

# LÆRERVEJLEDNING

## BIOGAS - ENERGI OG BÆREDYGTIGHED?

### A-, B- OG C-NIVEAU



#### Formål

At eleverne lærer om, hvordan biogasproduktion kan være et bud på en grøn energiform, der kan reducere udledningen af CO<sub>2</sub>.

At eleverne bliver klogere på, hvordan biogasproduktion fungerer i stor skala og på baggrund af dette kan diskutere fremtidens energiformer.

#### Fag

Naturgeografi B og C samt geovidenskab A

#### Indhold

Forløbet er inddelt i følgende emner:

- Kulstofkredsløbet
- Stofkredsløbet i by og på land
- Metan – energikilde og drivhusgas
- Processer på biogasanlæg

#### Tidsforbrug

Ca. 6 moduler

#### Materialer

Materialet indeholder teori og opgaver om emnerne.

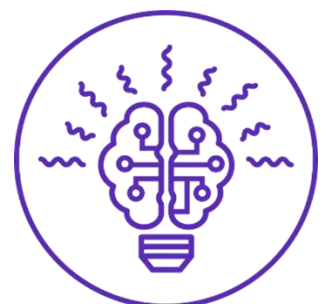
#### Besøg

Klassen skal besøge et biogasanlæg og opleve produktionsprocesserne af biogas på nært hold.

## INDHOLD

Kort om forløbet.....	2
Kort oversigt over undervisningsplan.....	3
Forslag til lektionsplan .....	4
Besøg på biogasanlæg .....	9
Kernestof og faglige mål .....	10

Materialet er udviklet af  
Niels Christian Nielsen, Rybners Gymnasium  
og Åben Virksomhed



## Kort om forløbet

Biogas – Energi og Bæredygtighed? er et undervisningsforløb om biogas som grøn energiform, som indeholder et virksomhedsbesøg på et biogasanlæg. Gennem forløbet opnår gymnasieelever, der har naturgeografi på B- eller C-niveau eller geovidenskab på A-niveau, en faglig viden, der indgår i læreplanen for førnævnte fag. Samtidig opnår eleverne en almen viden om det private erhvervsliv og det samfund, de indgår i.

Undervisningsforløbet er udviklet af en underviser i naturgeografi, så undervisningen lever op til de faglige mål i lærerplanen. Undervisningsforløbet består af 4 moduler i klassen inden besøget på et biogasanlæg, selve besøget på ca. 1,5 time og efterfølgende 1 modul i klassen, hvor eleverne arbejder videre med en afsluttende opgave om hele forløbet, herunder besøget på biogasanlægget.

I materialet her finder du en kort oversigt over undervisningsplanen og forslag til indholdet i de enkelte moduler. Du kan som lærer udvælge og tilpasse stoffet i materialesamlingen efter klassens niveau og den tid, der er til rådighed, og de enkelte moduler kan læses uafhængigt af hinanden. Det er dog en forudsætning, at eleverne har kendskab til emnerne inden besøget.

Bagerst kan du se en oversigt over kernestoffet og de faglige mål, som materialet bidrager til at opfylde.

**Inden du går i gang med forløbet, er det en god idé at kontakte anlægget og få fastlagt en dato for besøget. Når besøget nærmer sig, kan I tales ved og forventningsafstemme besøgets indhold. Læs mere under afsnittet Besøg på biogasanlæg.**

## Kort oversigt over undervisningsplan

Modulnr.	Indhold	Materialer
1	Kulstofkredsløbet	Materialesamling s. 3-7.
2	Stofkredsløb i by og på land	Materialesamling s. 8-13.
3	Metan – energikilde og drivhusgas	Materialesamling s. 14-16.
4	Processer på et biogasanlæg	Materialesamling s. 17-23.
5	Besøg på biogasanlæg	Materialesamling s. 24.
6	Efterbehandling af besøg på biogasanlæg	Materialesamling s. 25.

## Forslag til lektionsplan

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

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.

Efter moduloversigten 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><b>Forberedelse til modulet: Elevernes læser introduktionen i materialesamlingen s. 3 og overvejer følgende:</b></p> <ol 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> </ol> <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>Materialesamling s. 3-7.</p> <p>Materialesamling 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 bioaffald fra husholdninger.</li> </ul> <p><b>Forberedelse til modulet: Eleverne læser tekststykket på side 7 i materialesamlingen og besvarer spørgsmålet:</b></p> <p>a) Forklar <i>Liebig's minimumslov</i> og dens betydning for produktionen af afgrøder i landbruget ud fra "tøndemodellen". Hvad er de vigtigste grundstoffer for planterne?</p> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gennemgå teksten 10 min.</li> <li>• Eleverne arbejder i mindre grupper med spørgsmål b-f, hver gruppe fremlægger svar på et af spørgsmålene for klassen, 45 min.</li> <li>• Eleverne arbejder med spørgsmål g og h i mindre grupper, opsamling på klassen, 25 min.</li> <li>• 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.</li> </ul>	<p>Materialesamling s. 8-13.</p>

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>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Her kan samles op på øvelsen med fremstilling af biogas, hvis den er sat i gang. Alternativ: Se videoen fra fra NOAHkanalen <a href="https://youtu.be/zqf5qwNnhsE">https://youtu.be/zqf5qwNnhsE</a> og tag en foreløbig diskussion af, hvad der taler for at udbrede brugen af biogas.</li> </ul> <p><b>B-niv.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne kan sættes i gang med at læse artiklen fra Aktuel Naturvidenskab om Drivhusgasser og Husdyrproduktion: <i>Drivhusgasser og Husdyrproduktion fra Aktuel Naturvidenskab nr. 5, 2007, tema Landbrug og Klima:</i> <a href="https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/tema/an5-2007husdyrgas.pdf">https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/tema/an5-2007husdyrgas.pdf</a></li> </ul> <p>(Der er gode oversigts- og uddybende spørgsmål og aktiviteter her <a href="https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/opgaver/AN07-5drivhusgashusdyr2018.pdf">https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/opgaver/AN07-5drivhusgashusdyr2018.pdf</a>).</p>	
---	--

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><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</li> </ul>	<p>Materialer</p> <p>Materialer s. 17-23.</p> <p>Materialer s. 28.</p>

<p>kort-siden SDFIkort, 25 min. Der ligger en guide til brug af programmet i bilag 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <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>	
--	--

Modul 5: Besøg på biogasanlæg	Materialer
Se forslag til ramme for besøget under afsnittet Besøg på biogasanlæg	

Modul 6: Opsamling på besøg	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>Materialsamling 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-skaer-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://aktu-elnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel\\_Naturvidenskab/nr-1/an1\\_2012skovgas.pdf](https://aktu-elnaturvidenskab.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>

## Besøg på biogasanlæg

Som en del af forløbet skal eleverne besøge et biogasanlæg, hvor de præsenteres for processen i produktion af biogas.

### Før besøget: Forventningsafstemning

Det er vigtigt, at du før besøget har forventningsafstemt med virksomhedskontakten, hvad der skal ske på besøget. Spørg evt. indtil, hvad eleverne vil kunne se og høre om på besøget. Fortæl også, hvad eleverne har arbejdet med forud for besøget. Det skaber de bedste forudsætninger for et godt besøg, hvor medarbejderne kan tale direkte ind i de ting, eleverne allerede har arbejdet med.

### Under besøget: Program og tidsplan

Et besøg varer omkring 1,5 time. Det konkrete program aftaler du sammen med medarbejderen fra plejehjemmet – men herunder kan I se et forslag til indhold.

<b>Anlægget som arbejdsplads</b>	<p>Eleverne præsenteres for anlægget og udvalgte medarbejdere, der fortæller om deres uddannelsesbaggrund.</p> <p>Eleverne får et fagligt oplæg om anlæggets historie og opbygning, hvilke materialer, de anvender til at fremstille biogas, hvordan de tænker biogas som bæredygtig energiresource, og hvordan de tænker biogas ind i fremtidens grønne løsninger.</p>
<b>Rundvisning</b>	<p>Eleverne vises rundt på anlægget og ser de forskellige processer i produktionen af biogas.</p>
<b>Inddragelse af eleverne</b>	<p>Aftal med anlægget, hvordan eleverne bedst muligt kan blive inddraget.</p> <p>Hjælp gerne med at få skabt den faglige kobling til det, I har arbejdet med i undervisningen og opfordr eleverne til at stille spørgsmål.</p>

### Efter besøget:

Som afslutning på forløbet kan der samles op på besøget og eleverne kan arbejde med opgaven beskrevet under modul 6.

## Kernestof og faglige mål

Den faglige baggrundsviden, opgaveløsningen og besøget på biogasanlægget bidrager til opfyldelse af dele af kernestoffet og en række faglige mål i læreplanen for Naturgeografi på B- eller C-niveau og Geovidenskab på A-niveau og understøtter samtidig karrierelæring.

### Naturgeografi

Igennem undervisningsforløbet arbejder klassen med følgende kernestof:

#### B-niveau

*Innovation, bæredygtighed og ressourceforvaltning i lokalt og globalt perspektiv*

- Jordens energiressourcer herunder energistrømme, energiteknologier og energiforbrug til produktion, handel og transport
- Teknologiuudvikling under forskellige natur- og samfundsforhold, herunder teknologiernes betydning for de menneskeskabte stofstrømme og menneskers levevilkår

#### C-niveau

*Innovation, bæredygtighed og ressourceforvaltning*

- Teknologiuudvikling under forskellige natur- og samfundsforhold
- Jordens energiressourcer herunder energistrømme, energiteknologier og energiforbrug

### Geovidenskab

#### A-niveau

*Produktion, teknologi og energiressourcer*

- Nutidens og fremtidens energiteknologi og energiforsyning
- Det globale kulstofkredsløb samt vedvarende og fossile energiressourcer

Nedenfor er indsat de faglige mål fra læreplanen for Naturgeografi stx 2017 og Geovidenskab htx 2017, som undervisningsforløbet bidrager til.

## Naturgeografi:

### B-niveau

#### Faglige mål

- identificere, genkende og klassificere rumlige mønstre i geofaglige sammenhænge
- planlægge og gennemføre eksperimentelt arbejde herunder systematiske feltobservationer og feltmålinger vedrørende geofaglige fænomener
- indkredse væsentlige geofaglige problemstillinger og anvende problemformuleringer i analysen af naturen og menneskets omgivelser
- forstå og kritisk anvende komplekse geofaglige modeller og enkle matematiske modeller som repræsentationer af virkeligheden
- analysere og vurdere geofaglige problemstillinger i en bredere samfundsmæssig sammenhæng og udnytte geofaglig viden sammen med viden og kompetencer opnået i andre fag

### C-niveau

#### Faglige mål

- benytte fagets fagsprog, såvel mundtligt som skriftligt
- udføre simple former for empiribaseret arbejde i laboratorium og i felten
- give en beskrivelse af udviklingsforløb og processer i naturen og menneskets omgivelser baseret på empiriske data og observationer
- indkredse geofaglige problemstillinger og anvende enkle problemformuleringer i analysen af naturen og menneskets omgivelser
- forstå og kritisk anvende geofaglige modeller og enkle matematiske modeller som repræsentationer af virkeligheden

## Geovidenskab:

### A-niveau

#### Faglige mål

- forholde sig til aktuelle geovidenskabelige problemstillinger inden for kernestofområdet
- tilrettelægge, beskrive og udføre observationer og eksperimenter såvel i felten som i laboratoriet
- analysere en geovidenskabelig problemstilling ud fra forskellige repræsentationer af informationer og formulere en løsning af problemet ved brug af en relevant model og herunder anvende matematiske værktøjer
- analysere og fortolke strukturer og udviklingsprocesser i naturen og menneskets omgivelser
- forholde sig til problemstillinger vedrørende bæredygtighed, ressourcer, planlægning, befolkningsforhold og global arbejdsdeling ved anvendelse af geofaglig viden
- analysere og vurdere geovidenskabelige problemstillinger i en bredere samfundsmæssig og teknologisk sammenhæng med inddragelse af viden og kompetencer opnået i andre fag

## Karrierelæring

Eleverne opnår gennem undervisningen viden om og erfaringer med fagets anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og træffe valg om egen fremtid i et studie-/karriereperspektiv samt et personligt perspektiv. På den måde bidrager forløbet også til deres karrierelæring, som skal indgå i undervisningen i gymnasiet.