

Bæredygtige brændstoffer og produkter i fremtidens energisystem – P2X

Mads Pagh Nielsen, Lektor

Institut for Energiteknik, Aalborg Universitet

Kontakt:

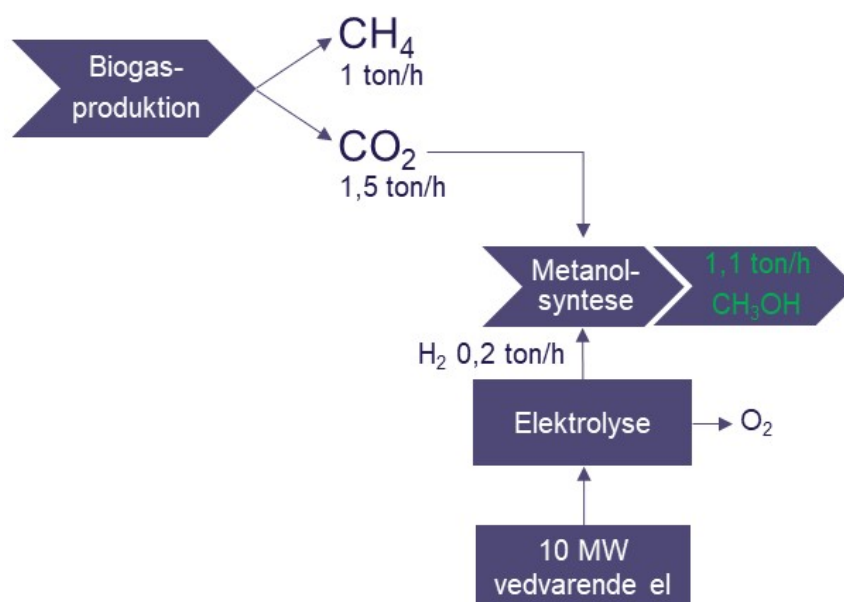
www.energi.aau.dk,

E-mail: mpn@et.aau.dk

Opgaverne kan modificeres frit, og der kan vælges mellem dem i forhold til det givne fag.

Opgave 1: Energieffektivitet af en Power-2-Metanol (el-til-metanol) proces

Betragt processen, der også blev gennemgået i videoen (en detaljeret gennemgang af det virkelige systems virkemåde kan ses i videoen, der linkes til i underspørgsmål 6):



Udregn effektiviteten – også kaldet virkningsgraden – af power-2-metanol (metanol = CH_3OH) processen og de forskellige delprocesser (dvs. hhv. elektrolysen og metanolsyntesen). Det kan i beregningerne antages, at metanol har et energiindhold (nedre brændværdi) på ca. 20 MJ/kg og brint har et energiindhold (nedre brændværdi) på 120 MJ/kg. CO_2 'en fra biogasproduktionen kan betragtes som gratis. Virkningsgraden er et udtryk for forholdet mellem energien i det produkt, vi ønsker fra en proces, og den energi, der skal tilføres for at opnå dette produkt.

- 1) Hvad er virkningsgraden for elektrolyseprocessen?
- 2) Hvad er virkningsgraden for metanolsyntesen?
- 3) Hvad er den samlede virkningsgrad for den samlede proces (fra el til metanol)?
- 4) Den tabte energi i processen afsættes primært som varme i elektrolyseprocessen og i en delproces af metanolsyntesen, hvor blandingen af metanol og vand destilleres for at få ren metanol (vandet udskilles). Destillationsprocessen forløber ved ca. 100°C og elektrolyseprocessen ved ca. 80°C. Kunne denne spildvarme anvendes til andre formål? Diskutér hvordan det kunne være praktisk muligt.



- 5) Elektrolyse foregår ved en såkaldt elektrokemisk redoxproces. Forklar processen og beskriv, hvad forholdet bliver mellem produktion af O_2 og H_2 .
- 6) Se en gennemgang på video med Professor Søren Knudsen Kær af, hvordan Institut for Energitekniks pilotanlæg til produktion af bæredygtigt metanolbrændstof baseret på biogas og vedvarende energi kan ses her <https://youtu.be/6MTJngl6vPI?t=689> (gennemgangen af anlæggets virkemåde varer ca. 7 min. og starter via linket ca. 11:30 min. inde i videoen).

Opgave 2: Effektiviteten af vores nuværende el og varmeproduktion (2018)

Termodynamikkens 1. hovedsætning (HS) siger, at energi ikke kan opstå eller forsvinde i universet. Energien bliver blot konverteret mellem forskellige energiformer. F.eks. omdannes al den el, der tilføres en lyspære, til varme, der vil afsættes til omgivelserne. Dette gælder også for processerne vist på Sankey-diagrammet for Danmarks Energistrømme (den nyeste opgørelse er i skrivende stund fra 2018 – nyere plots eller data kan evt. findes løbende på <http://ens.dk>). Termodynamikkens 2. HS siger, at energien mister kvalitet ved alle konverteringsprocesser (en kendt fysiker har udtrykt det som: "You can't unfry eggs"!).

- 1) Undersøg om energien er bevaret for konverterings- og fordelingsprocesserne vist på Sankey-diagrammet (f.eks. for de centrale anlæg). Diagrammet er gengivet på bilag 1.
- 2) En del af energien går tabt i den konverteringsproces, der foregår på et kraftværk eller et fjernvarmeværk. Vi taler her ofte om forskellige virkningsgrader – f.eks. en "elvirkningsgrad" en "varmevirkningsgrad" eller en "totalvirkningsgrad" (el og varme kombineret). Forsøg ud fra definitionen af virkningsgraderne at udregne sådanne virkningsgrader for de forskellige konverteringsprocesser.
- 3) Overvej om energi i form af el eller energi i form af varme har den højeste energikvalitet i forhold til termodynamikkens 2. HS.

Hvor meget vedvarende energi er der egentlig i Danmark, og hvor bæredygtig er den?

- 4) Udregn baseret på tallene fra diagrammet, hvor stor en procentdel af den vedvarende energi, der kommer fra hhv. a) el produceret fra vind- og solenergi, b) biomasse. Det kan i beregningen antages, at den mængde vedvarende el, der kommer fra vind og solenergi, er den mængde vedvarende energi, der konverteres direkte til el. Den mængde vedvarende energi, der går direkte til 'afgang' eller 'eksport', kan antages primært at være biomasse (træpiller mv.). Den mængde vedvarende energi, der konverteres i kraft- og varmeværkerne ('konvertering og fordeling'), er primært biomasseprodukter som f.eks. træflis.
- 5) Estimér hvor meget biomasse Danmark importerer. Det kan antages, at importeret el fra vind, sol og vandkraft (fra Norge og Sverige) er inkluderet i el-importen.
- 6) Mht. biomasse antager vi, at planterne optager den samme mængde CO_2 , som bliver afgivet ved konvertering/forbrænding af biomassen og således er CO_2 -neutral – men er alle typer biomasse bæredygtige i forbindelse med energiproduktion, og er biomassen altid CO_2 -neutral? Diskutér evt. dette i forhold til kulstofkredsløbet.
- 7) I Danmark har vi en stor produktion af el- og varme fra affaldsfyrede kraftvarmeværker. De typer af affald, der ikke kan genbruges, afbrændes. Det gælder bl.a. flere plastprodukter. Hvor



ser vi denne energistrøm på diagrammet? Google og find evt. dokumentet "Energistatistik 2018" på internettet. Her er det detaljerede energiregnskab opgjort.

Opgave 3: Et computerspil og hvordan er Danmarks energisystem lige nu?

Bliv en super energisystemoperatør!

Prøv Ørstedes computerspil "CO₂-PowerPlay"! I spillet gælder det om at balancere el-nettet ved at benytte nogle af de vigtigste energikilder, vi har i dag – primært kul, biomasse og vindenergi.

Spillet kan tilgås online her: <https://www.experimentarium.dk/klima/co2powerplay/> og kan downloades til mobiltelefonen her: <https://undervisning.orsted.dk/underholdning>

Det er sværere at balancere et el-net med en stor andel vindenergi, end man tror, når CO₂-udledningerne samtidig skal begrænses!

Se hvordan energisystemet fungerer i praksis lige nu – LIVE!

Bagefter kan I prøve at gå ind på Energinet.dk's hjemmeside: <https://energinet.dk/>

Hvis I scroller ned på siden, kan I se, hvordan energisystemet fungerer netop nu, og se, hvordan det reguleres i praksis live!

Hvor meget vedvarende el produceres af vindmøller og solceller netop nu?

Undersøg hvordan produktionen af el fra solceller varierer henover året ved hjælp af de 'historiske data' på hjemmesiden. I kan evt. forsøge at sammenholde produktionen med vejrdata fra DMI for 'solskin' i 'hele landet', som kan findes her: <https://www.dmi.dk/vejrkiv/> - bliver energien virkelig produceret, som vinden blæser eller solen skinner i vores nuværende energisystem?

