

Indeklimaet på Tommerup skole - et tema i fysik- og kemiundervisningen



Tommerup skole på Fyn



Tommerup skole på Fyn har 397 elever fordelt over 22 klasser fra 0.-9. klasse.

Skolens målsætning består af 10 punkter, der skal medvirke til trivsel og lyst til læring:

1. Skolen skal udstråle liv, engagement og trivsel
2. Skolen skal udvikle det hele menneske
3. Skolen skal give børn og voksne natur og kulturoplevelser
4. Børn og voksne skal respektere hinandens forskelligheder
5. Børn og voksne skal indgå i forpligtende fællesskaber i klassen og på hele skolen og sammen arbejde på at opfylde skolens målsætning
6. De voksne skal være synlige modeller for børnene
7. De voksne skal være fagligt velkvalificerede
8. Skolens virksomhed skal bygge på et ligeværdigt og åbent samarbejde mellem børnene, deres forældre og de ansatte
9. Børnene skal opleve en hverdag præget af trykthed, helhed og tid til fordybelse

Læs mere på tommerup-skole.dk

Tema: Indeklima på Tommerup skole - af Peter Nielsen, fysik- og kemilærer på skolen

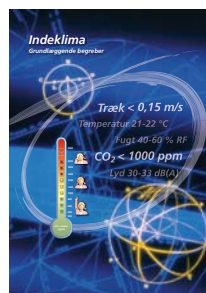
Eleverne i Tommerup skole er urolige og ukoncentrerede. De er ofte trætte og uoplagte. Og næsten lige så ofte får 'nogen' skylden for dette. For meget sukker, for lidt søvn, for meget computerspil, forkert ernæring, for lidt motion, manglende opdragelse hjemmefra, forkert livsstil osv. Disse faktorer spiller helt sikkert ind i mange tilfælde, men hvad nu hvis det viser sig, at der er noget u hensigtsmæssigt ved skolens fysiske indretning og opbygning? Eller at undervisningen bare er kedelig.

Science, networking og innovation er relativt nye begreber som forsøges inddraget i folkeskolen. Kan man slå flere fluer med ét smæk? Tja, lad os prøve.

Tommerup skole (Assens Kommune) og EXHAUSTO har til lejligheden fundet sammen i et partnerskab. EXHAUSTO er eksperter inden for indeklima, og har venligst udlånt dataloggere og "Learn-o-meter" til skolen, således at det blev muligt at foretage kvalificerede målinger i skolens lokaler. Derudover har EXHAUSTO stillet "Indeklima - Grundlæggende begreber" til rådighed - en folder - som er blevet anvendt som 'grundbog' i dette undervisningsforløb.

Alle elever i skolen har et forhold til indeklimaet - også uden at de ved det, eller har sat ord på i hvert fald. De har erfaringer med, at det kan blive for varmt eller koldt, at solen generer, så man ikke kan læse, hvad der står på tavlen eller se, hvad der er på skærmen. Der kan lugte grimt, være meget støj, måske dugger vinduerne, eller man risikerer som elev at blive træt og meget uoplagt, som dagen skrider frem. Denne viden eller disse erfaringer har været udgangspunkt for at motivere eleverne. Kan vi ændre på det?

De unge forskere var eleverne fra to 7. klasser og to 8. klasser. For 7. klassernes vedkommende var der tale om helt nye og urutinerede elever med hensyn til at arbejde og færdes i et fysiklaboratorium, mens 8. klasserne havde lidt mere erfaring med at forske.



Undervisningsmateriale kan downloades fra exhausto.dk eller bestilles på e-mail: salgdk@exhausto.dk

En to tre ...

Undervisningsforløbet var opbygget i tre trin:

- Begrebsafklaringsdel (grundforskning)
- Undersøgelles- og databearbejdningsdel
- Formidlingsdel

Oplægget til eleverne var en kort gennemgang af overskrifterne i materialet fra EXHAUSTO "Indeklima - Grundlæggende begreber". Det var begreber som temperatur, lys, luft, støj, luftfugtighed, træk osv. Ret hurtigt sneg der sig begreber som respiration og fotosyntese ind i denne fase også. Eleverne havde som udgangspunkt ringe eller nærmest ingen forudsætninger for at forholde sig til disse begreber.

Opgaven blev stillet: Forsk dig til din viden!

Hvad du ikke ved nu, må du finde ud af. Vælg et begreb der har med indeklima at gøre og gå i gang. Og når du har fundet løsningen - vælg et nyt emne. Alt undervisningsmateriale som Tommerup skole havde til rådighed blev lagt frem - værsgo - forsk! En opgave der ikke var specielt nem at gå til for relativt uøvede forskere, og som tog en hel del længere tid end planlagt.

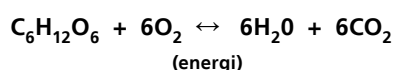
En to tre ...

- fortsat

Hvad er temperatur? Kogepunkt? Frysepunkt? Hvorfor føles noget koldere end noget andet?

Det er eksempler på forsøg, som kom ud af forskningen omkring emnet temperatur. Luft? Hvad er det? Er der forskellige slags luft? Hvad er forskellen? Kan man se forskel? Måle/registrere forskel? Kan man lave forskellig luft? Hvor kommer luften (her ilt og CO₂) fra? Atmosfærisk luft? Træk? Kan det registreres? Luftfugtighed? Hvordan kan man dog registrere hvor meget 'usynligt' vand, der er i luften?

Ved hjælp af en lille smule manipulation endte forskningen med en slags relevant konklusion for det videre arbejde:



Fotosyntese og respiration – særlig med fokus på respirationen (ånding blev valgt i dagligtale af hensyn til forståelsen).

Måling og registrering

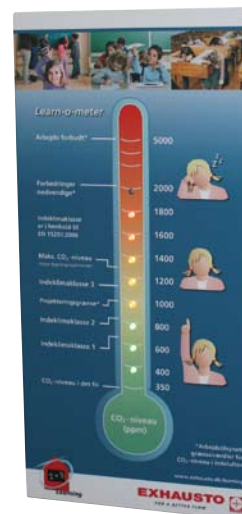
Og hvad skulle der så måles på og dermed opstilles hypoteser for? Fra EXHAUSTOs undervisningsmateriale havde vi et ganske udmærket overblik over hvilke faktorer, der er væsentlige for indeklimaet. Derfor blev det temperatur, luftfugtighed, lys og CO₂-niveauet, der blev prioriteret. Umiddelbart inden undersøgelsesfasen blev de unge forskere bedt om at opstille nogle forventninger - en hypotese over, hvad vi kunne forvente, når vi skulle undersøge. En ikke helt nem opgave. Selvfølgelig kan man da forvente, at indeklimaet i en skole - hvor elever og lærere skal opholde sig i mange timer - er i orden.

På den anden side, hvis der opholder sig 20-25 'forbrændende/ændende' mennesker i et lukket lokale, kunne man måske forestille sig, at temperaturen stiger, at ilten (O₂) blev 'brugt' og erstattet af vand (H₂O) og kuldioxid (CO₂) jf. sætningen om fotosyntese - respiration. Hvis flere mennesker (for)brænder deres kulhydrater og hele tiden tilfører mere og mere CO₂ og H₂O til klasseværelsets luft, vil temperaturen, luftfugtigheden og CO₂-niveauet stige - vi får et dårligere indeklima og bliver måske trætte, sløve, ukoncentrerede, føler ubehag, får hovedpine osv.

Der blev indgået aftaler med en del af skolens andre klasser om at komme og foretage målinger og udføre små forsøg, mens den almindelige undervisning foregik. Der blev målt på CO₂-niveau, temperatur, luftfugtighed, mens der blev gennemgået tyske verber, ligninger, eventyr, syet indkøbsnet og formet ler.

Efterfølgende blev lokalerne opmålt og vinduesglas-arealerne beregnet, med henblik på at beregne om der kom nok dagslys ind i lokalerne.

I denne forbindelse kunne man tro, at det ville være svært at 'få lov' til at komme på besøg, da risikoen, for at forskerne ville forstyrre undervisningen, var stor. Men sådan gik det faktisk ikke - mange kollegaer ønskede faktisk at få foretaget disse målinger - man kender til 'den tunge luft', der bare dræner energien.



Learn-o-meter

Måleapparat, der visualiserer hvor meget CO₂, der er i lokalet.



Optimal temperatur
21-22 °C

Optimal luftfugtighed
40-60 % RH

Optimalt CO₂-niveau
maks. 1000 ppm*

*ppm (parts per million)
Måleenhed for CO₂-
koncentrationen i luften

Måling og registrering

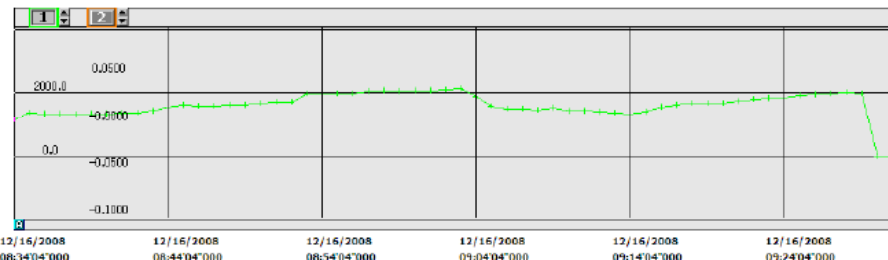
- fortsat



Indeklima har i høj grad også en subjektiv side – hvordan 'føles' indeklimaet? Det, der er for varmt for den ene, kan være for koldt for en anden osv. Derfor blev der udarbejdet et spørgeskema og derefter foretaget en spørgeskemaundersøgelse blandt alle skolens elever. Spørgsmålene omhandlede indeklima-faktorerne temperatur, træk, dagslys, 'blænding'/direkte sollys, fugt, lugte, støv, luftens kvalitet og en generel mening om indeklimaet.

Målingerne blev foretaget i december og januar i skoleåret (08/09). Om resultaterne af målingerne var overraskende er svært at sige. Hvad skulle man forvente?

De mest interessante målinger var målingerne af CO₂-niveauet. Kun et klasseværelse levede op til Arbejdstilsynets anbefalinger (1000 ppm el. 0,1 %) - og dér var vinduerne stort set åbne i hele timen - med de indeklimaproblemer det medfører (temperaturfald, træk). Ellers ligger CO₂-niveauet mellem 25-95 % over Arbejdstilsynets anbefalinger!* I forhold til Energy Performance Directive for Buildings – EPBD's standarder findes der kun et klasselokale der ligger indenfor deres retningslinjer – og det var dér vinduerne stod åbne - og så kunne lokalet kun komme i næstbedste indeklimaklasse m.h.t. CO₂-niveau.



Eksempel på måling af CO₂-niveauet i 9.B

Højeste måling: 2122 ppm Gennemsnit: 1636 ppm

64 % over Arbejdstilsynets anbefalinger, 42 % over dårligste indeklimaklasse

Af andre interessante opdagelser fandt forskerne frem til, at de undervisningslokaler, der ligger i kælderens, ikke får nok dagslys ind. Her er der simpelthen for lidt vinduesareal. Det udgør måske ikke et stort problem for flertallet, da der er tale om billedkunst, edb og håndarbejde – lokaler man kun opholder sig i, i typisk en dobbeltlektion om ugen i de aldersgrupper der har disse fag. Mere bekymrende er det, at en enkelt klasse har klasseværelse og dermed langt det meste af deres skoletid uden tilstrækkeligt dagslys.**

Målingerne af luftfugtighed blev desværre ikke den store succes – vi havde to måder at måle luftfugtigheden på. Den ene var et typisk fysiklokaletforsøg med to termometre - et tørt og et vådt - og så en medfølgende omsætningstabel. Den anden var brug af hygrometer. Desværre var kvaliteten af disse hygrometre meget tvivlsom - vi havde tre, som ikke tilnærmelsesvis viste ens målinger. De målinger, der blev foretaget på traditionel 'fysik-lokale-manér' viste, at den relative luftfugtighed var godt 60 % - lidt over kravene, men vi følte os ikke helt sikre på disse resultater, og valgte at se bort fra dem. Investering i - eller lån af - kvalitetshygrometer anbefales!

Temperaturen var kedelig. Der var meget små udsving i temperaturen i de enkelte klasser. Typisk lå temperaturen 1-2 ° over de anbefalede 21-22 °C. Til denne del af undersøgelsen vil vi herfra anbefale, at man bruger et elektronisk termometer med datalogger – det er meget kedeligt at aflæse et termometer jævnlige, der ikke flytter på sig.

Spørgeskemaundersøgelsen viste, at 50 % af skolens elever er nogenlunde tilfredse med indeklimaet og 22 % er utilfredse med indeklimaet.

De mest tilfredse elever var de små specialklasser og 6. klasserne, der 'bor' i skolens nyeste lokaler.

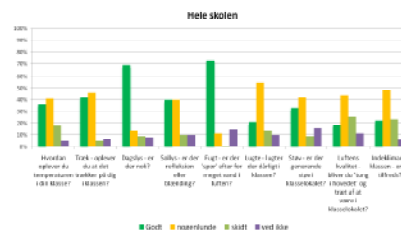
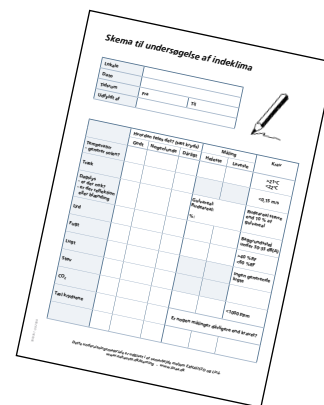
* Her er tale om klassens gennemsnitlige CO₂-niveau målt over hele perioden – typisk i 60 minutter.

** Forskning har vist, at vi har det bedst i lys fra solen. Hvis man befinder sig i et rum uden tilstrækkelig dagslys i lang tid, bliver man trist og deprimeret. Noget tyder på, at man bliver klogere af at opholde sig i dagslys.

Og hvad så?

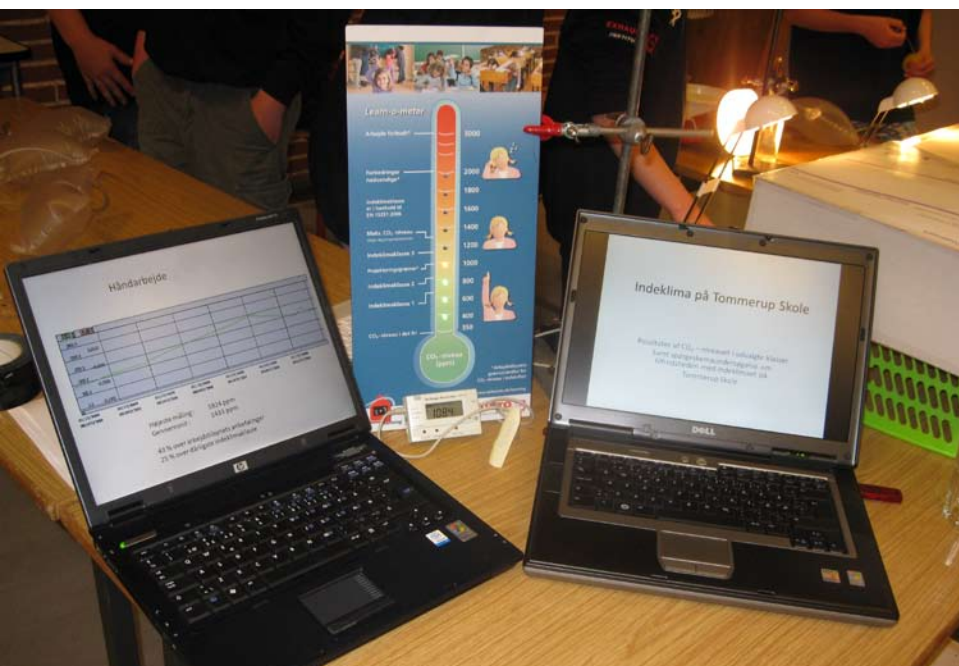
Nu var forskerne fra 7. og 8. klasse i besiddelse af en masse viden om skolens indeklimateilstand – og hvad så? Det var tydeligt, at nogle klasser havde meget høje CO₂-tal – nogle gange højere end selv learn-o-metret kunne vise. Eleverne kunne selvfølgelig ikke installere nye udluftningssystemer, men kunne vi ikke gøre noget? Hvad er viden værd, hvis den ikke formidles? Derfor skulle forskerne 'opfinde' forsøg og andet materiale, der kunne formidle viden og resultater, så de enkelte klasser selv kan tage vare på at forbedre deres eget indeklimateilstand. Altså gøre den svære fysik/forskning tilgængelig for elever, som ikke har samme forudsætninger. Selv skolens mindste skulle forstå at tage vare på deres eget indeklima.

Forskerne valgte at lægge vægt på den 'tunge' luft – altså CO₂-niveauet. For at kunne forklare det, var det vigtigt at fortælle om forskellen på to af de vigtige luftarter O₂ og CO₂. Derfor blev forsøget fra grundforskningen fundet frem igen. O₂ kan få en glødende pind til at flamme op – det kan CO₂ ikke. CO₂ kan farve den røde CO₂-indikator-væske gul – det kan O₂ ikke. Hurtigt kan man 'se' forskellen på de to luftarter. Hvis man så puster i CO₂-indikatoren gennem et sugerør, skifter den farve – altså vi puster CO₂ ud.



Som det næste forsøg valgte forskerne at tænde et fyrfadslys - som skulle illustrere eleverne i en klasse. Derefter blev der sat et glas over lyset - som illustration for klasseværelset. Lyset bliver 'træt' - lyser svagere og svagere - for til sidst at 'falde i søvn'. Og det går jo ikke at være træt i skolen - hvad skal der gøres? Lyset tændes igen og glasset sættes over. Da lyset bliver 'træt' pustes lidt O₂ ind i glasset - og lyset blusser op igen.

Da vi jo ikke sådan - af os selv - kan puste ny frisk luft ind i klasseværelset bliver den næste opgave at finde ud af, hvad vi så skal gøre. Vinduet 'åbnes' ved at glasset løftes let - og lyset blusser op igen.



Med dette lille undervisningsforløb begav forskerne sig i små grupper rundt til de forskellige klasser på skolen. Der var små varianter - nogle havde lavet plancher, andre brugte tavlen. Nogle af grupperne fik også vist H₂O i udåndingen (og på indersiden af glasset). Nogle lagde meget vægt på målingerne i netop den klasse, de kom på besøg i og kunne meget præcist fortælle, at i netop dette klasseværelse, bør der luftes ud efter 20-22 minutter, da det var tidspunktet for kritisk overskridelse af grænseværdier.

Der blev også lagt vægt på, at man ikke bare kan lade vinduet stå åbent - så spiller andre indeklimateilstandsfaktorer ind – temperatur og træk. Men for alle klasseværelser gælder: Luft meget grundigt ud i pauserne!

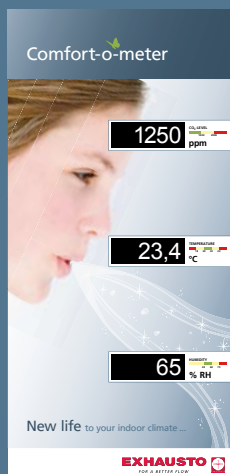
Lån et Learn-o-meter



- eller et Comfort-o-meter

På baggrund af anbefalingerne i artiklen har EXHAUSTO udviklet Comfort-o-metret - måleinstrumentet, som registrerer og logger data for temperatur, luftfugtighed og CO₂-niveau.

Med Comfort-o-metret er det også blevet lettere at overføre data til PC'en.



Kontakt EXHAUSTO

Send en mail til Jan T. B. Poulsen på jbp@exhausto.dk - eller ring til vores salgsafdeling på tlf.: 65 66 12 34

Og hvad så? - fortsat

Forskerholdene blev rigtig godt modtaget i de forskellige klasser – og det uanset om det var i indskolingen, mellemtrinnet eller overbygningen. Megen generthed blev gjort til skamme.

Undervisningsforløbet om indeklima blev afsluttet med at hver elev/forsker afleverede en skriftlig opgave til evaluering. Udbyttet, som hver elev havde fået ud af forløbet, varierede naturligvis, men der var flere elever der 'overpræstede' i forhold til hvad man kan forvente af elever på disse klassetrin.

Assens Kommune afholdt en science-event, hvor elever fra kommunens skoler skulle konkurrere i diverse science-projekter. Tommerup Skole deltog med dette forløb. Der blev dog arbejdet med at forbedre og forfine.



Blandt andet blev der bygget 'kasser med luft' – tre kuber med målene $\frac{1}{2} \text{ m} \times \frac{1}{2} \text{ m} \times \frac{1}{2} \text{ m} = \frac{1}{8} \text{ m}^3$. ($1 \text{ m}^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3$ – altså også parts per million – ppm, der er måleenheden for koncentrationen af CO₂ i luften)

I den første kube blev der lagt 44 centicubes ($\frac{1}{8} \times 350 = 44$) – hvad der svarer til mængden af CO₂ i den atmosfæriske luft. Den anden kube blev forsynet med 125 centicubes ($\frac{1}{8} \times 1000 = 125$) - hvad der svarer til, hvad Arbejdstilsynet anbefaler er den højeste mængde CO₂ i et klasselokale. I den sidste kube blev der lagt 250 centicubes ($\frac{1}{8} \times 2000 = 250$) - hvad der er Arbejdstilsynets grænse for 'forbedringer nødvendig' og en grænse, der blev overskredet flere gange i vores målinger på Tommerup Skole!! Dette blev gjort for at visualisere hvor meget CO₂, der er tale om - for at vise ændringerne over tid. Samtidig er det også et godt billede til at vise hvor lille en del CO₂ udgør - og hvor små ændringer, der skal til for at gå fra 'godt' til 'skidt'.

Der blev også bygget nøjagtige modeller af skolens 'lovlige' og 'ulovlige' klasselokaler. Der manglede kun 'væggen' modsat vinduerne-- og uden for hvert lokale blev placeret en 'sol' (lampe). Det blev meget tydeligt at se hvor stor forskel der er på mængden af lys, der falder ind i hvert af lokalerne.

Forskerne blev præmieret med et diplom for formidling af deres arbejde med indeklima.

Afslutning og anbefalinger

Skal man lave dette forløb, er det vigtigt at komme hurtigt i gang. Det var ikke en fordel at lægge op til 'forsk dig til det du ikke ved' i begyndelsen. Der vil man med fordel kunne lave undervisningen som mere traditionel undervisning, hvor forsøgene er forberedte og tilrettelagt af læreren. De valgte klassetrin var for umodne og urutinerede i et laboratorium. Det blev årsag til meget frustration og opgiveness i den indledende fase - og sådan skal man jo ikke starte et længere tids arbejde. Og af samme grund blev den indledende fase alt for lang - der er jo ikke så megen tid til undervisning i naturfag.

Underviseren skal også understrege nødvendigheden af, at det indsamlede data er væsentligt materiale! Det var overraskende (for denne underviser) som indsamlet data blev borte, eller undladt at blive noteret - for som enkelte elever kunne sige "jeg kan da huske det". Det kunne de så ikke altid, og den viden er jo ikke voldsomt tilgængelig for forsker-kolleger, der vil sammenligne og problematisere forskelligt datamateriale.

Moderne måleudstyr og dataloggere er bestemt at foretrække. Eksempelvis er learn-o-metret med datalogger fantastisk godt. Data bliver ikke væk - det er på pc'en. Man kan have mange målinger og databehandlinger - uden det bliver uoverskueligt, og de unge forskere er generelt gode til at håndtere dette medie. På samme måde kan man med fordel anvende termometre, hygrometre osv., der er koblet til dataloggere. Ulempen ved de moderne måleinstrumenter er, at der er relativt meget man skal sætte sig ind i, installere og instruere i - før man kommer frem til det dét hele handler om. Og så skal det jo være tilgængeligt - at beslaglægge flere af skolen pc'ere gennem en længere periode er ikke altid lige populært. Og skal man ikke installere på samtlige af skolens pc'ere, skal man jo være sikker på at få fat i den/de samme hver gang. En irriterende lille hverdagsdetalje.

Forløbet her var bygget op som en tretrinsraket fra start. Grundforskning, undersøgelse og til sidst formidling. At eleverne fra start vidste, at de skulle formidle deres viden til andre virkede rigtig godt. At arbejdet de udførte skulle bruges til noget, gav motivationen et ryk i den gode retning.

Med det rigtige måleudstyr - især learn-o-metret - kan det bestemt anbefales at give sig i kast med et undervisningsforløb om indeklime. Og det uanset om det er som en del af den almindelige naturfagsundervisning (i dette tilfælde Fysik/kemi), tværfagligt arbejde eller som et temauge-arbejde eller lignende. Indeklima som emne vil også med fordel kunne anvendes på 9. og 10. klassetrin, da det også egner sig vældig godt til den afsluttende praktisk/mundtlige afgangseksamen, da der er mange praktiske forsøg, der kan inddrages, det har teoretiske elementer og det har anvendelse i hverdagen.

Kom bare i gang!

Peter Nielsen
Lærer
Tommerup Skole



Forslag til forsøg i grundforskningen

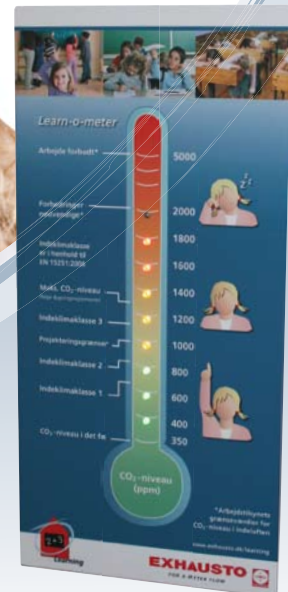
- **Hvad består atmosfærisk luft af?**
Identifikation af luftarter
(H_2 , O_2 , N_2 , CO_2 .)
- **Hvor får vi vores O_2 fra?**
Fotosyntese
- **Forbrænding (af kulhydrater)**
Respiration
- **Hvad er temperatur?**
(frysepunkt, kogepunkt, hvorfor føles noget koldt/varmt)
Konstruktion af en simpel termostat
- **Fugt i luften**
Måling af luftighed



Det nytter at sætte fokus på indeklimaet



Det koster under 1% af de samlede driftsomkostninger pr. elev at etablere ventilation, som sikrer et godt indeklima.



EXHAUSTOs Learn-o-meter har været med til at forbedre indeklimaet

Vores måleinstrument, som viser indholdet af CO₂ i luften, har været lånt ud til flere skoler i landet. Alle steder blev man bevidst om indeklimaet og mange steder har det ført til forbedringer af ventilationen.

- På en skole fik man ganske enkelt serviceret ventilationsanlægget, så det igen kom i drift.
- På en anden skole brugte en fysiklærer learn-o-metre i undervisningen, hvor skolens indeklima blev målt. Og så blev der etableret ventilation i sommerferien!

- På en skole i Nordjylland brugte en meget engageret skolebestyrelsesformand learn-o-metret til at råbe politikerne op. Det gav medieomtale og fik DR til at tage emnet op i programmet Testen. Dermed blev der sat yderligere fokus på dårligt indeklima i landets skoler - og på hvor lidt der skal til for at forbedre det.

Vi låner fortsat learn-o-metre ud til kunder og slutbrugere. Kontakt Jan Bech Poulsen på tlf. 65 66 12 34 eller læs mere på www.exhausto.dk/learning.