

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

BEHEER VAN OVERVERHITTING IN DE ZOMER

LENTE 2024

Warmte afvoeren en afkoelen

Strategieën voor passieve afkoeling en bakens bij de installatie
van een systeem voor actieve koeling



- ▶ Zich vertrouwd maken met de strategieën voor passieve afkoeling
- ▶ Zich bewust worden van de milieu-impact ervan
- ▶ Begrijpen van de technische eisen van de verschillende strategieën
- ▶ Bepalen van de geschiktheid bij de keuze voor een bepaalde strategie
- ▶ Zich bewust worden van de uitdagingen in verband met actieve koeling



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING
BAKENS VOOR DE KOELING



Warmte afvoeren ...

- ▶ Afkoeling $\neq$ koeling
 - Bij afkoeling, geen gegarandeerd vermogen
>> geen naleving van een insteltemperatuur
- ▶ Passieve strategieën $><$ actieve koeling (= door middel van een koelmachine)

⇒ **Passieve afkoeling is niet 'gratis'!**



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

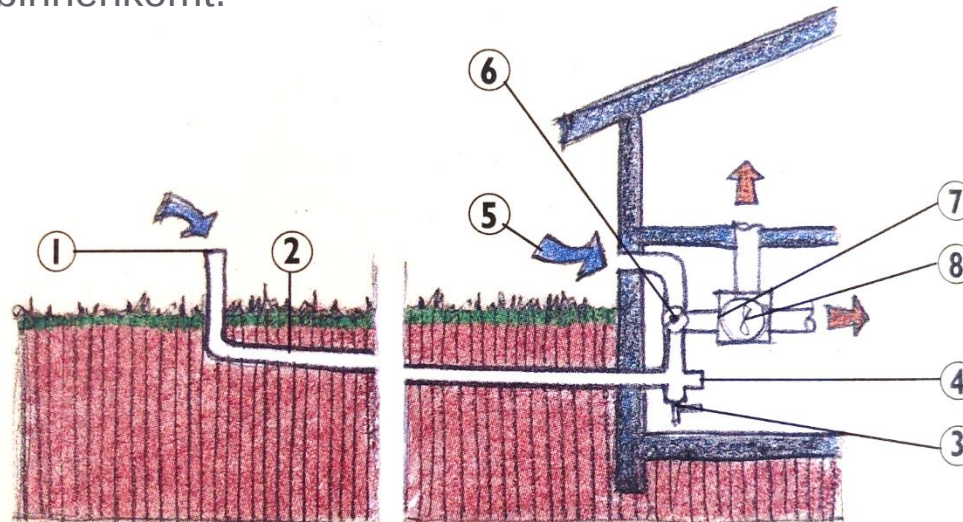
- ▶ **Aardwarmtewisselaar**
- ▶ Geocooling
- ▶ Intensieve ventilatie
- ▶ Adiabatische koeling
- ▶ Vergelijking van verschillende strategieën
- ▶ Combinaties van strategieën
- ▶ Keuzecriteria

BAKENS VOOR DE KOELING



Definitie

- De aardwarmtewisselaar ook 'Canadese put' genoemd is een **warmtewisselaar bestaande uit ondergrondse buizen** waardoor de luchttemperatuur kan worden verwarmd of gekoeld vóór de lucht het gebouw binnenkomt.



Bron: La conception bioclimatique, Samuel Courgey en Jean Pierre Oliva

- | | |
|---|--|
| 1. Luchtinlaat | 5. Rechtstreekse luchtinlaat |
| 2. Ondergrondse buizen – hellingshoek van 2 tot 3 % | 6. Klep |
| 3. Sifon | 7. Luchtfilter |
| 4. Onderhoudsluikje | 8. Ventilatiecaisson en verdeelleidingen |



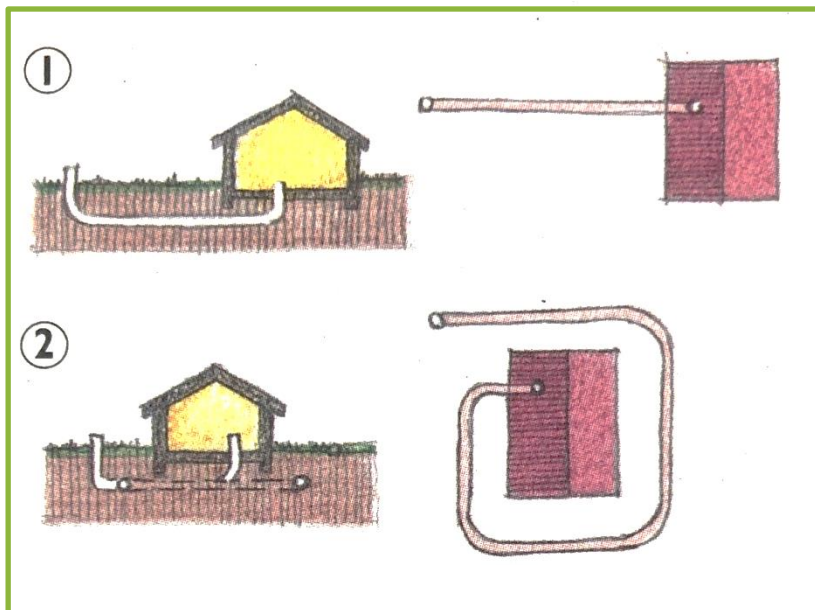
Configuraties

- ▶ Lucht-aardwarmtewisselaar
- ▶ Glycolwater-aardwarmtewisselaar



Configuraties

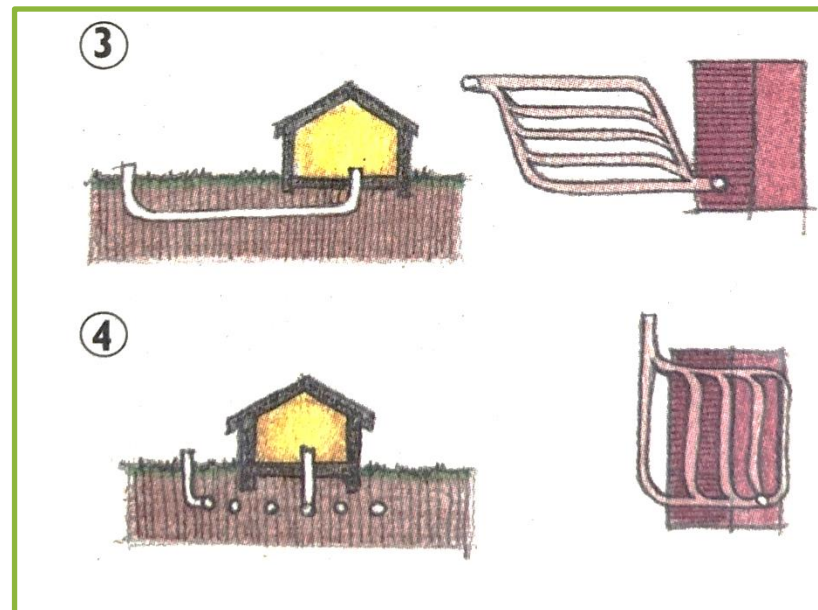
► Lucht-aardwarmtewisselaar



Enkelvoudig buizenet

- + Eenvoudige reiniging
- + Beperking van drukverliezen

Bron: La conception bioclimatique,
Samuel Courgey et Jean Pierre Oliva



Meervoudig buizenet

- > Beperkt beschikbaar terrein



Configuraties

- Lucht-aardwarmtewisselaar

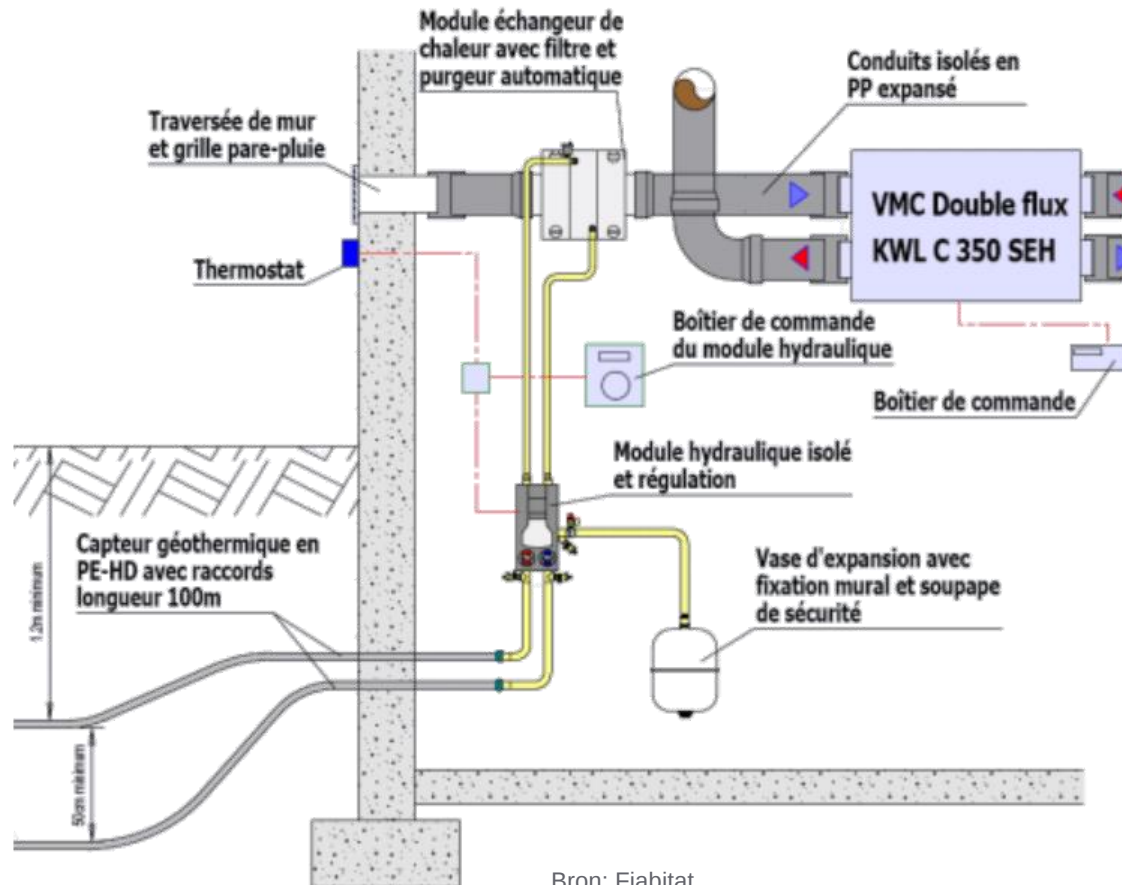


Bron: Fiabiat



Configuraties

- Glycolwater-aardwarmtewisselaar



Bron: Fiabiat



Configuraties

- Glycolwater-aardwarmtewisselaar



Bron: fiabiat



Configuratie

- Vergelijking van de verschillende soorten

GLYCOLWATER- AARDWARMTEWISSELAAR	LUCHT-AARDWARMTEWISSELAAR
+ Minder vereiste ruimte + Minder ingenomen ruimte, + Aangepast aan problemen in verband met stijgingen van de grondwaterspiegel of moeilijke grondwerken ...	+ Interessant voor tertiaire gebouwen + Lage onderhoudskosten + Gebruikscomfort + Efficiënter
- Verbruik van de pomp voor de glycolwaterlus	- Vereiste ruimte op het terrein - Moeilijk bij renovatie - Toename van drukverliezen en dus van elektriciteitsverbruik [*]

⇒ Wanneer de uitvoering van een lucht-aardwarmtewisselaar moeilijk is

[*] In het middenseizoen is het gebruik van de aardwarmtewisselaar niet aanbevolen!



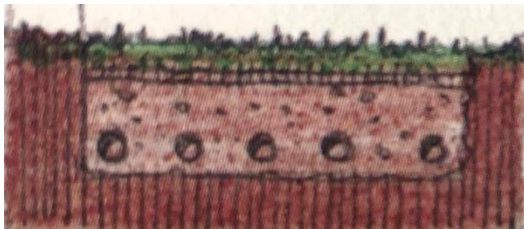
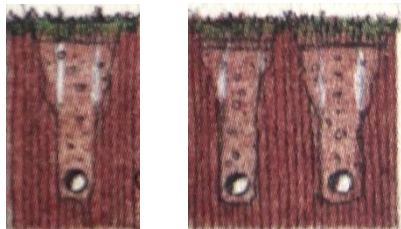
Technische en architecturale eisen

- ▶ Vereist een omvangrijk terrein
 - Buizen op minimaal 2 m afstand van beplanting of gebouwen
 - Onder de gebouwen is de bodem droog en niet onderhevig aan zonnewinsten
 - >> ↓ rendement
 - Mogelijkheid tot het boven elkaar plaatsen van de buizen (iets lager rendement)
- ▶ Vereist mechanische luchttoevoer en sluiten van ramen
 - Minimale hoogte van 1 m
- ▶ Beperking van drukverliezen (<100 Pa voor het geheel)
 - Vermijden van bochtstukken
 - Voorkeur geven aan brede buizen
 - ...
- ▶ Vereist de afvoer van condensaten (infiltratie in de bodem, of opvoerpomp)



Technische en architecturale eisen

- Voor een woning met een bewoonbare oppervlakte van 100 m²

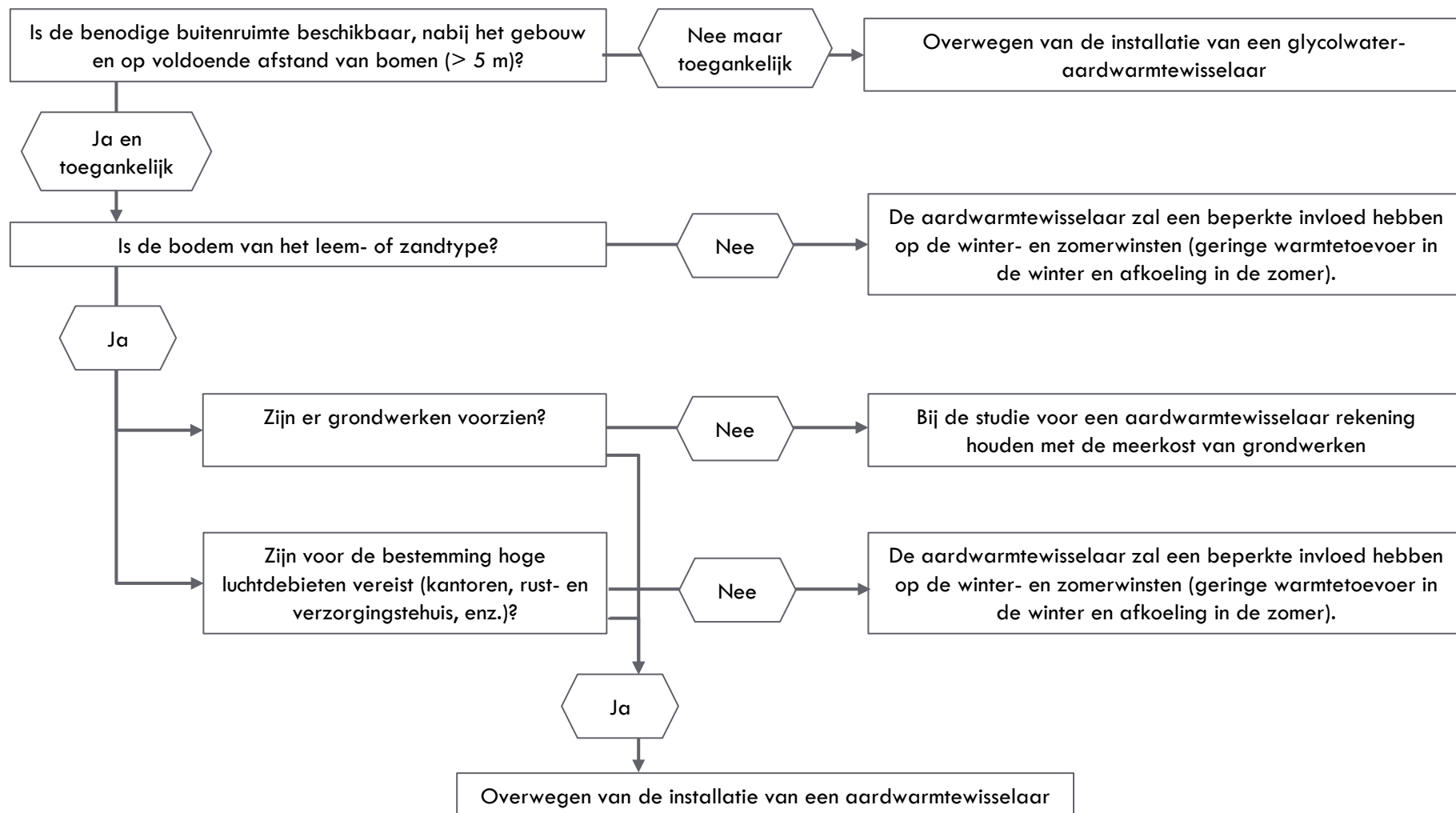
	ALLEEN VOOR AFKOELING	AFKOELING EN VOORVERWARMING
ALGEMENE CONFIGURATIE	Meervoudig buizenet van 30 tot 40 m 	Enkelvoudig buizenet van 30 tot 40 m 
AFSTAND TUSSEN DE BUIZEN	Min. 60 cm	Min. 150 cm
DIEPTE	70 tot 90 cm	150 tot 200 cm
BUISTYPE	Beton, PVC, PE, verglaasd gres, ... dicht! Bij gladde bekleding, vergroten van de lengte met 15 %.	
DIAMETER VAN DE BUIZEN	15 tot 25 cm	
LUCHTSNELHEID	3 tot 5 m/s mogelijk	2 m/s

Bron: La conception bioclimatique, Samuel Courgey en Jean Pierre Oliva



Toepasbaarheid

► Beperkte afkoelingsbehoefte



Potentieel en prestaties

- De aardwarmtewisselaar bereikt het hoogste rendement bij extreme buitentemperaturen: het temperatuurverschil tussen de bodem en de buitenlucht is groter!



Voorbeeld – eengezinswoning

- ▶ Oppervlakte: 280 m²
- ▶ Ventilatie-debiet: 650 m³/u
- ▶ Installatie
 - 3 x 30 m geringde buizen, diameter ...
 - Prijs levering: ~ € 800 excl. btw (in 2014), grondwerken niet inbegrepen
- ▶ Resultaat
 - In de zomer , $T_{\text{ingang}} = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ voor $T_{\text{buiten}} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - In de winter, $T_{\text{ingang}} = 14^{\circ}\text{C}$ voor $T_{\text{buiten}} = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$



Voorbeeld – eengezinswoning



Bron: Pierre Willem



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

- ▶ Aardwarmtewisselaar
- ▶ **Geocooling**
- ▶ Intensieve ventilatie
- ▶ Adiabatische koeling
- ▶ Vergelijking van verschillende strategieën
- ▶ Combinaties van strategieën
- ▶ Keuzecriteria

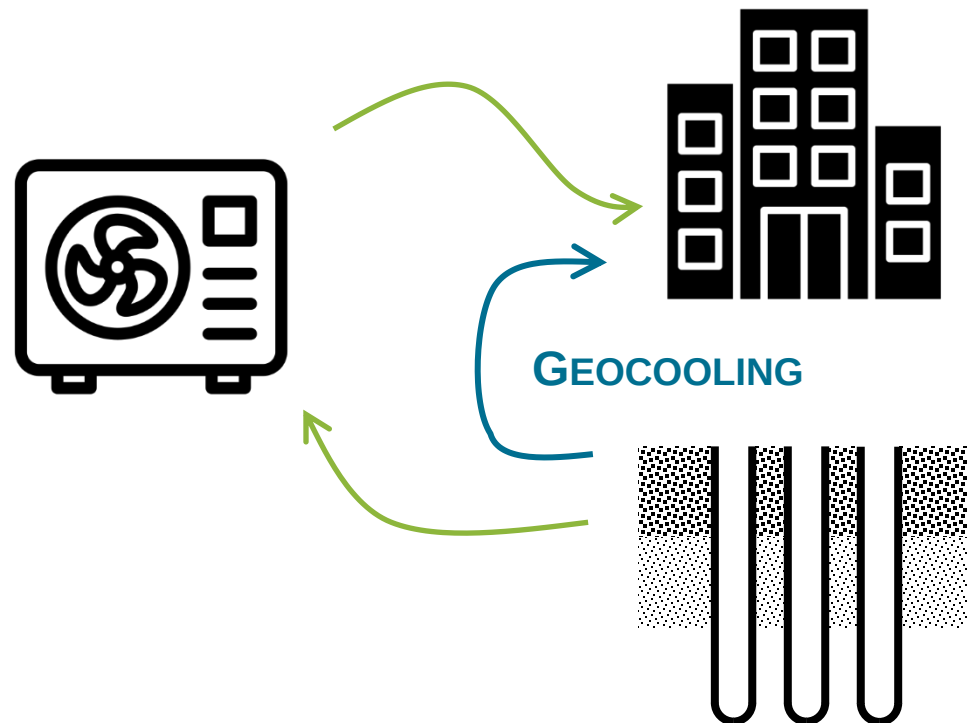
BAKENS VOOR DE KOELING



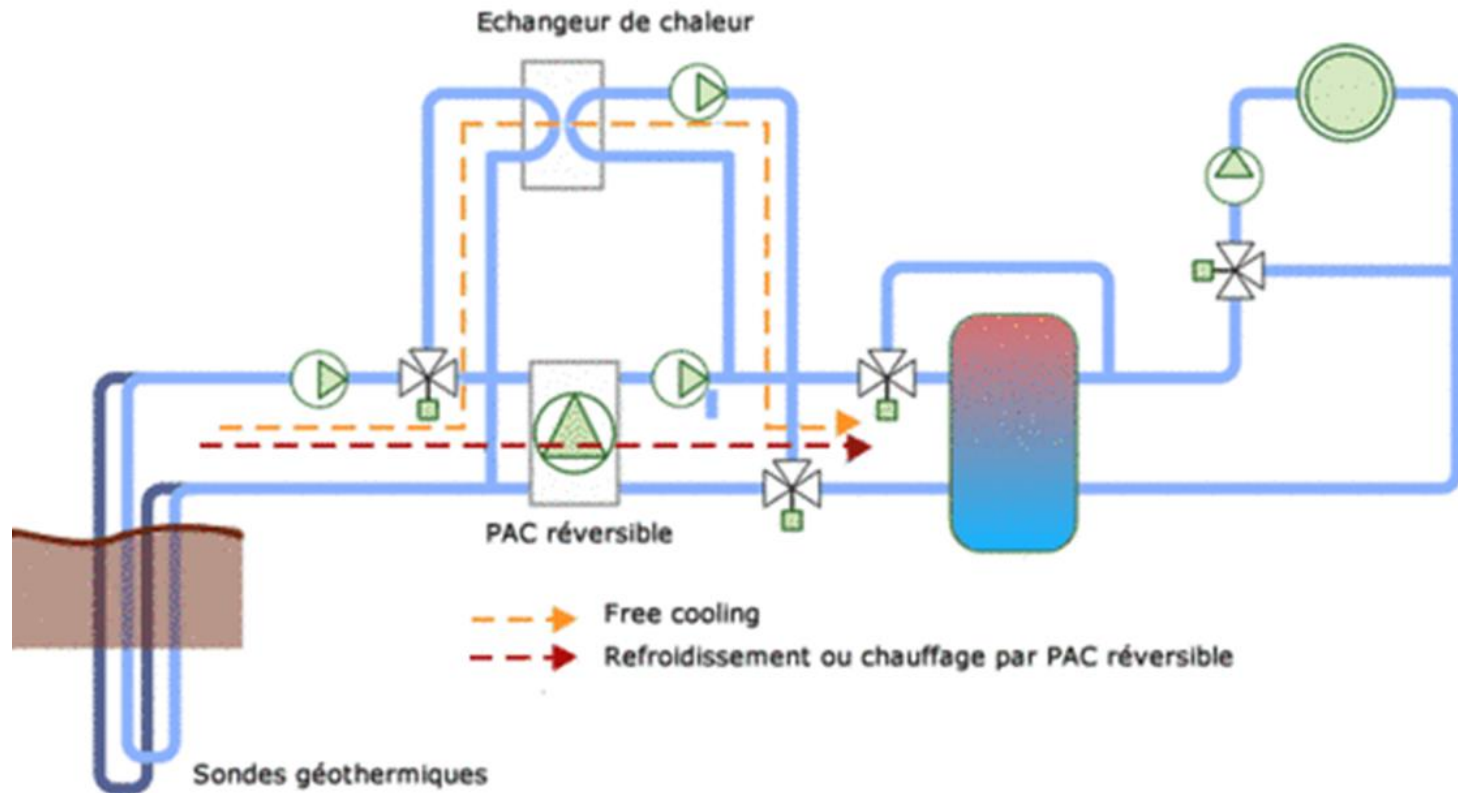
Definitie

- Geocooling is een afkoelingstechniek bestaande uit de **terugwinning van koelte uit de bodem via geothermische sondes** waarin water circuleert (gesloten net)

⇒ De warmtepomp wordt overbrugd: **geen verbruik in verband met de WP!**



Configuratie



Bron: Energie+



Technische en architecturale eisen

- ▶ Voorzien van geothermische sondes!
 - Horizontaal: beschikbare plaats, geen beplanting met diepe wortels, ...
 - Verticaal: boringen, (hartafstand van 7 tot 10 m)
- ▶ Voorzien van compatibel afgiftesysteem – afkoeling bij “hoge temperatuur”
 - Ventilerende convector,
 - Stralingspanelen,
 - Afgiftelichamen oppervlakteverwarming, ...
- ▶ Voorzien van een specifieke module bestaande uit
 - een pomp
 - een 3-wegklep,
 - een warmtewisselaar



Potentieel en prestaties

- ▶ Het beschikbare vermogen is variabel en afhankelijk van de bodemtemperatuur die gedurende het seizoen kan variëren.
- ▶ Extractievermogen $\sim 20 \text{ W/m}$
- ▶ Elektriciteitsverbruik van de circulatiepompen



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

- ▶ Aardwarmtewisselaar
- ▶ Geocooling
- ▶ **Intensieve ventilatie**
- ▶ Adiabatische koeling
- ▶ Vergelijking van verschillende strategieën
- ▶ Combinaties van strategieën
- ▶ Keuzecriteria

BAKENS VOOR DE KOELING



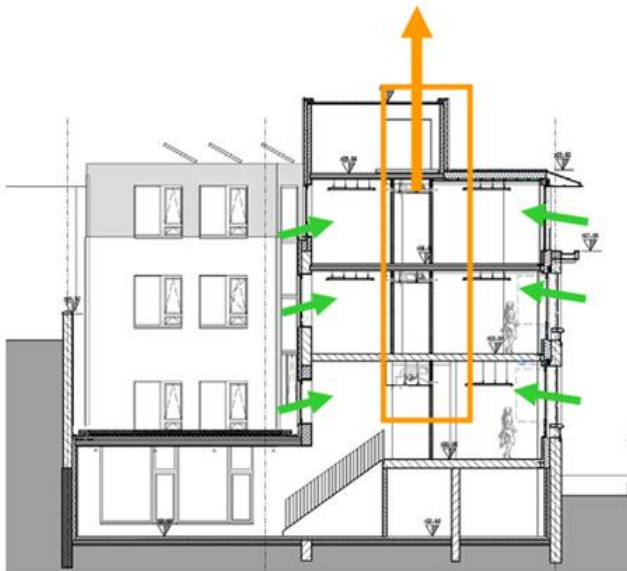
Definitie

- ▶ Intensieve ventilatie is een **passieve afkoelingstechniek** bestaande uit **de doorstroming van het gebouw met koele buitenlucht**.
 - Het afkoelingsvermogen is afhankelijk van het luchtdebiet en het temperatuurverschil tussen de aangevoerde lucht en de omgevingslucht.
 - ⇒ Voor een doeltreffende afkoeling is **een debiet van minimaal 10 vol/u vereist**
- ▶ Intensieve ventilatie kan worden gebruikt
 - in het tussenseizoen, zowel overdag als 's nachts
 - in de zomerperiode 's nachts (night-cooling)
- ▶ Intensieve ventilatie is compatibel met andere afkoelingstechnieken

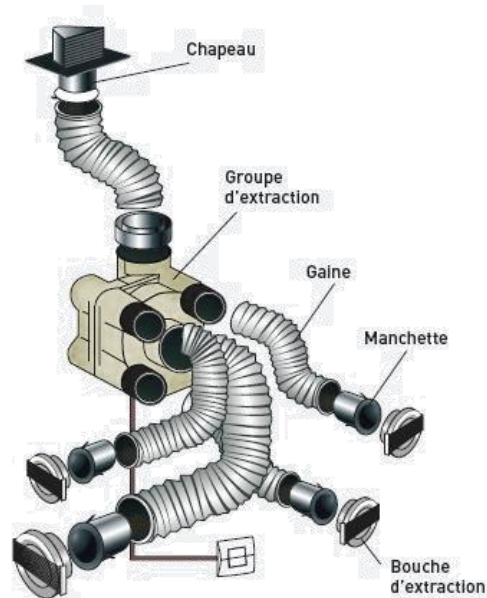


Configuratie

- ▶ Natuurlijke intensieve ventilatie
- ▶ Mechanische intensieve ventilatie
- ▶ Hybride intensieve ventilatie



Bron: A2M



Bron: VMC France



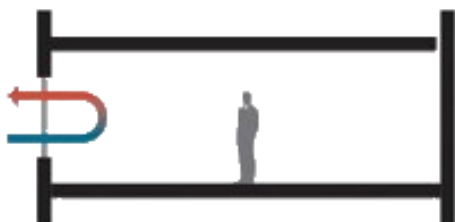
Bron: NatVent



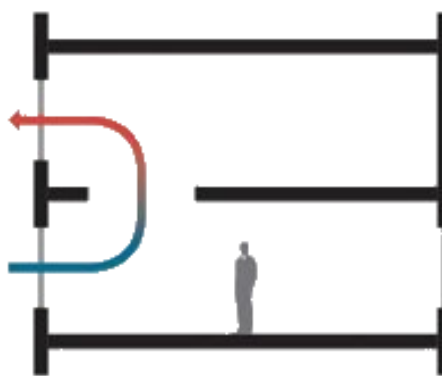
Configuratie

- Natuurlijke intensieve ventilatie
 - **Principe:** Luchtverplaatsing door temperatuur- of drukverschillen

EENZIJDIGE VENTILATIE

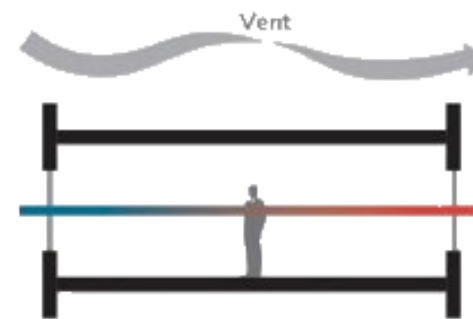


VERTICALE VENTILATIE



Bron: Leefmilieu Brussel

DWARSVENTILATIE

Luchtverplaatsingen door **temperatuurverschil binnen/buiten**> **Schoorsteeneffect**Luchtverplaatsingen door **drukverschil tussen gevels**> **Windeffect**

Configuratie

- ▶ Natuurlijke intensieve ventilatie
 - Vergelijking van configuraties

EENZIJDIGE VENTILATIE	VERTICALE VENTILATIE	DWARSVENTILATIE
+ Beperkte architecturale impact + Regeling per zone + Afwezigheid van luchtdoorstroomroosters	+ Goed compromis tussen eenzijdige en dwarsventilatie	+ Het meest performant door windeffecten als drijfkracht te gebruiken
- Minder doeltreffend door lagere debieten	- Aandacht voor brandrisico/compartimentering	- Algemene regeling op gebouwniveau - Aandacht voor het ontwerp van ruimten: ze moeten doorlopend zijn met een beperking van het aantal obstakels - Niet-compatibel met diepe gebouwen



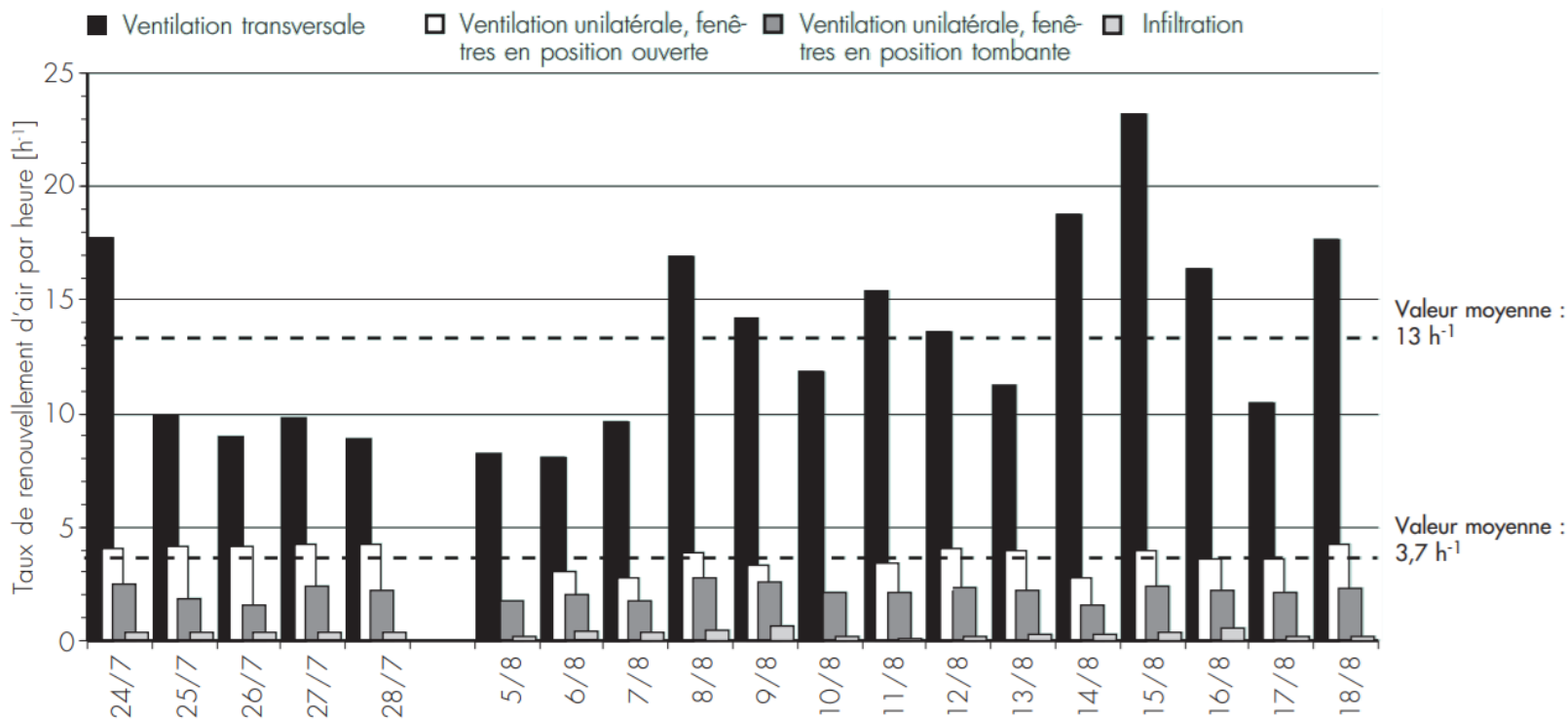
Configuratie

► Natuurlijke intensieve ventilatie:

- Vergelijking van configuraties

*Voorbeeld - PROBE-gebouw:
monitoring van 4 verschillend geventileerde kantoren*

Fig. 34
Taux de renouvellement d'air mesuré par heure selon la stratégie de ventilation.

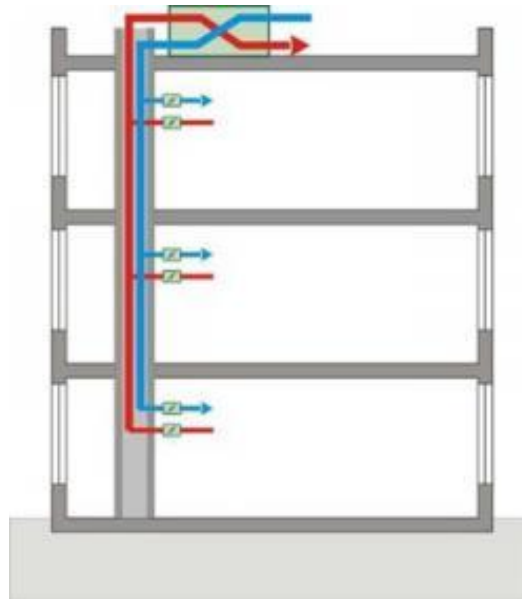


Bron: Buildwise



Configuratie

- ▶ Mechanische intensieve ventilatie
 - **Principe:** Luchtverplaatsing door ventilatoren



Bron: Leefmilieu Brussel

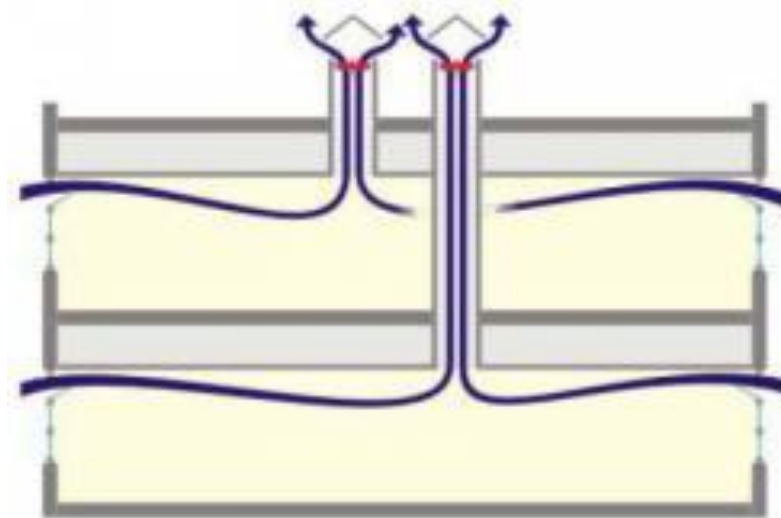
⇒ Is het interessant om het systeem voor **hygiënische ventilatie** 's nachts te laten draaien?



Configuratie

► Hybride intensieve ventilatie

- **Principe:** Luchtverplaatsing door een combinatie van natuurlijke en mechanische ventilatie, of een “mechanisch ondersteunde” natuurlijke ventilatie, wanneer de debieten onvoldoende groot zijn.
 - Natuurlijke aanvoer + mechanische afvoer (meest gangbare systeem)
 - Mechanische aanvoer + natuurlijke afvoer



Bron: UCL



Configuratie

- Vergelijking van de verschillende soorten

NATUURLIJKE VENTILATIE	HYBRIDE VENTILATIE	MECHANISCHE VENTILATIE
+ Nulverbruik + Beheer op niveau van de ruimte	+ Gegarandeerde debieten + Beheer op niveau van de ruimte + Regeling overeenkomstig de binnentemperatuur + Minder risico van binnendringing (van regen) + Minder afhankelijk van de architectuur (dan natuurlijke ventilatie) + Eenvoudig te installeren (beperkt net)	+ Gegarandeerde debieten + Mogelijkheid tot filtratie van buitenlucht + Gedeeltelijk beheer van de aanvoertemperatuur + Gebruik van het bestaande net + Niet afhankelijk van de architectuur
- Beperkt beheer van debieten - Wisselvallige doeltreffendheid - Minder flexibiliteit van het gebouw - Complexe regeling - Complexer te verzekeren luchtdichtheid en akoestiek - Risico van binnendringing (van regen, verontreiniging, ...) - Geen filtratie	- Stroomverbruik bij werkende ventilator - Geen mogelijkheid tot filtratie van lucht, - Geen beheer van de aanvoertemperatuur	- ↑ beperking van debieten of meerkosten in verband met overdimensionering - Verbruik van de ventilatoren - ↑ temperatuur van de buitenlucht

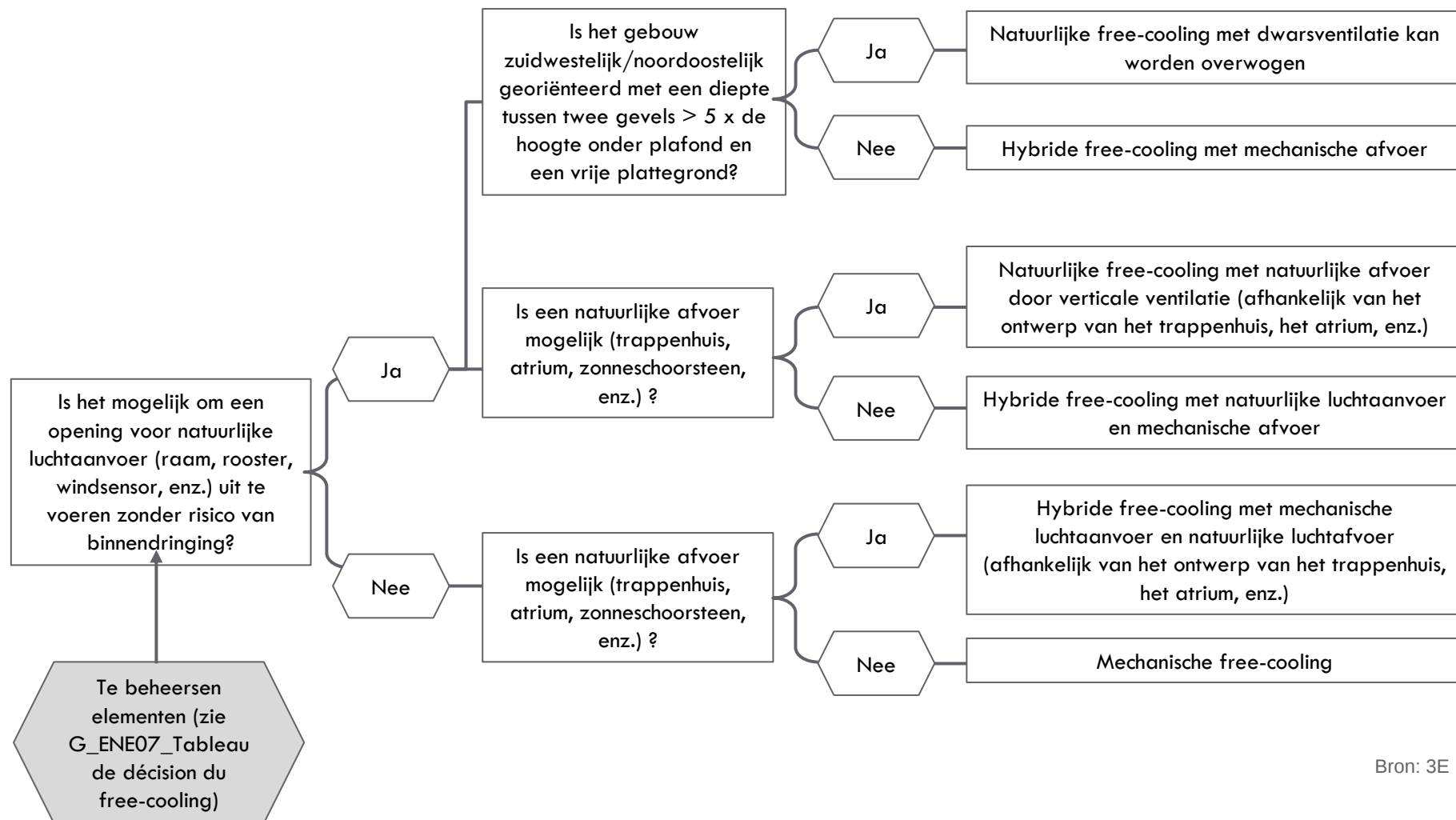


Technische en architecturale eisen

- ▶ Vereist toegang tot thermische massa van het gebouw
 - ▶ Vereist een afvoer in het bovenste gedeelte via:
 - een afvoerkanaal per niveau
 - of mechanische afzuigventilatoren op het dak
 - ▶ Vereist een luchtinlaat in het onderste gedeelte via:
 - openingen in de scheidingsconstructies
 - Eenzijdige ventilatie: $A_{\text{opening}} = 0,064 A_{\text{ruimte}}$
 - Dwarsventilatie: $A_{\text{opening}} = 0,032 A_{\text{ruimte}}$ (min. 40 % per scheidingsconstructie)
- ⇒ De openingen voor hygiënische ventilatie volstaan niet!
- of mechanisch aanvoernet



Toepasbaarheid en keuzecriteria



Bron: 3E



Potentieel en prestaties

- ▶ Het afkoelingsvermogen is afhankelijk van het luchtdebiet en het temperatuurverschil tussen de aangevoerde lucht en de omgevingslucht.

$$\text{Afkoelingsvermogen [W]} = 0,34 \text{ [W/(m}^3\text{/u).K]} \times \text{Debiet [m}^3\text{/u]} \times \Delta T \text{ [}^\circ\text{K]}$$

⇒ Voor een doeltreffende afkoeling is **een debiet van minimaal 10 vol/u vereist**

- ▶ Bij natuurlijke ventilatie is het luchtdebiet afhankelijk van het type en de grootte van de openingen evenals van klimatologische factoren.
- ▶ Het verbruik van de ventilatoren is afhankelijk van het debiet, de drukverliezen en het rendement van de ventilator

$$P \text{ [W]} = Q \text{ [m}^3\text{/s]} \times \Delta P \text{ [Pa]} / \eta \text{ [-]}$$

Het drukverlies is evenredig met Q^2 ...

⇒ Het verbruik van de ventilatoren is dus evenredig met Q^3

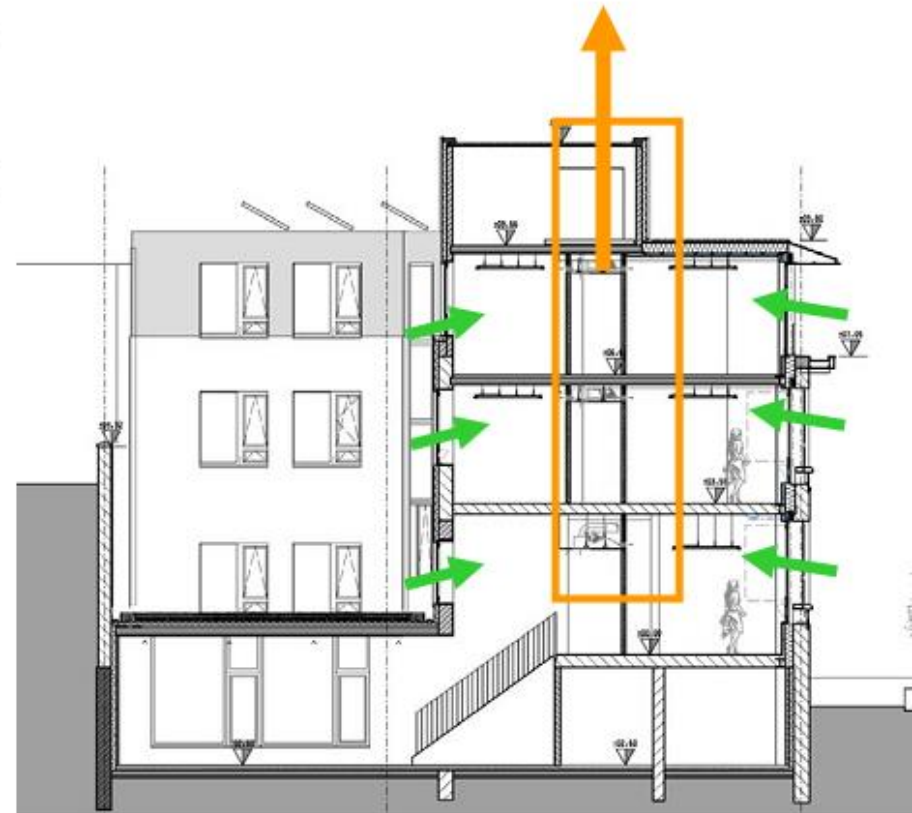


Voorbeeld – kantoren in Vorst

- Mechanisch gestuurde natuurlijke intensieve ventilatie (CTB)



014

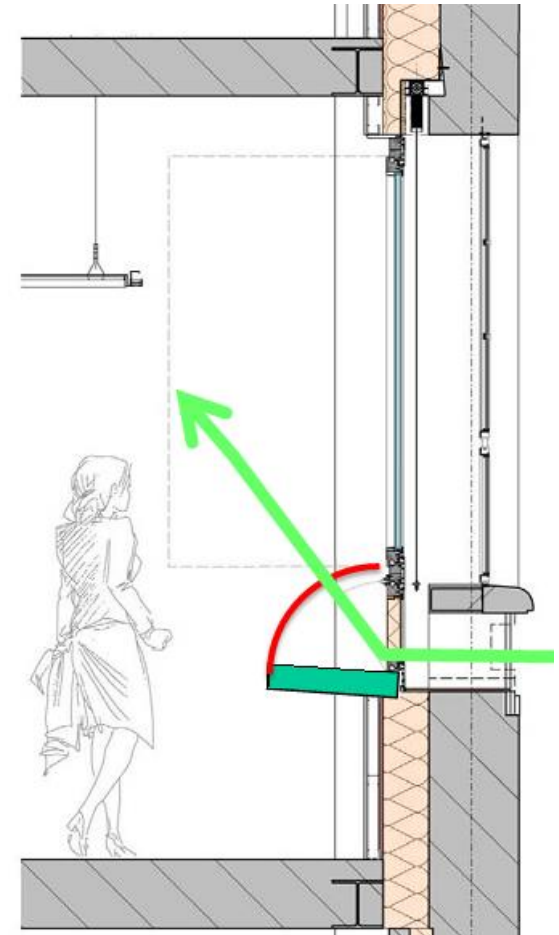


A2M



Voorbeeld – kantoren in Vorst

- Mechanisch gestuurde natuurlijke intensieve ventilatie (CTB)



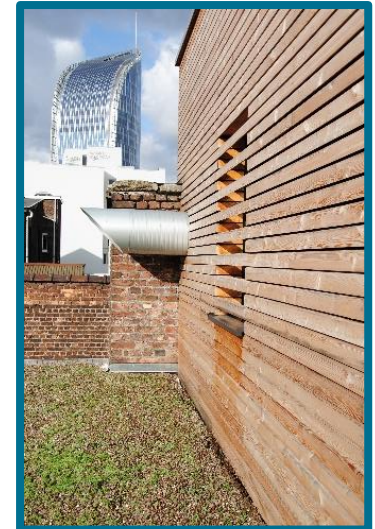
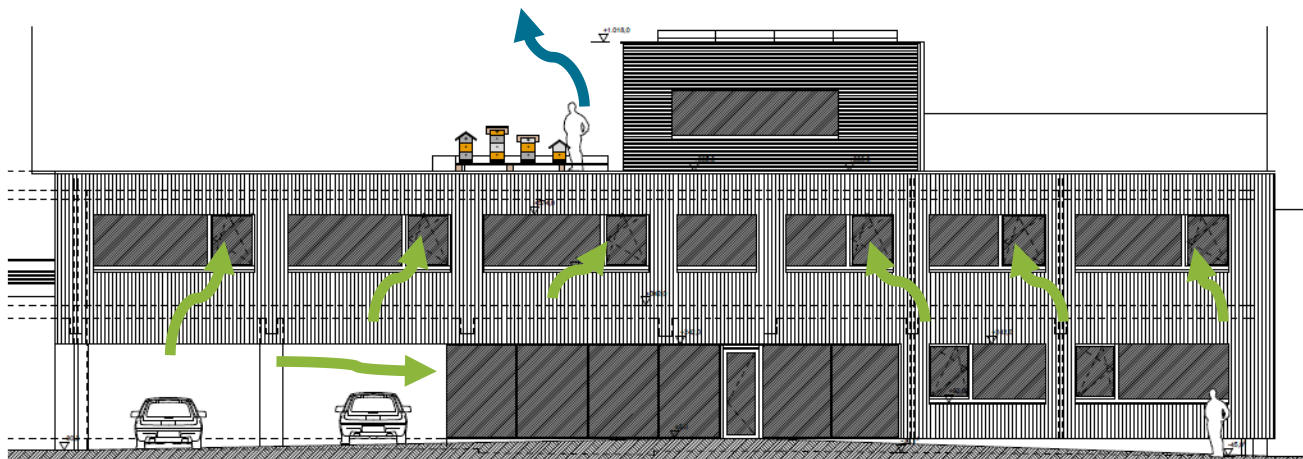
014

A2M



Voorbeeld – kantoren in Luik

- ▶ Manueel bediende natuurlijke intensieve ventilatie
 - Vereist de actieve medewerking van de gebruikers!



Bron: écorce



Voorbeeld – eengezinswoningen

- ▶ Manuele intensieve ventilatie
 - Monitoring uitgevoerd in 23 gelijkaardige woningen

Voorbeeld van de efficiëntie van een intensieve nachtelijke ventilatie voor twee aanpalende huizen (zie grafiek op de vorige pagina).

Eigenschap	Huis nr. 3	Huis nr. 5
Intensieve natuurlijke nachtventilatie	Ja	Neen
Beschermd volume	449 m ³	567 m ³
Globaal isolatiepeil K	13	
Inertie	Weinig massieve structuur	
Voornaamste oriëntatie van de beglazing	Zuiden	
Ventilatievoud bij n_{50}	0,64 h ⁻¹	0,57 h ⁻¹
Gemiddelde gemeten temperatuur	21,4 °C	26,7 °C

Bron: Buildwise

⇒ De praktijken van de bewoners hebben **een fundamentele impact** op de binnentemperatuur!



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

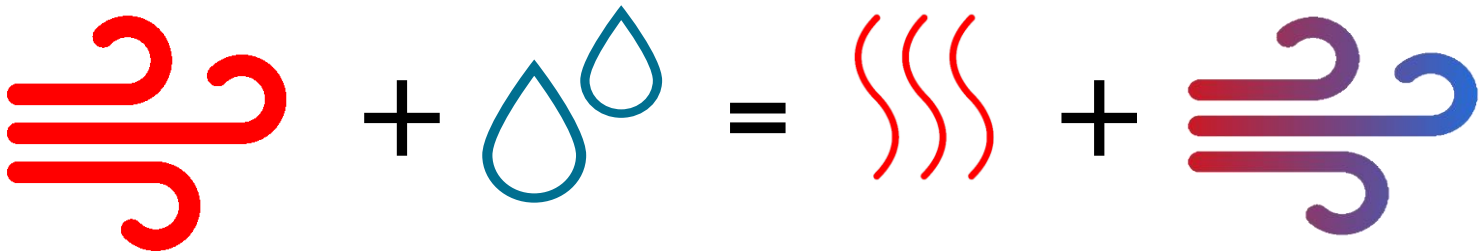
- ▶ Aardwarmtewisselaar
- ▶ Geocooling
- ▶ Intensieve ventilatie
- ▶ **Adiabatische koeling**
- ▶ Vergelijking van verschillende strategieën
- ▶ Combinaties van strategieën
- ▶ Keuzecriteria

BAKENS VOOR DE KOELING



Definitie

- ▶ Adiabatische koeling is een techniek voor luchtafkoeling gebaseerd op het verdampingsprincipe.
- Water wordt verneveld in de lucht, waarna de warmte-energie nodig voor de verdamping wordt onttrokken aan de lucht. Hierdoor koelt de lucht af.



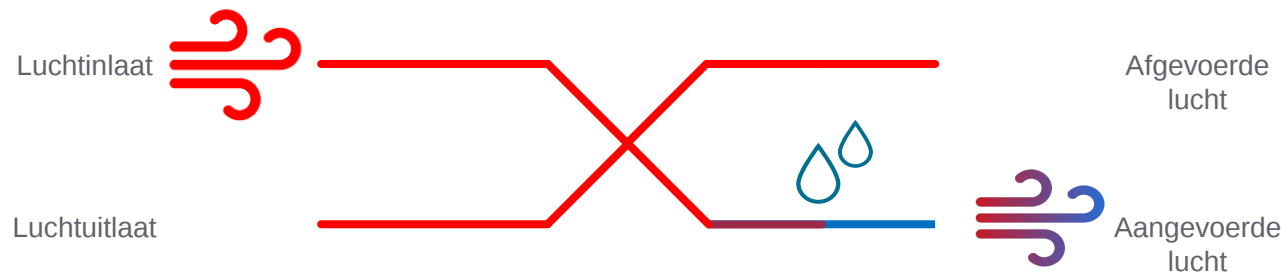
Configuratie

- ▶ Directe adiabatische koeling
- ▶ Indirecte adiabatische koeling



Configuratie

- Directe adiabatische koeling
 - **Principe:** De vochtige lucht wordt rechtstreeks de ruimte ingeblazen
 - Bevochtiging door verneveling
 - Bevochtiging door afvloeiing of contact



› De aangevoerde lucht is vochtig ...

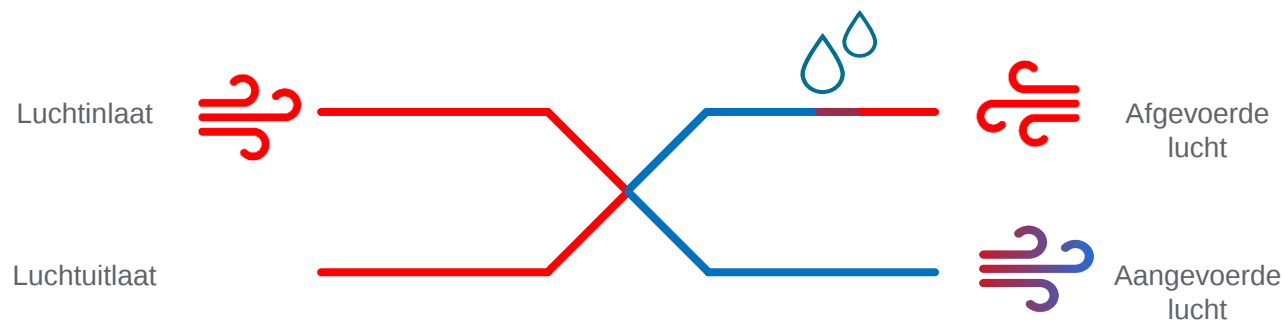


Configuratie

► *Indirecte* adiabatische koeling

- **Principe:** Het water verdampt in de uit het gebouw afgevoerde lucht vóór deze samen met de buitenlucht door de warmtewisselaar gaat.

⇒ Hierdoor kan het "afkoelingsvermogen" van de adiabatische bevochtiging benut worden, terwijl het probleem van de bevochtiging van de buitenlucht wordt vermeden.



- › De afgevoerde lucht kan worden bevochtigd vóór of in de warmtewisselaar



Configuratie

► *Indirecte* adiabatische koeling

- **Principe:** De met vochtigheid geladen lucht geeft via een warmtewisselaar warmte af aan de lucht die de ruimte wordt ingeblazen.

BEVOCHTIGING VAN DE VERVUILDE LUCHT <u>VOOR</u> DE WARMTEWISSELAAR	BEVOCHTIGING VAN DE VERVUILDE LUCHT <u>IN</u> DE WARMTEWISSELAAR
De afgevoerde lucht kan maar één enkele keer worden gekoeld	+ De afgevoerde lucht wordt gedurende het volledige traject doorheen de warmtewisselaar gekoeld. Telkens wanneer de lucht warmte opneemt van de aangevoerde lucht, kan deze opnieuw gekoeld worden
› Lager afkoelingsvermogen	› Hoger afkoelingsvermogen



Configuratie

- Vergelijking van de verschillende soorten

<u>DIRECTE</u> ADIABATISCHE KOELING	<i>INDIRECTE</i> ADIABATISCHE KOELING	
	BEVOCHTIGING VAN DE VERVUILDE LUCHT <u>VOOR</u> DE WARMTEWISSELAAR	BEVOCHTIGING VAN DE VERVUILDE LUCHT <u>IN</u> DE WARMTEWISSELAAR
+ Eenvoudige installatie, zelfs achteraf	+ Eenvoudige installatie	+ Hoger rendement + Beperkte ingenomen ruimte
- Hoge relatieve vochtigheid van de ingeblazen lucht: - Beperkt vermogen	- Vereist ruimte in het technische lokaal, - Uitsluitend voor platenwarmtewisselaars	- Vereist een nieuwe luchtbehandelingscentrale - Uitsluitend voor platenwarmtewisselaars



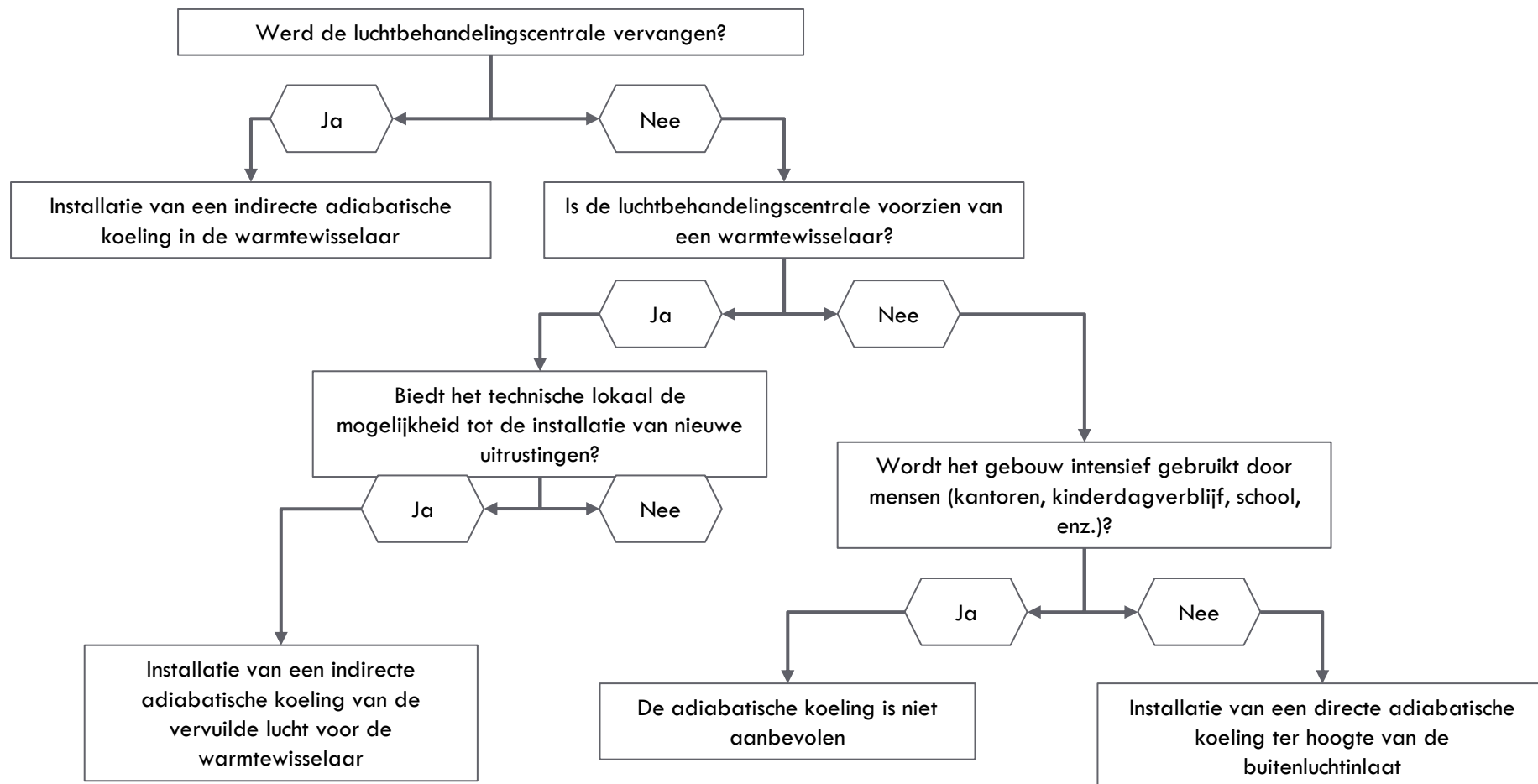
Technische en architecturale eisen

- ▶ Hoog ventilatiedebiet

- ▶ Water van goede kwaliteit
 - Verzacht om verstopping tegen te gaan
 - Drinkwater, bij keuze voor directe bevochtiging
 - ...



Toepasbaarheid



Potentieel en prestaties

- ▶ Het afkoelingsvermogen is afhankelijk van de temperatuur en de vochtigheid vervat in de afgevoerde lucht
- ▶ De regeling van de adiabatische koeling is voornamelijk gebaseerd op het beheer van de lucht- en waterdebieten.
- ▶ De prestaties zijn afhankelijk van:
 - het type en het rendement van de warmtewisselaar
 - de plaats en het type van de bevochtiger
- ▶ Verbruik van de ventilatoren
- ▶ Verbruik van de voor waterverneveling
- ▶ Waterverbruik
 - ~ 1l voor 0,7 kW afkoelingsvermogen



INLEIDING

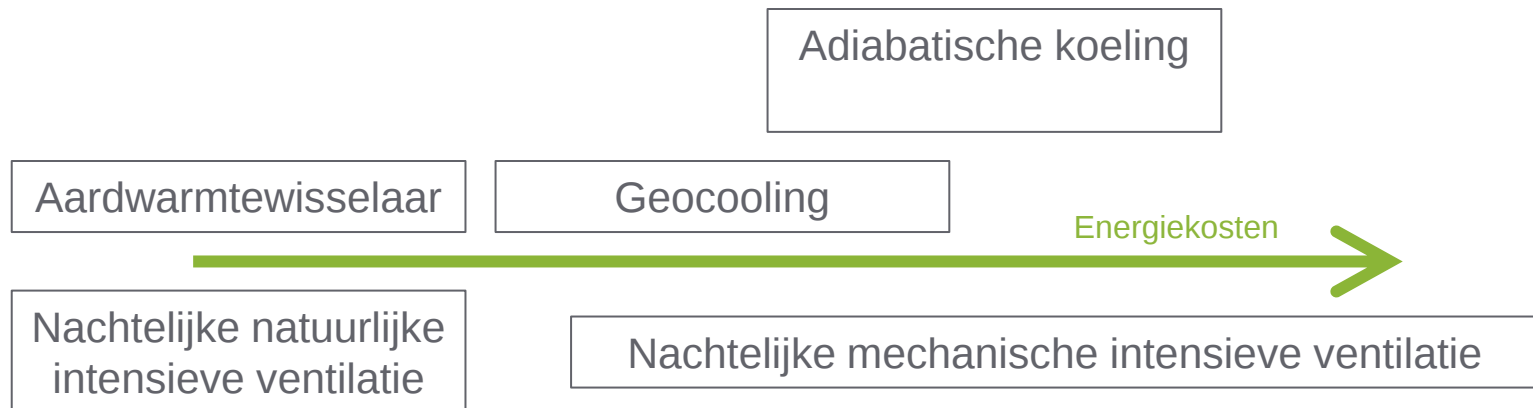
STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

- ▶ Aardwarmtewisselaar
- ▶ Geocooling
- ▶ Intensieve ventilatie
- ▶ Adiabatistische koeling
- ▶ **Vergelijking van verschillende strategieën**
- ▶ Combinaties van strategieën
- ▶ Keuzecriteria

BAKENS VOOR DE KOELING



Vergelijking van de oplossingen



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

- ▶ Aardwarmtewisselaar
- ▶ Geocooling
- ▶ Intensieve ventilatie
- ▶ Adiabatistische koeling
- ▶ Vergelijking van verschillende strategieën
- ▶ **Combinaties van strategieën**
- ▶ Keuzecriteria

BAKENS VOOR DE KOELING



⇒ **Alle strategieën zijn verenigbaar en kunnen gecombineerd worden!**

- ▶ Aarzel niet om dag- en nachtstrategieën te combineren indien vereist om aan de behoefte te voldoen.
 - Dagstrategie
 - Aardwarmtewisselaar
 - Adiabatistische koeling
 - Geocooling
 - Nachtstrategie
 - Intensieve ventilatie



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

- ▶ Aardwarmtewisselaar
- ▶ Geocooling
- ▶ Intensieve ventilatie
- ▶ Adiabatistische koeling
- ▶ Vergelijking van verschillende strategieën
- ▶ Combinaties van strategieën
- ▶ **Keuzecriteria**

BAKENS VOOR DE KOELING



Welke technieken gebruiken in welk geval?

- ▶ Woning (beperkte behoeften)
 - Nachtelijke ventilatie
 - Aardwarmtewisselaar
 - Geocooling

- ▶ Groot gebouw (beperkte behoeften)
 - Nachtelijke ventilatie
 - Adiabatistische koeling
 - Aardwarmtewisselaar
 - Geocooling



Welke technieken gebruiken in welk geval?

- ▶ Groot gebouw (aanzienlijke behoeften)
 - Nachtelijke ventilatie
 - Aardwarmtewisselaar
 - Geocooling
 - Adiabatistische koeling

- + Actieve aanvulling



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

BAKENS VOOR DE KOELING

- ▶ **Wanneer klimaatregeling voorzien?**
- ▶ Beperken van het koudeverbruik
- ▶ Hoe klimaatregeling voorzien?



58 WANNEER KLIMAATREGELING VOORZIEN?**In welk geval moet het gebruik van een actief systeem worden overwogen?**

- ▶ Wanneer de interne lasten te hoog zijn
- ▶ Wanneer er specifieke eisen inzake het binnenklimaat gelden
- ▶ Wanneer de uitvoering van passieve maatregelen moeilijk is
- ▶ ...
- ▶ In residentiële gebouwen kan men, in het merendeel van de gevallen, andere keuzes maken dan de installatie van een actief systeem!

Wat dient er het bijzonder te worden geverifieerd?

- ▶ Totaalbalans PE* geoptimaliseerd: WARMTE + KOUDE + HULPAPPARATUUR
 - ⇒ **In bepaalde gevallen kan men wel voor een actief systeem kiezen, aangezien deze oplossing misschien minder energie verbruikt dan andere.**

*primaire energie



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

BAKENS VOOR DE KOELING

- ▶ Wanneer klimaatregeling voorzien?
- ▶ **Beperken van het koudeverbruik**
- ▶ Hoe klimaatregeling voorzien?



Strategieën voor de beperking van het koudeverbruik

- ▶ Nadenken over de reële behoeften
 - Moet er altijd gekoeld worden of uitsluitend bij een hittegolf?
 - Wat is, overeenkomstig het gebruikersprofiel, het nog aanvaardbare gebrek aan comfort?
 - Bestaat het doel uit het verlagen van de omgevingstemperatuur met enkele graden (relatieve waarde) of om een exacte insteltemperatuur te bereiken (absolute waarde)?

Bijv.:

> Relatieve waarde: $T_{binnen} = T_{buiten} - 5 \text{ °C}$

> Absolute waarde: $T_{binnen} = \text{max. } 25 \text{ °C}$



Strategieën voor de beperking van het koudeverbruik

- ▶ Nadenken over de reële behoeften
 - Moet het volledige gebouw gekoeld worden of uitsluitend bepaalde zones?

Bijv.: Alleen klimaatregeling voorzien in:

- > de gemeenschappelijke zones in een rust- en verzorgingstehuis,*
- > de kamers in een woning,*
- > de informaticakokalen*

- ⇒ **Gecentraliseerd of gedecentraliseerd productiesysteem?**
- ⇒ **Overeenkomstige dimensionering van het vermogen**



Strategieën voor de beperking van het koudeverbruik

- ▶ Efficiënte productie:
 - Kiezen voor een krachtig systeem, met een hoog rendement

⇒ **Aanvullende systemen vermijden**



- De productie van warmte en koude combineren
 - Alternatieve of gelijktijdige productie?
 - Dimensionering op basis van warmte of koude?



INLEIDING

STRATEGIEËN VOOR AFKOELING

BAKENS VOOR DE KOELING

- ▶ Wanneer klimaatregeling voorzien?
- ▶ Beperken van het koudeverbruik
- ▶ **Hoe klimaatregeling voorzien?**



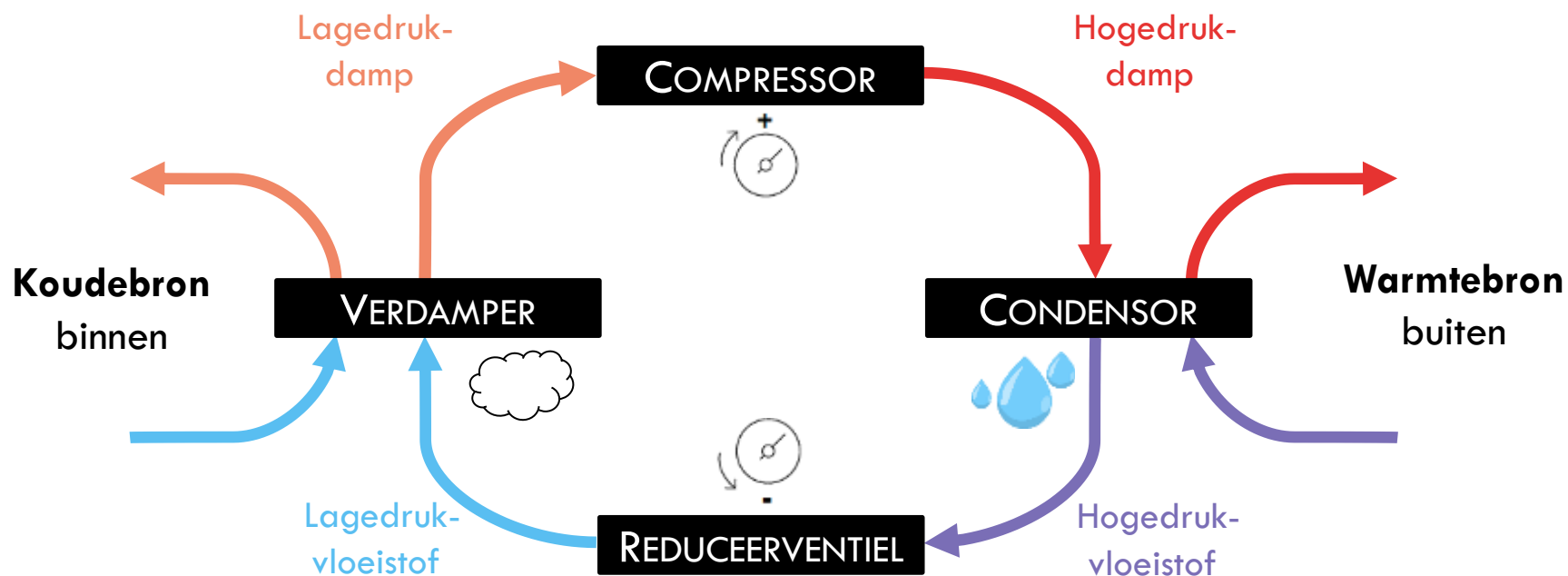
Een koelinstallatie bestaat uit ...

- ▶ een systeem voor koudeproductie
- ▶ afgifte-elementen



Koudeproductie

- ▶ Werkingsprincipe van een koelmachine
 - De onttrokken warmte wordt in temperatuur verhoogd zodat deze in een omgeving met een hogere temperatuur kan worden afgegeven.



Koudeproductie

► Warmtebron

- **LUCHT:** directe uitwisseling lucht - koelfluidum
- **BODEM:** directe uitwisseling bodem – koelfluidum
- **WATER:** uitwisseling ‘zuiver’ water – koelfluidum
- **GLYCOLWATER:** uitwisseling glycolwater – koelfluidum

KOUDEBRON/ WARMTEBRON	Directe expansie	Gemengd	Tussenfluida
LUCHT/LUCHT	x		
LUCHT/WATER		x	
BODEM/BODEM	x		
BODEM/WATER		x	
WATER/WATER		x	x
GLYCOLWATER/ WATER			x



Koudeproductie

- ▶ Verschillende configuraties van koelmachines
 - **Met directe expansie:** een enkele kring; het koelfluidum circuleert in een gesloten kring in de pomp, de sondes en de warmteafgifte-elementen. Dit type warmtepomp bevat een grote hoeveelheid koelfluidum. Er is geen tussengeplaatste warmtewisselaar.
 - **Met gemengd systeem:** twee kringen; het koelfluidum circuleert rechtstreeks in de sondes en de warmtepomp zonder tussenliggende wisselaar, en de warmteafgifte-elementen worden gevoed met warm water via een warmtewisselaar.
 - **Met tussenfluida:** drie kringen; de koelkring van de warmtepomp, de sondekring waarin water (eventueel met toevoeging van antivries) circuleert, de kring die de afgifte-elementen van warm water voorziet. Er zijn twee warmtewisselaars.



Koudeproductie

- ▶ Keuze van het koelfluidum
 - Technische criteria
 - Temperatuurverschil: bron- en afgiftetemperatuur
 - Drukspanning: absolute lage en hoge druk
 - Toxiciteit en ontvlambaarheid

	Groupe de sécurité	
	Toxicité inférieure	Toxicité supérieure
Inflammabilité élevée	A3	B3
Inflammabilité	A2	B2
Inflammabilité faible	A2L	B2L
Pas de propagation de flamme	A1	B1

Bron: <https://leefmilieu.brussels/>

- Milieucriteria
 - ODP: Ozone Depletion Potential (ozonafbrekend vermogen)
 - GWP: Global Warming Potential (aardopwarmingsvermogen)
 - TEWI: Total Equivalent Warming Impact (totale equivalente opwarmingsimpact)



HOE KLIMAATREGELING VOORZIEN?

Koudeproductie

► Gangbare fluïda

	Nummer van de koelvloeistof	Chemische naam/samenstelling	Chemische formule: tolerantie van de samenstellingen	Veiligheids-groep	GWP	5 ton CO ₂ -equivalent =>	Zoals bedoeld in bijlage I
HFK's	R134a	1,1,1,2-tetrafluorethaan	CH ₂ FCF ₃	A1	1.430	3,5	kg O
	R32	Difluormethaan (methyleenfluoride)	CH ₂ F ₂	A2L	675	7,41	kg O
	R404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	±2/ ± 1/ ± 2	A1	3.922	1,27	kg O
	R407A	R-32/125/134a (20/40/40) ±2/ ± 2/ ± 2		A1	2.107	2,37	kg O
	R407C	R-32/125/134a (23/25/52)	±2/ ± 2/ ± 2	A1	1.774	2,82	kg O
	R407F	R-32/125/134a (30/30/40)	±2/ ± 2/ ± 2	A1	1.825	2,74	kg O
	R410A	R-32/125 (50/50)	+ 0,5 – 1,5/+ 1,5 – 0,5	A1	2.088	2,39	kg O
Alternatieve vloeistoffen							
	R290	Propan	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3	3	-	N
	R600	Butaan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	4	-	N
	R600A	2-methylpropan (isobutaan)	CH(CH ₃) ₃	A3	3	-	N
	R717	Ammoniak	NH ₃	B2L	0	-	N
	R744	Koolstofdioxide	CO ₂	A1	1	-	N
	R1270	Propeen (propyleen)	CH ₃ CH = CH ₂	A3	2	-	N
	R1234 ze	Trans-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-een		A2L	7	-	N
	R1234 yf	2,3,3,3-tetrafluoroprop-1-een	CF ₃ CF = CH ₂	A2L	4	-	N
	R1233 zd	Trans-1-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-een	CF ₃ CH = CHCl	A1	4.5	-	N

Bron: <https://leefmilieu.brussels/>

Temperatuurregimes

- ▶ Er bestaan gewoonlijk 2 temperatuurregimes
 - 16/18 °C >> “Light cooling”
 - ⇒ geen productie van condensaten,
 - ⇒ beperkt vermogen,
 - 7/12 °C >> “Deep cooling”
 - ⇒ productie van condensaten



Afgifte-elementen

► Afgifte-elementen:

- Moeten worden voorzien en gedimensioneerd voor de koudeproductie, en eventueel voor het beheer van de condensaten,
- Eventueel omkeerbaar warmte/koude, twee buizen of vier buizen

⇒ De vertrektemperatuur heeft een grote invloed op het afgiftevermogen!

Voorbeeld voor een omkeerbare ventilerende convector:

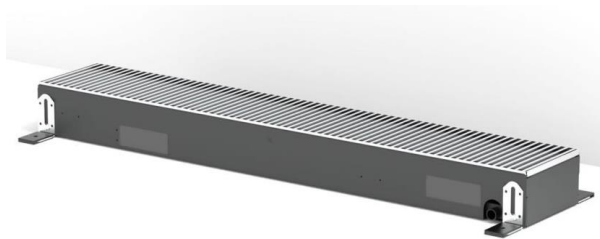
Type	Hauteur [cm]	Longueur [cm]	Largeur [cm]	Position	CHAUFFER 75/65/20 [Watts]	CHAUFFER 55/45/20 [Watts]	CHAUFFER 45/35/20 [Watts]	CHAUFFER 35/30/20 [Watts]	LIGHT COOLING Non condensant 16/18/27 50% R.V. [Watts]	DEEP COOLING Total 7/12/27 50% R.V. [Watts]	DEEP COOLING sensible 7/12/27 50% R.V. [Watts]
02 ▾	Tous ▾	Tous ▾	Tous ▾	max ▾	4000	2386	1571	990	769	1833	1304

Bron: Jaga



Afgifte-elementen

Ventilerende convectoren

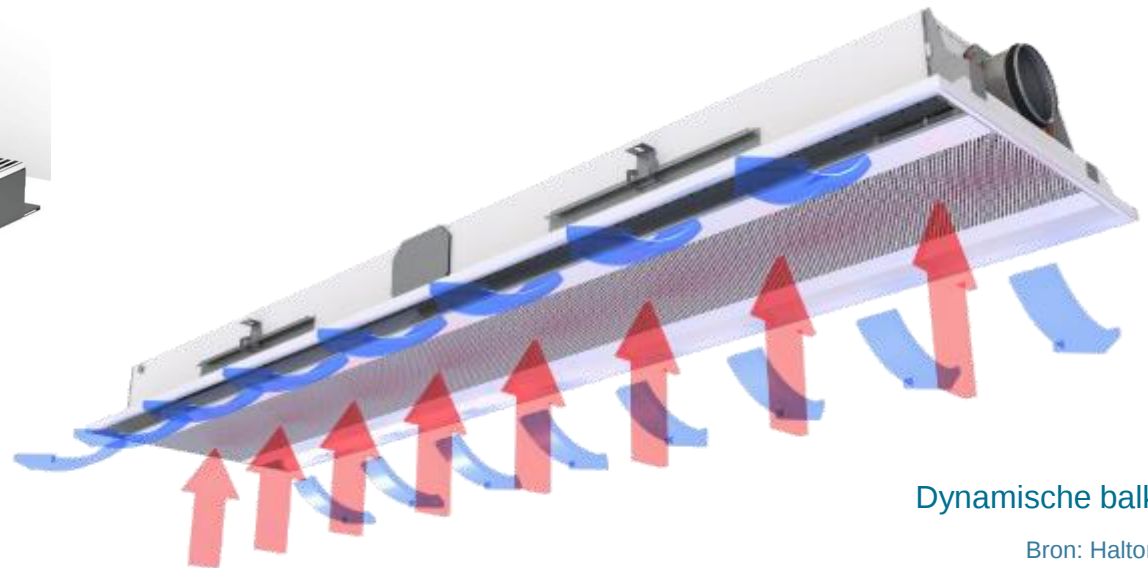


Bron: Jaga



Bron: Vasco

Oppervlakteverwarming, vloer- of wandverwarming



Dynamische balk

Bron: Halton





- ▶ We moeten praten over een **strategie** voor passieve afkoeling: dit omvat het ontwerp en het gebruik van het gebouw!
- ▶ Voor afkoeling kan geen vast vermogen worden bepaald
- ▶ De strategie werkt alleen als de gebruikers/bewoners zich eraan houden!
- ▶ Passieve oplossingen kunnen ook elektriciteit verbruiken: voeding van ventilatoren, beheer van gemotoriseerde openingen, ...





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Dossier | Een passieve koelstrategie toepassen
 - Voorziening | [Aardwarmtewisselaar](#)
 - Voorziening | [Free-cooling](#)
 - Voorziening | [Adiabatische koeling](#)



Websites

- ▶ Energie+: <https://energieplus-lesite.be/#>



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen <https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>
En met name in verband met deze presentatie:
 - Warmtepomp: keuze en ontwerp
 - Ventilatie: keuze en ontwerp

Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Julie RENAUX

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT!

