



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

# Bæredygtige materialer – og godt indeklima

Indeklimaets Temadag, 31. maj 2022

Lise Lyngfelt Molander og Thomas Witterseh



# OM OS – BYGNINGER & MILJØ

---



- Vi udvikler nye strategier og værktøjer for bæredygtighed og cirkulær økonomi
- Vi hjælper med vurdering af konstruktionernes tilstand og teknisk kvalitet, herunder fugt, skimmel og skadelige stoffer
- Vi hjælper med at sikre indeklima og arbejdsmiljø
- Vi leverer miljø- og ressourcekortlægninger, herunder vurdering af byggematerialernes tekniske kvalitet og potentiale for genbrug og genanvendelse
- Vi leverer miljøvurderinger (EPD) og LCA
- Vi hjælper med udvikling og dokumentation af cirkulære/bæredygtige byggematerialer



# Agenda

- Hvad er bæredygtighed og cirkulær økonomi?
- Materialevalg, indeklima og Frivillig Bæredygtighedsklasse



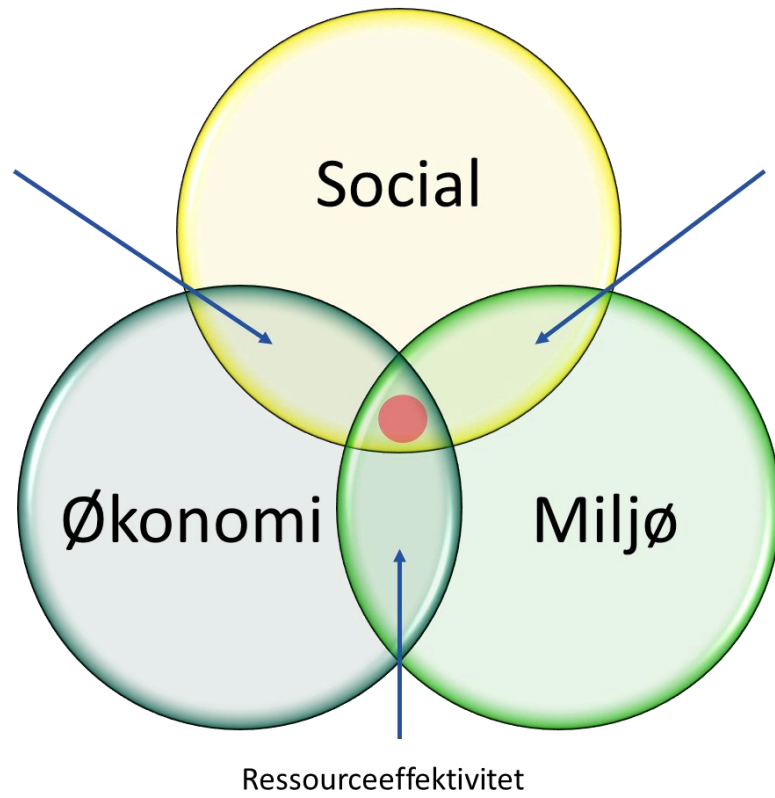


Bæredygtighed, Cirkulær  
økonomi og  
genbrug/genanvendelse  
på ca 5 min



Forretningsetik

Miljømæssig  
retfærdighed



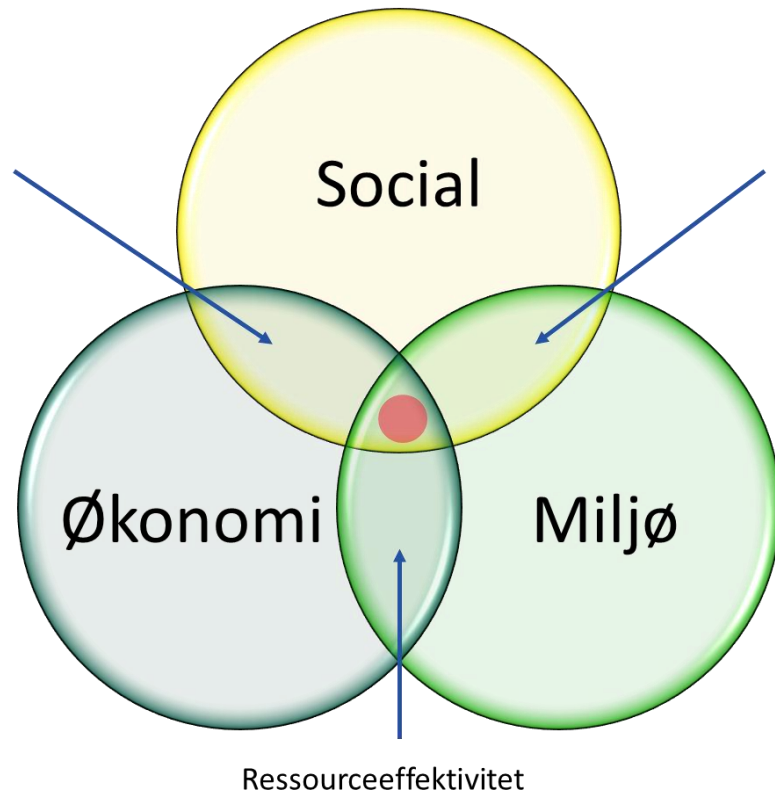
Ressourceeffektivitet

**Udvikling, der møder  
nutidens behov uden at  
kompromittere fremtidige  
generationers mulighed  
for at tilfredsstille deres**

Our common Future – UN  
Brundtland rapporten 1987



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**



## De 8 mål (primært fokus på u-lande)

- **1. Fattigdom og sult**
  - Andelen af mennesker, som lever for mindre end én dollar om dagen, skal halveres senest i 2015.
  - Andelen af mennesker, som lever med hungersnød, skal halveres senest i 2015.
- **2. Uddannelse**
  - Alle børn skal i 2015 have adgang til en grundskoleuddannelse.
- **3. Ligestilling og kvinders rettigheder**
  - Der skal være lige adgang for piger og drenge til grundskoleuddannelsen inden 2005 og på alle uddannelsesniveauer inden 2015.
- **4. Børnedødelighed**
  - Dødeligheden blandt børn under fem år skal nedbringes med to tredjedele inden 2015.
- **5. Mødredødelighed**
  - Dødeligheden blandt mødre og gravide kvinder skal reduceres med tre fjerdedele inden 2015.
- **6. Sygdomme**
  - Den stigende udbredelse af HIV/AIDS, malaria og andre sygdomme skal standses inden 2015.
- **7. Bæredygtig udvikling**
  - Andelen af mennesker uden adgang til rent drikkevand skal halveres inden 2015.
  - Levevilkårene skal inden 2020 væsentligt forbedres for mindst 100 millioner mennesker, der lever i slumområder.
- **8. Globalt partnerskab for udvikling**
  - Der skal sikres øget udviklingsbistand, retfærdige handelsregler og gældslettelse for udviklingslandene.

Udvikling, der møder  
nutidens behov uden at  
kompromittere fremtidige  
generationers mulighed  
for at tilfredsstille deres

Ressourceeffektivitet

Millennium Development  
Goals – UN



## De 8 mål (primært fokus på u-lande)

- **1. Fattigdom og sult**
- Andelen af mennesker, som lever for mindre end én dollar om dagen, skal halveres senest i 2015.
- Andelen af mennesker, som lever med hungersnød, skal halveres senest i 2015.
- **2. Uddannelse**
- Alle børn skal i 2015 have adgang til en grundskoleuddannelse.
- **3. Ligestilling og kvinders rettigheder**
- Der skal være lige adgang for piger og drenge til grundskoleuddannelsen inden 2005 og på alle uddannelsesniveauer inden 2015.
- **4. Børnedødelighed**
- Dødeligheden blandt børn under fem år skal nedbringes med to tredjedele inden 2015.
- **5. Mødredødelighed**
- Dødeligheden blandt kvinder under 15 år skal reduceres med tre fjerdedele inden 2015.



og andre sygdomme skal standses inden 2015.

urent vand skal halveres inden 2015.

Der skal være adgang til grundskoleuddannelse for mindst 100 millioner mennesker, der lever i slumområder.

Der skal være adgang til grundskoleuddannelse for alle børn og unge. Der skal være adgang til handel og handelsregler og gældslettelse for udviklingslandene.

SDG's– UN 2015  
Verdensmålene



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



# Miljømæssige aspekt af bæredygtighed i byggeriet er....

Reduktion af forbrug af vand, el og varme

Reduktion af forbrug af kemikalier

Reduktion af forbrug af materialer og affald

Reduktion af CO<sub>2</sub>

Men også positive indvirkninger som,

Grønne regnvandsløsninger

Genbrug af vand (kaskader) og materialer

Grønne vægge og tage, der tilbageholder regnvand og fastholder CO<sub>2</sub>

Bygninger der genere grøn strøm og varme







# Økonomiske aspekt af bæredygtighed i byggeriet er....

Totaløkonomi:

Indtægter ved produceret el og varme

En bygnings levetidsomkostninger set over hele dens levetid

Udgifter til anlæg og opførelse

...Og meget mere

Udgifter til vedligehold og udskiftning

Udgifter til forbrug af vand og energi

Udgifter til rengøring og renhold





# Sociale aspekt af bæredygtighed i byggeriet er....

## **Godt indeklima**

Godt arbejdsmiljø i alle led i værdikæden

Pæne omgivelser, der fremmer trivsel

Praktikpladser til flygtninge og lærlinge – i alle led i værdikæden

**Komfort og velvære i bygningen og omkring bygningen**

**Tilgængelighed**

Frihed til fagforeninger

Løn og arbejdstager rettigheder

Migrations arbejdere (modern slavery act)

Ligestilling og diversitet

Børnearbejde

Korruption

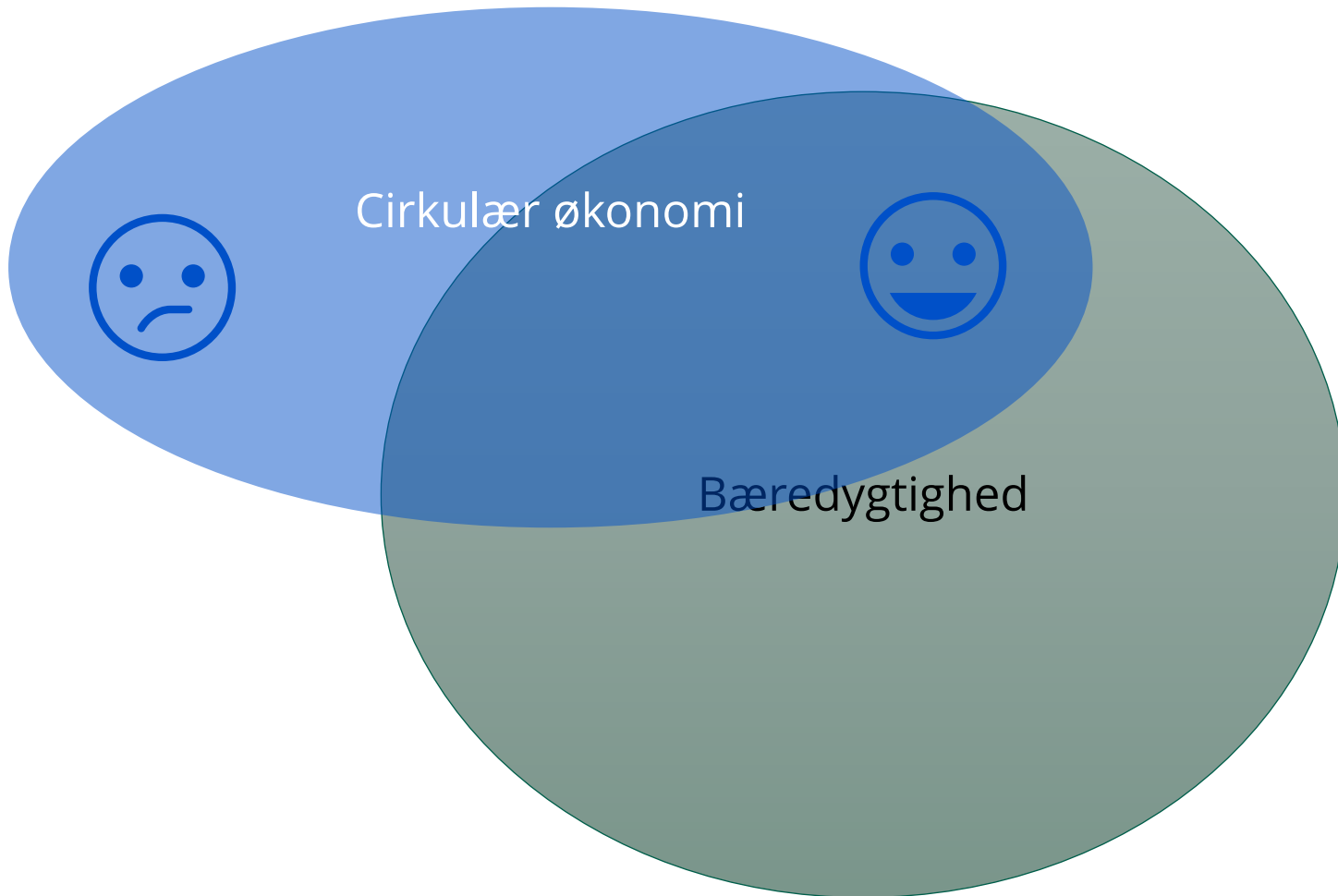
...Og meget mere

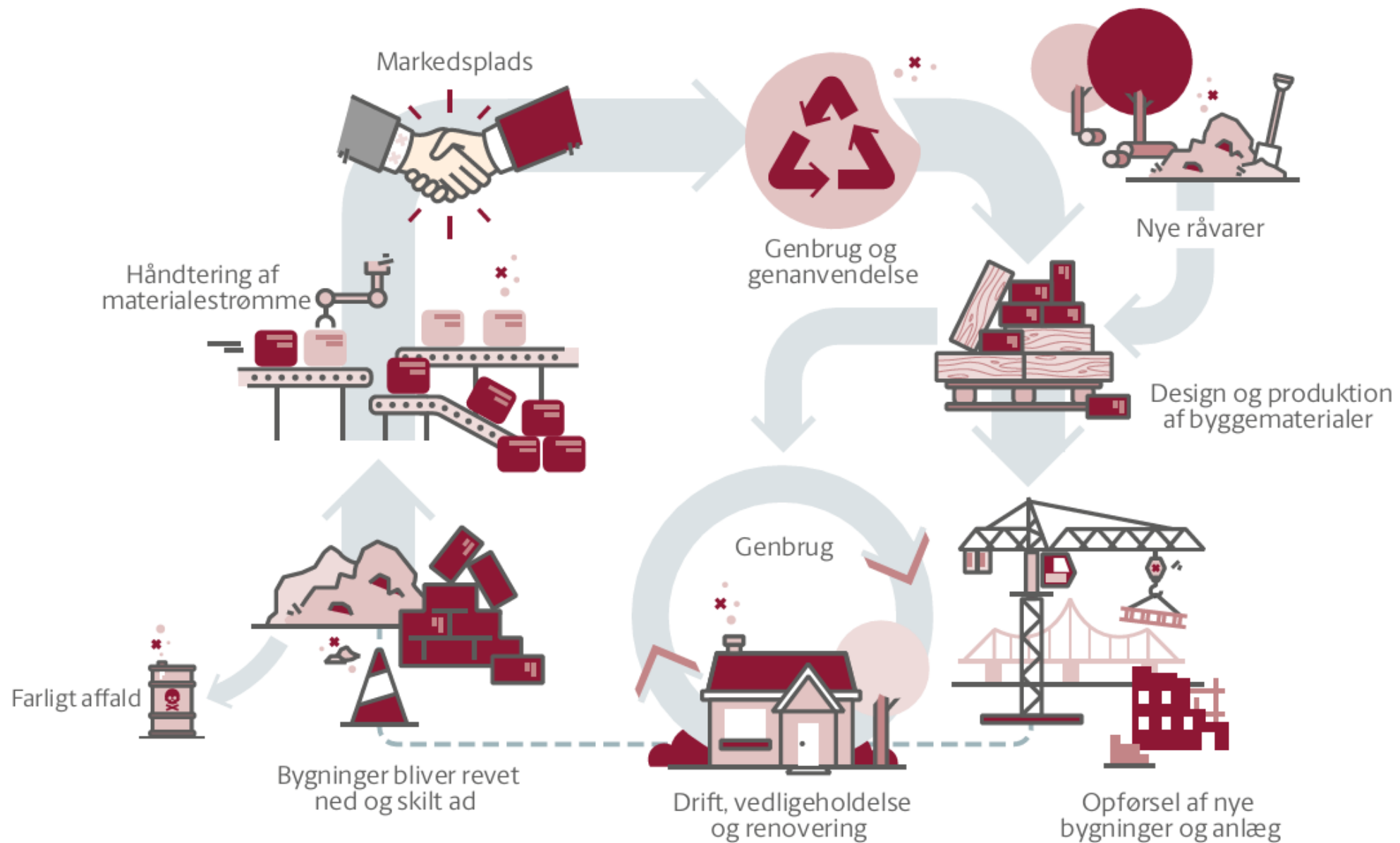


# Også er der lige det der cirkulær økonomi

Hvordan passer det ind i en bæredygtig dagsorden?



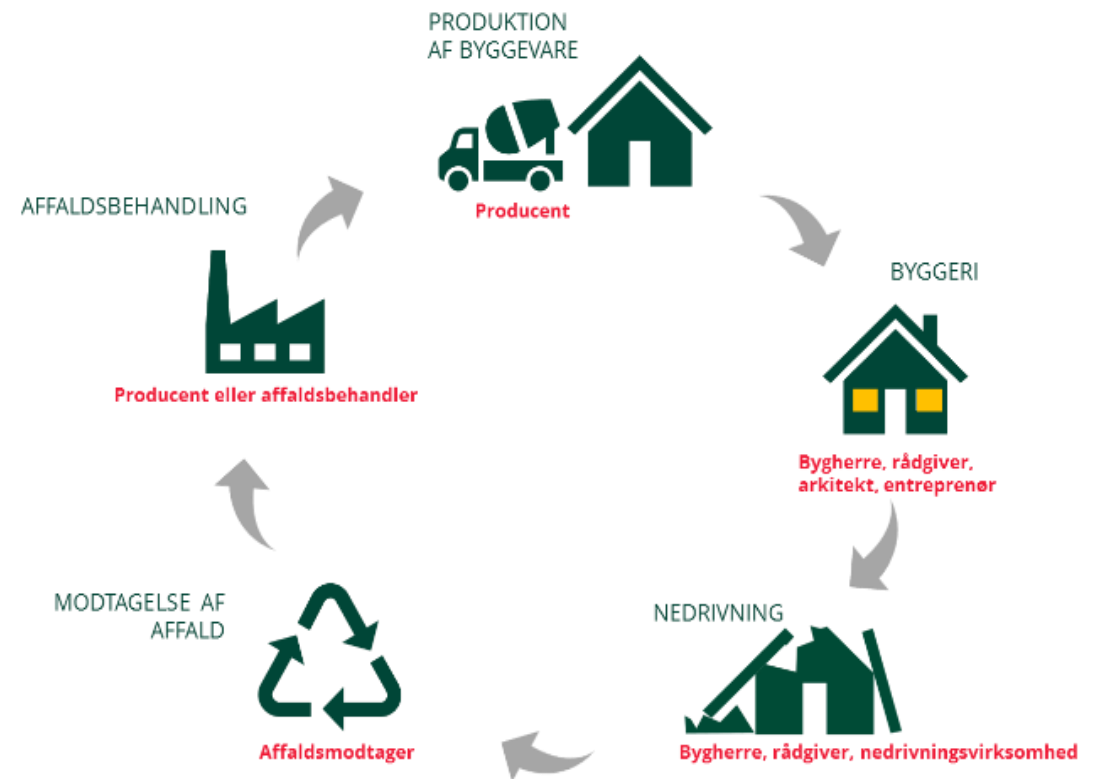






# Genanvendelse

- Ved genanvendelse anvendes affaldet i nedknust eller neddelt form i en ny produktion.
- Det ny producerede produkt kan enten være samme produkt som oprindeligt eller et helt andet produkt.





## Forberedelse til genbrug

- Ved forberedelse til genbrug anvendes byggekomponenter i samme form i et nyt projekt/byggeri.
- Der foregår derved ikke nogen ny produktion af et byggematerialer, og det vil være nødvendigt, at der foretages en afrensning og istandsættelse af komponenterne, og der vil være et tab af materialer i denne proces.





## Direkte genbrug

- Ved direkte genbrug er det muligt at afsætte komponenterne til direkte brug igen.
- Ofte vil genbrugsmaterialerne igennem en genbrugsforhandler, men nogle gange vil det være muligt at afsætte direkte fra et nedrivningsprojekt til et nyt byggeprojekt..







Foto fra Genbyg.dk

- Byggeaffald bliver først en ressource, når der er en efterspørgsel
- Uden efterspørgsel forbliver materialerne affald
- Afsætning er en grundlæggende forudsætning for økonomien





# Udfordring med problematiske stoffer i byggeri i forhold til indeklima





# Hvad bliver der undersøgt for i dag?

- **De almindeligt forekommende**

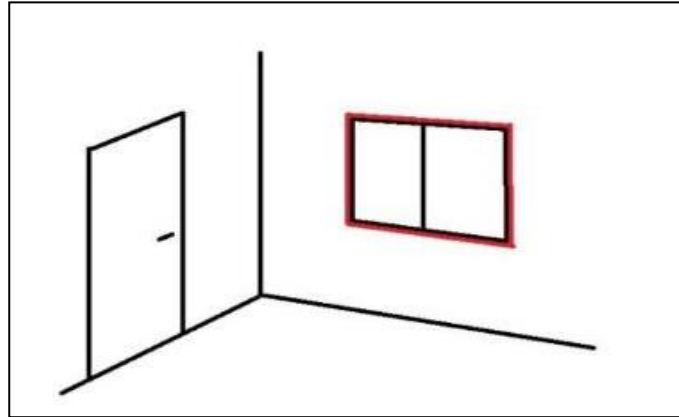
- PCB
- Klorparaffiner (KP)
- Asbest
- PAH'er (tjærestoffer)
- Tungmetaller

- **Andre**

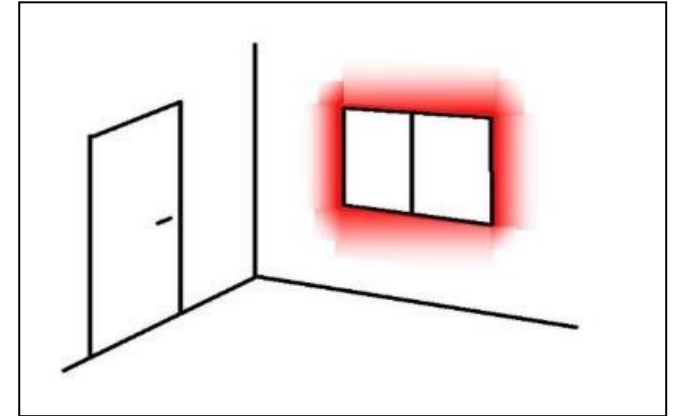
- Kulbrinter (olie, benzin m.v.)
- Bromerede flammehæmmere
- Blødgørere phtalater
- Specifikke stoffer som følge af bygningshistorik
- Og liste bliver kun længere



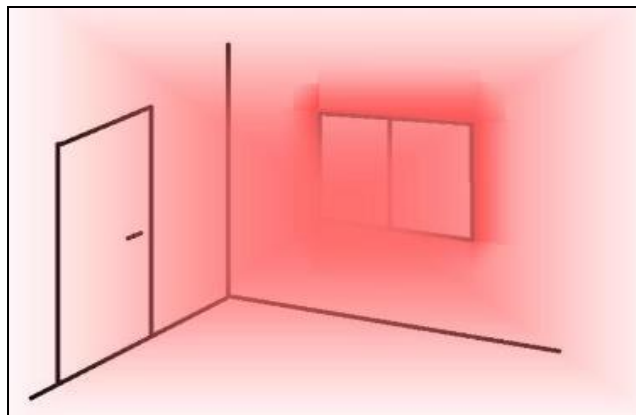
# Spredning af PCB



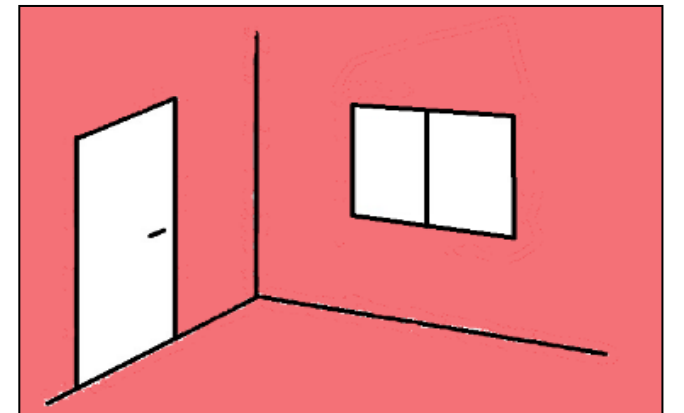
Primær PCB-kilde



Diffusion til tilstødende materialer – sekundær kilde



Emission til indeluft




Sorption til overflader i bygningern – tertiære kilder



# Udfordringer med dokumentation og sporbarhed af genbrugte/genanvendte/recirkulerede materialer

- Manglende sikring af indhold af uønskede kemiske stoffer
- Risiko for blandede fraktioner – fx rene materialer og PCB forurenede materialer blandes
- Manglede dokumentation for hvor materialerne ender henne – især når de sendes til oparbejdning eller recirkulering uden for DK og især uden for EU



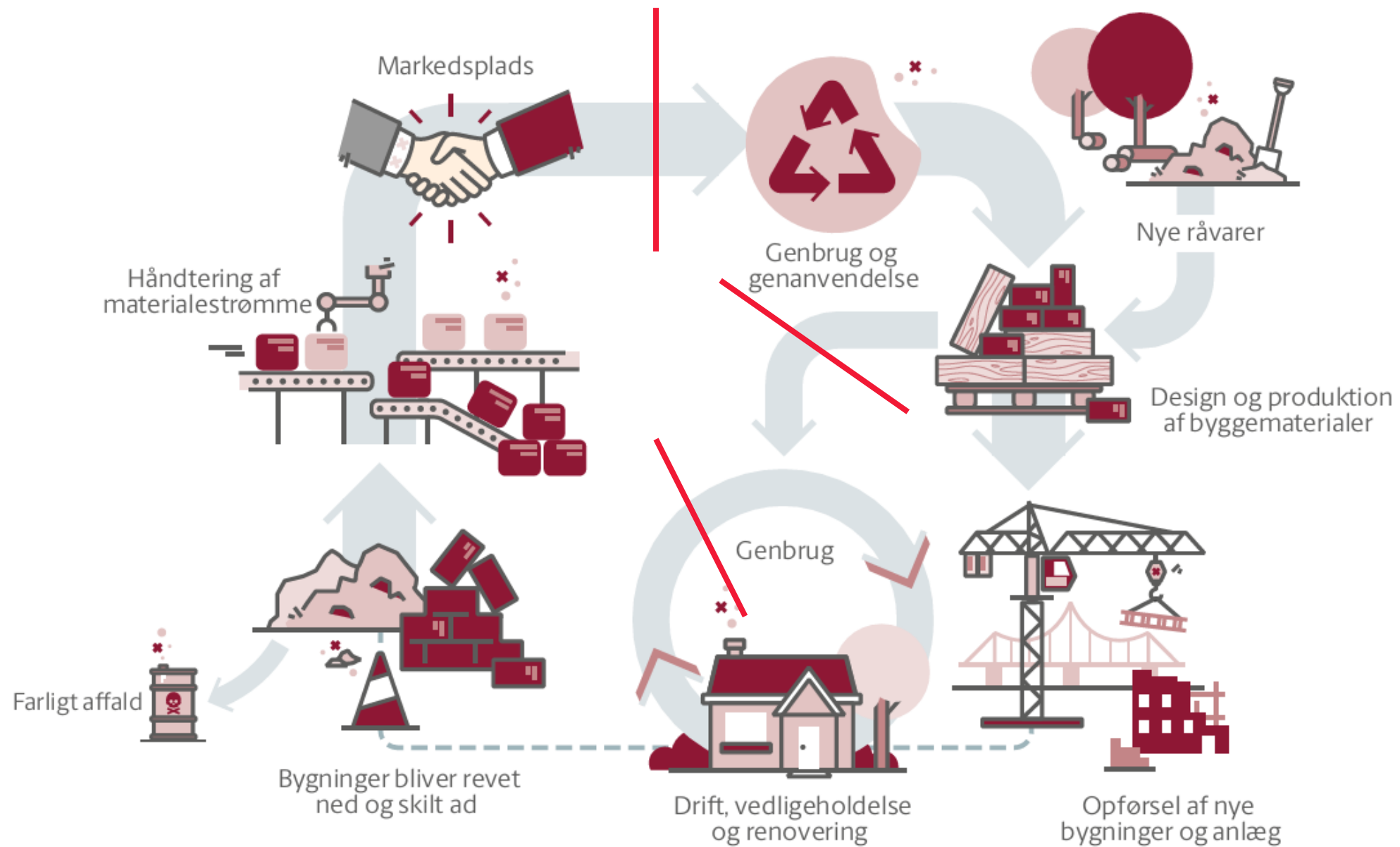


# Udfordringen er 2 fold – nybyg og renoveringer

- Nybyg- ubekendte
  - Ved ikke altid hvad der er bygget med
  - Kender ikke drifts- og vedligeholdelsesplan
  - Planlagte renoveringer
  - Brug af kendte stoffer, der på sigt ændre klassificering ved ny viden
- Renoveringer - ubekendte
  - Hvad er der bygget med
  - Hvad er der renoveret med
  - Og hvor
  - Og hvornår
  - Og hvor mange gange

Løsning er bedre dokumentation gennem hele bygningens levetid





**CIRKULÆRT FLOW**  
DOKUMENTATION OG  
SPORBARHED SKAL  
VÆRE TIL STEDE I HELE  
VÆRDIKÆDEN

**MATERIALEPAS**  
Indbygning af information om  
nye byggematerialer, inkl.  
genbrugte og genanvendte  
byggematerialer



**Produkt - Identifikation**  
**Produkt - Information**

**BYGNINGSPAS**  
Indbygning af information om  
anvendte byggematerialer  
Nybyggeri og renovering  
Drift og vedligehold

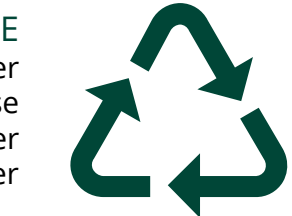


**Bygnings - Identifikation**  
**Bygnings - Information**

**MILJØ OG  
RESSOURCEKORTLÆGNING**  
Kortlægning af information til brug  
for markedsplatforme  
Nedrivning



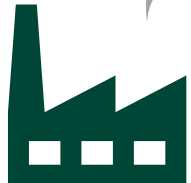
**Ressource - Identifikation**  
**Ressource - Information**



**MARKEDSPLATFORME**  
Køb og salg af byggematerialer  
til genbrug og genanvendelse  
Opbevaring af materialer  
Samling af materialer

**Ressource - Identifikation**  
**Ressource - Information**

**AFFALDSBEHANDLING**  
Bearbejdning af affald til  
genbrug eller genanvendelse



**Sekundært råmateriale - Identifikation**  
**Sekundært råmateriale - Information**







# Hvorfor en frivillig bæredygtighedsklasse?

- Ambitionen er at tilbyde et **lettilgængeligt** og ensartet **grundlag** at opføre bæredygtigt byggeri efter
- Testfasen skal **modne** branchen til at bygge mere bæredygtigt
- Klassen skal gennemgå en **toårig testfase** for at indsamle erfaringer og evaluere brugen af klassen
- Alle bygherrer inviteres til at deltage i testfasen og bidrage til udviklingen af fremtidige krav til bæredygtighed



## Mere bæredygtigt byggeri med ny frivillig bæredygtighedsklasse

POLITIK | Af hal | 29. maj. 2020 KL. 11:24



Bæredygtighed ligger Boligminister Kaare Dybvad Bek på sinde. Ny bæredygtighedsklasse skal gøre tanker til virkelighed. Foto: Claus Bech.

### Boligministeren lancerer en frivillig bæredygtighedsklasse, som skal sætte skub i den grønne omstilling af byggeriet.

En ny frivillig bæredygtighedsklasse skal give branchen et enkelt og lettilgængeligt grundlag at opføre bæredygtigt byggeri efter. Det skriver Transport- og Boligministeriet i en pressemeddelelse.

Den frivillige bæredygtighedsklasse består af ni bæredygtighedskrav, hvoraf to alene retter sig mod boliger. Bæredygtighedsklassen er et redskab, som alle bygherrer kan vælge at bruge, og den kan anvendes på alle bygningstyper. Klassen er beskrevet i en vejledning, som skal ses som det praktiske værktøj, der kan hjælpe den enkelte bygherre til et mere bæredygtigt byggeri.

- Jeg er glad for at kunne lancere den frivillige bæredygtighedsklasse, som skal være med til at fremme den grønne omstilling i byggeriet. Det er således vigtigt for mig som boligminister, at vi får mere fokus på byggeriets klimaaftryk, samtidig med at der tænkes på økonomien i det enkelte projekt og de mennesker, der skal bruge bygningen, siger boligminister Kaare Dybvad Bek.

Bæredygtighedsklassen har fokus på både de anvendte byggematerialer, processer ved opførelsen, vedligeholdelse, drift og indeklima.

I en toårig periode skal den frivillige bæredygtighedsklasse testes sammen med byggebranchen, og derfor inviteres alle bygherrer nu til at afprøve klassen på konkrete byggerier. De praktiske erfaringer fra testfasen vil skabe grundlag for at indføre brug af bæredygtighedsklassen som krav i bygningsreglementet.

De bygherrer, som deltager i testfasen, får mulighed for at præsentere deres byggeprojekt i en casebank på Trafik-, Bygge- og [Boligstyrelsens nye temaside](#).



# Frivillig Bæredygtighedsklasse - FBK

- Bæredygtighedsklassens helhedsorienterede fokus på byggeriet kan give bygherre, bygningsejer og bruger værdi i form af:
  - Lavere miljø- og klimapåvirkning
  - Sundere indeklima
  - Holdbar økonomi i både opførelse og drift





# Frivillig Bæredygtighedsklasse - FBK



Livscyklusvurdering – bygningens samlede klimapåvirkning



Ressourceanvendelse på byggepladsen



Totaløkonomisk analyse – omkostninger til opførelse, drift og vedligehold



Drifts- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklimaet



Dokumentation af problematiske stoffer



Afgasninger til indeklimaet



Detaljeret eftervisning af dagslysniveauet



Støj fra ventilationssystemer i boliger



Rumakustik i boliger



# Krav i de forskellige projektfaser

Projektering



Byggefasen



Dokumentations-  
målinger og  
beregninger

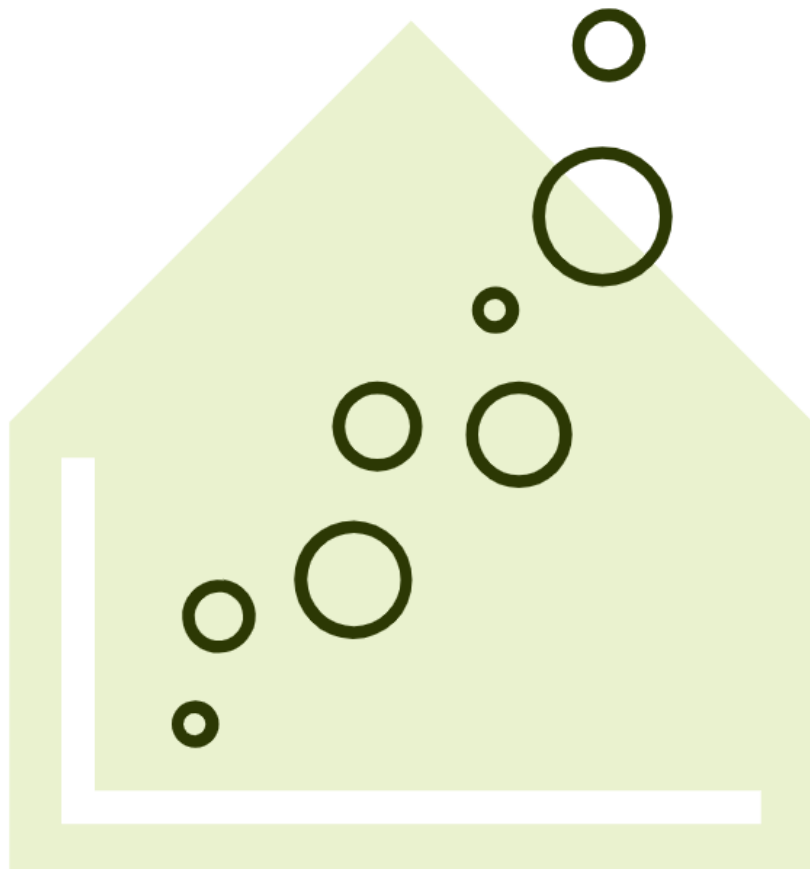
- Indledende livscyklusvurdering (LCA)
- Totaløkonomisk analyse (LCC)
- Detaljeret eftervisning af dagslysniveau

- Ressourceanvendelse på byggepladsen
- Dokumentation af problematiske stoffer
- Drift- og vedligeholdelsesplan for opretholdelse af indeklima

- **Afgasning til indeklima**
- Støj fra ventilationssystemer
- Rumakustik i boliger
- Endelig livscyklusvurdering (LCA)



# Krav til luftkvalitet i FBK

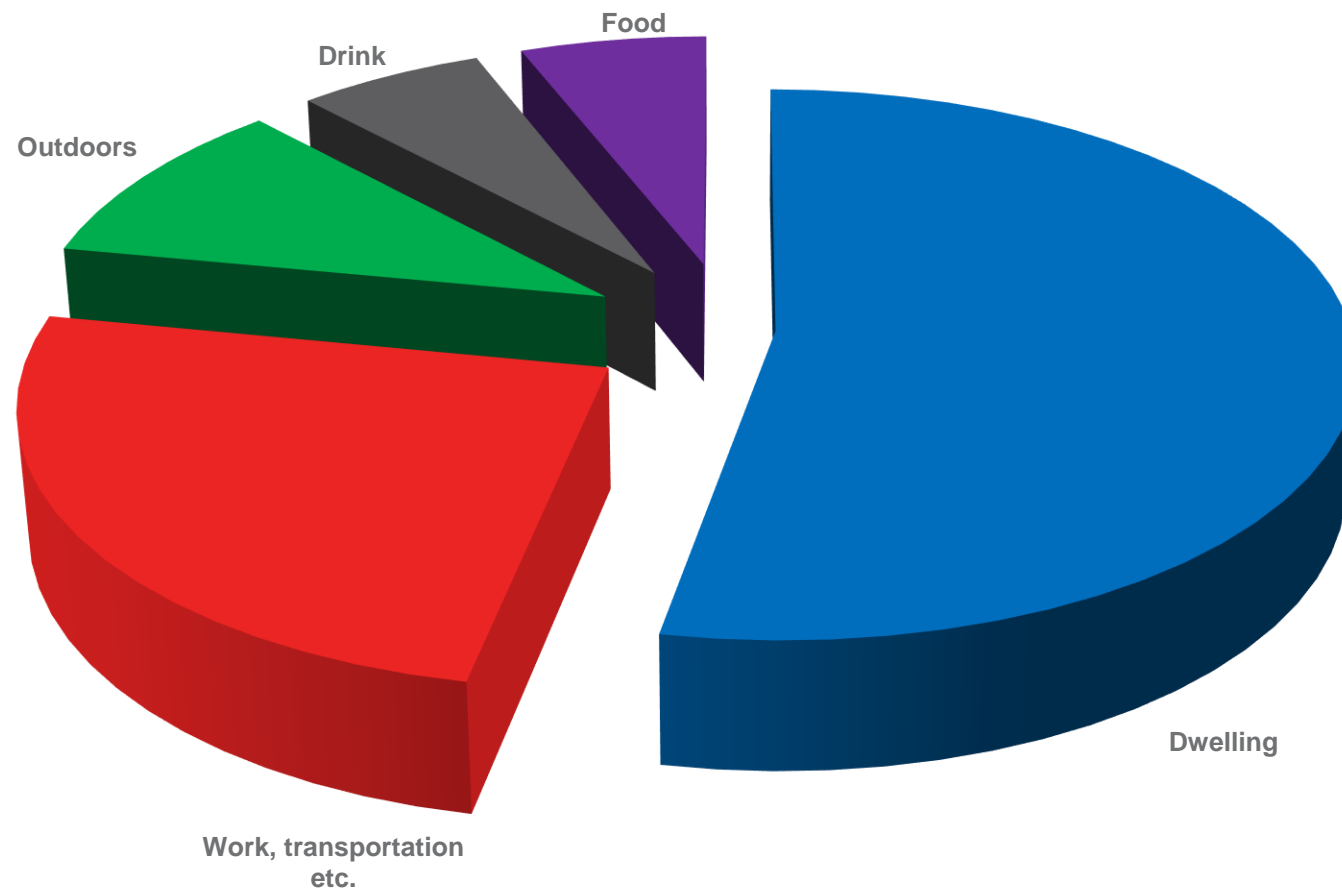


TVOC  $\leq 1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Formaldehyd  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$



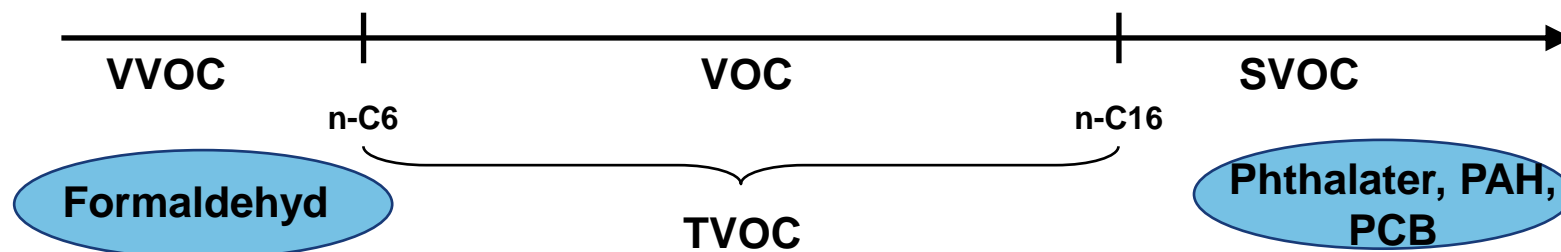
# Relativt indtag gennem et typisk liv





# Kemiske stoffer i indeluften

Volatile Organic Compounds (VOC)  
*Very* Volatile Organic Compounds (VVOOC)  
*Semi* Volatile Organic Compounds (SVOC)  
*Total* Volatile Organic Compounds (TVOC)



## Kilder

Byggematerialer  
Møbler  
Elektronisk udstyr  
Brugere og deres aktiviteter  
Rengøringsartikler  
"Luftfriskere"





# Kilder i indeklimaet

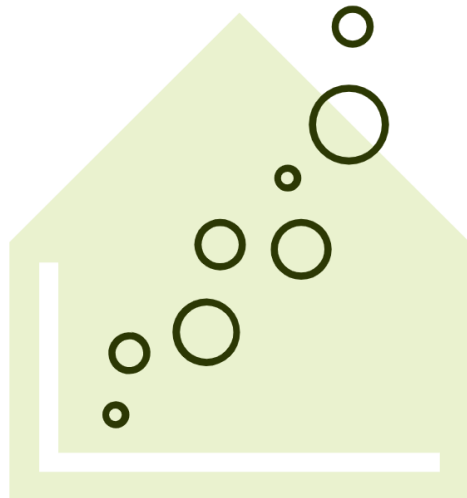


- Spartelmasse og malinger → Glykoler
- Tæpper (latex) → 4 PCH
- Linoleum → Aldehyder
- Lakker → (Formaldehyd), alkoholer, glykoler
- Spånplade, MDF mm → Formaldehyd, aldehyder, terpener
- PVC → Ftalater
- Kopimaskiner → feks ozon
- Personer → CO<sub>2</sub> + VOC
  
- 'Naturlige' materialer: linoleum, kork, træ
- Genbrugsmaterialer: gummi





# Erfaringer med kravene til luftkvalitet i FBK



Formaldehyd

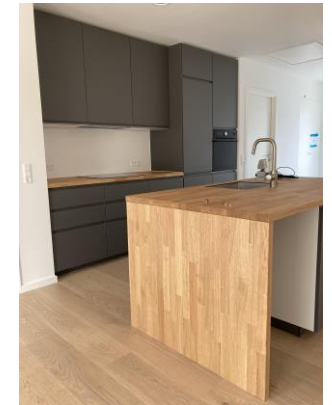
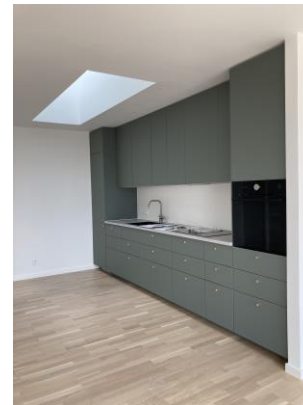
Kravet er overholdt i alle boliger i pilotfasen

TVOC

Kravet kan ikke overholdes i alle boliger i pilotfasen

Metode

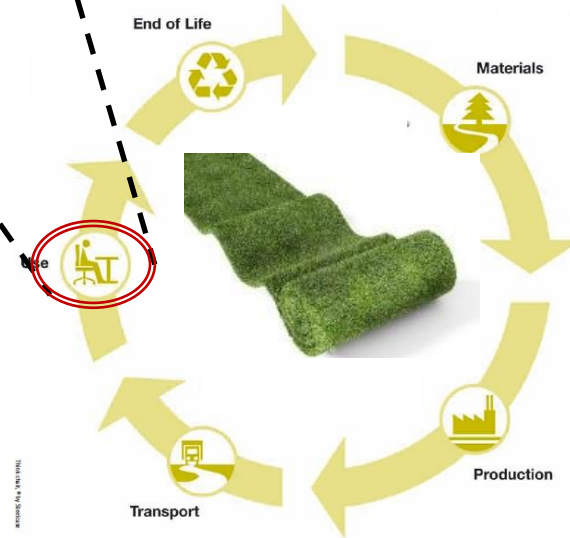
Temperatur- og ventilationsforhold før og under prøvetagning





# Materialer og luftkvalitet

Indhold  
VS  
afgasning



Babel of labels, courtesy of Däumling and Heinzow. Original painting by Peter Bruegel the Elder



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE





# Umweltbundesamt – nyt hovedkvarter



18.600 m<sup>2</sup> gummigulv



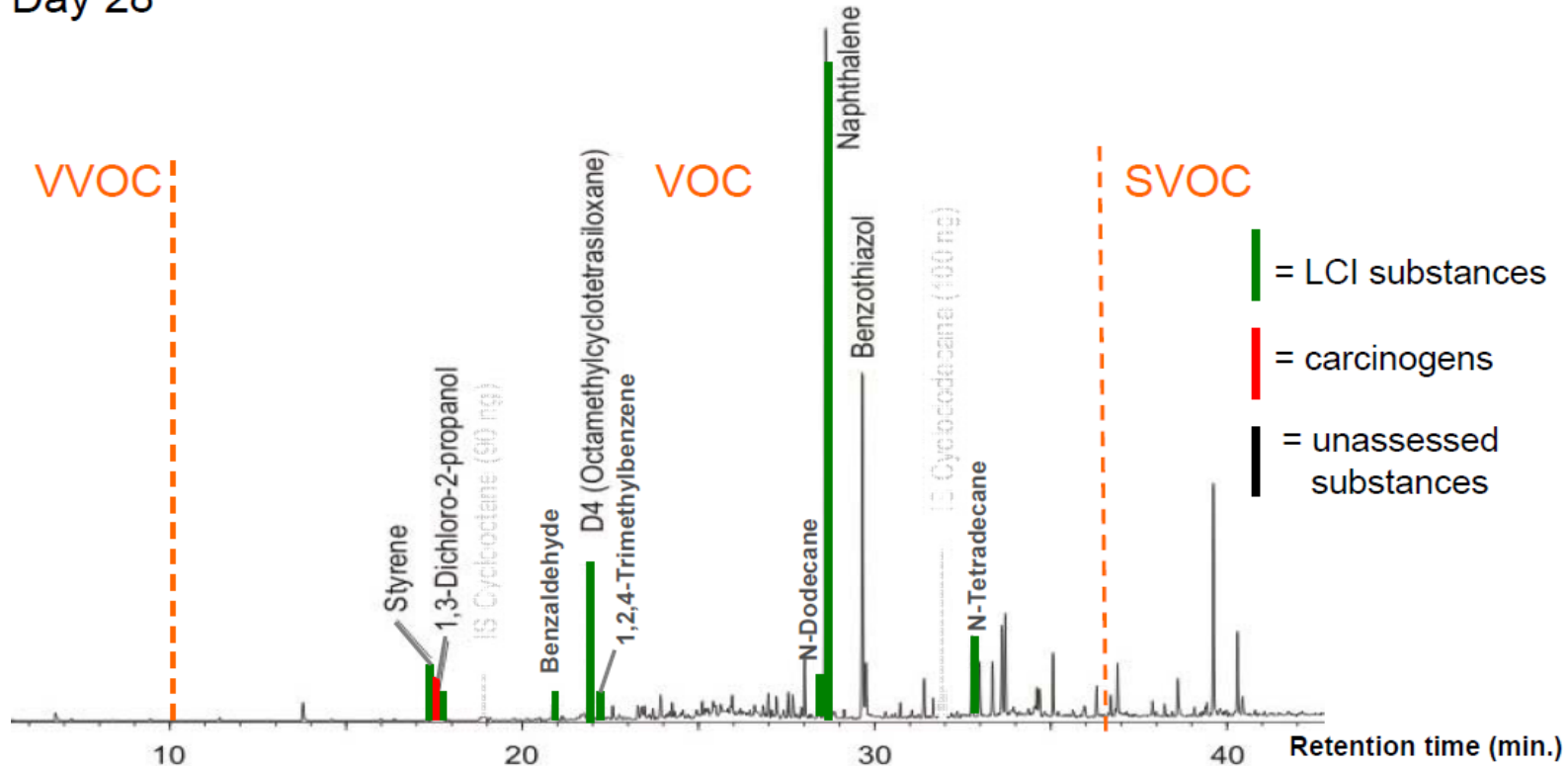
Første indikator:

Lugt

*"Only materials which respond to high health- and environment compatibility standards in regard to source, transport, manufacture use and disposal shall be used"*



Day 28



	(NIK-) limit ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Result ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Classification
1,3-Dichlor-2-propanol	$\leq 1$	<b>22</b>	<b>EU Carc. Cat. 2</b>
Naphthalene	$\leq 10$	<b>136</b>	EU Carc. Cat. 3
Non-assessables	$\leq 100$	<b>172</b>	



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

# Vælg materialer med omtanke!

Dokumentation, dokumentation, dokumentation...

