

KU LEUVEN

Zomercomfort & Ventilative Cooling in schoolgebouwen

Hilde Breesch

Onderzoeksgroep Duurzaam Bouwen

KU Leuven Technologicampus Gent



HOME > NIEUWS > BINNENLAND

Oververhitting in de zomer blijft grote uitdaging voor passiefscholen

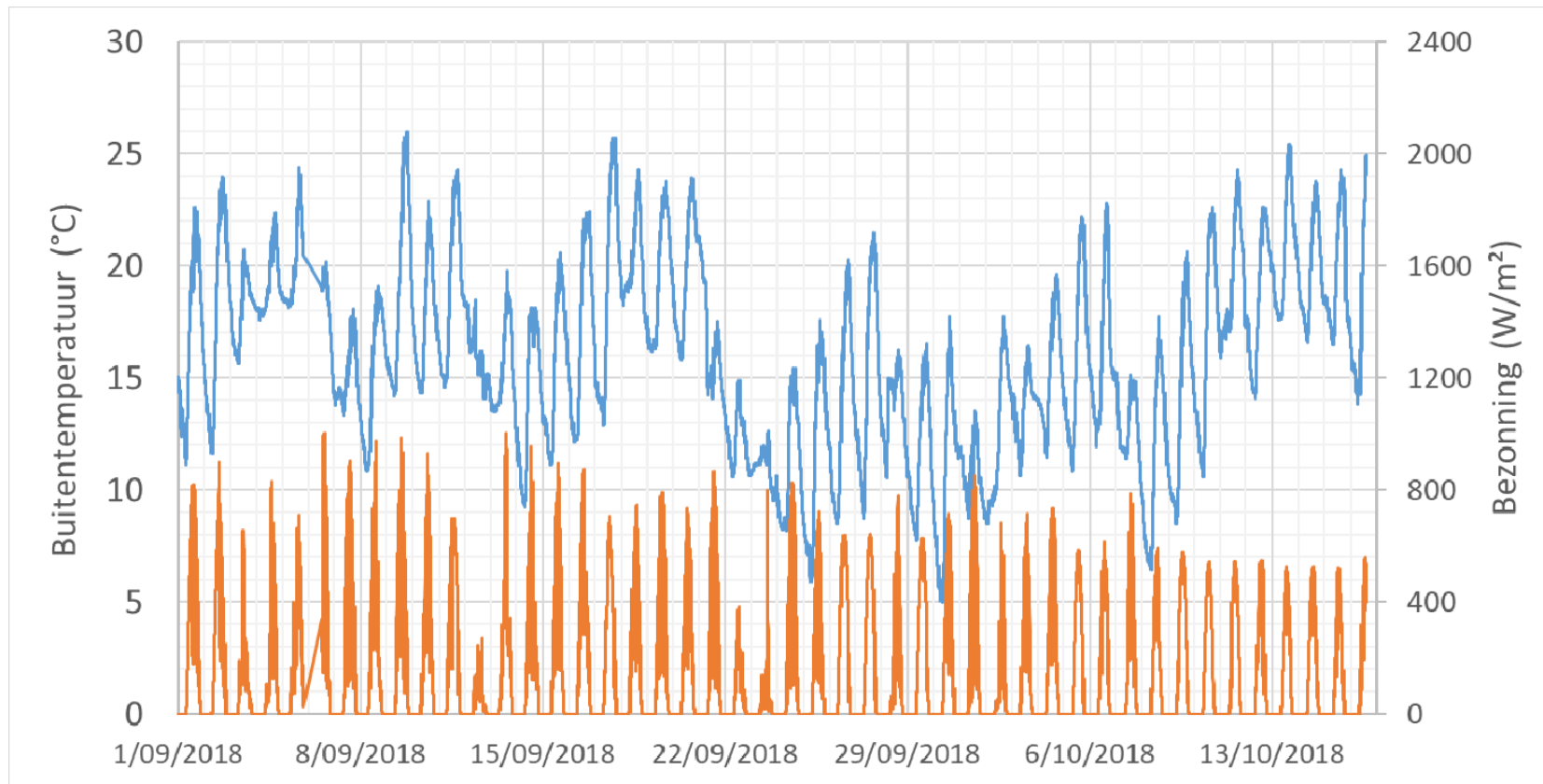
14/09/2016 om 15:30 | Bron: BELGA



Bron: VTM Nieuws 14/9/2016

Context

- Hoge temperaturen en veel bezonning ook in lente/herfst (voorbeeld sept-okt 2018)



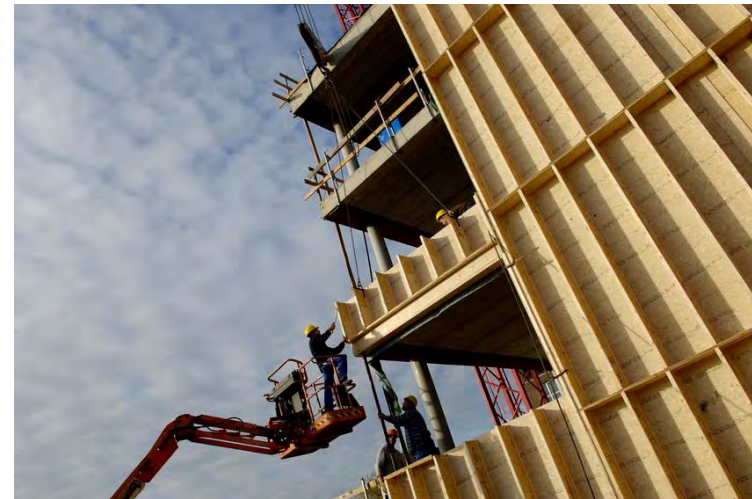
Context



- Evolutie naar Bijna Energie Neutrale (BEN)-gebouwen
 - Gericht op beperken van de warmtevraag
 - Luchtdicht
 - Zeer goed geïsoleerd



Passiefschool Ede (NL)
Bron: BouwQuest

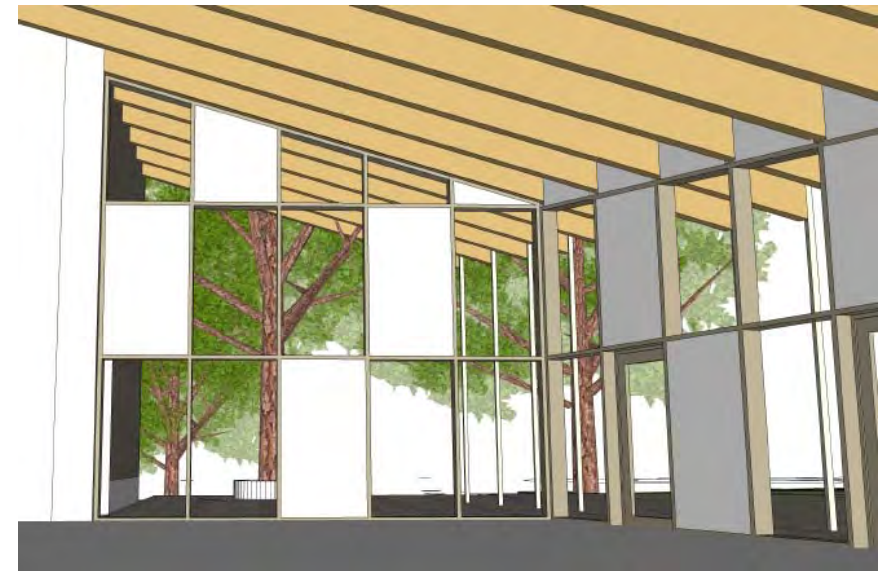


Passiefschool Nijvel
Bron: A2M architects

Context

- Uitdagingen in BEN-gebouwen
 - Grotere vraag naar koeling tijdens hele jaar
 - Koelvraag meer afhankelijk van
 - Bezonning
 - Interne warmtewinsten

Passiefschool Etterbeek
Bron: EVR-architecten



Inhoud

- Context
- Warmtebalans: oorzaken en oplossingen oververhitting
- Wat is ventilative cooling?
- Voorbeeldgebouwen

Warmtebalans: oorzaken en oplossingen oververhitting

Warmtebalans



Warmtewinsten

zonnewinsten

Interne warmtewinsten

- personen
- apparatuur

Warmteverliezen



Warmtebalans

Warmtewinsten

zonnewinsten

Interne warmtewinsten

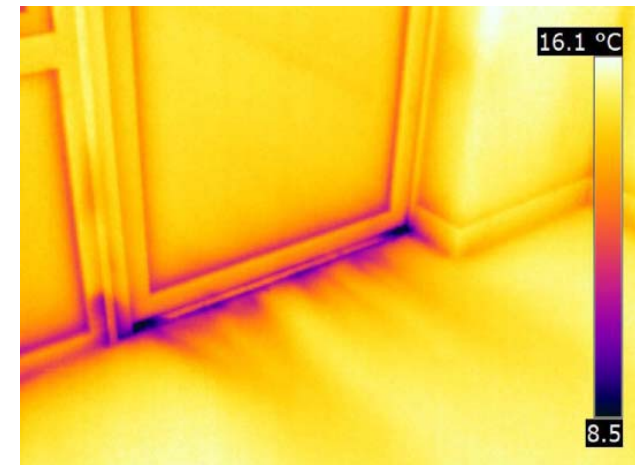
- personen
- apparatuur



Warmteverliezen

Transmissieverliezen

Ventilatie-infiltratie



Warmtebalans



Warmtewinsten

zonnewinsten

Interne warmtewinsten

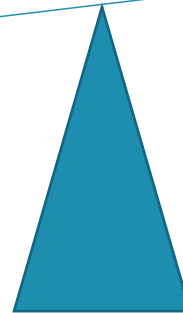
- personen
- apparatuur

Warmteverliezen

Transmissieverliezen

Ventilatie-infiltratie

Thermische massa



Warmtebalans

- Voorbeeld

- Klaslokaal: 14m x 6m x 2.8m
- 24 personen
- 1 smartboard
- Luchtdicht
- Goed geïsoleerd
- Venster 25 m²
- Ventilatie
- Gewenste binnentemperatuur = 23°C
- “Normale” buitencondities:
 - Gemiddelde buitentemperatuur = 18 °C
 - Gemiddelde bezonning op de gevel = 350 W/m²



Warmtebalans

Warmtewinsten

zonnewinsten

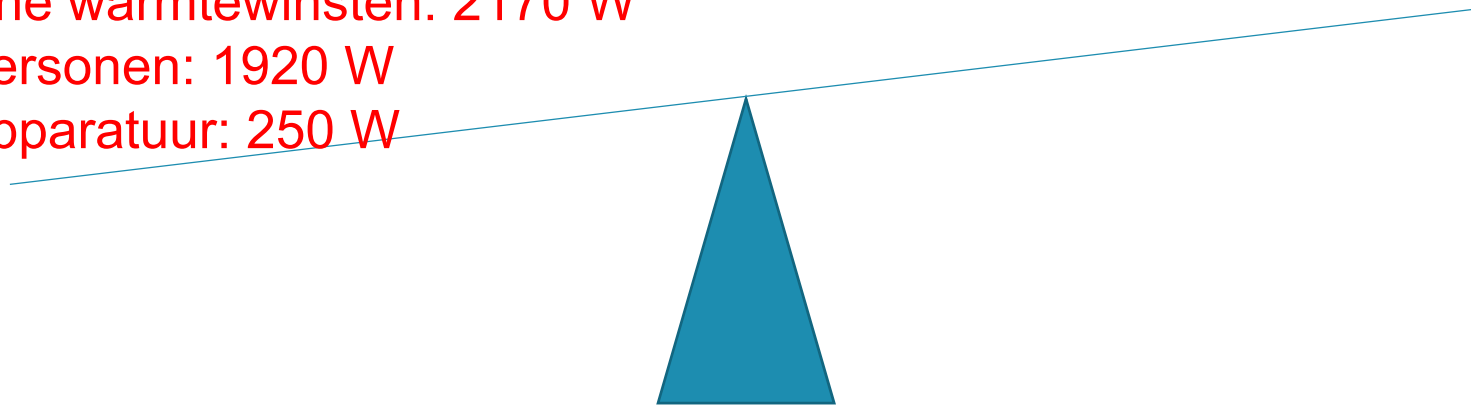
Interne warmtewinsten: 2170 W

- personen: 1920 W
- apparatuur: 250 W

Warmteverliezen

Transmissieverliezen

Ventilatie-infiltratie



Warmtebalans

Warmtewinsten

zonnewinsten

Interne warmtewinsten: 2170 W

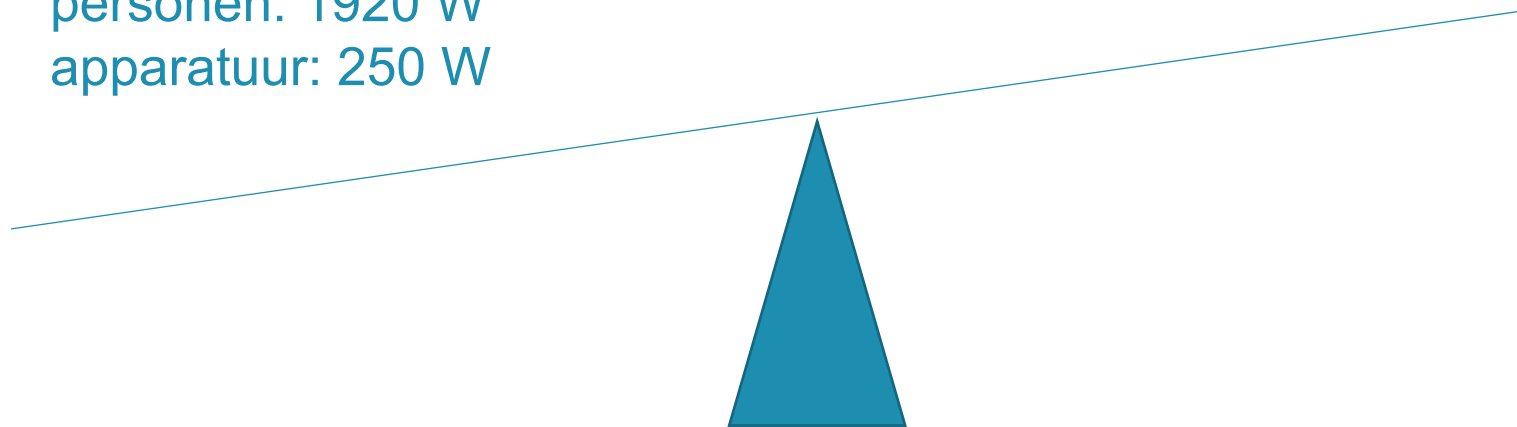
- personen: 1920 W
- apparatuur: 250 W

Warmteverliezen

Transmissieverliezen

- EPB 2019: 175 W

Ventilatie-infiltratie



Warmtebalans

Warmtewinsten

zonnewinsten

Interne warmtewinsten: 2170 W

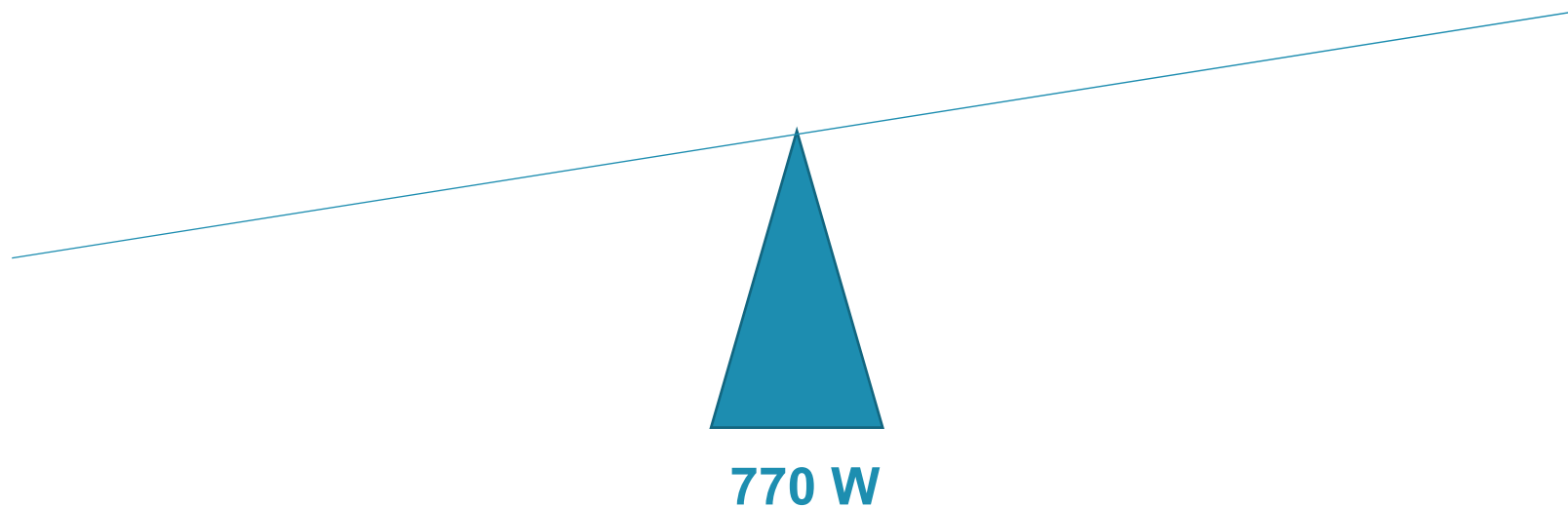
Warmteverliezen

Transmissieverliezen

- EPB 2019: 175 W

Ventilatie

- 30 m³/(h.pers): 1224 W



Warmtebalans

- Infiltratieverliezen: luchtdichtheid

n_{50}	debiet (m ³ /h)	Koelcapaciteit (W) bij $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$
8	160	272
4	80	136
2	40	68
1	20	34
0.6	12	20

- Te verwaarlozen bij goede luchtdichtheid

Warmtebalans

- Zonnewinsten
 - Venster 25 m² + 80% beglazing → 20 m² beglazing
 - 350 W/m²
 - 7000 W aan de buitenzijde
 - Aan de binnenzijde

	g-waarde	Zonnewinsten (W)
low-e beglazing	0.60	4200
low-e selectieve beglazing	0.40	2800
low-e sterk selectieve beglazing	0.25	1750
Drievoudige beglazing	0.50	3500
low-e + buitenzonwering	0.12	840
low-e + interne zonwering	0.40	2800

Warmtebalans

Warmtewinsten

Zonnewinsten

- Low-e + buitenzonwering: 840 W

Interne warmtewinsten: 2170 W

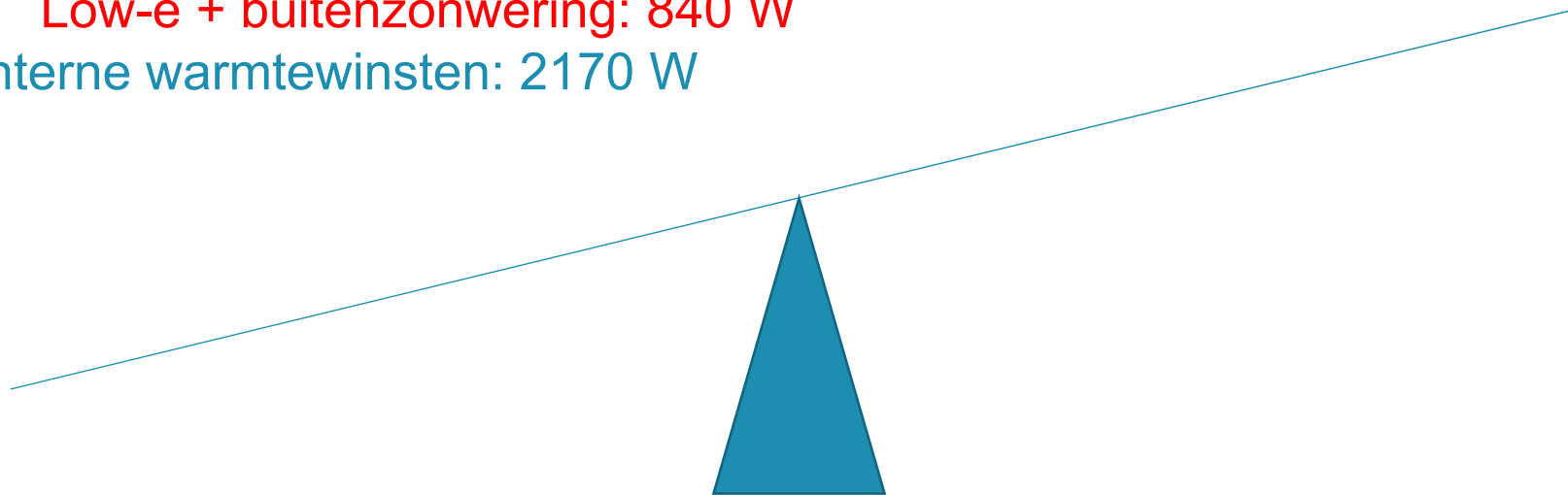
Warmteverliezen

Transmissieverliezen

- EPB 2018: 175 W

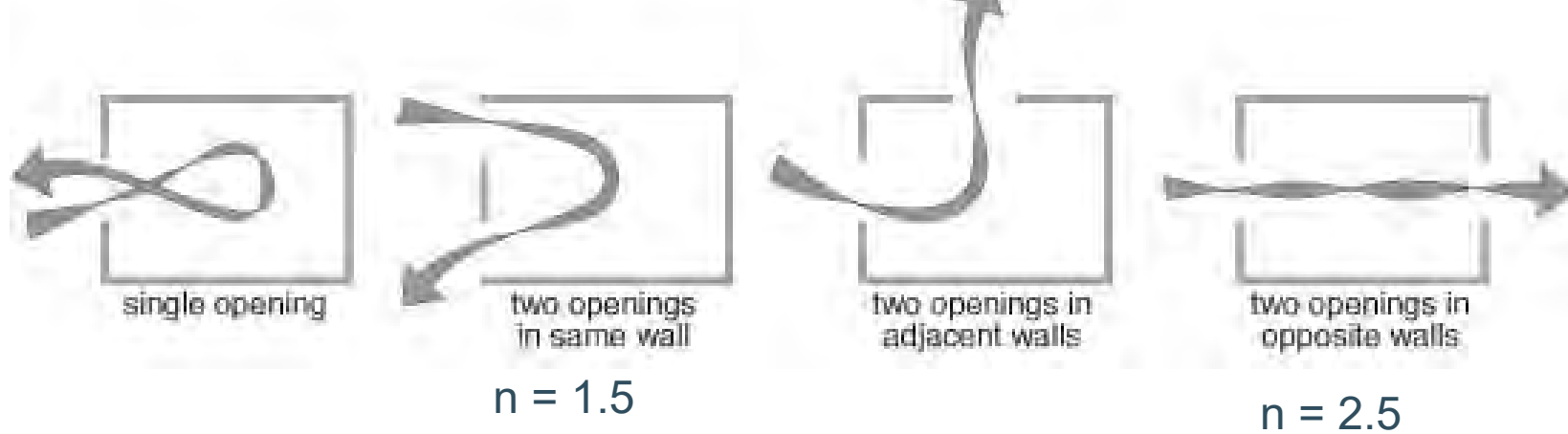
Ventilatie-infiltratie

- 30 m³/(h.pers): 1224 W



Warmtebalans

- Intensieve ventilatie

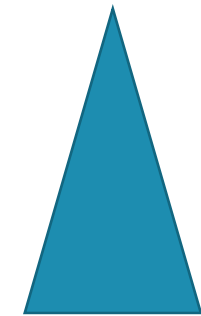


n = 4.5

Warmtebalans

- Ventilatieverliezen 24 personen

	debiet m ³ /h	Koelcapaciteit (W) n	5°C
IDA 3	700	3.1	1224
IDA 2	1000	4.6	1836
IDA 1	1250	5.5	2203
Enkelzijdige ventilatie	353	1.5	600
dwarsventilatie	588	2.5	1000
schouwventilatie	1058	4.5	1800



1611 W

Warmtebalans

Warmtewinsten

Zonnewinsten

- Low-e + buitenzonwering: 840 W

Interne warmtewinsten: 2170 W

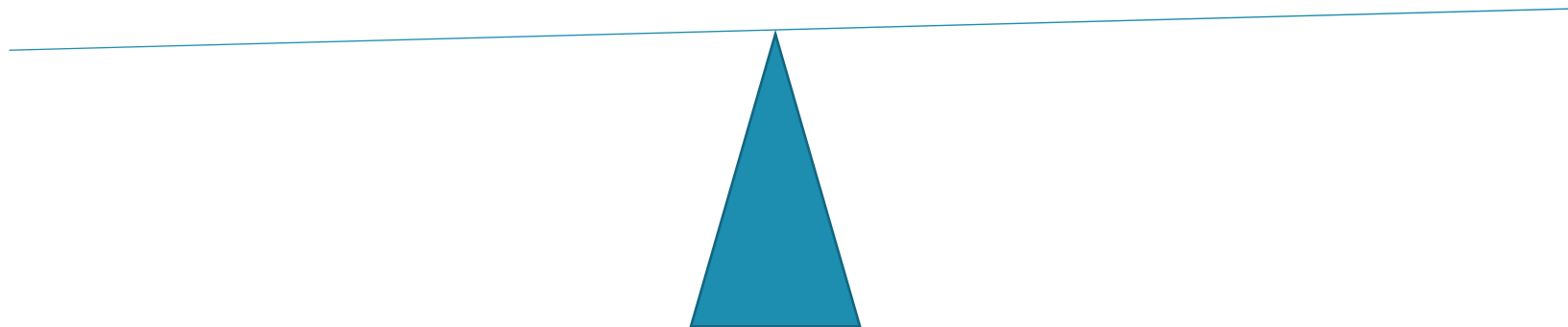
Warmteverliezen

Transmissieverliezen

- EPB 2018: 200 W

Ventilatie

- 30 m³/(h.pers): 1224 W
- Intensieve ventilatie: 1000- 1800 W



Warmtebalans

Warmtewinsten

Zonnewinsten

- Low-e + buitenzonwering: 840 W

Interne warmtewinsten: 2170 W

Warmteverliezen

Transmissieverliezen

- EPB 2018: 200 W

Ventilatie

- 30 m³/(h.pers): 1224 W
- Intensieve ventilatie:
1000- 1800 W

Thermische massa



Hittegolf

Warmtewinsten

Zonnewinsten

Interne warmtewinsten

transmissieverliezen

Ventilatie - infiltratie

Warmteverliezen

/

Thermische massa



Warmtebalans

- Richtlijnen voorkomen en oplossing oververhitting
 - Beperk zonnewinsten (en interne warmtewinsten)
 - % beglazing
 - Mobiele buitenzonwering
 - Witte dakbedekking, groendak
 - Voorzie extra ventilatie
 - Ventilative cooling
 - Bypass op warmteterugwinning
 - Maak gebruik van thermische massa
 - Maatregelen voor “normale omstandigheden”
 - Bij hittegolf: mechanische of hybride koeling

Wat is ventilative cooling?

Ventilative Cooling ontwerpgids

International Energy Agency

Ventilative Cooling Design Guide

Energy in Buildings and Communities Programme
March 2018



download via: <http://venticool.eu/annex-62-publications/deliverables/>

Ventilative cooling

- Definitie
 - Gebruik van koelcapaciteit van buitenlucht door ventilatie
 - Vermindering of eliminatie van koellast en/of energieverbruik mechanische koeling
 - Garantie van thermisch comfort
 - Drijvende kracht: natuurlijk, mechanisch of hybried
 - Meest gebruikte technieken
 - Intensieve dagventilatie
 - Nachtventilatie



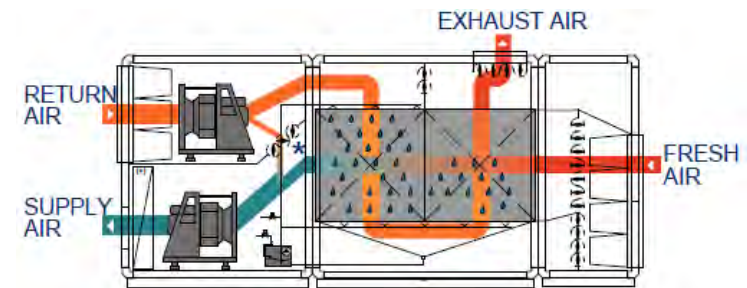
Ventilatieve koeling: strategieën

Temperature Difference ¹	Ventilative Cooling	Supplementary cooling options
Cold (ΔT more than 10°C)	Minimize air flow rate - draught free air supply	-
Temperate (2-10°C lower than comfort zone)	Increasing air flow rate from minimum to maximum	Strategies for enhancement of natural driving forces to increase air flow rates Natural cooling strategies like evaporative cooling, earth to air heat exchange to reduce air intake temperature during daytime
Hot and dry (ΔT between -2°C and +2°C)	Minimum air flow rate during daytime Maximum air flow rate during night time	Natural cooling strategies like evaporative cooling, earth to air heat exchange, thermal mass and PCM storage to reduce air intake temperature during daytime. Mechanical cooling strategies like ground source heat pump, mechanical cooling
Hot and humid	Natural or mechanical ventilation should provide minimum outdoor air supply	Mechanical cooling/ dehumidification

¹ Temperature difference between indoor comfort temperature and mean outdoor air temperature.

Ventilatieve koeling: componenten

Functionality	Component
Air Flow Guiding	Windows, Rooflights, Doors, Dampers, Flaps, Louvres, Special Effect Vents
Air Flow Enhancing	Chimneys, Atria, Venturi Ventilators, Wind Towers, Wind Scoops
Passive and Natural Cooling	Convective Cooling, Evaporative Cooling, Phase Change Cooling
Control and Automation	Chain Actuators, Linear Actuators, Rotary Actuators, Sensors



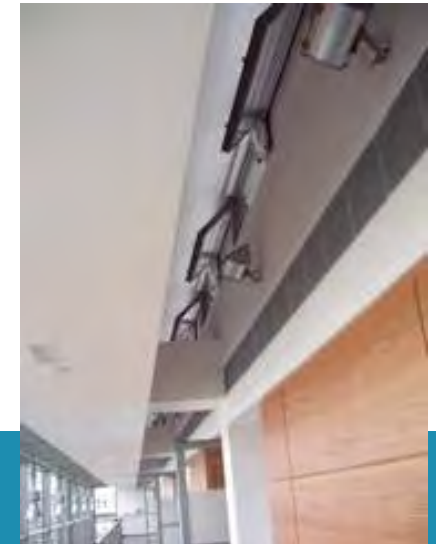
Ventilative cooling: componenten

- voorbeelden



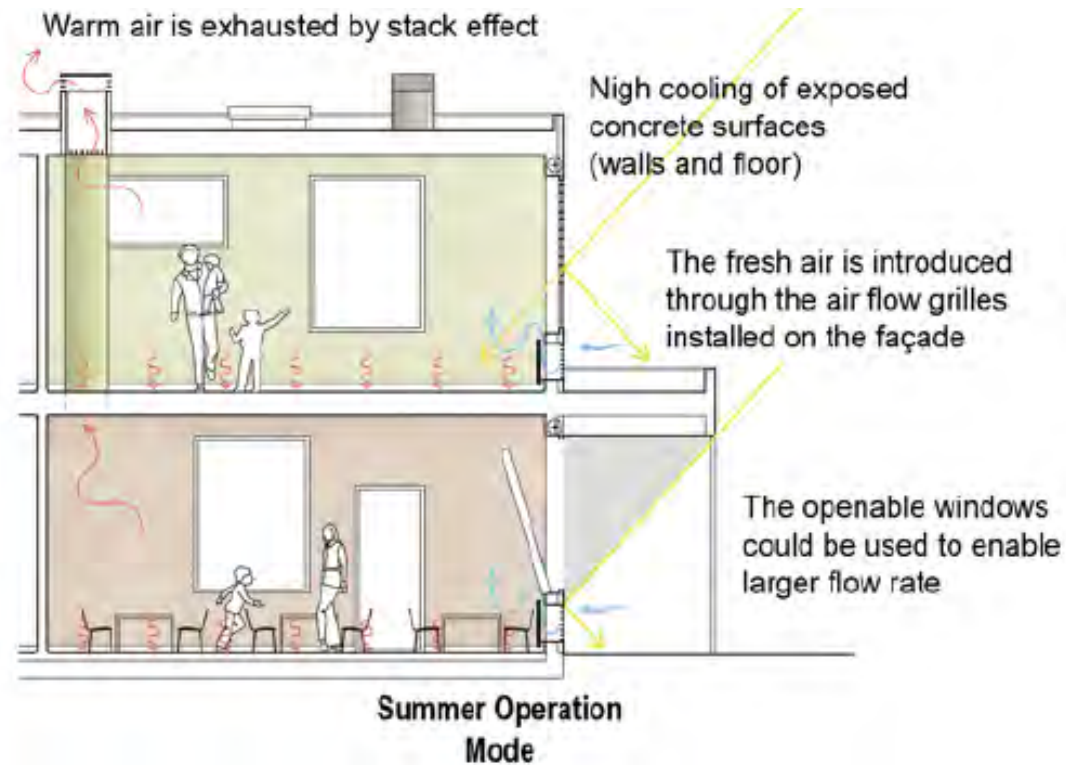
Politiekantoor Schoten
(Huiswerk Architecten –
Arcadis)

SD Worx (Kortrijk)
(Van de Poel –
Cenergie)



Ventilative cooling: componenten

- Kinderdagverblijf Lissabon



Voorbeeldgebouwen



Voorbeeldgebouwen

- Lessons learnt case studies IEA EBC Annex 62 Ventilative cooling
- Testlokalen, KU Leuven Technologicampus Gent

International Energy Agency

Ventilative Cooling Case Studies

Energy in Buildings and Communities Programme
May 2018



download via:
<http://venticool.eu/annex-62-publications/deliverables>

Overzicht Case studies

No	Country	Building	Type	Year (New or Refurb)	Floor Area m ²	Strategy
01	IE	Zero2020	Office	2012 ^(R)	223	Natural
02	NO.1	Brunla school	Education	2011 ^(R)	2500	Hybrid
03	NO.2	Solstad Kindergarten	Kindergarten	2011 ^(N)	788	Hybrid
04	CN	Wanguo MOMA	Residential	2007 ^(N)	1109	Mechanical
05	AT.1	UNI Innsbruck	Education	2014 ^(R)	12530	Hybrid
06	AT.2	wkSimonsfeld	Office	2014 ^(N)	967	Hybrid
07	BE.1	Renson	Office	2003 ^(N)	2107	Natural
08	BE.2	KU Leuven, Ghent	Education	2012 ^(N)	278	Hybrid
09	FR	Maison Air et Lumiere	House	2011 ^(N)	173	Natural
10	IT	Mascalucia ZEB	House	2013 ^(N)	144	Hybrid
11	JP.1	Nexus Hayama	Mixed Use	2011 ^(N)	12836	Natural
12	JP.2	GFO	Mixed Use	2013 ^(N)	399000	Hybrid
13	PT	CML Kindergarten	Education	2013 ^(N)	680	Natural
14	UK	Bristol University	Education	2013 ^(R)	117	Mechanical
15	NO.3	Living Lab	Residential	2014 ^(N)	100	Hybrid

Ventilative cooling strategieën

Country	Building	Natural driven	Mech. Supply Driven	Mech. exhaust driven	Natural night ventilation	Mech. night ventilation	Air conditioning	Indirect Evap. Cooling	Earth to Air Heat Exch.	Phase Change Materials
IE	Zero2020	X			X					
NO.1	Brunla Primary school	X			X					
NO.2	Solstadbarnehage	X		X	X	X				
CN	Wanguo MOMA		X	X		X	X			
AT.1	UNI Innsbruck	X		X	X					
AT.2	WkSimonsfeld	X		X						
BE.1	Renson	X			X					
BE.2	KU Leuven Ghent	X		X				X		
FR	Maison Air et Lumiere	X								
IT	Mascalucia ZEB	X			X				X	
JP.1	Nexus Hayama	X					X			
JP.2	GFO Building	X				X	X			
PT	CML Kindergarden	X			X					
UK	Bristol University					X	X			X
NO.3	Living Lab	X								

Ventilative cooling: componenten

Ventilative Cooling Components and Technologies			Air Flow Guiding components				Air Flow Enhancing Components				Supplementary Cooling Technologies				
Case Study No.		Type and location	Windows	Insulated louvre	Overflow vents between rooms	Air pipes and air supply devices	Roof vents	Chimney	Fan	Ground cooling	Evaporative cooling	Ground Source heat pump	Earth to air Heat Exchanger	Radiant solar heat and cooling	PCM storage
01	IE	Zero2020		x											
02	NO.1	Brunla school	x						x						
03	NO.2	Solstad Kindergarten	x			x			x						
04	CN	Wanguo MOMA				x			x		x				
05	AT.1	UNI Innsbruck	x		x					x					
06	AT.2	wkSimonsfeld	x				x			x					
07	BE.1	Renson	x					x							
08	BE.2	KU Leuven, Ghent	x								x				
09	FR	Maison air et lumiere	x			x			x						
10	IT	Mascalucia ZEB	x						x				x		
11	JP.1	Nexus Hayama	x				x							x	
12	JP.2	GFO		x		x			x						
13	PT	CML Kindergarten	x	x				x							
14	UK	Bristol University				x			x						x
15	NO.3	Living Lab	x												

Testleslokalen KU Leuven Technologiecampus Gent

- Projectdoelstelling
 - Gebruikt als “normale” leslokalen
 - Testomgeving voor installaties, energieprestatie en binnenklimaat met reële gebruikers



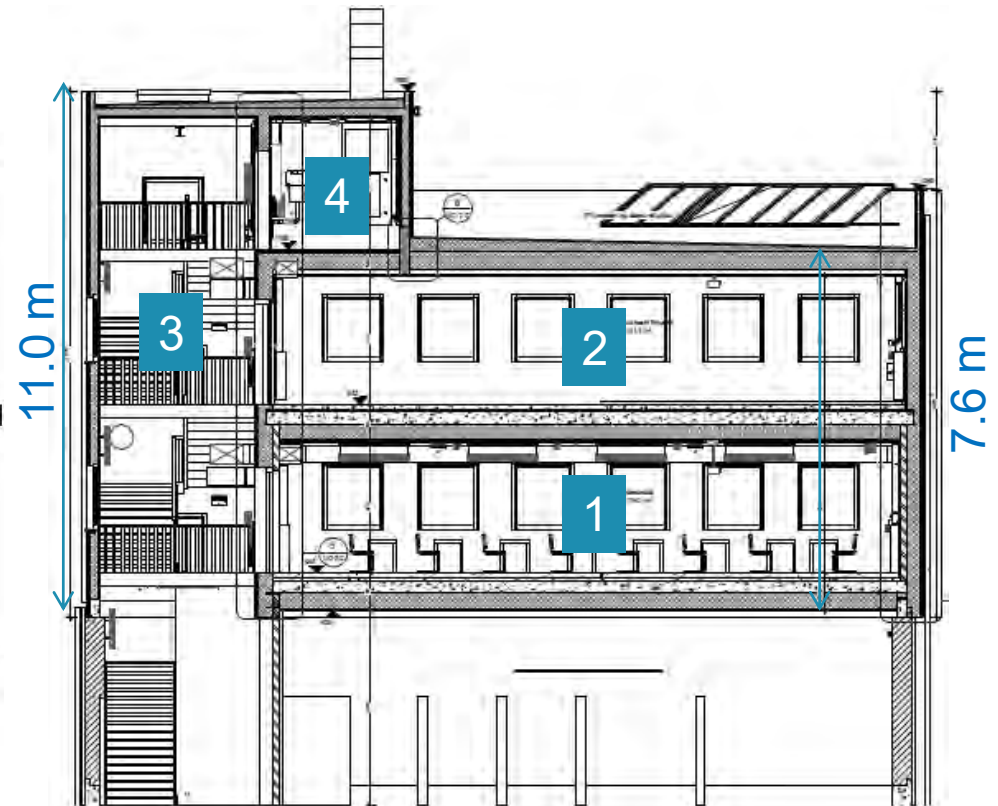
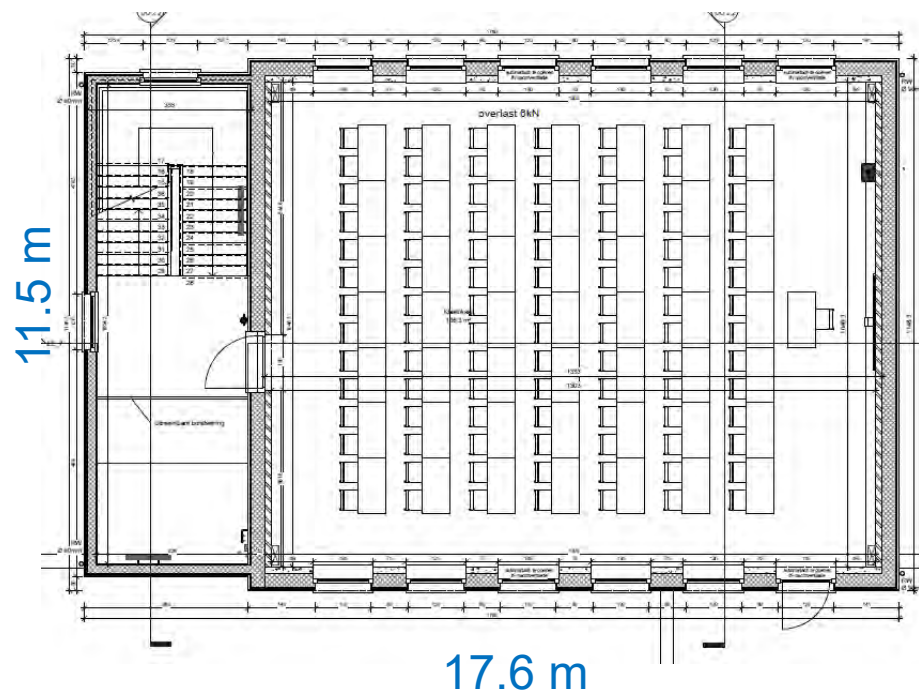
Paslink test cell WTCB



Passiefschool Nijvel

Testleslokalen

- 2 leslokalen (1-2)
 - $A = 136.5 / 141.9 \text{ m}^2$
 - $h = 2.70 \text{ m}$
- Trap (3)
- Technische ruimte (4)



Gebouwschil

- Isolatie & luchtdichtheid volgens passiefhuisstandaard
- Thermische massa: betonnen welfsels in de vloer
- Automatisch gestuurde zonwering op ZW

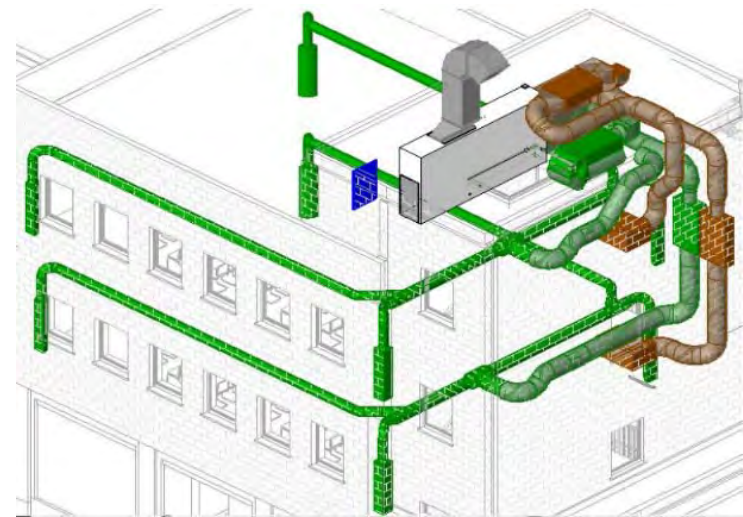


	U (W/m ² K)
Ground floor	0.15
roof	0.14
façade	0.15
window (U _g /U _f)	0.6/0.75



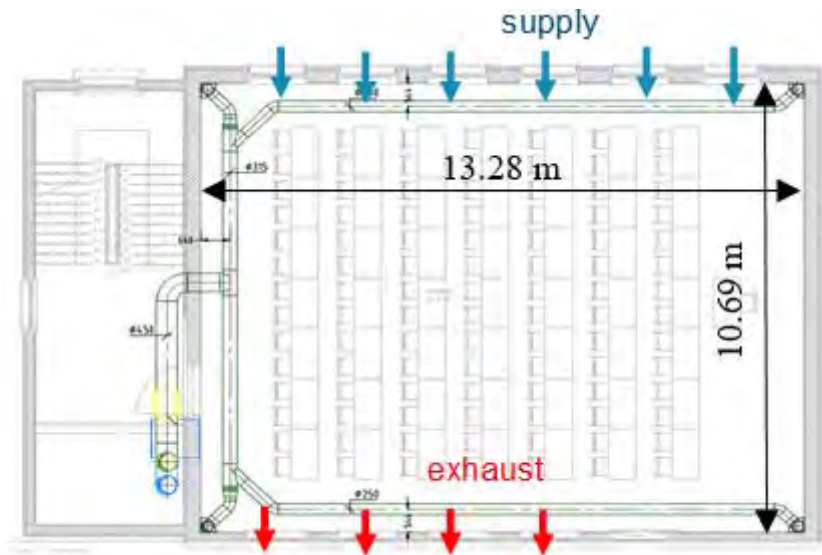
Installaties

- Ventilatie
 - Debiet = 4400 m³/h
 - Warmteterugwinning: $\eta = 78\%$
 - CO₂-gestuurd
 - Lage inblaassnelheid



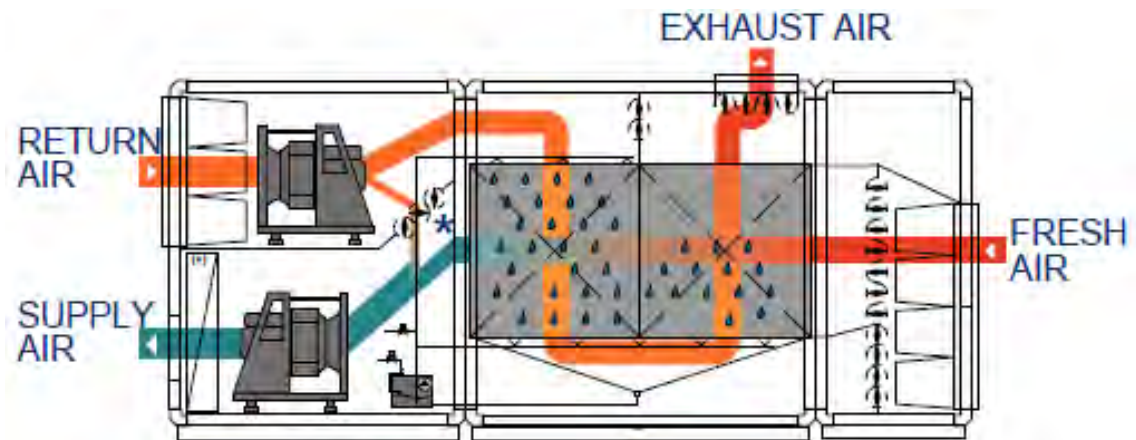
Installaties

- Ventilative cooling (1)
 - Natuurlijke nachtventilatie
 - Gemotorizeerde kipramen
 - Dwarsventilatie
 - Automatisch gestuurd



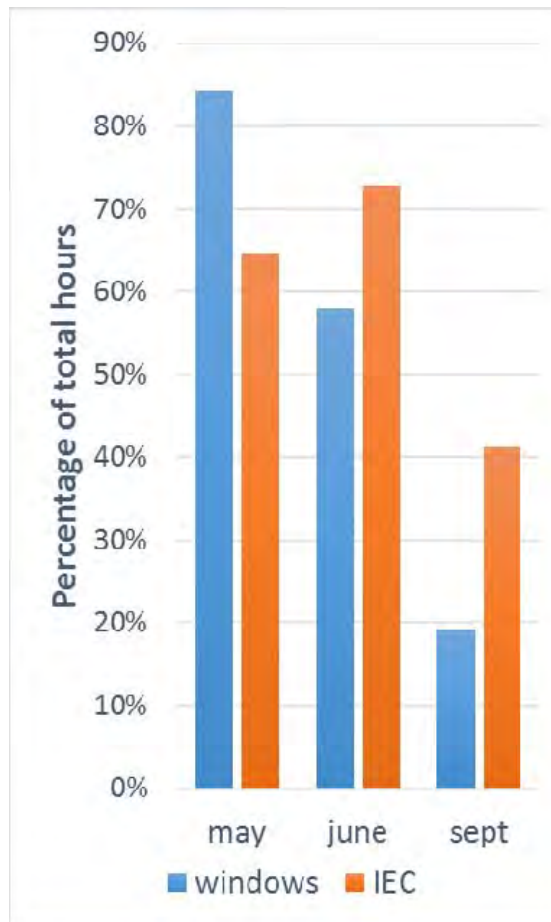
Installaties

- Ventilative cooling (2)
 - Indirecte adiabatische koeling 13.1 kW
 - Geactiveerd als $T_i > 26^\circ\text{C}$ of $T_e > 22^\circ\text{C}$

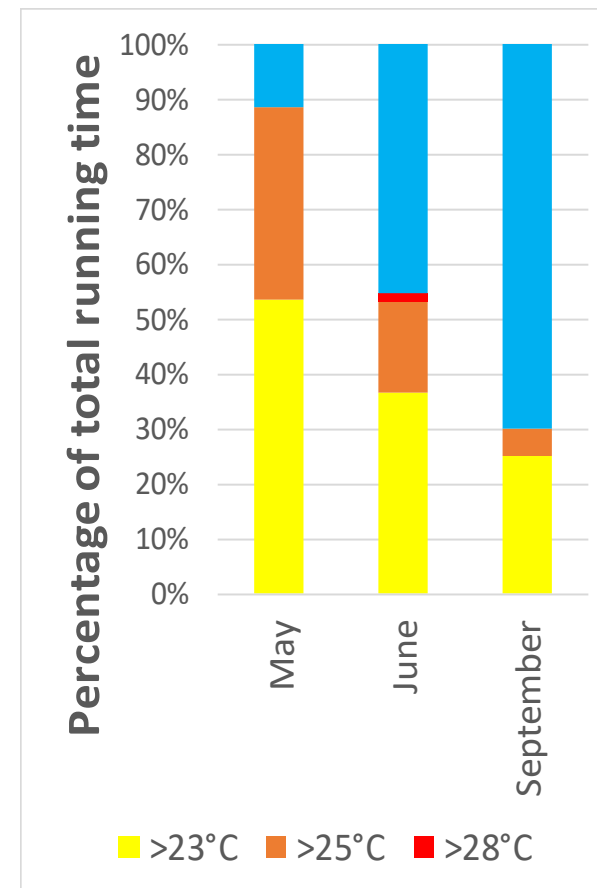


Testleslokalen: resultaat monitoring

- Werkingstijd koeling



- Thermisch zomercomfort



Tot slot

- BEN-gebouwen: risico op oververhitting
- Warmtebalans -> richtlijnen voorkomen en oplossen oververhitting
 - Warmtewinsten beperken
 - Warmteverliezen vergroten in koelingsseizoen
 - Thermische massa benutten
- Ventilative cooling = mogelijke piste om warmteverliezen te vergroten
- Voorbeeld testleslokalen KU Leuven
Technologiecampus Gent