

DTU



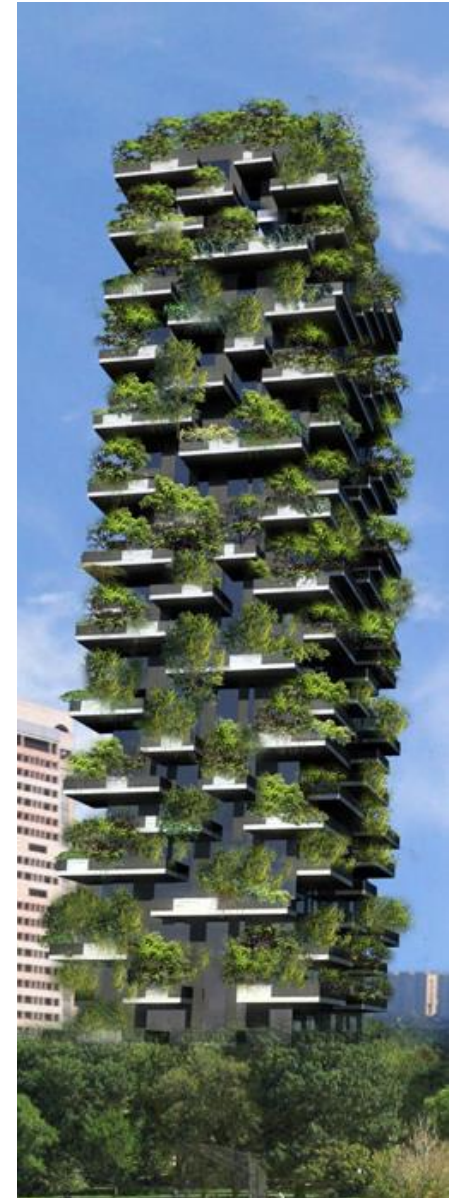
Pawel Wargocki

Center for Indeklima og Energi, DTU BYG

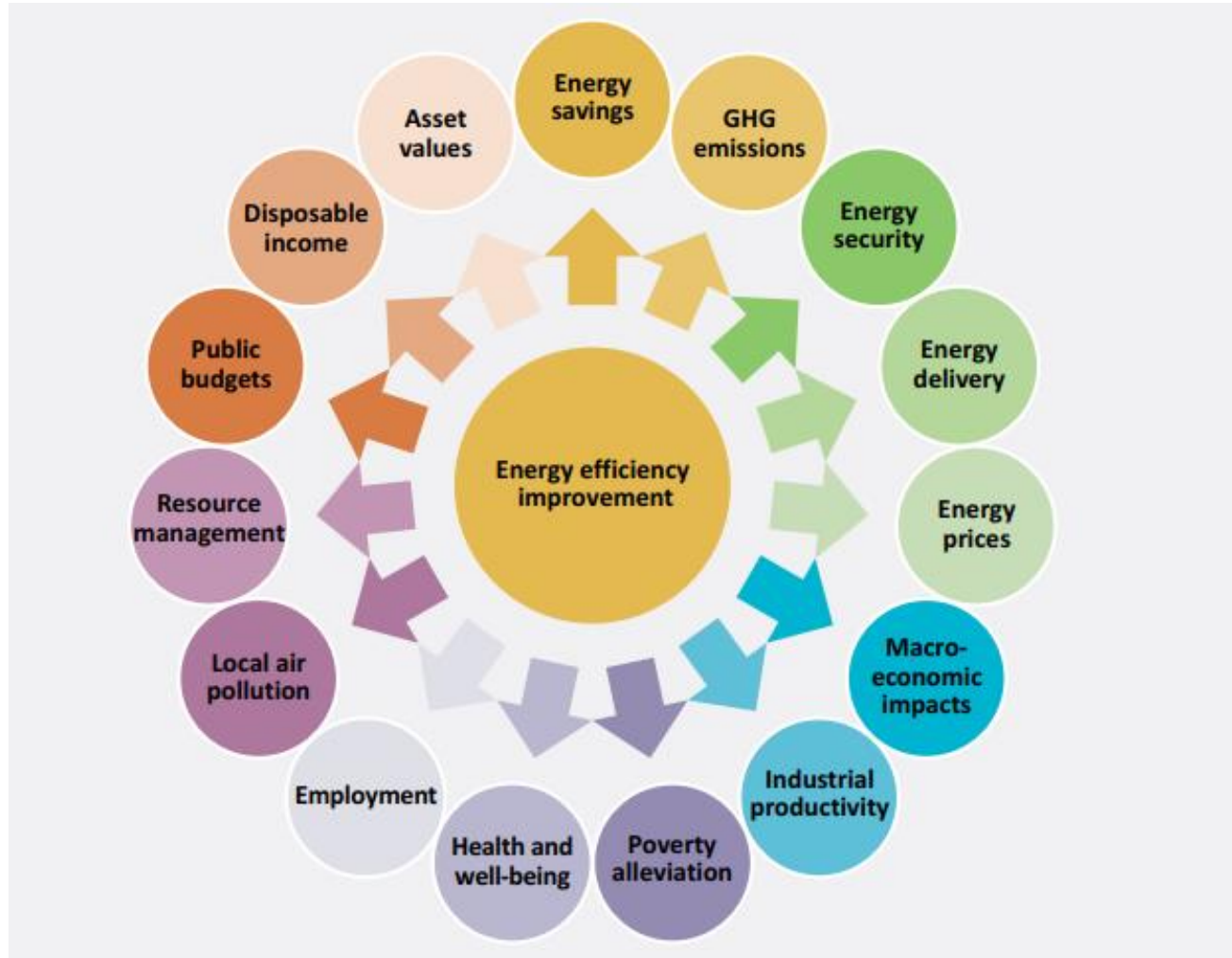
Et godt indeklima øger den personlige ydeevne

Motivation

- Bygninger er under transformation
- Fokus på energi
- Energi renoveringssatser i Europa er mellem 1.2% og 1.4% per annum
- Renoveringssats på 3% betragtes som økonomisk opnåeligt og er det mindste nødvendigt for at opfylde de ambitiøse klima mål



Mange fordele ved energieffektivitetsforbedringer af bygninger



Kilde: IEA, 2014

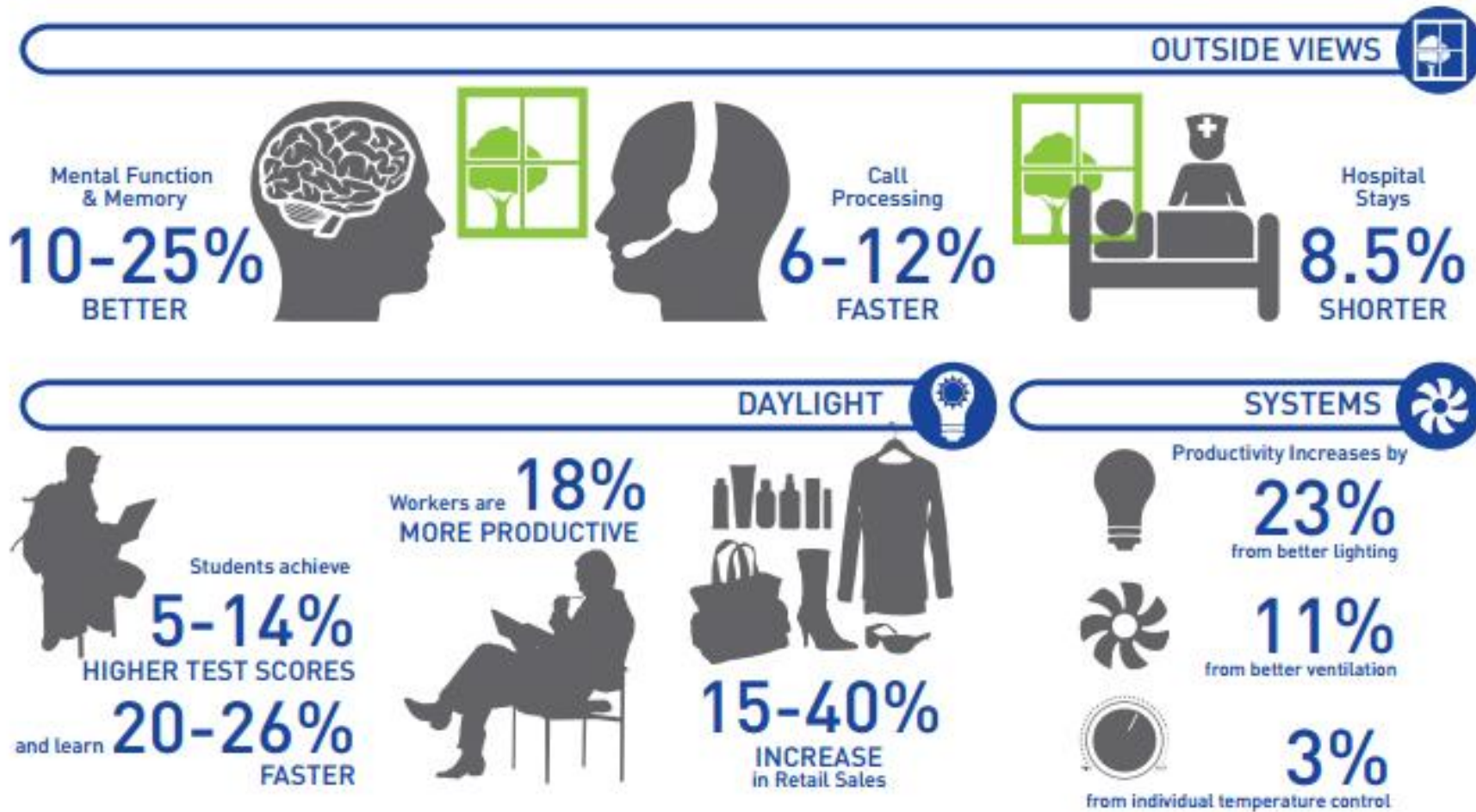
Non Energy Benefits

- Energirenoveringer har flere fordele
- Non Energy Benefits kan bringe flere fordele (inkl. økonomiske gevinster) og vil skabe et ydeligere incitament til at gennemføre energirenovering

- **Indeklima**
- **Komfort**
- **Velvære**

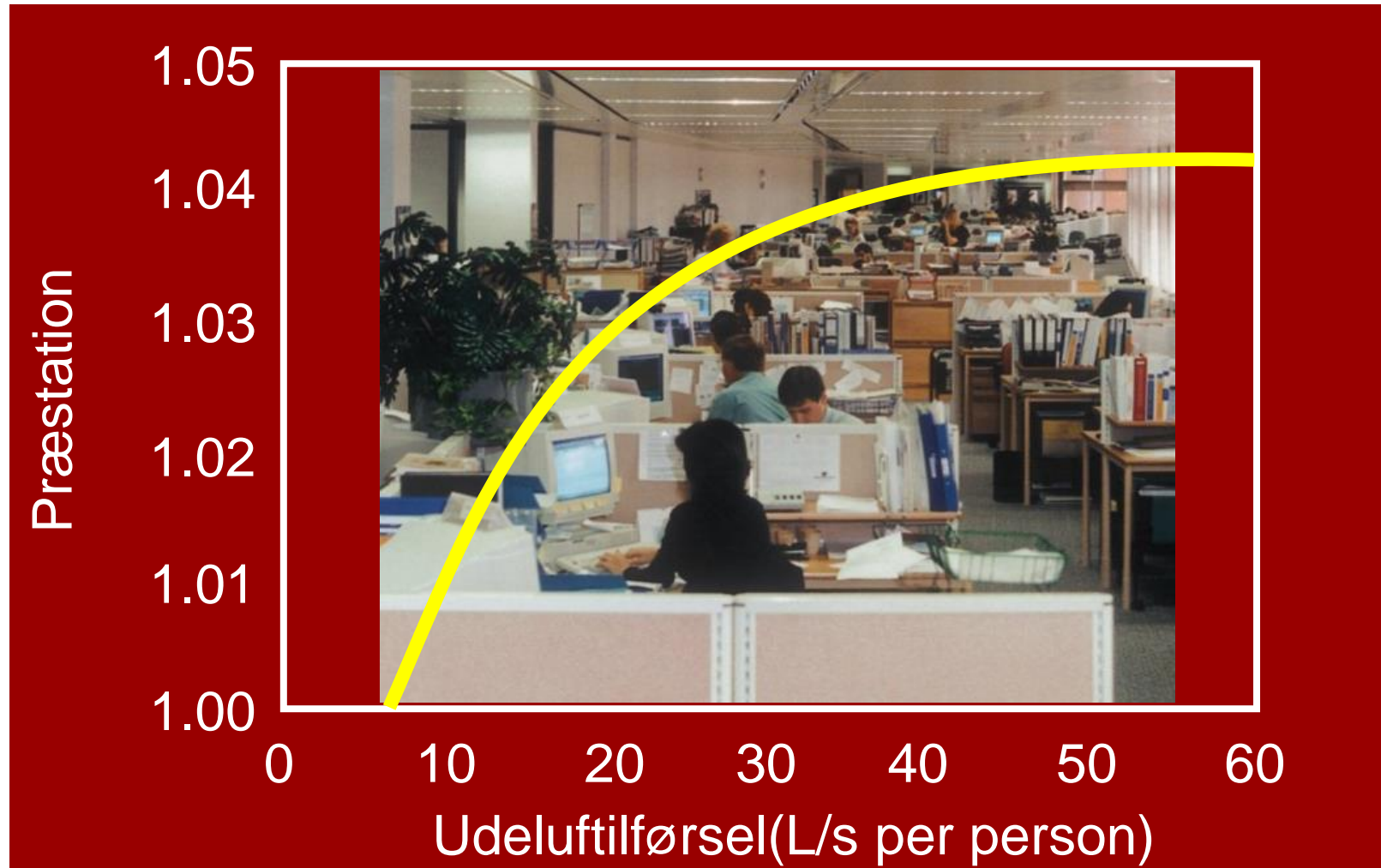
Højere ejendomsværdi
Reducerede vedligeholdelses udgifter
Osv.

World Green Building Council Report



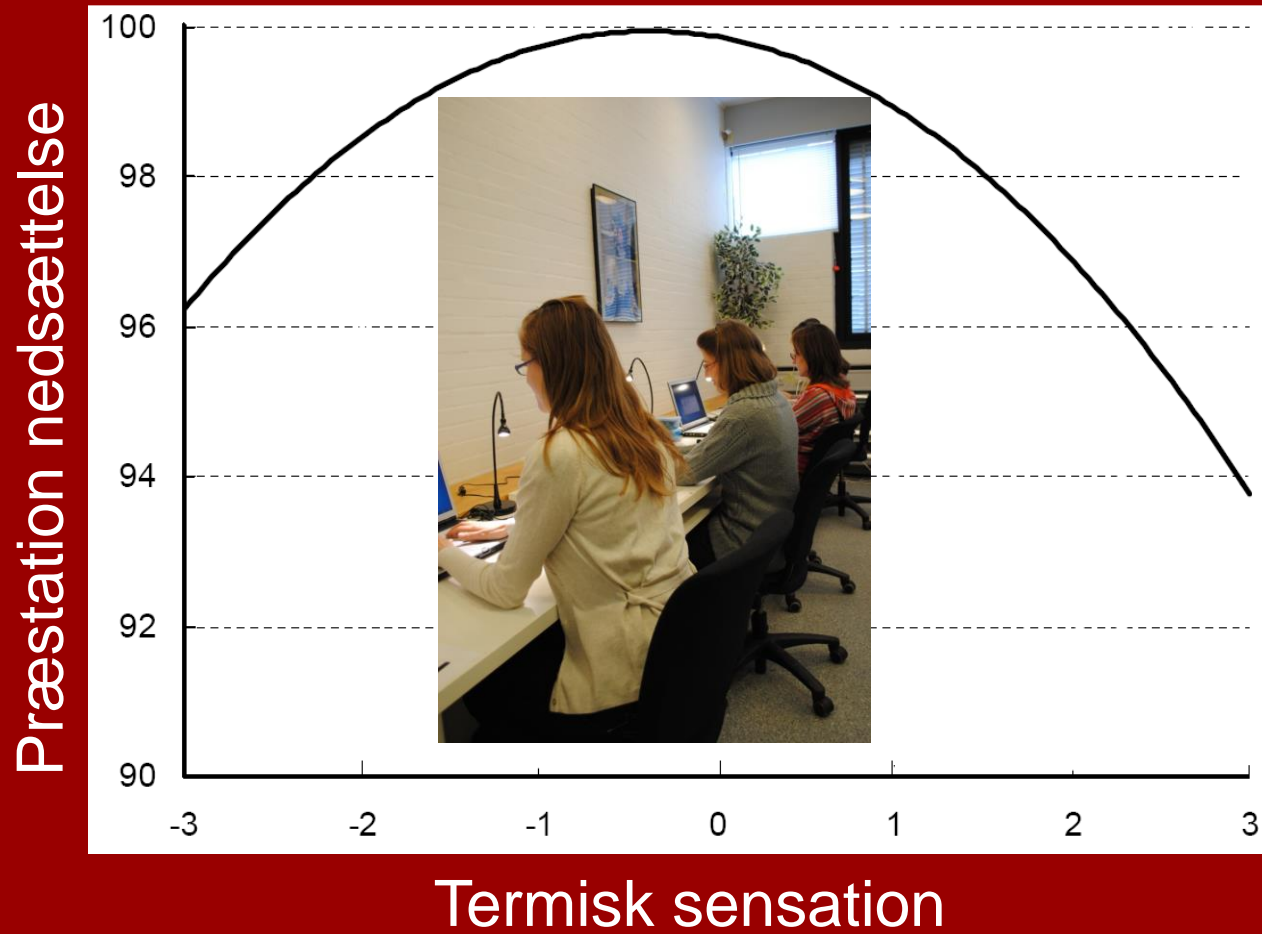
Kilde: WGBC, 2014

Ventilation og kontorarbejde



Kilde: Wargocki and Seppanen (2006)

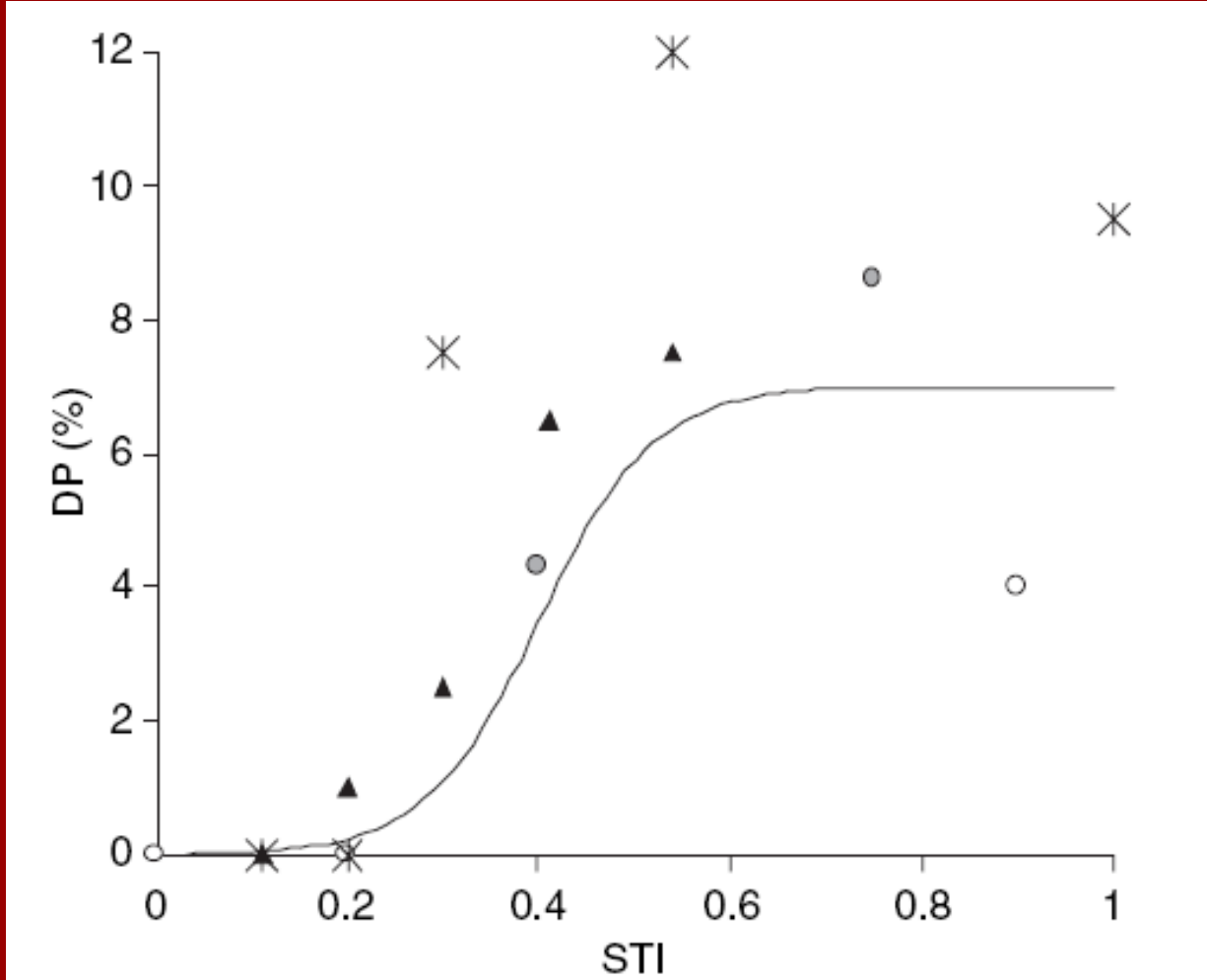
Termisk diskomfort og kontorarbejde



Kilde: Lan et al. (2011)

Kontorstøj og kontorarbejde

(DP: Tab i præstation)



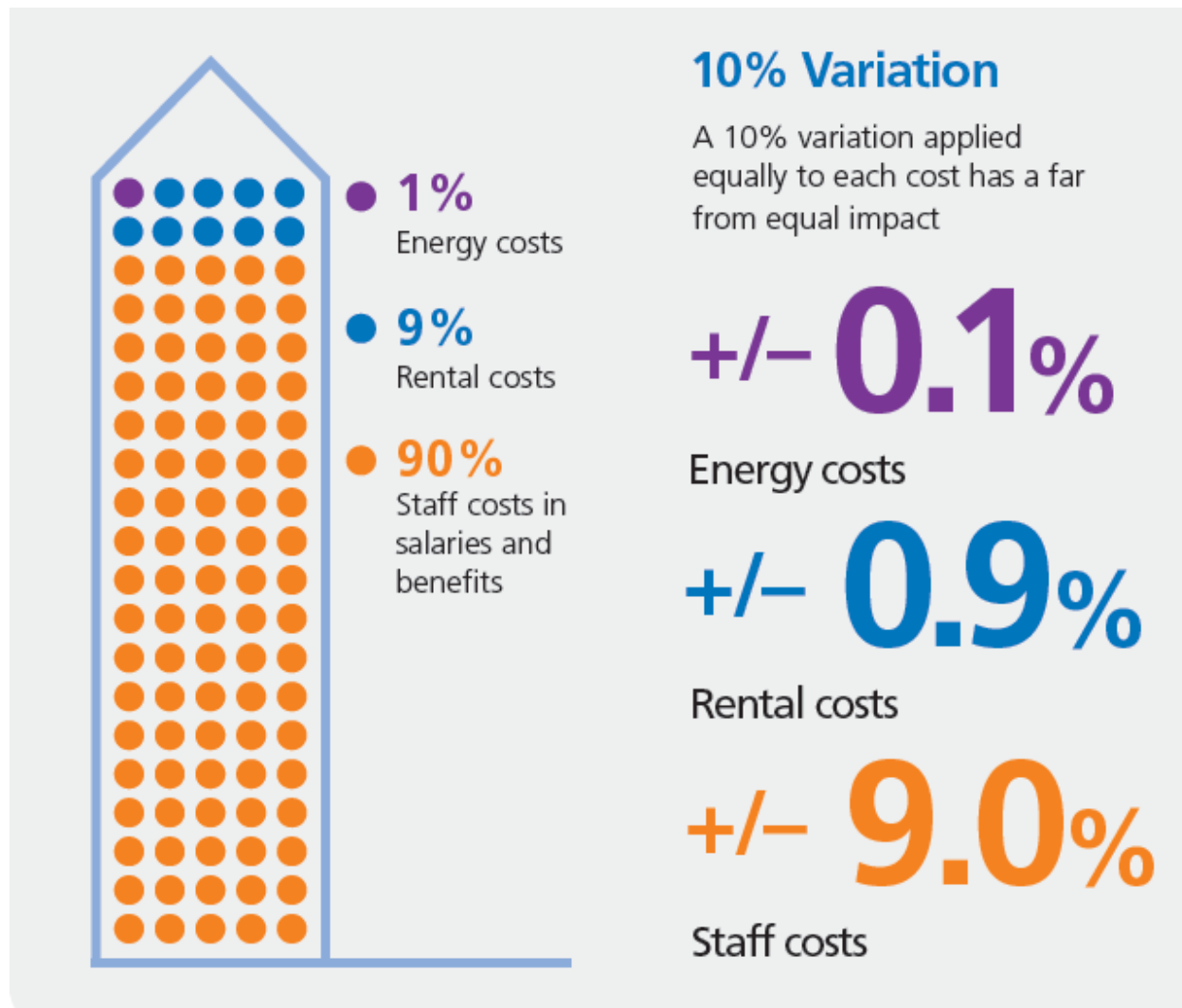
(STI: Indeks for taleoverførsel)



Kilde: Hongisto et al. (2005)

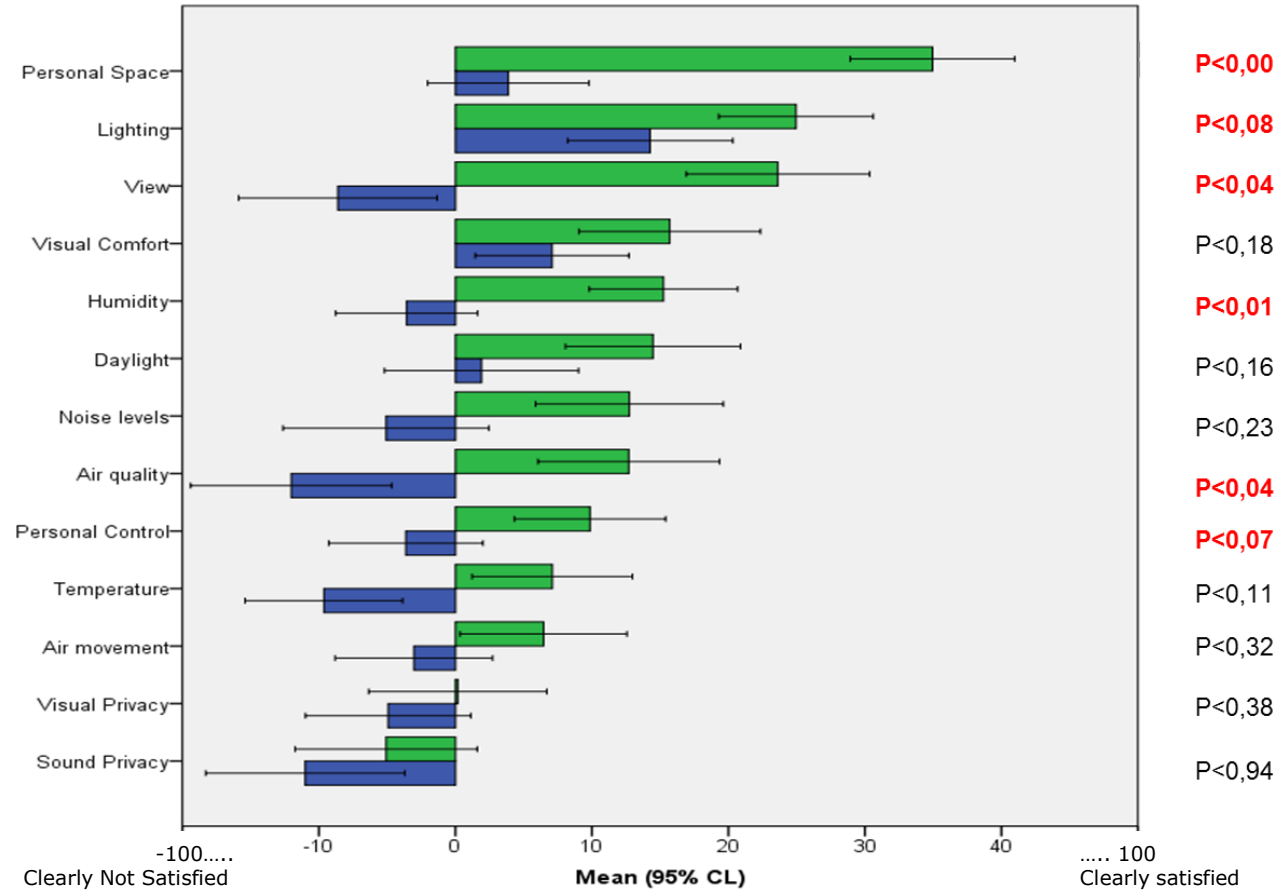
**En effekt af indeklima
på kontorarbejde kan
løbe op til 10%**

Typiske udgifter i kontorbygning



Kilde: World Green Building Council, 2014

Green buildings og indemiljø, Singaporecasen



6 **NonGreen Mark (NGM)** kontorbygninger

Byggeår: 1969-2011

GM credit (hypotetisk): 16-26 of 67

6 **Green Mark (GM)** kontorbygninger

Gold-Platinum

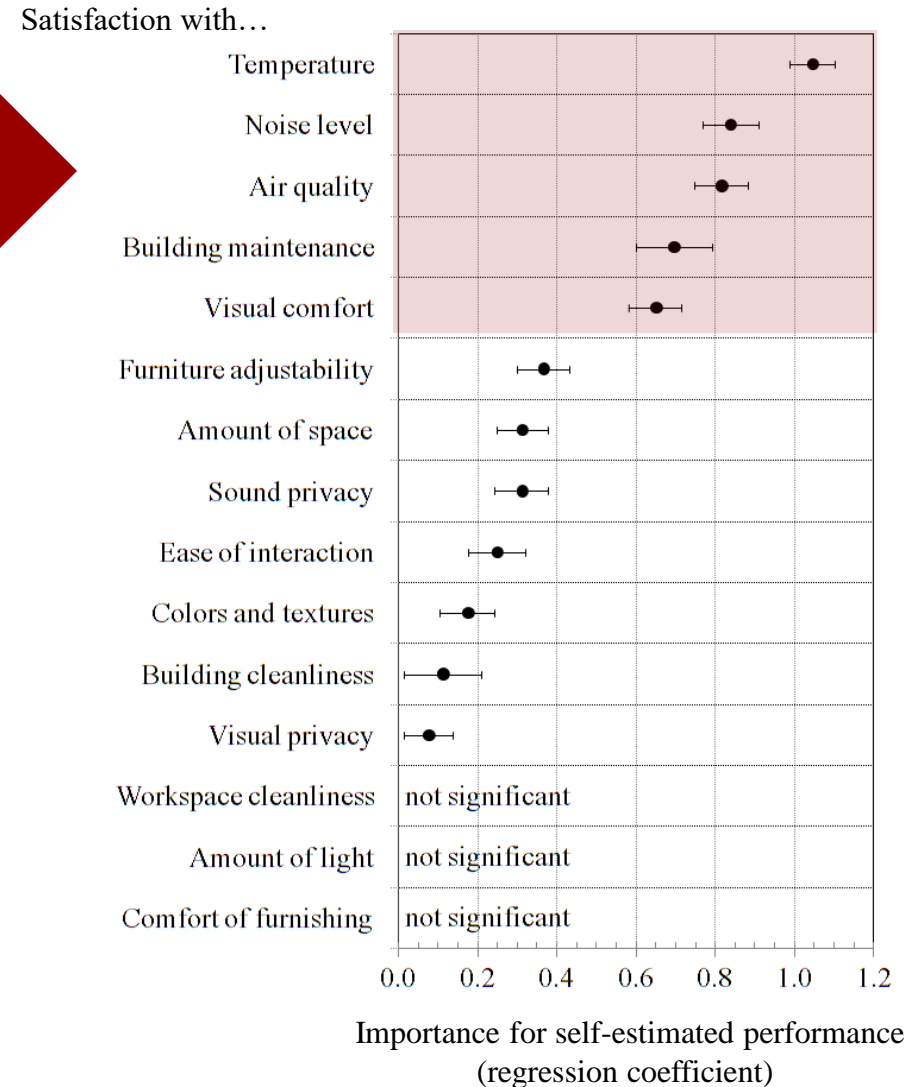
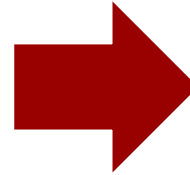
Byggeår: 1995-2011

GM credit (IEQ): 43-55 of 67

Kilde: Jang et al. (2019)

Er forbedret indeklima en forudsætning for en højere produktivitet?

- Tilfredshed med temperatur, støjniveau og luftkvalitet = tilfredshed med indemiljø
- En eksempel, ~15% forbedring i tilfredshed med temperatur forøger selv-estimeret præstation af kontorarbejde med ~1%



Kilde: Wargocki et al. (2012)

Forsknings- og Udviklingsprojekt

- Titel: **Indeklimaforbedringen ved energirenovering af erhvervsbyggeri skal med i businesscasen**
- Målsætning:
 - At demonstrere sammenhænge mellem medarbejderpræstation og bygningsforhold
 - Hvordan stemmer målt indeklima overens med medarbejderes mening om indeklimaet
 - Opleves der en forskel i indeklimarelateret medarbejderpræstation imellem en ældre og en moderne nyrenoveret kontorbygning
- Projektholdet er:
 - Teknologisk Institut
 - Danmarks Tekniske Universitet
 - DEAS A/S
- Projektet støttes af:
 - ELFORSK



Indledende undersøgelser

- TI medarbejdere flyttede til testlokale
 - 2 uger i testlokale ad gangen
 - 3-5 deltagere pr. uge
- 4 testscenarier + referencescenarie
 - Høj temperatur + Lavt støjniveau
 - Høj temperatur + Højt støjniveau
 - Lav temperatur + Lavt støjniveau
 - Lav temperatur + Højt støjniveau
- Referencen er deres egne kontorer
- Resultat var ikke entydigt



Felt undersøgelse

Den ældre bygning

- Strandvejen, Hellerup
- Opført 1983
- Sporadisk renoveret
- Aircondition
- Køle-/varmepumpe
- Naturlig ventilation
- Mange individuelle lejere
- To lejere deltog i undersøgelsen
- Loftskontor med mindre storrumskontor, stillezoner og naturlig ventilation
- Enkeltmandskontor, forskellige ventilationsløsninger
- Ca. 15 deltagere (samlet)



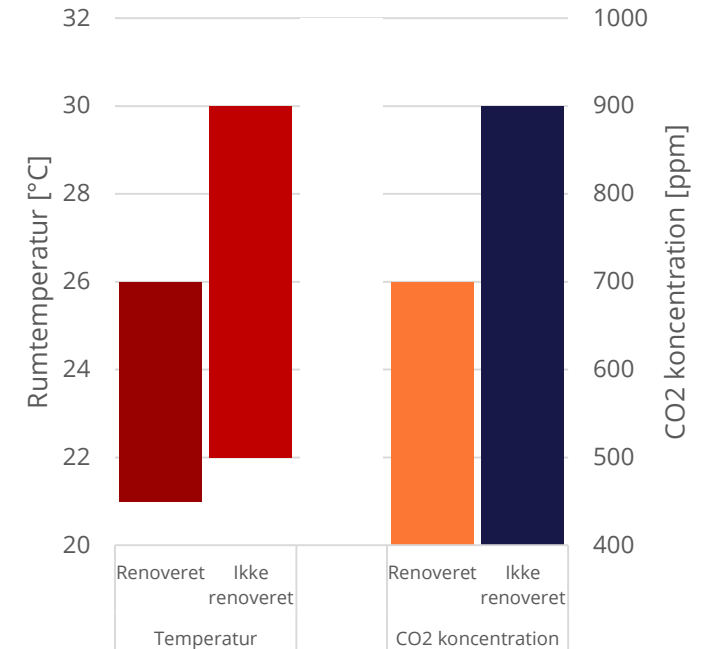
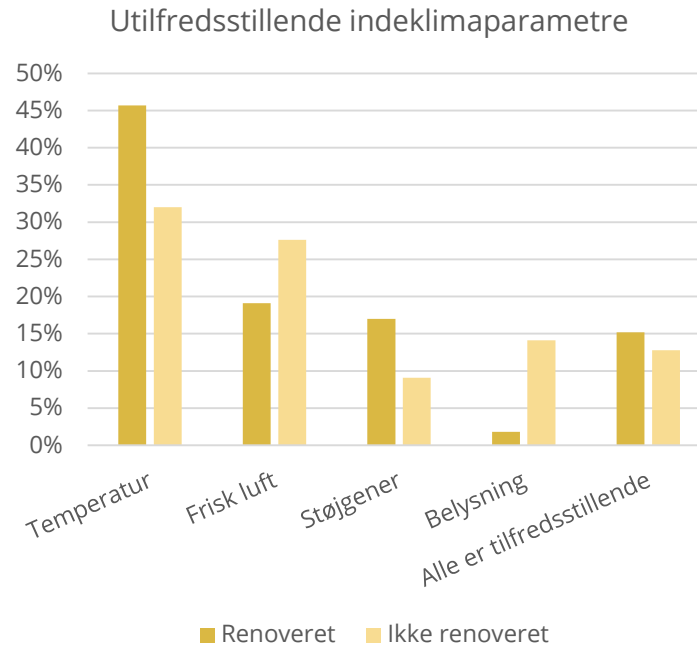
Den moderne bygning

- Sydhavn, København
- Opført 2001
- Gennemrenoveret indenfor seneste 5 år
- Tekniske installationer (varme, ventilation og køling)
- Solfilm på sydvendte vinduesfacader
- Få lejere
- Én lejer deltog i undersøgelsen
- Storrumskontorer med clean desk policy, stillezoner
- Aktivt kontor
- Ca. 20 deltagere (samlet)



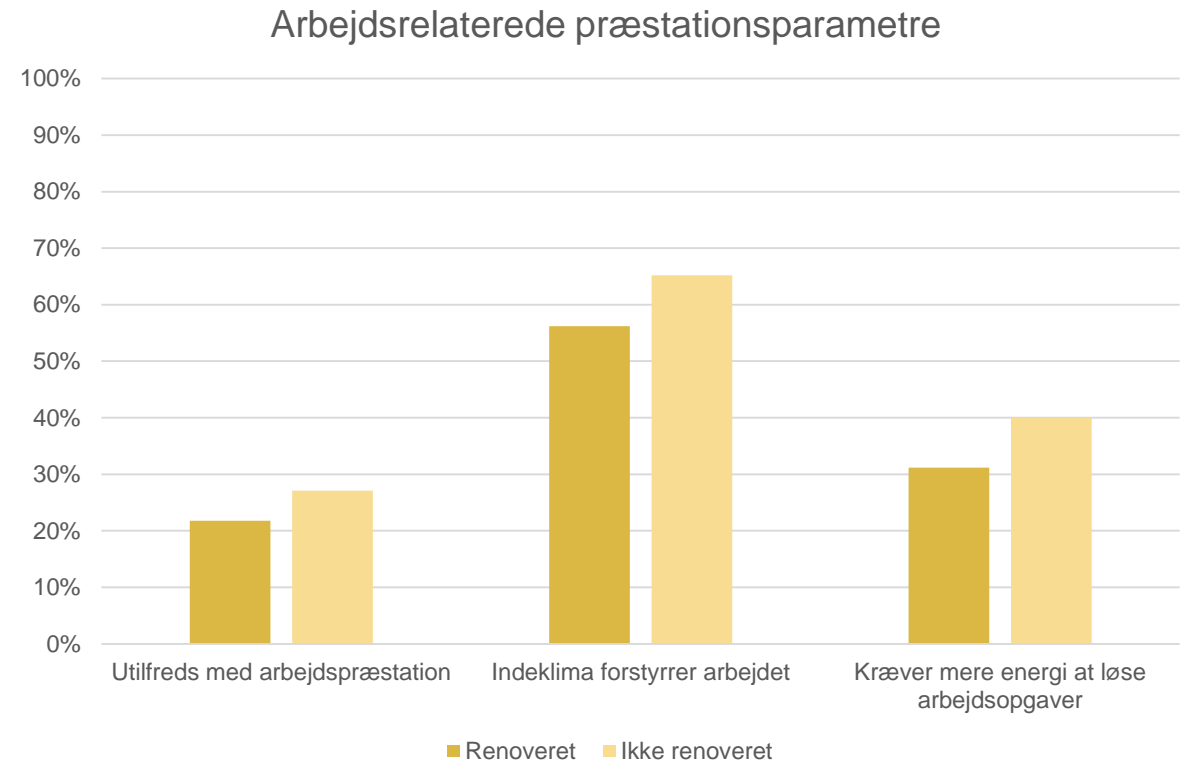
Målte værdier og subjektive besvarelser

- Store forventninger til en moderne kontorbygning:
 - Knap hver anden var utilfreds med temperaturen
 - Ca. hver sjette var utilfreds med støjgener
- Høj temperatur i ældre bygning – færre utilfredse end i den moderne bygning
 - Ca. hver fjerde var utilfreds med dårlig luft
 - Ca. hver syvende var utilfreds med belysningen



Arbejdspræstation i de to bygninger og energi til arbejde

- Utilfredshed med arbejdspræstation
- Har indeklimaet været forstyrrende evnen til at udføre arbejdet
- Har det krævet mere energi at løse arbejdsopgaven?
- Ældre bygning:
 - Omkring 2 ud af 3 føler at indeklimaet har forstyrret deres arbejde
 - Ca. hver fjerde deltager var ikke tilfreds med deres arbejdspræstation
 - Ca. 40% brugte mere energi på at løse deres arbejdsopgaver end de plejer



Simplificeret udregning

- 66 medarbejdere
- Indtjening på medarbejder: 750.000 kr.
- Indtjening virksomhed: 49.500.000 kr.
- Øget produktivitet: 5%
- Øget indtjening pr. år= 2.475.000 kr. (lejer)
- Udgift til indeklimainstallation: 2.500,000 kr. (ejer)
- Tilbagebetalingstid ca. 1 år

(Mange flere faktorer spiller ind)

Beregninger: en eksempel af højere indeluftkvalitet i kontorbygninger

- Gevinst - \$62.7 milliard/annum
- Forøget produktivitet= \$54.7 milliard
- Helbreds relateret fordeler= \$8 milliard
- Total omkostninger - \$87.9 milliard (til at starte med)
(i 40% of kontorbygninger I US som møder ikke op til ventilationsstandard)
+ 4.8 milliard/annum (vedligeholdelse)



Tilbagebetalingstid= 1.4 år

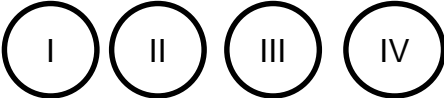
Kilde: Dorgan et al. (1998)

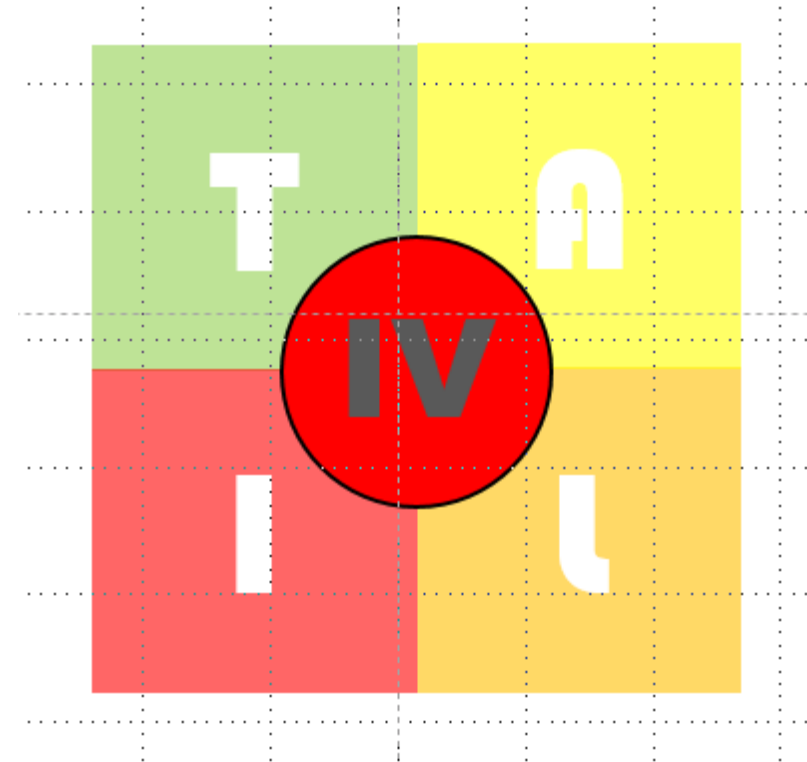
ALDREN TAIL index – en ny metode til at klassificere indemiljø

Fire komponenter:

- **T**ermisk miljø
- **A**kustisk miljø
- **I**ndeluftkvalitet
- **L**ys og visuel miljø

Kvalitet af indemiljø:

- 



Kilde: Alliance for Deep RENovation in buildings (ALDREN)- ALDREN.eu

Indemiljø parametre

	Parameter	Måling	Modellering	Visuel inspektion
<u>T</u>	Temperatur (°C)	x	(x)	
<u>A</u>	Støj (dB(A))	x		
<u>I</u>	CO ₂ (ppm)	x	(x)	
	Ventilationsrate (L/s)	x	(x)	
	Formaldehyd (µg/m ³)	x		
	Benzen (µg/m ³)	x		
	PM _{2.5} (µg/m ³)	x		
	Radon (Bq/m ³)	x		
	Relativ fugtighed (%)	x	(x)	
	Synlig skimmelsvamp (cm ²)			x
<u>L</u>	Dagslys faktor (%)		x	
	Belysningsstyrken (lux)	x		

TAIL IEQ parametre i Green Building Certificeringer

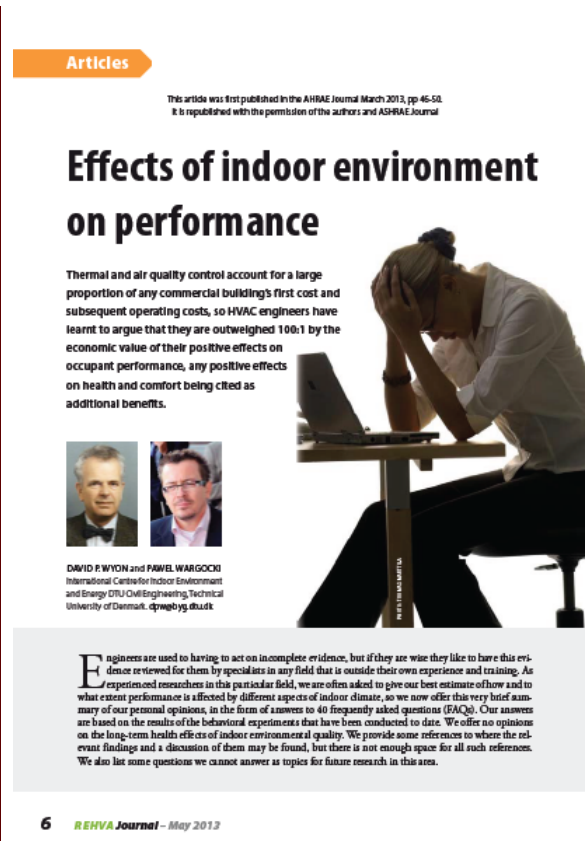
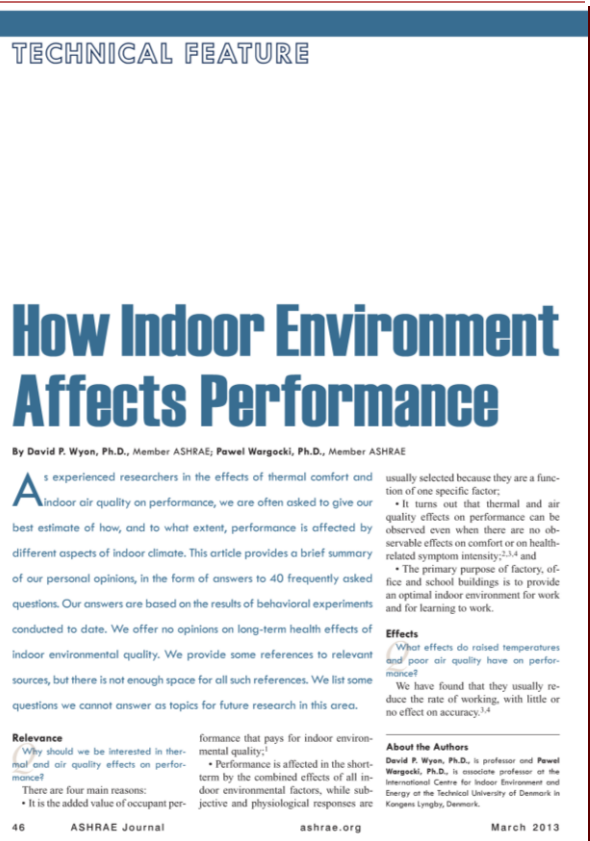
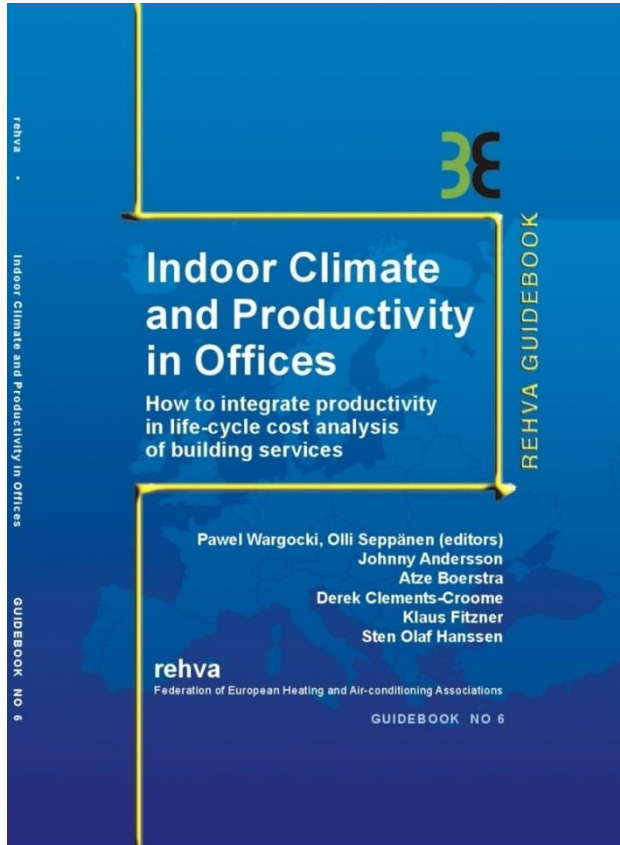
	TAIL IEQ parameters	EN16798	Level(s)	WELL	HQE	OsmoZ	BES	LEED	BREEM	KLIMA	CASBEE	NABERS	DGNB	LiderA	ITACA
<u>T</u>	Indoor temperature (°C)	x	x	x	x		x			x	x	x	x	x	
<u>A</u>	Noise level (dB(A))	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			
<u>I</u>	CO ₂ (ppm)	x	x	x		x	x	x		x		x			
	Ventilation rate (L/s)	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x
	Formaldehyde (µg/m ³)	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
	Benzene (µg/m ³)	x	x	x	x	x									
	PM _{2.5} (µg/m ³)	x	x	x	x	x		x							
	Radon (Bq/m ³)	x	x	x	x		x								
	Indoor air relative humidity (%)	x	x	x						x					
	Visible mould (cm ²)		x	x											
<u>L</u>	Daylight factor (%)	x	x		x	x			x		x		x		x
	Illuminance (lux)	x	x	x			x	x	x		x			x	
	<i>Number of parameters</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>8</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>2</i>

Sammenfatning

- Et godt indeklima øger den personlige ydeevne
- Effekten på arbejdspræstation kan løbe op til 10%
- Effekten på arbejdspræstation kan betale udgifter forbundet med energiforbedringer af bygninger
- 90% af alle udgifter i kontorer er til at dække medarbejdernes løn
- Betalingstid på udgifter er mindre end 1,5 år
- En ny TAIL indikator gør det muligt at kvalificere indemoljølø



Litteratur



Spørgsmål?



paw@byg.dtu.dk

Tusind tak



DTU

