

# UNDERVISNINGSPLAN

## BIOGAS – ENERGI OG BÆREDYGTIGHED?

### INDHOLD

|                                             |   |
|---------------------------------------------|---|
| Moduler før besøg på biogasanlægget .....   | 2 |
| Modul 5: Besøg på biogasanlæg .....         | 7 |
| Moduler efter besøg på biogasanlægget ..... | 8 |
| Supplerende materiale: .....                | 8 |



## Moduler før besøg på biogasanlægget

Det forudsættes, at eleverne har stiftet bekendtskab med begrebet bæredygtighed og FN's verdensmål for bæredygtig udvikling og har en overordnet forståelse af fossile og vedvarende energikilder.

Bemærk, at længden af et modul varierer fra gymnasium til gymnasium. Her er den sat til 90 minutter. Til nogle af modulerne skal eleverne forberede sig forud for undervisningen i klassen. Materialesamlingen er tiltænkt eleverne og indeholder tekst og opgaver.

Sidst i dette dokument, er der samlet en række links til supplerende materiale, der relaterer sig til emnerne i forløbet. Det kan læses som supplerende viden og evt. kan noget deles med eleverne, hvis det er aktuelt.

| Modul 1: Kulstofkredsløbet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Materialer                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <p>Fokus i modulet: Kulstofkredsløbet generelt, det bio-geo-kemiske kredsløb (bjergarternes kredsløb herunder <i>forvitring</i> som kobling til geologi-delen) og dets sammenhæng med drivhuseffekten. Det forudsættes, at processerne <i>fotosyntese</i> og <i>respiration</i> er kendt. Hvis det er muligt og tiden tillader, så startes forsøget med selv at lave biogas.</p> <p><i>Mål for modulet:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forstå begge typer af kulstofkredsløb og forskellen på den.</li> <li>• Kende til fotosyntese og respiration, forstå at der ved fotosyntesen bindes energi fra Solens stråling.</li> <li>• Kunne redegøre for behovet for at mindske CO<sub>2</sub>-udledninger fra brugen af fossile brændstoffer.</li> <li>• Vide, at de centrale fossile brændstoffer er olie, kul og (natur-)gas.</li> </ul> | <p>Materialesamling s. 3-7.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <p><b>Forberedelse til modulet: Elevernes læser introduktionen i materialesamlingen s. 3 og overvejer følgende:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Hvilke fossile energikilder kender du til?</li> <li>b) Hvorfor er det nødvendigt at udvikle vedvarende energikilder?</li> </ul> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Saml kort op på problemstillingen fra introduktion og elevernes overvejelser. 10 min.</li> <li>• Tal om forløbets indhold og præsenter den afsluttende opgave, så eleverne ved, hvad forløbet munder ud i. 10 min.</li> <li>• Eleverne besvarer spørgsmål c og d parvis eller i mindre grupper, opsamling i klassen. 20 min.</li> <li>• Eleverne arbejder med spørgsmål e og f, igen parvis eller i mindre grupper. 40 min.</li> </ul> <p><i>Eventuelt: Start på fremstilling af jeres egen biogas – se vejledningen i bilag 1. Afslutning/afbrænding ved en lektion en uge efter. Kræver at nogle af de foregående sekvenser forkortes.</i></p> | <p>Materialsamling s. 26.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|

| Modul 2: Stofkredsløb i by og på land                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Materialer                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <p>Fokus i modulet: Stofkredsløbet i landbruget før og nu, kvælstofs kredsløb og recirkulering af næringsstoffer i økologisk produktion.</p> <p><i>Mål for modulet:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kende til landbrugets udvikling fra før landboreformerne, frem til nutidens multikulturer.</li> <li>• Forstå betydningen af forskellige næringsstoffer og nødvendigheden af at holde hus med dem, herunder indsamling af bioaf-fald fra husholdninger.</li> </ul> | <p>Materialsamling s. 8-13.</p> |

**Forberedelse til modulet: Eleverne læser tekststykket på side 7 i materialesamlingen og besvarer spørgsmålet:**

- a) Forklar *Liebigs minimumslov* og dens betydning for produktionen af afgrøder i landbruget ud fra "tøndemodellen". Hvad er de vigtigste grundstoffer for planterne?

**Sekvenser i modulet:**

- Gennemgå teksten 10 min.
- Eleverne arbejder i mindre grupper med spørgsmål b-f, hver gruppe fremlægger svar på et af spørgsmålene for klassen, 45 min.
- Eleverne arbejder med spørgsmål g og h i mindre grupper, opsamling på klassen, 25 min.
- Introducer eleverne til deres forberedelse til næste modul: Undersøge hvor meget grønt/bio-affald, der generes per person per dag hjemme hos eleverne selv. 10 min.

| Modul 3: Metan – energikilde og drivhusgas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Materialer                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <p>Fokus i modulet: Princippet bag biogasproduktion, metan i naturen (sumpgas, kravet om anaerobe forhold) og biogasfremstilling på rensningsanlæg.</p> <p><i>Mål for modulet:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forstå, at metan produceres af bakterier under anaerobe forhold, såvel i søer og moser som i drøvtyggende dyrs maver.</li> <li>• Kende til og kunne forklare CO<sub>2</sub>-ækvivalenter som mål for, hvor effektive drivhusgasser er.</li> <li>• Kende til mulige metoder til at nedbringe metanforurening fra køer.</li> </ul> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opsamling på elevernes registrering af bio-affald i hjemmet, anonym indtastning i fælles dokument eller regneark, opskrivning af værdier på tavlen? Ved benyttelse af disse værdier: Hvor store mængder bio-affald kan man så få fra jeres by eller kommune? 20 min.</li> <li>• Eleverne arbejder parvis eller i mindre grupper med spørgsmål a-g, opsamling på klassen, 40 min. inkl. evt. pause</li> </ul> | <p>Materialesamling s. 14-16.</p> |

- Arbejd med spørgsmål h fælles. Herefter diskussion: Metan som skurk (drivhusgas) eller helt (smart energibærer), nødvendigheden af at begrænse udslip. Pointe: kemisk set er metanen i biogas og naturgas det samme, men det dannes på forskellig vis. Samlet 15 min.
- Her kan samles op på øvelsen med fremstilling af biogas, hvis den er sat i gang. Alternativ: Se videoen fra fra NOAHkanalen <https://youtu.be/zqf5qwNnhsE> og tag en foreløbig diskussion af, hvad der taler for at udbrede brugen af biogas.

#### B-niv.

- Eleverne kan sættes i gang med at læse artiklen fra Aktuel Naturvidenskab om Drivhusgasser og Husdyrproduktion: *Drivhusgasser og Husdyrproduktion fra Aktuel Naturvidenskab nr. 5, 2007, tema Landbrug og Klima*: [https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel\\_Naturvidenskab/tema/an5-2007husdyrgas.pdf](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/tema/an5-2007husdyrgas.pdf)

(Der er gode oversigts- og uddybende spørgsmål og aktiviteter her [https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel\\_Naturvidenskab/opgaver/AN07-5drivhusgashusdyr2018.pdf](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/opgaver/AN07-5drivhusgashusdyr2018.pdf)).

| Modul 4: Processer på biogasanlæg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Materialer                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <p>Fokus i modulet: Organisering og håndtering af indkommende materialer og rest-produkter på biogasanlæg. Der ses også på nyttiggørelse af CO<sub>2</sub> fra processen med brint fra PtX.</p> <p><i>Mål for modulet:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vide, hvordan et danske biogasanlæg fungerer, hvor råstoffet kommer fra, og hvad der bliver af dels gassen og dels rest-materialet.</li> <li>• Vide, at gassen fra anlægget indeholder både metan og kuldioxid, at sidstnævnte kan være et nyttigt råmateriale sammen med brint.</li> <li>• Kende til den rolle som gas/naturgas spiller i det danske energisystem i dag, det danske naturgasnet og dets forbindelser til udlandet.</li> <li>• Muligt supplement: Det danske naturgasnets udvikling indtil nu.</li> </ul> | <p>Materialsamling s. 17-23.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne arbejder parvis eller i mindre grupper med spørgsmål a-e, opsamling på klassen, 20 min.</li> <li>• Eleverne laver parvis spørgsmål f. Hvis de bliver hurtigt færdige, kan de besvare spørgsmål g. Fremlæggelse af resultater på klassen, diskussion af usikkerheder på værdierne, 25 min.</li> <li>• FACIT TIL REGNEØVELSE:</li> <li>• Mælkekvæg spørgsmål e: 39,4</li> <li>• Svin spørgsmål e: 69</li> <li>• Forberedelse til besøget på biogasanlægget: Bed eleverne undersøge anlægget hjemmeside og finde dets beliggenhed, besvar spørgsmål h med brug af kort-siden SDFIkort, 25 min. Der ligger en guide til brug af programmet i bilag 2.</li> <li>• Lad eleverne forberede evt. spørgsmål til besøget. Alternativt, hvis der som ”produkt” fra forløbet skal udarbejdes en poster om biogas i almindelighed og/eller det besøgte anlæg i særdeleshed, så begynd at lave denne. 15 min.</li> <li>• Slut af med at vise video om Nature Energy: <a href="https://youtu.be/mJYz_KKvHPI">https://youtu.be/mJYz_KKvHPI</a> 2 min.</li> </ul> | <p>Materialесamling s. 28.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|

## Modul 5: Besøg på biogasanlæg

| Aktivitet           | Indhold                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Tidsforbrug |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ankomst             | I ankommer til anlægget og tages imod af medarbejderen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 10          |
| Intro               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medarbejderen fortæller kort om anlægget, sig selv og uddannelsesbaggrund</li> <li>• I præsenteres for de andre ansattes uddannelsesbaggrunde.</li> <li>• Eleverne kan stille spørgsmål.</li> </ul>                                                                                                                                                                                        | 10          |
| Fagligt oplæg       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medarbejderen fortæller om:</li> <li>• - anlæggets historie og opbygning</li> <li>• - hvilke materialer, de anvender til at fremstille biogas – hvor kommer det fra, hvor store mængder m.m</li> <li>• - hvordan de tænker biogas som bæredygtig energiresource, og hvordan de tænker biogas ind i fremtidens grønne løsninger.</li> </ul> <p>Eleverne kan stille spørgsmål undervejs.</p> | 45          |
| Rundvisning         | Rundvisningen koordineres af medarbejderen og kan begrænse sig til dele af anlægget, som er relevant for eleverne. Biogasanlægget har i deres guide til undervisningsforløbet fået input til, hvordan de kan tilrettelægge rundvisningen, så eleverne både får perspektiveret deres opgave og opnår karrierelæring.                                                                                                                 | 45          |
| Afrunding og afgang | I tager afsked.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10          |

## Moduler efter besøg på biogasanlægget

| Modul 6:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Materialer                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <p>Fokus i modulet: Opsamling på besøget på biogasanlægget og den afsluttende opgave.</p> <p><i>Mål for modulet:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kunne bruge det gennemgåede stof fra undervisning og virksomhedsbesøg og anvende det til en selvstændig besvarelse af en skriftlig opgave.</li> </ul> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tal om virksomhedsbesøget. Hvad fik eleverne ud af det? Hvilke tanker satte det i gang? 20 min.</li> <li>Se denne video om et gård-biogasanlæg: <a href="https://youtu.be/gaZoglh526c">https://youtu.be/gaZoglh526c</a>. Diskutér fordele og ulemper ved gård- og centrale anlæg.</li> <li>Lad eleverne gå i gang med den afsluttende opgave fra forløbet. Der er opstillet et forslag til indhold i materialesamlingen.</li> </ul> | <p>Materialesamlingen s. 25.</p> |

## Supplerende materiale:

Illustration af konceptet ”cirkulære madvaner”: Figur 1, side 13 i rapporten Kildesorteret Organisk Dagrenovation (Rambøll for Miljøstyrelsen 2019) <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>.

Metan i atmosfæren. Artikel fra Ingeniøren dec. 2016: <https://ing.dk/artikel/jordbrug-kvaeg-skaber-voldsom-stigning-atmosfaerisk-methan-190038>

Let læst om metan i forhold til andre drivhusgasser: <https://www.experimentarium.dk/klima/metan-ch4/>

Metan-producerende bakterier set i elektron-mikroskop. Fra "månedens mikrobe" <https://alpinemicrobialobservatory.weebly.com/microbe-of-the-month/methanolobus>

Artikel i Aktuel Naturvidenskab *Mere vand i skoven giver mere gas i atmosfæren*: [https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel\\_Naturvidenskab/nr-1/an1\\_2012skovgas.pdf](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-1/an1_2012skovgas.pdf)

Fysiske egenskaber ved den gas der laves på typisk anlæg: <https://lemvigbiogas.com/viden-om-biogas/>

Processerne undervejs i dannelsen af metan og kuldioxid ud fra affaldsprodukter fra landbrug, husholdninger og virksomheder. Fra <https://skole.lf.dk/oekologiforgymnasiet/oekologiforgymnasiet/naturgeografi/recirkulering-af-ressourcer-i-oekologisk-produktion>

NOAH forlag – Biogas, 8 sider [https://global-klima.org/onewebmedia/biogas\\_prn.pdf](https://global-klima.org/onewebmedia/biogas_prn.pdf)

Figur: Andelen af biogas i det danske gasnet. Fra Energinets temaside om biogas: <https://energinet.dk/gas/biogas/>

Rapport om Biomassens rolle i Power-to-X, fra Energistyrelsen 2021, 12 sider [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/biomassens\\_rolle\\_i\\_ptx\\_opdateret.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/biomassens_rolle_i_ptx_opdateret.pdf)

Figur: Udviklingen i biogasproduktionen i Danmark fra 1995 til 2021. Fra Landbrug og Fødevarer, Klima-tema <https://lf.dk/viden-om/klima/hvad-er-biogas>