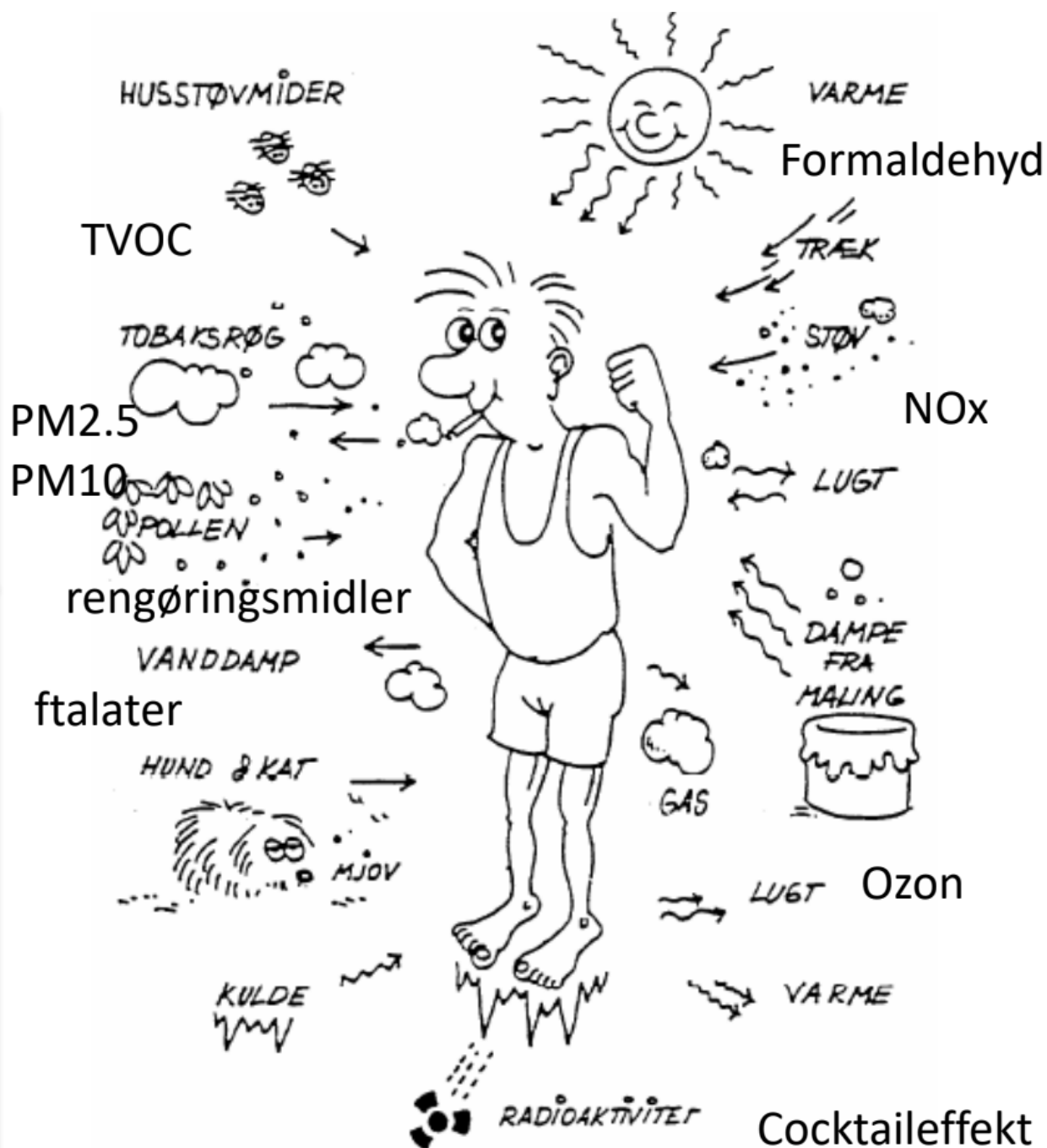


Indeklima - Et undervisningsmateriale.



Indholdsfortegnelse

Indeklima - Et undervisningsmateriale.	1
Forord.....	3
1. Brainstorm.....	4
1.1 Vælg 2 lokaler.	5
1.2 Forundersøgelse.....	5
1.3 Datablad.....	6
2. Undersøgelse og monitorering.	7
2.1.1 Eksperimentelt udstyr - Opsamling af kvantitative data.....	7
2.1.2 Brugerstyring og psykisk indeklima	8
2.2 Dataopsamling i lokalerne.	9
2.3 Kan du holde varmen - beregninger på menneskets forbrænding.	12
2.3.1. Bestem kroppens overfladeareal.....	12
Sammenhæng mellem overfladeareal og volumen.....	13
2.4. Hvilestofskifte.....	13
2.4.1. Harris – Benedict.	14
2.4.2. Hvor kommer energien fra?	14
Eksempel chokolade.....	15
2.5. Aktivitetsniveau og MET.....	16
2.6. Den rigtige påklædning og CLO	18
2.6.1. Termisk komfort	18
3. Vores omgivelser.....	20
3.1 Partikelforurening og støj.	20
3.2 AQI indeks:	21
3.2.1. Luftkvalitetsskalaen.....	21
3.2.2. AQI indeks for jeres skole.	22
3.3. Måling på en elevs værelse.	22
4 Langtidskonsekvenser af dårligt indeklima.	23
5. Arbejds miljølovgivning.....	24
5. Indeklimaet på dit værelse	25
6. Bæredygtigt byggeri.	26
Appendiks 1: Sådan virker mennesket.....	27
A1.1 Mennesket som energiforbruger.	27

<i>A 1.2. Hvilke stoffer udskiller du ellers?.....</i>	<i>28</i>
Appendiks 2: Sådan virker et A/C anlæg, køleskab, jordvarmeanlæg mm.	29
<i>En væskes kogepunkt.</i>	<i>29</i>
Her kan du læse mere.	30

Forord.

Vi vil i dette forløb undersøge indeklimaet.

Uanset, om du sidder i nye bygninger, eller i et ældre byggeri - så er indeklimaet essentielt for dig og dit helbred.

Måske kender du til indeklimaproblematikker, eller du kender nogle som er blevet syge af dårligt indeklima.

1. Brainstorm.

Skriv alle de ting ned du tænker på når nogen nævner: "indeklima".

Tal i klassen / gruppen om hvad I har skrevet ovenfor, og forsøg at opdele begreberne i 2 kategorier.

Hvilke parametre er kvalitative og hvilke er kvantitative?

Snak evt. med din lærer om hvad forskellen er.

Kvalitative størrelser:

Kvantitative størrelser:

Måske har I allerede overvejet at nogle af de parametre, I har talt om, afhænger af flere ting, som måske igen er afhængige af andre parametre.

Forestil dig at du er i et klasselokale:

Temperaturen i lokalet vil bl.a. afhænge af:

- Antallet af elever i lokalet
- Lokalets størrelse
- Pedellens indstilling af varmen på skolen
- Udendørstemperaturen
- Hvor meget varme afgiver eleverne – kommer eleverne lige fra en idrætstime?
- Hvor aktiv er læreren?
- Er vinduerne åbne
- Hvor god er isoleringen af lokalet, ja af hele skolen
- Hvor mange gange går man ind og ud af lokalet - står døren åben?
- Hvor stort er lysindfaldet gennem vinduerne. Sidder man i et lokale med få vinduer, eller i et drivhuslignende lokale. Osv.

Tag en snak på klassen eller i gruppen om, hvordan man laver en objektiv undersøgelse af et godt indeklima?

Det kan være vanskeligt at monitorere alle parametre på en gang, men lad os starte med nogle væsentlige størrelser.

Vi vil i det efterfølgende arbejde med disse parametre for godt indeklima i klasselokalet.

- 1) Temperatur
- 2) CO₂ indhold
- 3) O₂ indhold
- 4) Luftfugtighed
- 5) Partikler i luften (støv, forurening ...)
- 6) Lysintensiteten
- 7) Støj
- 8) Radioaktiv baggrundsstråling
- 9) Brugerstyring i lokalet
- 10) Evt. fokuspunkter udvalgt af klassen.

Overvej hvordan ovenstående størrelser kan måles og hvilke enheder man måler dem i.

1.1 Vælg 2 lokaler.

Start med at udvælge 2 lokaler på skolen I vil sammenligne. Det må gerne være 2 meget forskellige lokaler. F.eks. kan det være et lokale som eleverne taler om, som meget varmt/koldt. Eller vælg et lokale med tagvinduer, og et i kælderen.

Hvilke lokaler har I valgt?

Lokale 1

Lokale 2

1.2 Forundersøgelse

Det er vigtigt at have en forforståelse af problemstillingen før et egentlig undersøgelsesdesign kan opsættes. Hvis du er nysgerrig på biologien, bør du læse Appendiks 1, hvor basale processer for mennesket er gennemgået.

I kan starte med at spørge i klassen, eller på skolen, for at finde ud af hvad I selv og andre mener om de 2 lokaler I ønsker at undersøge.

Tænk jer om, når I laver spørgeskemaet, så I undgår at lægge ordene i munden på respondenterne. På baggrund af spørgeskemaet, kan I vælge at udpege et eller flere fokusområder I særligt ønsker at arbejde med i undersøgelsen af lokalernes indeklima.

Fokuspunkter. _____ (Husk dem til senere)

1.3 Datablad

Øvrige data til forundersøgelsen opskrives på et ark i som nedenfor. **Lav et ark til hvert lokale** i ønsker at undersøge.

Data for lokale nr. _____

Lokalets gulvareal _____ m²

Lokalets højde _____ m

Hvor stort er rumfanget af lokalet _____ m³

Hvor mange kvadratmeter af lokalets gulvareal, er dækket af inventar (skabe, borde, kateder...)

_____ m² Hvor mange procent af det samlede gulvareal svarer det til. _____%

Hvad står lokalets temperatur til, iflg. skolens varmesystem. (Spørg evt. pedellen)

_____ °C

Mål lokalets temperatur _____ °C

Hvor mange kvadratmeter af vægge og loft er dækket af vinduer. _____ m²

Hvor mange procent udgør vinduerne af lokalets samlede væg og loft _____ %

Hvor mange døre er der ind til lokalet _____

Hvor mange vinduer kan åbnes af lærer eller elev _____

Er der særlige kendetegn ved lokalet:

Farven på væggene, støv, lugtgener, lokalet er beskidt eller....?

(Nedenstående udfyldes først efter gennemlæsning af afsnit 2.1.2)

Hvilken brugerstyrede indeklimarelaterede muligheder tilbyder lokalet:

2. Undersøgelse og monitorering.

Vi vil nu forsøge at måle og undersøge nogle af de faktorer, vi har drøftet ovenfor.

2.1.1 Eksperimentelt udstyr - Opsamling af kvantitative data.

Med hjælp fra din lærer skal du lave en oversigt over hvilket af flg. udstyr I har adgang til.

- ☐ Termometer
- ☐ Luftfugtighedssensor
- ☐ CO₂ sensor
- ☐ O₂ sensor
- ☐ Sensor til at måle partikler i luften
- ☐ Lysintensiteten
- ☐ Geiger Muller tæller til radioaktivitet
- ☐ Lydstyrkemåler (kan downloades som gratis app. F.eks. Decibel X m.fl.)
- ☐ Sensorer til at undersøge særlige fokusområder fra punkt 3

Nogle størrelser er svære at måle. Eksempel lugtgener i lokalet.

Tag en snak i gruppen om hvordan I vil undersøge om der er lugtgener i et lokale.

Har du overvejet hvordan der lugter/dufter i dit eget og andres hjem. Måske bemærker du det hvis du har været længe væk og kommer hjem fra f.eks. en ferie.

Opdel ovenstående måleudstyr mellem grupperne. Hver gruppe skal finde ud af hvordan deres udstyr fungerer, og hvordan I vil gemme data fra kommende forsøg. Opskriv en protokol for datalogning.

Hypotese.

Opstil en hypotese, altså et kvalificeret gæt på hvordan udviklingen af jeres fysiske størrelse vil ændre sig over tid i lokalet.

Forventer I at det vil stige eller aftage? Hvor meget? Hvor hurtigt? Osv.

2.1.2 Brugerstyring og psykisk indeklima

Det psykiske indeklima er en vigtig del af indeklimaproblematikken.

Det kan være et vanskeligt område at monitorere, fordi hver elev i lokalet, kommer med hver sine forudsætninger.

En elev har måske sovet dårligt om natten, en anden har lige slået op med sin kæreste, en tredje har måske netop dette fag, som yndlingsfag og har glædet sig hele ugen til denne time.

Derfor forholder vi os her kun til de dele af indeklimaet som kan kategoriseres som brugerstyrede. Det er f.eks.

- Muligheden for at åbne vinduerne
- Stolen og bordets højdeindstilling
- Kan stolen køre lidt rundt så brugeren kan aflastes sin arbejdsstilling
- Kan temperaturen reguleres fra lokalet
- Muligheden for at regulere lyset og evt. mørkelægge helt eller delvist.
- Er der fleksible muligheder for at du kan få strøm til din computer

Opskriv de brugerstyrede muligheder, for hvert lokale, i databladet ovenfor.

2.2 Dataopsamling i lokalerne.

Vi skal nu i gang med at måle.

Er der udstyr I ikke har adgang til, så springer I bare den måling over.

2.2.1. Opsætning af forsøg.

Udfør gerne nedenstående indeklimaundersøgelse i begge de lokaler I har udpeget ovenfor.

1) Mål i løbet af en undervisningstime.

Hver gruppe opstiller deres apparatur forud for en time i et af de ønskede lokaler. Udlad at opstille apparatur i vindueskarmene, da der her kan være træk og stærkt sollys som kan influere på målingerne.

Når timen er slut, samles data sammen til databehandling.

2) Mål i et helt døgn.

Udfør samme undersøgelse som ovenfor men over et helt døgn. Det kan være nødvendigt at læreren laver aftaler med pedel og kolleger i forhold til at udstyret er opsat i et undervisningslokale. Vær opmærksom på at computere og andet dataopsamlingsudstyr kan gå på standby efter lang tids brug. Sørg for at ændre indstillingerne forud for forsøget, så data registreres og lagres løbende.

2.2.2. Databehandling

Hvad viser data fra forsøgene. Hver gruppe laver databehandling og tegner en graf over forsøgsdata, som funktion af tiden og deler det med de andre grupper.

Tendenser og årsag.

Kig først efter om der er nogle karakteristiske udsving i data og se om du kan finde årsagen. Kan man eksempelvis se at læreren har givet en pause midtvejs i lektionen hvorved døren er blevet åbnet og eleverne har hvirvlet luften i lokalet rundt.

Modellering¹

Forsøg at opstille en simplificeret model til beskrivelse af de fysiske størrelser I har målt. (Temperatur, CO₂, luftfugtighed osv.)

En model er en beskrivelse af sammenhængen mellem 2 eller flere størrelser.

Der kan være tale om en **matematisk model**, måske er den opstillet af det computerprogram man har tegnet grafen i.

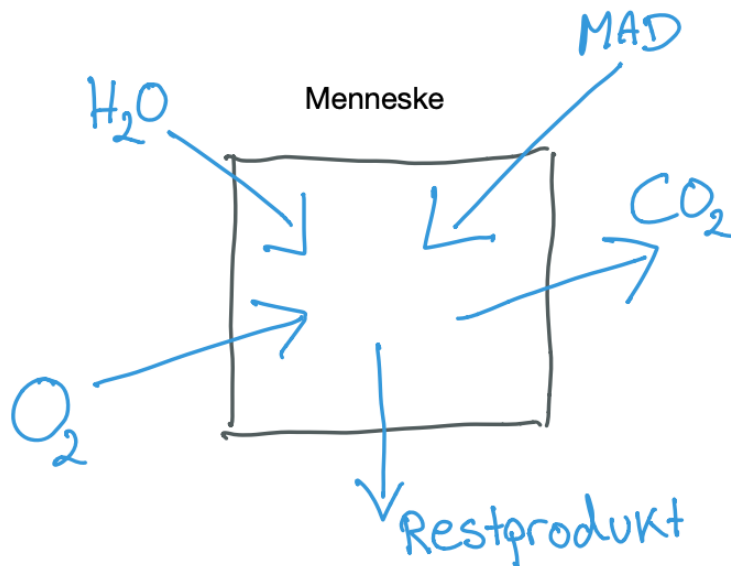
Kan man f.eks. sige at temperaturen stiger med den samme grad hvert minut? Hvordan ser det ud som en matematisk model?

¹ Du kan læse meget mere om modeller her

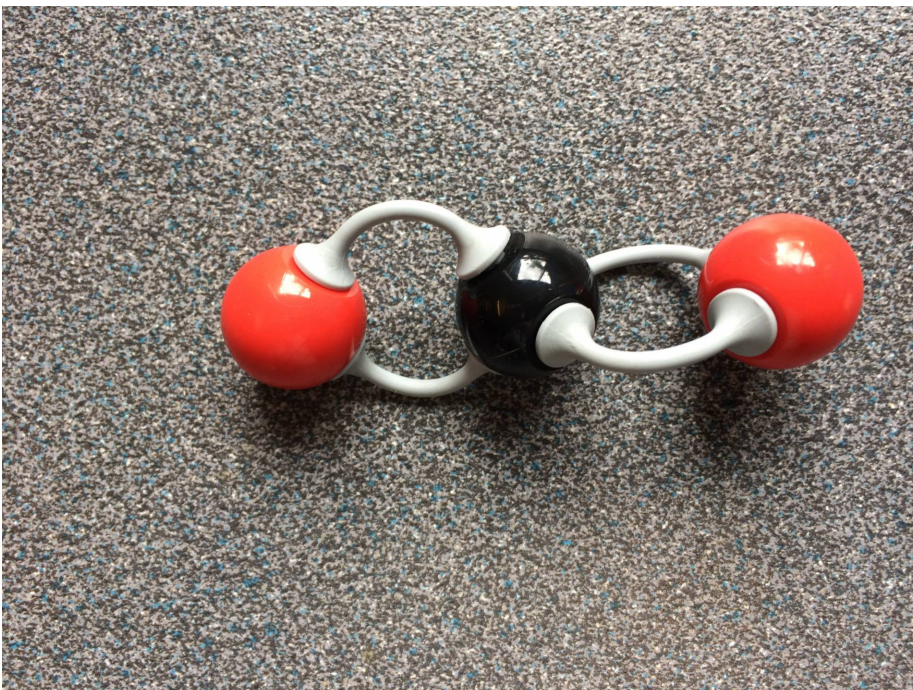
https://astra.dk/sites/default/files/Modeller_i_naturfagsundervisningen_HB_BLI_0.pdf

Der kan også være tale om en **biologisk model**, hvor man simplificerer de størrelser der indgår i forklaringer for bedre at kunne overskue komplekse problemstillinger.

Nedenfor ses en simplificeret model af et menneske



Der findes flere typer af modeller. Eksempelvis kan man lave en kemisk model af molekylet CO_2



Med udgangspunkt i alle dine data. Skal du opstille en model over lokalet du undersøger, og indtegne hvorledes de størrelser du undersøger indgår i modellen.

Diskussion.

Sammenhold dine tendenser og modeller med din hypotese. Blev hypotesen be- eller afkræftet?

Hvis ja, hvilken forklaring var der for sammenhængen. Hvad er der sket i lokalet?

Hvis nej, hvorfor ikke?

Det kan være dit måleudstyr ikke er godt nok, eller du ikke har nok data til at vise din hypotese.

Beskriv gerne hvad du vil ændre i dit forsøgsdesign, for bedre at kunne undersøge din hypotese.

Nu er du blevet lidt klogere og kan derfor bedre kvalificere din for undersøgelse.

Om muligt – gentag forsøget, med et ændret forsøgsdesign.

Hvor meget data skal du bruge for at være sikker på at du har bekræftet en tendens i et lokale?

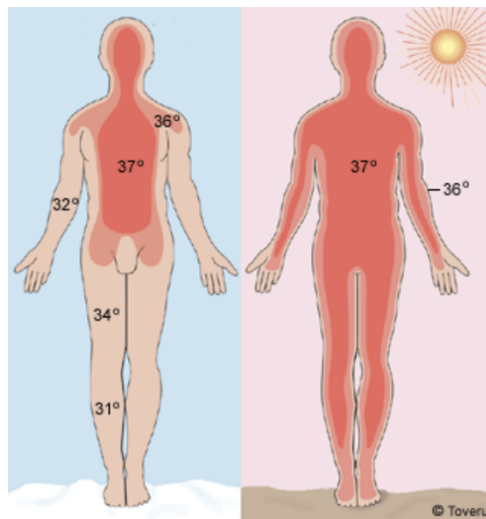
2.3 Kan du holde varmen - beregninger på menneskets forbrænding.

Måske kender du, at du er lige ved at komme for sent i skole. Du cykler alt hvad du kan og løber hen af gangen og ind på din plads. Nu sidder du på din stol og sveden pibler ned af dig. Du har det varmt og vil gerne have åbnet et vindue, men din sidemakker er blevet kørt til skole og sidder helt stille og fryser.

Kroppens temperatur reguleres af det termoregulatoriske center i hypothalamus.

Denne modtager informationer fra kroppens termoreceptorer, som er fordelt i hele kroppen. Under normale omstændigheder holdes kroppens kernetemperatur konstant, ved at tilpasse kroppens energiforbrænding, og deraf følgende varmeproduktion.

I varme omgivelser øges blodcirkulationen, hvorved varmetabet øges. I kolde omgivelser er det modsat. Dit samlede varmetab afhænger naturligvis af kroppens overfladeareal.



2.3.1. Bestem kroppens overfladeareal

I en meget simpel model antages et menneske at være cylinderformet. Mennesket er 180 cm højt, vejer 80 kg og består primært af vand. Da vand har en densitet på $\rho = 1 \text{ kg/L}$ Kan vi antage at mennesket samlet set har et volumen på 80 L = $0,080 \text{ m}^3$ Fra formelen for en cylinder kan vi nu regne radius ud i cylinderen.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$0,080 \text{ m}^3 = \pi \cdot r^2 \cdot 1,8 \text{ m}$$

$$\frac{0,080 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m} \cdot \pi} = r^2$$

$$\sqrt{\frac{0,080 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m} \cdot \pi}} = r$$

$$0,119 \text{ m} = r$$

Dvs. at en cylinder med en diameter på 23,8 cm og en højde på 1,8 m har et volumen på 80 liter.

Overfladearealet kan nu udregnes vha. formelen for en cylinders overfladeareal.

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot (0,119 \text{ m})^2 + 2 \cdot \pi \cdot 0,119 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m}$$

$$A = 1,43 \text{ m}^2$$

Normalt siger man at et menneskes overfladeareal er ca. $1,8 \text{ m}^2$ for kvinder og $2,0 \text{ m}^2$ for mænd.

Hvorfor rammer vores model ca. 25 % forkert?

Kan du gøre det bedre?

Lav en simpel model for kroppen og beregn en cirka værdi for din krops overfladeareal. Hvor mange m^2 hud har du?

Din krops overfladeareal. _____ m^2

[Sammenhæng mellem overfladeareal og volumen.](#)

Hvad sker der med din huds overfladeareal hvis du tager på i vægt.

Lad os sige at en person, hen over en periode på f.eks. 10 år fordobler sin vægt. Dvs. volumen af personens krop fordobles.

Hvad sker der med overfladearealet, fordobles det også...?

Overvej mulige scenarier hvordan dette kan undersøges. Antag f.eks. at mennesket er kugle, eller cylinderformet, og udregn arealet af en person med et volumen på 80 L og på 160 L hvor højde af personen ikke ændres.

Hvilken sammenhæng er der mellem volumen og overfladeareal?

(Få evt. lidt hjælp af din matematiklærer...)

2.4. Hvilestofskifte.

Din krop producerer energi. Energi måles i Joule. Hvis vi måler en energimængde pr. tid, kalder vi det for effekten, og betegner det med bogstavet P.

$$P = \frac{E}{t}$$

Da energien måles i Joule og tiden i sekunder. Får effekten P enheden watt. $\frac{J}{s} = W$

En model for dit hvilestofskifte siger at du producerer $1,16 \frac{W}{kg} = \frac{1,16 J}{s \cdot kg}$

Beregn dit hvilestofskifte (indsæt din masse i kg): $m \cdot 1,16 \frac{J}{kg} =$ _____ J/s

Hvor meget energi producerer du på et døgn? _____ J

2.4.1. Harris – Benedict.

Det er klart at ovenstående 1,16 W/kg kun er en tommelfingerregel som ikke tager hensyn til andet end din kropsvægt.

Harris – Benedict formelen tager hensyn til lidt flere parametre. Alder, køn, højde og vægt.

Harris–Benedict formelen

Energiomsætning pr. døgn, mænd:

$$(66,5 + (13,75 \cdot \text{masse i kg}) + (5,003 \cdot \text{højde i cm}) - 6,775 \cdot \text{alder})) \cdot 4.186 J$$

Energiomsætning pr. døgn, kvinder:

$$(655,1 + (9,563 \cdot \text{masse i kg}) + (1,850 \cdot \text{højde i cm}) - (4,676 \cdot \text{alder})) \cdot 4.186 J$$

En ung mands energiomsætning

Er man fx en ung mand på 20 år, 184 cm høj og har massen 75 kg, finder man følgende energiomsætning pr. døgn:

$$(66,5 + (13,75 \cdot 75) + (5,003 \cdot 184) - 6,775 \cdot 20)) \cdot 4.186 J = 7,88 MJ$$

Havde man benyttet førstnævnte metode til bestemmelse af energiomsætningen, havde man fået

$$75 \cdot 1,16 \cdot 86.400 J = 7,52 MJ$$

(grafikken er taget fra: <http://www.fys.dk/nfa/03/heftet/08.pdf>)

Bemærk at det sidste tal der ganges med. 4186 J er en omregningsfaktor fra kilokalorier til Joule (kcal -> J).

Beregn din energiomsætning vha. Harris – Benedict formelen og sammenlign med resultatet ovenfor.

Din energiomsætning pr. døgn : _____ MJ.

2.4.2. Hvor kommer energien fra?

Lad os antage, at du er så gammel, at du selv må bestemme hvad du spiser.

Undersøg hvor meget energi der er i forskellige fødevarer du spiser. Du kan se det på indpakningen eller google "fødevarens navn + varedeklaration".

Eksempel chokolade

Her er varedeklaration på forfatterens primære energikilde når han skriver øvelsesvejledninger.

> Chokolade > Mælkechokolade



MÆLKECHOKOLADE

Producent Marabou

200 g Mondelez Danmark ApS

Produktbeskrivelse	Næringsindhold	Allergi info
--------------------	----------------	--------------

Næringsindhold pr. 100 g

Mættede fedtsyrer	19.50 gr.
Kulhydrater	58.50 gr.
Sukkerarter	58 gr.
Kostfibre	2 gr.
Protein	4.70 gr.
Salt	0.33 gr.
Energi	550 kca / 2290 KJ
Fedt	32 gr.

I 100g Marabou chokolade er der 2290 kilojoule = 2,290 MJ.

Hvis du kun regner på dit hvilestofskifte og du KUN skal leve af Marabouchokolade. Hvor mange gram chokolade skal du så spise i døgnet?

2.5. Aktivitetsniveau og MET

Du ved selvfølgelig godt, at dit energiforbrug hænger sammen med dit aktivitetsniveau. Dette faktum lever fitnesscentre højt på i januar måned...

Vi beskriver vores aktivitetsniveau ved at definere en størrelse kaldet Met (M).

$$1 \text{ Met} = 58 \frac{W}{m^2}$$

Har du et aktivitetsniveau på 1 Met, betyder det at du forbrænder 58 Watt pr. kvadratmeter hudareal, eller 58 Joule pr. sekund pr. kvadratmeter.

En gennemsnitlig person forbrænder 8.000.000 Joule (kvinder) / 10.000.000 J (Mænd) pr. dag.

Beregn dit eget gennemsnitlige aktivitetsniveau pr. dag, idet du benytter dit overfladeareal beregnet tidligere, og omregner 1 dag til sekunder.

Eksempel: Mand med overfladeareal på 2 m^2 :

Gennemsnitlig effekt :

$$P = \frac{10 \text{ MJ}}{86400 \text{ s}} = 115,7 \text{ W}$$

$$\text{Fordelt på } 2 \text{ m}^2: \frac{115,7 \text{ W}}{2 \text{ m}^2} = 57,9 \frac{W}{m^2} \approx 1 \text{ Met}$$



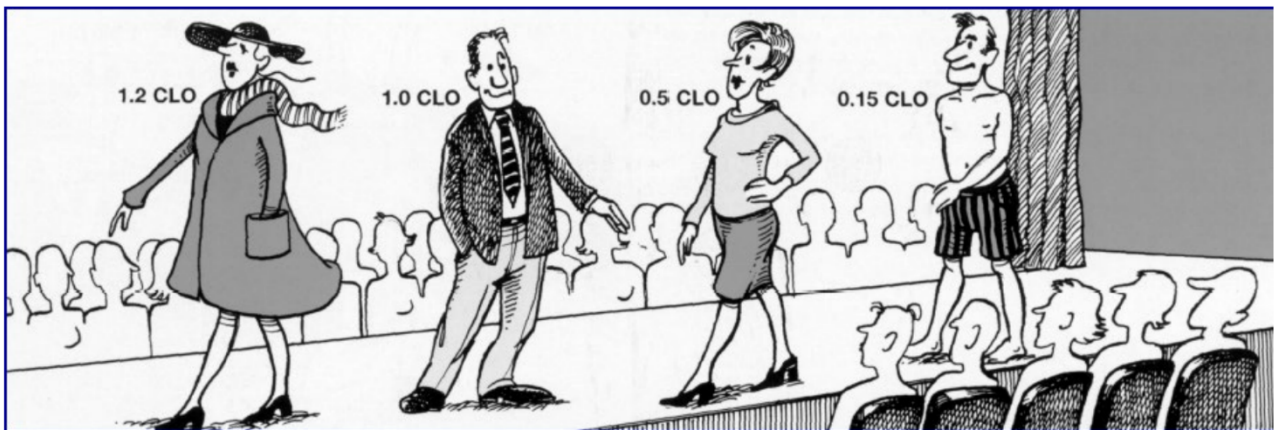
Her ses en oversigt over forskellige aktivitetsniveauer og deres tilhørende Met værdi.

Aktivitet	Stofskifte	
	W/m ²	met
Liggende	46	0,8
Siddende, afslappet	58	1,0
Stående, afslappet	70	1,2
Stillesiddende aktivitet (kontor, hjem, skole, labora- torium)	70	1,2
Stående aktivitet (forretning, laboratorium, let industri)	93	1,6
Stående aktivitet (ekspedient, husarbejde, arbejde ved maskine)	116	2,0
Middelstor fysisk aktivitet (tungt arbejde ved maskine, værkstedsarbejde)	165	2,8
Elitesportsaktivitet	870	15,0

2.6. Den rigtige påklædning og CLO

Hvis vores mål er at opnå et godt indeklima, må vi være opmærksomme på aktivitetsniveauet i det lokale som vi undersøger. F.eks. skal temperaturen ikke være den samme i et kontormiljø og i et fitnessrum.

For at være i termisk komfort, er ens påklædning vigtig.



Vi benytter en størrelse kaldet CLO til at betegne påklædningens isolans. Altså hvor god din påklædning er til at holde din kropsvarme isoleret fra omgivelserne.

$$1 \text{ CLO} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Det betyder at 1 CLO svarer til at din påklædning, kan holde en temperaturforskel på 0.155 K pr. W pr. m^2 .

2.6.1. Termisk komfort

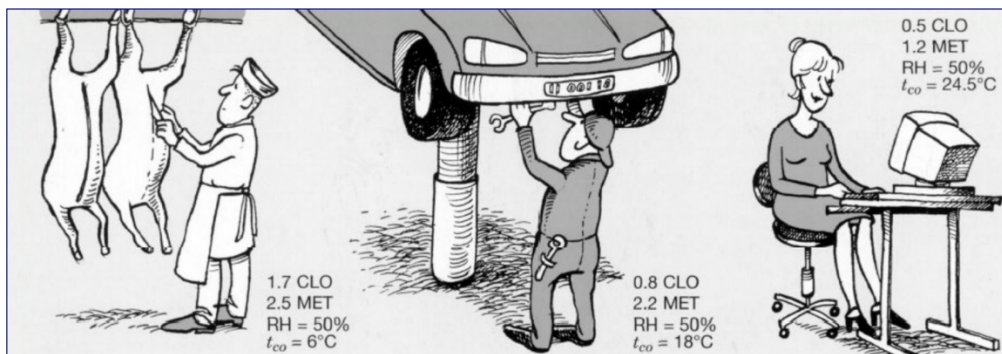
For at være i termisk komfort, skal der være det rigtige forhold mellem påklædning og rummet/omgivelsernes temperatur.

Alle 3 personer er i termisk komfort

Koldt/varmt tøj

Tempereret/kedeldragt

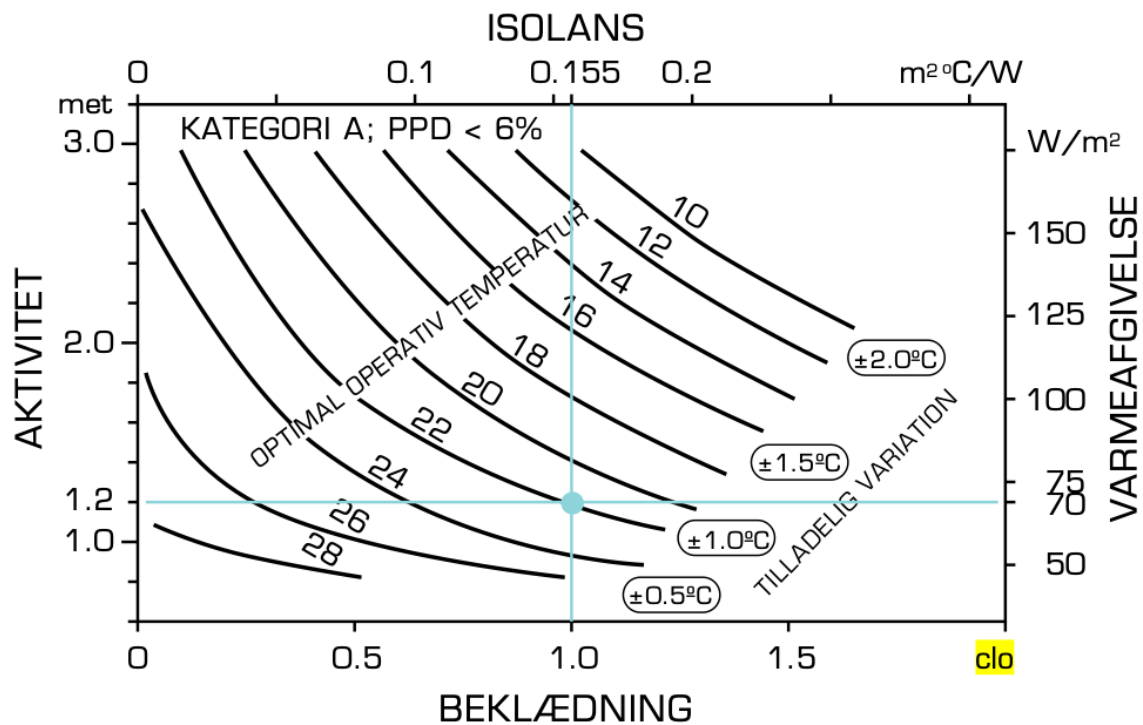
Varmt/let tøj



I design og byggefasen af nye byggerier, sker der mange beregninger for at opnå optimale rumtemperaturer så de personer der skal bruge byggeriet, kommer til at befinde sig termisk komfort.

Flg. graf er taget fra en byggevejledning fra Dansk Energi.

https://byggeriogenergi.dk/media/1378/den_lille_blaa_om_ventilation_low.pdf



Her kan du aflæse et rums optimale temperatur som funktion af beklædning (CLO) og aktivitetsniveau (Met).

Som eksempel kan du se at ved en isolans på 1,0 CLO og et aktivitetsniveau på 1,2 Met, vil det være optimalt med en rumtemperatur på 22°C.

Vurder din klasses gennemsnitlige isolans og aktivitetsniveau i en undervisningstime, og find den tilhørende optimale rumtemperatur.

Optimal undervisningstemperatur, alm. undervisning: _____ °C

Optimal undervisningstemperatur til indendørs idræt: _____ °C

3. Vores omgivelser

Vores indeklima er i høj grad påvirket af omgivelserne.

Hvis vinduerne peger åbner op ud imod en trafikeret vej, vil der sikkert være støjgener i lokalet.

Da Energi Fyn byggede nyt stort hovedkvarter i Sanderum i Odense, sad ventilationens indsugning lige ved siden af udsugningen fra kantinens køkken. Derfor spredte der sig hver dag omkring kl. 11 en dunst i kontorlokalerne. Alle kunne lugte hvad kantinen bød på til frokost. Muligvis appetitvækkende for nogle, men ikke hensigtsmæssigt for et godt indeklima.

Som vi har set tidligere, er det vigtigt at vi udskifter luften i de lokaler vi befinder os i. Men hvad er der i den luft vi lukker ind.

Opskriv de stoffer der gemmer sig i almindelig atmosfærisk luft.

Hvor mange % udgør hver enkelt gasart af den samlede luft?

3.1 Partikelforurening og støj.

Find en trafikeret vej i nærheden, og mål partikelforureningen og lydintensiteten i forskellige afstande fra vejen. Dette kræver en sensor til partikelforurening², samt en app til telefonen til lydstyrken³.

Mål gerne i myldretiden, i eksempelvis 1 minut og tag gennemsnittet.

Gentag forsøget 10 m. væk. Fortsæt så langt væk du kan.

Find et naturområde, skov eller park, og mål begge størrelser igen, for at have en reference.

² Eksempelvis PocketLab Air

³ Eksempelvis appen Decibell X.

3.2 AQI indeks:

På <https://waqi.info/> finder du et interaktivt realtidskort over luftforureningen i hele verden.

AQI indekset er et vægtet gennemsnit over målinger af følgende:

PM_{2.5}

PM₁₀

Ozone (O₃)

Nitrogendioxid (NO₂)

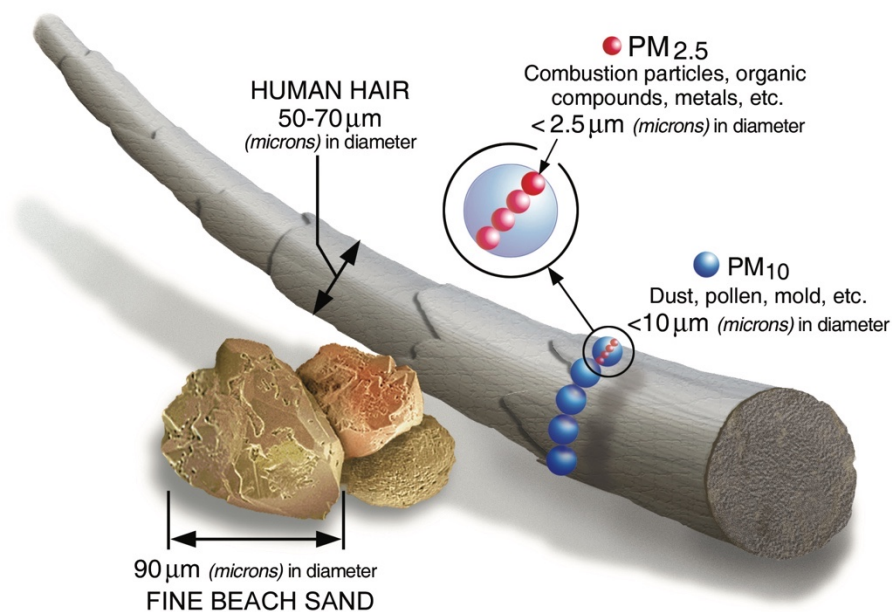
Svovldioxid (SO₂)

Carbon monoxid (CO)

Undersøg hvad ovenstående betegnelser dækker over og hvor stofferne kommer fra.

Hvilken indvirkning har stofferne på kroppen, siden de er skadelige?

Her er en illustration der viser hvilke størrelser partikler der gemmer sig under betegnelsen PM_{2.5} PM₁₀.



(billedet er taget fra <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>)

3.2.1. Luftkvalitetsskalaen

Indekset giver en værdi for hver forureningsfaktor, som inddeles på skalaen

Air Quality Scale	Good	Moderate	Unhealthy for sensitive groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
-------------------	------	----------	-----------------------------------	-----------	-------------------	-----------

Samlet set, bliver en luftprøve kategoriseret som den dårligste af hver af ovenstående værdiers placering på skalaen.

Hvis en måling på 5 af ovennævnte stoffer giver good, good, moderate, good og unhealthy, bliver den samlede luftkvalitet betegnet som **unhealthy**.

3.2.2. AQI indeks for jeres skole.

Har skolen adgang til en luftkvalitetssensor⁴ som kan måle nogle af ovenstående 6 stoffer, kan I udregne et estimeret AQI indeks. Dette kan gøres på.

<https://www.airnow.gov/aqi/aqi-calculator-concentration/>

3.3. Måling på en elevs værelse.

Her ses en måling påbegyndt i en alm. husstand. Læg mærke til AQI indekset (den sidste af de 4 grafer) Den svarer i starten til omgivelserne i Danmark (ca. 30-40)

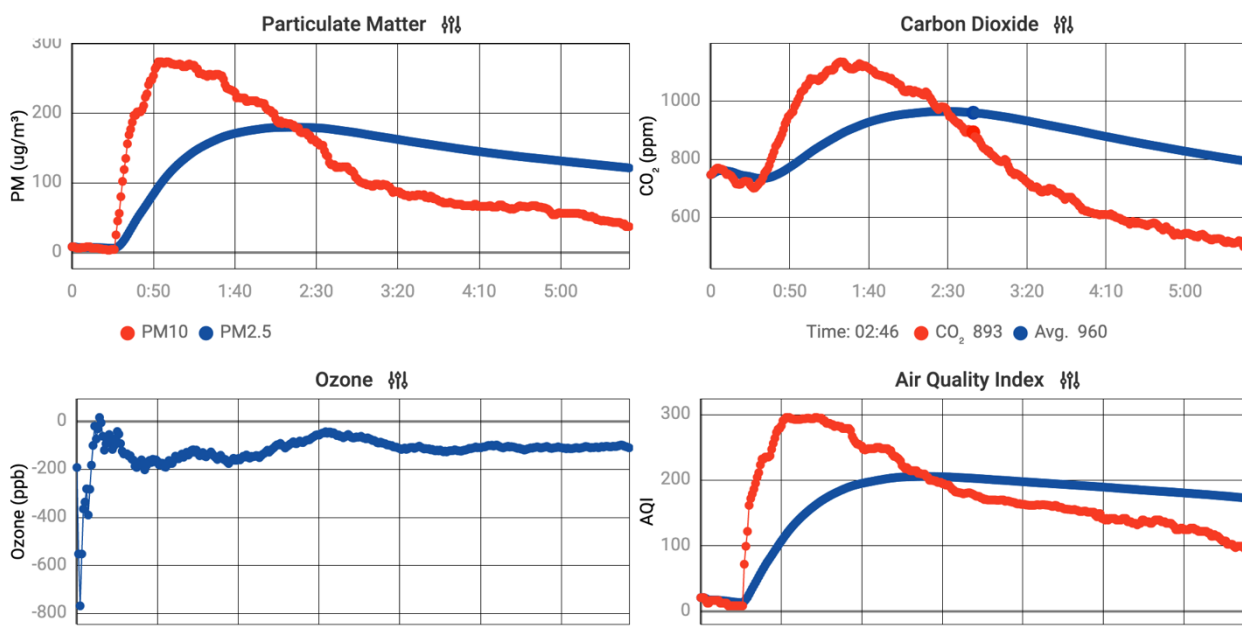
Grafens forløb ændres ca. 30 sekunder inde i dataopsamlingen, da luftsensoren flyttes ind i på en gymnasieelevs værelse, hvor beboeren har tændt en røgelsespind og 2 fyrfadslys.

Læg mærke til AQI indekset. Det stiger til 300! Svarende til flere af de mest forurenede byer i Asien....!

Elevens værelse får luftkvalitetsstatus:



Ca. 1:30 (1 minut og 30 sek. Inde i målingen åbnes 2 vinduer på værelset og man ser at ca. 4 minutters udluftning er nok til få CO₂ niveauet tilbage på ca. 500 ppm. Men ikke PM (partikelforureningen)



⁴ Eksempelvis PocketLab Air

4 Langtidskonsekvenser af dårligt indeklima.

Hvis man igennem længere tid opholder sig i rum med dårligt indeklima. Det være sig, for megen støj, for høj luftfugtighed, for dårlig udluftning etc. Kan man opleve helbredsmæssige problemer. F.eks.

Røde – eller tørre øjne, hovedpine, søvnbesvær, vejrtrækningsproblemer, kvalme eller opkast, astma, kræft herunder særligt lungekræft.

Der er ikke nogen formel for at regne ud hvor lang tid man skal opholde sig et sted for at blive syg. Det er meget individuelt, derfor er det vigtigt at du selv er opmærksom på evt. symptomer.

Mug og skimmelsvamp.

Nogle gange kan man se mug og skimmelsvamp vokse frem, hvis der en periode har været for fugtigt.

Skimmelsvamp udsender meget små svampesporer i luften, som man indånder. Dette kan udløse astma og allergireaktioner, ligesom det i enkelte tilfælde kan resultere i kroniske skader på bl.a. lungerne. F.eks. astma eller lungecancer.



Radon:

Radon er en radioaktiv gas der siver op af undergrunden. Den forekommer hyppigere i kældre. På landsplan estimeres det at 300 danskere mister livet hver år pga. radon og datterkerner af radon. Kan forebygges ved jævnlig udluftning.

Tør luft.

Hvis du opholder dig i rum med A/C anlæg, kan du opleve at luften bliver så tør at dine slimhinder i næse og svælg tørrer delvist ud. Dette svækker kroppens naturlige forsvar mod eksempelvis influenza og andre luftbårne sygdomme. Det er påvist at hyppigere influenzaudbrud om vinteren skyldes at vi befinder os 90 % af tiden indendørs⁵. Her er luften tør, og fimrehårene i næse og svælg, opfanger ikke så nemt de små væskepartikler der deles imellem mennesker.

⁵ <https://videnskab.dk/krop-sundhed/influenza-vil-have-tor-og-kold-luft>

5. Arbejdsmiljølovgivning.

For alle der går på arbejde (herunder regnes også skolegang) gælder der en særlig arbejdsmiljølovgivning. Arbejdsmiljø handler både om fysisk og psykisk arbejdsmiljø, og skal sikre lavt sygefravær og få ulykker. Eksempler på begge kan være:

Fysisk arbejdsmiljø.

- Gode ergonomiske arbejdspladser
- Et ordenligt indeklima. (gælder både lokaler og i transportmidler)
- Det rigtige værktøj til opgaven
- De rigtige hjælpemidler til rådighed eksempelvis til tunge løft. mm.

Psykisk arbejdsmiljø.

- Tales der i en ordentlig tone til medarbejderne
- Sker der mobning i skolen / på arbejdspladsen.
- Er der tilstrækkelig motivation i arbejdsopgaverne
- Tilbydes medarbejderne efter – og videreuddannelse. mm.

Se flere på <https://at.dk/arbejdsmiljøproblemer/indeklima/>

Arbejdsmiljøloven handler selvfølgelig også om Indeklimaproblemer, og har en række krav og grænseværdier over hvilke det ikke anses for sundt at arbejde.

Arbejdstilsynet fraråder arbejde ved CO₂ koncentrationer højere end 1000 ppm.

På arbejdstilsynets hjemmeside⁶ kan man finde følgende:

Hyppige problemer på grund af dårligt indeklima er:

- Tørre, kløende eller irriterede øjne, næse eller svælg
- Træthed eller sløvhed
- Hovedpine
- Skulder- og nakkeproblemer.

Diskutér hvilke indeklimafaktorer der kan være årsag til ovenstående problemer.

Hvordan virker ventilation og klimaanlæg i store byggerier og hvad er aircondition (A/C)?

(Læs appendiks 2 for at blive klogere på A/C anlæg)

Tag en snak i gruppen om hvilke arbejdsmiljøfremmende tiltag, der er på jeres skole, for at sikre elever og medarbejdere en god og sikker arbejdsplads.

⁶ <https://at.dk/arbejdsmiljøproblemer/indeklima/aarsager-til-daarligt-indeklima/>

Kan I komme på forslag til der vil fremme det fysiske og psykiske arbejdsmiljø på jeres skole.

5. Indeklimaet på dit værelse

Måske har du arbejdet meget på dit værelse under Coronakrisen.

Hvilken betydning har det for indeklimaet på dit værelse, at du sover og arbejder samme sted?

Vær gerne specifik og opstil en hypotese over, hvordan sammensætningen af gasarter i værelset ændres over tid.

Lav et datablad for dit eget værelse.

Hvis det er muligt, så lån udstyr med hjem og monitorér de kvantitative data, du har mulighed for over en nat.

Hvad viser data for dit værelse. Underbygges din hypotese?

CO₂ koncentrationen på et elevværelse.

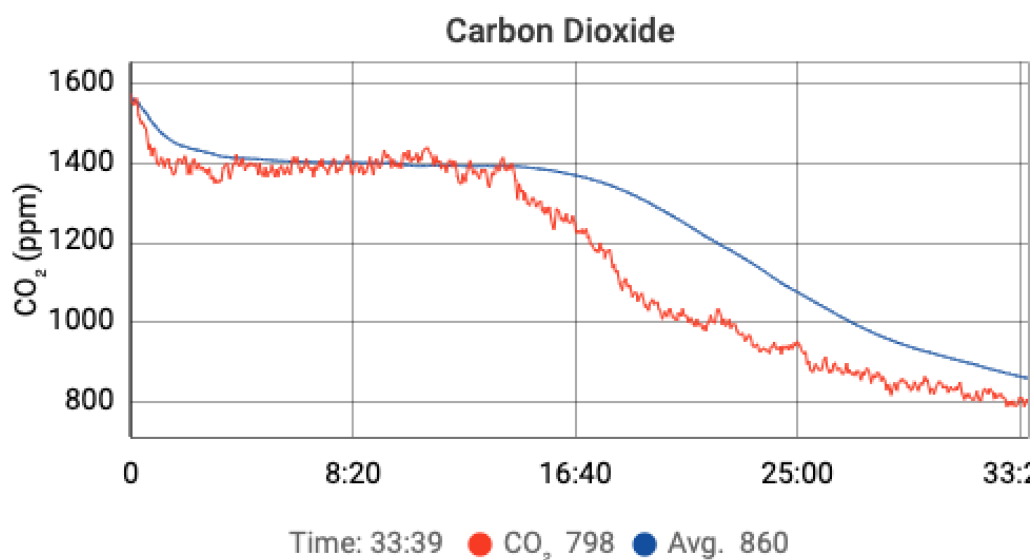
Nedenfor ses en måling foretaget på en elevs værelse.

Målingen er startet da vækkeuret ringer. På et tidspunkt åbnes døren, og eleven forlader værelset.

Forklar grafens udseende, og forløb.

Hvilken matematisk beskrivelse passer bedst på grafens forløb, efter ca. 14 min. Er den lineært aftagende?

Vurdér hvilke tiltag der kan sikre, at eleven kan arbejde på sit værelse uden at overskride gældende grænseværdier for godt arbejdsmiljø (1000 ppm)



Antag at en ny pandemi rammer os, så vi på ny skal isoleres, og dit værelse både bliver dit soveværelse og din arbejdsplads.

Hvilke arbejdsmiljøfremmende tiltag vil du så implementere som arbejdsgiver for dig selv?

6. Bæredygtigt byggeri.

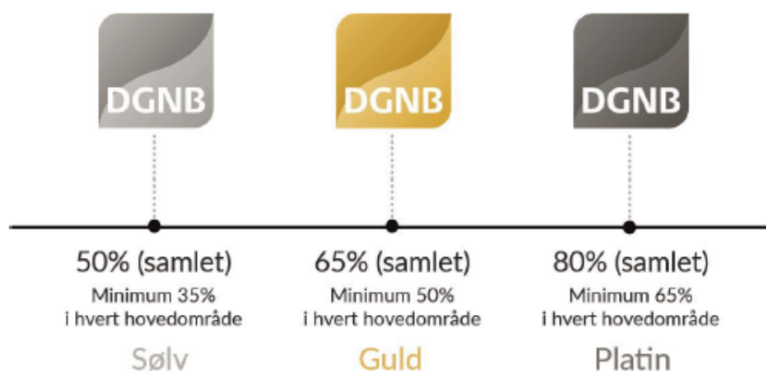
Ligesom en fødevarer, f.eks. grisekød, kan være certificeret som økologisk, eller bæredygtigt opdrættet, ligeså kan byggeri certificeres.

Hvilke kriterier tror du skal være opfyldt for at et byggeri kan betegnes som bæredygtigt?

Når man bygger nyt, er der mange overvejelser i forhold til at bygge bæredygtigt.

Det er både vigtigt at materialerne produceres bæredygtigt, og at bygningen er energioptimeret, så varmetabet er mindst muligt. Det kan være fristende at øge mængden af isoleringsmateriale for at sikre bygningen mod energitab, men omvendt kan for meget isolering betyde dårligt indeklima.

I øvrigt er det meste isoleringsmateriale ret omkostningstungt, rent CO₂ mæssigt, at producere.



Du kan læse meget mere om bæredygtigt byggeri, og certifikater hertil. F.eks. DGNB certifikatet på.

<https://www.dk-gbc.dk/dgnb/introduktion-til-dgnb/>

Appendiks 1: Sådan virker mennesket.

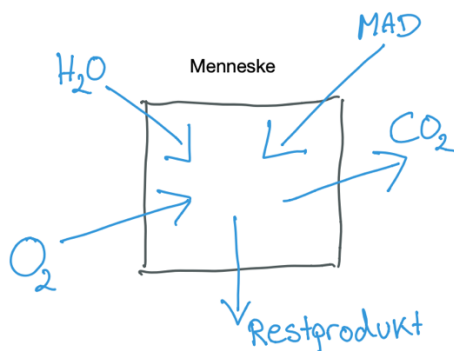
Der findes meget godt materiale om menneskets fysiologi. Spørg en biologilærer, så kan vedkommende hjælpe dig med at finde noget litteratur på området.

Ellers kommer her en simpel beskrivelse af menneskets produktion af energi og gasser, som er vigtig i forhold til en indeklimaproblematik.

Hvis du interesserer dig for psykologi, kan du også vælge at kigge på de psykologiske aspekter af indeklimaet. F.eks. brugerstyring og det psykiske arbejdsmiljø. Trivsel, mobning mm.

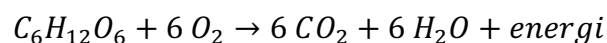
A1.1 Mennesket som energiforbruger.

Hvis vi kigger på vores simple model for mennesket i afsnit 2.2.2.



Helt banalt så indtager mennesket føde og vand. Maden nedbrydes vha. enzymer i kroppen til glukose. Du kan vælge at kigge nærmere på nedbrydningen i den såkaldte burgermodel⁷. Vi nøjes her med at se på forbrændingen af glukose i kroppen.

Denne forbrænding sker i cellernes mitokondrier.



Denne energi bruges af kroppen til at holde kroppen varm, og i musklerne til at udføre et arbejde. F.eks. bevæge dine ben ved at gå.

De 2 stoffer der frigives på højresiden af ligningen er vigtige, idet de sendes via blodbanerne tilbage til lungerne, hvor de frigives som gas og lukkes ud når du puster ud.

Delkonklusion.

Uanset hvad du gør, så udskiller du hele tiden CO₂ og vanddamp.

Vanddampen kan du se hvis du ånder på rude. Så kondenserer vandet sig på rudens overflade som dug.

⁷ <https://bio.systime.dk/?id=216>

A 1.2. Hvilke stoffer udskiller du ellers?

Der foregår en række naturlige processer i kroppen som danner stoffer der udskilles af kroppen.

- Afføring
- Urin
- Prutter
- Bøvser
- Sved

Hvis vi kigger på indeklimaet i et lokale, er de 2 første ikke så relevante, da vi kulturelt har lavet en uskreven praksis om at vi ikke skider og tisser på gulvet i lokalerne. Her benyttes toiletter, men disse kan have betydning for indeklimaet på en arbejdsplads.

Er der lugtgener fra toilettet ud på gangen, eller larmer det når man trækker ud i toilettet. Ligesom antallet af toiletter skal optimeres i forhold til personantal, så der ikke opstår kø eller man, som bruger af lokalerne, ikke kan finde toiletterne.

Prutter.

Dannes i tarmen af overskydende tarmluft. De består primært af kvælstof fra indåndingsluften, samt brint, kuldioxid og ildelugtende gasser f.eks. svovlbrinter (lugter af rådne æg). De ildelugtende gasser udgør sjældent mere end 1% af hele gasvolumenet.

Bøvser.

Når du synker maden, synker du uforvarende også lidt luft med ned i maven. Denne luft kan komme ud hvis du bøvser. Bøvser er altså bare atm. Luft der lige har været nede i mavesækken og vende. Derfor kan den godt lugte lidt, da der kan slippe gasser med ud fra nedbrydningen i mavesækken. F.eks. kan din bøvse lugte af det du lige har spist, men der kan også være andre gasser som udledes.

Bøvser er altså primært en kilde til kortvarende lugtgener i forbindelse med indeklimaproblematikker.

Sved.

Du sveder for at regulere din temperatur. Derfor oplever du også at du sveder meget hvis du bliver varm. I idrætstimerne, eller i en sauna. Så sveden er kroppens egen lille termostat.

Du kan også udskille uønskede stoffer via din sved. Det gælder f.eks. tungmetaller som kviksølv m.fl. Derved skiller kroppen sig af med giftige stoffer i stedet for at ophobe dem, med dertil hørende følgevirkninger.

Du har 2 forskellige slags svedkirtler.

- På hænder, fødder og pande sidder de ekrine kirtler.
Disse udskiller 99% vand og lugter ikke.
- I armhulen og i lysken sidder de apokrine kirtler
Disse danner sved der lugter.

Fakta: Når du lugter af sved, er det fordi bakterierne omkring dine svedkirtler er gået i gang med at spise din sved. Det er bakteriernes restprodukter der lugter⁸.

⁸ <https://illvid.dk/mennesket/kroppen/bakterier-giver-din-sved-en-lugt-af-ged-loeg-eller-kommen>

Appendiks 2: Sådan virker et A/C anlæg, køleskab, jordvarmeanlæg mm.

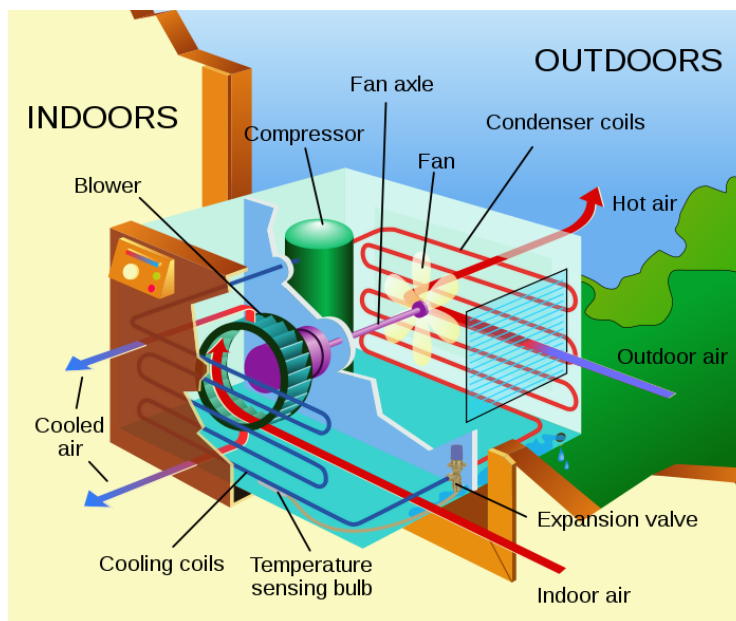
Måske har du siddet en varm sommerdag på en ferie, og glædet dig til at komme tilbage til et køligt hotelværelse, eller ind i en dejlig kold airconditioneret bil.

Denne afkølende effekt opnås ved at udnytte den kendsgerning, at det kræver energi at fordampe en væske.

Hvor meget energi afhænger af mængden af væsken, samt hvilken væske der er tale om.

For vand kræver det ca. 2240 Joule at fordampe 1 g vand.

Dvs. Hvis man har 100°C varmt flydende vand, så skal der tilføjes 2240 Joule pr. gram vand for at vandet bliver til 100°C vanddamp. Tilsvarende frigives der energi når processen går den anden vej.



En væskes kogepunkt.

Hvornår en væske fordamper, afhænger af hvilke væske der er tale om, samt lufttrykket omkring væsken.

TRICK: Din lærer kan få vand til at koge ved stuetemperatur.... Spørg ham/hende hvordan...!

I et AC anlæg er det ikke vand der anvendes som kølevæske, men derimod f.eks. glycol, da dennes kogepunkt, passer bedre med temperatur og tryk i et ac anlæg.

Princippet skitseres her, og består af 2 trin som gentages så længe anlægget er tændt.

Du kan se en video af principperne her :

<https://koeleteknik.dk/media/1511/animation-af-koel.gif>

Trin 1.

For at opnå en afkøling, suges kølevæske ind i et kammer med lavt tryk. Hermed fordamper væsken og bliver til en gas. For at fordampe, må gassen optage energi fra omgivelserne. Derved bliver kammeret koldt på ydersiden. Dette er anlæggets kolde side.

Da kold luft kan indeholde mindre vand end varm luft, dannes der også kondensvand. Derfor vil du opleve at et AC anlæg drypper med vand. Det er ikke en utæthed i systemet, bare kondenseret vand fra luften.

Trin 2.

Gassen ledes nu videre, og bliver med hjælp fra en kompressor trykket sammen, så der opstår et højt tryk. Derved fortættes gassen og bliver igen til en væske. Denne proces skaber varme. Denne varme ledes væk, enten til omgivelserne på ydersiden af en bil/hus. Dette er anlæggets varme side. Alternativt kan denne varme udnyttets til opvarmning af andet der kræver opvarmning. F.eks. varmt brugsvand i husholdningen.

Her kan du læse mere.

Dansk byggeri's vejledning.

[https://byggeriogenergi.dk/media/1378/den lille blaa om ventilation low.pdf](https://byggeriogenergi.dk/media/1378/den_lille_blaa_om_ventilation_low.pdf)

Indeklimaet i skolerne.

<https://www.foa.dk/~media/C11147E6996B45C0B31A6C77D29C0836.ashx>

DGBN certifikatet.

<https://www.dk-gbc.dk/dgnb/certificering/soelv-guld-og-platin/>

Animation af køleanlæg.

<https://koeleteknik.dk/media/1511/animation-af-koel.gif>