

---

# VENTILATIONSVINDUER SOM TEKNOLOGI

Christopher Just Johnston

ErhvervsPhD-studerende ved NIRAS og DTU

---

# OVERSIGT

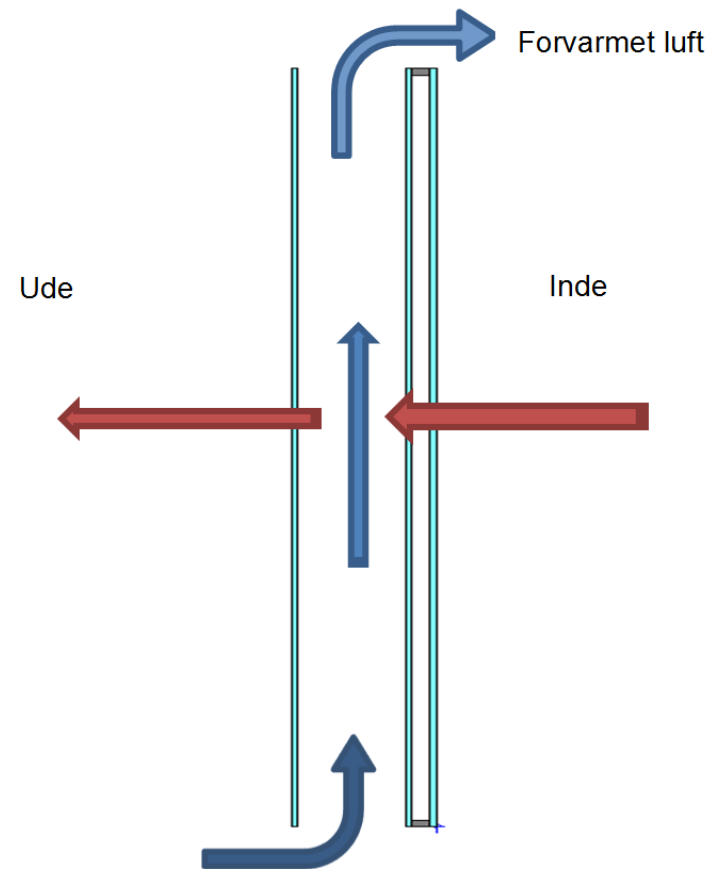
---

- > Ventilationsvinduet
- > Undersøgelsen
- > Fysikken
- > Forbehold
- > Resultater
- > Betragtninger

# VENTILATIONSVINDUET

Som det er undersøgt

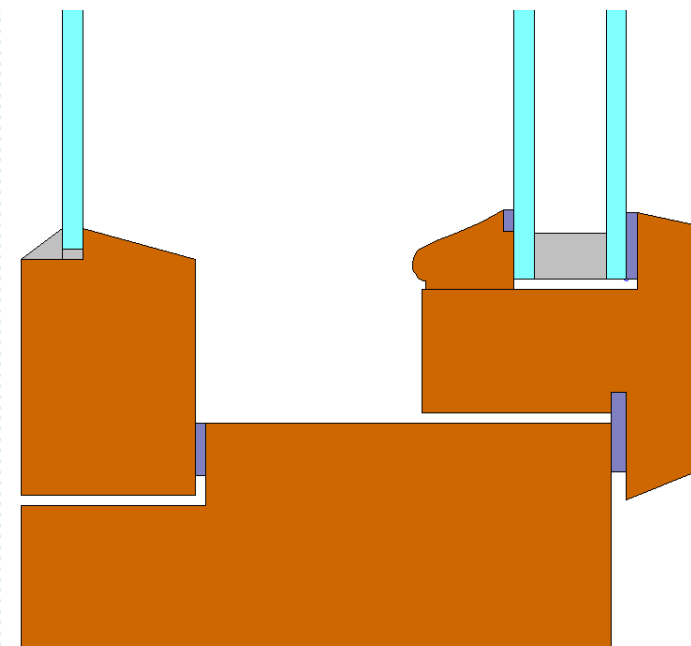
- > Principskitse
- > Masser af forskellige design



# VENTILATIONSVINDUET

Som det er undersøgt

- > Principskitse
- > Masser af forskellige design
- > De 2 undersøgte design
  - > DTU BYG
  - > FH IBP
  - >  $U \approx 1,07 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 
    - > Beregnet i WIS
    - > Uden ventilation



---

# UNDERSØGELSEN

## Fremgangsmåden

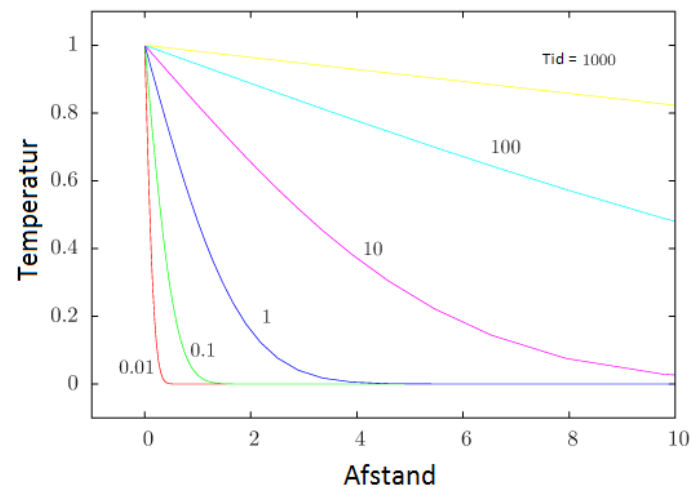
---

- > Målinger
  - > Guarded Hot Box Test
    - > DTU BYG
    - > FH IBP
- > Matematisk modellering
  - > CFD
  - > WinVent (WV)
- > Dynamisk simulering
  - > Lineær regression
  - > IES VE

# UNDERSØGELSE

## Matematisk modellering

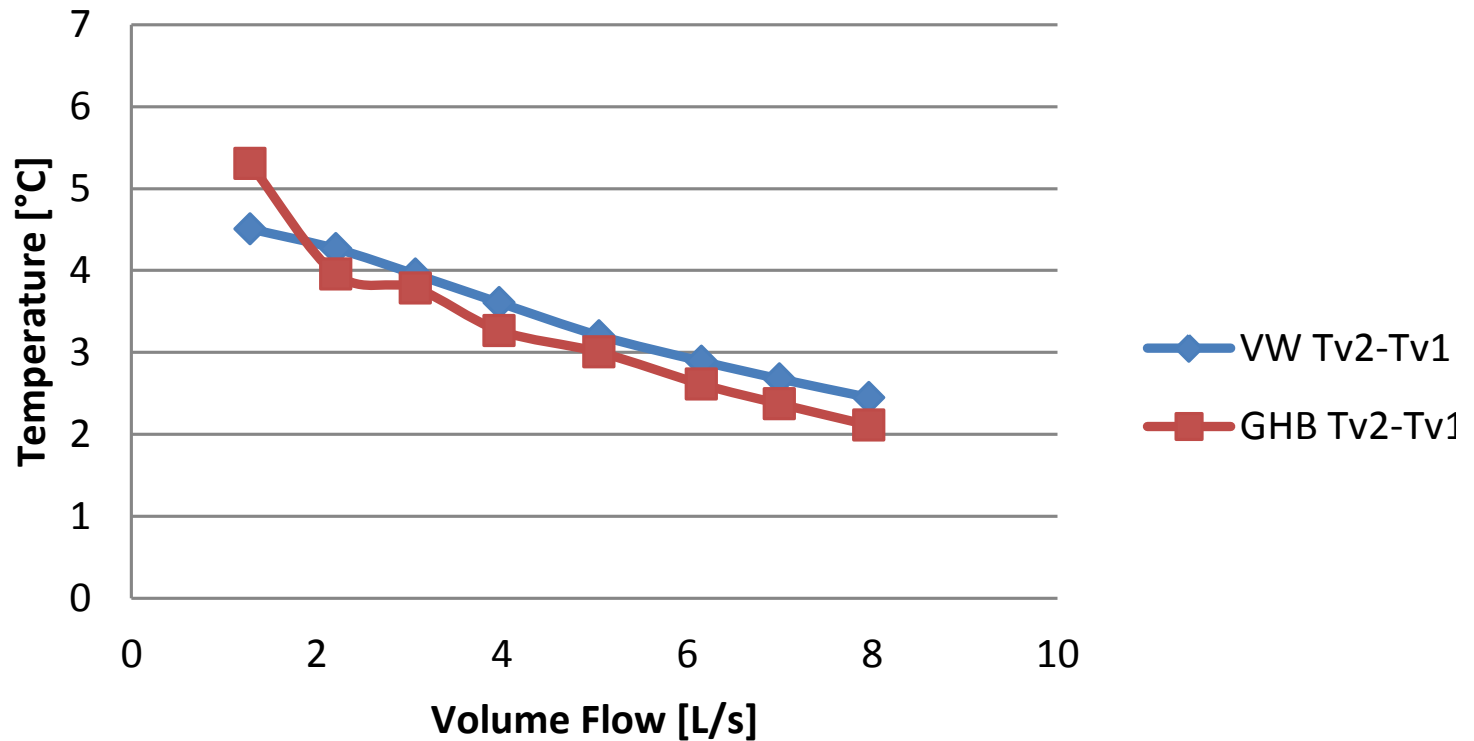
- > CFD
  - > Luftstrømmes opførsel
  - > Udvikling i temperatur
- > WinVent (WV)
  - > Numerisk algoritme
  - > Udviklet til projektet
  - > Udvikling i temperatur
  - > Halvuendeligt materiale
- > Parametervariation i WV (660)
  - > Volumenstrøm
  - > Indetemperatur
  - > Solindfald
- > Lineær regression



# UNDERSØGELSEN

Matematisk modellering

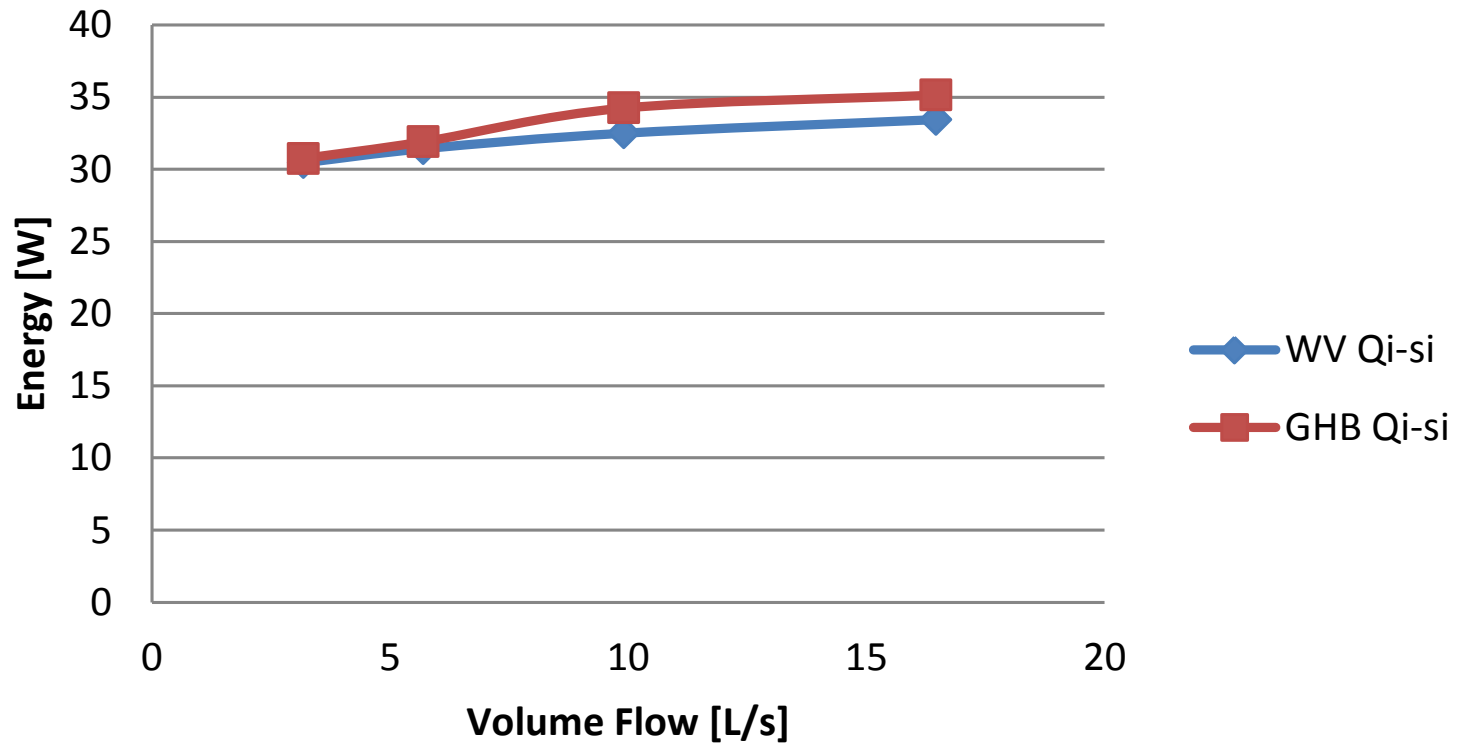
## Heating of Air: WV-GHB DTU.BYG



# UNDERSØGELSEN

## Matematisk modellering

**Energy Entering System: WV-GHB FH.IAO**

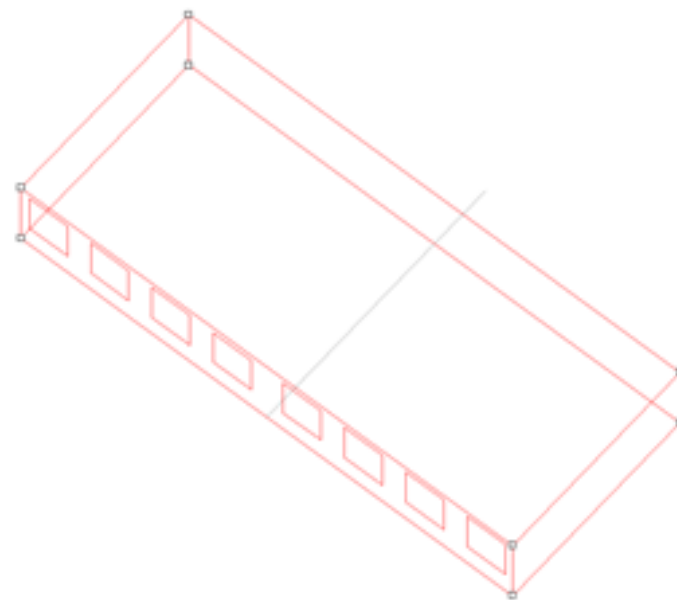




# UNDERSØGELSEN

## Dynamisk simulering

- > IES VE
  - > Brug af modeller baseret på lineær regression
  - > Standard konstruktioner
  - > Dansk klimadata
- > Bedste vilkår for teknologien
  - > Optimalt volumenstrøm
  - > Optimalt gulvareal



---

# UNDERSØGELSEN

## Forbehold

---

- Bidrag til opvarmning af leveret friskluft fra stråling er ikke undersøgt ved målinger
  - Standard teori brugt til at inkludere stråling i WinVent
- Potentiale for køling er ikke undersøgt

- Jf. afsnit om fysikken bag vinduet

---

# FYSIKKEN

Bag vinduet – hvordan det virker

---

- > Varmetransport
- > Luftbevægelse
- > Energibalance
- > Varmegenvinding

---

# FYSIKKEN

## Varmetransport

---

- > Konduktion
- > Konvektion
- > Stråling
  - > Transmittans
  - > Reflektans
  - > Absorptans
    - > Emittans

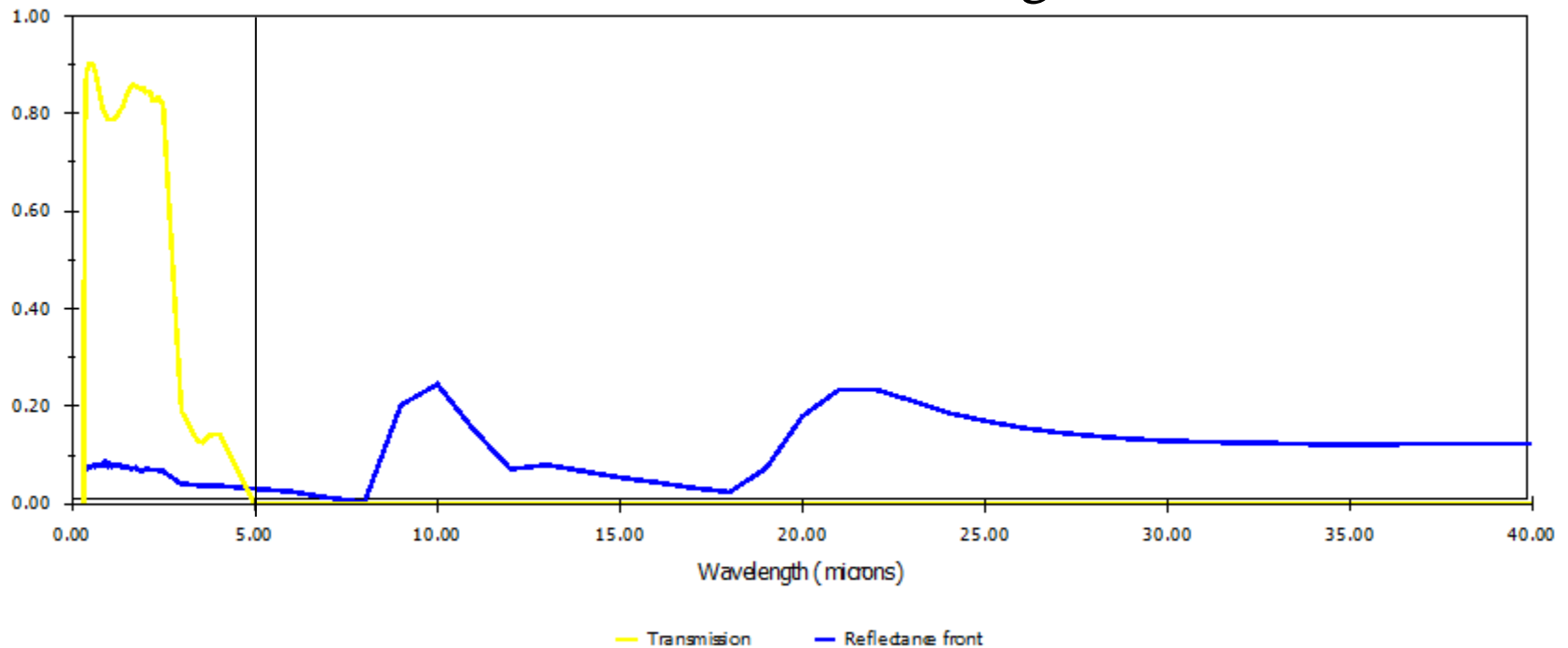
# FYSIKKEN

## Varmetransport – Stråling

➤ Transmittansen [-] for almindeligt klart glas

Sol

Varmestråling



➤ Transmittansen [-] for luft er ~1

---

# FYSIKKEN

## Varmetransport – Stråling

---

- Emissiviteter [-] for bygningsmaterialer (ved ~25 °C)
  - Almindeligt klart glas: 0,84
  - Lavenergiglas (Low-E): 0,04
  - Rød tegl: 0,93
  - Beton: 0,85
  - Fyrtræ: 0,95

---

# FYSIKKEN

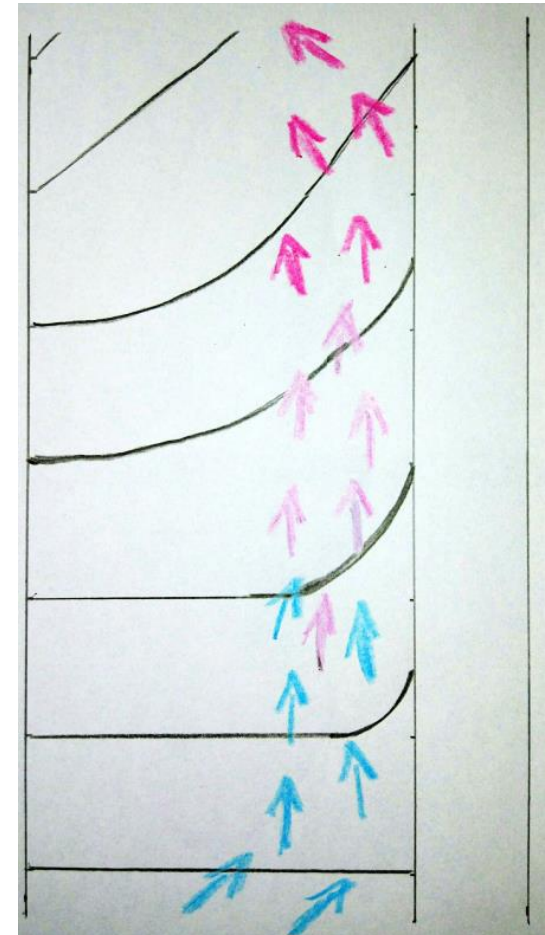
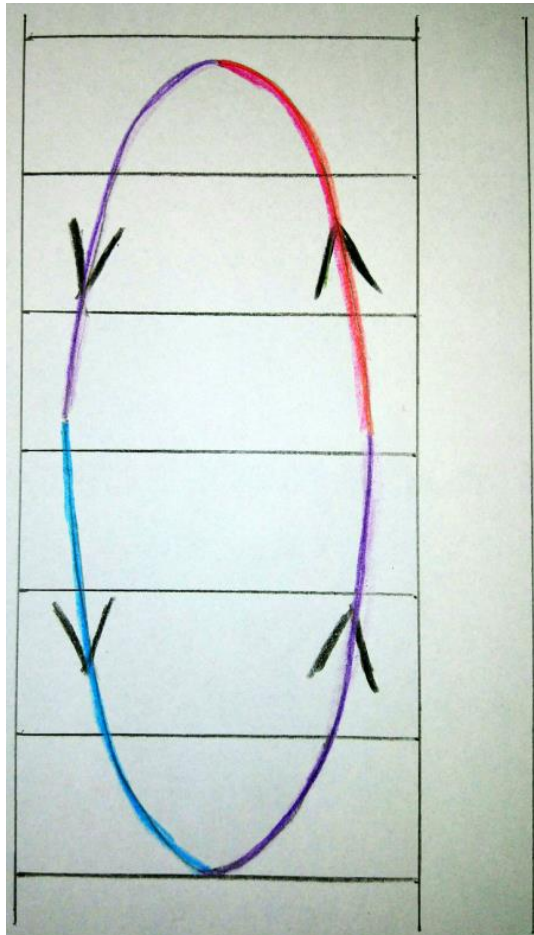
## Varmetransport – Stråling

---

- Det betyder groft sagt, at...
  - Stråling ikke afsætter varme i luft
  - Solstråling ikke afsætter varme i glas
  - Almindelige vinduer derfor lukker omtrent lige så meget solenergi ind som ventilationsvinduer
  - Potentialer for køling er lavt netop fordi, solstråling stort set uhindret passerer igennem både glas og luft
    - Der altså stadigvæk skal bruges solafskærmning

# FYSIKKEN

## Luftbevægelse (i lodret spalte)





---

# FYSIKKEN

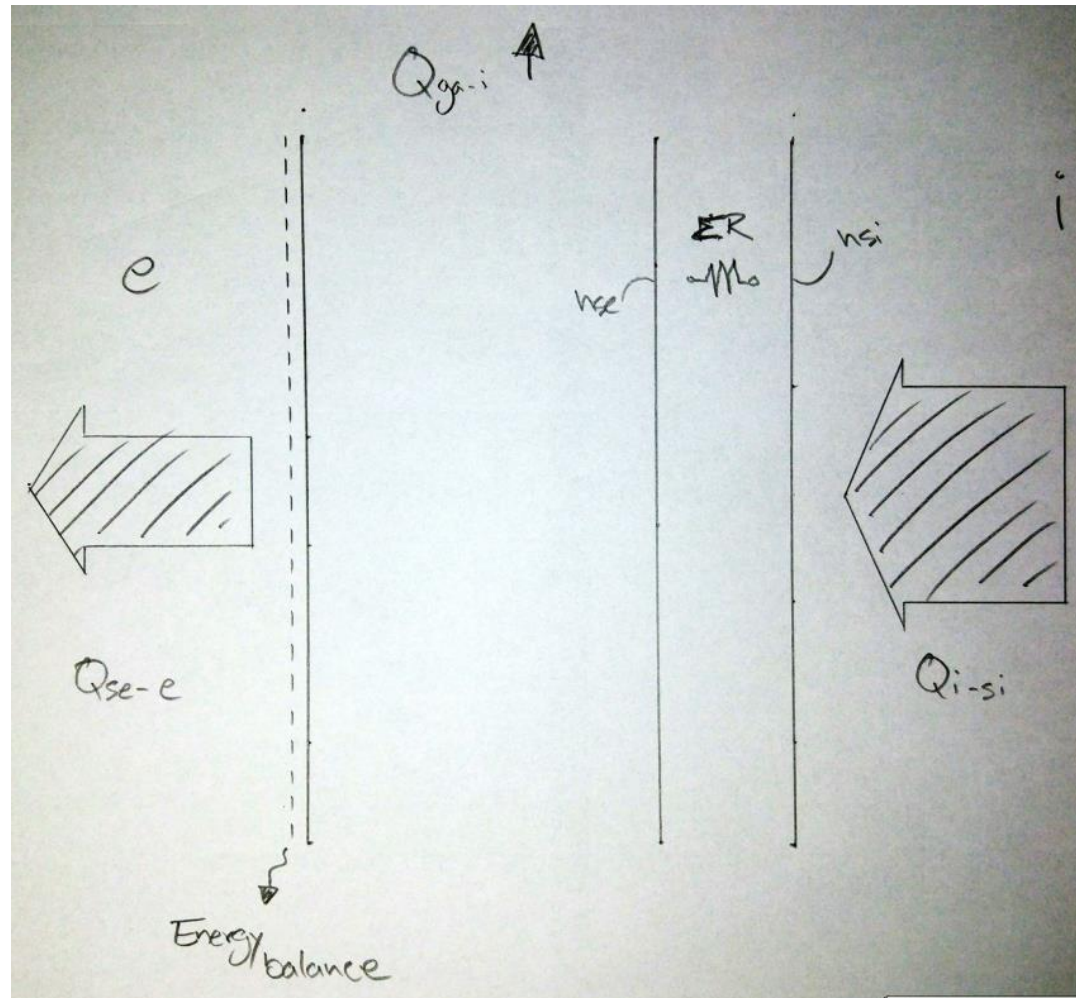
## Luftbevægelse (i lodret spalte)

---

- > Det betyder groft sagt, at...
  - > Det er muligt at nedbringe varmetab over yderste glaslag
  - > Varmetabet gennem vinduet kan mindskes ved at sætte en luftstrøm fra bund til top
  - > Der er noget om snakken – princippet virker
- > Men det siger intet om potentiale – altså hvor meget...
  - > Temperaturen på leveret friskluft kan hæves
  - > Forvarmet luft der kan leveres
  - > Et varmetab kan reduceres

# FYSIKKEN

## Energibalance



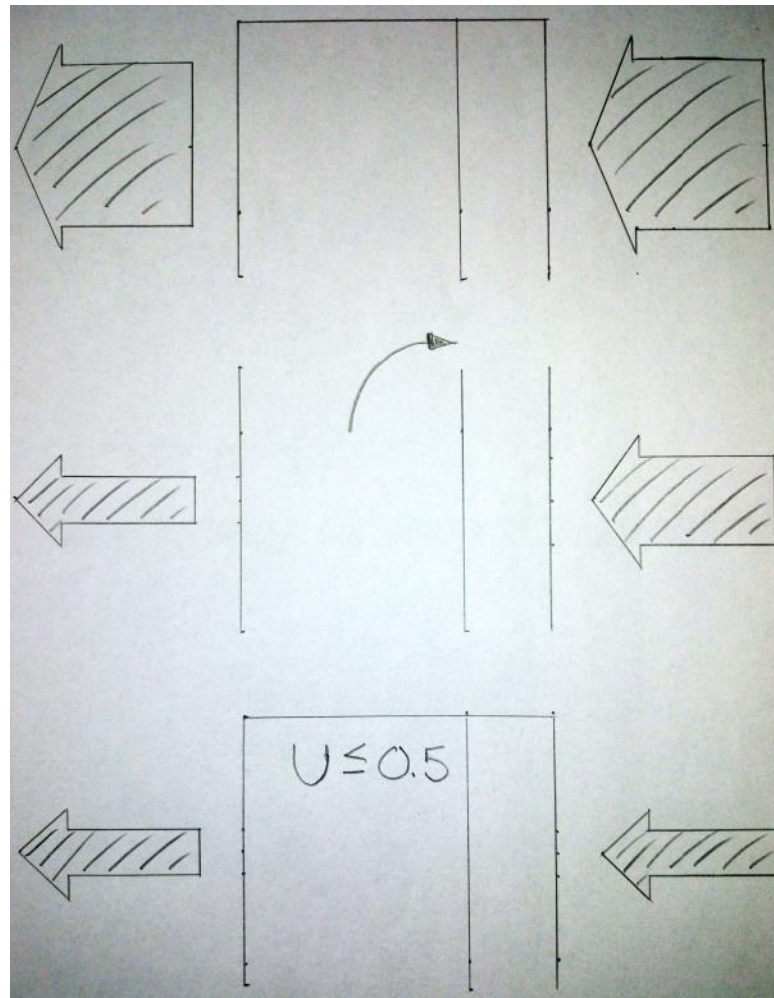
# FYSIKKEN

## Energibalance

- Det betyder groft sagt, at...
  - En energibesparelse skal defineres ved reduktionen af mængden, der forlader systemet og går til omgivelserne
    - $\Delta Q_{reduktion} = (U_{ny,eff} - U_{gammel,eff}) \cdot A \cdot \Delta T \cdot n_{vin}$
    - Hvor  $U_{eff}$  beskriver varmetabet til omgivelserne fra yderste glaslag til omgivelserne
  - Det interessante ikke er mængden, der går ind i systemet, men mængden der går tabt til omgivelserne
- Overgangsisolansen er den eneste variable der ændres
  - Den endelige U-værdi af (det inderste) vindue ikke meget markant
  - Der ikke er et forøget opvarmningspotentialt ved en forøget volumenstrøm – altså at der er et loft for hvor meget luft der kan forvarmes til en ønsket temperatur

# FYSIKKEN

## Varmegenvinding – Energibalance og relative størrelsesforhold



---

# FYSIKKEN

## Varmegenvinding – Energibalance og relative størrelsesforhold

---

- > Det betyder groft sagt, at...
  - > Varmegenvinding er ikke hvor meget man genbruger af det man smider ind i et system, men hvor meget man reducerer mængden, der går tabt fra det
    - > Er et varmetab større end, hvad et moderne vindue ville tillade tabt til omgivelserne, så kan der ikke tales om varmegenvinding
    - > Varmegenvinding er forskellen mellem tabet fra et nyt godt vindue, regnet positivt ned til det mindre varmetab fra et system med genvinding
  - > Ventilationsvinduet ikke er en "Disruptive Technology", men at udviklingen af "almindelige vinduer" (3-lags ruder, lavemissionsbelægninger, varme profiler og forbedrede rammer) har været "disruptive" for ventilationsvinduet

# RESULTATER

Opvarmning af luft i ventilationsvindue undersøgt ved DTU

## Guarded Hot Box Test – Resultater fra DTU BYG

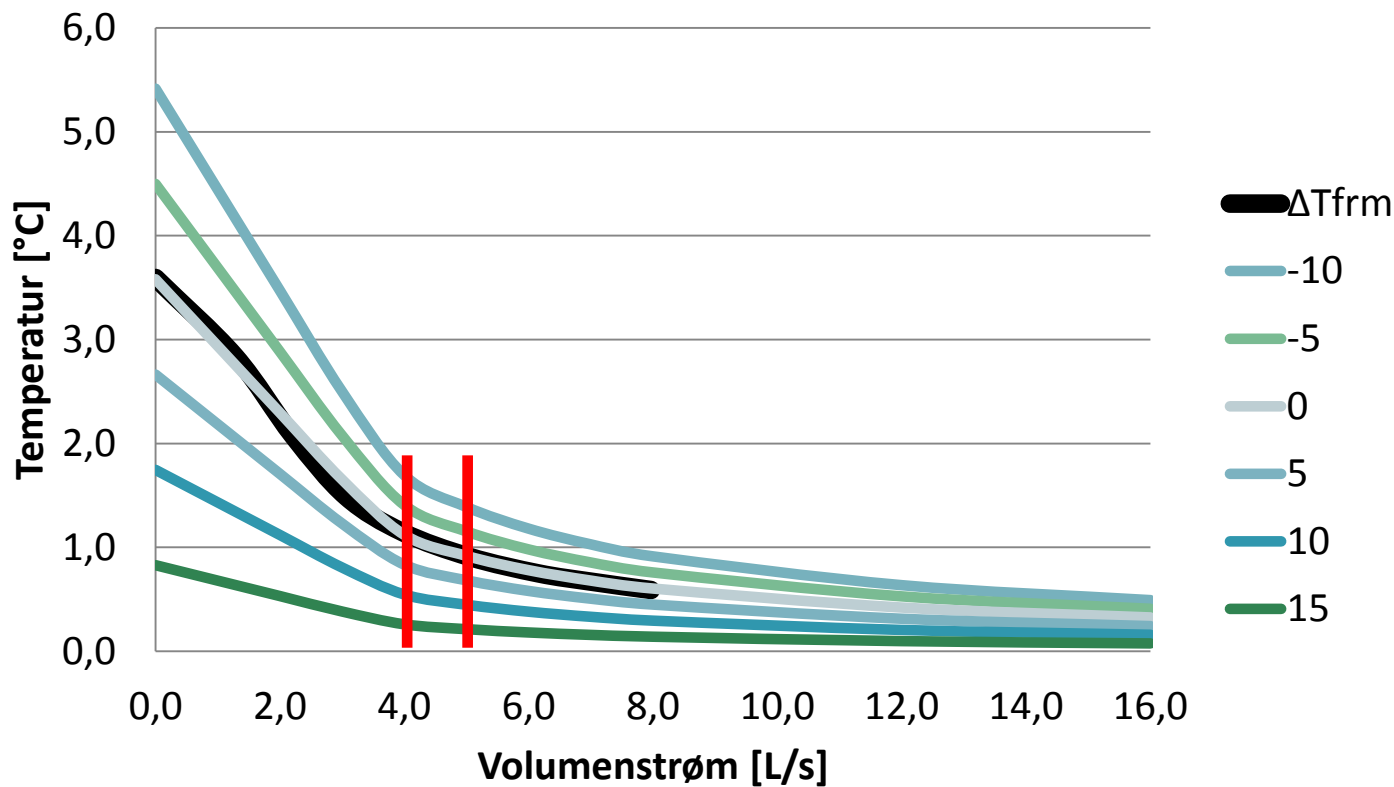
Temperaturer målt i Guarded Hot Box Test af ventilationsvindue uden (simulering af) solstråling

$G_a$	[L/s]	0	1,3	2,2	3,1	4,0	5,1	6,2	7,0	8,0
$T_e$	[°C]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
$T_i$	[°C]	20,0	19,8	19,6	19,5	19,4	19,3	19,4	19,4	19,5
$T_{v1}$	[°C]	3,6	2,8	2,1	1,5	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8
$T_{v2}$	[°C]	16,4	8,1	6,0	5,3	4,4	3,9	3,4	3,1	2,9
$T_a$	[°C]	19,9	8,0	6,8	6,0	5,3	4,7	4,1	3,7	3,5
Forskel: $T_{v1} - T_e$		3,6	2,8	2,1	1,5	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6
Forskel: $T_{v2} - T_{v1}$		12,8	5,3	4,0	3,79	3,3	3,0	2,6	2,4	2,1
Forskel: $T_{v2} - T_a$		3,5	-0,1	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6

# RESULTATER

Opvarmning af luft i ventilationsvindue undersøgt ved DTU

## Forøgelse af temperatur i underramme



# RESULTATER

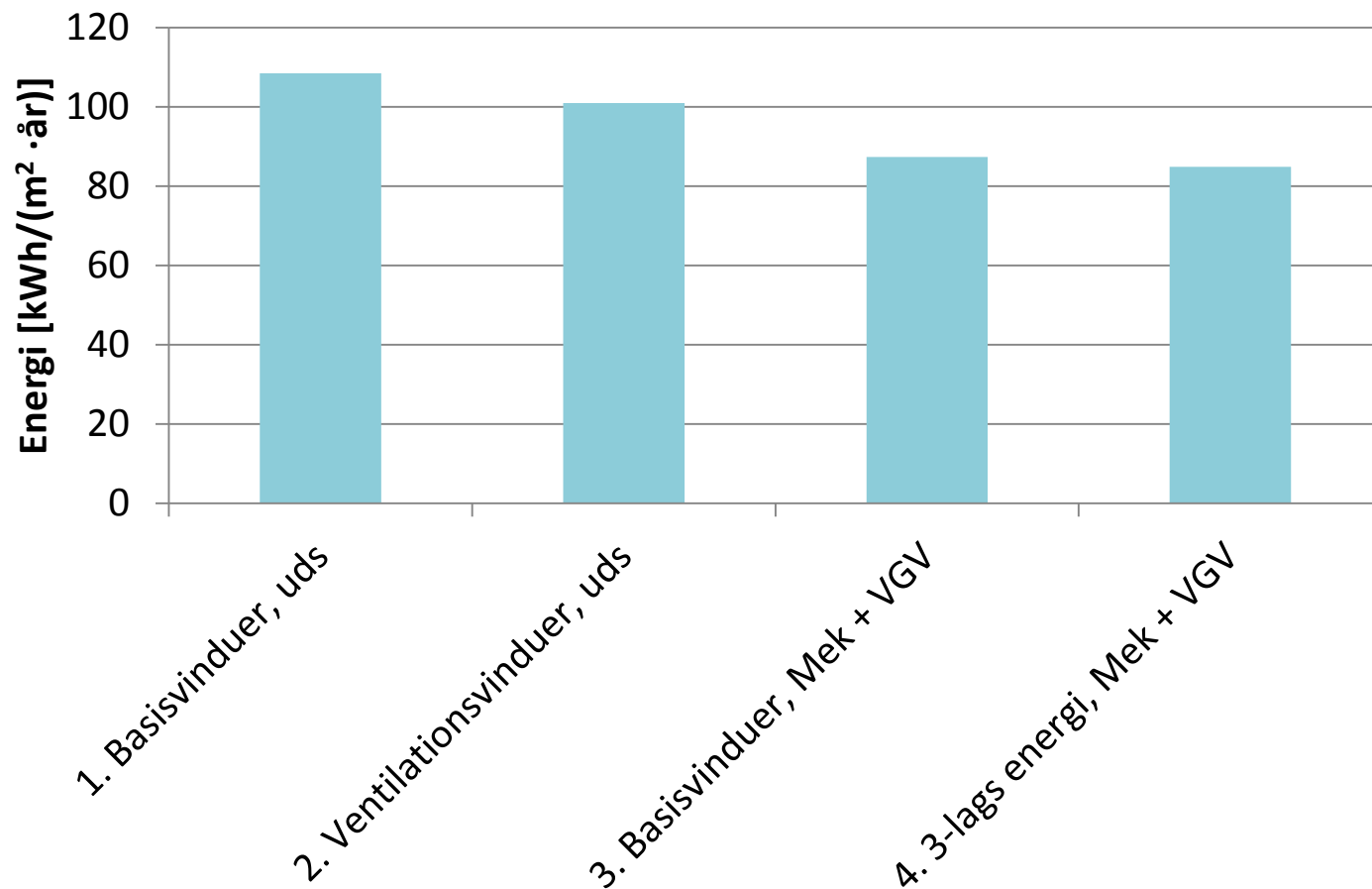
Sammenligninger af teknologier gjort i undersøgelsen

	Rude		Ramme- karm	Vindue		Ventilation
	$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$g_g$ [-]	$U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$U_w$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$g_w$ [-]	
<b>Scenarie 1: Basisvindue</b>	0,80	0,56	1,9	1,07	0,43	Udsugning
<b>Scenarie 2: Ventilationsvindue</b>	0,80	0,56	1,9	1,07	0,43	Udsugning
<b>Scenarie 3: Basisvindue</b>	0,80	0,56	1,9	1,07	0,43	Balanceret med VGV
<b>Scenarie 4: 3-lags energivindue</b>	0,59	0,50	1,4	0,80	0,38	Balanceret med VGV



# RESULTATER

Sammenligninger af teknologier gjort i undersøgelsen



---

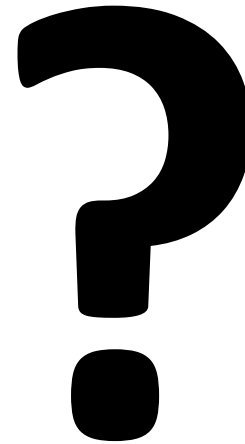
# BETRAGTNINGER

Gjort på baggrund af arbejdet udført ifm. undersøgelsen

---

- > Lovpligtigt luftskifte på  $0,3 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$  kræver mekanik
- > Træk ved lave udetemperaturer
- > Kondens ved enkeltlag glas inderst
  - > Forslag til BR15 på overfladetemperatur på mindst  $11 \text{ }^\circ\text{C}$
- > Forvarmning imellem glas og i bund og top af ramme
  - > Ikke i lodret ramme
  - > Forvarmning i ramme/karm er ikke ulig forvarmning i revner og sprækker ved klassik naturlig ventilation
- > Brugstid i sæson og materialeegenskaber (transmisstans)
  - > Næppe effektiv køling
  - > Næppe effektiv forvarmning af luft
- > Naturlig ventilation med støjdemping
  - > Men med forsatsrude yderst

Tak for jeres opmærksomhed!



I er – naturligvis – mere end velkomne til at stille spørgsmål!