



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

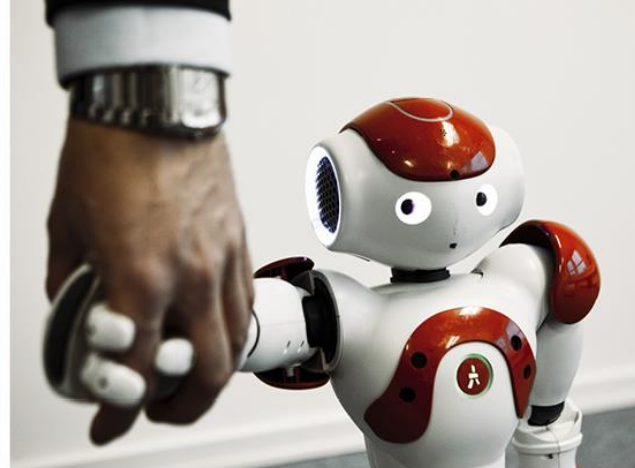
# Indeklima i skoler – fra udfordringer til løsninger

14. november 2017

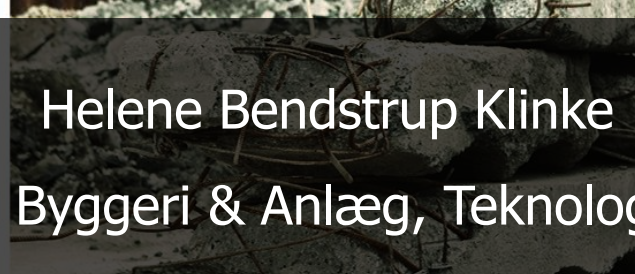
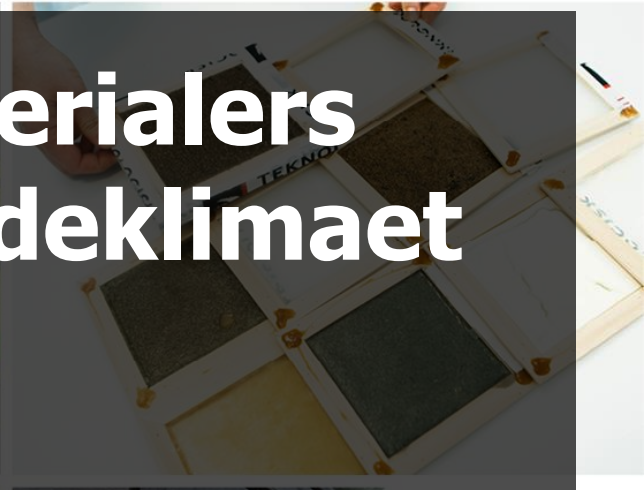
it's all about innovation







# Kan inventar og materialers afgasninger påvirke indeklimaet på skolerne?



Helene Bendstrup Klinke  
Indeklima, Byggeri & Anlæg, Teknologisk Institut



# Kan inventar og materialers afgasninger påvirke indeklimaet på skolerne?



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

- Parametre luftkvalitet
- Klasseværelset og andre rum
- Inventar og materialer
- Undersøgelser af skolers luftkvalitet
- Kemiske stoffer i materialer
- Grænseværdier for stoffer i indeklimaet
- Afgasning materialer
- Mærkningsordninger
- Udfordringer – afgasning fra materialer

# Parametre luftkvalitet

## Materialers afgangning til indeklimaet

- Flygtige stoffer (VOC), formaldehyd, ammoniak m.fl.

## Mennesker

- Bioeffluenter: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, flygtige stoffer (VOC) m.fl.

## Fysiske forhold

- Ventilation/luftskifte (Påvirkning af udeluften - filtre?)
- Temperatur
- Fugt
- Partikler
- Lyd & Lys

*DS/EN 15251:2007 Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*



# Klasseværelset med elever/lærer



# Kontorarbejdsplads lærere



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

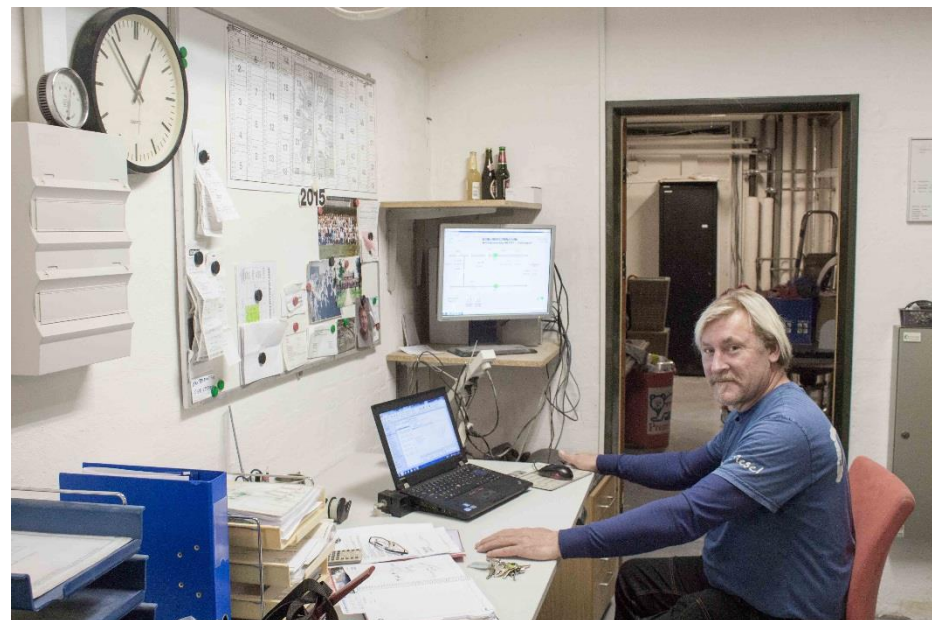




# Skolens kontorer



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



# Inventar og materialer

- Byggematerialer: Gulv, væg, loft, vinduer, malinger, lakker mm.
- Inventar: Møbler, stole, borde, reoler, tavler mm.
- Installationer: Lamper mm.
- Boligtekstiler: Gardiner, polstring af møbler mm.
- *Forbrugerprodukter: Elektronik, printere, personlig pleje, skoleartikler, tøj*
- *Rengøringsmidler*





# Gulv-materialer

- Beton
- Klinker
- Linoleum
- Vinyl
- Gummi
- Tæpper
- Træ



## Overfladebehandling

- Bonevoks
- Olie
- Lakker

## Rengøringsmidler



# Væg- og loftsmaterialer



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Basismaterialer

- Mineraluld
- Beton
- Gips
- Træ
- Plast
- Kompositter



## Overfladebehandling (nybyg og renovering)

- Fuge/Spartelmasser
- Tapet + klæber
- Filt + klæber og fylder
- Maling



Isoleringsmaterialer (EPS, mineraluld, træfiber, papiruld m.fl.)



# Flere undersøgelser påpeger problem med skolers luftkvalitet

## EU

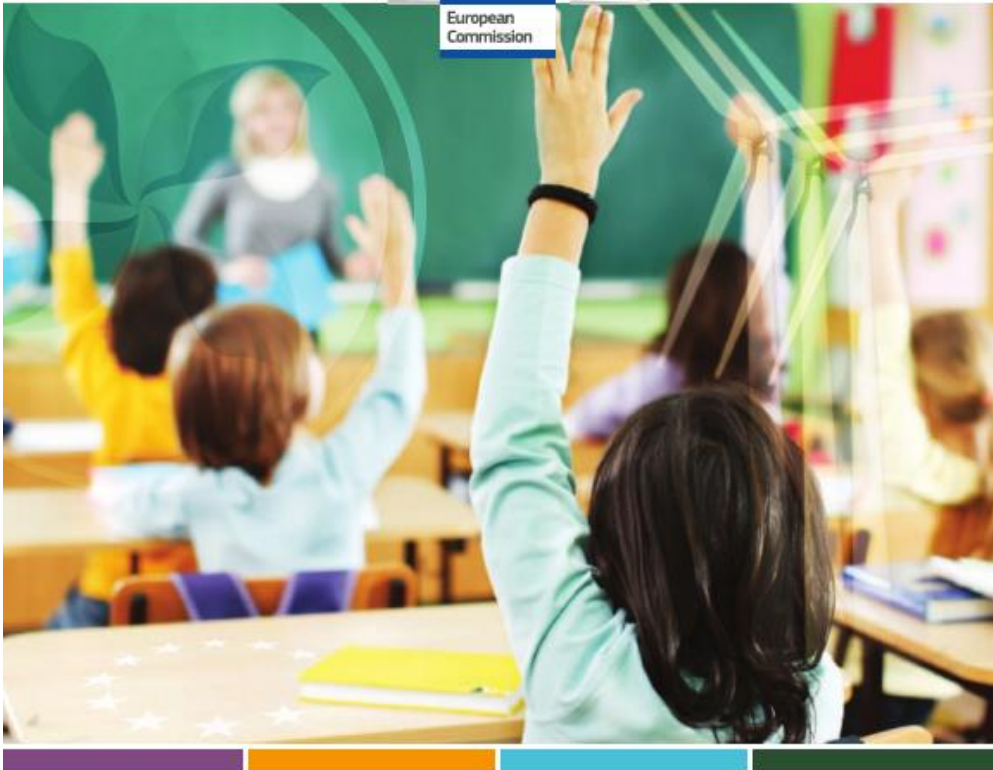
- Danske skoler (RealDania 2015-2016)
- Skoler i Frankrig (MERMAID & 6 cities study)
- Offentlige bygninger inkl. skoler (AIRMEX 2003-2008)

## Andre undersøgelser:

- Kontorer i EU (OFFICEAIR projektet)
- USA: 34 Børnehaver

Symptomer: Irriterede slimhinder, hyppighed af astma og allergi, koncentrationsbesvær og træthed

*Ingen kobling til inventar og materialer med de målte flygtige stoffer.  
Ikke alle flygtige stoffer er målt.*



JA!

Materialer påvirker  
indeklimaet:

- Byggematerialer
- Møbler
- Produkter anvendt i undervisningen
- Rengøringsmidler

*Måling på stikprøver*

## SINPHONIE Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe

*Final Report*





# Kemiske stoffer i materialer

Hvad er det for nogle stoffer vi skal undgå?

- Sundhedsskadelige stoffer
  - Kræftfremkaldende (Carc)
  - Mutagene (Muta)
  - Reprotoxiske (Rep)
  - Organtoksiske (STOT)

- Biocider

Konserveringsmidler i malinger, tekstiler mm. kan være allergifremkaldende



Tilsat materialerne for at opnå tekniske egenskaber!!

# Grænseværdier for stoffer i indeklimaet

Generelle grænseværdier:

- Verdenssundhedsorganisationen (WHO)
- USA: Californien proposition 65

Byggevarer og bygninger:

- EU-Liste flygtige stoffer "Lowest concentration of interest" (LCI)
- Frankrig (ANSES)
- Tyskland (AgBB)

*Eksempel: Formaldehyd har forskellige grænseværdier*

- *100 ug/m<sup>3</sup> (WHO: EU-LCI liste, Dansk BR, Tyskland)*
- *30 ug/m<sup>3</sup> (Frankrig)*
- *9 ug/m<sup>3</sup> (Californien prop. 65, USA)*



# “Materialebelastning” i et klasseværelse

- Materialebelastning:  $L = \text{Overfladeareal} / \text{Rumvolumen}$
- Bygning (gulv, loft, vægge):  $L = 1,1 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Møbler (stole, borde, reoler, tavler):  $L = 0,6 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Materialebelastning i alt:  $1,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Møbler udgør 1/3 af materialebelastningen i et klasseværelse!

# Koncentration af flygtige stoffer afhænger af luftskifte pr. time (n)

- Eksempel: Formaldehydafgasning på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$  fra hvert materiale

Materialer	$n=3,6 \text{ h}^{-1}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$n=0,5 \text{ h}^{-1}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Byggevarer	3	23
Møbler	2	13
Sum af materialer	5	36

- Koncentrationen er en faktor 7 højere ved et luftskifte  $n=0,5 \text{ h}^{-1}$  der svarer til klasseværelser uden mekanisk ventilation

$36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  formaldehyd er under WHO's grænse på  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Men er over grænsen i henhold til fransk lov (max.  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) og californisk lov (max.  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

# Personbelastning øger afgasning fra materialer?

- En person afgiver cirka 100 Watt varme samt H<sub>2</sub>O
- Resultat: Temperaturen og luftfugtigheden stiger
- Fysisk kemi: Damptrykket af flygtige stoffer stiger med temperaturen
- Ved høj luftfugtighed øges afgasning af aldehyderne formaldehyd og hexanal fra MDF-plader

Afgasningen af flygtige stoffer fra materialer kan stige som resultat af "personbelastning"

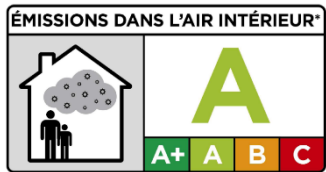


# MÆRKER: Indeklima ≠ Miljø

Stor forskel på kravene til indeklima og miljø



## Produkter



## Bygninger



# Indeklimamærkninger - forskelle



	M1	DICL	GUT	Bl Engel
Formaldehyd	✓	✓	✓	✓
Flygtige stoffer VOC	✓	(✓)	✓	✓
TVOC	✓	-	✓	✓
Carcinogene	✓	✓	✓	✓
Ammoniak	✓	(✓)	-	(✓)
<b>Lugt*</b>	✓	✓	✓	-
Fibre og partikler	-	✓	-	-

- \*Uacceptabel lugt kan ikke altid måles ved kemisk analyse – her anvendes et dommerpanel med rigtige mennesker

# Udfordringer ved genbrug og udvikling af nye materialer

Tilsætning af kemikalier ofte nødvendigt for at overholde tekniske krav i produktstandarder ex. inventar og byggematerialer

Ideelle materialer lever op til kravene

- Teknisk ydeevne og lovkrav
- Miljø og sundhed
- Bæredygtighed

Cirkulær økonomi

- Genbrug - Ikke affald





# Udfordringer

- Ingen grænseværdier for flygtige stoffer (VOC) i indeklimaet i skoler
- Ingen krav til indeklima/lav afgangning indkøb af materialer:
  - Byggevarer, inventar og møbler
  - Miljømærke er IKKE et indeklimatemærke
- Indeklima
  - BR krav til tæthed af byggeri
  - Ventilation – mennesker og materialer
- Nye materialer – CØ genbrugsprodukter?

**HUSK 😊 😊 Indeklima-venlige materialer 😊 😊**



# Spørgsmål?



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

Træ og Miljø  
Byggeri og Anlæg

## Indeklima

Hvad gør materialerne ved indeklimaet og helbredet?

Emissionslaboratoriet tester afgasning af stoffer fra materialer



TEKNOLOGISK  
INSTITUT