

Kompendium Bæredygtig Energi – Naturgeografi

Indhold

Introduktion til bæredygtig energi – fysik/naturgeografi	2
Tekster, opgaver og øvelser	5
Albedo.....	5
Klimaforandringer og global opvarmning	8
Vinklens betydning for opvarmning	12
Spørgsmål til strålings- og energibalancen	13
Strålingsbalancen ved Brønderslev Gymnasium og HF	15
Rapport om albedo	17
Dit økologiske fodaftryk.....	20
Klimaforandringernes betydning for Danmark	22
Et bæredygtigt Brønderslev Gymnasium og HF	25

Introduktion til bæredygtig energi – fysik/naturgeografi

Ord som ”klimaforandringer” og ”bæredygtighed” fylder meget i den offentlige debat, i dansk og udenlandsk politik og i jeres uddannelse. Klimaforandringer har længe været kendt men først inden for de sidste par årtier har det været fokus på de store konsekvenser og endnu vigtigere, hvad der kan gøres ved det. Klimaforandringer kommer af den stigende mængde af drivhusgasser i atmosfæren, som er med til at temperaturerne stiger. Store dele af klimaforandringerne kan kobles til den store udledning af drivhusgasser fra forbrændingen af fossile brændsler. Dette ses især efter den industrielle revolution. Derfor er en af de vigtige områder, når vi snakker indsatsområder, også energisektoren. Her er flere former for bæredygtige energiformer som kan benyttes. Brønderslev forsyning har flere former for disse. Brønderslev forsyning brænder hovedsageligt træflis af, som omdannes fra kemisk til termisk energi. Dette er med til at producere varme til Brønderslev. Den anden måde er ved hjælp af solvarmeanlægget, hvor Solens *elektromagnetiske strålingsenergi* omdannes til *termisk energi*, når den fokuseres på sortfarvede rør indeholdende olie, som derved opvarmes. Rørene i solfangeranlægget er sorte. Men hvor stor forskel er der mellem en lys og mørk overflade i forhold til udnyttelse af energi? Det er noget af det i kommer til at lære om igennem forløbet i NV.



Figur 1: <https://nordjyske.dk/nyheder/solvarme-i-badet/9fe97776-81b8-4f12-b53b-60e29af64611>

Man kan selvfølgelig brænde træflis af døgnet rundt, men energi fra Solen er kun til stede om dagen. Derfor er det interessant at se på, hvordan man kan gemme termisk energi til senere brug. Én måde er at opvarme vand, og det er netop, hvad man gør på Brønderslev Forsyning, hvor der findes en stor vandbeholder et lille stykke væk fra selve flisværket. Når vand tilføres

energi, så stiger dets temperatur, og vi siger, at vandet bliver varmere. Men hvor meget energi skal der tilføres, for en mængde vand bliver varmere, og hvor meget varmere?



Figur 2: <https://nordjyske.dk/nyheder/maalet-er-lav-pris-paa-fjernvarme/68743dab-a3b1-4230-9c80-88dc25a84a6e>

Tekster, opgaver og øvelser

Disse tekster er lektier ud over jeres grundbog. Der vil stå oplyst i lektionen, hvornår I skal læse hvad.

Albedo

Tekst hentet fra: <https://klimaleksikon.dk/opslag/albedo>



Figur 3: Et snedækket Skandinavien har en højere albedo end det omkringliggende hav. *NASA, Public domain.*

Andelen af sollys et objekt eller materiale reflekterer.

Albedo er udtryk for hvor stor en del af det sollys, der rammer et givent objekt, der reflekteres. Albedo for ethvert objekt eller materiale ligger derfor mellem 0 og 1. Når intet sollys reflekteres, har objektet en Albedo på 0. Når alt sollys reflekteres har objektet en Albedo på 1.

De fleste materialer og objekter har en Albedo på mellem 0,1 og 0,9. Nogle gange angives mængden af reflekteret lys som en procentdel. Når halvdelen af det lys, der falder på et objekt reflekteres, siges objektet at have en Albedo på 50 procent, svarende til 0,5.

Ordet Albedo betyder hvid på latin. Når et objekt har en Albedo på 1 forekommer det hvidt for det menneskelige øje. Når Albedoen nærmer sig nul, fremstår objektet som sort, fordi intet lys reflekteres. Sne har for eksempel en Albedo på 0,9 eller 90 procent, mens kul har en Albedo på kun 0,04, svarende til fire procent.

Jordklodens overflade har en gennemsnitlig Albedo på 30 procent. Tallet ændrer sig med tiden. Blandt andet som konsekvens af menneskelig aktivitet. Albedo og særligt forandring i jordoverfladens gennemsnitlige Albedo er relevant i forhold til [klimaændring](#) og [global opvarmning](#).

[Afskovning](#) og landbrug er eksempler på menneskelige aktiviteter, der direkte har ændret Albedoen i nogle områder af verden.

En vigtig faktor i forbindelse med ændringer i Albedo er sne. Når et sneklædt område opvarmes, smelter noget af sneen. Mindre sne betyder, at mindre af sollyset reflekteres, hvilket fører til yderligere opvarmning, så endnu mere sne smelter og så videre.

En sådan dynamik kaldes også en opvarmningscyklus og bidrager til [arktisk forstærkning](#).

Fordi solindstrålingen, også kaldet [insolation](#), er kraftigere i de tropiske områder, er Albedoen også mere afgørende her. Her kan selv små ændringer i Albedo have en væsentlig indvirkning på temperaturen.

Skyer og skyformation er vigtige faktorer i klimaændring, fordi skyer reflekterer langt mere sollys end jordoverfladen. Alt afhængig af skytype og højde kan skyer både bidrage til opvarmning gennem [drivhuseffekten](#) og de kan medvirke til afkøling ved at reflektere sollys, inden det

absorberes og omdannes til varme i [atmosfæren](#) eller på jordoverfladen. [Aerosoler](#) kan på tilsvarende vis indvirke på [klimaet](#).

Klimaforandringer og global opvarmning

Tekst hentet fra: <https://www.experimentarium.dk/klima/klimaforandringer-og-global-opvarmning>

Hvad mener klimaforskerne, når de snakker om global opvarmning? Hvad er klimaforandringer? Og kan vi nå at gøre noget ved det?

Den globale opvarmning er kommet

Forskere har i flere årtier meldt ud, at vi burde passe på global opvarmning og skære ned på udledningen af drivhusgasser, men det har været svært at trænge igennem, for usikkerhed om konsekvenserne af stigende temperaturer har ikke været så synlige.

Indtil nu. For nu kan vi mærke den globale opvarmning og se dens virkninger som tørke, oversvømmelser og flere storme. Så nu snakker alle om klima, global opvarmning og CO₂. Men hvor stort er problemet? Og kan vi gøre noget ved det?

Vi ved med nogenlunde sikkerhed, at den globale temperatur er steget med ca. 0,8° C siden 1900. Hvis temperaturstigningen på jorden fortsætter med at stige som nu, vil temperaturen i år 2100 i værste fald være steget med 4,9° C, forudser FN's klimapanel IPCC i dets seneste hovedrapport fra 2014. Det er dog stadig muligt at begrænse temperaturstigningerne, så de holder sig under 1,5 grader, hvis der sættes massivt ind, lyder det i en opfølgende specialrapport i 2018. Uanset hvad, får det konsekvenser. Men ingen ved præcis hvilke.

FN forudser bl.a., at verdenshavene stiger, dyrearter uddør, og at kraftige storme og monsunagtig nedbør hyppigere vil ramme bl.a. Danmark.

Allerede nu ser vi konsekvenser af klimaforandringerne:

- gletsjere smelter
- havisen på Nordpolen er blevet tyndere
- forandringer i vejret med øget frekvens af orkaner og kraftigere nedbør eller udbredt tørke
- forsuring af oceanerne og blegning af koraler i koralrev
- planterne springer tidligere ud

- fuglene yngler tidligere

Global opvarmning: Temperaturstigning og drivhusgasser

Der er bred enighed om, at temperaturstigningen skyldes menneskets stadigt stigende udledning af [drivhusgasser](#) til atmosfæren.

Udledningen af drivhusgasser er tæt knyttet til menneskets levevis med en voldsom global transport, [energi](#)-, landbrugs- og industriproduktion. Specielt er koncentrationen af CO₂ i atmosfæren eksploderet, fordi forbrændingen af [fossile brændsler](#) som kul, olie og gas udleder store mængder CO₂.

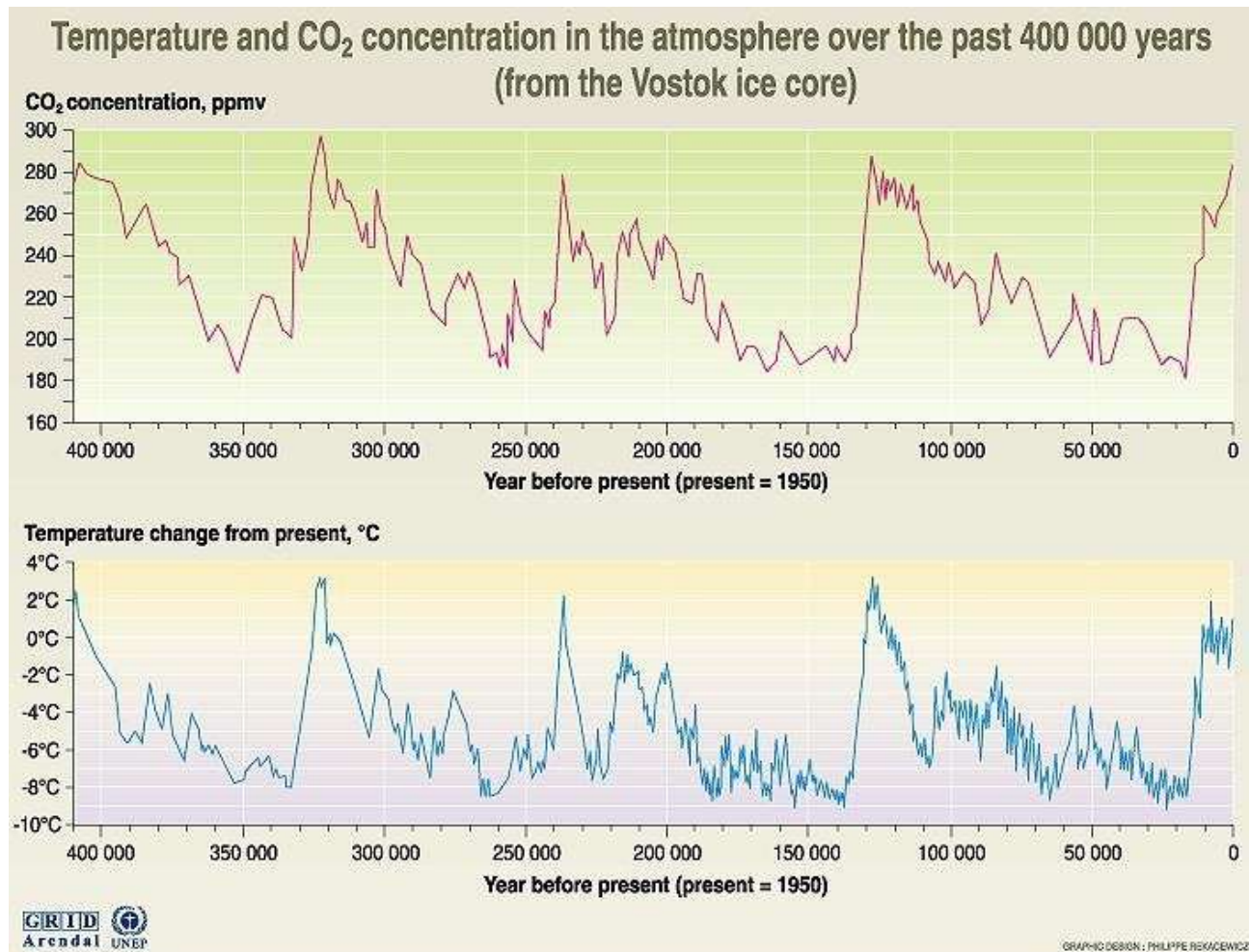
Som det fremgår af graferne herunder, så har jordens klima varieret i geologisk tid. Det kan man kalde for jordens naturlige cyklus, som indeholder variationer med [istid](#) og mellemistid, Milankovitch-effekt m.fl. Det skyldes bla. forskelle i intensitet af solindstrålingen og af Solens magnetfelt, altså udefra kommende effekter. Store vulkanudbrud med store askeskyer afkøler kortvarigt. Det vi ser nu, kan imidlertid ikke forklares med sådanne forhold.

Siden industrialiseringen er koncentrationen af tre af de vigtigste drivhusgasser steget:

- CO₂ med 40% siden 1750
- CH₄ med 150% siden 1860
- N₂O med 20% siden 1860

Samtidig stiger intensiteten af solindstrålingen, og Solens magnetfelt stiger i styrke. Øget mængde partikler fra forurening og vulkansk aktivitet køler en smule, men alt i alt bidrager både drivhusgasser, solindstråling, pladetektonisk aktivitet og menneskelig aktivitet til en øget temperaturstigning på jorden. Spørgsmålet er, hvilke parametre der betyder mest i regnestykket om klimaforandringerne.

Ændringer i CO₂-koncentrationen og global temperatur gennem 420.000 år



Source: J.R. Petit, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, Nature 399 (3June), pp 429-436, 1999.

Figur 1: Øverst kan man se CO₂-koncentrationen i atmosfæren i løbet af de seneste 400.000 år og nederst ses temperaturændringerne i samme periode (bemærk at nutiden er sat til 1950 = 0 °C). Bemærk yderligere, at begge målinger kommer fra de samme iskerneboringer: Vostok. PPMV: parts per million by volume (se faktaboks).

Kan global opvarmning stoppes?

Vi kan ikke stoppe den globale opvarmning, for det ville kræve, at al den ekstra frigivne CO₂ blev fjernet fra atmosfæren. Den proces sker langsomt, efterhånden som CO₂ binder sig til træer, planter og alger i havet. Men det er muligt at bremse den globale opvarmning ved at nedsætte udledningen af CO₂ og andre drivhusgasser.

Klimapanelet IPCC og andre forskere frygter, at vi ikke kan nå at nedsætte udledningen af drivhusgasser og undgå den deraf følgende globale opvarmning i tide. Når den globale

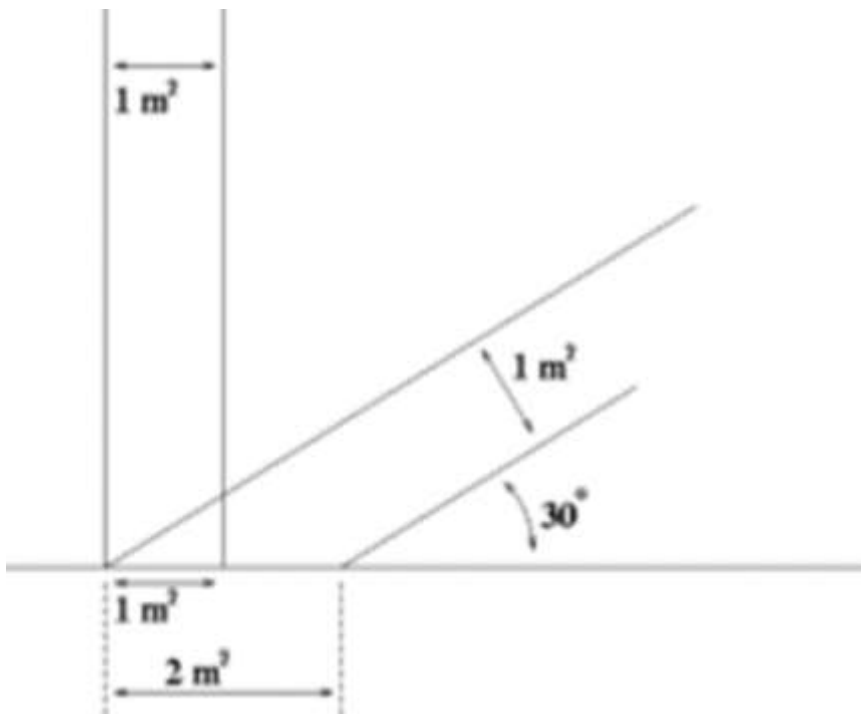
opvarmning når til et vist kritisk punkt, kan det sætte gang i uoverskuelige klimaforandringer, som vi hverken har overblik over eller indflydelse på.

Der er mange uafklarede spørgsmål, diskussioner og undersøgelser i gang på universiteter og i andre forskningsmiljøer over hele verden:

- Hvad bliver konsekvensen af de kommende klimaforandringer, ud over at verden ændrer sig i en retning, vi ikke kender?
- Hvad sker der, hvis vi bare lader temperaturstigningen fortsætte?
- Kan vi nå at bremse udledningen af drivhusgasser i tide, eller er det for sent?
- Hvordan skal vi stoppe udledningen, og hvem skal gå forrest?
- Hvem er de største syndere i CO₂-regnskabet?

Klimaforandringer er blevet et 'hot' og uafvigeligt emne i samfundsdebatten. Det skyldes udsigten til og frygten for, at stigningen i klodens gennemsnitstemperatur fører til en række uoverskuelige konsekvenser for vores klode – både for biodiversiteten i al almindelighed og for menneskesamfundene.

Vinklens betydning for opvarmning



Dette forsøg skal visualisere vinklens betydning for et områdes opvarmning.

Start med at hente en lampe og et IR-termometer. I skal nu lave to målinger:

- 1) Mål væggenes temperatur med IR-termometeret. Placer lampen med vinkelret lys ind mod væggen. Lad den lyse i 5 minutter (husk og tag tid). Mål temperaturen. Lad væggen køle lidt ned i 1 minuts tid cirka.
- 2) Mål væggenes temperatur igen med IR-termometeret. Placer lampen i en vinkel enten mindre eller større end 90 grader. Lad den lyse i 5 minutter (husk og tag tid). Mål temperaturen.

Diskuter:

- 3) Hvordan passer resultaterne med jeres viden om solens zenit?
- 4) Hvor vil det være mest fordelagtigt at placere en solcelle?

Spørgsmål til strålings- og energibalancen

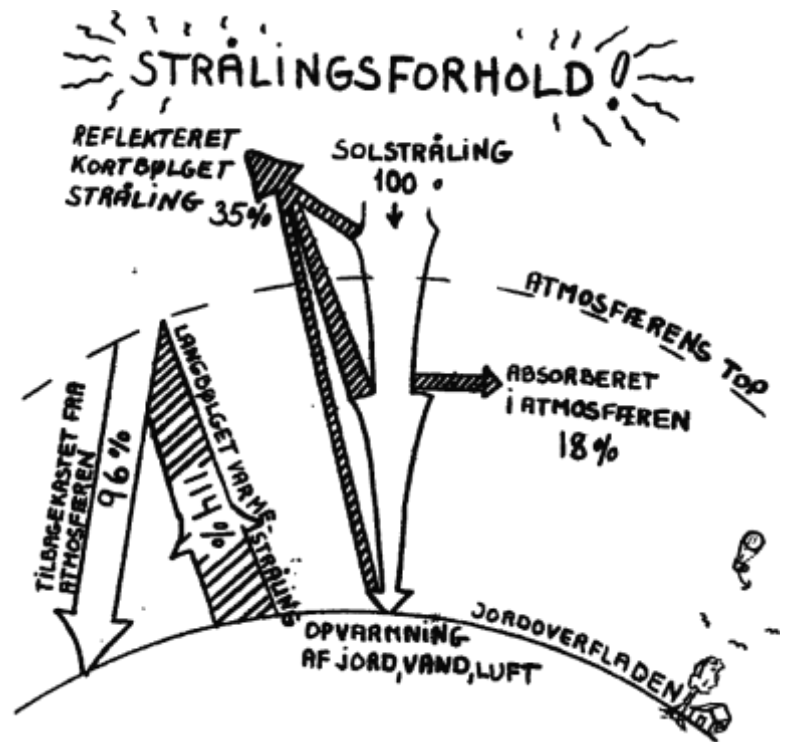
Spørgsmål til teksten (pdf) "Strålings- og energibalancen".

I skal lave en begrebsliste med fagbegreber fra teksten. I skal skrive deres betydning ud for hvert begreb. I nogle tilfælde kan det være forkortelser.

- Kortbølget stråling:
- Langbølget stråling:
- Indstråling:
- Udstråling:
- Ku:
- Ki:
- Lu:
- Li:
- Reflekterer:
- Absorberer:
- Albedo:
- Drivhuseffekten:
- Strålingsbalancen:
- Rn:

1. Opskriv strålingsbalancen:

2. Indsæt talværdierne for strålingsbalancen ud fra figuren og udregn nettostrålingen:



3. Hvorfor overstiger den langbølgede stråling 100%?

4. Hvor i strålingsbalancen kan klimaforandringerne have en betydning?

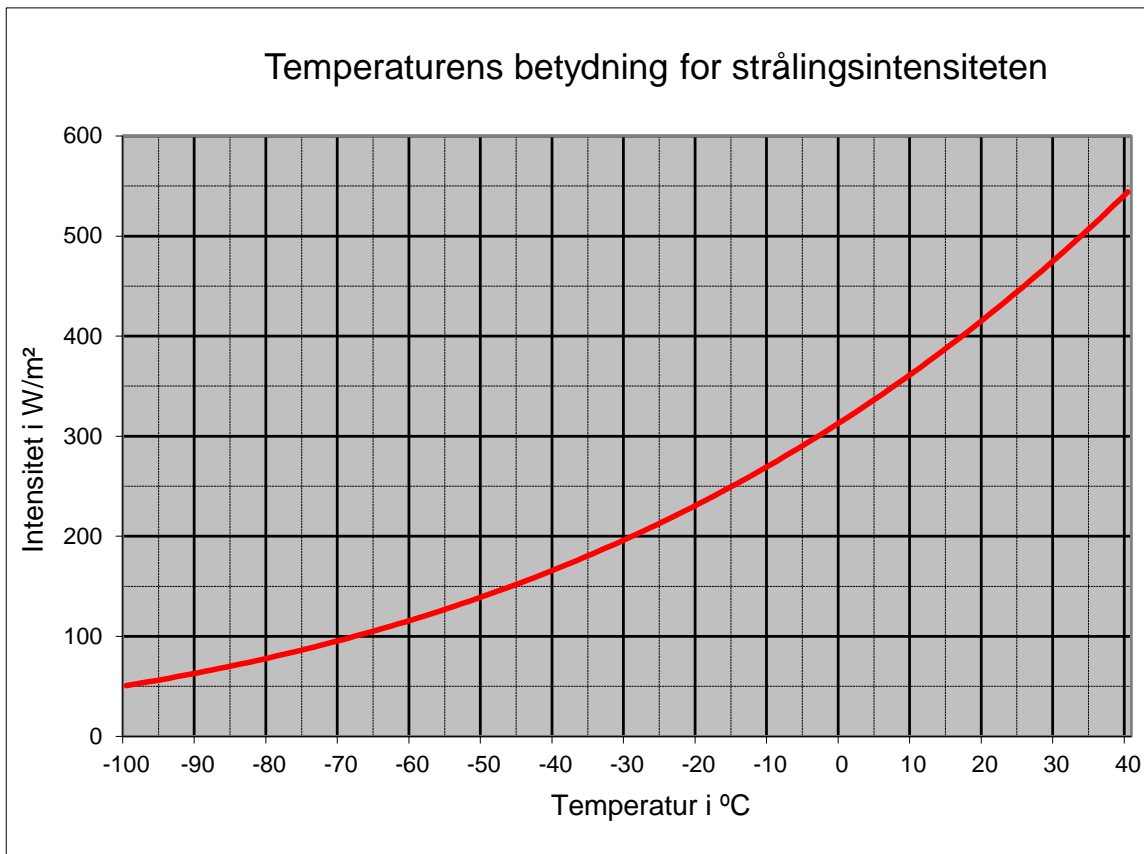
Strålingsbalancen ved Brønderslev Gymnasium og HF

I dag skal vi ud at måle strålingsbalancen ved Brønderslev Gymnasium og HF. Herunder tænk over hvad der er vigtigt, når vi er i felten, samt i forhold til den naturvidenskabelige fremgangsmåde.

Mål strålingen igennem Pyranometer (kortbølget) og IR-termometer (langbølget).

Materiale	Kortbølget ud (W/m^2)	Kortbølget ind (W/m^2)	Langbølget ud ($^{\circ}C$)	Langbølget ind ($^{\circ}C$)	Omregnet langbølget ud (W/m^2)	Omregnet langbølget ind (W/m^2)
Græs						
Asfalt						
Lyse fliser						

Når I har målt værdierne, skal vi sørge for at omregne til den samme enhed. Da vi arbejder med strålingsbalancen i W/m^2 , skal den langbølget ind-og udstråling findes. Det gøres via nedenstående figur.



Slutteligt skal I regne albedo og strålingsbalancen for området og besvare spørgsmålet:

- $\frac{K_U}{K_I} \cdot 100\% = \text{albedoen i procent}$
- $K_i + k_u + l_i + l_u = R_n$
- Er det kvalitativ eller kvantitativ data vi arbejder med?

Rapport om albedo

Denne aflevering er den I har mulighed for at vælge til jeres NV-eksamen. Opgaven er todelt. Den ene del er selve forsøget, dets resultater og diskussionen. Husk at medtænke den naturvidenskabelige metode.

Anden del er en bearbejdelse af jeres kvantitative data. I skal lave en lineær regression på temperaturerne og vurdere denne.

Albedo forsøg

Formål: I skal lære, hvilken betydning jordoverfladens farve har for et steds opvarmning.

Teori: *Nedenstående punkter skal med i jeres teori-afsnit, men I bestemmer selv hvordan det flettes med. Skriv selv afsnittet...*

- Hvad er Albedo?
- Hvad er refleksion og absorption?

Hypotese: _____

Materialer: Termometer, lyskilde, sort og hvidt karton

Fremgangsmåde: *I skal selv udtænke en forsøgsopstilling og skrive fremgangsmåden op. Husk at indtænke det kontrollerede forsøg, så I kun måler på én variabel. Tag et billede af forsøgsopstillingen og indsæt her.*

Resultater:

	Hvid	Sort
Start temperatur (°C)		

Slut temperatur (°C)		

Tegn jeres resultater ind på millimeterpapir, tag et billede og vedhæft herunder. (Gerne gem papiret til evt. eksamen)

Diskussion:

- Sammenlign temperaturerne fra albedoforsøget og forklar eventuelle forskelle (brug fagudtryk).
- Giv eksempler fra virkeligheden på områder med forskellig albedo.
- Hvilken betydning tror du, at albedo har for et steds opvarmning? Brug her din viden om strålingsbalancen.

Fejlkilder:

Konklusion:

Lineær regression – databehandling af forsøg

- a) Overfør dataene for *tid* og *temperatur* til en tabel i Nspire.
- b) Overvej, hvilken af variablene i a) der er hhv. den uafhængige variabel og den afhængige variabel. Indtegn derefter punkterne for både det lyse og mørke pap i to identiske koordinatsystemer i Nspire.
- c) Bestem bedste rette linje gennem punkterne.
- d) Find forklaringsgrad r^2 og tegn residualplottet.
- e) Opskriv modellen og vurder, om der er tale om en god eller dårlig model.

- f) Indsæt de nødvendige billeder fra Nspire i dette dokument, så man kan se punkter, model, forklaringsgrad og residualplot.

- g) *Blev jeres hypotese fra [Opgave 3](#) bekræftet eller afkræftet?*

Dit økologiske fodaftryk

Gå ind på hjemmesiden <https://www.footprintcalculator.org/home/en> og undersøg din påvirkning af klimaet.

- Undersøg her jeres *Earth overshoot day* og hvor mange kloder det krævede, hvis alle levede som jer.



- *Fact and figures* – økologiske fodaftryk i globale hektarer.

- *Explore your data*: Her skal I undersøge flere landes økologiske fodaftryk og sammenligne dem.



Skriv alt jeres data ned (evt. sæt det ind som screenshot). Så gennemgår vi det på klassen.

Klimaforandringernes betydning for Danmark

Vi skal bruge DMI's (Danmarks meteorologiske instituts) klimaatlas. Klimaatlas er en samling modelberegninger af fremtidens klima og vejr i Danmark – med andre ord forsøger forskerne, at give deres bedste bud på hvordan fremtidens klima bliver i Danmark, ved at bruge computermodeller og under forskellige forudsætninger.

<https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klima-atlas/>

Se kortet på sidste side med forklaring af hvor tingene er på siden.

Start med at se denne lille film om hvordan du bruger DMI's klimaatlas:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=8&v=tHSlmvZhbSM&feature=emb_logo

Du skal nu ved brug af værktøjet klimaatlasset lave kort og grafer som viser nogle af fremtidens klimaændringer.

- 1) Det først du skal gøre er at vælge et Udledningsscenarie – som fortæller om fremtidens udledninger af drivhusgasser. Start med at gøre dig klart om du er klimaoptimist eller klimapessimist:

Start med at se denne lille film om de to udledningsscenarier:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=12&v=EoVYgqnOS2I&feature=emb_logo



En klimaoptimist vil helt klart vælge at bruge udledningsscenarie RCP 4.5 – som er et udledningsscenarie hvor de globale udledninger af drivhusgasser reduceres og hvor klimapåvirkningen i slutningen af århundredet stabiliseres.



En klimapessimist vil helt klart vælge at bruge udledningsscenarie RCP 8.4 som er et udledningsscenarie med stigende udledninger også efter 2100 og kan betegnes som *business as usual* – vi ændrer ikke adfærd men forsætter med at forbruge og afbrænde fossile brændstoffer som vi plejer.

- 2) Herefter vælger du selv hvilken Klimavariabel du vil starte med at undersøge. Du skal vælge mindst to.

- 3) Under Kortinddeling vælger du den parameter som giver bedst mening at anvende i forhold til den valgte klimavariabel. For eksempel giver det ikke meget mening at kigge på temperaturændringer i forhold til kyststrækninger!

- 4) Under Område vælger du hele Danmark – som også er standardindstillingen.

- 5) Årstid og Visning af værdier kan du vælge selv, men du skal kunne argumentere for dit valg! Ydermere skal du også sikre dig valg af start århundrede – midt århundrede – slutårhundrede.

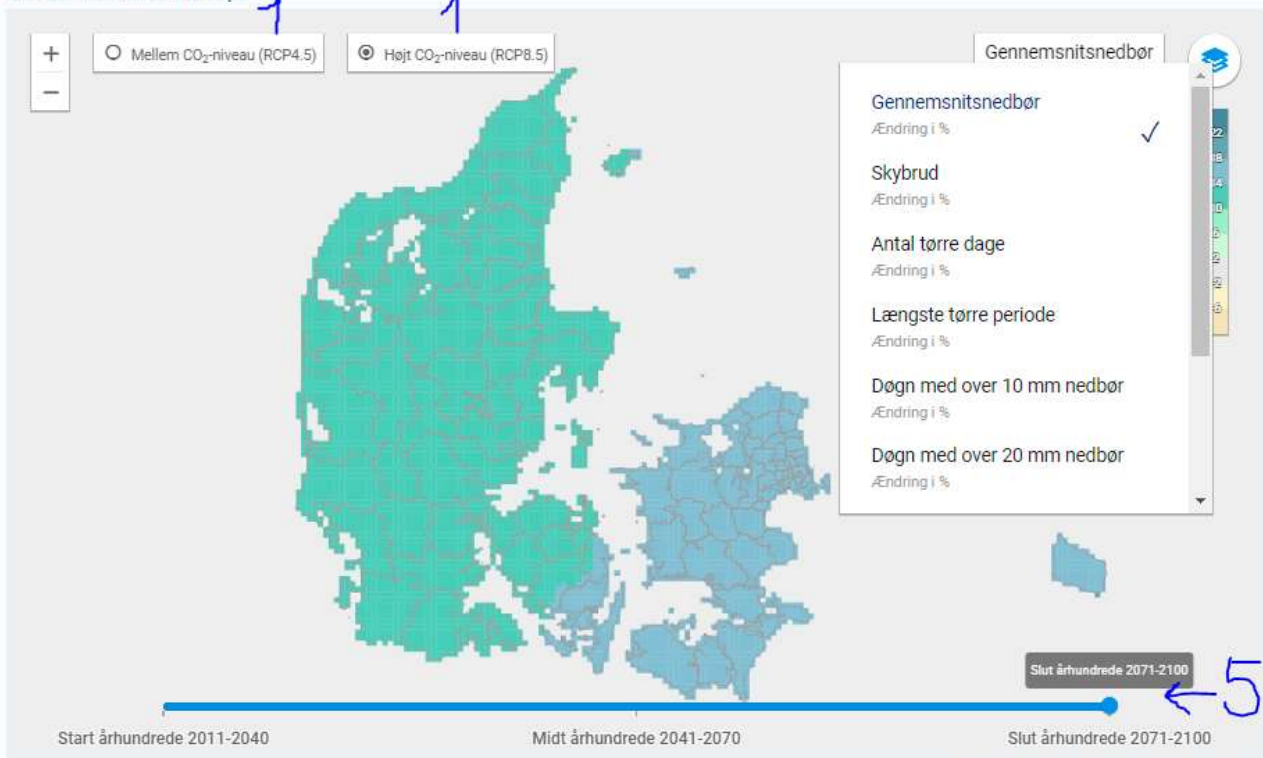
- 6) Til slut tager du et udklip eller skærmbillede af både dit Danmarks kort og den tilhørende graf. Det kan også være at du vil sammenligne forskellige scenarier fx sommer og vinter, scenarie RCP 4.5 sammenlignet med RCP 8.4 – eller hvad du selv finder på.

Klimavariabel **2** Nedbør
 Kortinddeling **3** Kommuner
 Område **4** Hele Danmark
 Årstid **5** Hele året
 Visning af værdierne **5** Ændring

Nedbør for hele året i Danmark

Ændring i nedbør i Danmark i forhold til referenceperioden 1981-2010

Før musen ind over kortet for at se detaljer



Version: v2020b, hentes d. oktober 2021

Baggrundskort © Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering

Et bæredygtigt Brønderslev Gymnasium og HF

Vi har nu arbejdet med forståelsen af strålingsbalancen og hvordan vores ageren kan have en betydning for fremtiden på jorden. I dag skal vi forsøge at skabe et mere bæredygtigt gymnasium. I grupper skal I udvælge et sted på skolen som *ikke* er bæredygtigt (her kunne det være oplagt med et fokus på energi) og sammen udtænke hvordan det kan gøres bæredygtigt.

I skal fremlægge en løsning med tanke på økonomi, muligheder og med en kreativ tilgang, så løsningen kan "Sælges".