og avstand, samanlikna med dieselferjer.

Batteri som energibærar i fly er også under utprøving. Universitetet i Cambridge er involvert i eit mikro- hybridflyprosjekt, der flyet har batteri av litiumpolymerceller i vengene. Diamond Aircraft, Siemens og Airbus har sitt andregenerasjons hybrid-test- fly i lufta. Sjølv om det skjer forsking og testing, er det snakk om lang tid før heil-elektriske passasjerfly kan verte ein realitet, ettersom batteripakkane vert for tunge til å kunne fly noko større strekning, slik dei er no. (Dalløkken) Likevel er det kanskje håp når flyet vert drifta av solceller i samband med batteri. Flyet SolarImpulse med 17000 innebygde solceller i vengene, kopla til litiumbatteri, flyr rundt jorda i løpet av 2015 – 2016 utan ein dråpe fossilt drivstoff. Frå juli 2015 til april 2016 vert flyet ståande på Hawaii for å reparere

batteria som tok skade då kjølesystemet ikkje var godt nok for stigning og nedstigning i det tropiske klimaet. Den til då vanskelegaste og lengste strekninga på turen, frå Japan til Hawaii, vart gjennomført på 5 dagar og 5 netter. (SolarImpulse)

Litt om batteri

Som tidlegare nemnd er ***litium- ione batteriet*** mykje brukt. Dette er eit batteri som har større spenning enn dei alkaliske batteria som har vore vanlegast i bruk til no. Desse kan levere 3.6 Volt per celle, mot 1,5 Volt per celle i dei alkaliske batteria (Valmot). Eit av problema her er at litiumet må ligge i ei karbon-anode, og ein får ikkje brukt alt litiumet som er tilgjengeleg i reaksjonen. Dette forskast på, og anodar som ikkje brukar karbon, men med fast litium vil kunne auke ladekapasiteten på batteriet betydeleg. Det vil seie at ein kan ta ut meir energi av batteriet. (Valmot) Litiumbatteriet er kanskje det mest kjente batteriet, men det finst mange andre spennande batteritypar. Mellom anna brukast ***vandium redox - flow batteriet*** til lagring av energi knytt til straumnettet, eller til kraftverk. (wikipedia) Fordelen med slike batteri er at dei kan ladast ved utskifting av væske på batteriet, dersom det ikkje er andre tilgjengelege straumkjelder til å lade batteriet. Det kan vere genialt i bruk ettersom ein då slepp lang ladetid. Det er likevel eit forholdsvis stort batteri, og dette gjer det noko vanskelegare å nytte i nokre samanhengar. Dette forskast det vidare på. (Wang) Det forskast på ***litium- luft batteri***, som vil kunne ha ein energitettleik som ligg på høgde med bensin, og ein har ein potensiell lagringskapasitet som er 5-15 gongar større enn for eit vanleg litium-ione batteri. Forsking skjer også på batteri som ***nikkel – litium batteriet***, med ei cellespenning på 3,47 V, og tre gongar så stor energitettleik som litium-ione batteriet, og som er sikrare. Ulempa med dette batteriet er at det er komplekst å lage, og det har kort levetid (en.wikipedia og de.wikipedia). Batteri som er basert på organiske material som til dømes rabarbra og råolje forskast også på (Flæten) Branntryggleik er ein av dei store utfordringane i batteriteknologien.

Omgrep:

Elektron
Ion
Straum
Krets/Leiar

Spenning
Anode
Katode

Oksidert

Redusert

Polymer/Elektrolytt

Elektrodar

Korleis verkar batteriet?

Eit batteri består i all hovudsak av tre delar: Eit stoff som lett avgjev elektron, eit stoff som har stor vene til å ta til seg elektron, og eit lag som held desse to stoffa frå kvarandre. Batteriet skal drive straum når den er kopla til ein krets, og elles fungere som eit lager og ikkje vere aktivt. Det må altså skje ein prosess når batteriet er kopla opp, men elles ikkje. Skiljeveggen er slik at ion kan passere mellom dei to stoffa, men ikkje elektron. Då vil det bli elektron til overs i det eine stoffet, og mangel på elektron i det andre. Når vi koplar batteriet til ein krets (leiar), fungerer kretsen som ein veg for elektrona. (Nilsen, 2010) Stoffet som ønskjer å ta til seg elektron vil forsyne seg av elektron i kretsen, og det vil oppstå ledige plassar og elektrona vil flytte seg, og gje plass til nye elektron i andre enden av kretsen. Vi har altså fått straum i kretsen, og det er batteriet som driv denne straumen.

Evna til å drive elektron kallast spenning (volt), flyttinga av elektron per sekund kallast straum (amper). Stoffet som gjev frå seg elektron kallast anode (minuspol på batteriet). Det vert oksidert (lar seg ruste/korrosjon) og får ei positiv ladning. Stoffet som tek til seg elektron kallast katode (plusspol på batteriet). Det vert redusert og får ei negativ ladning. Anoden og katoden vert også omtala som elektrodar. Laget som skil desse frå kvarandre kallast for ein elektrolytt, polymer eller membran.

Sjekkliste for eit batteri

Når ein skal vurdere eigenskapane til eit batteri, er det 8 punkt som er viktige å vurdere. For oss vil også CO2- utslepp vere ein eigenskap, i tillegg til desse kriteriane. Punkta er:

- Lagringskapasitet (specific energy), (Ah/kg). Kor mykje straum kan (anode)materialet i batteriet levere før det er oppbrukt?
- Energitettleik (ladekapasitet eller energitetthet), (kWh/kg). Kor mange kilo veg batteriet i forhold til energien som du tar ut? Kor mykje tyngre vert gjenstanden på grunn av batteriet?
- Pris. Er råmaterialet, produksjon og nedbetaling på utviklingskostnadane rimelege?
- Levetid. Kor lenge kan eit godt brukt batteri vare? Kva påverkar levetida til batteriet?
- Sikkerhet. Utviklar reaksjonen i batteriet så stor varme at det er mogelegheit for sjølvantennig i batteriet? Er det sikkert under produksjon?
- Bruksspekter (breitt bruksområde). Kan batteriet levere høg effekt (kW eller kJ/s), altså gje mykje energi per tidseining, som igjen påverkar akselerasjon og fart? Eller gjev den lite energi per tidseining.
- Toksisitet (giftighet). Er kjemikaliene som brukast i batteriet tungmetall eller andre giftige stoff?

- Ladingstid. Kan batteria ladast opp på 1,5 – 3 timar, eller brukar det 16 timar for å verte fullada? Kor hyppig har ein mogelegheit til å lade?

(Batteriuniversity)

Batteri er altså ein teknologi under utvikling, som forskast mykje på. Det er spanande å sjå bruksområda og kva utvikling denne teknologien får frametter. Det er ein teknologi med store mogelegheiter.

Lenker om batteri og batteriteknologi:

Websider:

SolarImpulse: http://www.solarimpulse.com/

Batteri: http://www.mn.uio.no/kjemi/forskning/tema/batterier/

Forsøk:

Lag ditt eget batteri – mikroskala

http://www.naturfag.no/forsok/vis.html?tid=652921

Lag et papirbatteri

http://kosmos-laerer.cappelendamm.no/binfil/download.php?did=79486

Filmklipp:

How the Vanadium Redox Battery (VBR) works https://www.youtube.com/watch?v=0Uk0GQNgtqg

Airplane powered by seral-hybrid electric drive

https://www.youtube.com/watch?t=9&v=Aad3f_ogPZ8

Vedlegg 1: Litteraturliste

Anne Lystrup, *Forskjellen mellom alkaliske og litium batterier*,
http://www.ovs0.com/2/2014/09/alkaliske%20litium%20batterier.html

Batteryuniversity.com

Corrosion doctors, Anode Efficiency
http://www.corrosion-doctors.org/CP/an-efficiency.htm

Dalløkken, Per Erlien (18.01.15). *Bensin-Elektrisk fly Dette hybridflyet bruker 30 prosent mindre drivstoff.* Tu.no
http://www.tu.no/industri/2015/01/18/dette-hybridflyet-bruker-30-prosent-mindre-drivstoff

Dvorak, Paul. (06.06.11). *Battery stores 40 MW for Fairbanks, Alaska emergencies.* Windpower Engineering & Development
http://www.windpowerengineering.com/design/electrical/battery-stores-40-mw-for-ankorage-emergencies/

Eriksen, Kjersti Flugstad. (27.08.15) *Vil kjøre båt på vannkraft: Elektriske båter kan bli den nye trikken.* Osloby.
http://www.osloby.no/nyheter/Elektriske-bater-kan-bli-den-nye-trikken-8139777.html

Flæten, Sigurd Øygarden. (17.01.14) *Harvard vil lage batterier av rabarbra og råolje*. Tu.no
http://www.tu.no/kraft/2014/01/17/vil-lage-batterier-av-rabarbara-og-raolje

Frydenlund, Ståle. (03.09.15) *Elbilsalget flater ut.* Norsk elbilforening
http://www.elbil.no/nyheter/elbiler/3618-elbilsalget-flater-ut

Nilsen, Ola. (2012) *Hvordan fungerer et batteri?* UiO Kjemisk institutt
http://www.mn.uio.no/kjemi/forskning/tema/batterier/artikler/batteriprinsipp.html

NCE Maritime CleanTech, (27.03.2014) *Er dette framtidas kollektivtransport?*
http://www.maritimecleantech.no/content.aspx?page=105062&newsarticle=35077

Qvale, Peder. (10.04.15) *Stor oversikt: Her er rekkevidden til alle elbilene du kan kjøpe i Norge*. Tu.no
http://www.tu.no/samferdsel/2015/04/10/stor-oversikt-her-er-rekkevidden-til-alle-elbilene-du-kan-kjope-i-norge

Qvale, Peder. (09.11.12) *Her er verdens største batteridrevne ferge*. Tu.no
http://www.tu.no/industri/2012/11/09/her-er-verdens-storste-batteridrevne-ferge

Solarimpulse. (22.07.15) *Update: No flight until 2016.*
http://www.solarimpulse.com/leg-8-from-Nagoya-to-Hawaii

Stensvold, Tore. (14.08.15). *Siemens: Lønnsomt å bytte ut 70 prosent av fergene med batteri- eller hybridferger*. Tu.no
http://www.tu.no/industri/2015/08/14/siemens-lonnsomt-a-bytte-ut-70-prosent-av-fergene-med-batteri--eller-hybridferger

Stensvold, Tore (10.04.15) *Batterifergen får ikke nok effekt – må stå over avganger hver dag*. Tu.no
http://www.tu.no/industri/2015/04/10/batterifergen-far-ikke-nok-effekt---ma-sta-over-avganger-hver-dag

Stensvold, Tore. (22.04.14). *Havyard skal bygge batterihybrid for Arktis*. Tu.no
http://www.tu.no/industri/2014/04/22/havyard-skal-bygge-batterihybrid-for-arktis

SSB, *Elektrisitet, årstal, 2013*
http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitetaar/aar

SSB, *Utslipp av klimagasser, 2014, foreløpige tall*
http://www.ssb.no/klimagassn

Osterøy Ferjeselskap, Ole Bull Heilt Elektrisk Del 1- 5, (online). Nedlasta 29.12.14. Tilgjengeleg frå:
http://osteroy-ferjeselskap.no/?page_id=83

Valmot, Odd Richard (15.09.15) *Bosch: - Ny batteritype vil doble rekkevidden på elbiler*. Tu.no
http://www.tu.no/industri/2015/09/15/bosch--ny-batteritype-vil-doble-rekkevidden-pa-elbiler

Valmot, Odd Rochard (17.11.13) *Litiumionebatterier Slik fungerer batteriet som endret verden.* Tu.no
http://www.tu.no/industri/2013/11/17/slik-fungerer-batteriet-som-endret-verden

Wang, Wei. (2012) *Vanadium Flow Redox Batteries*. U.S. Department of Energy
http://energy.gov/sites/prod/files/VRB.pdf

Wikipedia, *Mercury battery*
https://en.wikipedia.org/wiki/Mercury_battery

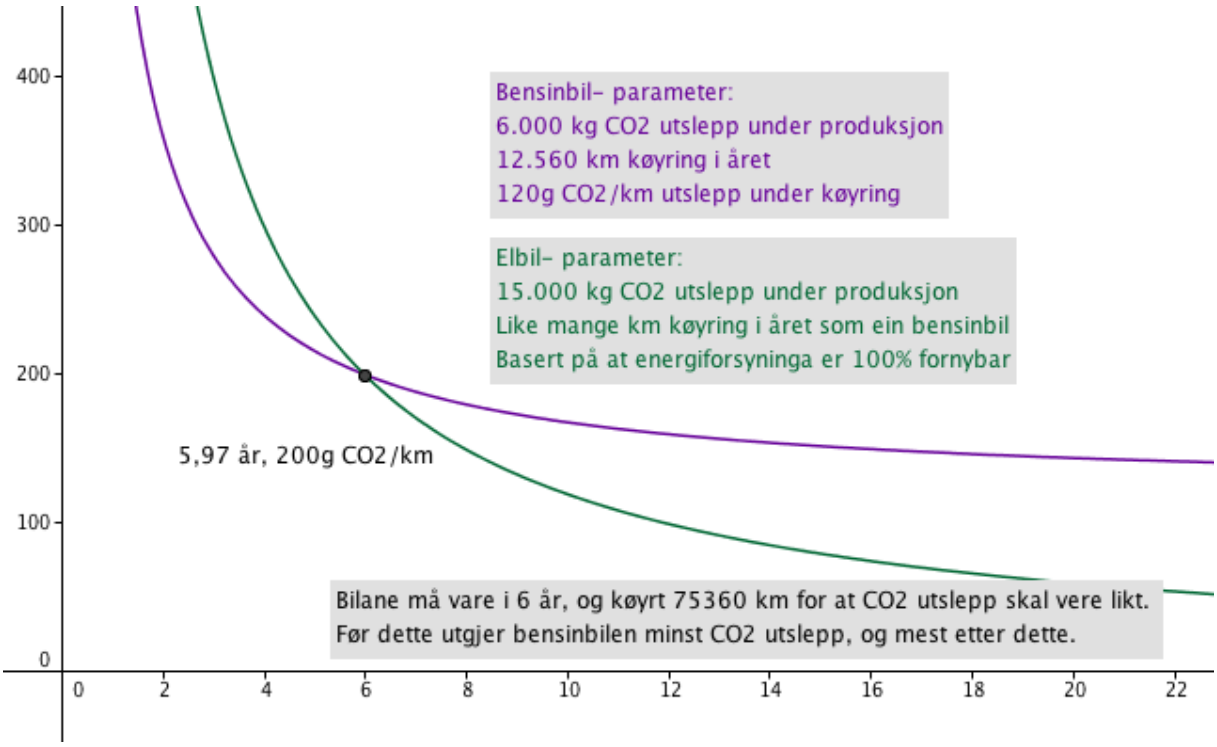
Vedlegg 2: Utrekningar av CO_2 utslepp på elbil i forhold til bensinbil

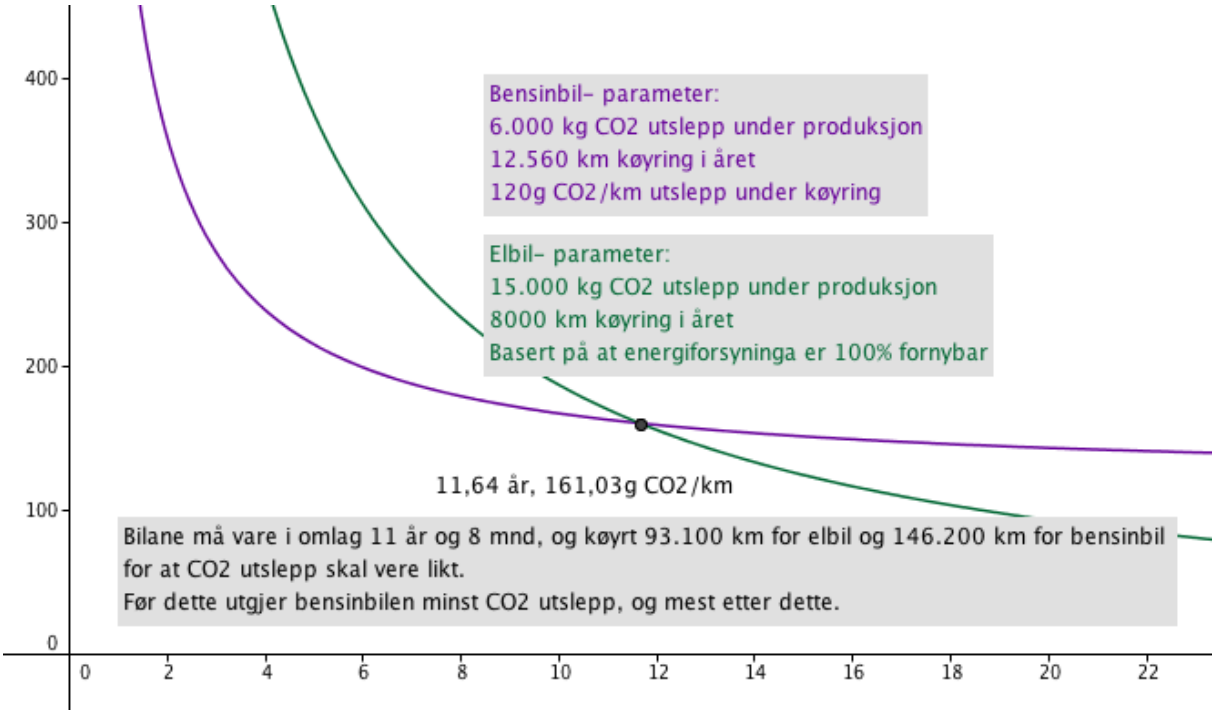
Gjennomsnittleg CO_2 utslepp for nye bilar med bensin eller dieselmotor er 120 og 131 g/km (OFV). Produksjonsutslepp for bensinbilar ligg rundt 6000 kg/CO_2 og 13.000 til 15.000 kg/CO_2 for ein relativt liten elbil (Sandtrøen). Årleg køyrelengde til elbil er i følgje tal Stavseth har frå SBB rundt 5721 km/år (Stavseth), og rundt 12.560 km for ein gjennomsnittleg personbil. Ved formel kan ein rekne ut forventa CO2 utslepp for bilen. Her er brukt tre forskjellege årlege km-avstandar: 12.560 km/år, 8.000 km/år og 5721 km/år.

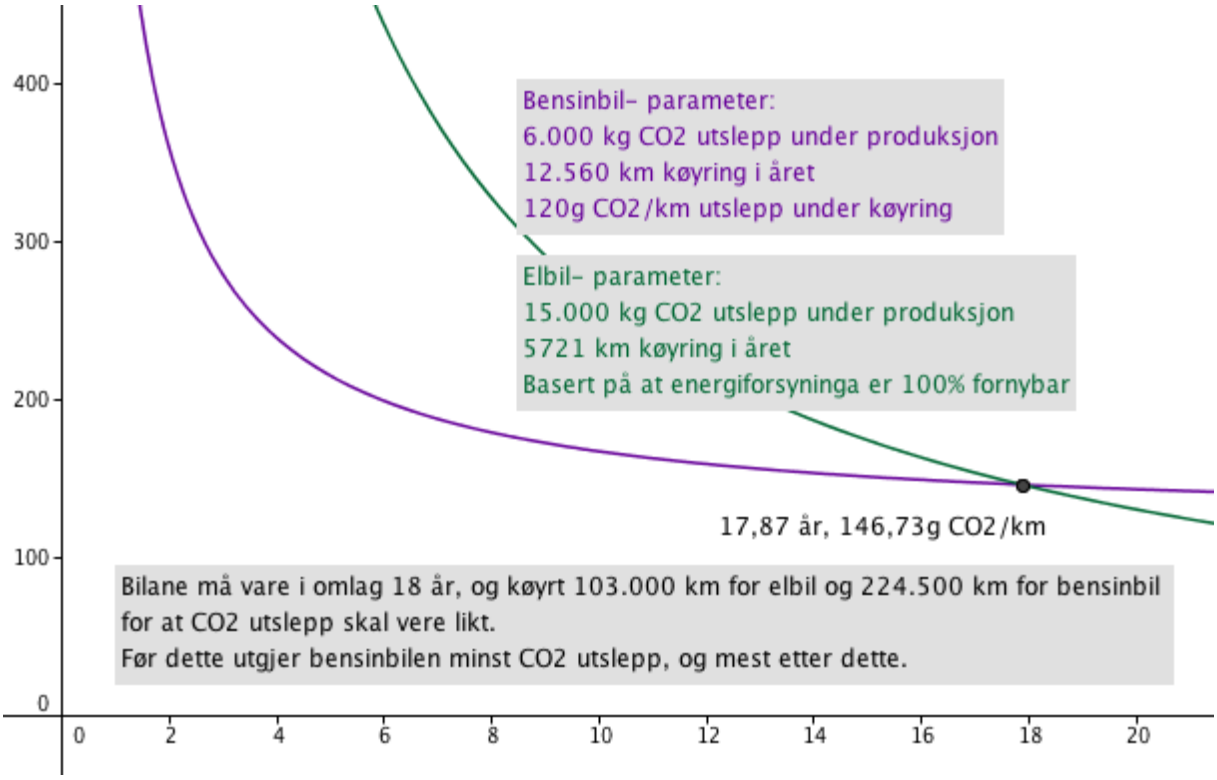
Formel:

$$\frac{utslepp\ av\ CO2\ under\ produksjon}{(årleg\ køyrelengde\ i\ km \cdot forventa\ år\ levetid)} + CO2\ utlsepp/km\ = samla\ CO2\ utslepp$$

Grafisk framstilling av ulike årlege køyrelengder:







OFV, Opplysningsrådet for Veitrafikken AS, *Bilsalget i august*
http://www.ofvas.no/bilsalget-i-august/category667.html

Sandtrøen. (20.07.14) *Skitten produksjon av rene biler*. Aftenposten

http://www.aftenposten.no/okonomi/Skitten-produksjon-av-rene-biler-7642266.html
Stavseth, Erik. (02.07.14). *Elbil og tallmagi*. DN

http://www.dn.no/meninger/debatt/2014/07/02/2155/Elbil/elbil-og-tallmagi

Vedlegg 3: ***Ove Normann (18.09.15) utdrag frå epost:***

”Du er fri til å bruke all informasjonen fra forelesningen. Vedrørende sammenlign bensin og batteri som energibærer så er tommelfingerregelen:

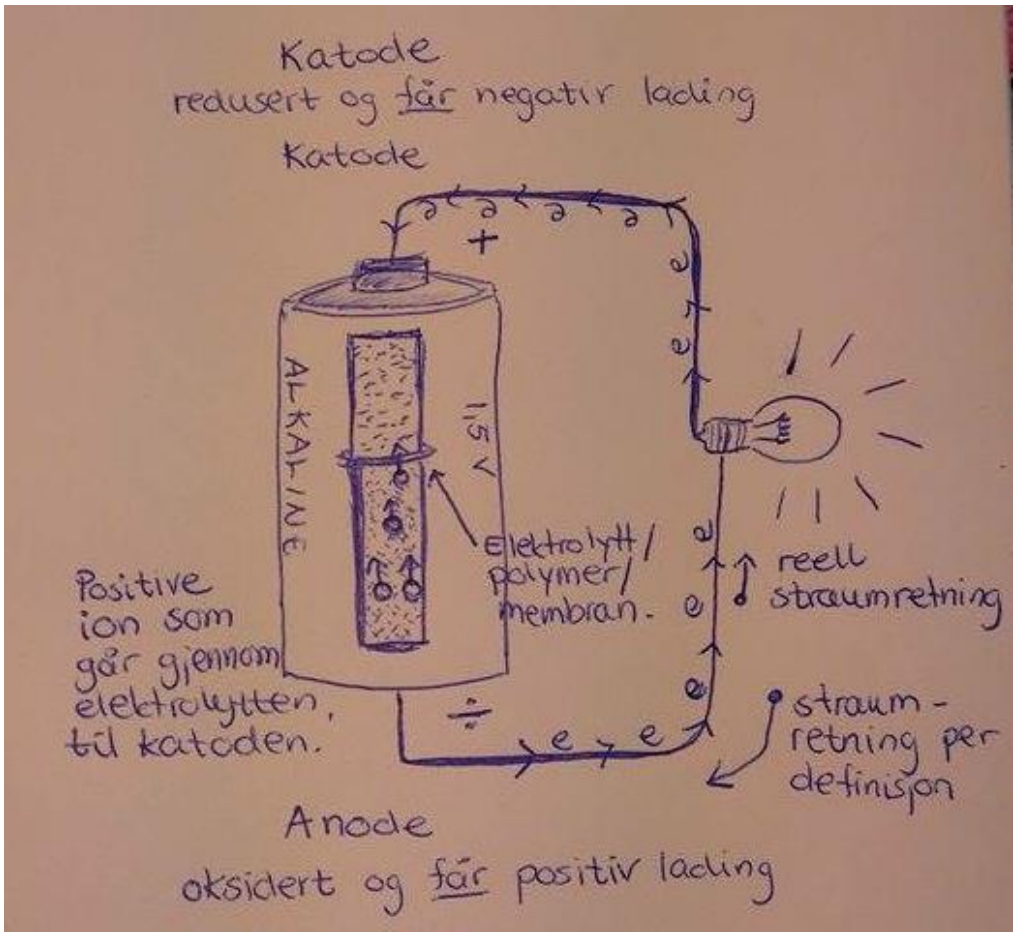
Bensin inneholder ca 11 kWh/kg bensin. På grunn av dårlig virkningsgrad i motoren klarer vi å utnytte ca 4,5 kWh/kg bensin tilført propell.

Batteriene vi benyttet på Beffen og var tiltenkt EF Ole Bull har en energitetthet på ca 0,1 kWh/kg batteri når 100% ladet. Vi kan ikke utnytte all energien opplagret i batteri, men ca 85% av energien i batteriene kan nyttes. Grunnen er at Li-ion batteriene ikke egner seg til utlading under 10% energitetthet.

Sammenligner vi bensin og batteri som energibærer så må vi ha ca 50 ganger mer batteri målt i kg versus bensin for å ha den samme energimengden. I en "Tesla" er batteritettheten ca 0,22 kWh/kg batteri som tilsvarer ca 22 ganger mer batteri målt i kg versus bensin. Fordelen med batteri er at energiene fornybar.

Når vi installerer batteri i fartøy beregner vi batterikapasiteten basert på tilgjengelig kapasitet og hvor hyppig og vi kan lade i løpet av en dag.”

Vedlegg 4: Bilete



Batteripakke frå Beffen. Passasjerferja går på Vågen i Bergen.

Ferja mellom Valestrand – Breistein. Ferjesambandet kunne fått den første elferja i Norge. Det vurderast no brencelceller på hydrogen med batteri som buffer. Foto: Joachim Vedå.

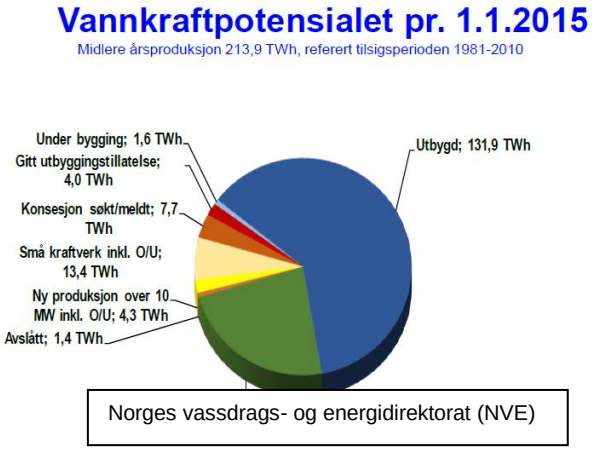
Tekst: Bernhard Hesthag

Norsk vannkraft, en nøkkelspiller i det europeiske lavutslippssamfunnet.

Vannkraft kan være med å spille de andre fornybare energikildene gode, sier Killingtveit, professor ved NTNUs institutt for vann og miljøteknikk. Fordi vannet kan lagres i magasiner, kan strømmen produseres når sola ikke skinner og vinden ikke blåser. (Anders Bjartnes, 2°C, 2015)

Produksjon av elektrisk strøm i Norge.

I Norge har vi rik tilgang på fornybar elektrisk energi gjennom 1510 små og store vannkraftverk (NVE 01.01.15). Det produseres gjennomsnittlig ca. 130 TWh et vanlig år, noe som tilsvarer ca. 98 % av Norges forbruk av elektrisk energi. Vannkraft står for ca. 16 % av verdens elektrisitetsproduksjon til sammenligning. Som vi ser av figuren er det et vannkraftpotensial i Norge på 213,9 Twh. Mye av dette blir sannsynligvis ikke utnyttet som følge av verneinteresser og økonomi i prosjektene. Fra den første generatoren som produserte elektrisk strøm i Norge i 1877 og fram til i dag, ser vi en omfattende utbygging og effektutbygging fra 200kW til 30674 MW. De minste kraftverkene står i dag for bare noen hundre kw til 1200MW i Kvilldal Kraftverk i Suldal.



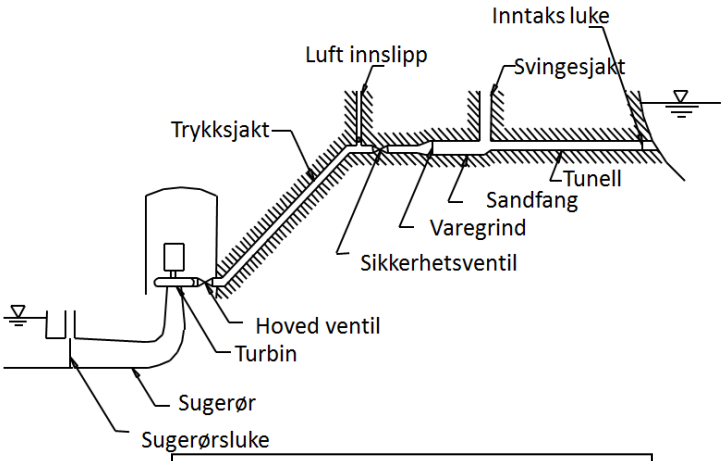
Vannkraftverk i Norge og andre steder i verden bruker indirekte solenergi til å produsere elektrisk strøm. Solen varmer opp havet og overflatevann. Det skjer en fordamping og vannet stiger i form av vanndamp. Vanndampen kommer ned på jorda igjen som regn, snø eller hagl. Når vanndampen når høyere luftlag og blir nedkjølt. Vannet er energibærer og har blitt tilført potensiell energi når det ligger høyere enn havet. Dette tilsier at store vannmasser har mye energi sammenlignet med lavereliggende områder.

I et vannkraftverk utnytter vi den potensielle energien som ligger i fjellmagasiner og elver til å produsere elektrisk strøm. Dette får vi til ved at den potensielle energi i vannet går over til bevegelsesenergi på veg ned fra fjellet, og energien utnyttes i turbiner som er koblet til en generator. Generatoren produserer elektrisk strøm som kan transformeres opp i en lokal transformator og sendes over lengre distanser til områder der den trengs. Spenningen transformeres videre ned til ønsket spenning og kan brukes der vi bor. Strømmen vi trenger må produseres i det øyeblikk vi trenger den, noe som fører til at vannmengden må reguleres

nøyaktig for å imøtekomme etterspørselen til enhver tid. Systemet er fleksibelt og energi kan lagres fra nedbørsrike deler av året til tider av året med mindre nedbør. Et oppdemmet vann er en energibærer som fungerer som et batteri. Men ved lite nedbør har vi ikke noen mulighet til å skaffe vann og dermed elektrisk strøm. Det kan føre til strømmangel og høye energipriser. Vannkraft er fornybar så lenge vi har det hydrologiske kretsløpet.

Opprusting og utvidelse av eksisterende vannkraftverk

Gjennomsnittsalderen til norske vannkraftverk er 45 år. Alderen tilsier at det er tid for modernisering, effektivisering og ombygging. Et anlegg som blir satt ut av produksjon på grunn av feil eller skader vil påføre eieren et stort økonomisk tap.



Vannkraftverk Ole Gunnar Dahlhaug, NTNU 2015.

Dersom konsesjonsvilkårene tilsier det, kan et eldre vannkraftverk opprustes eller utvides noe. Med opprusting menes å

- utvide tverrsnitt i vannveiene for å redusere fall tap.
- modernisere og automatisere kraftverket for å øke virkningsgraden, redusere driftsutgiftene og forbedre driftssikkerheten.

Vi kan og se for oss en utvidelse av eksisterende anlegg. En utvidelse kan være å

- overføre vann fra ikke utnyttede områder, eller føre vann fra ett område til et annet som kan utnytte det bedre.
- øke eksisterende magasiner eller etablere nye.
- utnytte fallhøyden bedre. Vi kan bygge nye kraftverk eller heve overvannet eller senke undervannnet.
- øke maskininstallasjonen/slukeevnen for å få mer effekt på maks kapasitet og å reduser flomtap

Det er gjort kartlegginger som tilsier at opprusting og utvidelser kan gi økt produksjon i størrelsesorden 6,1TWh ved utgangen av 2014. (NVE) Det har skjedd en utvikling i teknologi de siste 20 år. Den viktigste utviklingen har skjedd innen turbinvirkningsgrad. Bruk av 3-D hydraulisk strømningsmodeller har muliggjort forbedringer for spesielt Pelton og Francis turbiner. En oppgradering kan nå heve toppvirkningsgraden fra 90 % til 95 %. Tidligere regnet en 93 % som maks virkningsgrad. Dette kan øke lønnsomheten i et oppgraderingsprosjekt så mye at det vil lønne seg på sikt.

Overføring av mer vann og økt regulering fører ofte med seg ombygging av gamle kraftverk. Samlet sett kan ombygging og økte overføringer gi bedre lønnsomhet. Men det er disse prosjektene som bringer inn miljøproblemer.

Hvordan ser vi for oss framtidens energibehov i Europa?

Et scenario for kraftforbruket det neste tiåret er en svak jevn vekst på omkring 0,6 % årlig. (ENTSO-E, 2011). Årsaker til økningen er befolkningsvekst, høyere inntekter og synkende gjennomsnittsstørrelse på husholdningene. Økt elektrifisering av transportsektoren bidrar også. Eu har arbeidet for satsing på fornybar energi og energieffektivisering. EUs såkalte 20-20-20 mål for 2020 er

- 20 prosent av EUs energiproduksjon skal komme fra fornybare energikilder
- 20 prosent økt energieffektivisering fra 1990-nivå
- 20 prosent reduserte klimagassutslipp fra 1990-nivå

Tyskland har lagt om sin energiproduksjon og omtrent 35 % av sin elektriske energi er fra fornybare kilder. Sol og vindkraft står for en stor andel. Tyskland har mål om 80 % innen 2050. Da må mange kull, gass og kjernekraftverk stenges. Den jevne produksjonen fra disse anleggene uteblir. De fornybare kildene som vind og sol kan ikke love samme forutsigbarheten i produksjon.

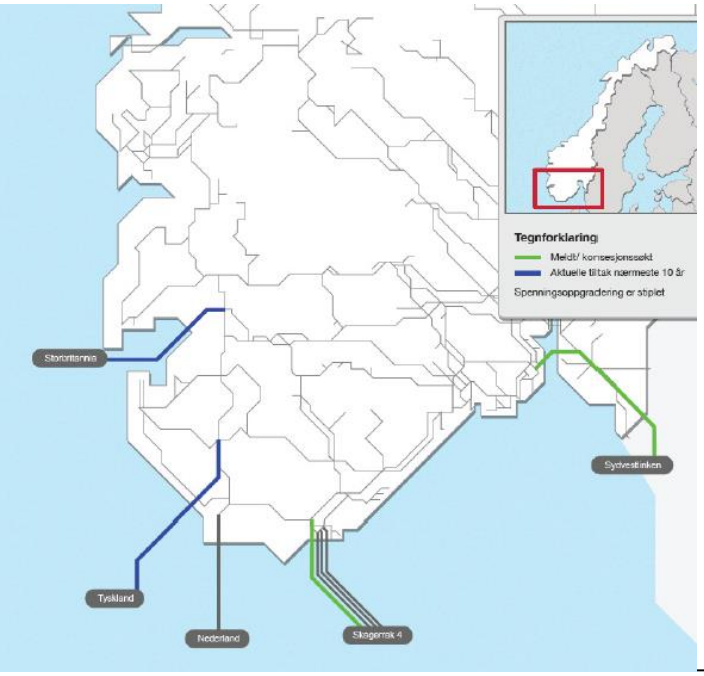
Dette tilsier at Europa trenger større fleksibilitet i energiforsyningen sin. Behovet for rask tilgang på elektrisk kraft i det øyeblikk produksjonen går ned som følge av lite vind eller sol er viktig. Det er i dette markedet norsk vannkraft kommer inn. I perioder med lite vind og sol kreves det lagringskapasitet for korte eller lengre perioder. Jo større andel fornybar kraft fra blant annet sol og vind, jo større må energilagringsreserven være. Norsk vannkraft kan være med å levere denne lagringskapasiteten. Norge har med sin unike natur hele 50 % av Europas totale energilagringskapasitet i eksisterende vannkraftmagasin. Utredninger fra forskningssenteret CEDREN viser at Norge kan levere 20.000 MW og 5 Twh lagringskapasitet. Dette med en oppgradering av allerede eksisterende kraftverk og etablering av utenlandskabler. Alternative lagringsmåter, kan være

- Batterier av ulik type
- Svinghjul
- Trykkluft
- Pumpekraftverk

Det europeiske elektrisitetsmarkedet vil måtte tilpasse seg en situasjon der det ikke er så lett å øke produksjonen raskt. De store etterspørselstoppene etter elektrisk strøm må unngås, forbruket bør fordeles jevnt utover en tidsperiode. Effektprising er et virkemiddel for å

unngå effekttopper. Det betyr at dersom forbrukeren henter ut mye effekt, blir prisen høyere. Ved å vente med å lade el-bilen eller bruke varmtvannstanken til tider det er mindre forbruk, kan en effekttopp unngås og kraftprodusenter og strømnettet kan håndtere situasjonen.

Dersom overføringskapasiteten via elektriske kabler bygges ut til blant annet Tyskland og England, og Norge tar rollen som Europas batteri, må vi være klare over noen ulemper. Prisnivået på elektrisk strøm i Norge kan komme til ligge nærmere europeiske priser, altså en økning. Det vil føre til økte naturinngrep i Norge som følge av oppgradering av norske kraftverk og økt magasinkapasitet. Vannkraft vil gå inn i gasskraftmarkedet og konkurrere med eksport av norsk gass til europeiske gasskraftverk. Lokalt vil vi måtte tåle naturinngrep, mens gevinsten i reduserte utslipp av CO_2 er en global gevinst.



Kart over Statnetts utlandsforbindelser, "*Nettutviklingsplan 2011*" (Statnett 2011)

Kostnadene med oppgraderinger og sammenknytning til Europa er store. Skal vi inn i dette markedet er det naturlig å bygge om flere norske kraftverk til pumpekraftverk.

Pumpekraftverk i Norge.

Et pumpekraftverk er et vannkraftverk som i perioder med overskuddskraft i markedet pumper vann fra nedre vannmagasin til det øvre vannmagasinet. Dette er en gunstig måte å lagre store mengder energi på, og kan gi stor effekt. Noen pumpekraftverk er laget slik at turbinen kan kjøres begge veier og dermed også fungere som en pumpe. Andre pumpekraftverk har separate pumper. Når vannet pumpes tilbake til vannmagasinet fungerer generatoren som pumpe.

I Norge har pumpekraftverk vært brukt til sesonglagring av energi fra sommer til vinter og utnyttelse av nedbør. Det største pumpekraftverket i Norge er Saurdal i Rogaland.

Pumpekraftverk har høy virkningsgrad. Det er mulig å gjenvinne 80 % av energien som puttes inn.

Norske kraftverk er konstruert for mest mulig kontinuerlig drift og med tanke på produksjon av elektrisk strøm. Et pumpekraftverk vil måtte ha flere start og stopp, og veksling mellom generatordrift og som pumpe. Oftere start-stopp og generator-pumpe veksling kan føre til materialtretthet og sprekker i for eksempel turbinen. Skifte fra generator til pumpe tar ca. 20 min i Saurdal. Slike skifter forekommer 5-7 ganger i uken om sommeren eller når prisen er lav. Det arbeides for å få dette til raskere. Det blir nødvendig for å imøtekomme fremtidens krav om fleksibilitet i strømproduksjonen. Dinorwig pumpekraftverk i Wales kan til sammenligning skifte fra turbin til pumpe på 7,5 minutter. Kraftverket kan ha opptil 40 skifter pr dag.

Smartgrid

Smartgrid (SG) er fremtidens kraftsystem som tar i bruk IKT og nye måle og styresystemer. Når Europa legger opp til mer bruk av fornybar kraft som er vanskeligere å regulere, vil det bli behov for smarte og fleksible nett. Det blir behov for et nærere samarbeid mellom produksjon og energilager. I Norge knyttes vi opp til SG og vil i perioder med lite sol og vind kunne produsere elektrisk strøm for det europeiske markedet. I perioder med mye sol og vind og lavt forbruk, vil vi kunne kjøpe rimelig overskuddskraft for å kunne pumpe vann tilbake i norske vannmagasiner. Denne løsningen krever at det er tilstrekkelig differanse mellom prisen vi selger kraften vår for og prisen vi kjøper overskuddskraft for.

SG vil bli viktig for å regulere sikker strømforsyning, jevne ut effekttopper og sørge for tilstrekkelig kapasitet til enhver tid. Koblet opp mot effektprising vil SG og forbrukeren kunne sørge for mindre strømforbruk og/eller jevnere fordeling av forbruket. Forbrukeren vil få bedre kontroll over eget forbruk og priser.

Ved å investere i pumpekraftverk og oppgradering av norske vannkraftverk vil Norge sannsynligvis kunne øke inntjeningen på sine anlegg. Norge vil delta i den grønne omleggingen som foregår i Europa og bidra til lavere globalt CO_2 utslipp.

Kilder:

Europas behov for fleksibilitet, Jørgen Bjørndalen, EC group as, 2011
2014- World atlas &I ndustri guide, International Journal of Hydropower & Damns
Aftenposten 10. November, Norge må bli Europas batteri, Kaspar Vereide, Magnus Korpås NTNU
Ole Gunnar Dahlhaug, NTNU 2015.
http://smartgrids.no/senteret/about-smartgrid/
http://www.nve.no/no/Energi1/Fornybar-energi/Vannkraft/
http://www.fornybar.no/vannkraft
http://www.fornybar.no/energipolitikk
http://www.fornybar.no/kraftmarkedet
http://www.bbc.co.uk/bitesize/ks3/geography/places/awesome_areas/revision/11/
http://www.vindportalen.no/nett-og-system/utenlandsforbindelser.aspx
http://www.statnett.no/Documents/Kraftsystemet/Nettutviklingsplaner/Nettutviklingsplan%202011.pdf
https://no.wikipedia.org/wiki/Vannkraft

Tekst: Lise Bjerkestrand Skaret

Vinn-vinn-situasjon med vind og vann

Fornybar kraft har utfordringer knyttet til forsyningssikkerhet, da denne ofte er ferskvare. Vindkraft og solenergi gir kun øyeblikkelig produksjon av energi og har ikke muligheter for lagring. Effekttopper i forbruket gjør at man må ha kapasitet til å produsere mer strøm disse periodene enn man har behov for resten av døgnet. Vannkraft kan derimot lagres, men er utsatt i perioder med lite tilsig av nytt vann. Jeg vil se på potensiale og hovedutfordringer ved utbygging av offshore vindkraft, og se på muligheten for å lagre overskuddsenergi som stillingsenergi i vannreservoarene.

Krise for klima og biologisk mangfold

Blant fagfolk er det ikke lenger tvil om at menneskeskapte utslipp av klimagasser, som CO_2, fører til økt konsentrasjon av disse i atmosfæren, og at det er en sammenheng mellom forhøyede klimagasskonsentrasjoner og en forhøyet gjennomsnittstemperatur på jorda. [2] Kun 1 % av den ekstra energien som har blitt værende på Jorda på grunn av den økte drivhuseffekten, i årene 1970- 2010, har gått til oppvarming av atmosfæren. Mesteparten av energien som har blitt værende i klimasystemet har gått til oppvarming av hav. For hvert tiår siden 1971 har de øverste 75 meterne av havene fått en temperaturøkning på 0,11 ^{o}C. Med tanke på dette kan vi forstå at folk ikke merker at det har blitt varmere på jorden. Siden den industrielle revolusjon har i tillegg opptak av CO_2 i havene ført til at pH i overflatevannet har gått ned med en verdi på 0,1, noe som tilsvarer en forsuring på 26 %.

Et viktig poeng å formidle fra dette er at energiregnskapet går veldig fint opp, ved at de store mengdene klimagasser som har blitt sluppet ut har ført til oppvarming av havene i stedet for at overflaten på Jorden. Et annet viktig poeng er at CO_2 i seg selv, uten å virke som klimagass, påvirker livet i havet negativt.

Når CO_2 løser seg i vann vil det gjøre vannet surere og dermed påvirke karbonatsystemet, som er et samspill mellom de to kjemiske forbindelsene HCO_3^- og CO_3^{2-}. Ved en liten endring i pH-verdi vil balansen mellom disse to forbindelsene påvirkes. Ved forsuring vil mer karbonat (CO_3^{2-}) gå over til bikarbonat (HCO_3^-). En av utfordringene ved dette er at mange organismer i havet bruker karbonat når de lager skjelettet sitt, f.eks. snegler, muslinger og krabber. Mangel på karbonat går i tillegg ut over korallrev som er et viktig økosystem, og mikroskopiske fytoplankton, som er essensielle for hele den marine næringskjeden. [3]

---

[2] http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

[3] http://www.scientificamerican.com/article/rising-acidity-in-the-ocean/?page=2

Det er derfor ingen bærekraftig løsning å fortsette å bruke fossile energikilder som slipper ut massive mengder CO_2, som både fører til forsuring av havene og økt drivhuseffekt. Vi må finne et alternativ for å garantere forsyningssikkerhet av elektrisk kraft, uten at det ødelegger artsmangfoldet og våre muligheter til å leve på denne planeten på det viset vi kjenner i dag.

Kraftstatus i Europa og Norge

Europa importerer over halvparten av den elektriske kraften som brukes. [4] Av installert kapasitet kommer over 40 % av den elektriske kraften fra kull og gass. I 2014 utgjorde vindkraft 14 % av energimiksen i Europa. [5]

I Norge blir det produsert mer elektrisk kraft enn det vi forbruker. Likevel har vi de siste 5 årene importert mellom 3 og 12 % av strømmen vi forbruker årlig fra andre land i Europa. I 2014 importerte vi nærmere 8 % eller 6503 GWh elektrisk kraft. [6]

99 % av all kraftproduksjon i Norge kommer fra vannkraft. Det norske vannkraftsystemet har i løpet av året store variasjoner i tilsig av vann til vannmagasinene. Hvert år er vannmagasinene halvfulle omtrent fra mellom uke 6-10 til mellom uke 21-27, det vil si minst ti uker på våren.[7] Grunnen til at vi importerer elektrisk kraft er at det i perioder med lite tilsig er lite gunstig å tømme reservoarene ytterligere for å produsere strøm. Kraftprodusentene kan også velge å beholde vannet i reservoarene til kaldere perioder der strømprisene er høyere. [8]

Vindkraft

Den 9. juli 2015 produserte Danmark kraft nok til å dekke 144 % av energiforbruket sitt bare ved vindmøller.[9] I Norge dekker vi 1,7 % av det nasjonale energibehovet ved å produsere vindkraft. Dette er 856 MW installert vindkapasitet. Til sammenligning har Kina 114 599, Tyskland 39 153 og Spania 22 986 MW. [10]

Vindenergi har visse ulemper. Vindmøllene må være 50-100 meter høye og plasseres på utsatte steder, noe som betyr at de er godt synlige. Det kreves en sikkerhetssone på ca. 50 meter i alle retninger rundt vindmøllen pga. risiko for at konstruksjonsdeler eller isklumper slynges av, og støy og elektromagnetiske forstyrrelser kan være et problem. De kan også

---

[4] http://ec.europa.eu/priorities/energy-union/index_en.htm
[5] http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/EWEA-Aiming-High.pdf

[6] https://www.hafslund.no/strom/bedrift/produksjon__forbruk__import_og_eksport_av_elektrisk_kraft__gwh_/2064

[7] http://vannmagasinfylling.nve.no/Default.aspx?ViewType=AllYearsTable&Omr=NO
[8] http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Forbrukersider/Kraftmarkedet/
[9] http://www.ewao.com/a/1-denmark-just-produced-140-of-its-electricity-needs-with-renewable-wind-power
[10] http://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2014/2014%20AR_smallfile.pdf

påvirke fugleliv, og det kan være uventede konsekvenser for miljøet når store deler av vindenergien fjernes. [11]

De fleste av disse ulempene unngås ved å plassere vindparken offshore. Vindhastigheten er også mye høyere ute på havet. Ved 80 meters høyde ligger vindhastigheten i gjennomsnitt på ca. 7 m/s i vindmølleparken på Smøla, mens den i Nordsjøen er nærmere 11 m/s. [12] Statoils prosjekt *Dudgeon Wind Farm* på sørøstkysten av England står på monopiler på 18-25 meters dyp og opererer med en gjennomsnittlig vindhastighet på 9,8 m/s.[13]

Når det gjelder offshore vind så var det mot slutten av 2014 tretten land som hadde tatt i bruk slike systemer, med 9327 MW kapasitet i de opererende vindmøllene til sammen. Bare i løpet av 2014 la landene som er med i IEA Wind til 2525 MW med offshore vind. Flere av landene har mål om å sette opp offshore vindsystemer og gjør god fremgang. For eksempel nådde Tyskland halvparten av målet sitt (6,5 GW innen 2020) i 2014.

I Frankrike er flytende vindsystemer et veldig aktivt forskningsområde. Korea er underveis med konstruksjon av et offshore demonstrasjonskraftverk som er 16,6 ganger større enn Smøla vindpark. Innen 2020 forventes det at offshore vind har nådd 10 GW i Storbritannia. Offshore vind blir sett på som det neste store området for ekspansjon innen vindutvikling i de fleste land med kystlinjer. I USA alene forhindret vindutnyttelsen omtrent 125 millioner tonn CO_2-utslipp og forbruk av mer enn 357 milliarder liter vann i 2014. Dette innebærer vindturbiner med en kapasitet på 65877 MW og 4,4 % av landets energibehov. [14]

Hipp som happ med olje eller vind

Så hva bør være Norges rolle i utviklingen av offshore vind? Vi produserer allerede kun grønn kraft, med 99 % fra vannkraft og 1 % fra vind.

European Wind Energy Association forutser at 53,7 % av elektrisiteten som forbrukes i Europa i 2030 kan komme fra grønne teknologier, og at 28,2 % av dette vil være vindkraft. En slikt grønt skifte vil føre til en økning i arbeidsplasser i EU på 366 000 jobber i vindindustrien alene. [15]

I Norge finnes det mye kompetanse innen olje og gass, ved at vår offshoreindustri er av verdens mest avanserte. Norsk arbeidskraft har kunnskap om maritime operasjoner som er i

---

[11] Holter, Ø., Ingebretsen, F., & Parr, H. (1979). *Fysikk og energiressurser*. Universitetsforlaget.

[12] http://www.nve.no/PageFiles/3912/kartbok1a_4140.pdf?epslanguage=no

[13] http://dudgeonoffshorewind.co.uk/about/facts_and_figures.php

[14] http://www.ieawind.org/annual_reports_PDF/2014/2014%20AR_smallfile.pdf

[15] http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/EWEA-Aiming-High.pdf

verdensklasse.[16] Mye av denne kompetansen kan overføres til utvikling av fornybare energikilder som offshore vind. Teknologi og logistikk vi i dag benytter til oljeplattformer vil kunne benyttes innenfor flytende vindmøller. Oljen må fases ut hvis vi skal ta tak i klimakrisen. I stedet for en frykt for at det blir mange arbeidsledige, kan vi heller se på det som en mulighet til å benytte kompetent arbeidskraft fra oljesektoren til å utvikle vindkraften.

I 2009 sjøsatte Hydro og Statoil den flytende vindturbinen *Hywind*, som er 65 m høy og har en kapasitet på 2,3 MW. Stålsylinderen stikker 100 m under havoverflaten og er festet til havbunnen med ankerfester.[17]

Forsyningssikkerhet:

I Norge forbrukes det mye mer strøm i vintermånedene, da den går til oppvarming av bolig og næringsbygg. Det er i tillegg sannsynlig at det vil opptre effekttopper i strømforbruket på morgenen mellom klokka 8 og 10, når alle sektorer har sine morgentopper i forbruket.

Det finnes to måter å møte energibehovet under effekttopper på uten å importere strøm fra fossile energikilder. Den ene er å spare strøm i perioder med høyt forbruk og forflytte noe av forbruket til mindre belastede deler av døgnet. Den andre er å lagre energien.

Et tiltak for å redusere toppbelastningen kan være tidsdifferensiert prising over døgnet, slik at det er dyrere å bruke strøm når belastningen på nettet er høy. Et annet tiltak kan være en styrt og kontrollert utkobling av f.eks. varmtvannstanker av kraftselskapene under effekttopper. [18]

I tillegg til å omfordele belastningen i løpet av døgnet, bør det gjøres noe med at vi i løpet av kalde perioder belaster nettet mer enn den tilgjengelige effekten vi får fra vannkraftverk. Vindkraften har den ulempen at kraftproduksjonen så å si er konstant, noe som ikke er tilpasset forbruket i effekttopper. For å satse på offshore vind i Norge trenger vi å sette den inn i et system for å lagre overskuddsenergien fra perioder med lavt forbruk til høyt. Med tanke på at det er produksjon og installasjon av vindmøllene som gir utgifter, og det ikke koster noe å holde vindmøller gående, vil det være bortkastet ikke å la de gå konstant.

---

[16] http://gemini.no/2013/09/vindkraft-i-flytsonen/

[17] http://www.statoil.com/no/TechnologyInnovation/NewEnergy/RenewablePowerProduction/Offshore/Hywind/Pages/HywindPuttingWindPowerToTheTest.aspx

[18] https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/oa_200806/ericson.pdf

For at det skal være appellerende å investere i vindmøller bør investorene få forsikring om at strømmen blir kjøpt selv om det er i en periode med lavt forbruk. Siden Norge er så stor på vannkraft hadde det vært interessant å se på muligheten for å bruke overskuddsenergien produsert av vindmøller for å pumpe vann opp i reservoarene igjen, slik at vannkraftverket kan produsere strøm ved en senere anledning. Dette kan for eksempel gjøres til ulike tider av døgnet, ved å pumpe vannet opp om natten, og produsere strøm i vannkraftverket om dagen. Og vi kunne pumpet opp vann i de 10 ukene på våren da reservoarene er halvfulle og vi har et energiunderskudd, som fører til at vi må importere strøm fra andre land. I tillegg kan vannkraftverkene effektiviseres for å tømme reservoarene fortere og slik frigjøre plass til å pumpe opp vann med overskuddsenergi fra vindkraften.

I en overgangsfase der en hel verden trenger å gå over til grønnere energikilder, og samtidig ivareta forsyningssikkerheten, bør vi som rik oljenasjon tilstrebe å gjøre oss helt uavhengige av å importere strøm som stammer fra kullkraft.

Hvordan gjøre offshore vindkraft lønnsom

Norge er del i et felles europeisk kraftmarked der det skal være lønnsomt å investere i fornybar kraft. Elsertifikater er en støtteordning for fornybar kraft slik som vindkraft. Eiere av nye kraftverk som produserer fornybar strøm kan søke om å få elsertifikater. Strømkundene finansierer ordning over strømregningen, gjennom at kraftleverandørene legger elsertifikatkostnaden inn i strømprisen. Kraftleverandørene blir pålagt å kjøpe elsertifikater for en viss andel av strømmen de selger.[19]

En klimakvote er en tillatelse til å slippe ut ett tonn med CO_2. Klimakvotesystemet regulerer derfor hvor mye CO_2 vi kan slippe ut. FN deler ut et visst antall kvoter til industrilandene som har signert Kyoto-protokollen. Disse kvotene setter et tak for utslippene som tilsvarer det totale antall tonn CO_2 som industrilandene kan slippe ut totalt og er mindre enn de forventede utslippene. Hvis vi i Norge klarer å redusere utslippene, får vi klimakvoter til overs, som kan selges til andre land. Kvoter kan også spares inn ved å investere i CO_2-reduserende tiltak i andre land, selv om dette landet ikke har forpliktelser etter Kyoto-protokollen. [20] I prinsippet kunne vi tjent penger på å selge våre ekstra kvoter til andre land hvis vi hadde valgt å bygge ut offshore vindkraft i et utviklingsland. Men siden prisene på klimakvoter bestemmes av tilbud og etterspørsel vil de bli solgt billig når det er mange kvoter tilgjengelig. Strategidirektør i Cicero, Knut Alfsen, mener at det i dag deles ut et for stort antall kvoter totalt og det trengs politiske grep for å gjøre det lønnsomt investere i vindkraft. [21]

---

[19] http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Elsertifikater/

[20] http://www.miljodirektoratet.no/no/Tjenester-og-verktoy/Video/Slik-fungerer-systemet-med-klimakvoter/

[21] http://gemini.no/2013/09/vindkraft-i-flytsonen/

Professor Ole Gunnar Dahlhaug ved Institutt for Energi- og prosessteknikk ved NTNU mener offshore vindkraft har et enormt potensiale, men det er ikke lønnsomt å investere i det. Han mener at strømleverandørene burde gjort en endring i strømregninga, slik at forbrukerne hadde betalt for effekt (kW) i stedet for energi (kWh). Dette ville trolig gitt mer bevisste forbrukere. Hvis man vet at strømmen koster mye mer i bestemte perioder av dagen vil mange la være å bruke unødvendig mye strøm i disse periodene for å spare penger. I tillegg kunne produsenter av vindkraft fått en bedre pris for strømmen sin i tidsrommet for disse effekttoppene.

Så blir det en vinn-vind situasjon?

Som diskutert i denne artikkelen har offshore vindkraft godt potensiale i Norge hvis den samkjøres med vannkraften. Vi produserer som sagt 100 % grønn energi allerede, men vi er i effektunderskudd i visse perioder og importerer da kraft som kan komme fra kullkraftverk. Hovedutfordringen med å satse på vindkraft er at det ikke er økonomisk lønnsomt, med for lite ambisiøse klimakvoter og et marked der elektrisk kraft er veldig billig. Vannkraften er ikke nok til å sørge for forsyningssikkerhet i Norge, men totalt sett eksporterer vi mer strøm enn vi importerer, og det går derfor godt økonomisk.

Dette blir enda en kamp mellom miljøhensyn og økonomisk lønnsomhet. Offshore vindkraft har som tidligere beskrevet noen utfordringer, men mange land satser allerede tungt på dette og utviklingen går raskt. Med de kunnskapene norske teknologer sitter inne med om maritime operasjoner og erfaringsbasen vi har fra offshoreindustrien, ligger alt til rette for at vi skal gå i spissen i denne utviklingen. I tillegg har vi det perfekte backup-system med vannkraftverkene som kan lagre energien når vindparkene produserer mer enn vi trenger. Ved å pumpe opp vann kan energien brukes i kalde perioder eller tidspunkter på døgnet der det er et høyt forbruk. Vi trenger ikke å bygge ut vannkraftverk i Norge, men kan benytte oss av dem vi har, og i tillegg kan vi se på muligheten for å effektivisere de eksisterende verkene med flere turbiner. Vindkraften kunne etter hvert blitt hovedenergikilden i Norge, der vannkraften ville fungert som et energilager man bruker av når det trengs en høyere effekt.

På denne måten vil vi produsere mer elektrisk kraft i Norge, som kan eksporteres til andre land i Europa. I tillegg vil vi bidra til utviklingen av grønn teknologi som egner seg ypperlig i land som har kystlinjer, men dårlig solinnstråling.

Alle linker er hentet fra internett 24.11.2015

Tekst: Gjertrud Jenssen

HAVENERGI

-Hvordan utnytte energien fra tidevannet?

I havet er det lagret store mengder energi. Denne energien finnes både i form av potensiell- og bevegelsesenergi. Havenergien kan blant annet utnyttes i form av bølgekraft og saltkraft (osmosekraft). I tillegg kommer tidevannskraft, som vi skal se nærmere på her.

Norge har en kystlinje som, inklusive alle holmer, sund og fjorder, er ca 60000 km lang. Dette burde gi gode muligheter for å utnytte havenergien som ligger i et tidevannskraft. Undersøkelser viser derimot at det er få områder sør for Bodø som er egnet. Blant annet fordi sund ikke ligger fordelaktig til i forhold til havstrømmene. I Norge er heller ikke forskjellen mellom flo og fjære stor nok til at det kan gi godt utbytte av tidevannets potensielle energi. Forskjellen varierer bare fra rundt 0,3 meter på Østlandet til om lag 2,1 meter ved Kirkenes. Det vil derfor være mer nyttig å se på mulighetene for å utnytte tidevannets bevegelsesenergi.

Havstrømmenes bevegelser kan sammenlignes med luftstrømmenes. Og kraften fra havstrømmene kan fanges opp ved hjelp av vanntubiner lik de vindturbinene vi ser på land. Selv om vannet ikke har samme hastighet som vindstrømmene, vil vannets høye tetthet føre til at kreftene som virker på vannturbinene er kraftigere enn de som virker på vindmøllene.

Det finnes flere typer tidevannsturbiner. Felles for dem er at de enten er festet til bunnen eller er flytende i vannmassene. De flytende turbinene kan være delvis eller helt under vann. Turbintypene har vært prøvd med både horisontal og vertikal akse. Den horisontale akseretningen synes å fungere bedre enn den vertikale, fordi vertikal akseretning er mer sårbar for blant annet drivved. Ved vertikal akseretning roterer turbinen rundt aksen, og vil derfor passe på grunt vann. Turbinen med horisontal akse fungerer på samme måte som en vindturbin. I tillegg har det også vært prøvd ut andre utforminger, deriblant «pendlende vinge» som virker som en åre som settes i bevegelse av havstrømmene og slik genererer energi. Et annet interessant prinsipp er «venturiprinsippet». Dette går ut på at vannet ledes gjennom en sjakt hvor det er montert en turbin. Vannet hastighet vil øke når området fra åpningen minskes og økt hastighet gir økt energi.

Når havstrømmene treffer turbinen vil denne rotere. Rotasjonen vil overføres til drivakslingen, som igjen er koblet til en generator. Generatoren omdanner havstrømmenes bevegelsesenergi til elektrisk energi som så kan overføres og transporteres til kraftnettet.

Fordelen med de bunnfaste vannturbinene er at de ikke vil være til hinder for sjøtrafikk, men vedlikeholdet på disse vil bli utfordrende og dyrt. De flytende vannturbinene vil være mer utsatt for mekanisk slitasje i form av bølger og også eventuelt havis. De vil også kunne oppfattes som visuell forurensning.

En tredje, og enda nyere tanke, er å se på muligheten for å integrere slike turbiner i blant annet bropilarer og på den måten gjøre broer og infrastrukturen rundt broanlegg selvforsynt med energi.

Havstrømmenes naturlige retur er en stor utfordring for turbinene. Det har vært gjort forsøk der turbinen skulle gå uavhengig av havstrømmenes retning, men det har vist seg å ødelegge mekanismene i utstyret.

Et alternativ er å ha turbiner som virker på hver sin strøm, altså en som fungerer når det blir høyvann, og en som fungerer når det går mot lavvann.
Sensorer vil kunne registrere endringer i havstrømmens retning og stenge av og starte opp riktig turbin. Teknologien her vil være tilsvarende den som registrerer vindhastigheten og stenger av vindturbinene ved for mye vind.

Tidevann.

Flo og fjære oppstår som følge av tiltrekningskreftene og bevegelsene mellom månen, jorda og sola. Tidevannet forflytter seg rundt jorda som følge av månens posisjon, og frer til høyvann, flo, i områdene som er nærmest og lengst unna månen. Lavvann, fjære, vil det være midt mellom.

Selv om tidevannet er forutsigbart, er det utfordringer med lagring av energien. Det finnes i dag ingen fullgode løsninger, noe som fører til lav lønnsomhet i utvinningen av tidevannsenergien. I tillegg til at estimert vil tidevannnskraft gi lavt utbytte. Ca 1TWh/år, noe som ogå er med på å redusere lønnsomheten.

Saltstraumen som, med sine 8 knop i strømvirvlene har stort potensial for utnytte tidevannskraft, er et eksempel utfordringer ved utbygging grunnet naturvern i området.

Foto:Knut Westvig, Stella Polaris AS

En annen ulempe er at utnyttelsen av havenergi kan påvirke sjøfart og fiske, samt skape konflikter rundt verneverdige områder. Et eksempel på en slik konflikt er ønske om å utnytte energien som ligger i Saltstraumen. Årsaken til at Saltstraumen er så attraktiv, kan forklares med at den ligner en kjempestor sjakt som fungerer etter venturiprinsippet som beskrevet tidligere.

Kilder:

http://ungenergi.no/fornybar-energi/energifrahavet/tidevannsenergi/

ENOVA potensialstudie havenergi 2007

http://www.havenergisenteret.no/categories/oceanEnergy/omHavenergi.shtml

Tekst: Vigdis Jonsen

Bioenergi fra trevirke – Er det konkurransedyktig i et Smart Grid nettverk?

Er bruk av skogressurser til bioenergi en løsning på energiutfordringen i framtida? Hvordan kan dette være et viktig bidrag eller tilskudd i et Smart Grid nettverk, sammenlignet med andre energikilder?

Bioenergi

I denne artikkelen ønsker jeg å belyse bioenergi som en fremtidig energiløsning. Bioenergi omfatter bruk av biomasse fra råstoffer som for eksempel trevirke, eller biogass fra husdyrgjødsel, avløpssslam og husholdningsavfall. Dyrking av oljevekster som raps, ryps eller andre energirike vekster man kan lage olje eller biodiesel av, er også med i denne kategorien.

Skogen som en framtidig ressurs

Jeg kommer til å ha hovedfokus på bruk av trevirke og skogavfall fra skogen som ressurs og hvordan man kan bruke denne ressursen til energiformål. Fra det levende treet fram til det ender opp som ved, flis eller pellets.

Norge sitter på store skogressurser hvor det legges vekt på at vi utnytter dette på en bærekraftig måte. I dag utgjør utnyttelsen av trevirke til bioenergi en forholdsvis beskjeden andel, sammenlignet med bruk av andre energikilder.

Olje- og energidepartementet (OED) har i Bioenergistrategien fra 2008, en målsetning om at bioenergi skal utgjøre 28 TWh innen 2020. I 2012 utgjorde den samlede bruken av bioenergi om lag 16 TWh. Av dette utgjorde ved 7 TWh, mens flis i industri- og næranlegg genererte 2 TWh og pellets/briketter beskjedne 0,5 TWh. Tallene har ikke endret seg mye siden da og potensiale for å øke disse energibærerne er dermed stor.

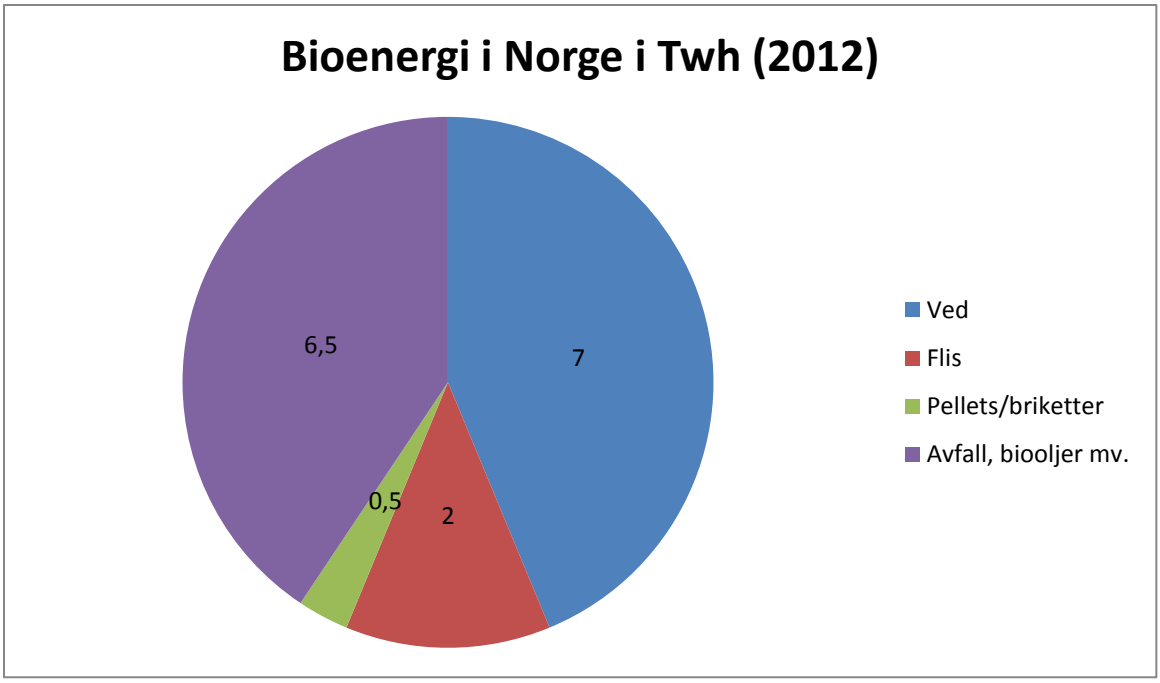


Fig. Vigdis Jonsen

Flis, pellets/briketter er på tur opp og er et satsningsområde for framtida. Det finnes i dag en del offentlige, så vel som private bygg som varmes opp av flis eller pellets. Og man har fått på plass en teknologi som gjør at CO_2 - utslippene er minimale. Økt satsing på bioenergi vil være et landbrukspolitisk steg i riktig retning i forhold til framtidig satsing i landbrukssektoren. Dette krever en langt bedre utnyttelse av skogressursene enn det vi legger opp til i dag. Til sammenligning produseres det sju ganger så mye energi fra biomasse i Sverige, som i langt større grad utnytter potensialet i avfall og biprodukter fra skogbruket enn det vi gjør i Norge (Skog og Landskap - NIBIO). Med skogsavfall, menes biomasse i form av greiner, stubber og avkapp som blir liggende igjen i skogen etter hogst (GROT). Her mener man at potensiale er langt større enn det vi utnytter i dag. I henhold til Skog og Landskap (NIBIO) bør minimum 1/3 av hogstavfallet ligge igjen i skogen for å opprettholde balansen i karbonkretsløpet. Skogavfall egner seg til flis. I tillegg kan restprodukter fra trelast- og treforedlingsindustrien nyttiggjøres. Produksjon av pellets krever en noe renere prosess enn produksjon av treflis og er langt mer energikrevende og kostbart å få til. I Norge har vi ikke helt fått dette til å lønne seg og oppstarten har vært treg. På den andre siden har pellets mer enn 3 ganger så høy brennverdi enn flis. Pellets er komprimert flis og det kreves en langt mindre mengde til forbrenning. Transportmessig hadde det også vært langt mere miljøvennlig med pellets enn den mengde flis som må fraktes i forhold. Hadde det ikke vært for at vi må importere pellets, blant annet fra Sverige.

Hvordan kan bioenergi fra trevirke inngå i et Smart Grid nettverk?

I et Smart Grid nettverk inngår gjerne flere energiløsninger som til sammen skal dekke energibehovet i et gitt område. Enten det gjelder en husstand, et tettsted eller en hel by. Energibærere som kan inngå i en Smart Grid løsning kan for eksempel være elektrisitet fra

solceller, vannkraft, vindkraft, bølgekraft, kjernekraft. Eller i form av varme fra ulike kilder som biomasse, jordvarme (termiske), kull, fossil olje og naturgass. I et slikt system kan bioenergi fra trevirke også inngå til oppvarming av husstander, næringsbygg og idrettsarenaer. Det er viktig å presisere at bioenergi fra trevirke genererer varme og ikke elektrisitet. I tilknytning til en del byer og tettsteder ligger det gjerne også industri som for eksempel er avhengig av flisfyring i sin produksjon. Dette genererer restvarme som kan anvendes til oppvarming av ulike fasiliteter i nærheten. Det er også en fordel om at tilgangen på flis er noenlunde lokal. Dette for å få ned transportkostnadene. I tillegg vil det også ligge en miljøgevinst i form av korte transportetapper med tanke på utslipp denne sektoren medfører.

Er bioenergi fra trevirke er konkurransedyktig prismessig i et Smart Grid system?

I forhold til dagens strømpriser, sliter skogsektoren med å være konkurransedyktig i forhold til andre energiaktører. I tillegg kan man si at varmepumpa er en konkurrerende faktor. Antall husstander med varmepumper har tatt seg voldsomt opp de siste 10 år. Varmepumpa har vist seg både svært energieffektiv og økonomisk lønnsom. I tillegg er den lite arealkrevende og det blir heller ikke noe søl, slik det blir fra ved eller flis. I tillegg synes mange det er greit å slippe å fyre opp i ovnen. Men er du for eksempel gårdbruker med egen skog, lønner det seg likevel å utnytte denne skogressursen. Og et flisfyringsanlegg på et gårdsbruk kan i tillegg, forsyne flere husstander og eventuelt andre bygg i nærheten. Et gårdsbruk eller en husstand kan også ha sitt eget Smart Grid system med flere energiløsninger som generer både varme og strøm. For eksempel flisfyring eller solfanger til oppvarming i kombinasjon med minikraftverk eller solcellepanel til å generere strøm. Mulighetene er mange, men det gjelder å finne smarte løsninger for å lagre overskuddsenergi. I ulike perioder gjennom året, vil det være mer eller mindre behov for oppvarming og elektrisitet og systemet må tilpasses deretter.

Skogen i framtiden

Skogen genererer arbeidsplasser for mange, når vi ser på verdikjeden i skogbruket. Enten det er skogsentreprenørene som hogger, skogbruksplanleggere, treforedlingsindustri, papirindustri og en rekke andre. Derfor er utnyttelse av skogen viktig også i et samfunnsperspektiv for framtiden. Skog er en ressurs som har en forholdvis kort omløpstid (70 – 100 år) og som stadig kan fornyes. I tillegg binder også skogen opp CO_2. Bruk av trevirke til brensel, er den første energikilde menneskeheten tok i bruk, når vi lærte å gjøre opp ild. Ved er fortsatt en viktig varmekilde for mange, men i de senere år har varmepumpa gjort sitt inntog i Norge og vedfyring har gått noe ned i omfang. Ved er heller ikke så energieffektiv som brensel av flis og særskilt pellets er. Derfor har jeg tro på at skogen også blir en viktig energikilde framtida, slik den har vært fra tidenes morgen.

Foto: Vigdis Jonsen

Kilder:

file:///D:/Brukere/vigjo/Nedlastinger/ecobrem_praktiske_rad_clarke.pdf

http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2014/savner_satsing_paa_bioenergi

http://www.fornybar.no/bioenergi/ressursgrunnlag#bio1.1

http://www.skogkurs.no/Prosjekter/byggeveileder/pdf/Energib%BErere.pdf

file:///D:/Brukere/vigjo/Nedlastinger/Enova_RR13_PDF_Norsk_Orginal.pdf

Tekst: Line Johnsen

Biodrivstoff noe for meg?

Transport av varer og mennesker i hele verden bidrar i dag til en stor del av jordas klima- og energiutfordringer. Samtidig er biologisk avfall fra husholdninger, jordbruk og skogbruk en stor utfordring. Så hvorfor utnytter vi ikke i større grad biomasse som energikilde og energibærere i den vestlige verden?

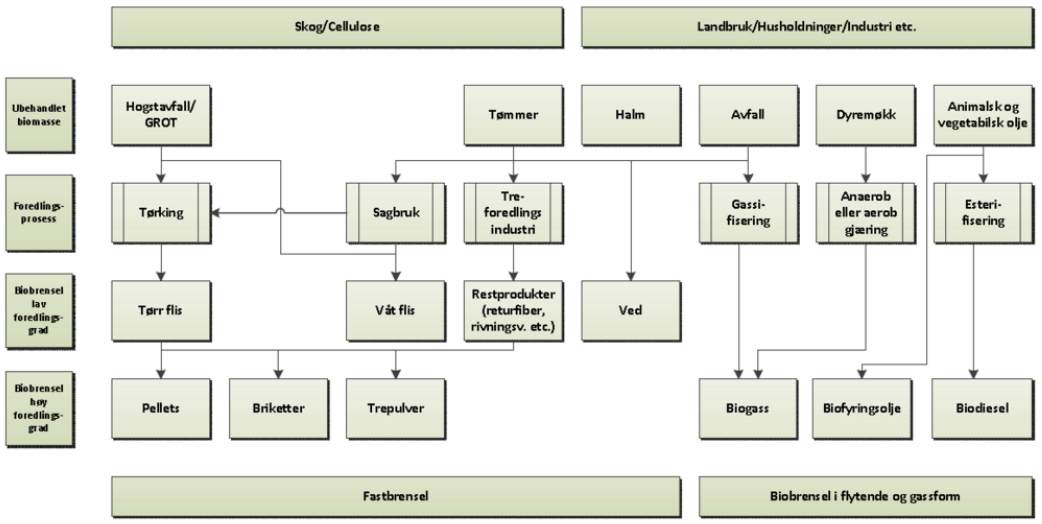
Kan biodrivstoff bidra til at verden kommer nærmere CO_2-målet? Er det et bidrag til at Norge i 2050 kan bli klimanøytralt? I denne artikkelen skal jeg se litt på fordeler og ulemper med biodiesel og biogass framstilt fra biomasse.

(Håndtering av avfall fra mennesker og deres aktivitet er i store deler av verden et stort problem – så hvorfor ikke bruke det til noe som også kan gi et bidrag til klimaproblematikken og verdens energikrise?)

Bioenergi – lagret solenergi

Vi kan si at bioenergi er lagret solenergi. Gjennom fotosyntesen binder plantene CO_2 fra lufta og vann fra bakken slik at vi får dannet karbohydrater som lagres i plantene.

Bioenergi er energi vi kan hente ut fra biomasse som f. eks trær, hogstavfall, gress, mais, avføring fra dyr, slakteriavfall, matavfall, frityrfett, kloakk osv. Biomasse som energibærer deles ofte inn i to hovedgrupper; fast brensel og biobrensel i flytende eller gassform. På figuren under kan du se en oversikt over de vanligste biobrenslene og hvor de kommer fra.



Oversikt over de vanligste biobrenslene og hvor disse kommer fra. Illustrasjon: Multiconsult

I denne artikkelen skal jeg se nærmere på biogass og biodiesel og om bruk av disse kan bidra til at Norge og verden kan nå klimamålsetningene som må til for at vi skal få et bedre og mer stabilt klima på jorda. Bruk av bioenergi vil kanskje også være et positivt bidrag til den økende energikrisen i verden i dag.

Hva er egentlig biodiesel?

Biodiesel kan framstilles fra planter med høyt innhold av olje, fiskeolje, alger i havet eller frityrfett. Ryps er en spesielt fettholdig plante som også kan dyrkes i Norge. I Norge i dag er det mest vanlig å framstille biodiesel fra fiskeolje og frityrfett. Bruk av planter til produksjon av biodiesel er i mange land omstridt fordi det kan gå på bekostning av arealer til matproduksjon.

Uansett vil bruk av biodiesel gi en stor miljøgevinst. Her handler det først og fremst om å være føre var og handle bærekraftig. Ren biodiesel slipper ca 80 % mindre CO_2 enn fossilt diesel. I tillegg er dette utslippet en naturlig del av CO_2 – kretsløpet i motsetning til fossilt diesel som slipper ut lagret CO_2. Biodiesel kan blandes inn i fossilt brensel. Dette er ukomlisert på eksisterende motorer så lenge andelen av fossilt diesel er minst 80%. Man kan tenke seg at etter hvert som teknologien i bilen utvikles kan større og større del av blandingen være biodiesel. Og det vi etter hvert føre til at fossilt diesel sakte men sikkert fases helt ut.

Bioetanol

Bioetanol fremstilles fra særlig sukker- eller stivelsesholdige planter som sukkerroer, sukkerrør eller mais. Denne fremstillingsprosessen kalles fermentering. Fermentering er rett og slett gjæring. Denne gjæringsprosessen kan foregå aerobt eller anaerobt.

Biogass – kumøkk på tanken?

Biologisk avfall fra for eksempel jordbruk, skogbruk og privathusholdninger kan gassifiseres eller utsettes for gjæring og renses slik at vi får ut biometan. Biometan er kjemisk lik metan fra naturgass og har omtrent samme brennverdi. Dette betyr at disse produktene kan brukes om hverandre og eksisterende grider og fyllestasjoner for naturgass kan brukes. Grider er nettverk for distribusjon av for eksempel gass eller elektrisitet.

På samme måte som biodiesel kan blandes ut med fossilt diesel, kan biometan blandes med metan fra naturgass.

I Norge har vi et stort potensiale for å øke bruken av biodrivstoff, særlig hvis vi bruker restprodukter etter skogbruk. Vi mangler i dag teknologi som er økonomisk bærekraftig for å kunne utnytte denne ressursen.

Faktaboks

Produkt	Energiforbruk i Norge i 2010	Potensiale for Norge i 2020
Biodiesel	**1,4 TWh**	**6TWh**
Biogass	**0,2 TWh**	**4TWh**

Biodiesel – erstatning for fossilt diesel eller i en miks med fossilt diesel

I dag kan man mange steder fylle diesel blandet ut med biodiesel. B5 er i Norge i dag en ganske vanlig blanding og er tilgjengelig på mange av Statoil sine bensinstasjoner. De fleste lastebiler kan kjøre på B30 som Statoil selger på fler av sine Truckanlegg rundt om i Norge. B5 angir blandingsforhold mellom fossilt diesel og biodiesel (5% biodiesel og 95% fossilt diesel). B20 vi da være en blanding på 20% biodiesel og 80% fossilt diesel.

Blandinger fra B5 til B20 er uproblematiske å bruke på dieselbiler i dag. Dersom man bruker blandinger som inneholder mer biodiesel bør alle gummideler og slanger byttes ut med plast siden biodiesel bryter ned gummi.

Biodiesel har både fordeler og ulemper i forhold til fossilt diesel.

B100 (100% biodiesel) kontra fossilt diesel

Fordeler	**Ulemper**
Bedre smøreegenskaper Mindre utslipp av partikler og svovel CO_2-utslippene inngår i jordas naturlige karbonkretsløp.	Tåler kulde dårligere Mer NO_x, men denne er lettere å rense siden den ikke inneholder svovel

Biodrivstoff en rask vei til kutt i utslipp av klimagasser.

Bruk av fossilt drivstoff står for ca 15% prosent av vedens CO_2 – utslipp i dag. Vi regner også med at i løpet av de neste 20 årene vil antall biler i verden fordobles. Olje- og gassreservene vil en dag ta slutt. Så vi vil i prinsippet står vi i dag overfor en klimautfordring og en energiutfordring.

Norge må også være med på å bidra til å løse disse utfordringene verden står ovenfor. I februar 2015 kom regjeringen med en pressemelding hvor de sier at Norge ønsker å kutte klimagassutslippene med 40 % i forhold til 1990. Dette må til for at vi skal kunne begrense de farlige menneskeskapte klimaendringen. Norge har også som målsetning å være klimanøytrale innen 2050. Dette er altså i vår nære framtid.

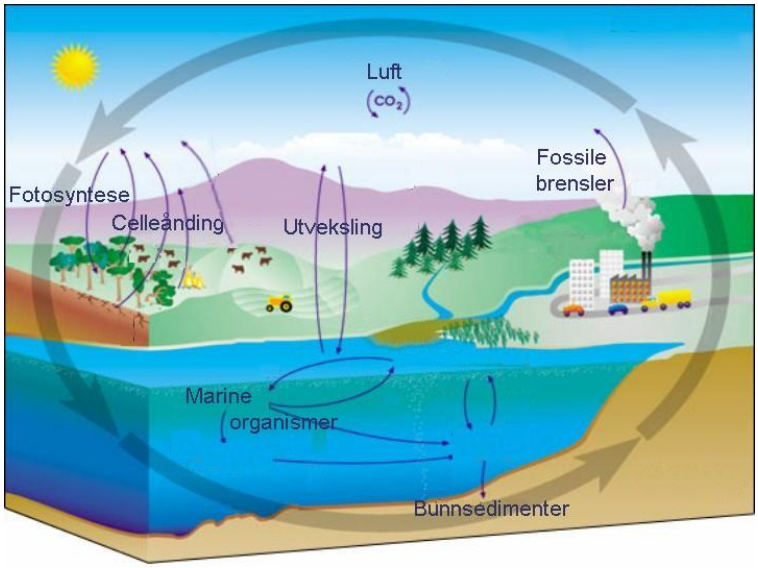
For å få fart i prosessen med å erstatte fossiltbrensel med biobrensel har Norge satt som mål at innen 2020 skal 30 % av husdyrgjødsel gå til biogassproduksjon.

Så hvorfor er nå biogass og annen biobrensel et godt bidrag både for klima og energi?

La oss se på klima først. Metan- og CO_2- utslipp er de to viktigste enkeltfaktorene til økt drivhuseffekt. Dersom vi går over fra fossilt drivstoff til biodrivstoff vil vi få et raskere karbonkretsløp. CO_2 som blir bundet i fotosyntesen vil frigjøres når dyr og planter dør eller blir brent. Eller produkter fra disse blir omdannet til for eksempel biobrensel, og deretter brennes. CO_2-vil da bli en naturlig del av kretsløpet dersom vi passer på at det er balanse i biomassen på jorda. Nye planter på plantes kontinuerlig og arealer må beplantes slik at vi har en bærekraftig utvikling. Det må også være en god balanse mellom arealer til dyrking av mat og planter til biobrensel.

Bruk av biobrensel blir i prinsippet CO_2- nøytralt. Det slippes ut like mye CO_2 som det som blir tatt opp fra lufta i fotosyntesen. Men det er ikke helt riktig at all biobrensel er CO_2-nøytralt, man må også ta hensyn til utslipp fra produksjon av biobrensel. Men i forhold til å slippe ut CO_2 som ligger lagret under bakken i form av fossilt olje og gass er det mye bedre.

Karbonkretsløpet



(bildet er hentet fra ndla - http://ndla.no/nb/node/15274)

Så til energiutfordringene verden står ovenfor i dag. Med tanke på at verdens bilpark vil fordobles i løpet av de neste 20 årene står vi også ovenfor en energikrise. Olja vil ta slutt en dag. Pr i dag regner man med at det kan utvinnes olje på norsk sokkel i ca 70 år til. Men med økende velstand og økende energibehov i Europa og verden for øvrig vil olje bare være en av mange energikilder i framtidens energimiks. Og vi må som tidligere nevnt se på mulighetene for å øke de fornybare energiressursene.

Vi har gode planer og er godt i gang i Norge i dag. Fler og fler gjenvinningsanlegg og bønder satser på bioenergi. Skagerak naturgass (http://www.skageraknaturgass.no/eway/default.aspx?pid=308) og Lindum gjenvinning (http://lindum.no/om-oss/datterselskaper/) er gode eksempler på dette. Her utnyttes

matavfall og avfall fra landbruk til å produsere biogass som kan brukes til blant annet drivstoff for busser, biler og båttransport.

Selv om det er både fordeler og ulemper med mer bruk av bioenergi som drivstoff i transport vil jeg si at dette er en god og nødvendig forandring for å nå klimamålsetningene og løse energiutfordringene verden har i dag.

En lite kuriositet helt til slutt.

Gjødsel fra 20 kveg kan gi drivstoff nok for en bil å kjøre 67 000 km. 1,5 gang rundt jorda!

Så ja biodrivstoff er fremtidens drivstoff for transportnæringen. Vil du se mer om hvilke biler som kan bruke biodrivstoff i dag kan du ta en titt her;
http://www.klimabiler.no/biodrivstoff/

Kilder

- **http://www.fornybar.no/bioenergi/ressursgrunnlag#bio1.1**
- **http://www.transnova.no/wp-content/uploads/2011/07/Sluttrapport-Biogass-som-drivstoff-for-busser.pdf**
- **http://ungenergi.no/**
- **http://www.skageraknaturgass.no/eway/default.aspx?pid=308**