



DESIGN AF KLIMALØSNINGER

GEM ENERGIEN

ET UNDERVISNINGSFORLØB FOR 8. - 9. ÅRGANG



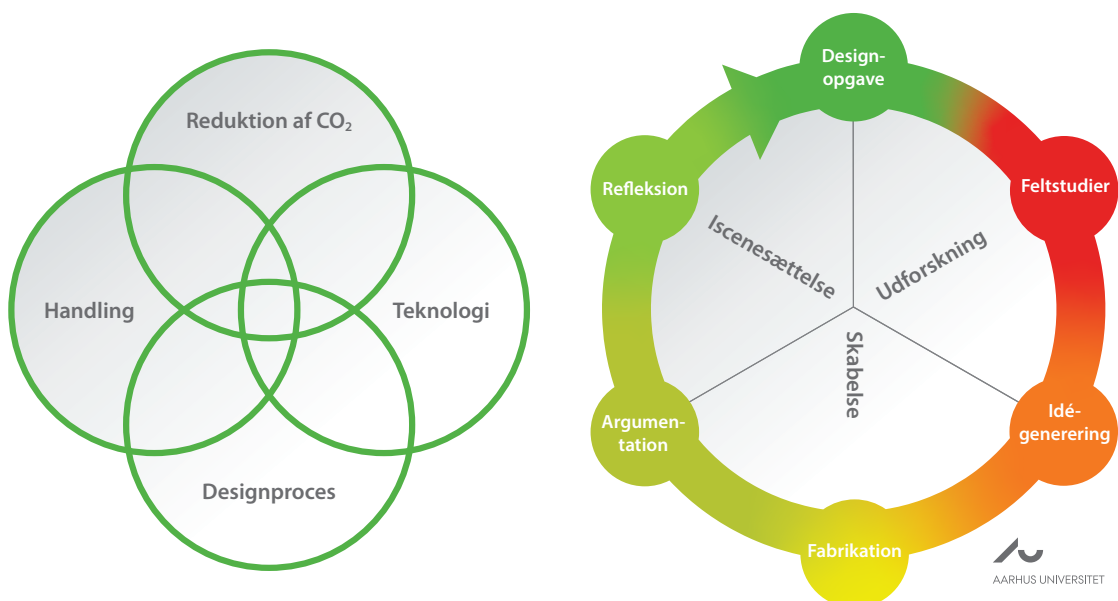
FABLAB KLIMALAB

Dette undervisningsforløb er udviklet af FabLab@SCHOOLdk, som er et partnerskab mellem Silkeborg, Vejle, Kolding og Middelfart Kommune. Partnerskabet arbejder for at fremme teknologiforståelse, praksisfaglige færdigheder og det 21. århundredes kompetencer.

FabLab@SCHOOLdk har med støtte fra Villum Fonden udviklet i alt ni undervisningsforløb i FabLab KlimaLab. Alle forløb har fokus på reduktion af CO₂ og er målrettet forskellige klassetrin fra indskoling til udskoling. Her kan elever fordybe sig i klimamæssige udfordringer i forhold til transport, affald, fødevarer eller energi.

I hvert forløb møder eleverne en virkelighedsnær udfordring, som de i fællesskab skal forstå og udvikle løsninger til. Eleverne arbejder i designprocesser og anvender digitale teknologier i deres løsninger. Som didaktisk ramme anvendes en designprocesmodel, der stilladserer og kvalificerer elevernes problemløsning, vidensudvikling og læring.

Gennem FabLab KlimaLab undervisningsforløbene bliver eleverne bevidste om konkrete CO₂-reducerende handlinger, som kan iværksættes af det enkelte individ, af fællesskaber som fx skolen, klassen og familien eller af samfundet. Det er et overordnet mål i forløbene, at eleverne udvikler viden om klimaudfordringer på en måde, der efterlader dem med konkrete handlemuligheder i egen hverdag.





GEM ENERGIEN



FAG

Fysik/kemi, Geografi, Biologi



FAGLIGE EMNER

Energi, Energiomdannelse
Grøn omstilling



TEKNOLOGIER

Dataopsamling
Termografisk kamera

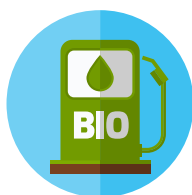
FORLØB LAVET AF

Gitte Bjørnsø
Jesper Korsgaard
Sejs Skole

Søren Lumbye
Jonas Kalsgaard Lynggaard
Silkeborg Kommune

BESKRIVELSE

Grøn energiproduktion er så kompleks, at det kan virke som en umulig opgave at forstå for selv veluddannede voksne, og derfor også for elever i folkeskolen. Hvor starter vi, og kommer vi nogensinde i mål? Dette undervisningsforløb søger at give konkrete bud på, hvordan elever kan arbejde med ny viden inden for lagring af energi, således at de får et billede af, hvordan fremtidens energiforsyning kan være bæredygtig på en vindstille regnvejrsdag i Danmark.



FORLØBSBESKRIVELSE

Udledningen af drivhusgassen CO₂ har stor betydning for, hvor kraftig en temperaturstigning jorden står over for det næste århundrede. Vi er ikke i tvivl om, at vi skal nedbringe udledningen af CO₂, men det er ikke nemt i en verden, hvor næsten alt i ens hverdag kræver energi. Fra tøjvask og plæneklippere til transport og fødevarerproduktion. Alt kræver energi, og det ser ikke ud til, at vores energiforbrug i fremtiden bliver mindre.

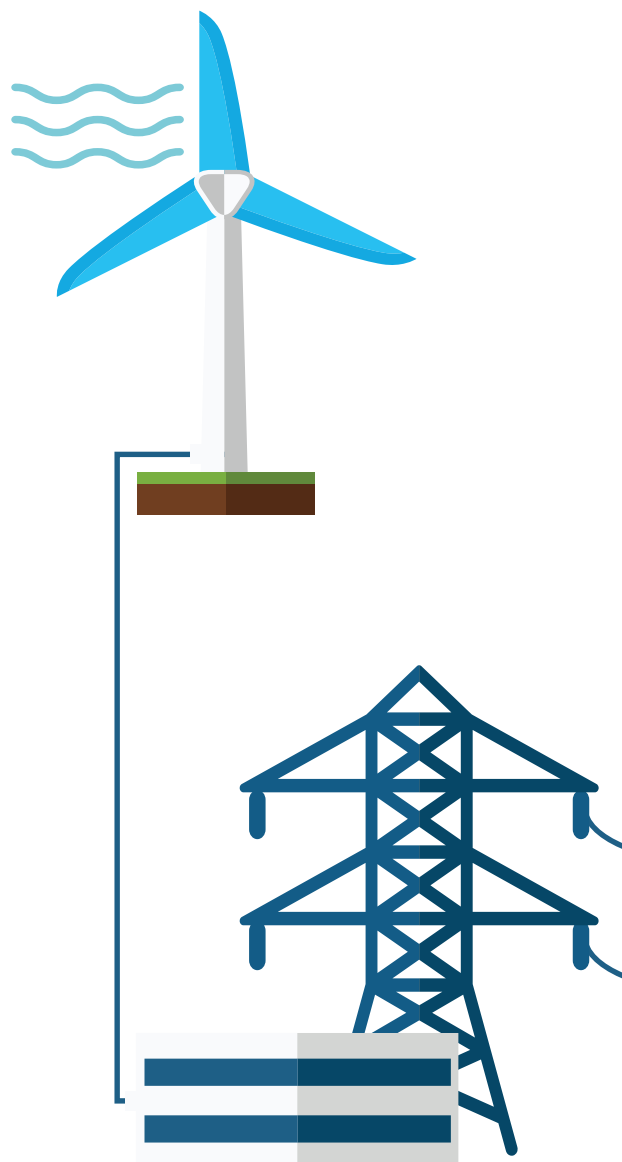
En af de udfordringer lande som Danmark, der har en stor del variabel energi i fx elnettet, står overfor, kan opsummeres i følgende uddrag fra bogen 'Hvis vi vil':

"Prismekanismens kraft blev særdeles tydelig på den solrige og blæsende forårsdag i 2019. I takt med at vindmøllernes strømproduktion steg, faldt prisen nemlig voldsomt.

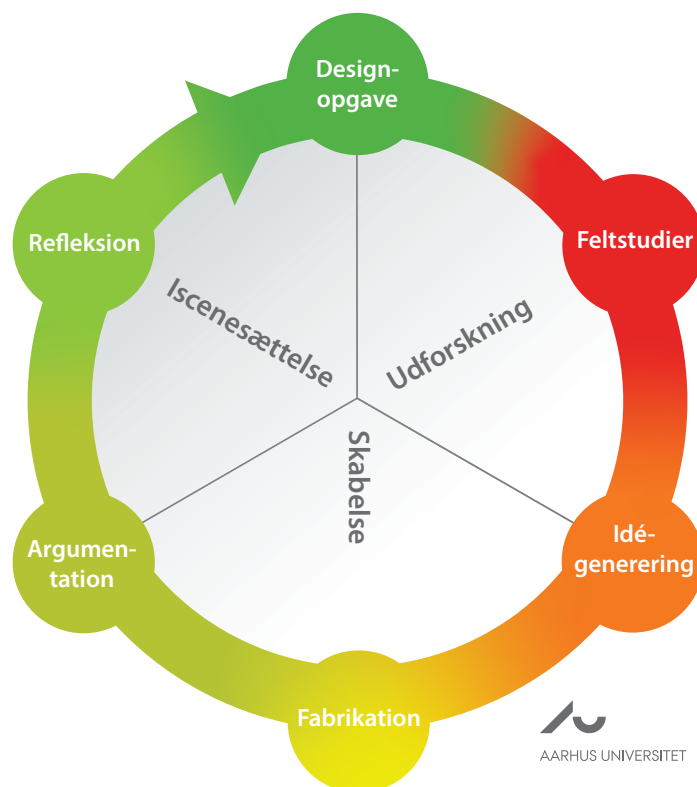
Klokken 8 om morgenen kostede en megawatttime omkring 300 kroner. Klokken 10 kostede den mindre end det halve: 122 kroner. En time senere var prisen nede på stort set nul. 0,22 kroner – et fald til mindre end en tusindedel.

Vindmøllerne arbejdede nu så intenst, at de helt alene dækkede næsten hele Danmarks strømforbrug. Men så, klokken 12, styrtdykkede møllernes strømproduktion. I løbet af blot fem minutter faldt den med næsten en femtedel. Årsagen var, at prisen ved middagstid faldt til under nul. Pludselig kostede det næsten 75 kroner at få lov at levere strøm til nettet."

Kilde: Hebsgaard, Nyvold og Beck: 'Hvis vi vil', Gads Forlag, 2020, side 159



Det er heldigvis ikke hverdag at ovenstående sker. Men med en udbygning af vedvarende energikilder som sol og vind i Danmark, vil vi i fremtiden oftere stå overfor en udfordring, hvor der ikke er incitament for ejerne til at producere strøm. Samtidig vil vi have dage, hvor energiproduktionen fra



vedvarende energikilder slet ikke vil kunne dække landets behov. Dette undervisningsforløb søger at give elever indblik i, hvordan der i dag arbejdes på at optimere energilagringen fra produktion af grøn strøm. Eleverne vil her skulle designe et termisk batteri, der viser nogle af fordelene og ulemperne ved at "gemme" grøn energi til en vindstille regnvejrsdag. Forløbet har fokus på energiomdannelse, energilagring samt dataopsamling.

I forløbet er der taget et bevidst valg om at begrænse elevernes eksperimentelle arbejde til lagring af netop termisk energi, frem for fx kemiske batterier og brændselsceller, da dette er en tilgængelig, sikker og billig måde at visualisere energilagring på i et faglokale i folkeskolen. Bæredygtig energiproduktion er komplekst og kræver en bred viden, og et termisk batteri nedbryder nogle af de mere komplekse delelementer og lader eleverne få en forståelse for, at bæredygtige løsninger ikke kun

findes i højteknologiske løsninger, der er langt udenfor deres rækkevidde.

Forløbet er opbygget ud fra designprocesmodellen, og det forventes at eleverne undervejs reflekterer over og forbedrer deres løsningsforslag. Der arbejdes ikke cirkulært mellem faserne i designprocesmodellen, da eleverne undervejs vil få nye indsigter, der kræver revurdering af deres tilgang.

Forløbet er udviklet som et fælles fagligt fokusområde mellem de tre naturfag fysik/kemi, biologi og geografi.

Forløbet kan afvikles på 20 til 25 lektioner afhængigt af elevernes for forståelse. Forløbet er tiltænkt elever fra 8. klasse og opefter. Det forventes at eleverne har en for forståelse for emnet bæredygtig energiforsyning. I kommende afsnit beskrives kort, hvilke emner der med fordel kan være arbejdet med forinden for at sikre en god afvikling af undervisningsforløbet med elever.

FORFORSTÅELSE

Det anbefales at eleverne inden dette undervisningsforløb har arbejdet med bæredygtig energiforsyning, for derigennem at have en basisforståelse af bl.a. begreberne energi, fossilt brændsel, bæredygtighed, elektrisk energi og energiomsætning. Det er fagområder, der findes meget undervisningsmateriale til. Vi har i dette forløb valgt at henvise til materialer, der ikke er placeret bag en betalingsmur, og har derfor fundet inspiration i følgende materiale, udviklet af energistyrelsen: https://kefm.dk/Media/4/9/elevmateriale_tema2_kulstofogvedvarende-energiteknologier_FINAL-a.pdf.

Design-
opgave

DESIGNOPGAVE

Hvordan kan termisk energi opbevares med mindst energitab? Design en kasse på op til 150 liter, der kan opbevare termisk energi.

Designkrav

- I må tilføre energi fra varmepistol indtil jeres batteri har en temperatur på 150 grader
- Jeres løsning testes over et 12 timers interval
- I skal kunne dokumentere energitabet undervejs
- I skal kunne bygge jeres løsning selv vha. Makerspace-teknologier

Designudfordring og indledning

Som indledning til forløbet bliver klassen delt ind i grupper af 2-4 elever, og bliver som det første præsenteret for designudfordringen. Herefter får de 15 minutter til at lave et forslag på en løsning. Det er her vigtigt, at eleverne dokumenterer deres arbejde via skitser og stikord.

Forventningerne til den indledende opgaver er ikke, at eleverne løser udfordringen.

Deres idéer kan vise sig både at være gode, dårlige, ubyggelige og alt muligt andet. Formålet med opgaven er at give eleverne et indblik i, at arbejde i designprocesser kræver videreudvikling og konkret viden (eksperimentel eller boglig), for at kunne validere idéer og udkast.

Ved at gennemgå elevernes løsningsforslag i plenum vil der naturligt opstå behov for at undersøge og eksperimentere videre. Der kan være forskellige tilgange til den næste del af arbejdet. I en ideel verden vil grupperne ud fra vejledning med underviser selv kunne designe deres videre arbejdsprocesser. Det kræver dog, at eleverne af flere omgange har arbejdet med og fået indsigt i metoderne fra designprocessmodellen. Forløbet vil derfor søge at beskrive en gylden mellemvej, hvor der er plads til elevernes egne fordybelser, men samtidig understøtter en naturlig progression i deres arbejde. Der opfordres til, at du som underviser tilpasser den efterfølgende undervisning til netop dine elevers niveau.

Når elevernes løsninger vendes i plenum, er det vigtigt, at man som underviser hjælper dem med at opstille en række fokusområder, der skal undersøges. Det kan fx være relevant med yderligere undersøgelser af:

- Hvorfor skal vi bruge et batteri?
- Hvordan fanger man varme?
- Hvad er et batteri?
- Hvilke materialer er varmt i lang tid?
- Hvordan "bygges" batteriet grønt?
- Hvorfor bliver vores el grønnere, når vi bruger batterier?
- Hvordan måler vi temperatur, når vi ikke er i lokalet?
- Hvordan virker isolering?

Som afslutning kan underviseren med fordel udfordre eleverne på, hvorfor de tror, der er behov for batterier, når vi skal producere bæredygtig strøm. Som eksempel



Første prototype af termisk batteri
– Konstrueret af elever på Sejs Skole Silkeborg

kan tidligere uddrag fra bogen 'Hvis vi vil' bruges som afsæt for yderligere refleksioner. Hvorfor kan det koste penge at sælge sin strøm?

Her er det vigtig hele tiden at have fokus på hovedformålet med forløbet. Vi ønsker at minimere brugen af fossile brændstoffer til produktion af el - og dermed udledningen af CO₂.

Idé-
generering

UNDERSØGELSE OG IDÉGENERERING

Som tidligere beskrevet er denne fase meget afhængig af elevernes erfaringer med at arbejde med designprocesser. I denne forløbsbeskrivelse vil klassen arbejde synkront og drage fælles erfaringer.

Denne fase tager udgangspunkt i de fokusområder klassen i fællesskab opstillede på baggrund af deres indledene løsningsforslag.

For at få en fælles forståelse for, hvor meget energi forskelligt hverdagselektronik bruger, bliver eleverne bedt om at arbejde med *Arbejdsark 1 - Energiforbruget*. Her bliver eleverne opmærksomme på, at det kræver store mængder energi at opvarme noget, hvilket selvfølgelig får betydning for deres eget batteri, da det skal varmes op med en energikilde.

Herefter skal eleverne arbejde med varmekapacitet ud fra spørgsmålet: Hvor meget fylder varme?

Eleverne laver et klassisk fysikforsøg, der giver et billede af, at forskellige materialer kan indeholde forskellige mængder energi. *Arbejdsark 2 - Hvor meget fylder varme?* kan bruges til dette.

Idégenerering – iteration to

Efter eleverne har arbejdet med ovenstående opgaver skal de reflektere over deres egne løsninger på designudfordringen.

Hvilket materiale vil være smart at bruge i deres batteri? Her er det vigtigt at perspektivere til omkostning af materialer, evne til at klare høje temperaturer o.l. Hvad kender de fra hverdagen, der er varmt længe? Diskussionen afsluttes ved at underviseren lover at finde flere materialer, der lever op til nogle af de krav, eleverne stiller og som kan findes billigt. De tre materialer, der er brugt i afprøvning er:

- Granitskærver
- Sand
- Lecasten



Elevernes batterier bygges op omkring en modificeret gryde





ARBEJDSARK 1

ENERGIFORBRUGET

**FORMÅL**

I skal prøve at beregne energiforbrug i diverse elektriske apparater.

OPGAVE 1

Herunder er 8 forskellige elektriske apparater. Stil dem i rækkefølge efter hvor meget energi de bruger. Højeste energiforbrug (effekt) = 1.

Stereoanlæg på standby _____

Støvsuger _____

Mobiloplader _____

Elkedel _____

Fjernsyn (42 tommer) _____

Ovn (200 grader) _____

Lampe (60 watt pærer) _____

Lampe (15 watt pærer) _____

OPGAVE 2

Beregning af energiforbrug (effekt). Energiforbrug (effekt) beregnes ved at gange strømstyrke med spændingsforskel: Volt * Ampere = Watt.

Husk: Alle elektriske apparater i huset sættes i stikkontakten, hvor der altid er en spændingsforskel på 230 volt. Det er de elektriske apparater, der styrer strømstyrken.

Apparat**Strømstyrke****Effekt**

Stereoanlæg på standby	0,03A	_____	*	_____	=	_____
Støvsuger	7A	_____	*	_____	=	_____
Mobiloplader	0,06A	_____	*	_____	=	_____
Elkedel	11A	_____	*	_____	=	_____
Fjernsyn (42 tommer)	0,27A	_____	*	_____	=	_____
Ovn (200 grader)	15A	_____	*	_____	=	_____
Lampe (60 watt pærer)	0,26A	_____	*	_____	=	_____
Lampe (15 watt pærer)	0,065A	_____	*	_____	=	_____



ARBEJDSARK 2



HVOR MEGET FYLDER VARME?

BESTEMMELSE AF VARMEKAPACITET/VARMEFYLDE

FORMÅL

I skal undersøge forskellige materials evne til at optage og afgive varme (termisk energi). Dette kaldes materials specifikke varmekapacitet/varmefylde.

MATERIALER

- Bunsenbrænder
- Trefod
- 3 forskellige lodder – 100 gram
- Snor/tråd
- Isoleringsskål
- Bægerglas 250 ml
- Vægt
- Termometer

SIKKERHEDS OG FAREMOMENTER

Kogende vand, samt andre materialer vil være brændende varme!

FORSØGSBESKRIVELSE

Start med at veje de tre lodder indsat oplysningerne i skemaet herunder:

Materiale	Vægt	Temp. koldt vand	Temp. efter lod
Aluminiumslod	100		
	100		
	100		

- Hæld nu præcis 100 ml vand i den inderste isoleringsskål og fyld bægerglasset med cirka 150 ml vand
- Mål temperaturen i isoleringsskålen og notér det herover (Temp. koldt vand)
- Sæt bægerglasset med 150 ml over bunsenbrænderen og bring vandet i kog
- Herefter lægger du aluminiumsloddet i det kogende vand
- Bliv ved med at varme på vandet i ca. 2-3 minutter indtil loddet er gennemvarmt
- Herefter flytter I loddet over i isoleringsskålen med det kolde vand
- I skal have et termometer i vandet hele tiden
- Temperaturen vil nu stige, notér den højeste temperatur i skemaet
- Gentag proceduren med de to andre lodder

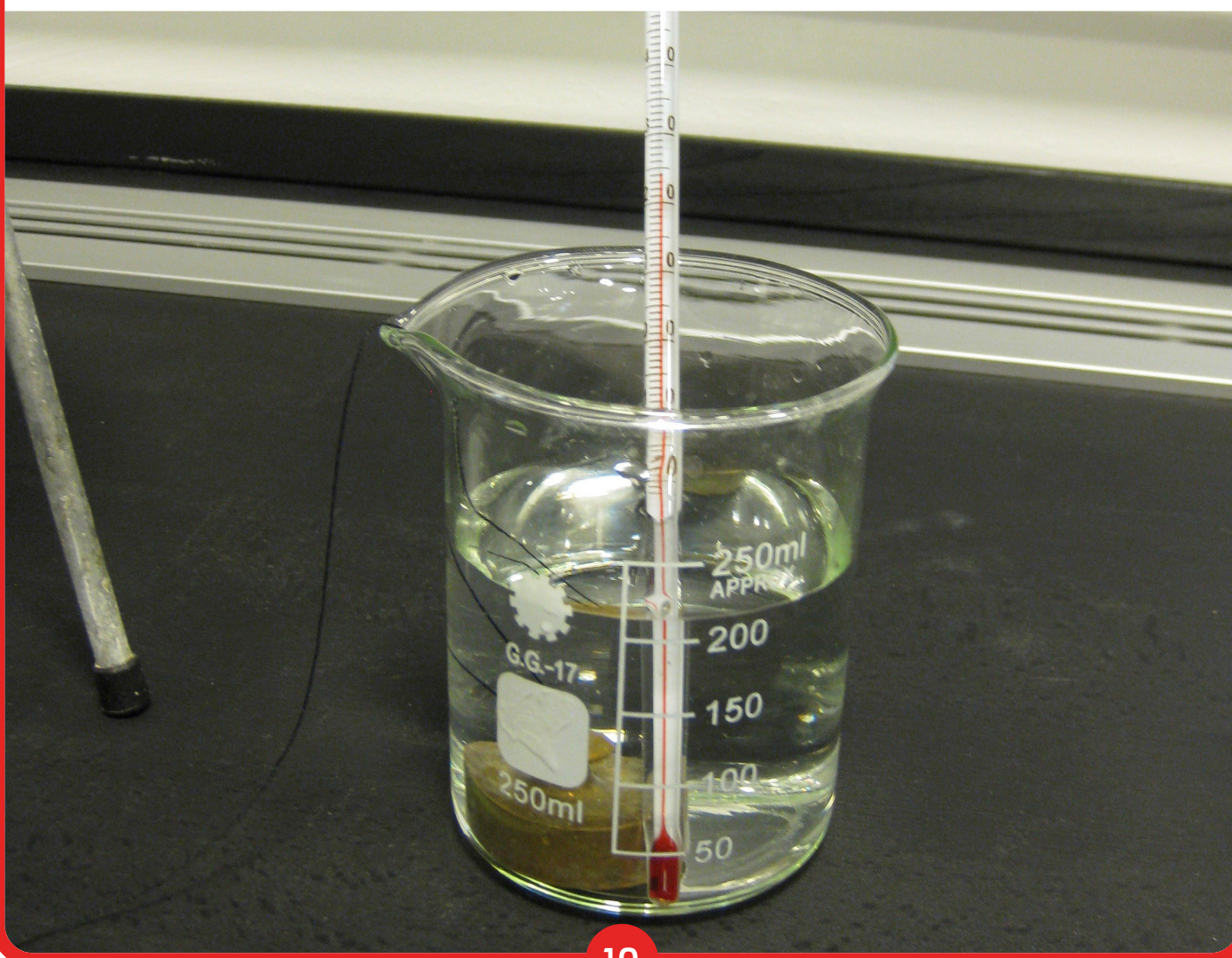
De tre materialer skal nu undersøges. Spørgsmålet er, om det kan lade sig gøre vha. den metode eleverne brugte i den tidligere undersøgelse. Her er det vigtigt at lade eleverne udlede deres egne erfaringer – fx at lecasten flyder og at sand er svært at flytte, når det har været i vand. Underviseren går i dialog med eleverne om hvilken betydning, det kan få for deres resultater.

Vi har brug for en anden måde at varme materialerne op på. Derfor skal eleverne vejledes til at bruge fx en varmepistol eller andre varmekilder, hvor de har kontrol over den tilførte energi over tid. Her kan de modificerede gryder fx bruges. Alternativt kan metoden fra *Arbejdsark 2 - Hvor meget fylder varme?* bruges, blot med stegepøser som materialeholder. Afhængigt af elevernes tidligere arbejde kan de med fordel også præsenteres for det digitale termometer som dataopsamlingsværktøj.

Eleverne gennemfører en undersøgelse af de valgte materialer, og på baggrund af deres resultater indtænkes materialet i gruppens løsningsforslag.

I et forløb som dette er der stor sandsynlighed for, at elevernes løsninger vil ligne hinanden meget. Det er en udfordring, vi ofte møder indenfor det naturfaglige felt, når vi arbejder med designudfordringer. Her er det vigtigt at synliggøre for eleverne, at når vi arbejder med naturfaglige løsninger på komplekse problemer, bruger vi ofte data fra forsøg, der kan pege dem i samme retning.

Her vil alle grupper som udgangspunkt få den samme data og med stor sandsynlighed handle på samme måde ud fra dette. Det betyder ikke, at deres løsninger ikke er innovative eller nytænkende.



Hvad er et batteri

På nuværende tidspunkt vil grupperne have et godt billede af, hvordan deres batteri er opbygget. Derfor vil eleverne nu blive præsenteret for en undersøgelse af enten elektriske batterier eller eldrevne og hydrogendrevne biler. Undersøgelsen skal give eleverne et billede af fordele og ulemper ved forskellige grønne alternativer i forsøget på at lagre energi og dermed sænke vores CO₂ udledning. Eleverne skal her lave en skrivebordsundersøgelse ud fra en række undringsspørgsmål. For inspiration kan denne side bruges: <https://www.fremtidensenergi.dk/energilagring>.

Med udgangspunkt i elevernes viden omkring fordele og ulemper ved elektriske batterier skal klassen nu lave en videoreklame, der argumenterer for, hvorfor termiske batterier kan være en fordel frem for elektriske batterier i den grønne omstilling. Som udgangspunkt skal eleverne selv komme med argumenter, men de kan undervejs understøttes af artikler eller andet, som fx: <https://andel.dk/om-andel/udviklingsprojekter/energilager/> og: <https://www.dr.dk/nyheder/viden/klima/stroem-fra-vores-vindmoeller-gaar-til-spilde-saadan-kan-vi-gemme-det-i-stenn>.

Den sidste undersøgelse eleverne skal lave, inden de kan begynde at konstruere deres batteri, er at finde et passende isoleringsmateriale. Det anbefales at bruge klassiske materialer, der er testet til at kunne varmes op, som fx rockwool, lecasten,uld o.l.

Eleverne skal selv designe en undersøgelse, der kan give dem en indikation på forskellen i isoleringsevnen mellem de forskellige materialer. Her kan det være en fordel at bryde isoleringsmaterialerne ned i mindre dele. Fx tynde stykker rockwool, da det ellers vil tage lang tid at få resultater. Som hjælp til deres undersøgelse bliver eleverne præsenteret for det termografiske kamera. Det anbefales at lade eleverne bruge



Granitskærver i en gryde

10 minutter med kameraet uden nogen introduktion, og derefter lade dem forklare hvad teknologien kan bruges til.

Det kan være meget forskellige undersøgelser, eleverne finder på. Alt fra at pakke en radiator ind til at stille et lys under de forskellige materialer. Formålet er, at eleverne er refleksive og kan argumentere for deres valg af undersøgelse samt tilpasse den undervejs.

Grupperne skal nu designe deres første prototype af et termisk batteri. Her er det vigtigt, at eleverne får lavet en skitse af prototypen samt en plan for deres arbejde, således at opgaver kan fordeles. Ellers er der risiko for, at det bliver en alt for tidskrævende proces, hvis eleverne ikke er bevidste om deres arbejdsproces, og hvad de hver især bidrager med.

Der er stor forskel på, hvor meget fabriktionsfasen skal fylde i forskellige designforløb. Formålet i dette forløb er dog at have fokus på feltstudiet gennem undersøgelser samt elevernes refleksioner og perspektivering til samfundet som helhed. Selvfølgelig skal fabriktionsfasen derfor ikke være den bærende fase.

De fleste skal formodentligt have konstrueret en form for kasse, hvilket let kan gøres vha. laserskærer i fx MDF. Afhængigt af elevernes erfaring med laserskærer kan de selv designe eller bruge onlineværktøjer som fx [makercase.com](https://www.makercase.com).

Efterhånden som grupperne får færdigbygget deres batterier, skal de testes. Her bruges en varmepistol til at varme batteriet op. For at få de bedst sammenlignelige resultater anbefales det at anvende varmepistolen i x antal tid eller til en bestemt temperatur. Dog maksimalt til 150 grader. Afhængigt af hvilke materialer der er inde i gryden, anbefales det, at varmepistolen placeres 3-5 centimeter fra røråbningen. Det sikrer at evt. overskudsvarme kan løbe frit tilbage uden at overophede varmepistolen.

Undervejs bruges det termografiske kamera til at finde særligt udsatte områder i designet, hvor varmen diffunderer ud.

Det anbefales at lave dataopsamling over en længere periode på mindst 12 timer for at få de bedste indikationer på batteriets kapacitet.



Test af termografisk kamera



Samling af prototype

Are these inside or outside dimensions?

Inside

Outside

Material Thickness

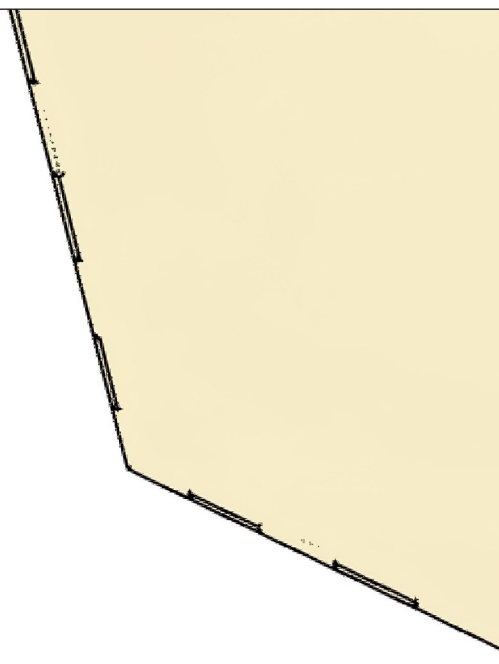
6mm

Custom Thickness

Open or closed box?

Open

Closed



Makercase.com er et boksgenereringsværktøj

Undersøgelsen gennemføres to gange. Lad grupperne forbedre deres batteri imellem undersøgelserne. Forbedringerne skal ske på baggrund af den data, grupperne indsamlede med det termografiske kamera samt målinger med termometer undervejs i forsøget.

Argumen-
tation

ARGUMENTATION

Som afslutning på forløbet skal eleverne præsentere deres løsninger samt argumentere for deres opbygning ud fra de undersøgelser, de har gennemført. Her er det essentielt ikke at have fokus på hvem, der havde det bedste batteri, men i stedet have fokus på de forskellige designvalg undervejs i processen. Man kan med fordel se på udviklingen af batteriet undervejs fra de første tanker til endelige prototype.

Refleksion

REFLEKSION

Grupperne skal til sidst forsøge at bruge deres viden til at fremsætte nogle generelle

perspektiver på, hvordan de synes et land som Danmark skal handle for at sænke CO₂-aftrykket. Det kan fx ske ved at lave videoindslag, hvor de argumenterer ud fra forskellige synspunkter så som økonomiske, klimamæssige eller teknologiske fordele og ulemper.

AFRUNDING

Forløbet er på den ene side et meget stramt styret designforløb opbygget omkring termisk energi. Formålet er dog at give eleverne et indblik i, at meget simpel teknologi stadig kræver enormt meget udvikling og nytænkning, før det kan anses som et godt redskab i den samlede mængde af CO₂-reducerende tiltag. Målet er derfor at give eleverne et indblik i, hvor svært det kan være at udvikle ny teknologi, samt give dem et perspektiv på, hvad det egentlig kræver af os som land, hvis vi virkelig vil mindske vores CO₂-udledning.



LINKS

Download forløbsbeskrivelse, arbejdsark og materialeliste: <https://fablabatschool.dk/gem-energien/>

Baggrundsmateriale om klimaudfordringer og mulige løsninger: Hebsgaard, Nyvold og Beck: 'Hvis vi vil', Gads Forlag, 2020, side 159

Elevmateriale om bæredygtig energiforsyning: https://kefm.dk/Media/4/9/elevmateriale_tema2_kulstofogvedvarende-energiteknologier_FINAL-a.pdf

Elevmateriale om lagring af energi: <https://www.fremtidensenergi.dk/energi-lagring>

Artikler om termiske batterier: <https://andel.dk/om-andel/udviklingsprojekter/energilager/>

<https://www.dr.dk/nyheder/viden/klima/stroem-fra-vores-vindmoeller-gaar-til-spilde-saadan-kan-vi-gemme-det-i-stenn.>

Makercase: [makercase.com](https://www.makercase.com)



Tilpasning af isolering – husk handsker

9 FORLØB OM CO₂-REDUKTION

FabLab@SCHOOLdk har med støtte fra Villumfonden udviklet 9 FabLab KlimaLab undervisningsforløb med reduktion af CO₂ som overordnet tema. Her kan elever i indskoling, mellemtrin eller udskoling fordybe sig i klimamæssige udfordringer i forhold til transport, affald, fødevarer eller energi.

Til alle undervisningsforløb findes en forløbsbeskrivelse med tilhørende materialeoversigt og arbejdsark. De kan downloades på www.fablabatschool.dk/klimalab/. Her findes også links til andre relevante materialer.

FabLab KlimaLab undervisningsforløbene er udviklet af naturfagskonsulenter og FabLab-undervisere fra Kolding, Middelfart, Silkeborg og Vejle Kommune samt lærere fra Eltang Skole, Hyllehøjskolen, Sejs Skole og Egtved Skole.

