

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE: BASISPRINCIPES

LENTE 2024

Hoe het comfort verzekeren in de zomer?

Beperking van de warmtewinst en koelingstrategieën

Julie RENAUX





- ▶ Het begrip 'oververhitting' definiëren en vergelijken met het begrip 'thermisch comfort'
- ▶ De ontwerpstrategie voor zomers comfort voorstellen
- ▶ De verschillende manieren overlopen om oververhitting tegen te gaan



INLEIDING

- ▶ **Begrippen**

- ▶ Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- ▶ Toevoer door zoninstraling

- ▶ Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- ▶ Van het gebouw

- ▶ Van de gebruikers

AFVOEREN/KOELEN

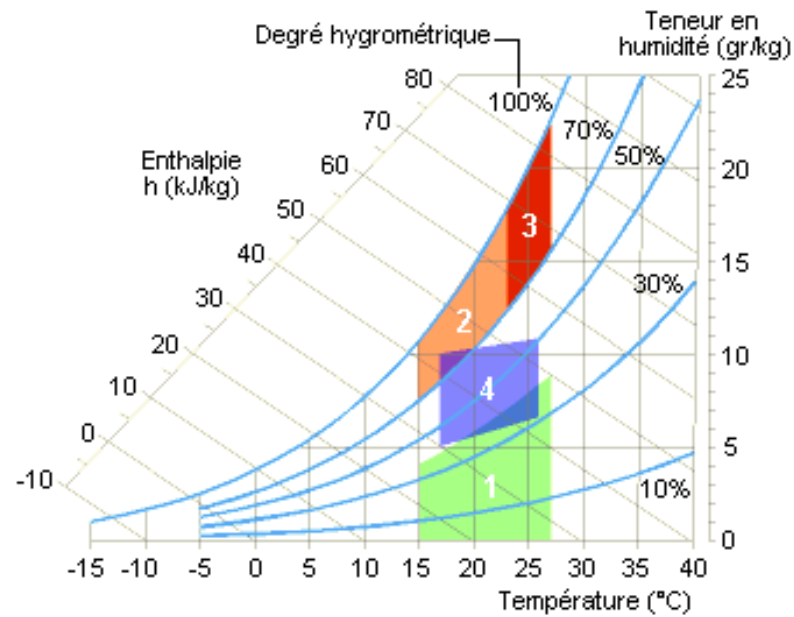
- ▶ Passieve koeling

- ▶ Actieve koeling



Herhaling - zomercomfort

- Verschillende invloedsfactoren - Objectieve factoren
 - Luchtsnelheid en -temperatuur
 - Temperatuur van de wanden
 - Blootstelling van de gebruiker aan direct zonlicht
 - Combinatie temperatuur/relatieve luchtvochtigheid



Polygone van hygrothermisch comfort (4)



Herhaling - zomercomfort

- Verschillende invloedsfactoren - Factoren eigen aan elk individu.
Het comfort hangt af van:
 - gevoeligheid
 - kleding
 - metabolisme
 - graad van activiteit
 - leeftijd, gezondheidstoestand, ...



⇒ **Comfort is subjectief**

Bron: CBE, 2017



Oververhitting

- ▶ Men spreekt van de waarschijnlijkheid van het oververhittingsrisico
 - in tijdspercentage
 - ten opzichte van een te bepalen temperatuur

- ▶ Bijvoorbeeld in het kader van de passiefcertificatie, volgens criteria van het Plateforme Maison Passive

De temperatuur mag geen 25 °C overschrijden gedurende meer dan 5 % van de bezettingstijd.



Oververhitting



- ▶ Hoe wordt oververhitting beoordeeld?
Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen energiestatistiek en comfort
- De EPB-software heeft tot doel de naleving van een op energiestatistiek gerichte regelgeving te controleren

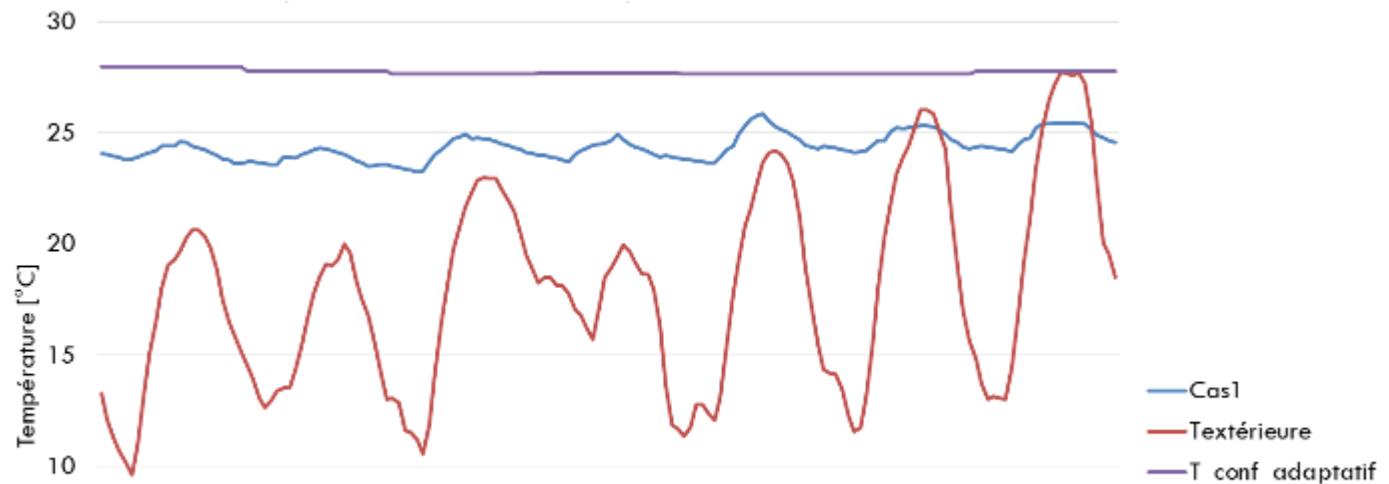
DOEL? De milieu-impact van de gebouwen beperken

Bron: écorce



Oververhitting

- ▶ Hoe wordt oververhitting beoordeeld?
Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen energiestatistiek en comfort
- Het thermische comfort wordt beoordeeld aan de hand van een dynamische simulatie



Bron: écorce



INLEIDING

- Begrippen
- **Uitdagingen**

DE TOEVOER BEPERKEN

- Toevoer door zoninstraling
- Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- Van het gebouw
- Van de gebruikers

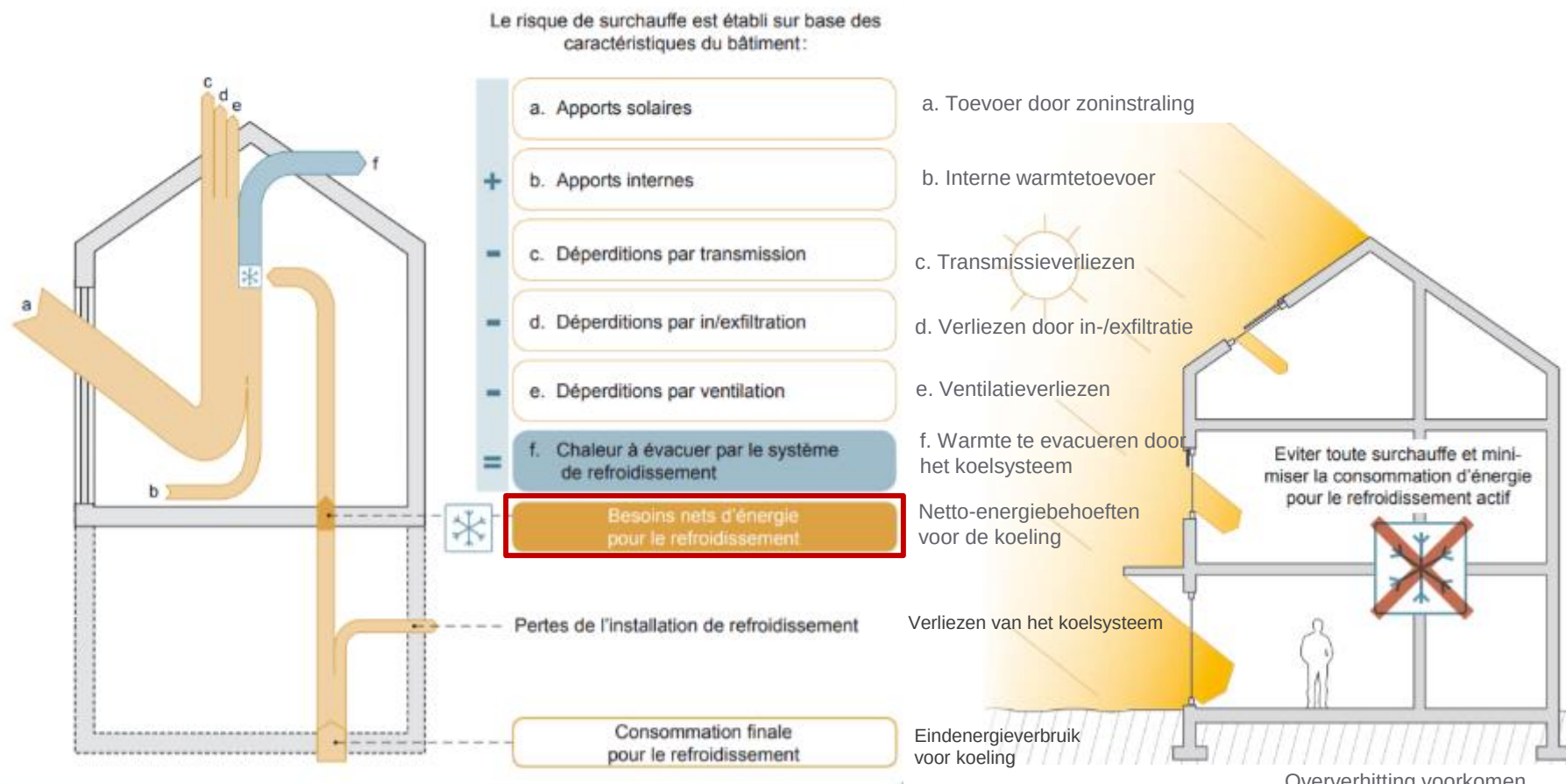
AFVOEREN/KOELEN

- Passieve koeling
- Actieve koeling



Impact op het energieverbruik

► Energiebalans in de zomer

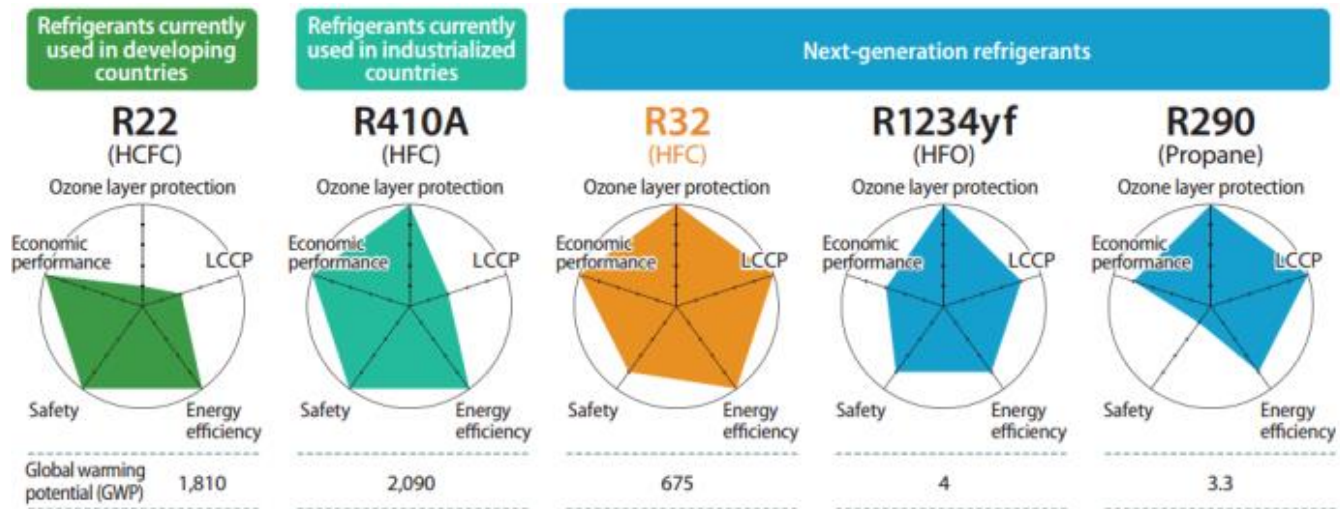


Bron: ULg CIFIUL



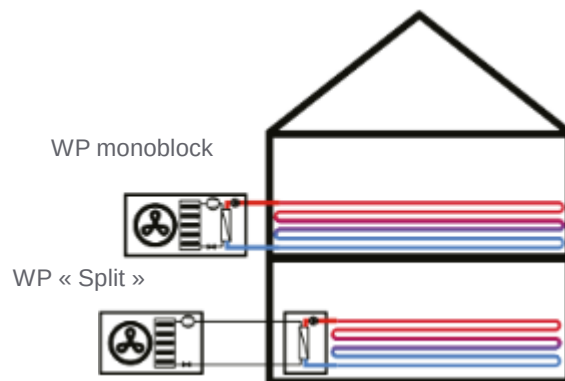
Ecologische impact van de koelvloeistoffen

► Type



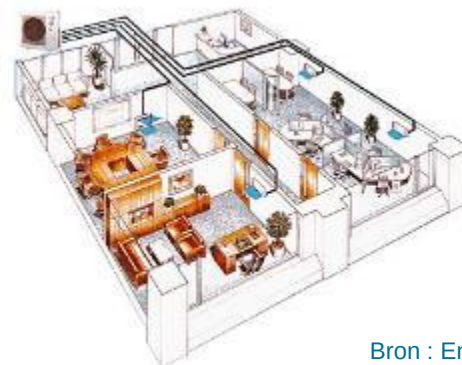
Source : Daikin

► Kwantiteit



Bron : Buildwise

WP met directe expansie

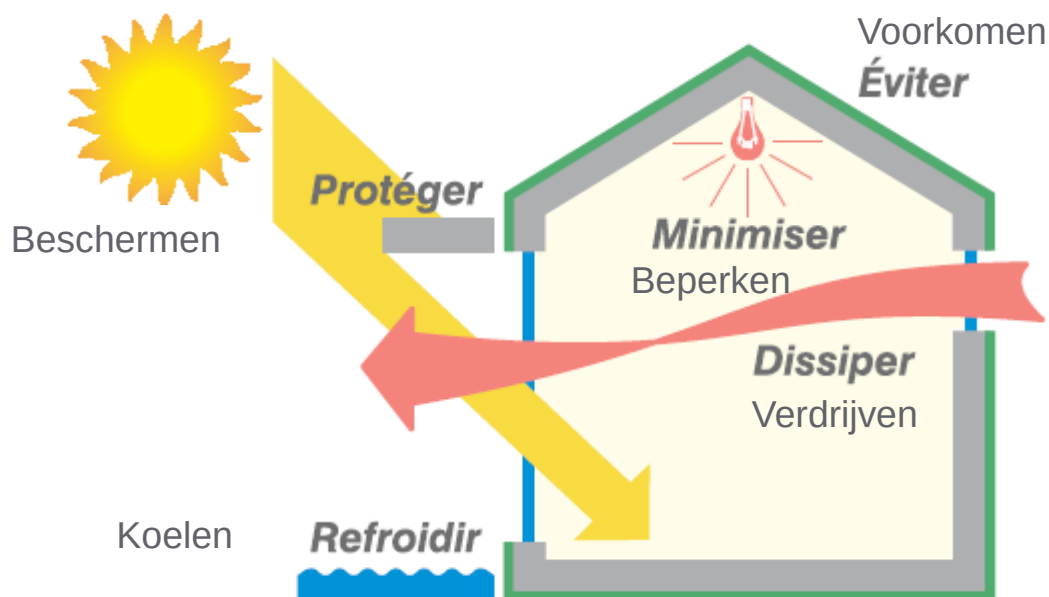


Bron : Energie+



Strategie voor zomers comfort

- ▶ De warmtetoevoer tot een minimum beperken
 - ▶ Zorgen dat zo weinig mogelijk koelte verloren gaat
 - ▶ De warmte regelen en afvoeren door passieve maatregelen
-
- ▶ Gebruik van actieve koeling als de voorgaande maatregelen ontoereikend blijken



Bron: UCL, Architecture & Climat



INLEIDING

- Begrippen
- Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- **Toevoer door zoninstraling**
- Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- Van het gebouw
- Van de gebruikers

AFVOEREN/KOELEN

- Passieve koeling
- Actieve koeling



De toevoer door zoninstraling kan worden geregeld door tussen te komen op niveau van:

- ▶ De organisatie van de ruimten (op basis van de respectieve behoeften)
- ▶ De oriëntatie en de grootte van de vensters
- ▶ De zonnefactor voor het geheel van beglazing + zonwering
- ▶ De schaduwinval op het venster (zonnescherm) met behoud van een voldoende lichttransmissie (ideaal > 50 %)

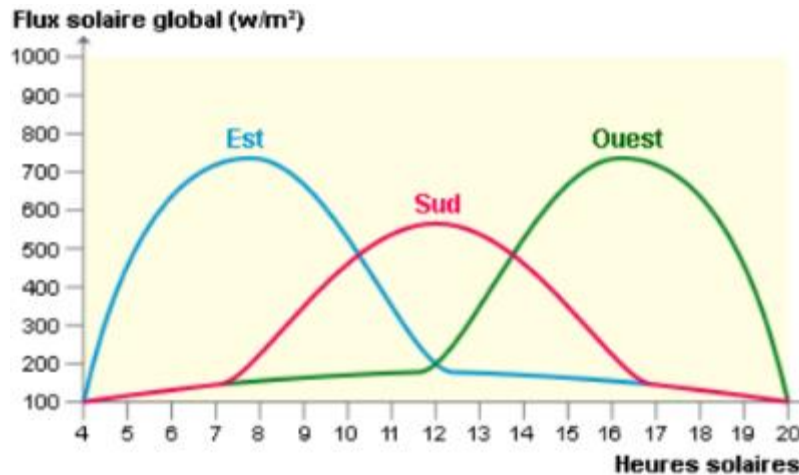
Middelen die deze regeling mogelijk maken:

- ▶ Mobiele buitenzonweringen (ZF)
- ▶ Vaste buitenzonweringen (scherm)
- ▶ Zonwerende beglazing (ZF)

Binnen- of plantaardige zonweringen zijn niet echt geschikt; ze zijn minder efficiënt en/of moeilijk te controleren.



Ligging, oriëntatie, plaats van de openingen



Warmtevermogen doorheen dubbele heldere beglazing in juni

Bron: Energie +



- 1 venster op het zuiden in juni op de middag = toevoer van 600 W/m^2

⇒ **2 m^2 glas voor een lokaal van 10 m^2 is gelijk aan 120 W/m^2 verwarming!**



Buitenomgeving: gebouwen en beplanting

- ▶ Plantenscherm door beplanting in de omgeving
 - ⇒ Voorkeur voor bomen die hun bladeren verliezen om te profiteren van zonnewinsten in de winter
- ▶ Beschaduwing door aangrenzende gebouwen
- ▶ Schaduw van het gebouw zelf
- ▶ Schaduw te wijten aan reliëf van de site



Vaste buitenzonweringen



Architectes Associés



Voordelen

- Geringe kosten
- Statisch en dus zeer betrouwbaar systeem
- Geen specifiek onderhoud
- Belemmert het zicht niet
- Lange levensduur

Nadelen

- Bescherming varieert volgens stand van de zon en oriëntatie
- Beperkte flexibiliteit, kan de zonneprestaties in de winter verminderen
- Delicate dimensionering
- Geen bescherming tegen diffuse straling



Mobiele buitenzonweringen - schermen/screens



Levolux & Schüco

Voordelen

- Moduleerbaar, regelbaar volgens behoeften
- Efficiënt voor alle oriëntaties
- Bescherming tegen verblinding
- Grote keuze qua beschermingsgraad
- Visueel comfort (volgens maatype)

Nadelen

- Hoge kosten
- Vereist een aangepaste regeling
- Dynamisch systeem, kan onbetrouwbaar zijn
- Beperkte levensduur (mechanisme)
- Zwakke lichttransmissie en belemmerd zicht in neergelaten stand bij dichte mazen
- Bescherming tegen wind te voorzien (automatische opening) → Zon + wind: binnenbescherming voorzien tegen verblinding
- Onderhoud



Mobiele buitenzonweringen - lamellen



Architectes Associés

Voordelen

Idem schermen maar:

- Goede lichttransmissie (bv. bij reflecterende lamellen)
- Goede zichtbaarheid naar buiten



A2M

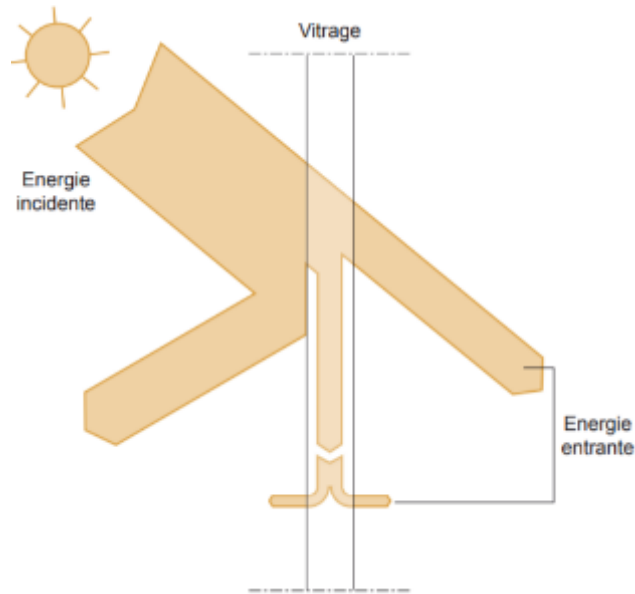
Nadelen

Idem schermen maar:

Hogere kosten



“Geïntegreerde” zonwering - lage zonnefactor (g)



Bron: ULg - CFFUL

$$\text{Zonnefactor (g)} = \frac{\text{Inkomende energie}}{\text{Uitgaande energie}}$$

Voordelen

- Geringe kosten
- Statisch, dus zeer betrouwbaar systeem
- Geen speciaal onderhoud
- Belemmert het zicht niet
- Aanzienlijke levensduur
- Efficiënt voor alle oriëntaties

Nadelen

- Efficiëntie onveranderlijk waardoor deel van de zonnewinsten in de winter verloren gaat
- Vermindert de lichttransmissie het hele jaar door



Zonweringen - Keuzecriteria

- ▶ Efficiëntie volgens seizoen en/of tijdstip en oriëntatie
- ▶ Regelprecisie
- ▶ Invloed op de zichtbaarheid
- ▶ Invloed op de lichttransmissie
- ▶ Esthetisch aspect
- ▶ Betrouwbaarheid
- ▶ Kostprijs

In de praktijk, in België:

- ▶ Op het zuiden: vaste of mobiele zonweringen
- ▶ Op het westen en oosten: vaste (met zijstukken) of mobiele zonweringen
- ▶ Op het noorden: niets

⇒ = **algemene regel, maar elk geval is afzonderlijk te bekijken!**



INLEIDING

- Begrippen
- Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- Toevoer door zoninstraling
- **Interne toevoer**

DE REACTIES BEHEERSEN

- Van het gebouw
- Van de gebruikers

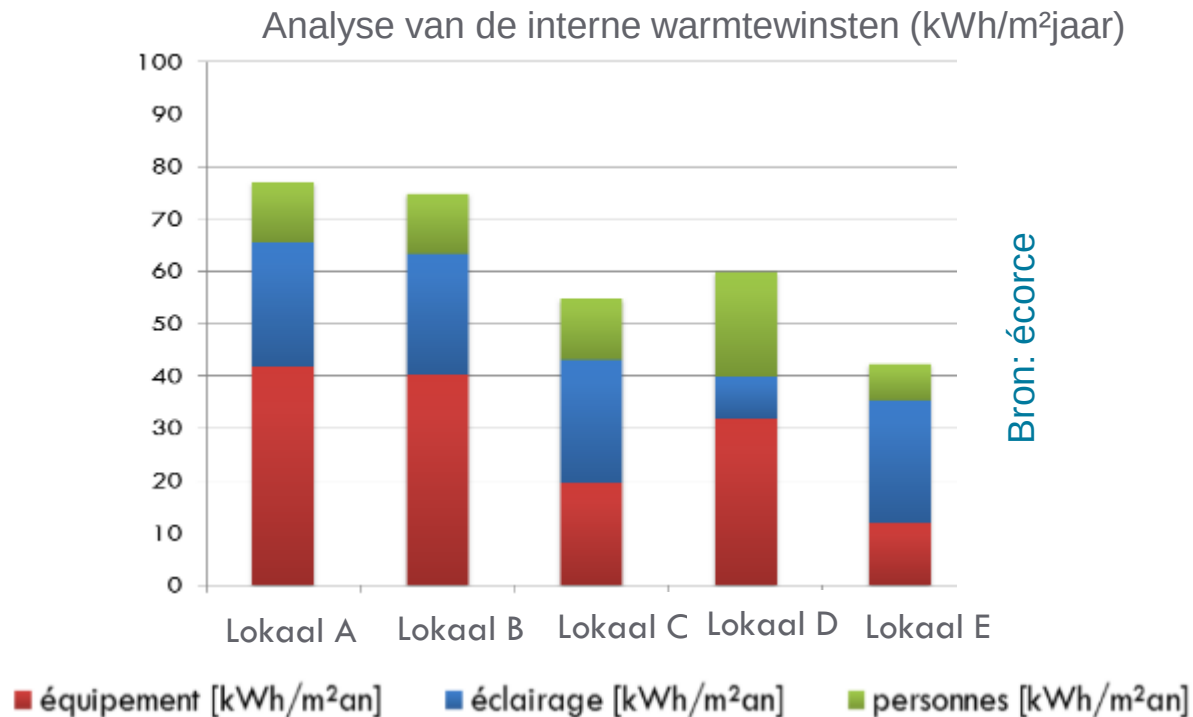
AFVOEREN/KOELEN

- Passieve koeling
- Actieve koeling



Bronnen

- ▶ Gebruikers
- ▶ Verlichting
- ▶ Computerapparatuur
- ▶ Elektrische huishoudtoestellen
- ▶ ...



Strategie

- ▶ De interne toevoer beperken

⇒ **Grootteorde: streven naar max. 40 W/m² zodat geen actieve koeling nodig is**

- ▶ Indeling:

- Ruimtes met grote bezettingsgraad in het noorden inrichten
- Belangrijke bronnen van interne warmtetoevoer bij elkaar plaatsen, het aantal te behandelen lokalen beperken

⇒ **Voorbeeld: serverlokaal, lokaal voor printers ...**





Enkele grootteordes

- ▶ Voor een lokaal van 10 m², stemt 40 W/m² overeen met:
 - Scenario 1:
1 persoon + performante verlichting + 1 desktopcomputer met flatscreen + 1 printer
 - Scenario 2:
2 personen + performante verlichting + 2 desktopcomputers met flatscreen

	Warmteafgifte [W]
Gebruikers (rustig zittend)	70 W/pers.
Oude verlichting	20 W/m ²
Performante verlichting	10 W/m ²
1 desktopcomputer	100 W/m ²
1 desktopcomputer met flatscreen	60 W
1 laptop	30 W
1 printer	140 W
1 televisie	150 W



Kunstmatige verlichting

- ▶ Draagt bij tot het visueel comfort, volgens aanbevelingen van NBN EN 12464 Licht en verlichting - Werkplekverlichting (Deel 1 = binnen / Deel 2 = buiten)
- ▶ Maar ...
 - Energieverbruik
 - Interne toevoer



Bron: Energie +
& Leefmilieu Brussel

Voorbeeld van een landschapskantoor

Oppervlakte:	$\pm 12 \text{ m}^2/\text{pers}$
Geïnstalleerd vermogen – verlichting	10 W/m^2

Dit betekent een vermogen van **120 W** per werkpost

Te vergelijken met

- het vermogen afgegeven door een menselijk lichaam: +/- 70 W
- het vermogen van de kantooarelektroonica
- een draagbare computer: +/- 30 W
- een desktopcomputer met een scherm: +/- 100 W
- een laserprinter: 150 - 250 W (vermogen in stand-by: 70 W)



De kunstmatige verlichting optimaliseren

- ▶ De behoefte beperken door een ontwerp dat natuurlijke verlichting bevordert
- ▶ Gebruik van efficiëntere apparatuur die minder warmte afgeeft
 - Oude verlichting met geringe prestaties: variabel (van 10 tot 25 W/m²)
→ Nieuwe performante verlichting 6 W/m² met LED
- ▶ Maar kunstmatig verlichten als het echt nodig is.
Elk geval apart optimaliseren door:
 - Regeling afhankelijk van de natuurlijke verlichting (lichtsensor)
→ Gedifferentieerde regeling van de verlichtingstoestellen dichtbij/veraf van de natuurlijke lichtbronnen (indeling in zones)
 - Aanwezigheid/afwezigheidsdetectoren
 - Klok



INLEIDING

- Begrippen
- Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- Toevoer door zoninstraling
- Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- **Van het gebouw**
- Van de gebruikers

AFVOEREN/KOELEN

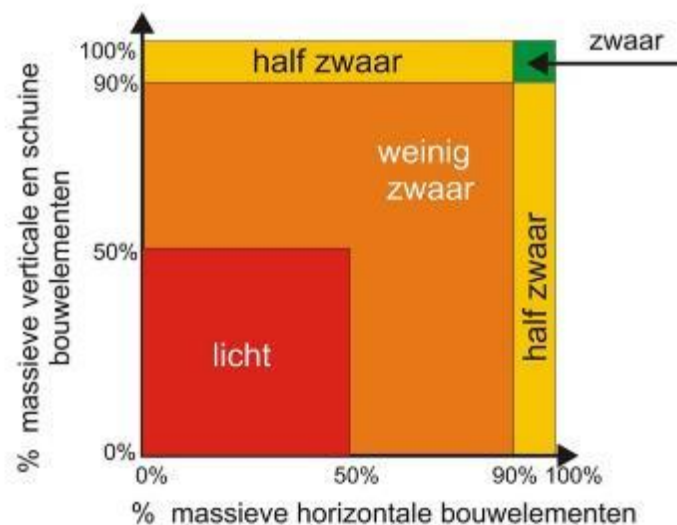
- Passieve koeling
- Actieve koeling



Profiteren van de thermische inertie van het gebouw

- ▶ Inertie = vermogen van een materiaal om warmte op te slaan en om ze beetje bij beetje terug af te geven.
- ▶ Hoe zwaarder een materiaal, hoe groter de inertie

⇒ **“Zwaar” bouwelement: $m_s \geq 100 \text{ kg/m}^2$**



Definitie van het inertieniveau volgens de EPB-regelgeving



Profiteren van de thermische inertie van het gebouw

- ▶ Inertie = vermogen van een materiaal om warmte op te slaan en om ze beetje bij beetje terug af te geven.
- ▶ Hoe zwaarder een materiaal, hoe groter de inertie

⇒ **“Zwaar” bouwelement: $m_s \geq 100 \text{ kg/m}^2$**

- ▶ Om efficiënt te zijn, moet de massa toegankelijk zijn



Houtskelet
(muren/structuur/vloeren)

Licht

Muur met geïsoleerde
binnenvoorzetwand



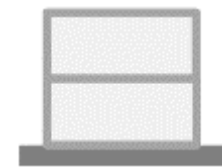
Gebouw mix zware muren
+ houten vloer/structuur

Niet zwaar



Gebouw mix zware
muren/vloeren +
houtstructuur

Halfzwaar



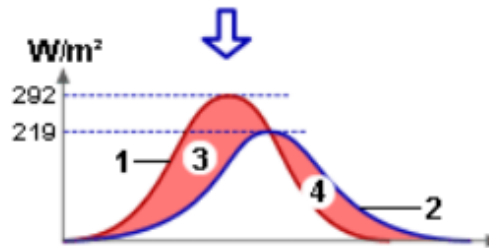
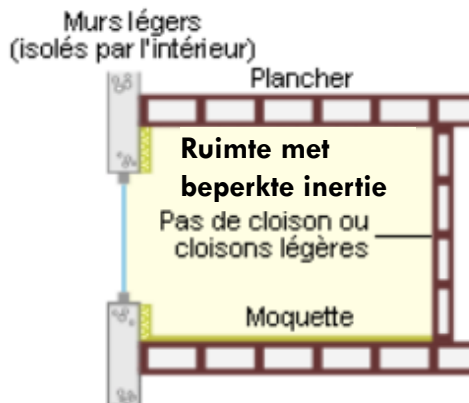
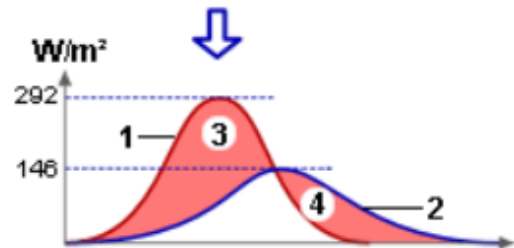
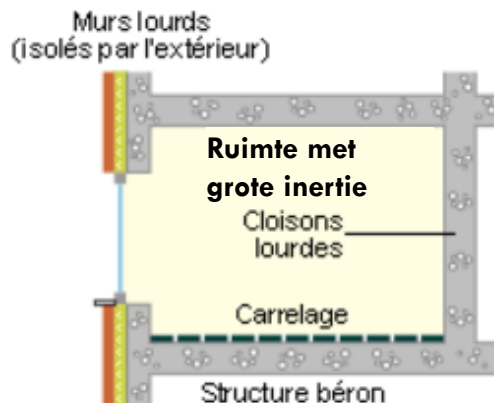
Gebouw 100 % beton

Zwaar



Profiteren van de thermische inertie van het gebouw

- Belang
 - Langere faseverschuiving
→ warmteafgifte op minder kritieke momenten (einde dag/nacht)
 - “Afvlakken” van warmtepieken
→ stabiel thermisch gedrag van het gebouw
→ vangt beter schommelingen in buitentemperatuur op



- 1 : apports instantanés
- 2 : charge réelle retardée
- 3 : chaleur emmagasinée
- 4 : chaleur restituée

Bron: Energie +



INLEIDING

- Begrippen
- Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- Toevoer door zoninstraling
- Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- Van het gebouw
- **Van de gebruikers**

AFVOEREN/KOELEN

- Passieve koeling
- Actieve koeling



Verschillende factoren

- ▶ Aanpassing kledij (of niet)
- ▶ Mogelijkheid om op het comfort in te spelen
 - Vensters die open kunnen?
 - Mogelijkheid om thermische trek te creëren?
- ▶ Informatie, opleiding
- ▶ Responsabilisering



INLEIDING

- Begrippen
- Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- Toevoer door zoninstraling
- Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- Van het gebouw
- Van de gebruikers

AFVOEREN/KOELEN

- **Passieve koeling**
- Actieve koeling



Passieve maatregelen



- ▶ Oplossingen zonder gebruik van koelmachine
- ▶ Passieve oplossingen kunnen ook elektrische energie verbruiken:
 - Voeding ventilatoren
 - Gemotoriseerd beheer van openingen
 - ...



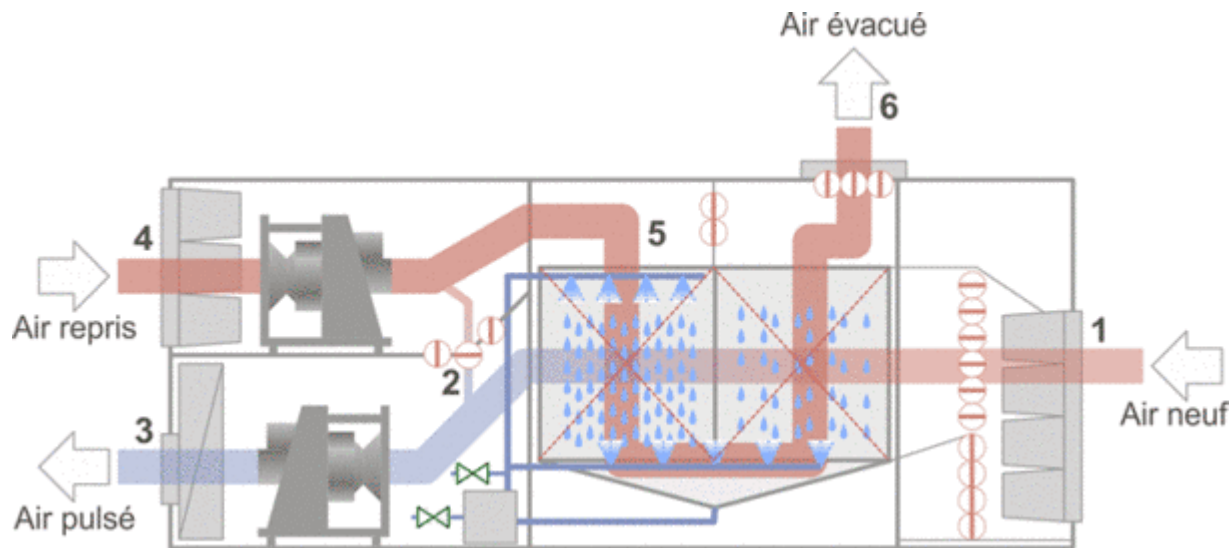
Hygiënische ventilatie - inlaat van warme lucht tot een minimum beperken

- ▶ Het ventilatiedebiet beperken tot het strikt noodzakelijke om aan de hygiënische behoeften te voldoen
- ▶ Warmtewisselaar om de ingebrachte lucht te koelen.
- ▶ Als $T_{\text{buitenlucht}} < T^{\circ}_{\text{binnenlucht}} \rightarrow$ warmtewisselaar bypassen.



Hygiënische ventilatie - adiabatische koeling

- ▶ Afvoerlucht bevochtigt voor of in de warmtewisselaar
- ▶ Het water verdampt en absorbeert de calorieën van de lucht → de lucht koelt af
- ▶ Efficiënt bij een groot debiet → Geschikt voor tertiaire en industriële toepassingen



Bron: Energie +



Intensieve ventilatie / free-cooling - Principe



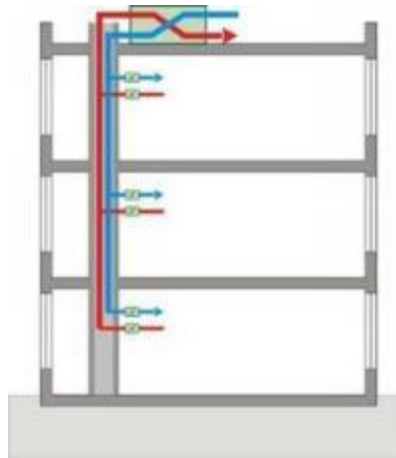
- ▶ Let op! ≠ hygiënische ventilatie
- ▶ Doel:
 - de warme binnenlucht vervangen door koelere buitenlucht,
 - de thermische massa van het gebouw ontladen (hoe groter de thermische massa van het gebouw, hoe doeltreffender).

⇒ **Intensieve ventilatie maakt de koeling van het gebouw mogelijk met een beperkt vermogen dat vaak voldoende is in de winter of in het tussenseizoen.**



Intensieve ventilatie / free-cooling - Methodes

- ▶ Via mechanische ventilatie
 - luchtverplaatsing door middel van ventilatoren. Doorgaans via hygiënisch ventilatienet
 - Vaak aangetroffen debiet intensieve ventilatie $\gg$ hygiënisch debiet
 $\approx 8 \text{ vol/h}$ $\approx 1 \text{ vol/h}$



Bron: Leefmilieu Brussel

Voordelen

- Debietbeheersing

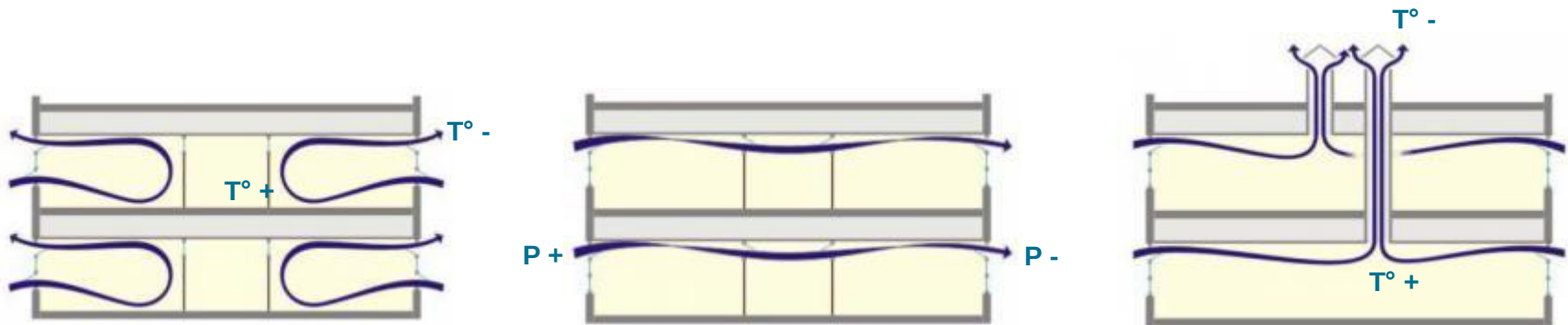
Nadelen

- Elektriciteitsverbruik van de groep
- Overdimensionering van het net (groep en kanalen)



Intensieve ventilatie / free-cooling - Methodes

- ▶ Via mechanische ventilatie
- ▶ Via natuurlijke ventilatie
 - Eenzijdige ventilatie – schoorsteeneffect (Δt°)
 - Transversale ventilatie – windeffect (Δp_{vent})
 - Verticale ventilatie - schoorsteeneffect (Δt°)



Bron: UCL

Efficiëntie

Voordelen

- Passieve natuurlijke methode, zonder verbruik ventilatoren

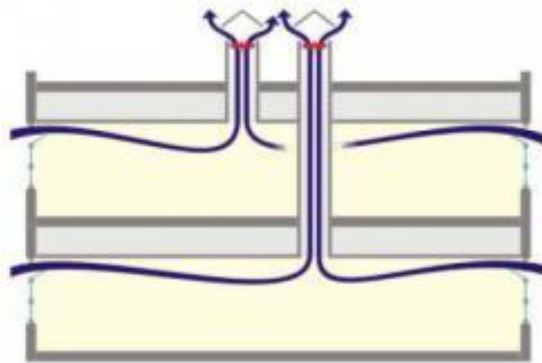
Nadelen

- Beheer en integratie van de openingen
- Variabel debiet volgens klimaatomstandigheden



Intensieve ventilatie / free-cooling - Methodes

- ▶ Via mechanische ventilatie
- ▶ Via natuurlijke ventilatie
- ▶ Via hybride ventilatie
 - Natuurlijke inblazing + mechanische afvoer (meest frequent)
 - Mechanische inblazing + natuurlijke afvoer



Bron: UCL

Voordelen

- Eenvoudiger te plaatsen
- Debietbeheersing

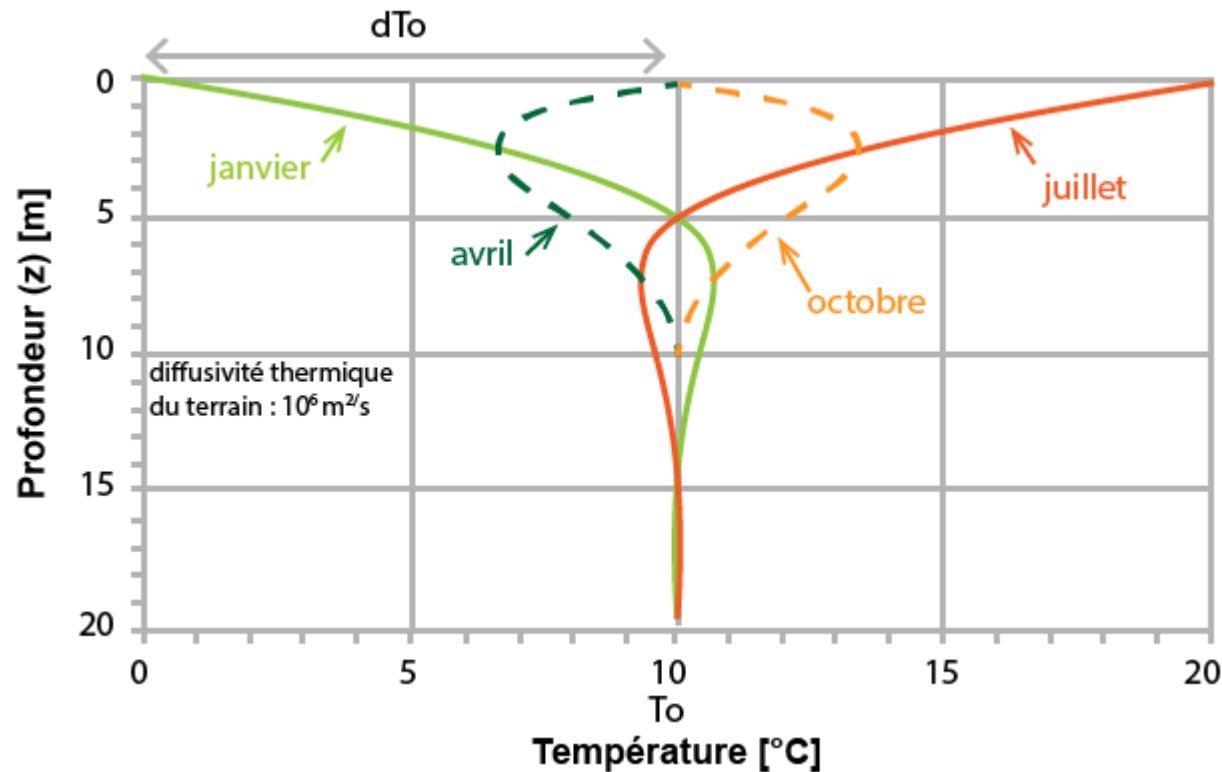
Nadelen

- Beheer van openingen
- Verbruik van de ventilatoren



Geocooling

- ▶ Recuperatie van koelte van de grond via geothermische sondes waarin water circuleert (gesloten net)
- ▶ Voor diepte $\geq 10\text{m}$, $t^\circ \approx 10 \dots 12^\circ\text{C}$



Jaarlijkse schommeling grondtemperatuur volgens diepte

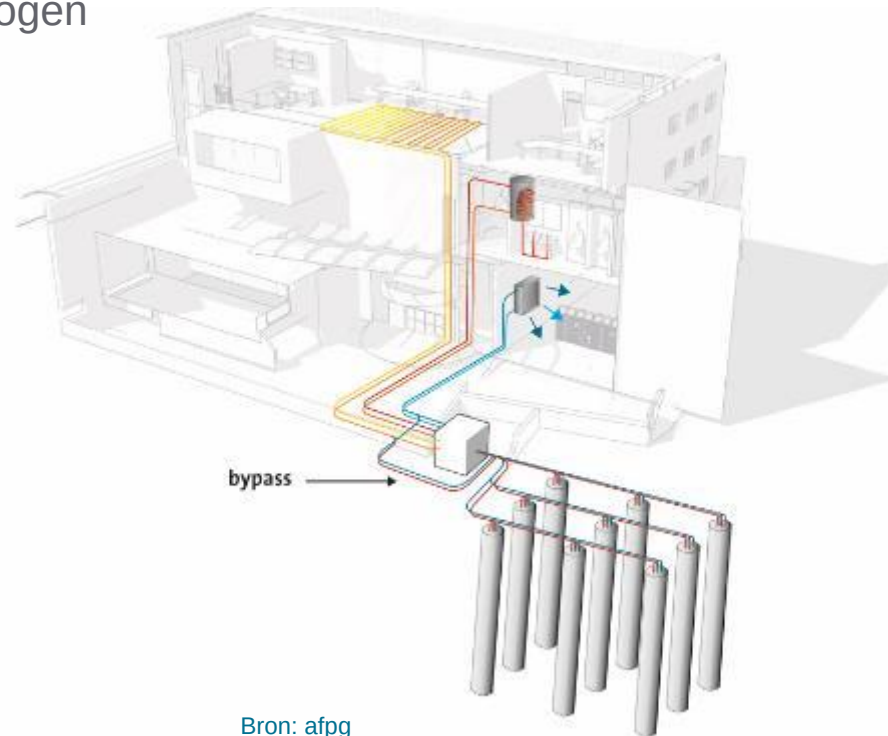
Bron: Energie +



Geocooling



- ▶ Geocooling $\neq$ Geothermie
Geen warmtepomp Gebruik van warmtepomp
- ▶ Via bypass warmtepomp
- ▶ Verdeling van het geproduceerde koud water naar koelplafonds, actieve vloerplaten of luchtbehandelingsgroepen of ventilatorconvectoren
- ▶ Beperkt vermogen



Bron: afpg



INLEIDING

- Begrippen
- Uitdagingen

DE TOEVOER BEPERKEN

- Toevoer door zoninstraling
- Interne toevoer

DE REACTIES BEHEERSEN

- van het gebouw
- Van de gebruikers

AFVOEREN/KOELEN

- Passieve koeling
- **Actieve koeling**



Principe

- ▶ Gebruik van een koelmachine om de warmte uit de lokalen te onttrekken en naar buiten te voeren

⇒ **Stroomverbruik!**

- ▶ De koelmachines werken door energieoverdracht gebaseerd op faseverandering van een koelvloeistof → Warmtepomp
 - Geothermische warmtepomp
 - Lucht/lucht warmtepomp
 - Lucht/water warmtepomp
 - ...
- ▶ Bij omkeerbare technologie kan de koelmachine ook warmte produceren in de winter.



Principe

- ▶ 3 hoofdtypes van systeem, volgens transportwijze van de koude:
 - Via de lucht (doorgaans hygiënisch ventilatienet)
 - Door koud water of ijswater
 - Door “directe expansie”: direct contact tussen te koelen lucht en verdamper van de koelmachine



Principe

- ▶ Wanneer doet men een beroep op een klimaatregelingssysteem?
 - Te hoge interne lasten
 - Specifieke eisen inzake binnenklimaat
 - Moeilijk toe te passen passieve maatregelen
 -

⇒ In woongebouwen kan men in de grote meerderheid van de gevallen afzien van een klimaatregelingssysteem!





- ▶ Altijd de interne en externe warmtetoevoer beperken en eerst passieve strategieën opzetten.
- ▶ Er bestaan verschillende koelsystemen en -strategieën, te kiezen voor elk geval afzonderlijk rekening houdend met de specifieke eigenschappen van het project.
- ▶ Het gevoel van oververhitting hangt af van meerdere factoren, die men moet beheersen om efficiënt te kunnen optreden.





Gids duurzame gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Energie
 - [Dossier | Warmtelasten beperken](#)
 - [Dossier | Een hoge thermische inertie verzekeren](#)
 - [Dossier | Een passieve koelstrategie toepassen](#)
 - [Voorziening | Free-cooling](#)



Websites

- ▶ Energie+: [Choisir une protection mobile, fixe ou permanente](#)
- ▶ [Prosolis](#): Vergelijkingstool van zonweringen



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>
Warmtepompen : Keuze en ontwerp
- ▶ Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Julie RENAUX

Projectingenieur

écorce nv

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

DANK U VOOR UW AANDACHT

