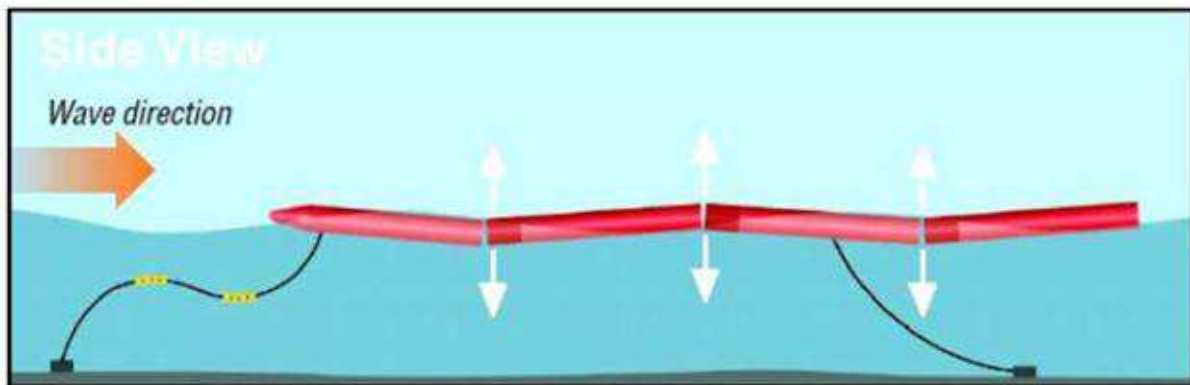


Notater til forelesningene i BIT 390 Energifysikk 10.10 2011

Tillegg og kommentarer til læreboken *Fysikk og energiressurser* av Øyvind Holter, Finn Ingebretsen og Hugo Parr (3. utgave, 2010).

3.4.2

Tekniske og økonomiske problemer har tilsynelatende stoppet prosjektet i Agucadoura nær Oporto i Nord-Portugal. Firmaet Pelamis arbeider imidlertid fortsatt med konseptet.



Pelamis' flytende slange under testing.

3.4.4 Tidevannskraft.

Læreboken nevner ikke tidevannskraft, eller kortere tidekraft, dvs utnyttelse av tidevannet (flo og fjære) til å generere elektrisitet. Tidevannet skyldes månens, og i noen grad solens, tiltrekning på vannmassene i verdenshavene. Dersom jorden hadde vært dekket av hav, ville den hatt to tidevannsbølger som beveget seg i takt med månens bevegelse over himmelen: En omtrent rett under månen, og en på motsatt side av jorda.

Høyden på tidevannet avhenger også av månefasen. Når vi har nymåne eller fullmåne står solen og månen på linje, og gravitasjonskraften fra dem legger seg sammen. Dette gir *springflo*, med maksimal høyde på tidevannet. Ved halvmåne, derimot, virker kreftene fra sol og måne vinkelrett på hverandre, og tidevannet har minimal høyde: Vi har *nippflo*. Typiske verdier for forskjellen på flo og fjære på verdenshavene er rundt 1.1 m, som stiger til 1.6 m ved springflo, men bare er 0.6 m ved nippflo. På grunn av landmassene modifiseres dette bildet sterkt, og forskjellige steder på jorden kan ha svært forskjellig høyde på tidevannet. Der vannet presses inn i trange sund eller elveleier, kan forskjellen på flo og fjære overstige 15 m ved springflo. Andre steder, som utenfor øya Hydra ved Flekkefjord, er det nesten ikke tidevann i det hele tatt.

I gjennomsnitt tar det 24 timer 50 minutter og 28 sekunder, et *månedøgn*, mellom hver gang månen står høyest på himmelen (månen passerer meridianen). I løpet av denne tiden har det imidlertid vært flo og fjære *to* ganger, siden det er en tidevannsbølge på hver side av jorden, så avstanden mellom to påfølgende høyvann (eller lavvann) er omtrent 12 timer 25 minutter. Det kan imidlertid være store lokale forskjeller.



Tidevannskraftverket *La Rance* i Frankrike.

Tidekraftverk kan deles i to hovedtyper. Enten kan man demme opp et elveutløp eller en fjordarm, og plassere turbiner i dammen. Et slikt anlegg er på mange måter lik et vannkraftverk i en elv med lite fall. Denne type kraftverk er allerede en veletablert teknologi: Det første fullskala kraftverket ble åpnet i november 1967 ved utløpet av elven Rance nær byen St. Malo ved Den engelske kanal i Bretagne, Frankrike, hvor forskjellen på flo og fjære i elvemunningen kan nå 13.4 m. De første forslagene om å bygge et slikt kraftverk her kom så tidlig som i 1921. De 24 turbinene er plassert i en demning som sperrer elvemunningen. Opprinnelig var anlegget konstruert slik at demningen fylles når vannet stiger, og at energi bare genereres når det faller igjen. Det er imidlertid arbeid i gang med å installere to-veis turbiner,

slik at energien kan utnyttes i begge retninger. *La Rance*-kraftverket produserer 550–600 GWh/år, noe som tilsvarer en middeleffekt på rundt 60–70 MW. Maksimal-effekten på turbinene er 240 MW.

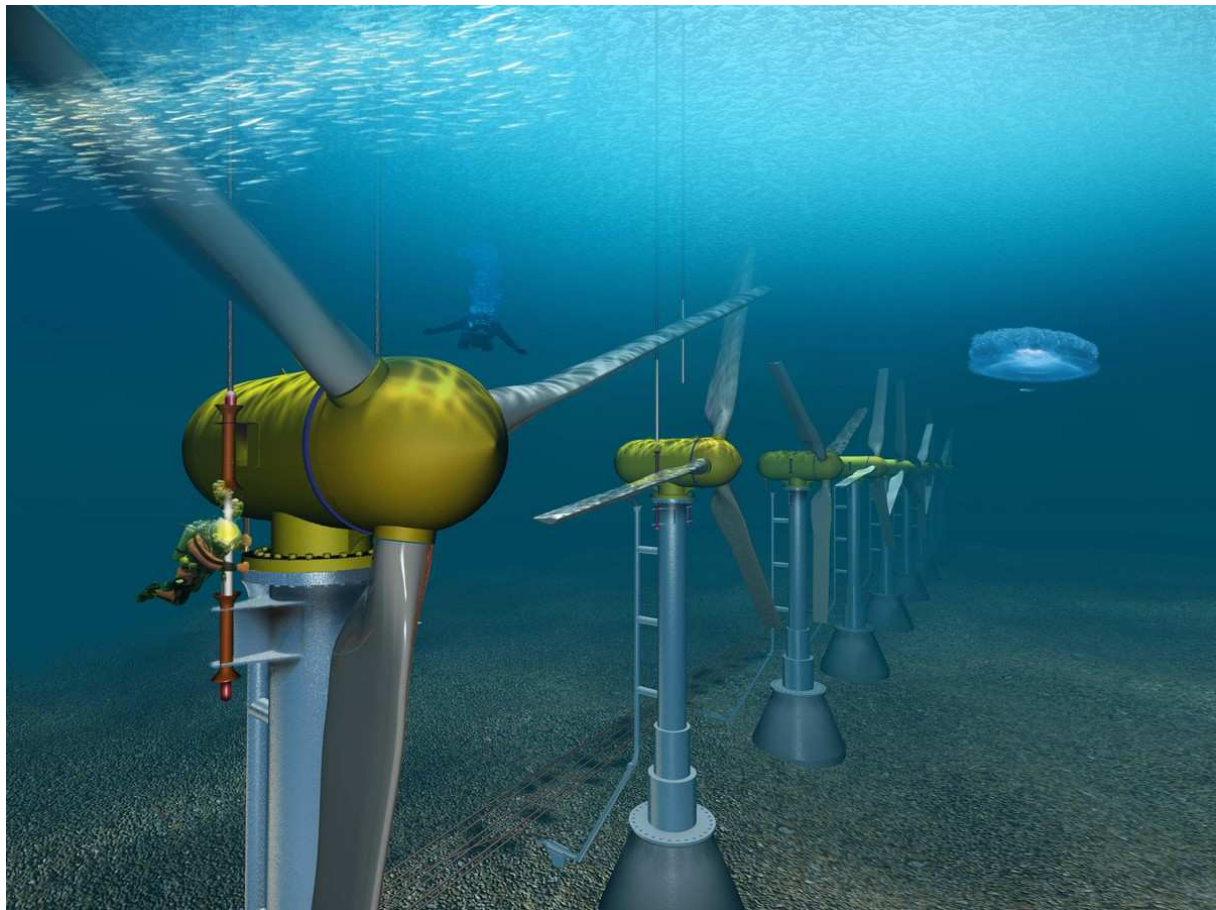
Det er lett å beregne hvor mye energi man ideelt sett kan få ut av tidevannet i et slikt kraftverk. La oss anta at vi har høyvann, og at vi holder slipper vann igjennom dammen til vannet står på det høyeste. Vi lukker så slusene, og venter til vi har lavvann. Da åpner vi slusene, og lar vannet strømme gjennom turbinen. Hvis forskjellen på flo og fjære er h , og arealet bak dammen er A , så har vi sperret av en vannmasse $m = \rho Ah$ bak dammen, der ρ er tettheten til sjøvann (typisk 1025 kg/m^3). Tyngdepunktet til denne vannmassen er $h/2$ over havnivået ved fjære sjø. Den potensielle energien i det innesperrede vannet er altså:

$$E = mg\frac{h}{2} = \frac{1}{2}\rho Agh^2.$$

Hvis vi har et anlegg som kan utnytte energien i vann som strømmer begge veier gjennom demningen, kan vi utnytte den samme energien når vannet strømmer *inn* gjennom demningen. Den midlere effekten til anlegget blir altså:

$$P = 2\eta E/t_m = \frac{\eta\rho Agh^2}{t_m},$$

det $t_m = 12 \text{ h } 40 \text{ m} = 44700 \text{ s}$ er gjennomsnittlig tid mellom to høyvann, h er den gjennomsnittlige forskjellen på flo og fjære på stedet og η er virkningsgraden på turbinene, som kan gjøres temmelig høy ($\eta = 0.8\text{--}0.9$).



Fremtidig tidevannskraftverk i Kvalsundet?

Den andre måten å utnytte tidevannet på er svært analog til vindkraft: Man plasserer turbiner (propeller) i havet ved kyster steder der tidevannsstrømmene er spesielt kraftige, gjerne i trange sund eller elvemunninger. Den underliggende fysikken er stort sett den samme som for vindkraft, selv om mange av de praktiske detaljene blir annerledes på grunn av at sjøvann er mye tettere enn luft, og dertil sterkt korrosivt. Det kreves strømhastigheter på 1 – 1.5 m/s for at slike anlegg skal bli effektive.

Også i Norge er det gjort praktiske forsøk med tidevannskraftverk. I 2003 ble verdens første stor-skala testturbin installert på havbunnen under Kvalsundbroen i Finnmark. I 2007 ble det installert en ny 300 kW turbin. For tiden planlegges det mange forsøksanlegg og små kommersielle installasjoner av denne typen mange steder i verden. De fleste anleggene er planlagt slik at tidevannsstrømmen kan utnyttes i begge retninger.

Det globale potensielle utnyttbare effekten fra tidekraft er blitt estimert til 700 TWh/år, eller litt over 10% av det tilsvarende potensialet for bølgekraft. Det dreier seg altså neppe om et vesentlig bidrag til den globale energiforsyningen, men tidekraft kan likevel representere et nyttig lokalt bidrag til elektrisitetsforsyningen på egnede steder. Ulemper er at anleggene bare leverer kraft en del av døgnet, og at energiproduksjonen varierer med månefasen. På den annen side er den temmelig forutsigelig og lite følsom for vær og årstider. Anlegg av damtypen medføre også relativt store lokale naturinngrep og store installasjonsomkostninger. Der man av andre grunner ønsker å bygge dammer, som diker mot stormflod langs kysten i Nederland, kan de imidlertid bli lønnsomme. Frittstående turbiner representerer stort sett små naturinngrep, sammenlignet med nesten alle andre potensielle energikilder.