



## **Indeklimaet i Industriens Hus**

Et renoveringsprojekt med fokus på indeklimaet

**Jürgen Nickel**

**Rambøll**

- **Renovering af Industriens Hus**

Baggrund, randbetingelser, projektforsløb

- **Et godt indeklima**

Definition af kravene og værktøjer til projektering

- **Indeklimaet i Industriens Hus**

Kravspecifikation – projektering – løsninger

- **Generelle udfordringer for indeklimaet**

Krav efter BR10, EN/DS-standards, AT-vejledninger?

Belastningsscenarier efter momentane brugerinput eller fleksible, robuste løsninger?

- **Diskussion**



# RENOVERING AF INDUSTRIENS HUS

## Baggrund, randbetingelser, projektforsløb

Bygherrerådgiver      Grontmij

Arkitekt                Transform

Projekterende ing.      Rambøll

Overgang til totalentreprise 2009/2010

Totalentreprenør      Pihl

Indvielse maj 2013



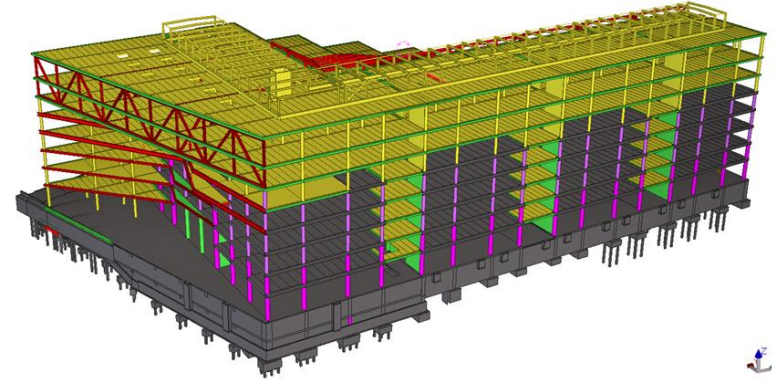
Fra Rådhuset, 1948



Industriens Hus, 1978, Erik Møller

# RENOVERING AF INDUSTRIENS HUS

## Baggrund, randbetingelser, projektforsløb



- Genanvendelse af den bærende konstruktion
  - ++ tidsbesparelse
  - begrænsning i etagehøjden (installationer)

# ET GODT INDEKLIMA

**Hvad er et godt indeklima?**

# ET GODT INDEKLIMA

## Hvad er et godt indeklima?

### Luftkvalitet

Forureningskilder (materialer, personer), volumenstrøm (pladsforhold, energi)

### Termisk indeklima

Temperatur - belastninger (intern, ekstern), køleeffekt

Træk - systemløsning, produkter, placering

*alt andet er i praksis forholdsvis nemt at løse*

# ET GODT INDEKLIMA

## Hvad er et godt indeklima?

BR10, DS474, ISO 7730 (DS 1752)

Temperatur

maks. 100h over 26°C

Træk  
(sommer)

EN/DS 15251

maks. 25h over 27°C

0,22 m/s  
(klasse B)

AT vejledninger

20 – 25 °C

0,15 m/s  
(vinter)

DS 3033

Parametre/værdier:	A <sup>++</sup>
Ventilationsrate: (l/s m <sup>2</sup> ):	0,30 <sup>1)</sup>
<b>Termiske forhold:</b>	
-Tætte vinduer	Ja
-Vinduer med dobbelt glas	Ja
-Luftvarme uden andre varmegivere	Nej
-Store solbeskinnede vinduer uden solafskærmning	Nej
-Rumbaseret justerbar termostatbaseret temperaturstyring	Ja
-Varmekilder under alle vinduer, herunder også gulvvarme, med en rudehøjde større end . Ved ruder med U-værdi lavere end 1,2 W/m <sup>2</sup> K, dog større end <sup>2)</sup>	Ja

## Hvad er et godt indeklima?

Træk – DR -draught rate (ISO 7730, DS 1752)

$$DR = (34 - t_{a,l}) (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14)$$

For  $\bar{v}_{a,l} < 0,05$  m/s: use  $\bar{v}_{a,l} = 0,05$  m/s

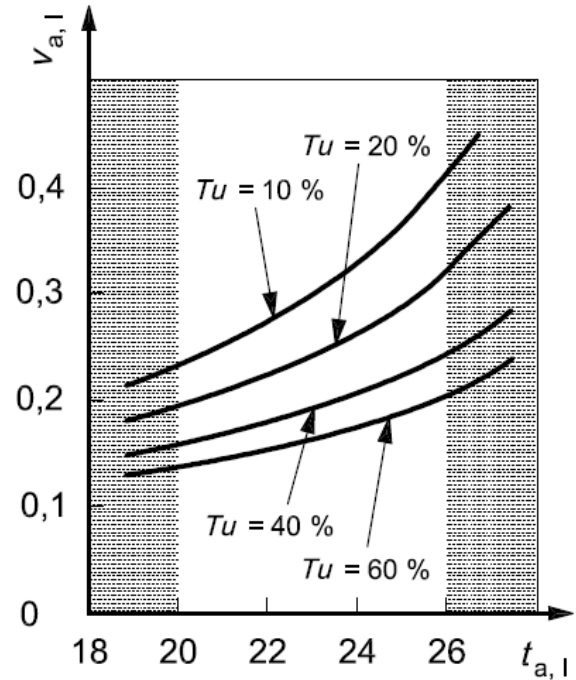
For  $DR > 100$  %: use  $DR = 100$  %

where

$t_{a,l}$  is the local air temperature, in degrees Celsius, 20 °C to 26 °C;

$\bar{v}_{a,l}$  is the local mean air velocity, in metres per second, < 0,5 m/s;

$Tu$  is the local turbulence intensity, in percent, 10 % to 60 % (if unknown, 40 % may be used).



**Category B: DR = 20 %**



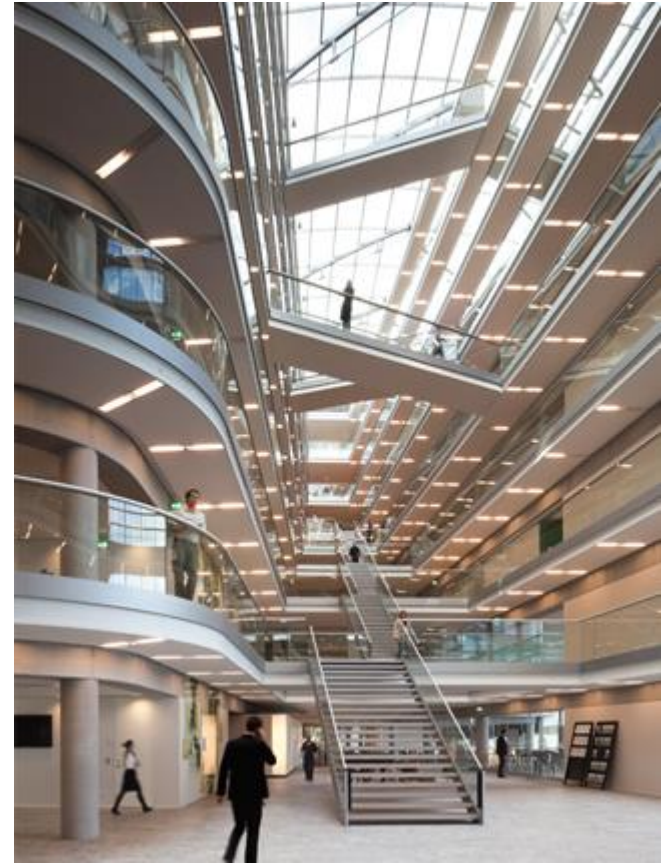
## Værktøjer til projektering af indeklimaet

- Erfaring
- Leverandørdata og deres dimensionering
- Termiske dynamiske simuleringer (BSIM, IES, IDA-Ice, ...)
- CFD simuleringer
- Fuldskalaforsøg

# ET GODT INDEKLIMA

## Værktøjer til projektering af indeklimaet

- Erfaring

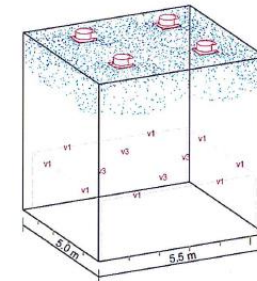


## Værktøjer til projektering af indeklimaet

- Leverandørdata og deres dimensionering

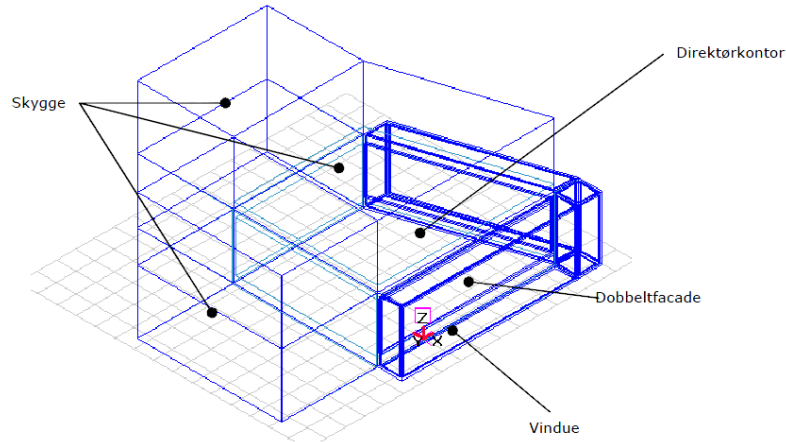
Varmekilder og deres placering kan influere på luftstrømmens hastighed og retning

Køling		CSW/S-NA-C+AQ(0.0)		2011.03	
Rum: Møde 1 Cowi - Nordea		Total luftmængde	4 x 90 m <sup>3</sup> /h / 4 x 90 m <sup>3</sup> /h		
Rumstørrelse:	5.5 x 5.0 x 5.5 m	I alt / dysere:	13.1 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )		
Opholdzone:	h=1.8 m / dw=0.2 m	Tilluftstemperatur:	16.0 °C		
Rumluft:	25.0 °C / 50 %	Totalt trykfald:	76 Pa		
Ønsket køleeffekt:	2700 W	Total lydtryksniveau:	25 dB(A)		
Installationshøjde:	5.50 m	Primær luft kapacitet	1065 W (4 x 266 W)		
Vand indgangstemperatur:	14.0 °C	Total køleeffekt:	2500 W (4 x 625 W)		
Vand udgangstemperatur:	16.8 °C		465 W/m, 91 W/m <sup>2</sup>		
Vandmængde	0.120 kg/s (4 x 0.030 kg/s)	Duggpunktstemperatur:	13.8 °C		
Coil kapacitet	1435 W (4 x 359 W)	Position af induktionskontrol	3		
	267 W/m	Nozzle opening:	24.0		
Vand trykfald:	2.7 kPa	L <sub>d</sub> :	-		
Hastighedspunkt	v1	v3			
Jet-dyse	-0.10 m/s	-0.10 m/s			
Jet-dyse, isotermisk	<0.05 m/s	<0.05 m/s			
Δt (Jet-dyse - rumluft)	-0.0 °C	-0.1 °C			
Varmekilder og deres placering kan influere på luftstrømmens hastighed og retning.					
vlim= 0.20 m/s					



## Værktøjer til projektering af indeklimaet

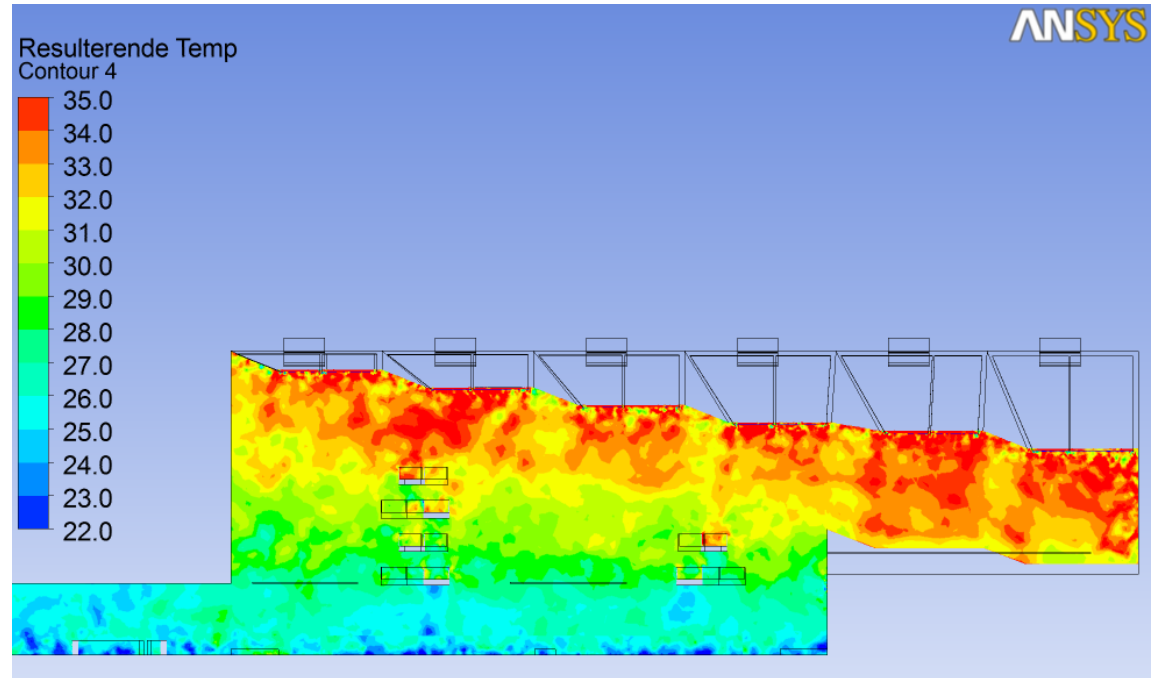
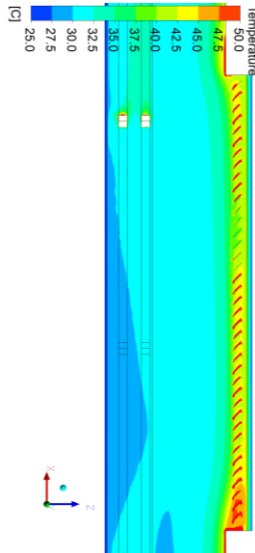
- Termiske dynamiske simuleringer (BSIM, IES, IDA-Ice, ...)



Rum	Dimensionerende kølebehov W/m2	Antal timer over:					
		22 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C
KRAV:						100 h	25 h
<b>Cellekontorer</b>							
A - Sydøst	43	2349	2325	681	281	93	23
B - Nordvest	52	2349	2349	916	258	76	22
<b>Direktørkontorer</b>							
C - Nord	45	2349	2127	281	93	50	23
D - Sydøst	39	2349	2184	681	258	76	21
N - Øst	41	2231	1010	352	140	82	23
<b>Storrumskontor</b>							
E - Vest	46	2349	1104	258	117	70	25
F - Sydøst	47	2349	2325	704	305	91	22
G - Syd	48	2349	2302	657	281	78	22
H - Nordøst	25	2349	2349	1057	399	82	20
I - Nordvest	35	2349	2302	822	258	76	25
<b>Hovedbestyrelseslokale</b>							
J - Sydøst	57	2349	2349	1338	493	95	20
<b>Kantine</b>							
K1 - Øst	83	2325	352	187	93	25	5
K2 - Nordøst	85	2325	587	234	100	25	5
<b>Konferencesal</b>							
L - Sydvest	98	4745	4365	521	237	60	22
<b>Møderum</b>							
M - Sydøst	71	2349	2349	1104	399	93	25

## Værktøjer til projektering af indeklimaet

- CFD simuleringer



## Værktøjer til projektering af indeklimaet

- Fuldskalaforsøg



# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS



## 3 fokusområder

- Kontorarealer med kølebafler
- Atrium med mekanisk eller naturlig ventilation afhængig af anvendelse
- Reception

# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Indeklimakrav

For de fleste rum klasse B  
jf. DS 1752



Rumtype	Operativ temperatur [°C]		Maks. lufthastighed [m/s]		Øvrige krav Termisk indeklima kategori
	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	
<u>Multirum</u>					
<u>Anretterkøkken</u>	24,5±2,0	22,0±2,0	0,22	0,21	
<u>Teknikrum</u>	Maks. 30	Maks. 30	-	-	
<i>Industriklubben (Mødecener 1. sal)</i>					
<u>Ophold</u>	24,5±1,5	22,5±2,0	0,22	0,18	B
<u>Mødelokaler</u>	24,5±1,5	22,5±2,0	0,22	0,18	B
<u>Anretterkøkken</u>	24,5±2,0	22,0±2,0	0,22	0,21	
<i>Butiksareal</i>					
<u>Butikslejemål</u>	24,5±1,5	22,5±2,0	0,22	0,18	B
<u>Restaurant</u>	24,5±1,5	22,5±2,0	0,22	0,18	B
<u>Køkken</u>	24,5±2,5	23,0±3,0	0,30	0,30	
<i>Kontorområder</i>					
Kontorarealer, interne mødelokaler, stillerum og direktorkontorer på etage 1-5	24,5±1,5	22,5±2,0	0,22	0,18	B



## Kontorarealer



- På grund af lav loftshøjde (genanvendelse af oprindelig konstruktion) er der begrænset plads til ventilationskanaler.
- => Løsning med minimal volumenstrøm og vandbaseret køling med kølebafler blev valgt.
- Løsning blev afprøvet i fuldskalaforsøg i laboratoriet og detaljerne tilpasset på baggrund af forsøgsresultater.

# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Fuldskalaforsøg

Kontorarealer med kølebafler

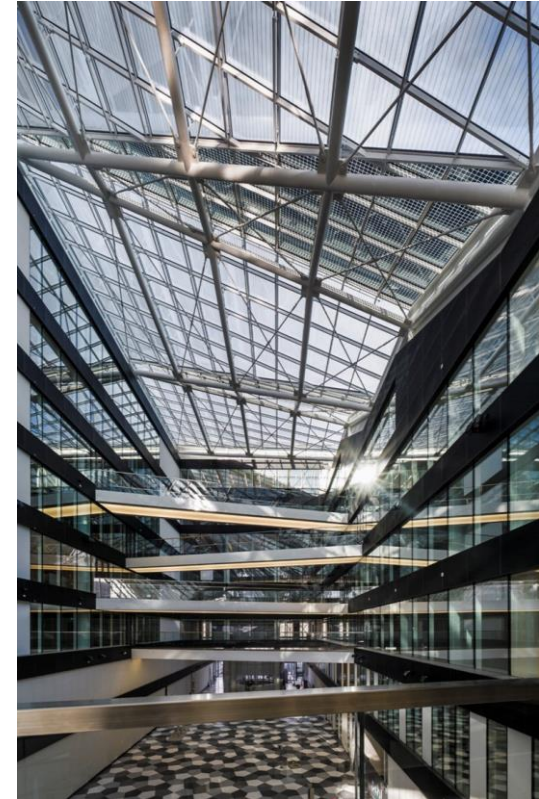


# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Atrium

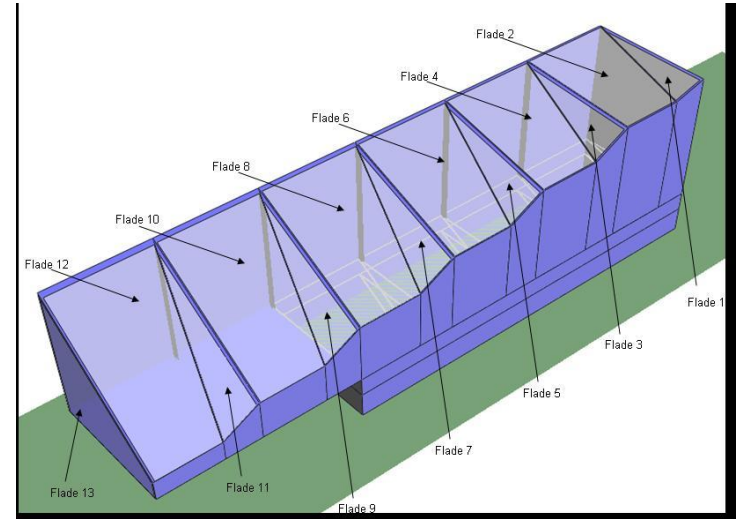
- Ca. 1000 m<sup>2</sup> grundareal, ca. 2200 m<sup>2</sup> glastag og facade
- Ca. 230 W/m<sup>2</sup> varmebelastning
- Krav til godt indeklima ved banket og lignende

<u>Rumtype</u>	<u>Antal personer</u>	<u>Varmebelastning fra udstyr</u>	<u>Brugstid</u>	<u>Gennemsnitlig anvendelse</u>
<i>Foyer</i>				
Reception	2 (1,2 MET)	3 PC	8:00-17:00	100 %
<u>Omstilling</u>	4 (1,2 MET)	4 PC	8:00-17:00	100 %
<i>Atrium</i>				
Atrium	25 (1,2 MET)	5 kW	8:00-17:00	50 %
	400 (1,2 MET)	10 kW	8:00-17:00	5 %
	0	5 kW	8:00-17:00	45 %



## Atrium

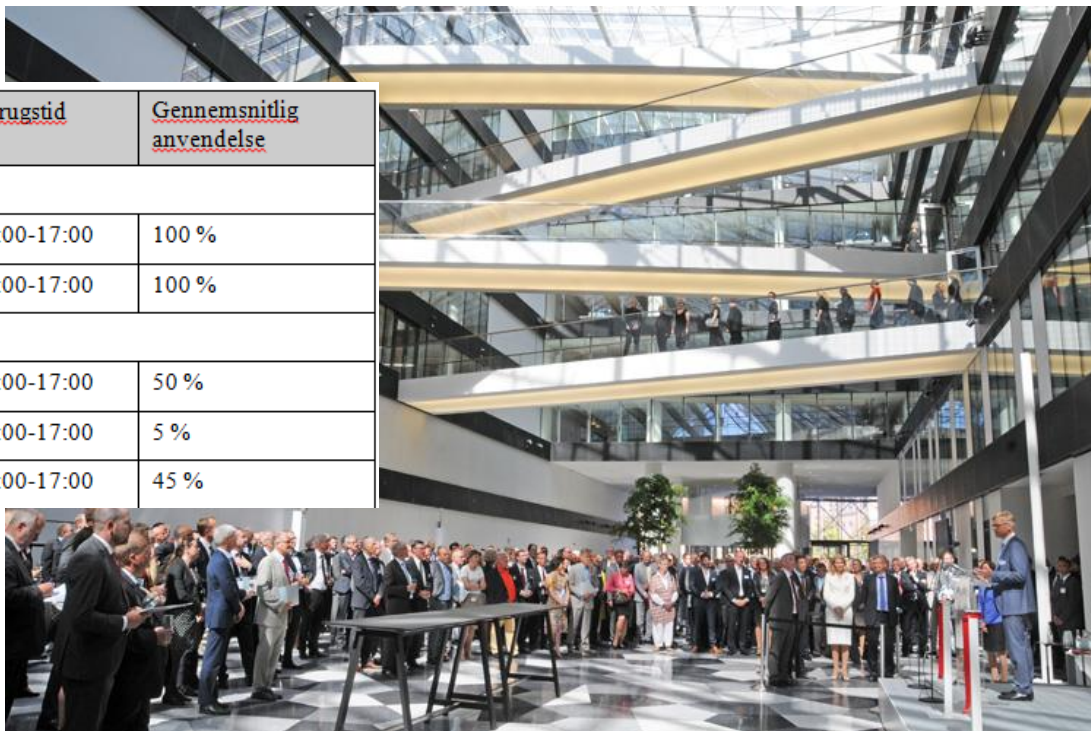
- => gulvvarme/køling, fortrængningsventilation i opholdszonen, dyseindblæsning fra siderne
- Naturlig ventilation (energibesparelse) ved normaldrift (> 95% af tiden)
- => CFD simuleringer, primært for at eftervise temperaturfordeling over højden og virkning af solafskærmning



# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Atrium

<u>Rumtype</u>	<u>Antal personer</u>	<u>Varmebelastning fra udstyr</u>	<u>Brugstid</u>	<u>Gennemsnitlig anvendelse</u>
<i>Foyer</i>				
Reception	2 (1,2 MET)	3 PC	8:00-17:00	100 %
Omstilling	4 (1,2 MET)	4 PC	8:00-17:00	100 %
<i>Atrium</i>				
Atrium	25 (1,2 MET)	5 kW	8:00-17:00	50 %
	400 (1,2 MET)	10 kW	8:00-17:00	5 %
	0	5 kW	8:00-17:00	45 %



## Atrium

400 personer á 80 W = 32 kW ~ ca. 30 W/m<sup>2</sup>

Teknisk udstyr = 10 kW

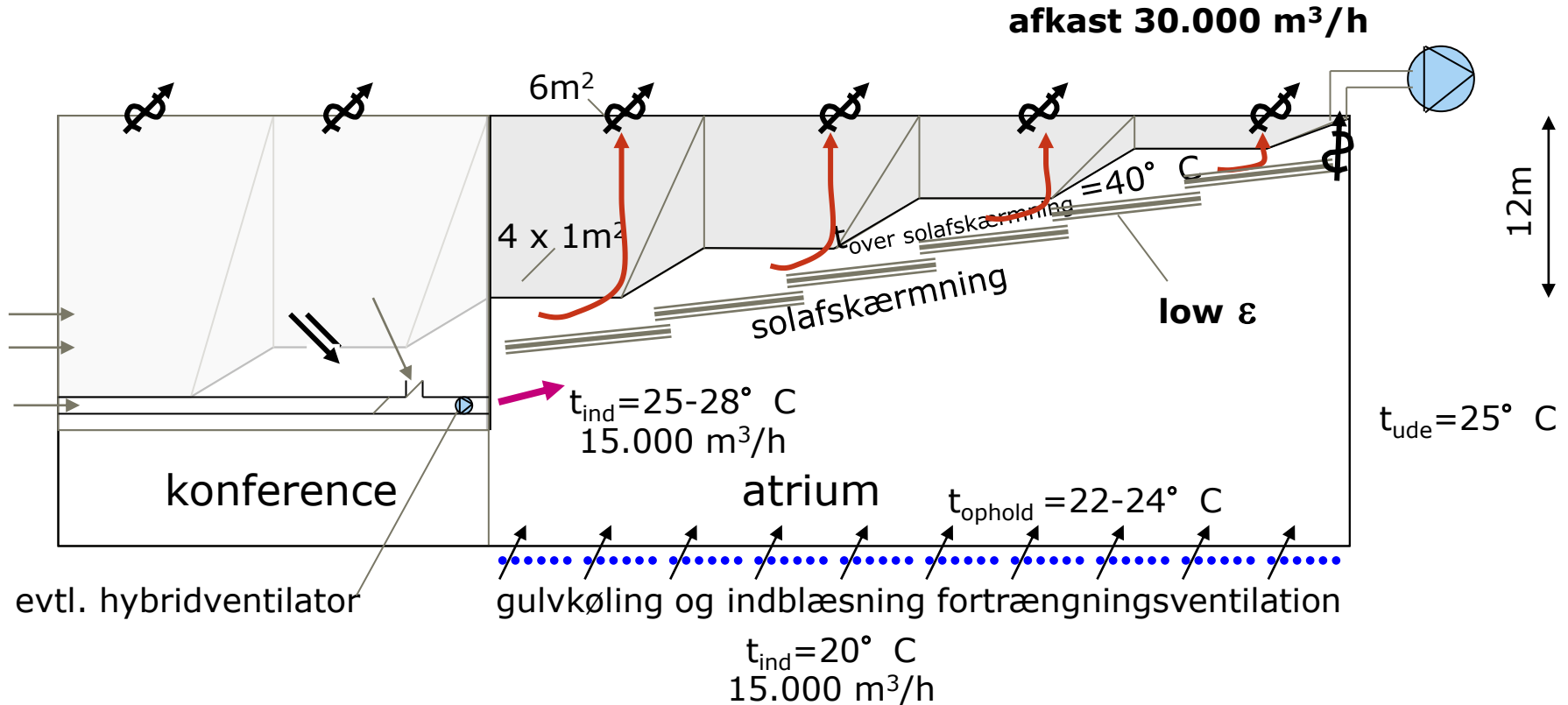
Intern varmebelastning i alt = 42 kW ~ ca. 41 W/m<sup>2</sup>

Ekstern varmebelastning fra sol = ca. 200 kW ~ 200 W/m<sup>2</sup>

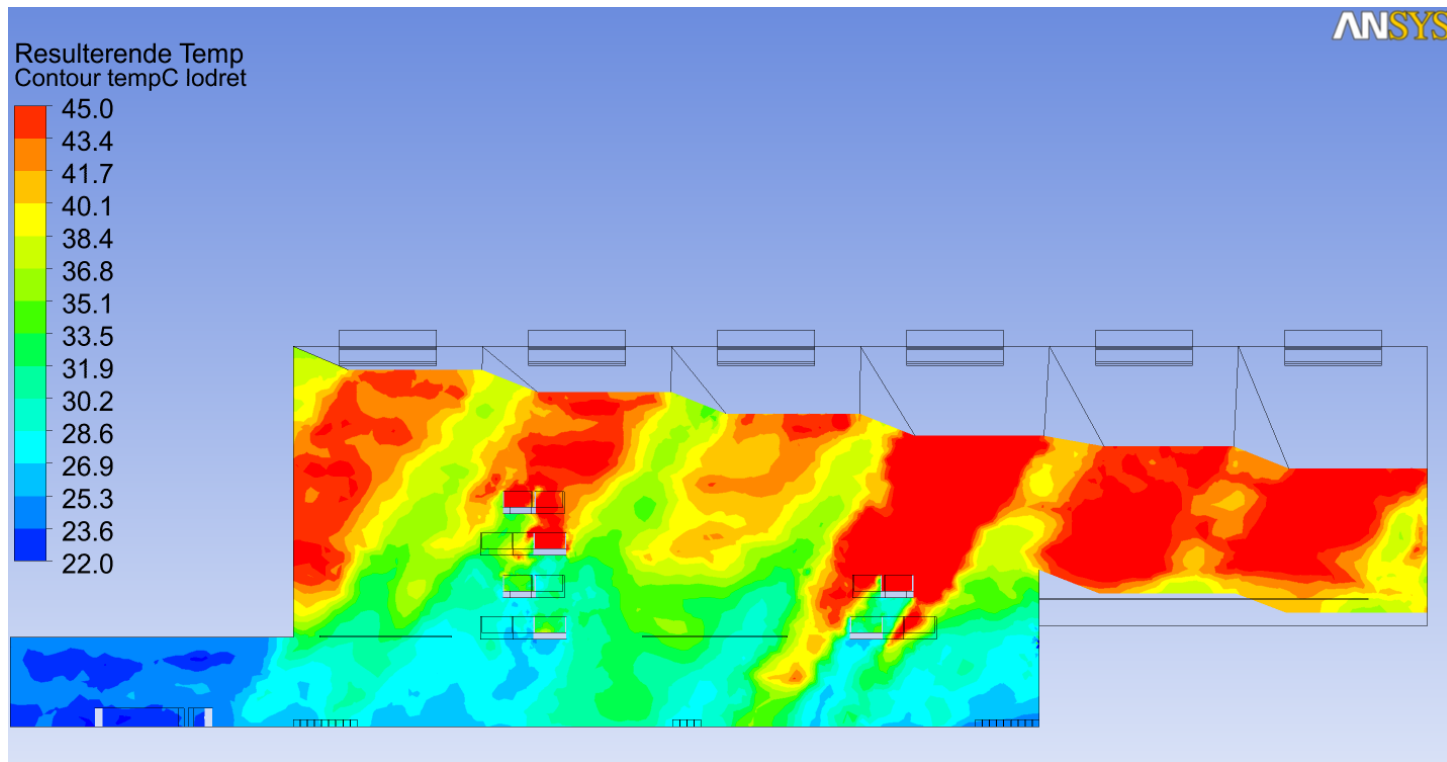
**Varmebelastning i alt ca. 242 kW ~ 240 W/m<sup>2</sup>**

# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Atrium



## Atrium





## Atrium

I totalentreprisen kom forslag om anvendelse af Microshade i stedet for den indvendige solafskærmning.

Løsningen blev dokumenteret med endnu en CFD beregning.



# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Atrium

Dyser:

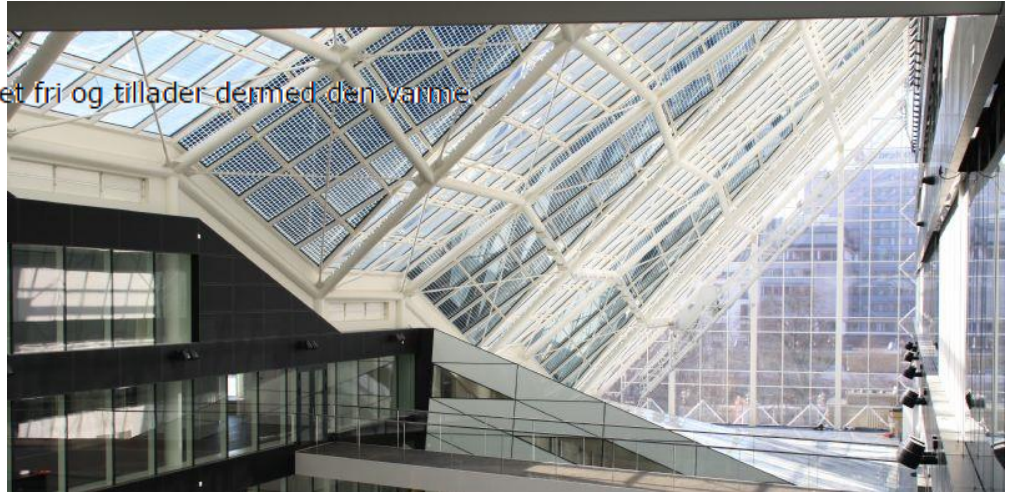
Blæser 44.000 m<sup>3</sup>/h luft ind med en hastighed på 1 m/s. Temperaturen på luften er 25°C, men der er mulighed for at opvarme luften til 28°C.

Diffusere:

Blæser 16.280 m<sup>3</sup>/h nedkølet luft ind med en hastighed på ca. 0,37 m/s. Luften er kølet til 20° C.

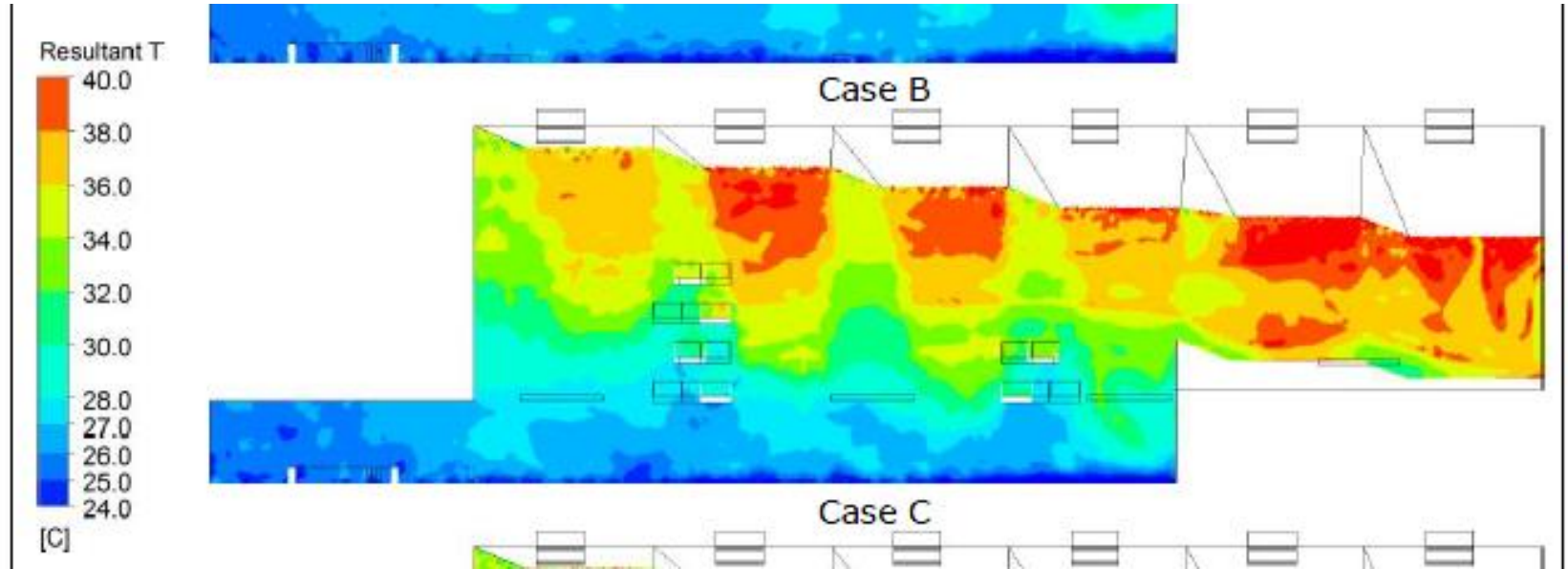
Ventilationsåbninger:

Ventilationsåbningerne i toppen af atriet er åbne ud til det fri og tillader dermed den varme luft i toppen af atriet at strømme ud.



# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

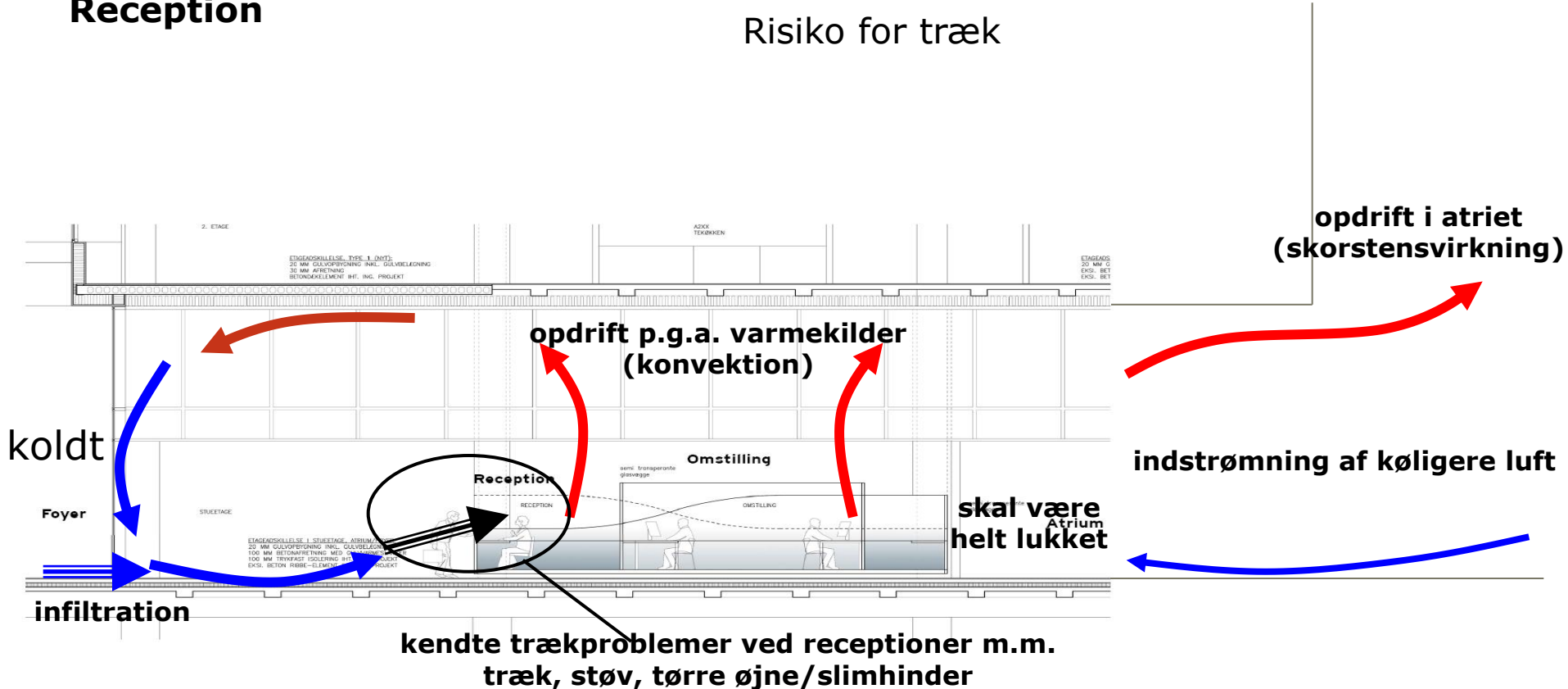
## Atrium



# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Reception

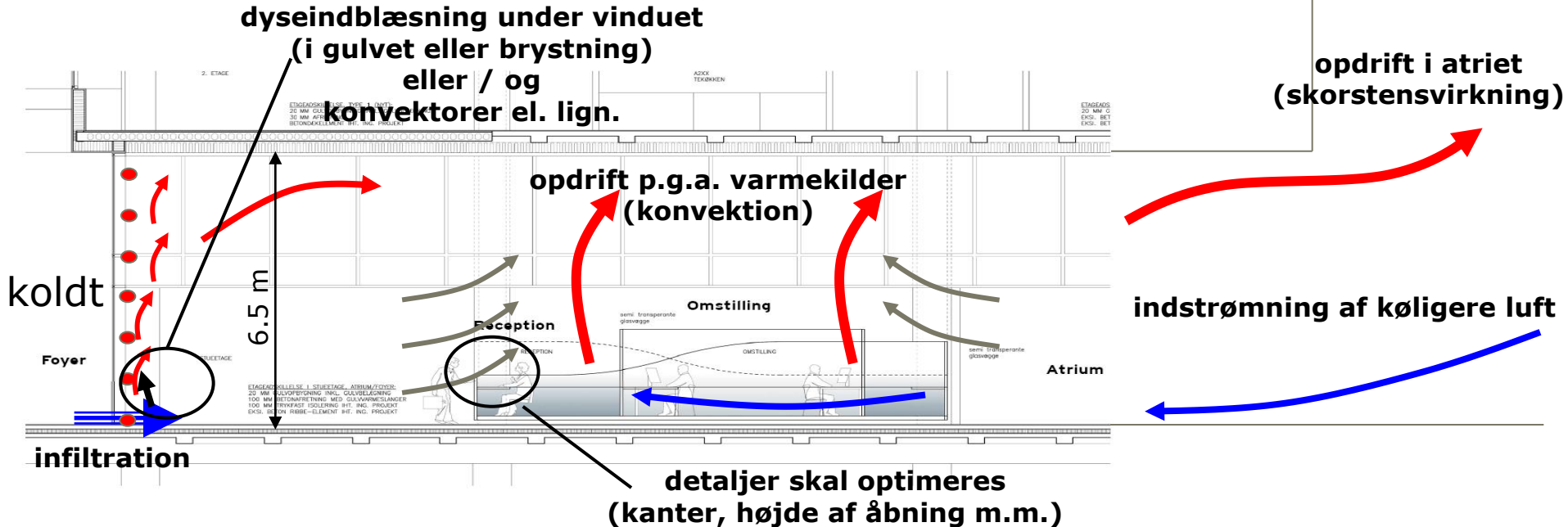
Risiko for træk



# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Reception

Strømning skal vendes for at forhindre træk ved receptionisten!

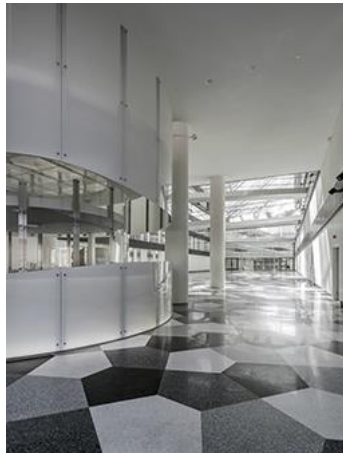


# INDEKLIMAET I INDUSTRIENS HUS

## Reception

Afskærmet mest muligt mod  
atriet og indgang

Radiatorer, indblæsning i gulv



# GENERELLE UDFORDRINGER FOR INDEKLIMAET

## Dimensioneringsforudsætninger

Nuværende lejerkrav eller fremtidssikret?



Realitet 2014

8 skriveborde + 2 studenterpladser

= 10 arbejdspladser

Indretningsplan 2010

6 skriveborde



# GENERELLE UDFORDRINGER FOR INDEKLIMAET

## BR10, DS474, DS 1752 Indeklimaklasse B

Tabel 1 – Projekteringskriterier for lokaler i forskellige typer bygninger a)

Bygning/lokale	Aktivitetsniveau	Personbelastning person/m <sup>2</sup>	Kategori	Operativ temperatur <sup>b)</sup>		Maksimal middellufthastighed		Lydtrykniveau dB(A)	Ventilationsrate l/s x m <sup>2</sup>	Ekstra ventilation, hvis rygning er tilladt <sup>c), d)</sup> l/s x m <sup>2</sup>
				°C		m/s				
				Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)	Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)			
Enkeltmands-kontor	1,2	0,1	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,18	0,15	30	2,0	—
			B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,22	0,18	35	1,4	—
			C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,25	0,21	40	0,8	—
Storrumskontor	1,2	0,07	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,18	0,15	35	1,7	0,7
			B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,22	0,18	40	1,2	0,5
			C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,25	0,21	45	0,7	0,3

DS474 Temperatur

100h > 26°C

25h > 27°C

Træk

(sommer)

0,22 m/s



## AT vejledninger

A 1.12 – Temperatur i arbejdsrum på faste arbejdspladser

### *2. Højeste temperaturer*

---

Generelt bør temperaturen under normale klima- og arbejdsforhold holdes på 20-22 °C ved stillesiddende arbejde og må ikke overstige 25 °C.

### *3. Arbejde i varme omgivelser*

---

Herved forstås arbejdssituationer med mere end 25 °C ved stillesiddende arbejde.

Under særlige klimaforhold, fx hedebløge, må det accepteres, at temperaturen ikke kan holdes under 25 °C i rummet, men det kan da være nødvendigt at træffe foranstaltninger, der sikrer de ansatte bedst muligt mod ubehag og sundhedsfare (1).

# GENERELLE UDFORDRINGER FOR INDEKLIMAET

## AT vejledninger

### Træk

#### A 1.2 – Arbejdsstedets indretning - Indeklima

Om vinteren kan dårligt isolerede vægge, gulve og vinduer ofte give kulde-  
nedfald eller kuldestråling, der føles som træk. Utætte døre og vinduer giver  
ofte trækgener, især i forbindelse med udsugningsanlæg. Lufthastigheden i  
rum, hvor der er personer, bør holdes under 0,15 m/sek. (2, 3).

## AT vejledninger

### Er en At-vejledning bindende?

At-vejledninger er ikke bindende for virksomhederne, sikkerhedsorganisationerne eller andre, men vejledninger bygger på regler (lov og bekendtgørelser), der er bindende. Arbejdstilsynet vil ikke foretage sig mere i de situationer, hvor fx en virksomhed har fulgt en At-vejledning.

### Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning

**§ 60.** Bygningsreglementet gældende på det tidspunkt, hvor et arbejdssted er indrettet, udgør de mindstekrav, der efter bekendtgørelsen stilles til arbejdsstedets bygningsmæssige udformning og indretning. Efter væsentlig ombygning udgør bygningsreglementet på ombygningstidspunktet mindstekravene.

**§ 61.** Til arbejdssteder inden for de erhvervs kategorier, hvor arbejdsprocessen ikke har en afgørende betydning for bygningens udformning eller dens indretning, stilles ikke bygningsmæssige krav udover de minimumskrav, der følger af § 60, forudsat byggeriet er gennemført efter byggetilladelse udstedt efter den 1. maj 1986.

# GENERELLE UDFORDRINGER FOR INDEKLIMAET

## AT vejledninger

Er AT-vejledninger og BR10 krav i strid med hinanden?

Forslag:

	>25 °C	>26 °C	>27 °C
antal timer	175	100	25
andel af normalarbejdstiden 8:00 - 17:00 (2340 h)	7%	4%	1%

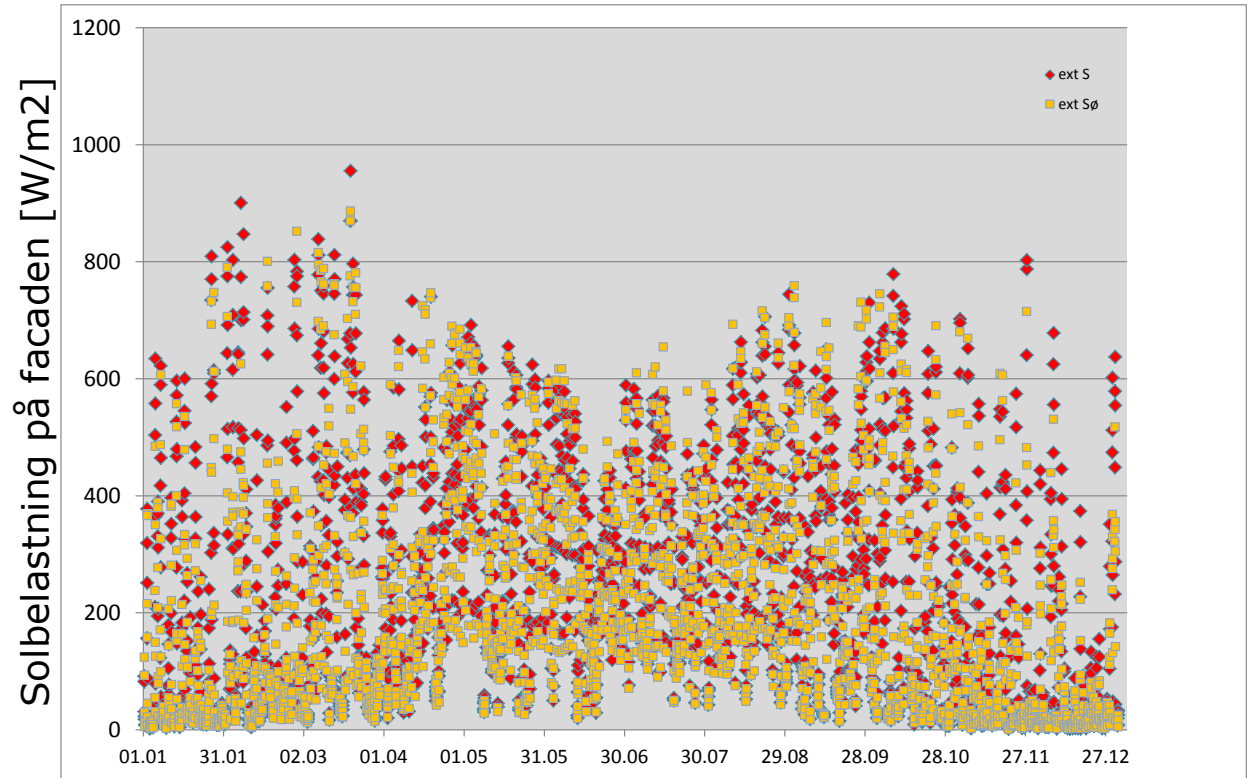
## 2. Højeste temperaturer

---

Generelt bør temperaturen under normale klima- og arbejdsforhold holdes på 20-22 °C ved stillesiddende arbejde og må ikke overstige 25 °C.

# GENERELLE UDFORDRINGER FOR INDEKLIMAET

Forår og efterår har de største eksterne belastninger!



# GENERELLE UDFORDRINGER FOR INDEKLIMAET

Hvilke indeklimakrav gælder f.eks. på en varm aprildag?

Operativ temperatur <sup>21</sup>		Maksimal middellufthastighed	
°C		m/s	
Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)	Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)
24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,18	0,15

