

Bioaffald, København og kloden

Lærervejledning





**Naturfag (Biologi, Geografi og Fysik/Kemi),
7.-9. klassetrin**

**Skrevet og tilrettelagt af
Afdelingen for Bæredygtig Udvikling,
Børne- og Ungdomsforvaltningen,
Københavns Kommune**

Layout TMF design **Illustration** Andreas Juul Blinkenberg **Foto** Colourbox

Indhold

Kort om undervisningsmaterialet	4
Introduktion til materialet	5
Materialets opbygning	5
Materialets målgruppe	5
Fællesfaglige fokusområder	5
Naturfaglige kompetencer	6
Forslag til forløbets struktur	6
Om bioaffald	7
Hvorfor skal vi sortere bioaffald?	7
Hvad er bioaffald?	7
Hvad bruges bioaffaldet til?	8
Hvem behandler Københavns bioaffald?	8
Om biogas	10
Hvordan fungerer et biogasanlæg?	10
Tøranlæg	10
Vådanlæg	11
Fordele ved biogas som energikilde	12
CO ₂ -udledning og energi fra biogas	12
Biogas som bygas	12
Biogas og transport	13
Biogas og det fleksible energisystem	13
Transport og klimaaftryk	13
Om næringsstoffer	14
Generelt om plantenæringsstoffer	14
Fosfor	14
Gødningen fra bioaffaldet sparer kunstgødning	15
Fosfat er en knap ressource	16
Bioaffald, København og kloden som fællesfagligt forløb	17
Fælles Kick-off – Giver det mening at sortere bioaffald?	17
Indledende vidensindsamling om bioaffald	17
Opsamlingssspørgsmål til artiklerne	17
Fælles idégenerering	20
Fælles opsamlingsdebat: Giver det mening at sortere bioaffaldet?	20
Forslag til simple elevforsøg og øvelser	21
Lav din egen biogas ud af kartofler	21
Andre forsøg med biogas	23
Fossile brændstoffer og biogas	23
Biobrændsel	23
Biogas på kartofler	23
Alternativ energi og biogas	23
Bæredygtig energiforsyning	23
Forsøg med fokus på planter og næringsstoffer	24
Naturfaglige øvelser om affald	24
Kemisk analyse	24
Makronæringsstoffer	24
Gødning	24
Optag og udvaskning af nitrogen i planteforsøg	25
Carbon- og nitrogenkredsløbet	25
Linksamling (Tekster og videoer)	26
Generelt om organisk affald	26
Biogas	26
Fosfor og næringsstofkredsløb	26

Kort om undervisningsmaterialet

Kære lærer,

I dette materiale bliver du klædt på til at gennemføre et fællesfagligt forløb med bioaffald som tema.

Et forløb om bioaffald giver bl.a. mulighed for at arbejde med færdigheds- og vidensområderne: Produktion og teknologi, Energiomsætning samt Stof og stofkredsløb i Fysik/kemi, Økosystemer og Anvendelse af naturgrundlaget i biologi og Jordkloden og dens klima, Globalisering samt Naturgrundlag og levevilkår i geografi.

Undervisningsmaterialet tager udgangspunkt i udsorteringen af bioaffald, som startede i 2017. Den lille grønne bio-spand blev sendt ud til alle kommunens boliger og blev omdrejningspunkt for en intens debat. Forskere, borgere og fagpersoner diskuterede, hvorvidt det overhovedet giver mening at sortere sit bioaffald. Debat-ten tog interessante problemstillinger op inden for bæredygtig energiproduktion og recirkulering af næringsstoffer. Problemstillinger som trækker tråde ind i alle de naturfaglige områder.

Målet med udgivelsen af materialet er, at eleverne bliver klædt på til at forstå de komplekse problemstillinger, der ligger til grund for udsorteringen af bioaffald. Igennem forløbet arbejder eleverne med det overordnede spørgsmål: "Giver det mening at sortere sit bioaffald?" Eleverne arbejder i grupper, der hver især belyser forskellige underemner, og bliver "eksperter" på et bestemt perspektiv på bioaffald. Til sidst fremlægger eleverne for hinanden og diskuterer i fællesskab, hvilke argumenter der taler for og imod at udsortere bioaffaldet.

Afdelingen for Bæredygtig Udvikling,
Børne- og Ungdomsforvaltningen
København juni 2018



Introduktion til materialet

Materialets opbygning

Materialet består af en lærervejledning til temaet og tre artikler til eleverne, der med tekst, billeder og videoer introducerer forskellige perspektiver på bioaffald og bioaffaldssortering.

Materialets målgruppe

Materialet kan bruges til fællesfaglige forløb i både 7., 8. og 9. klasse. Det fællesfaglige forløb, som skitseres i materialet, lægger op til, at elevgrupperne arbejder selvstændigt med egne selvvalgte problemstillinger og er i stand til at diskutere ud fra deres indsamlede viden. Derfor er det en fordel, hvis eleverne allerede har stiftet bekendtskab med fællesfaglige forløb, inden bioaffaldsforløbet introduceres for eleverne.

Fællesfaglige fokusområder

Et forløb om bioaffald passer oplagt til følgende fællesfaglige fokusområder:



Bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan

I kan se på bioaffald som energikilde og sammenligne bæredygtigheden af biogasproduktion og affaldsafbrænding som energikilder. Både udledning af drivhusgasser og recirkulering af næringsstoffer er interessante perspektiver.



Produktion med bæredygtig udnyttelse af naturgrundlaget

I kan undersøge produktion af gødning fra biomasse i forhold til produktion af kunstgødning. Perspektivet kunne også være energiproduktion, og forskellen på forbrændingsanlæggets lineære kredsløb og biogasanlæggets cirkulære kredsløb.

Læs mere om fællesfaglige forløb på astra.dk og på [Klog på naturfag](https://klog.paaaturfag.dk). Her finder du bl.a. konkrete redskaber til at planlægge forløb, støtte elevernes arbejde med at formulere problemstillinger og vejlede dem undervejs i deres projekt. I [Undervisningsministeriets prøvevejledning](https://undervisningsministerietspraevevejledning.dk) er der også inspiration til undervisningen frem mod den fællesfaglige prøve i naturfagene.

Naturfaglige kompetencer

I gennem det fællesfaglige forløb arbejder eleverne med de naturfaglige kompetenceområder:

- **Undersøgelse:** Eleverne undersøger f.eks. bioaffaldets egenskaber i forhold til energiproduktion og recirkulering af næringsstoffer.
- **Modellering:** Eleverne anvender f.eks. modeller til at beskrive eller analysere bioaffaldets teknologiske og biologiske cyklus, bioaffaldets påvirkning af klimaet og den geografiske fordeling af ressourcer.
- **Perspektivering:** Eleverne forklarer f.eks. hvordan ikke-cirkulær fødevarerproduktion og affaldshåndtering har konsekvenser regionalt og globalt – både nu og for fremtidige generationer.
- **Kommunikation:** Eleverne præsenterer argumenter for og imod bioaffaldssortering ud fra deres tilegnede viden og debatterer med hinanden.

Formålet med forløbet er, at eleverne bliver i stand til at navigere i komplekse problemstillinger, tage stilling, træffe bevidste valg som borgere og forbrugere og bidrage til bæredygtig udvikling af samfundet. På den måde understøttes naturfagernes formål om, at elevernes ansvarlighed over for natur, miljø og sundhed videreudvikles, så de får tillid til egne muligheder for stillingtagen og handlen i forhold til en bæredygtig udvikling.

Forslag til forløbets struktur

Forløbet er rammet ind af en fælles start og afslutning for hele klassen. Som indledning til forløbet læser eleverne artiklerne om bioaffald og genererer idéer til, hvordan de kan arbejde med emnet. Dernæst arbejder de videre i grupper, der undersøger hver deres problemstilling og til sidst præsenterer eleverne deres løsninger for hinanden og opsamler i fællesskab.

På de følgende sider kan du finde baggrundsviden om bioaffaldssortering, biogasproduktion og recirkulering af næringsstoffer. Du kan også få inspiration til, hvordan eleverne kan arbejde med netop bioaffald som fællesfagligt emne.

FORLØB



Om bioaffald

Hvorfor skal vi sortere bioaffald?

I efteråret 2017 begyndte husholdningerne i Københavns Kommune gradvist at sortere deres bioaffald. Det skete som et led i kommunens strategi om at blive affaldsfri i 2050. Et skridt på vejen er målet om at reducere mængden af affald, der køres til forbrænding, med 20 %. Her er bioaffald et vigtigt element. Bioaffald udgør nemlig godt 40 % af affaldsmængden i husholdningerne.

Samtidig kan en øget genanvendelse af bioaffaldet også bidrage til Københavns Kommunes plan om at være CO₂-neutral i 2025. En af klimaplanens hovedindsatser er, at en øget indsats på ressource- og affaldsområdet skal reducere CO₂-udledningen med samlet set 59.000 tons.

EU har vedtaget nye skærpede krav til genanvendelsen af husholdningsaffald. Fra 2025 skal 55 % af husholdningsaffaldet genanvendes, fra 2030 60 % og fra 2034 hele 65 %. Desuden skal alt organisk affald indsamles separat allerede fra 2023. Hvor affaldsafbrænding karakteriseres som "Anden nyttiggørelse" betragtes bioforgasning af bioaffald som "genanvendelse", bl.a. fordi vigtige næringsstoffer bevares og recirkuleres.

Hvad er bioaffald?

Bioaffald kan beskrives som det organiske affald som kan og skal bioforgasses i en bestemt kommune. Bioaffald kan være al mad – både tilberedt og rå og både kød og grøntsager. Bioaffald kan også være blade fra salat og rabarber og afskårne blomster. Brugt køkkenrulle kan også komme i bioaffald.

Bioaffald er alt det affald, som kommunen har defineret som bioaffald. Det er ikke et naturgivent, entydigt begreb. I andre kommuner kan bioaffald være defineret anderledes. Hvad der er bioaffald, afhænger både af, om det kan omdannes til biogas og af, om det passer til de tekniske anlæg, der skal bearbejde det. Det er kommunen, der beslutter, hvad der skal indsamles som bioaffald.

Bioaffald er altid organisk affald, men ikke alt organisk affald er bioaffald. Træ, pap, haveaffald og papir har organisk oprindelse, men da det kan genanvendes på andre måder, skal det ikke sorteres som bioaffald. Træ, pap og papir kan også forurene bioaffaldet, hvis det er malet, limet sammen eller trykt med giftige farvestoffer. Endelig kan stykker af træ, pap eller haveaffald sætte sig fast i rørene på nogle typer biogasanlæg, hvor bioaffaldet bliver gjort flydende (pulpes) og pumpes rundt fra tank til tank.

I Københavns Kommune tæller følgende som bioaffald:

- **Madaffald, rått og tilberedt**
- **Ris, pasta og morgenmadsprodukter**
- **Kød, fisk, ben og knogler**
- **Brød og kager**
- **Frugt og grøntsager**
- **Sovs og fedt**
- **Pålæg**
- **Æg og æggeskaller**
- **Nødder og nøddeskaller**
- **Kaffegrums og kaffefiltre**
- **Teblade og tefiltre**
- **Brugt køkkenrulle**
- **Afskårne blomster**

Hvad bruges bioaffaldet til?

Bioaffaldet udsorteres, fordi man kan bruge det til at producere CO₂-neutral energi og samtidig sende vigtige næringsstoffer tilbage til naturen. Når bioaffaldet sorteres fra, køres det til et biogasanlæg, hvor det omsættes til biogas og gødning. Biogassen kan bruges til at lave elektricitet og varme eller som transportbrændstof. Dermed kan samfundets udledning af fossilbaseret CO₂ mindskes. Gødningen indeholder vigtige næringsstoffer (fosfor, nitrogen, kalium og kulstof), som bringes tilbage til landbrugsjorden. Gødningen reducerer brugen af kunstgødning.

Hvem behandler Københavns bioaffald?

Produktion af biogas er under stor udvikling. Danmark er i gang med en bevægelse fra forbrænding af alt restaffald til genanvendelse af mere og mere. Derfor kommer det til at ændre sig over de kommende år, hvor og hvordan københavnske skoler og husholdningers bioaffald bliver lavet til biogas. København forsøger at vælge de biogasanlæg, der fungerer bedst. København har også planer om at bygge sit eget biogasanlæg.

Det bioaffald, der sorteres på københavnske skoler og institutioner, ender i øjeblikket (2018) på et anlæg i Audebo ved Holbæk, der hedder Biovækst. Husholdningernes bioaffald ender i øjeblikket (2018) på anlægget Hashøj ved Skælskør. De to anlæg er to forskellige typer biogasanlæg. Hashøj er et såkaldt vådt anlæg, og Biovækst er et tørt anlæg.

I øjeblikket bruges gassen fra anlæggene til at lave elektricitet og varme, som sendes ud på el- og fjernvarmenettet. Det er planen, at biogassen på sigt kan bruges i gasnettet eller til offentlig transport i Københavns Kommune.

Det affald, der er tilbage, når biogassen er taget fra, bliver til gødning. Hos Hashøj biogasanlæg foræres gødningen (tilbage) til de landmænd, der har leveret gylle til processen og hos Biovækst afsættes kompostproduktet til landmænd tæt på biogasanlægget.



Om biogas

Hvordan fungerer et biogasanlæg?

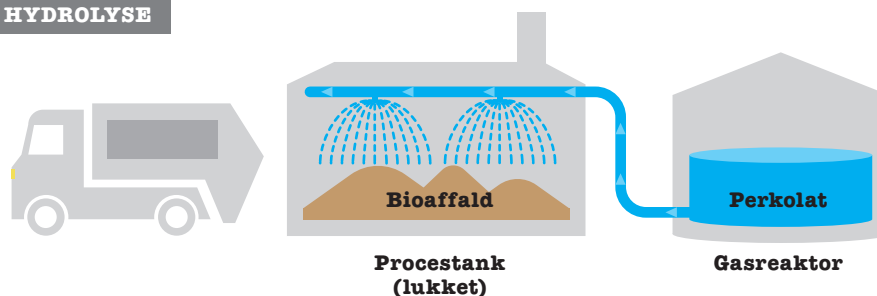
Bioforgasning er en bakteriel proces, hvor særlige bakterier danner metan (CH_4) ved en anaerob (iltfri) proces. I biogasanlægget efterligner man de processer, som finder sted i naturen - f.eks. i moser og sumpe, oversvømmede rismarker eller for den sags skyld i maven på en ko. I biogasanlægget sker metandannelsen i en rådne-/gastank, hvor bakterierne gives de optimale vækstbetingelser igennem regulering af temperatur, PH-værdi og iltindhold.

Der findes flere forskellige typer biogasanlæg. De to mest almindelige anlæg er såkaldte vådanlæg og tøranlæg. I begge typer anlæg er det bakterier, der omsætter stofferne i bioaffaldet til biogas. Bioaffaldet nedbrydes af flere hold bakterier, der bruger hinandens restprodukter. Fordi nogle af bakterierne ikke tåler ilt, foregår processerne altid i lufttætte rum.

Tøranlæg

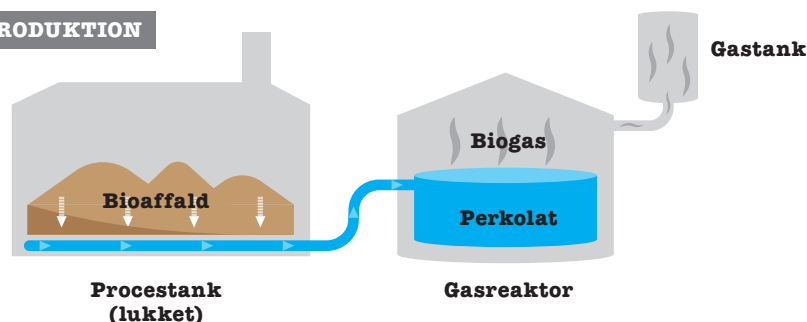
På anlægget Biovækst, der bruger en "tør-proces", bliver bioaffaldet blandet med grene og blade og placeret i en stor procestank med en si i bunden. Her overrisles det med en væske (perkolat), som indeholder metanbakterier fra en tidligere bioforgasning. Det sætter gang i en bakteriel hydrolyse, som udvasker fedtsyrerne fra bioaffaldet til væsken.

HYDROLYSE



Væsken løber ud igennem sien i bunden af tanken og føres over i en gasreaktor, hvor den bioforgasses. Når væsken er forgasset sendes den tilbage til procestanken og overrisler bioaffaldet, så processen kan gentages indtil der ikke kan udvindes mere metan fra bioaffaldet.

METANPRODUKTION



Når der ikke kan udvindes mere metan, pumpes der luft ind i procestanken. Det gør, at nogle andre bakterier tager over, og en (aerob) kompostering går i gang. Det gør, at det organiske materiale, der er tilbage, omdannes til kompost. Kompostbakterierne udvikler varme, så alle uønskede sygdomsbakterier dræbes.

KOMPOSTERING



Til sidst bliver komposten lagt til eftermodning i store bunker, hvor komposteringen fortsætter. Før det kan bruges som kompost og gødning på markerne, sorteres grene og forurening som metal og plast fra komposten.

Vådanlæg

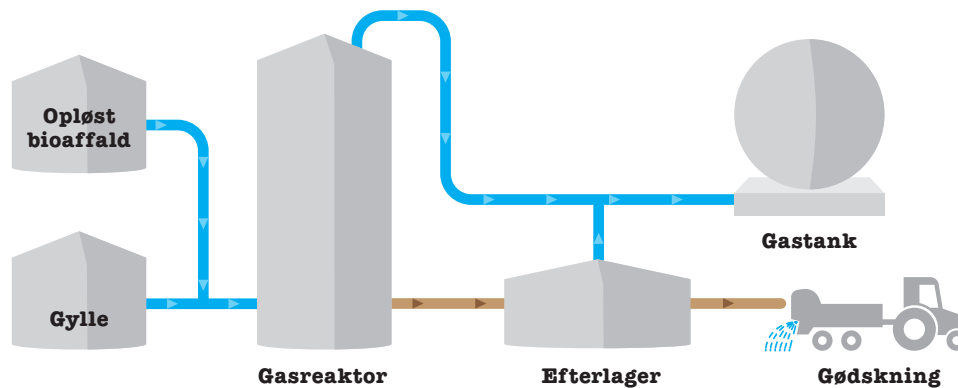
På anlæg der bruger "vådteknologi", f.eks. Hashøj Biogas, gøres bioaffaldet flydende ved at mose det og opløse det i vand. Man siger, at bioaffaldet pulpes. Samtidig renses affaldet også for plastikposer, teskeer, emballage og andet, som ved en fejl er havnet i bioaffaldet. Før bioaffaldet laves til biogas, blandes det med gylle fra grise og køer fra landbrug tæt på anlægget. Når man blander bioaffaldet med gylle, får man et bedre forhold mellem kulstof og kvælstof til nedbrydning. Gyllen alene indeholder for meget kvælstof til god biogasproduktion. Gyllen leverer også en del gode mikroorganismer til processen. Der sker også en indledende aerob nedbrydning af materialet, så kulhydrater, fedtstoffer og protein omdannes til organiske syrer, brint og CO₂.

Herefter sendes det blandede bioaffald og gylle til en iltfri reaktortank, hvor den anaerobe metanproduktion begynder. Materialet holdes under konstant omrøring. Den dannede biogas tages fra og resten af bioaffaldet pumpes over i en anden tank. Her afgasser biomassen stadigvæk lidt biogas, som også opsamles.

Biogassen kan enten brændes direkte eller opgraderes, så svovlforbindelserne og næsten al CO₂ fjernes. Opgraderingen gør, at gassen kan sendes ud i naturgas- og bygasnettet.

Den afgassede biomasse bliver kørt ud til landmanden, hvor det kan bruges som gødning på markerne.

VÅDANLÆG



Fordele ved biogas som energikilde

CO₂-udledning og energi fra biogas

Biogas anses for at være en CO₂-neutral energikilde, fordi energien stammer fra organisk materiale, der er en del af det aktuelle kulstofkredsløb i biosfæren. Forbrændingseget affald består også hovedsageligt af organisk materiale og anses derfor også for at være CO₂-neutral. Hvis biogas erstatter affaldsafbrænding, giver den altså ikke en stor reduktion af CO₂-udledningen. For at biogassen skal give en større klimaeffekt, skal den erstatte energi fra ikke-CO₂-neutrale energikilder, som fossilt kul, olie eller gas.

Hvis biogassen fra københavnernes affald blev brændt af i Københavns Kommunes kraft-varmeværker, ville den med stor sandsynlighed enten erstatte energi fra affaldsafbrænding eller andre vedvarende energikilder, og dermed have en ringe klimaeffekt. I dag afbrændes den i Slagelse, hvor den erstatter konventionel naturgas, og derfor har den en klimagevinst.

Hvis biogassen i fremtiden bliver produceret på et bynært biogasanlæg vil den største klimagevinst forekomme, hvis den erstatter energiproduktion med fossile brændsler. Biogassen har dog under alle omstændigheder en fordel ved at kunne lagres, hvad de fleste andre CO₂-neutrale energikilder ikke kan. Derfor kan biogas spille en rolle i processen mod at gøre København til en CO₂-neutral hovedstad.

Biogas som bygas

Biogas har den fordel, at den kan opgraderes og sendes ind i naturgas-/bygasnettet. Her erstatter den fossil naturgas, og gør bygassen mere CO₂-neutral.

Biogas og transport

Som del af Københavns Kommunes klimaplan 2025 skal den kollektive trafik omstilles, så byens busser drives af de CO₂-neutrale drivmidler el og biogas. Her vil det være muligt at bruge biogas fra Københavnerne's bioaffald.

Samtidigt er målsætningen, at 30-40 % af al tung transport (lastbiler og busser) i byen skal bruge CO₂-neutrale drivmidler, som el, brint, biogas eller bioethanol. Den tunge transport er sværere at omstille til alternative drivmidler, men en mulighed er, at der også her bruges biogas baseret på bioaffald.

Biogas og det fleksible energisystem

Målsætningen om, at København skal være CO₂-neutral i 2025 kræver en omstilling af byens energiforsyning, så energien kommer fra CO₂-neutrale energikilder. Men det vil også kræve et mere fleksibelt energisystem, som kan sikre, at vindmøller, solceller og andre energiteknologier kan kombineres, og stadigvæk sikre en høj forsyningsikkerhed. Her har biogas den fordel, at den er let at lagre. Hvor batterier er dyre at producere og taber energi, så kan biogas lagre energien over længere tid. Det betyder at energien kan bruges, når andre vedvarende teknologier ikke kan dække energibehovet.

Transport og klimaaftryk

I Københavns Kommune er der enighed om, at der skal anlægges et bynært biogasanlæg. I Københavns Kommune forventes det, at der inden for de kommende år produceres nok mængder bioaffald til et anlæg. Økonomien i et anlæg vil blive bedre ved endnu større mængder, og derfor vil det være en fordel at indgå aftaler med nabokommunerne om fælles behandling af bioaffald.

Indtil der er bygget et bynært anlæg, behandles størstedelen af bioaffaldet på Hashøj biogasanlæg i Slagelse. Det medfører en transport af bioaffaldet på mere end 100 km. Transporten af bioaffald til Slagelse fjerner omkring 7,5 % af CO₂-gevinsten ved at lave biogas af materialet. Hvis materialet blev bioforgasset i København, ville transporten kun fjerne 4 % af CO₂-gevinsten.

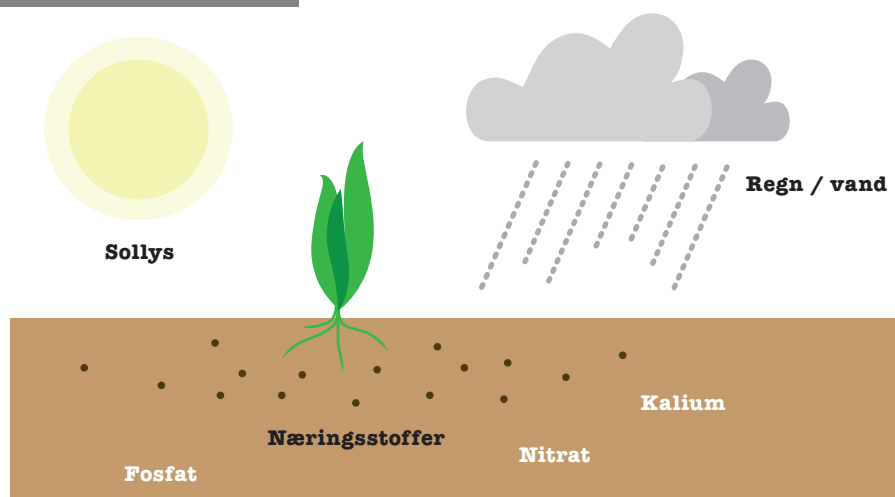
Fra Hashøj biogasanlæg sendes gassen til et lokalt fjernvarmeanlæg, hvor den erstatter naturgas i produktionen af varme og elektricitet.

Om næringsstoffer

Generelt om plantenæringsstoffer

Planter har brug for lys, vand og næringsstoffer for at vokse. En plante skal bruge 17 forskellige næringsstoffer, mens den vokser og udvikler sig fra frø til moden plante. Carbon (C), Ilt (O) og Hydrogen (H) får planten gennem fotosyntese og optagelse af vand fra jorden. Resten af næringsstofferne optager planten fra jordvæsken.

FRA FRØ TIL PLANTE



Seks af næringsstofferne kalder vi for makronæringsstoffer, det vil sige næringsstoffer som planterne optager mere end 1 kilo af per hektar jord. De seks makronæringsstoffer er Nitrat (N), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Fosfor (P), Svovl (S).

Næringsstofferne optages som uorganiske ioner (positivt eller negativt ladede) fra den væske, der er rundt om plantens rødder.

Fosfor

Planten bruger bl.a. fosfor i cellevæggene. Plantens celler kan ikke strække sig, hvis der mangler fosfor og landmanden får et meget mindre høstudbytte.

Fosformangel er ikke så i øjenfaldende som mangel på nitrat (kvælstof), hvor plantens blade bliver gullige. Produktionen af klorofyl bliver nemlig ikke påvirket af fosformangel. Derfor stiger koncentrationen af klorofyl i cellerne og blade på planter med fosformangel bliver kraftigt mørkegrønne. Hvis planten mangler fosfor i længere tid, kan plantens blade blive lilla.

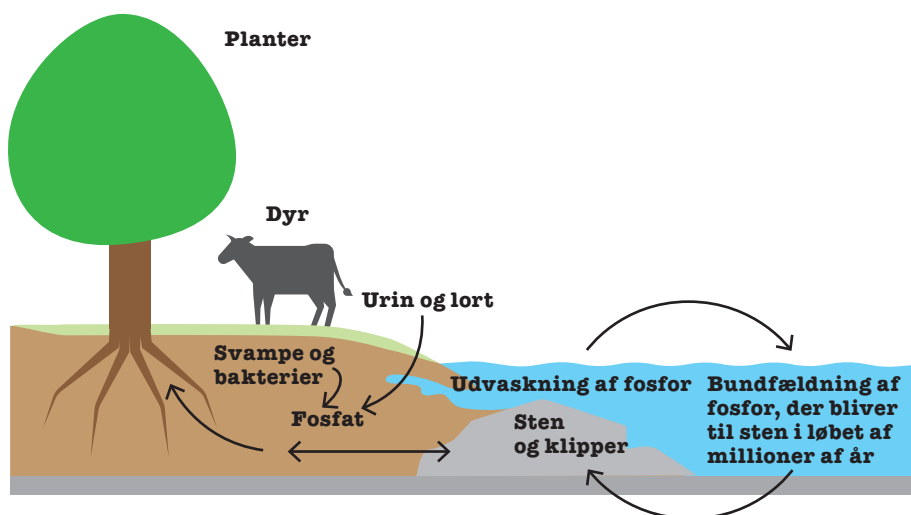
Fosfor reagerer meget nemt med jern, kalk og aluminium i jordvæsken. Derfor er der ikke særlig meget frit fosfat i jordvæsken, som planterne kan optage. Planter kan kun optage fosfat i uorganisk form, som fosfat-ioner ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$). Fosfat tilføres jorden fra kunstgødning eller som organisk gødning. Det sidste kan f.eks. komme fra bioaffaldet. Den organiske gødning bliver nedbrudt af mikroorganismer og fosfor bliver frigivet som uorganiske fosfat-ioner.

I jorden findes fosfat

- opløst i jordvæsken, som ioner (mindre end 0,01 %)
- bundet til lerpartikler eller metalioner, som uopløste salte
- omdannet til stabile mineraler, hvor fosforen er flere år om at blive frigivet

Det afgørende for planternes adgang til fosfor er, hvor hurtigt fosfor kan frigives fra den faste mineraliserede form, til opløste fosfationer i jordvæsken. Der er mest frit opløst fosfat i jord med en neutral pH-værdi og meget organisk stof (f.eks. planterester).

DET NATURLIGE FOSFOR-KREDSLØB

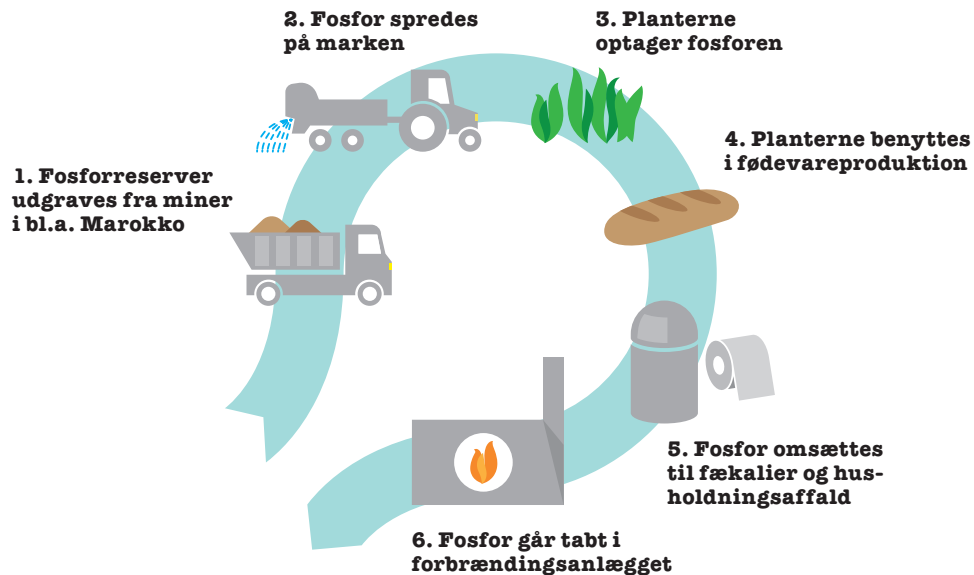


Gødningen fra bioaffaldet sparer kunstgødning

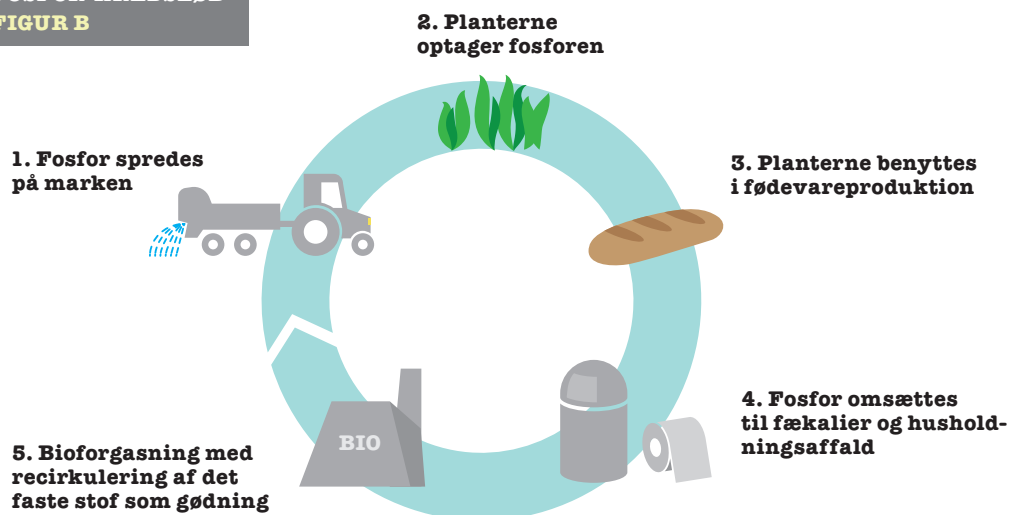
På et forbrændingsanlæg bliver alt det organiske affald omdannet til energi og restprodukter, som planterne ikke kan bruge. Behandlingen af bioaffald i et biogas-anlæg ligger mere op ad naturens kredsløb, hvor døde dyr og planter bliver nedbrudt til næringsstoffer, der igen bliver brugt af nye planter, så de kan vokse og blive til føde for dyrene. I gødningen fra biogas-processen er der næringsstoffer (fosfat, nitrat og kalium), som planterne på markerne kan bruge til at leve og vokse af. På den måde kan gødningen fra bioaffald erstatte kunstgødning på markerne.

Når man bruger mindre kunstgødning, sparer man energi og dermed CO_2 , og sparer på Jordens begrænsede ressourcer af bl.a. fosfor, der hentes i miner langt fra Danmark.

FOSFOR-KREDSLØB
FIGUR A



FOSFOR-KREDSLØB
FIGUR B



Fosfat er en knap ressource

Et af de vigtige næringsstoffer som sendes tilbage til marken med det komposterede bioaffald er fosfat. Fosfat er en begrænset ressource. Selvom fosfor er det 12. mest almindelige grundstof i jordskorpen, findes det ofte i meget lave koncentrationer i naturen.

Forskere er uenige om, hvornår vi løber tør for de fosfatholdige bjergarter, men tallene svinger mellem 50 år og 400 år. Herefter bliver vi nødt til at få vores fosfat andre steder fra – f.eks. fra bioaffald og gylle.

Bioaffald, København og kloden som fællesfagligt forløb**Fælles Kick-off – Giver det mening at sortere bioaffald?**

Den fælles kick-off tager afsæt i spørgsmålet: Giver det mening at sortere bioaffald? Eleverne har alle fået udleveret den lille grønne spand til bioaffaldssortering derhjemme. Diskussionen kan derfor med fordel tage udgangspunkt i elevernes umiddelbare forestillinger og aktuelle viden om, hvad der sker med deres affald, når det sorteres fra som bioaffald. Sørg for, at eleverne ved, at de skal diskutere spørgsmålet igen, når de er færdige med det fællesfaglige forløb.

Indledende vidensindsamling om bioaffald

Efter det fælles kick-off arbejder eleverne med at skabe et fælles vidensgrundlag om bioaffald. Det gør de ved at læse tre temaartikler. Artiklerne tager tre perspektiver på bioaffaldssortering op: Bioaffald og cirkulær økonomi, Bioaffald og biogas samt Biogas og næringsstoffer. Artiklerne består af interviews med fagpersoner og eksperter, billeder og videoer, som kan give eleverne et overordnet billede af, hvordan bioaffaldshåndteringen fungerer, og hvilke fordele og udfordringer der er ved at behandle bioaffaldet for sig selv.

Du kan finde artiklerne her:

**Københavnske kartoffelskræller skal afstresse kloden
(København og kloden 1 af 3):**

[Del 1](#)

**Det er ikke for sjov, at Kommunen tager gas på dit madaffald
(København og kloden 2 af 3):**

[Del 2](#)

**Uden fosfor er vi på spanden
(København og kloden 3 af 3):**

[Del 3](#)

Opsamlingsspørgsmål til artiklerne

Når eleverne har læst de indledende artikler, kan I i fællesskab gennemgå en række spørgsmål, som kan kvalificere elevernes eget arbejde:

København og kloden 1/3
**Københavnske kartoffelskræller skal afstresse kloden
Opsamlingsspørgsmål**
Begreber og fakta:

- Hvad er bioaffald og hvad er restaffald?
- Hvad er cirkulær og hvad er lineær økonomi?

Forklarings- og forståelsesspørgsmål:

- Hvad sker der med bioaffaldet i Københavns Kommune, når det bliver hentet i hjemmet?
- Hvad er forskellen på, hvordan det sorterede bioaffald og restaffaldet bliver behandlet?
- Forklar, hvad der sker i videoen om bioaffaldssortering.
- Hvorfor skal københavnere sortere deres bioaffald?
- Hvorfor er det ikke længere godt nok at brænde bioaffaldet på et affaldsforbrændingsanlæg sammen med restaffaldet?
- Hvad mener forskeren med, at den cirkulære økonomi skal være langsom?

Holdnings- og vurderingsspørgsmål:

- Hvad mener store firmaer som Coca Cola om cirkulær økonomi?
- Hvad mener forskeren om genbrug i forhold til forbrug?
- Hvem har et ansvar i forhold til indsamling af bioaffald?

Handlemuligheder:

- Hvad kan borgerne selv gøre, for at bioaffaldet bliver behandlet effektivt og bedst muligt?
- Hvordan kan vi som borgere selv blive en del af den cirkulære økonomi?

København og kloden 2/3

Det er ikke for sjov, at Kommunen tager gas på dit madaffald
Opsamlingsspørgsmål

Begreber og fakta:

- Hvilken farve har spandene til bioaffald i hjemmet og på din skole?
- Hvor bliver københavnernes restaffald kørt til forbrænding?
- Hvor bliver bioaffaldet kørt til behandling?
- Hvad er forskellen på, hvad man laver biogas af på Biovækst i forhold til de fleste andre biogasanlæg?
- I videoen fra Biovækst bliver der brugt et andet ord for bioaffald. Hvad er det?
- Teknologichefen fortæller i videoen om noget, han kalder perkolat. Men hvad er perkolat?
- Biogas består hovedsageligt af en bestemt type gas. Hvad er det kemiske navn for denne gas?
- Biogassen kan bruges til at producere strøm og varme på lukkede anlæg. Men hvis man rensr biogassen, så den bliver helt ren og kun består af en bestemt type gas, så kan den også bruges som energi andre steder? Hvor er det og hvordan transporteres gassen derhen?
- Hvilke transportmidler kører på metan i København?
- Hvad er fordelene ved biogas i forhold til andre "grønne" energikilder?
- Hvilke næringsstoffer får man ud af bioaffaldet? Og hvor kan man bruge næringsstofferne?
- Hvilke andre stoffer fra bioaffaldet kan gøre gavn i jorden?

Forklarings- og forståelsesspørgsmål:

- Forklar processen på Biovækst ud fra teknologichefens forklaring i videoen.
 - Hvad sker der med bioaffaldet, når det er modtaget på Biovækst?
 - Hvad bliver bioaffaldet blandet med i de store "procesmoduler"?
 - Hvad er de to slutprodukter fra biogasanlægget på Biovækst?
 - Hvilke energiformer produceres af biogassen?
 - Hvad sker der med den faste del af bioaffaldet, som ikke bliver til biogas?

Holdnings- og vurderingsspørgsmål:

- Mener Teknik- og Miljøborgmesteren, at det er et problem, at bioaffaldet skal køres så langt for at blive bioforgasset?
- Er det bedst at bygge et nyt biogasanlæg tættere på København?
- Hvad vil Københavns kommune helst bruge biogassen til?

Handlemuligheder:

- Hvem skal sørge for, at bioaffaldet ikke skal køres så langt for at blive behandlet?
- Hvem skal vurdere, hvor det er smartest at placere et biogasanlæg?
- Kan man gøre indsamlingen af bioaffald mere effektiv ved at behandle bioaffald fra skoler og institutioner og bioaffald fra hjemmet det samme sted?

København og kloden 3/3

Uden fosfor er vi på spanden
Opsamlingsspørgsmål

Begreber og fakta:

- Hvad er fosfor og hvor findes det?
- Hvad er forskellen på fosfor og fosfat?
- Hvor får man fosfat fra?
- Hvor stor en del af verdens fosfat findes i det nordafrikanske land Marokko?
- Hvordan kan man se på planterne, at de mangler fosfor?
- Hvor i verden er der størst mangel på fosfat i landbrugsjorden?
- Hvor meget betaler kartoffelavlere i videoen for komposten fra Biovækst?

Forklarings- og forståelsesspørgsmål:

- Hvordan dannes fosfat?
- Hvorfor kan for meget fosfor være et problem for miljøet?
- I videoen fortæller kartoffelavlere, at han kun gøder sine marker hvert tredje år. Hvorfor gøder han kun markerne med komposten hvert tredje år?

Holdnings- og vurderingsspørgsmål:

- Hvor lang tid vurderer forskerne, at vi vil have adgang til fosfat?
- Hvorfor mener eksperter, at det er farligt, at det meste af verdens fosfat findes i ét land?
- Hvor meget mener forskerne, at man kan begrænse importen af fosfor til Danmark, hvis vi genanvender fosforen fra vores organiske affald (bioaffald)?

Handlemuligheder:

- Hvem skal regulere adgangen til verdens fosfat?
- Hvad kan man gøre for, at vi ikke mister den fosfor, der findes i vores fødevarer?
- Kan man i vores hverdag genanvende fosfor fra andre kilder end vores bioaffald?

Fælles idégenerering

Vær i klassens idégenerering opmærksom på, at materialet lægger op til, at eleverne kan arbejde videre ad to forskellige spor, i deres arbejde med bioaffald; nemlig:

- bioaffald, biogas og klima eller
- bioaffald og næringsstoffer

Efter den fælles idégenerering formulerer eleverne i grupper den problemstilling, de vil arbejde videre med og indsamler på egen hånd yderligere viden, undersøger, modellerer, analyserer og perspektiverer.

Fælles opsamlingsdebat:

Giver det mening at sortere bioaffaldet?

Efter elevernes egne undersøgelser har den fælles opsamling til formål at samle op på, hvad grupperne har lært og fundet ud af. Med udgangspunkt i spørgsmålet: **Giver det mening at sortere bioaffaldet?** skal eleverne belyse forskellige fordele og ulemper ved at sortere bioaffaldet

Forslag til simple elevforsøg og øvelser

- Lav din egen biogas
- Andre forsøg med biogas
- Forsøg med fokus på planter og næringsstoffer

Lav din egen biogas ud af kartofler

I dette forsøg skal I lave jeres egen biogas fra kartofler. Forsøget skal laves i et laboratorium, hvor der er tilladelse til åben ild. Inddel eleverne i grupper af 3-5 elever og sørg for, at alle grupper har de nødvendige materialer og redskaber.

Materialer:

- 1 konisk kolbe
- 1 stor prop, der passer til kolben
- 2 mindre propper (med hul til et glasrør), der passer til cylinderrørene
- 1 mindre prop (med 2 huller til glasrør), der passer til cylinderrørene
- 4 små glasrør, der passer i propperne
- 1 langt og 1 kort cylinderrør
- 3 gummislanger
- 1 klemmehane
- 1 stativ
- 1 termometer
- 1 tragt
- 3 store uvaskede kartofler
- Lidt jord
- Evt. gær
- Madolie
- Vand

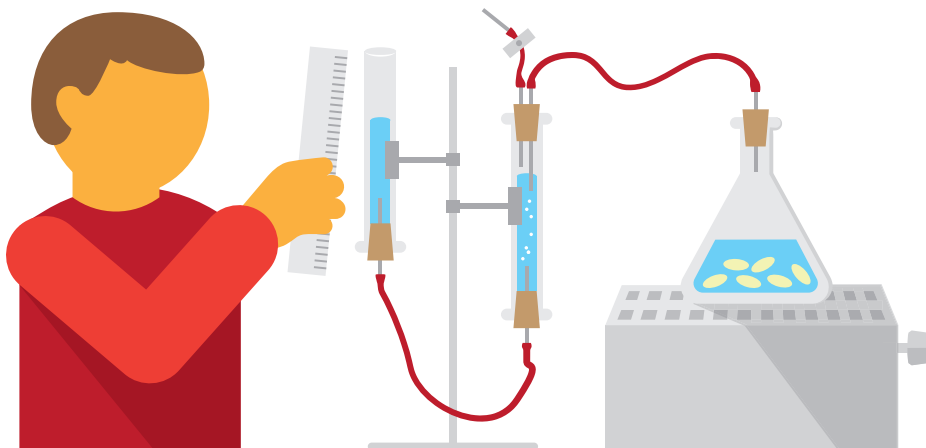


Lad eleverne følge denne fremgangsmåde:

- Findel de uvaskede kartofler (jo større overflade, jo hurtigere virker forsøget).
- Placer kartoffelstykkerne i kolben, tilsæt vand og lidt jord (bakterier).
- Saml forsøgsopstillingen som vist på tegningen. Propperne skal sidde godt på, så der er helt lufttæt.
- Husk at dyppe glasrørene i olie, så de nemmere glider ind i proppen. PAS PÅ: De små glasrør knækker nemt.
- Brug tragten til at hælde vand i de lange cylinderrør.
- Placer kolben på en radiator eller en anden varmekilde, men sørg for at temperaturen ikke kommer over 35 grader. Mål temperaturen med termometret, hvis I er i tvivl. Lad ikke kolben blive kold under forsøget, da det vil skabe undertryk i kolben.
- Luft ud med klemhanen efter ca. 1 døgn, så den CO₂, der er blevet dannet i kolben, og luften, der var der i forvejen, slipper ud.
- Lad forsøget fortsætte i flere dage, indtil der har samlet sig en passende mængde gas i det korte rør.
- Hvis der efter fire dage ikke er kommet gang i processen, tilsættes cirka fem gram opløst gær til kartoflerne.

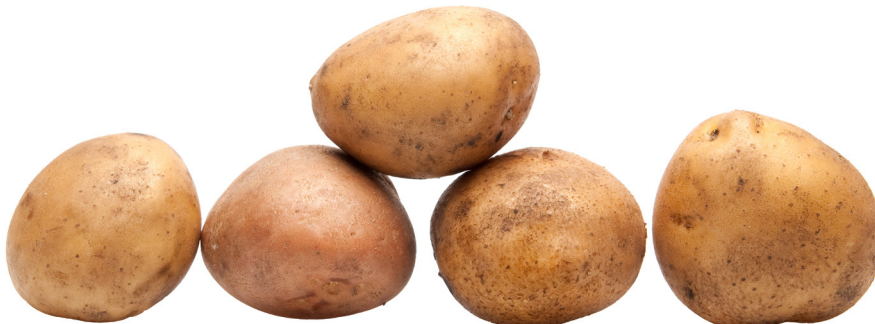
I forsøget vil bakterier, der bruger ilt først, omdanne ilt til CO_2 . Når ilt er opbrugt, vil metanbakterier fra jorden omdanne kartoflerne til biogas. De skal være under vandet for at sikre et iltfrit (anaerobt) miljø. Først vil CO_2 og siden metan boble ned i det midterste cylinderrør. Her vil gassen boble op af vandet og efterhånden skubbe vandet, over i det høje cylinderrør til venstre.

Når der er dannet cirka 5 cm^3 biogas, kan du (kun, hvis du er læreren) åbne klemhanen og antænde biogassen. På et glas med samme diameter som et 100 ml glas svarer 5 cm^3 til 5 cm. Sørg for, at alle elever observerer, at biogassen brænder.



Forsøg og tegning udarbejdet af Økolariet, NRGi og Grundfos, 2009

Denne illustration er lavet af TMF Design, Københavns Kommune, 2017



Andre forsøg med biogas

Gratis materialer

Giv os gerne et praj, hvis du finder relevante forsøg med biogas, hvor der er gratis adgang! Skriv til Ressource- og Affaldsskolen i Afdelingen for Bæredygtig Udvikling. Du finder vores kontaktoplysninger på www.groen.kk.dk

BETALINGSMATERIALER (FAGPORTALER)

Fossile brændstoffer og biogas

Gyldendals fagportal for fysik-kemi har et undervisningsforløb om fossile brændstoffer og biogas. Find materialet her: Fysik-kemi/ Gyldendal.dk/ Global miljøkemi/ Fossile brændstoffer og biogas eller via dette direkte link:

[Fossile brændstoffer og biogas](#)

Biobrændsel

Clio Online /Fysik-Kemifaget har et forløb om energiomdannelse og energiproduktion og et emne om Vedvarende energi. Begge indgange fører til et tema om biobrændsel, som indeholder en vejledning i, hvordan eleverne kan fremstille biogas af gødning.

Find materialet via dette link:

[Biobrændsel](#)

Biogas på kartofler

Forsøget "Lav din egen biogas ud af kartofler" findes også i Alineas oplæg til fællesfagligt forløb om Bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan under kapitlet biomasse.

Find materialet via alle Alineas tre naturfagsportaler eller via dette direkte link:

[Biogas på kartofler](#)

Alternativ energi og biogas

GO Forlag har i systemportalen Xplore Biologi i forløbet "Bæredygtighed" et emne om alternativ energi, hvor du kan finde en opgave om biogas.

Du finder materialet her:

[Alternative energi og biogas](#) eller via dette direkte link til opgaven: [Biogas](#)

Bæredygtig energiforsyning

GO Forlag har i fagportalen Xplore På tværs til de fællesfaglige fokusområder under forløbet "Bæredygtig energiforsyning" en række opgaver om bl.a. affald, biogas og energiomsætning i biogasanlæg.

Du finder materialet her: [Bæredygtig energiforsyning](#)

Forsøg med fokus på planter og næringsstoffer

Der findes masser af forsøg hvor eleverne kan undersøge næringsstofferne betydning for planter vækst. Hvis du ikke selv har ideer kan du f.eks. se her:

GRATIS MATERIALER

Naturfaglige øvelser om affald

Foreningen Affald.dk har flere forslag til øvelser om bl.a. kompostering, nedbrydning, gæring og måling af næringsstoffer i drænvand, som kan bruges som inspiration. Du finder materialet her: [affald.dk/ Undervisere/ Undervisningsmaterialer](http://affald.dk/Undervisere/Undervisningsmaterialer) eller via dette direkte link:

[Naturfaglige øvelser om affald](#)

Kemisk analyse

'Energi på lager' er et undervisningsmateriale fra DTU, som retter sig mod fysik/ kemi-undervisningen i 8. og 9. klasse. I denne øvelse findes en vejledning i at påvise bl.a. fosfat i gødning. Du finder materialet her: [DTU/ Energi på lager/ Kapitel 5: Ammoniak som grønt brændstof/](#) eller via dette direkte link:

[Kemisk analyse](#)

Giv os gerne et praj, hvis du finder andre relevante forsøg om planter og næringsstoffer, hvor der er gratis adgang! Skriv til Ressource- og Affaldsskolen i Afdelingen for Bæredygtig Udvikling. Du finder vores kontaktoplysninger på www.groen.kk.dk

BETALINGSMATERIALER (FAGPORTALER)

Makronæringsstoffer

Clio Online /Biologifaget har et emne om økologi, hvor du finder et tema om Planter optagelse af næringsstof, med en øvelse om Makronæringsstoffer. I øvelsen undersøger eleverne sammenhængen mellem makronæringsstoffer og algevækst i vand. Find materialet her: [Clio Online/ Biologifaget 7.-9. klasse/ Planter optagelse af næringsstof/](#) eller via dette direkte link:

[Makronæringsstoffer](#)

Gødning

GO Forlags systemportal Xplore Fysik/kemi har i emnet "Gødning" fokus på naturgødning, kunstgødning og mikroernæringsstoffer samt pH. I emnet finder du to opgaver om fremstilling af gødningssalt og indhold i gødning.

Du finder materialet her:

[Gødning](#)

Optag og udvaskning af nitrogen i planteforsøg

Gyldendals biologiportal har et forløb om Fødevarer og produktion med et forslag til tre små forsøg om Optag og udvaskning af nitrogen i planteforsøg

Du finder materialet her:

[Nitrogen i Planteforsøg](#)

Carbon- og nitrogenkredsløbet

GO Forlag har et forløb om "Ingenting forsvinder" og genbrug i naturen i systemportalen Xplore Biologi, hvor du finder to opgaver om carbonkredsløbet og nitrogenkredsløbet.

Du finder [materialet her](#) eller via disse to direkte link til opgaverne:

[Carbonkredsløbet](#)

og

[Nitrogenkredsløbet](#)



Linksamling (Tekster og videoer)

GENERELT OM ORGANISK AFFALD

- Miljøstyrelsens beskrivelse af **Kredsløbet for organisk affald** kan hentes her:
[Kredsløbet for organisk affald](#)

BIOGAS

- Et hæfte om udfordringer og muligheder omkring biogas skrevet af NOAH Energi og Klima: **Biogas, vidundermiddel eller mere svineri?**; NOAHs forlag 2014
Kan hentes her:
[Biogas, vidundermiddel eller mere svineri?](#)
- Et hæfte fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, der giver en bred men stadig grundig indføring i problematikken vedrørende biogas. Hæftet er skrevet til undervisningsbrug på gymnasie- og universitetsniveau. En stor del af hæftet kan dog læses uden særlige forkundskaber. Peter Jacob Jørgensen: **Biogas – Grøn Energi**; Aarhus Universitet 2009.
[Biogas - Grøn Energi](#)
- En kort video om nogle DTU-studerendes forsøg med simpel **Bioforgasning af madaffald på Roskilde Festival**: [Biogasning af madaffald på Roskilde Festival](#)
- Hjemmesiden affald.dk har et selvstændigt tema om **Kompost**, hvor der også er artikler om organisk affald og biogas
[Kompost](#)
- En kort komprimeret artikel om, hvordan biogas dannes – skrevet til ungdomsuddannelserne af affald.dk: **Biogas – Sådan dannes den**.
[Biogas - Sådan dannes den](#)

FOSFOR OG NÆRINGSSTOFKREDSLØB

- DR-skole har link til en kort video der fortæller om næringsstoffer og planter vækst. Videoen "**Mineraler er vigtige**" findes her:
[Mineraler er vigtige](#)
- En simpel tavlegennemgang af det naturlige fosforkredsløb på engelsk. **The Phosphorous Cycle** af Steve Griffiths (Varighed 3:16):
[The Phosphorous Cycle](#)

- En flot film, der både kommer rundt om fosfors betydning for vores fødevareproduktion og dets belastning af vandmiljøet samt vores sårbarhed i forhold til adgangen til fosfor. **The Phosphorous Paradox** er produceret af Pennsylvania State University i 2014 (Varighed 6:40)
[The Phosphorous Paradox](#)
- En tegnet gennemgang af fosforudfordringen: **The phosphorous Problem**. Filmen er produceret af den hollandske tænketank "Nationale Denktank" i 2013 (Varighed 3:35)
[The phosphorous Problem](#)
- Et undervisningsmateriale til gymnasiet om fødevareproduktion. Udgivet af KU-Science, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet. Kapitel fem handler netop om fosfor: **Fosfor fremtidens guld** i bogen *Mad til milliarder*. Digital version optimeret til iPad, Udgivet 2013, ISBN 978-87-996274-0-0
[Fosfor fremtidens guld pdf](#)
- Et eksempel på **Indholdet af næringsstoffer i kompost** baseret på bioforgasset bioaffald (Kildesorteret Organisk Dagrenovation):
[Indholdet af næringsstoffer i kompost](#)
- HedeDanmark, en kort artikel om **Fosforudfordringen**, med et simpelt diagram der viser fosforkredsløbet:
[Fosforudfordringen](#)
- Et kort overblik over **Mikro- og makronæringsstoffer** findes her: Jan Kofod Schjørring: plantenæringsstoffer i Den Store Danske, Gyldendal. Hentet 16. april 2018 fra [Mikro- og makronæringsstoffer](#)
- En gennemgang af **Fosforkredsløbet** findes her: Peter Bondo Christensen: fosfor (fosforkredsløbet) i Den Store Danske, Gyldendal. Hentet 13. juni 2018 fra [Fosforkredsløbet](#)