DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

INDEKLIMAETS TEMADAG 2023

PARTIKLERNE SKAL VÆK FRA INDEKLIMAET

Kik i krystalkuglen: Nye EU-regler der reducerer partikler i boligen?

Christian Grønborg Nicolaisen, ingeniør, sektionsleder, Energi og Klima, Teknologisk Institut

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Hvorfor er der krav

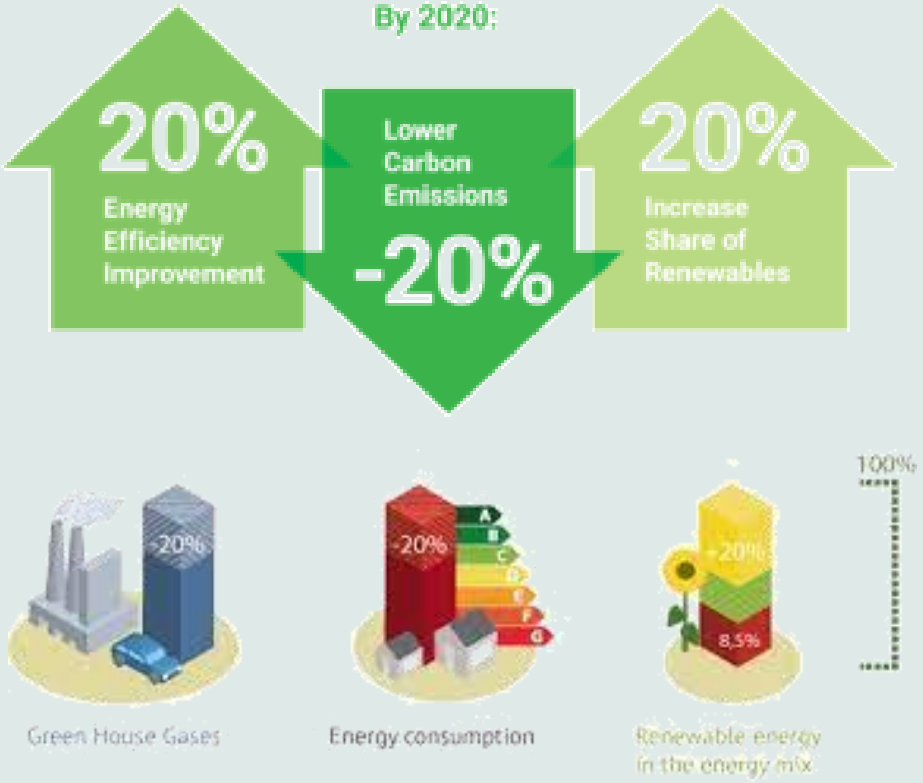
Giver det mening ?

TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

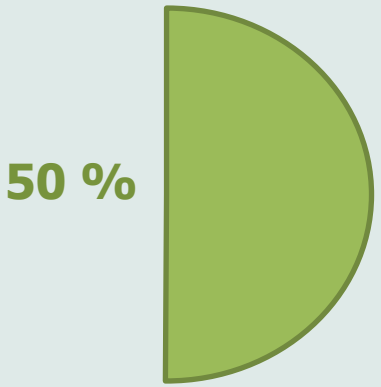
Gør den en forskel

Hvorfor er der krav



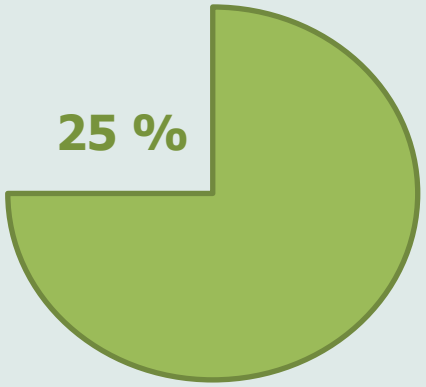
Effekten af ecodesign and energimærkning

EU 2020 målsætning
20% energi effektivitet



50% fra ecodesign og energimærkning

EU 2020 målsætning
20 % CO2 besparelser



25% fra ecodesign og energimærkning

TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

Gør den en forskel

2020

Italiens energiforbrug

2030

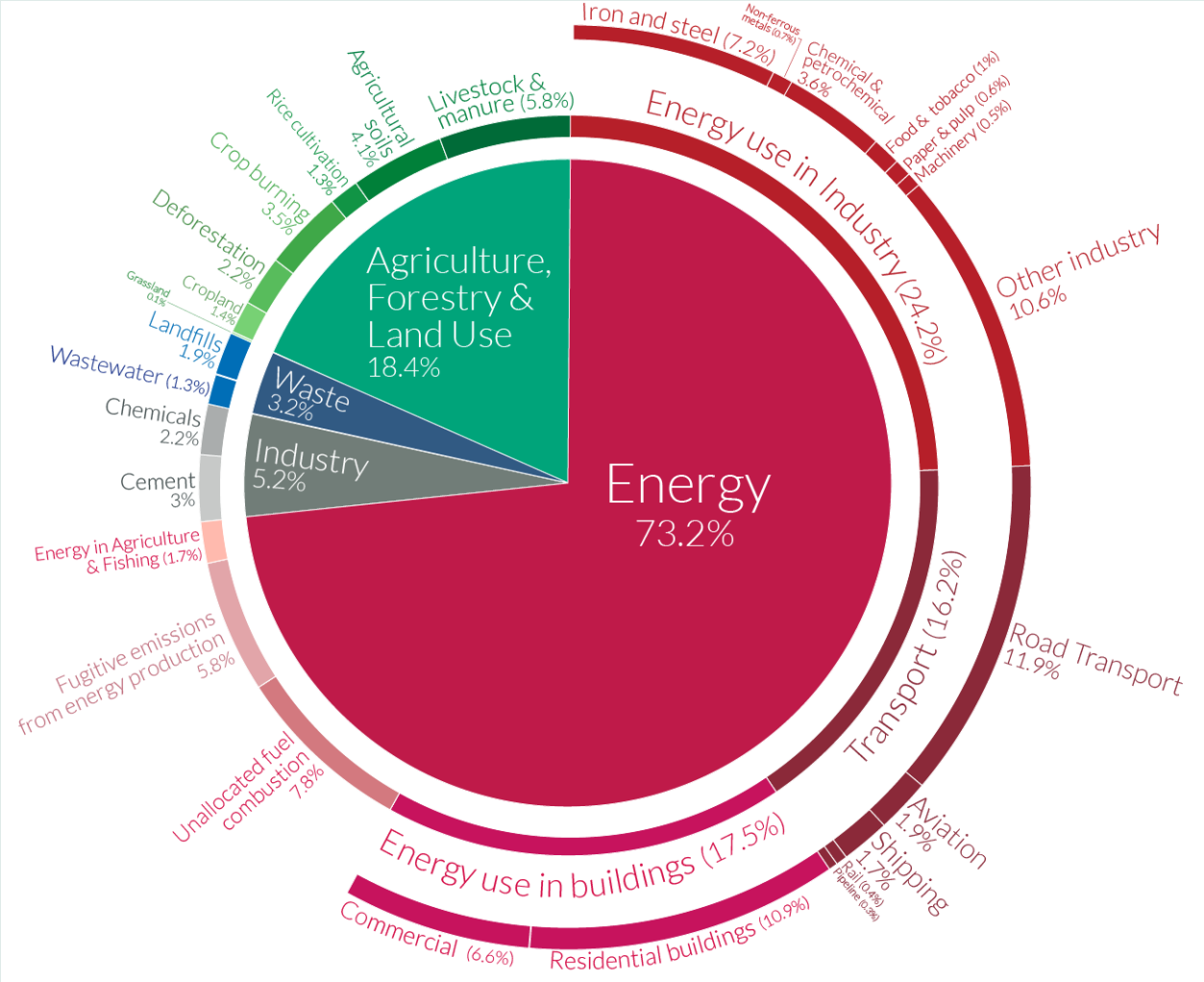
Italien og Sveriges energi forbrug

TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

Hvorfor skal vi have flere krav?

Globale drivhusgasudledninger fordelt på sektorer



Kilde: Our World in Data,
Emissions by sector - Our World in Data

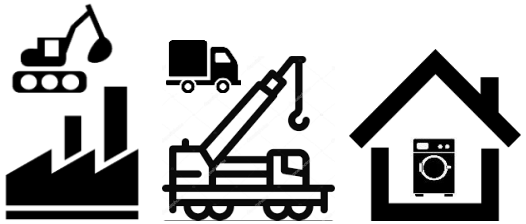
TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

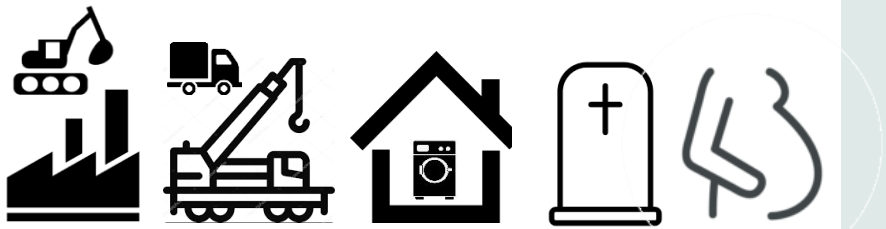
Hvad resultere det i? – Pres fra lovgiver

FØR
FRA ENERGI I BRUGSFASEN

IND TIL NU
TIL CO2 EMMISIONER I PRODUKTION



FREMADRETTE
TIL AT MEDTAGE ALLE CO2 EMMISSIONER I HELE LIVSCYKLUSEN



BR: 2023=12 kg CO_2/m^2/år (FBK 8)

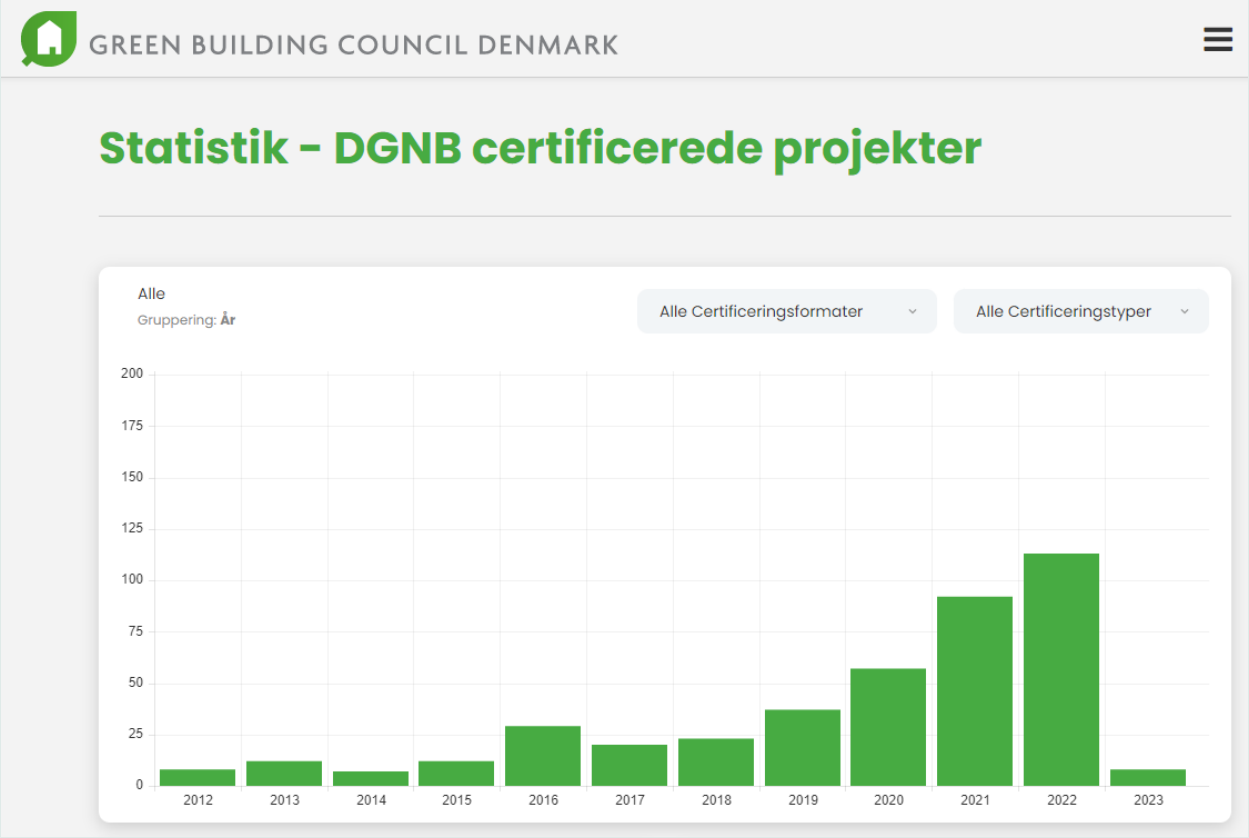
BR: 2029=7,5 kg CO_2/m^2/år (FBK 5)

(2,5 kg)

TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

Hvad resultere det i? – Pres fra bygherre



TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

Men lovgiver har primært fokus på energien … Hvad med de andre

DGNB Indeholder:

- 6 kvaliteter
- 37 kriterier
- ca. 240 indikatorer

Eksempler på kvaliteters indhold:

- Miljø (ENV): LCA + Kølemidler + Miljøfarlige stoffer (fx fuge)
- Økonomi (ECO): Totaløkonomi/ LCC, + Areal + Etagehøjde + Fleksibilitet + Robusthed
- Social (SOC): IAQ + Støj + Qv + Behov/ brugerstyring + Filtre/ skift + Indtag/afkast placering + Emhætte + Afgasning
- Teknisk (TEC): Brand + PVC-fri + Sikkerhedsinstallationer + Tilgængelighed + VE-ready + Rensning + Antal EPD'er
- Proces (PRO): Brugerinddragelse + BIM+ Opdaterede tegninger + KS + Funktionsafprøvning + Affald
- Område: Udnyttelse af udendørs arealer/ støj herfra

Hvad kommer der af krav

…og kommer de til at have fokus på indeklima?

TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

Hvad kommer der af krav (Ecodesign)?

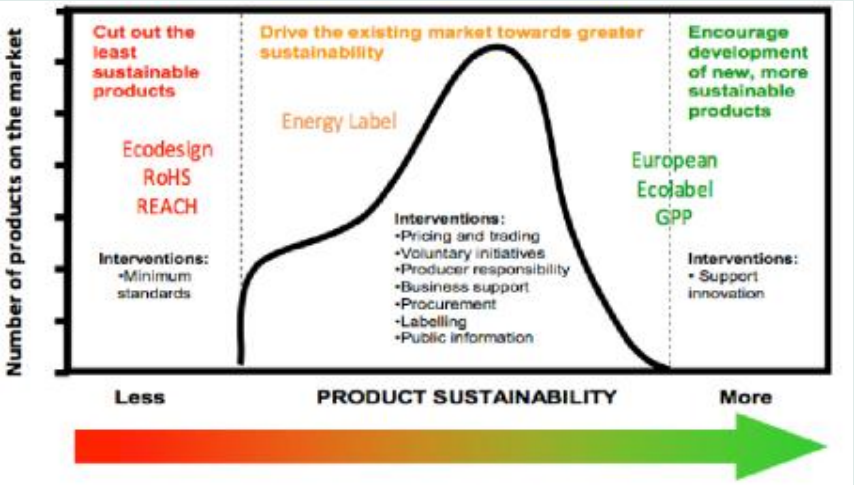
Ecodesign -> ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation)

NU: Enkelt komponent + EEF -> Fremad: Systemer + ydelse + bæredygtighed (LCA)

- **Leveret ydelse**
  - VPI=IAQ/ Filter / Lækage /Fugt HRS Odour/ Filtre/ MFVU)
- **"Alt" medtages => 30W + MFVU**
- **CTRL (50%) => Systemleverance**
- **Bæredygtighed** - Fokus nu**: levetidsforlængelse** (udskiftning/ reservedele)
  - Reservedelsliste
  - Tilgængelighed (7år) + hvor
  - Max leveringstid (8 uger / funktionalitet)
  - Adskillelse og vedligehold info
  - Forventet levetid
- **Alt andet:** +10 år pga - Review nu

Fremadrettet: Ecodesign (energieffektivitet) -> Ecolabel / ESPR (bæredygtighed)

- Ikke energiforbrugende produkter omfattes (tekstiler)
- Aftryk over levetid skal medtages / Indarbejdelse af bæredygtighed
- PEF (Product Environmental Footprint, PEF)
- Informations krav inkl. Digital Product Passport



Alt efter hvad der er relevant for de produktkategorier, der skal reguleres, vil kravene til miljøvenligt design omfatte:

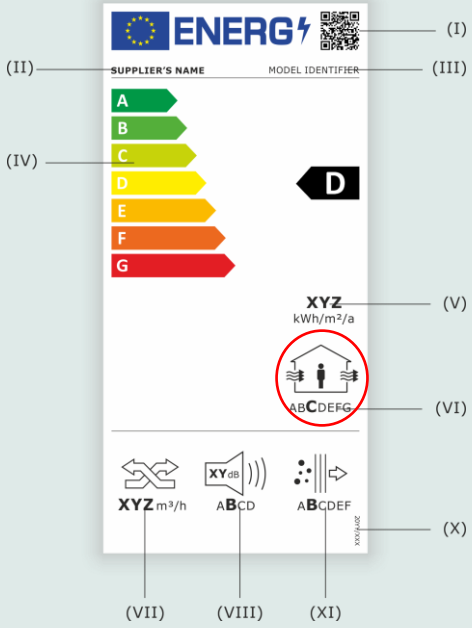
1. Produktets holdbarhed, pålidelighed, genbrugelighed, muligheden for opgradering og reparation og vedligeholdelses- og istandsættelsesmulighederne
2. Begrænsninger for tilstedeværelsen af stoffer, der hæmmer produkters og materialers cirkularitet
3. Produkters energiforbrug eller energieffektivitet
4. Produkters ressourceudnyttelse eller ressourceeffektivitet
5. Minimumsindhold af genanvendt materiale i produkter
6. Let demontering, genfremstilling og genanvendelse af produkter og materialer
7. Produkters miljøpåvirkning over hele livscyklus, herunder deres CO2- og miljøaftryk (10 år)
8. Forebyggelse og reduktion af affald, herunder emballageaffald (10 år).

TEKNOLOGISK INSTITUT

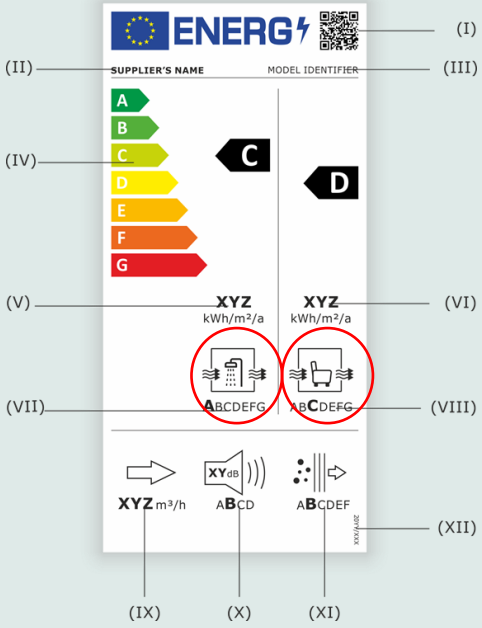
GRØNNE INSTALLATIONER

Hvad kommer der af krav (RVUs)?

Ecodesign -> RVU's giver den gas



Annex III Label ducted BVU



Annex III Label non-ducted UVU

Klimazoner

Forskellige energiklasser i den enkelte klimazone:

Climate Zone	Manufacturer Model	SEC [kWh/(m2.a]	Class	VPI class	ηt -
Average	RVU ducted - reference	-43,19	D	C	0,75548
Cold	RVU ducted - reference	-82,08	C	C	0,75548
Warm	RVU ducted - reference	-8,60	E	C	0,75548

TEKNOLOGISK INSTITUT

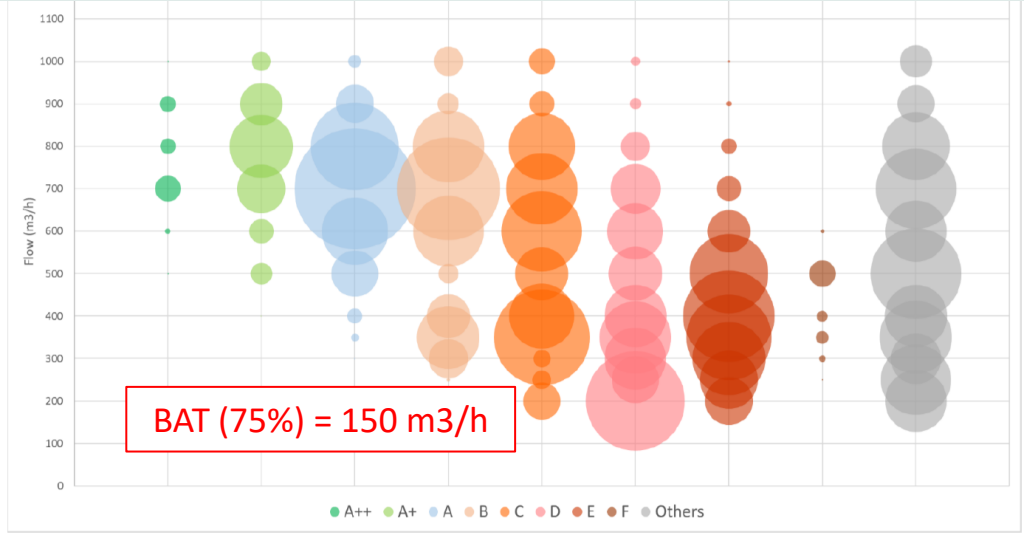
GRØNNE INSTALLATIONER

Hvad kommer der af krav (CFEs)?

Ecodesign -> Men det gør CFE's ikke

Preparatory study of Ecodesign and energy labelling measures for domestic cooking appliances" Final Report 2022

- *BEP may have pushed the market towards high-airflow appliances, rather than to more energy-efficient*
- *Significant improvement potential to the electric motors of the fan.*
- *=> FDE is the main efficiency parameter*



GfK (2019)

Figure 35. Unit sales per energy class and airflow in five EU countries (2018)

TEKNOLOGISK INSTITUT

GRØNNE INSTALLATIONER

Hvad kommer der af krav (CFEs)?

Ecodesign -> Men det gør CFE's ikke

Nuværende krav: AEC (el) + FDE & GFE + LE(Lys) => En ventilator

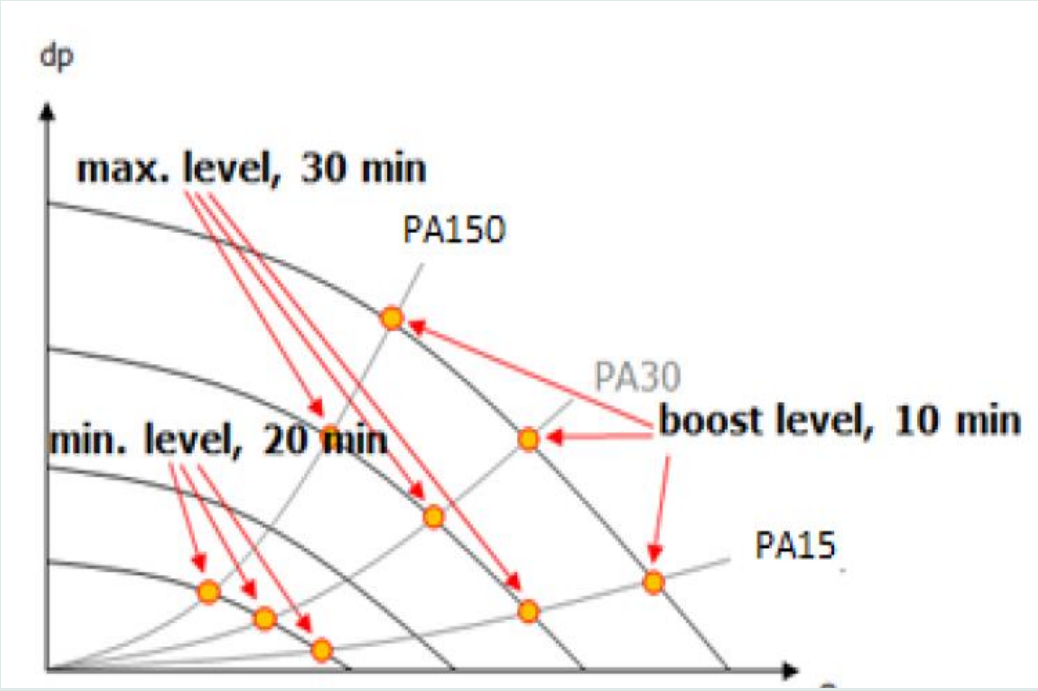
Fremtidige krav: Det samme I 9 punkter + Inkluder Rec-CFE's.

Ingen krav om emfangs effektivtet:

Available measurement methods are suitable for a very small market segment (recirculation) but not for the most part (extraction)…. Regarding odour reduction efficiency.

Eller samlet klassificering (som fremsendt af DK+SE):

$$AEHC = (AHC + AEC) \times \frac{100}{O_f} [kWh/year]$$



Er det godt nok ?

Nej … men det kan måske blive godt nok?

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

3 Initiativer der skal rykke ved det

TEKNOLOGISK INSTITUT

Kommentering af Ecodesign

Energistyrelsen

ARTELIA

EXHAUSTO by Faldes

Gode emhætter giver større sundhed

Fremtidens grønne emhætter

AARHUS UNIVERSITET

DTU

Realdania

EUDP

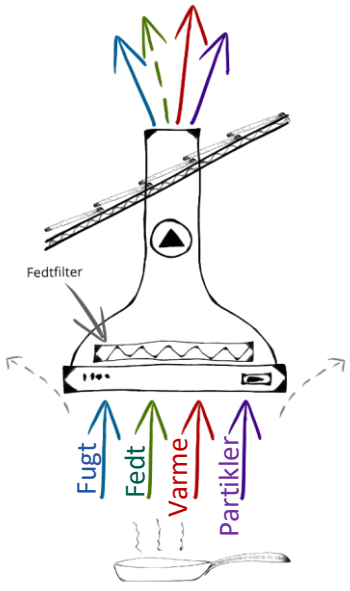
TEKNOLOGISK INSTITUT

TEKNOLOGISK INSTITUT

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Hvilke typer af CFE's er der - Og de skal alle reguleres

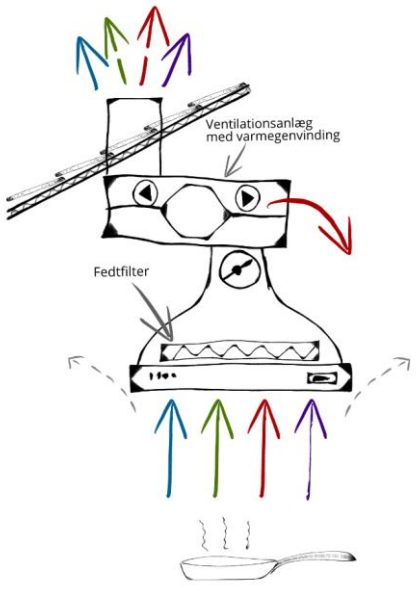
Aftræks CFE



Pros
- Alt fanget bliver "smidt ud"
- Billig + medium installation

Cons
- Ingen VGV
- Behov for erstaningsluft

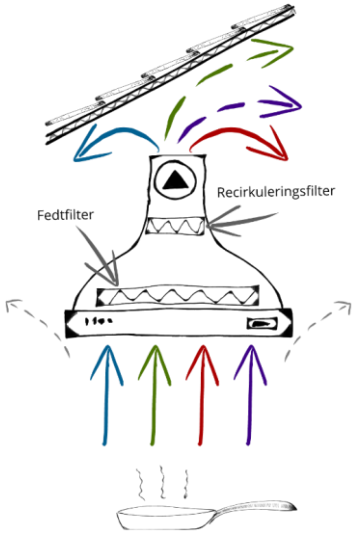
Central CFE



Pros
- VGV
- Typisk lavere luftmængder
- Ingen behov for erstaningsluft

Cons
- Dyr + kompliceret installation

Recirkulerende CFE



Pros
- Ingen varmetab
- Billig og simpel installation
- Igen behov for erstatningsluft

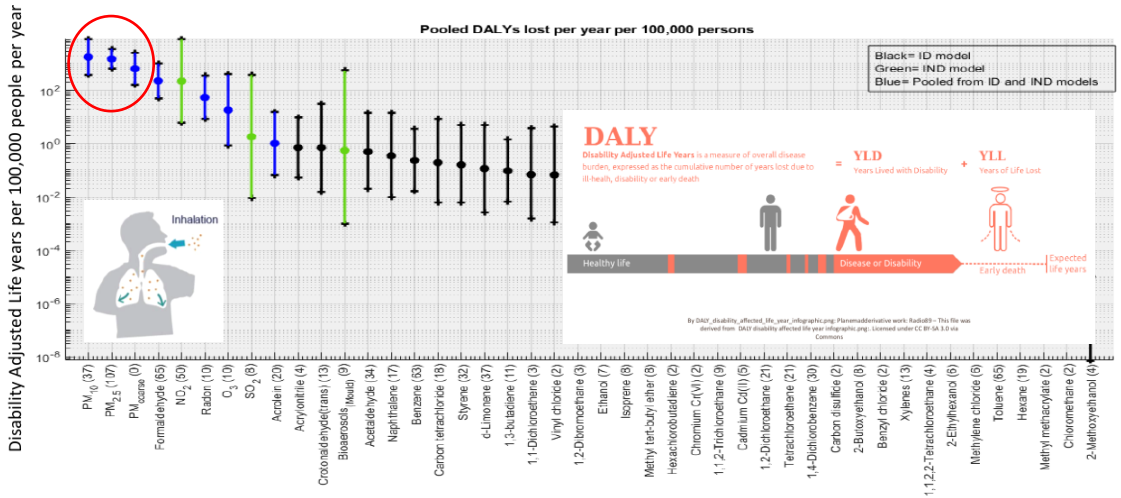
Cons
- Fjerner ikke fugt + UFP's
- Kort filter levetid

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Hvorfor er det vigtigt at have en CFE + Hvilke farlige stoffer er vigtige at fjerne

Studie af University of Nottingham, Benjamin Jones

Før var det fugt vi skulle vi fjerne - Nu er PM10 + PM2,5 + UFP



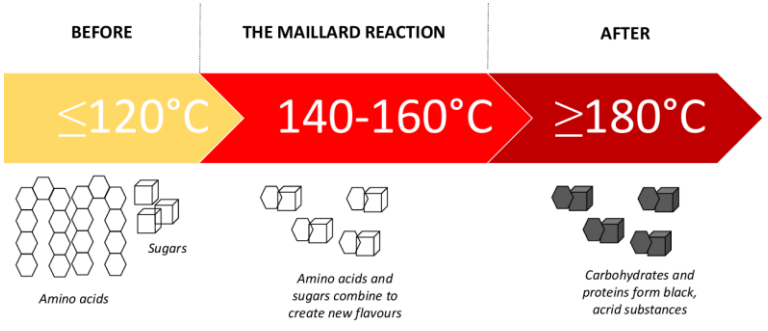
Iflg. BJ er partikler de vigtigste stoffer til et reduceret livsforløb:

DALY (Disability Adjusted Life Years)

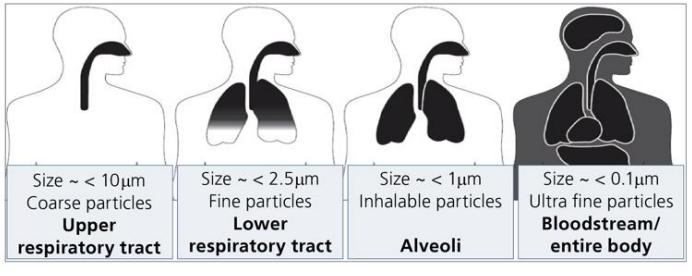
DALY = YLL Years of lost life + YLD Years Lived with Disability

Det er dem vi skal fjerne

De kommer hovedsageligt fra madlavning



Jo mindre, jo farligere er de



DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Hvilke partikler er de farligste ?

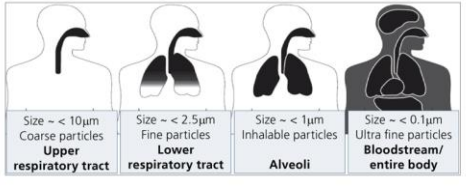
Studie af DTU, Lei Fang

- Enig i at partikler er det vigtigste, men tilføjer at ultrafine partikler (UFP) er de vigtigste i forhold til sundhed.
- Når vi undersøger partikelforurening fra madlavning, skal vi fokusere på de farligste partikler, som er BaP = Benzo[a]Pyrene.
- Koncentrationen af BaP ifm. med madlavning :
  - Med en standard CFE = 5 µg/m3 and
  - Uden CFE = 20 µg/m3.
  - WHO's maksimum grænseværdi = 1 ng/m3.
- Den overordnede konklusion er, at partikelforurening fra madlavning er meget vigtig og skal være i fokus
  - Men sporgas kan teoretisk bruges som indikator ved test.
  - Der findes en testmetode for HVAC-filtre ift. fjernelse af partikler

The Carcinogenic Contents (µg/m³) of Fumes from Various Oils Heated to 250 ± 10°C for 30 min

	Cooking oil		
Carcinogens	Safflower	Vegetable	Corn
BaP	22.7 ± 1.5	21.6 ± 1.3	18.7 ± 0.9
DBahA	2.8 ± 0.2	3.2 ± 0.1	2.4 ± 0.2
BbFA	1.8 ± 0.3	2.6 ± 0.2	2.0 ± 0.1
BaA	2.5 ± 0.1	2.1 ± 0.4	1.9 ± 0.1

ISO16 890, the "new standard"



- Filter efficiency and – classification is more in line with reality
- Same standard in the whole world ⇔ no confusion
- Acknowledged early 2016 - 18 months transition period until July 1st, 2018

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Hvilke standarder har vi… og reflekterer de partikler

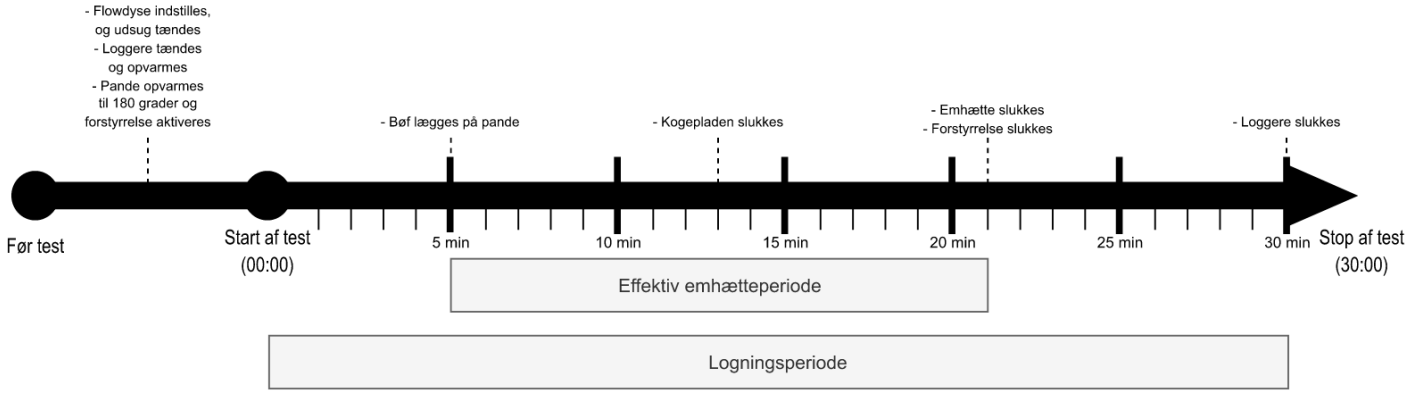
	Testing standard			
Emne	EN 61591	EN 13141-3	E3087-18	DGEGSS-3 (New method by DTI)
Kort beskrivelse	Standard, der bruger MEK som sporgas til at evaluere en emhættes ”odour reduktion” (evne til at reducere lugt). Anvendes til emhætter med ventilator. Både udsugning og recirkulerende modeller.	Standard, der bruger MEK som sporgas til at evaluere en emhættes ”odour reduktion” (evne til at reducere lugt). Anvendes til emhætter til boliger uden ventilator (men kan også bruges til andre).	Amerikansk standard, der bruger CO2 som sporgas.	Testmetode udviklet i et forskningsprojekt (2), der evaluerer sundhedsvirkningerne ved at bruge emhætte under madlavning. Testmetoden evaluerer en emhættes evne til at fjerne partikelforurening fra tilberedning af en standardiseret oksekød.
Resultat	Odour reduction factor	Odour reduction factor	Capture Efficiency	CFE-E
Metode	Forskel m/u CFE (C_{end})	Forskel m/u CFE (C_{end})	Forskel mel: (Afkast – rum) / emitter	Forskel m/u CFE (C_{mean})
Test tid	30 min	10 min	10 min	16 min
Pande	125 mm pande	45 mm pande	To 38 mm emitters	45 mm pande
Pande materiale	Udefineret	Kobber	Stål eller aluminum	Kobber
Pande temperature	170 °C	170 °C	160 °C	180 °C
Test rum størrelse	22 m^3± 2 m^3	22 m^3± 2 m^3	21,9 m^3	22 m^3± 2 m^3
Forstyrrende element	Nej	Ja	Nej	Ja
Sporgas	Methyl Ethyl Ketone (MEK)	Methyl Ethyl Ketone (MEK)	CO2 or equivalent	Partikkel forurening (UFP, PM1, PM2.5 & PM10)
Egnet for recirkulerende CFE’s	Delvis	Delvis	Nej	Yes

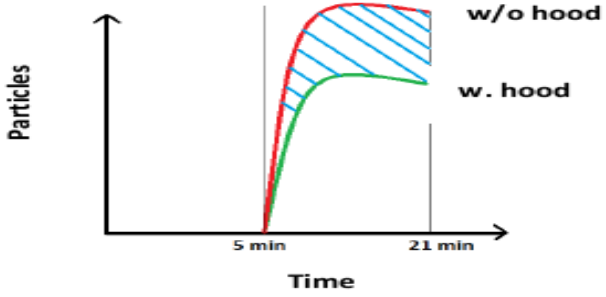
DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Hvordan genererer vi bedst partikler + Hvordan kan vi måle disse partikler

Ny metode - same test rum

- Standardiseret kød
- Pandens temperatur 180°C => UFP'er
- Forstyrrende element iht. DS/EN-13141-3





$$PCE = CFE - E = \frac{\left(\int_5^{21} PM_{max} - \int_5^{21} PM_{hood}\right)}{\mu\, PM_{max}} \cdot 100$$

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Stor undersøgelse - 300 tests på CFE'er MEK + Partikler

Mere end 300 test

- Mere end 300 CFE effektivitetstest
- Mere end 13 forskellige typer CFE'er
- 4 forskellige typer test:
  - EN13141-3
  - EN61591
  - E3087-18
  - DGEGSS-3

CFE Type	Flow [m³/h]	Installation height [mm]
CFE with exhaust		
Integreret i kogeplade - Type 1	300; 450; 600	0
Integreret i kogeplade - Type 2	100; 200; 300; 450; 600	0
Integreret i kogeplade - Type 3	100; 200; 300; 450; 600	0
Skabsintegreret- Type 1	170; 340; 510	600
Skabsintegreret - Type 2	100; 190; 300	500; 600
Væghængt - Type 1	95; 250; 500	600
Væghængt - Type 2	95; 250; 500	600
Frithængende CFE - Type 1	70; 80; 90; 150	500; 600; 800
Loft CFE - Type 1	70; 200; 450	1700
CFE with recirculating filter		
Skabsintegreret - Type 1 - Filter - Type 1	510	600
Skabsintegreret- Type 1 - Filter - Type 2	510	600
Skabsintegreret- Type 1 - Filter - Type 3	510	600

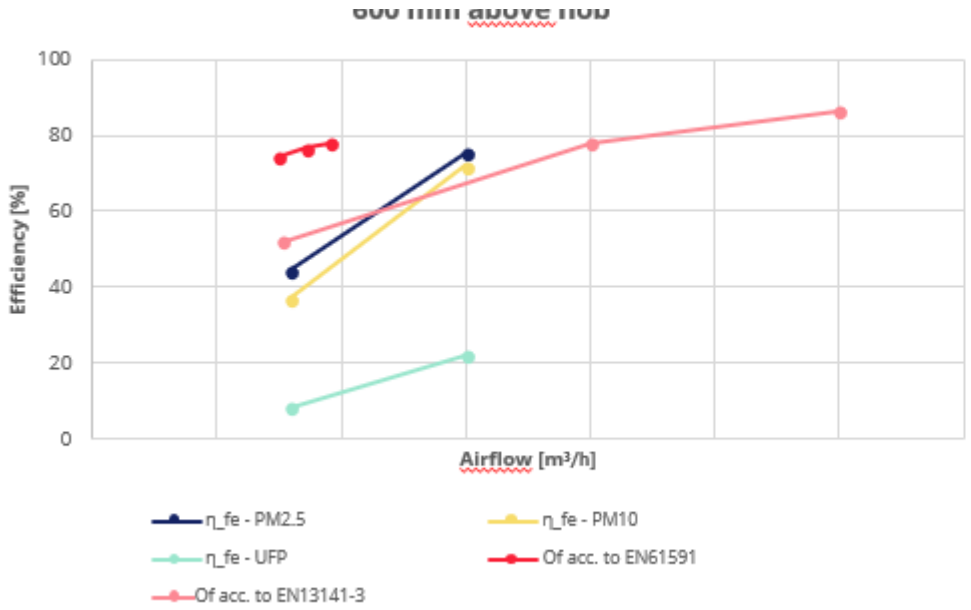
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

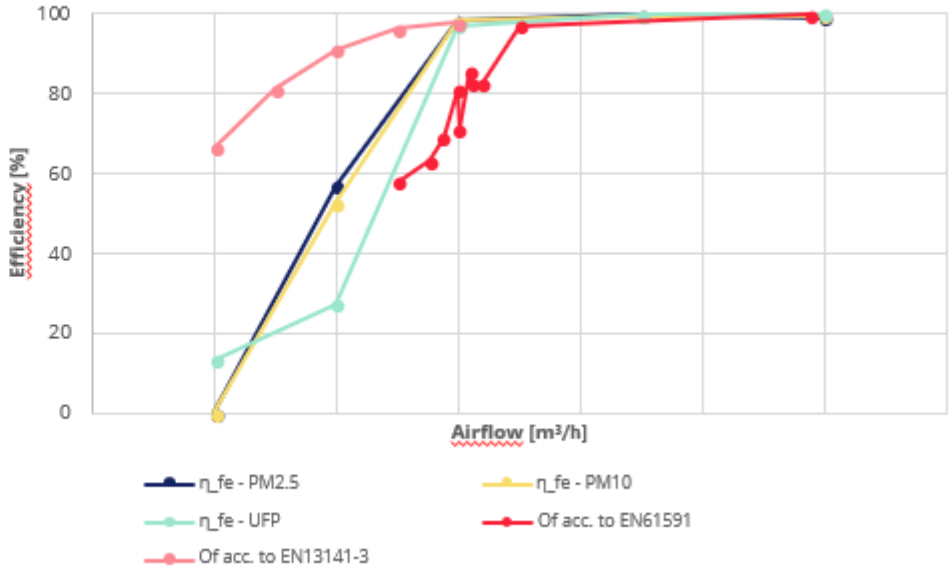
Stor undersøgelse - 300 tests på CFE'er MEK + Partikler

MEK VS Partikler

1: Nogle steder - korrelation mellem PM2,5 og EN 13141-3

2: Andre steder ikke – Korrelation mellem UFP og 61591





DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Men andre er begyndt at fokusere på CO2 som sporgas

Behov for samarbejde mellem forskellige lande og standarder + proof of concept + revideret metode

AMCA test med CO2 + stål emitter

- Dårlige resultater

Expert møde på DTI

- 24 eksperter og producenter worldwide
- Aftale om partikelfokus
- Metode, der afspejler partikler
- Forslag til ændringer fra TNO, der kan give bedre resultater med CO2

Møde med US

- DTI forslag til ændringer for bedre + mere pålidelig metode anerkendt
- Simuleringer viser god relation mellem US/EN kamre
- Behov for yderligere test

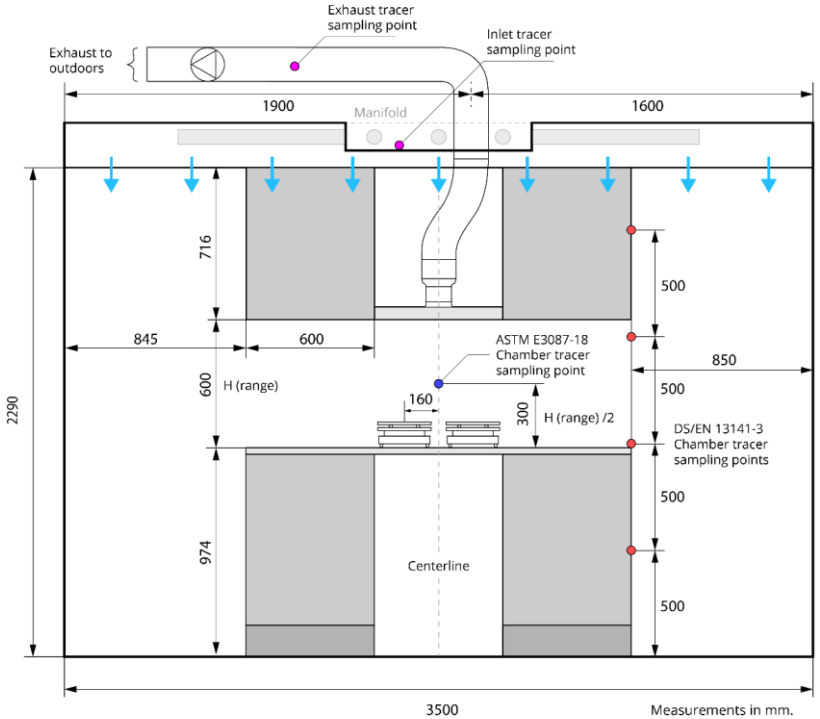
Reference CFE							
	Type 1		Type 2		Type 3		
	DS/EN 13141-3 (June 2017)		E3087-18		UFP	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
	Airflow	MEK Test 1	CO_2 Test 1	CO_2 Test 2	pt/cc	mg/m³	mg/m³
Test round 1 (Hood Lab)							
Test parameters		Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency
Reference CFE, 0,5 Qv x 75% Of	24,2 l/s	55%	-1%	0%	16%	69%	76%
Reference CFE, 1 Qv x 75% Of	48,3 l/s	77%	79%	83%	55%	86%	89%
Reference CFE, 1,5 Qv x 75% Of	72,5 l/s	88%	81%	77%	75%	92%	94%
Test round 2 (Hood Lab)							
Cirkulær kanal ø160 mm i samme højde som emhætte	48,3 l/s	72%	86%	-	Not conducted		
Cirkulær kanal ø160 mm i samme højde som emhætte	72,5 l/s	84%	89%	-			

DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Nye test hvor “EN13141-3 lab” ændres til “AMCA” med små ændringer

Test af 4 repræsentative EU CFE'er (MEK + CO2 + partikler)

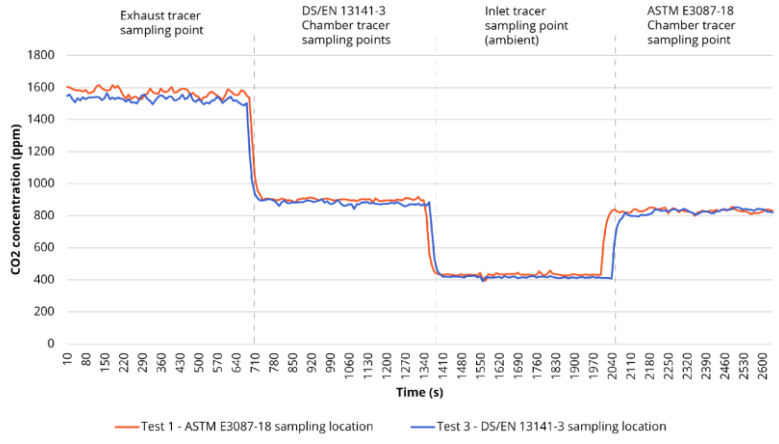
CFE 1: Reference	CFE 2: Air Guides	CFE 3: Cabinet	Other: Valve

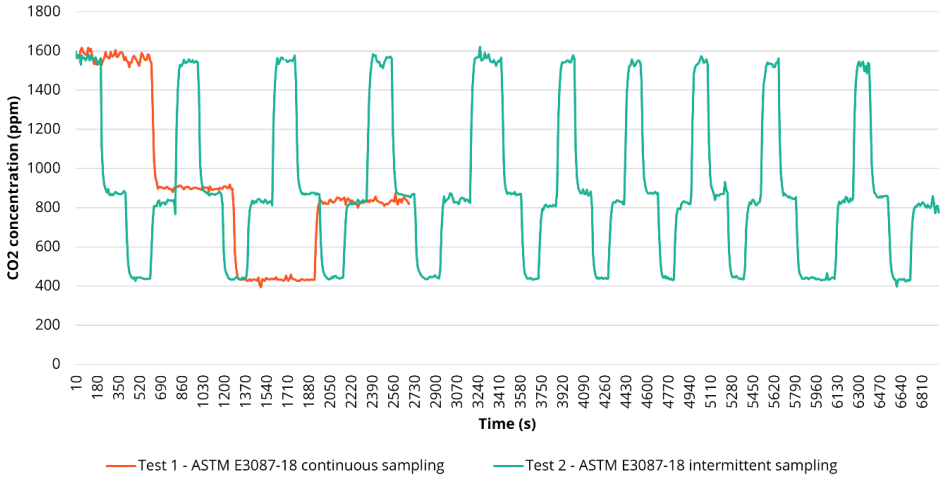


DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Nye test hvor “EN13141-3 lab” ændres til “AMCA” med små ændringer

Test af 4 repræsentative EU CFE'er (MEK + CO2 + partikler)





Resultat 1: Minimal forskel mellem MP'er i den enkelte standard

Resultat 2: Testperioden kan optimeres
=> lavere omkostninger
10 cirkler VS 10 punkter kontinuerligt

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Nye test hvor "EN13141-3 lab" ændres til "AMCA" med små ændringer

Test af 4 repræsentative EU CFE'er (MEK + CO2 + partikler)

	Air flow	DS/EN 13141-3	ASTM E3087-18 w. hatch		ASTM E3087-18 w. diffuse ceiling				Particle Capture Efficiency		
	m3/h	MEK	1. run	2. run	1 sampling point		4 sampling points		UFP	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
Forstyrrelse		Ja	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Ventil	174	(72%)			64%	42%	64%	38%			
Reference	174	75%	79%	83%	63%	56%	58%	54%	58%	80%	84%
Air Guides	152	75%			79%	57%	76%	55%			
Cabinet	206	75%			93%	62%	92%	59%			

	Air flow	DS/EN 13141-3	Particle Capture Efficiency		
	m3/h	MEK	UFP	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
Disturbance		Yes	Yes	Yes	Yes
Reference hood, 0,5 x 75% efficiency	87,1	55%	22%	56%	66%
Reference hood, 75% efficiency	174	77%	58%	80%	84%
Reference hood, 1,5 x 75% efficiency	261	88%	77%	89%	91%

Resultat 3:

- Forstyrrelsen er vigtig
- Korrelation mellem CO2 og UFP + MEK (13141-3) og PM 2,5 på reference CFE
- Men ingen klare argumenter for at skifte til CO2
- Behov for test på flere typer

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Nye test hvor "EN13141-3 lab" ændres til "AMCA" med små ændringer

Test af 4 repræsentative EU CFE'er (MEK + CO2 + partikler)

	Air flow	DS/EN 13141-3	ASTM E3087-18 w. hatch		ASTM E3087-18 w. diffuse ceiling				Particle Capture Efficiency		
	m3/h	MEK	1. run	2. run	1 sampling point		4 sampling points		UFP	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
Forstyrrelse		Ja	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Ventil	174	(72%)			64%	42%	64%	38%	61%	66%	62%
Reference	174	75%	79%	83%	63%	56%	58%	54%	58%	80%	84%
Air Guides	152	75%			79%	57%	76%	55%	89%	97%	96%
Cabinet	206	75%			93%	62%	92%	59%	69%	83%	82%

	Air flow	DS/EN 13141-3	Particle Capture Efficiency		
	m3/h	MEK	UFP	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
Disturbance		Yes	Yes	Yes	Yes
Reference hood, 0,5 x 75% efficiency	87,1	55%	22%	56%	66%
Reference hood, 75% efficiency	174	77%	57%	80%	84%
Reference hood, 1,5 x 75% efficiency	261	88%	77%	89%	91%

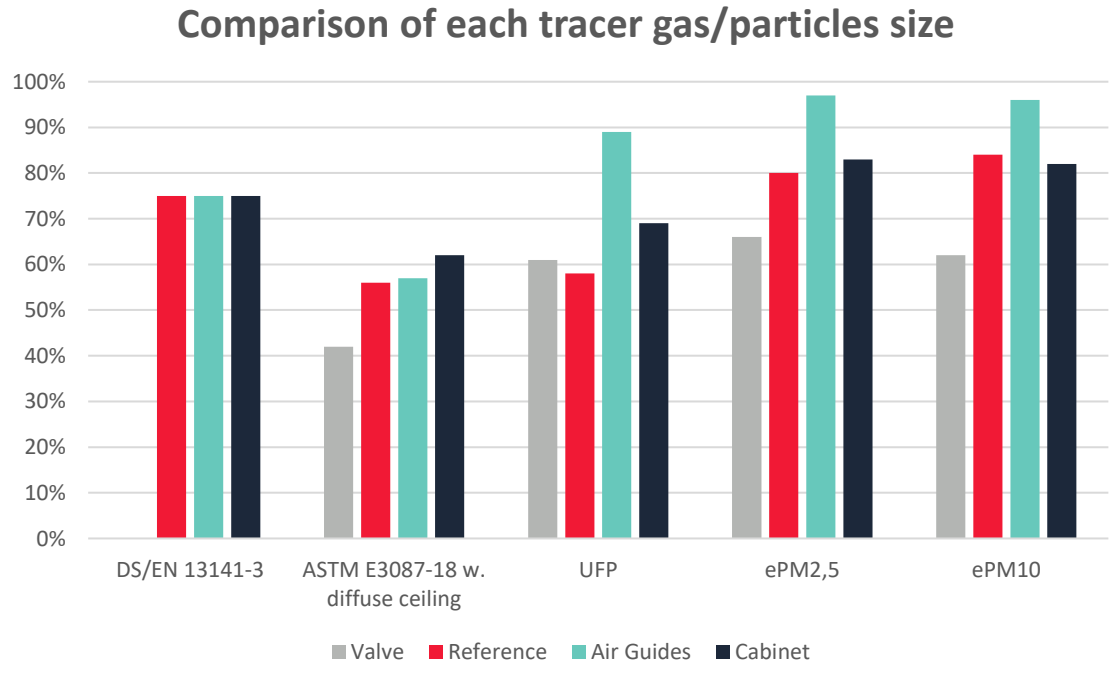
Resultat 4:

- Ingen direkte korrelation på tværs af typer mellem CO2, MEK (13141-3) og Partikler

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Nye test hvor “EN13141-3 lab” ændres til “AMCA” med små ændringer

Test af 4 repræsentative EU CFE'er (MEK + CO2 + partikler)



Resultat 43:

- Ingen direkte korrelation på tværs af typer mellem CO2, MEK (13141-3) og Partikler
- Det gode geometriske design (Airguides) slå ”for hårdt igennem” på UFP + PM 2,5
- Men CO2 giver et retvisende og altid en lavere billede af effektiviteten end UFP
- Øget luftmængde (Ref 0,5-1-1,5) eller et godt geometrisk design øger effektiviteten (Airguides)

Hvor står vi så nu?

Nej … men det kan måske blive godt nok?

DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

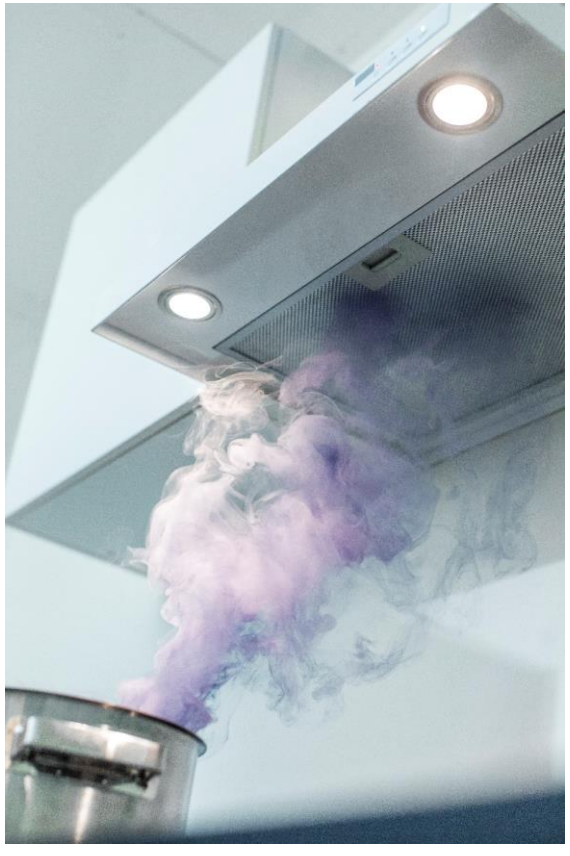
Hvor står vi nu?

Konklusion:

- Den primære forurening, der skal fjernes fra køkkenet - Partikler
- Der er udviklet en partikelmetode …
  - Men vi kommer ikke igennem med den – så ingen direkte partikelkrav
- Men … CO2 giver et retvisende billede
  - Og CO2 metodens fejl er påvist og rettet
- Det er også bevist at FDE er IKKE den primære faktor
  - Øget luftmængde (Ref 0,5-1-1,5) eller
  - Et godt geometrisk design øger effektiviteten (Airguides)

2 mulige scenarier:

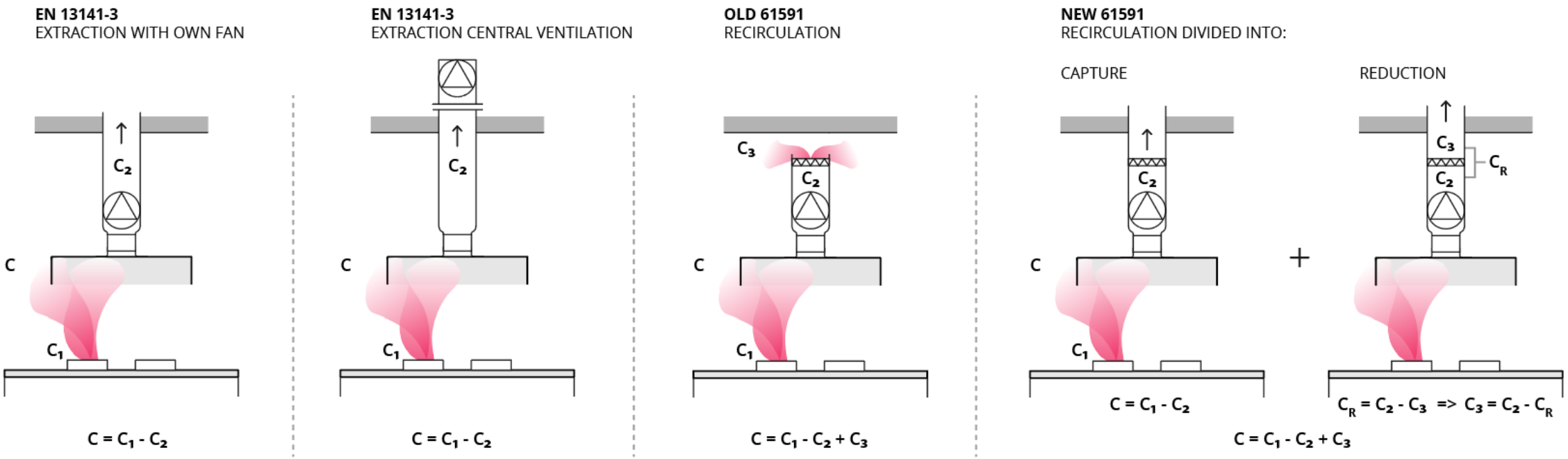
- Holde fast i MEK
  - Højere effektivitet
  - Vil resultere i 2 fronter => Stor uenighed => ”dårligt” Ecodesign
- Overgå til CO2
  - Lavere effektivitet
  - Kan resultere i harmonisering og samarbejde
  - Men vi er nødt til at kræve, det forstyrrende element adopteres
  - Opdeling i “capture” og “removal” => Der skal stilles krav til filtertest



DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

The new way

Alternativ der sikrer harmonisering



Extraction η | Extraction η | Extraction η

All the same (with/without disturbance) -
Measures what concentration is left in the room

Capture η + Reduction η

Extraction η

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

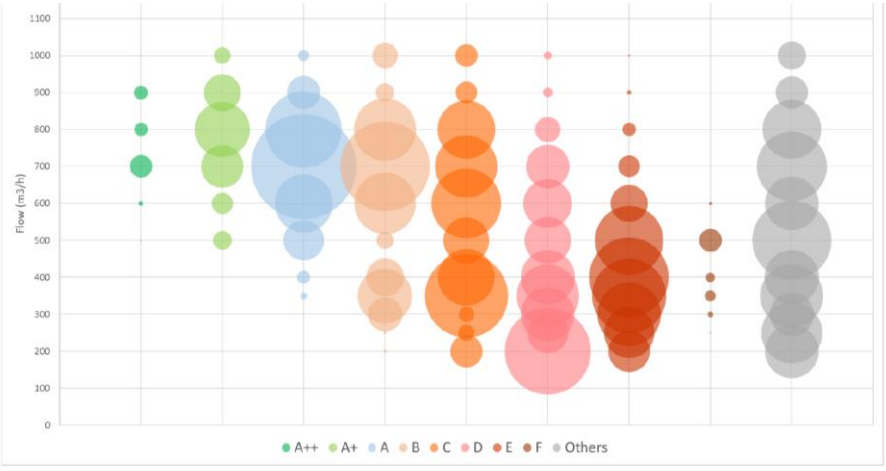
Er brugeren overhovedet interesseret?

Krav alene gør det ikke:

- Der bliver stadig solgt en hel del recirkulerende emhætter (20% EU)
- …. Selvom de ikke er lovlige at installere i bla. DK og SE

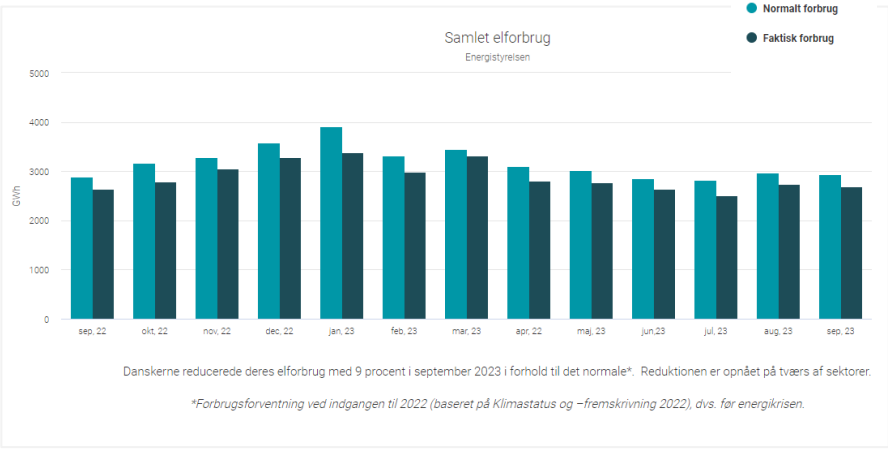
Vi skal forstå (og påvirke) brugeren

- Spørgeskemaundersøgelse, 300 respondenter i DK, SE, FR, GE
- Interview af beboere + beslutningstager + rådgiver:
- SGICM:
  - De ønsker at agere + tage ansvar for deres indeklima + Energiforbrug
  - *Neglelak øger partikler! + er tør luft årsag til hosten?*
- FGE:
  - De er interesseret i indeklima (særligt i Norden)
  - De ønsker at tage et mere bæredygtigt valg der medføre bedre indeklima
  - Men de mangler information for at tage det valg
- Og det skal vi i salen sørge for – for vi er eksperterne / sælgerne
  - Det er en favre ny verden hvor brugerne ikke agere som "i gamle dag"



GfK (2019)

Figure 35. Unit sales per energy class and airflow in five EU countries (2018)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Tak for opmærksomheden
Spørgsmål?

Christian G. Nicolaisen cgl@teknologisk.dk 72 20 25 34