

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

VERWARMING EN SANITAIR
WARM WATER : ONTWERP

LENTE 2025

Warmteafgifte

Voorstelling van de verschillende types afgiftelichamen,
selectiecriteria, dimensionering

Sophie HAINE

écoRce
ORGANISME DE CONSEIL





- ▶ Verkrijgen van een overzicht van de verschillende types afgiftelichamen
- ▶ Begrijpen van hun werking en toepassingen
- ▶ In staat zijn het juiste type afgiftelichaam voor een project te selecteren
- ▶ Begrijpen wat de implicaties van het type warmteafgifte zijn voor de rest van de installatie



AFGIFTEWIJZE

TYPE AFGIFTELICHAMEN

ONTWERP

DIMENSIONERING

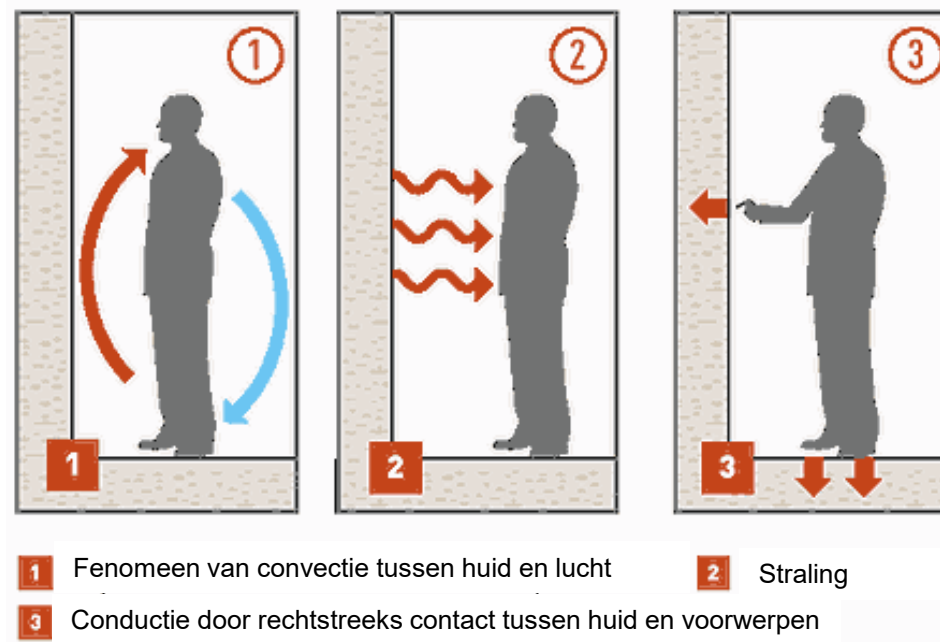
IMPACT VAN DE SELECTIE VAN DE AFGIFTELICHAMEN OP DE
INSTALLATIE

AANDACHTSPUNTEN BIJ RENOVATIE



Principe van de warmteafgifte

- ▶ **Convectie:** overdracht met behulp van een vloeistof in beweging
- ▶ **Straling:** transmissie via **elektromagnetische stralen** van oppervlak naar oppervlak
- ▶ **Conductie:** **contact** tussen deeltjes



AFGIFTEWIJZE

TYPE AFGIFTELIJCHAMEN

- ▶ **Convactor**
- ▶ **Ventilerende convactor**
- ▶ **Radiator**
- ▶ **Stralingspaneel**
- ▶ **Oppervlakteverwarming**
- ▶ **Thermoactieve verwarming**

ONTWERP

DIMENSIONERING

IMPACT VAN DE SELECTIE VAN DE AFGIFTELIJCHAMEN OP DE
INSTALLATIE

AANDACHTSPUNTEN BIJ RENOVATIE



Welke zenders herkent u?



Source / Bron : Cheminées Liégeois



Source / Bron : Jafga



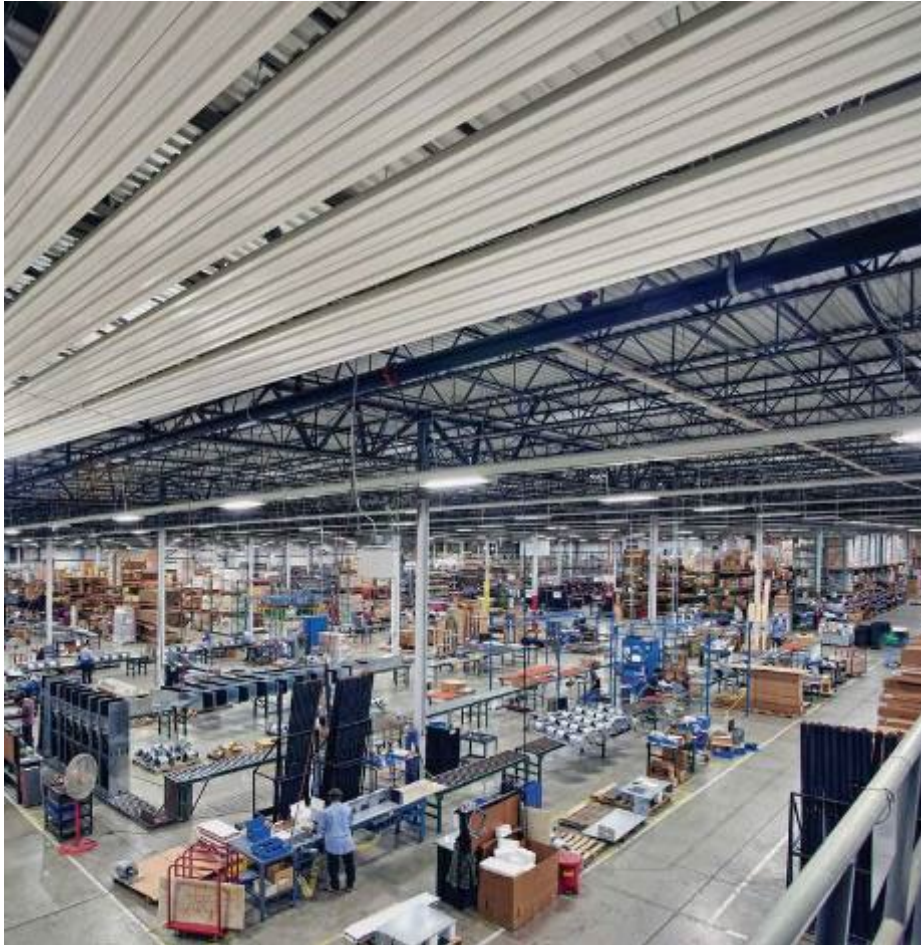
Source / Bron : Radson



Source / Bron : Profile



Welke zenders herkent u?



Source / Bron: Zehnder

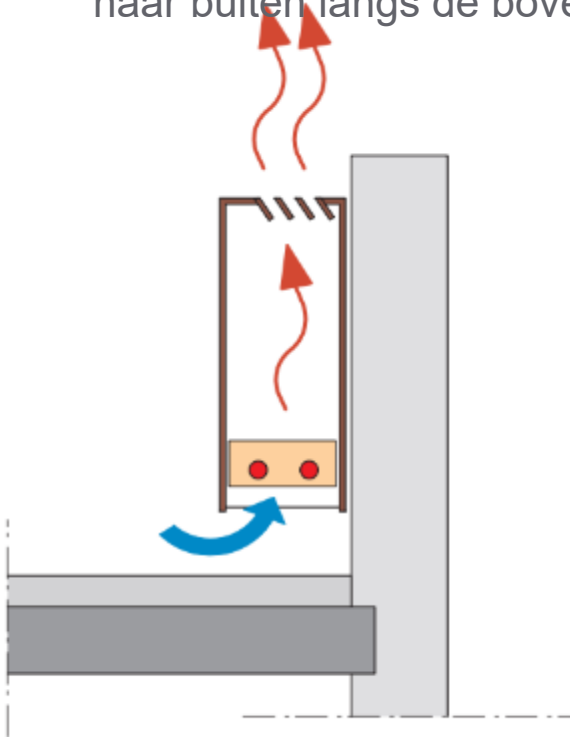


Source / Bron: Jaga



Principe

- Natuurlijke convectie door een warmwaterbatterij:
koude lucht stroomt naar binnen langs de onderkant, warmt op en stroomt naar buiten langs de boven- of zijkant.

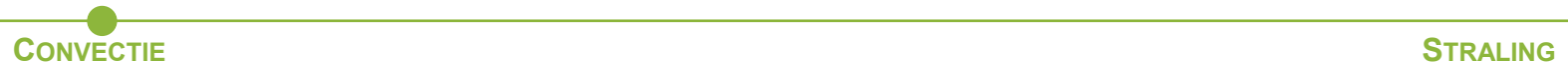


Source / Bron: WTCB, rapport nr. 14

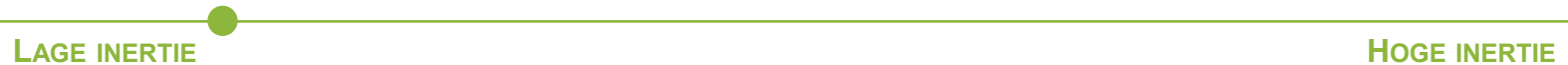


Eigenschappen

- ▶ Afgiftewijze



- ▶ Vloeistof: water
- ▶ Inertie



- ▶ Temperatuurbereik



- ▶ Regeling: water (temperatuur/debiet) of lucht (debiet)

Toepassingen

- ▶ aan het verdwijnen ...



Enkele aandachtspunten

- ▶ Tal van montagemogelijkheden

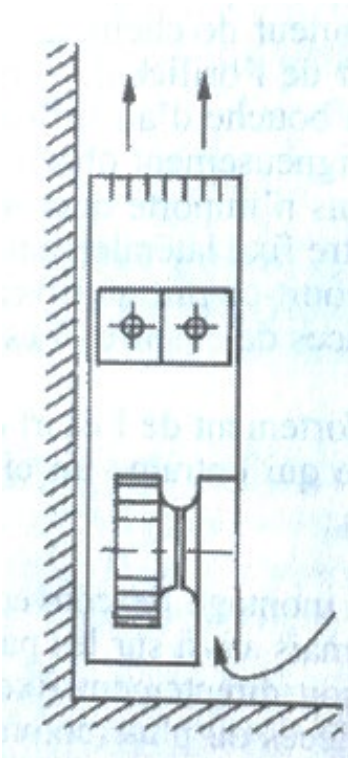
⇒ **Opgepast voor niet-naleving van voorschriften van de fabrikant.**

- ▶ Vereist een hoge temperatuur om natuurlijke convector te bevorderen
- ▶ Aanzienlijk volume / vermogen
- ▶ Laag afgifteniveau



Principe

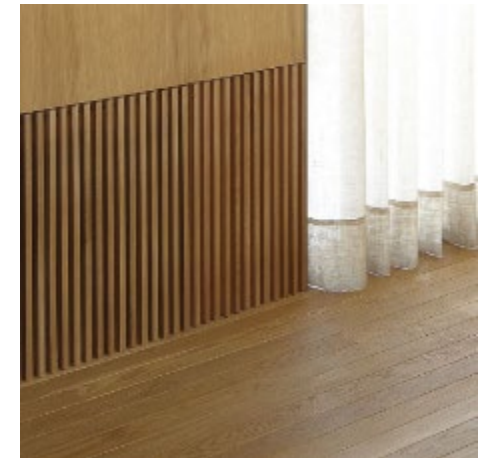
- Geforceerde luchtcirculatie door de waterbatterij met ventilator



Source / Bron: Recknagel



Source / Bron: Kampmann



Source / Bron: Jaga

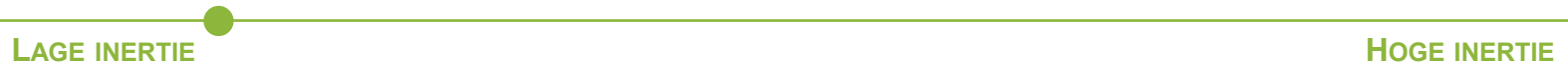


Eigenschappen

- ▶ Afgiftewijze



- ▶ Vloeistof: water/thermisch fluïdum
- ▶ Inertie



- ▶ Temperatuurbereik



- ▶ Regeling: water (debiet/temperatuur) of lucht (debiet)

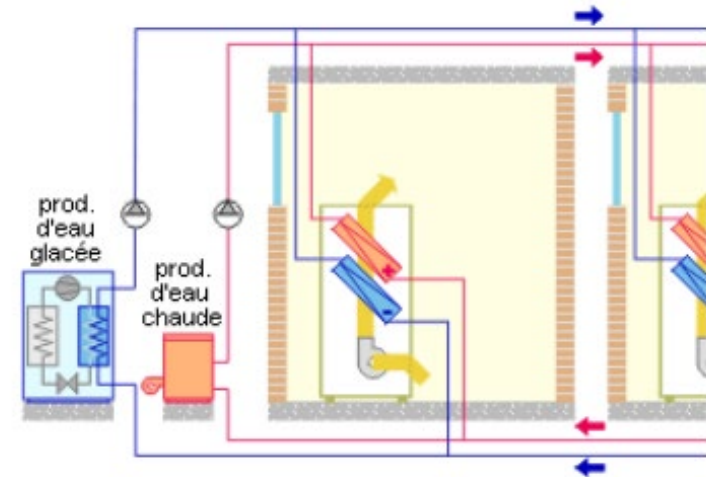
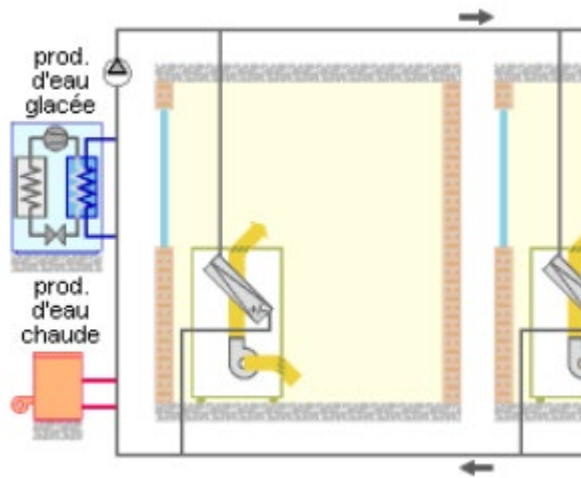
Toepassingen

- ▶ Ruimten die intermitterend verwarmd worden
- ▶ Ruimten die koelvermogen vereisen



Enkele aandachtspunten

- ▶ Tal van integratiemogelijkheden (volg steeds aanbevelingen van fabrikant), compact element
- ▶ Elektrische voeding vereist
- ▶ Geluid / vermogen afhankelijk van snelheid
- ▶ Omkeerbare werking (warmte/koude)
 - Verschillende modellen: 2 buizen / 4 buizen



Source / Bron: Energie+

- Verschillende regimes: 16-19 °C / 7-12 °C

⇒ **Opgepast voor risico van condensatie!**



Luchtverhitter

- Toepassingen: Grote ruimten die niet voortdurend snel opgewarmd moeten worden

Bijvoorbeeld: industriehallen, sporthallen, supermarkten ...

- Enkele aandachtspunten:
 - Elektrische voeding vereist
 - Potentieel lawaaierig
 - Benodigde ruimte
 - Ook verkrijgbaar met een gasbrander, rechtstreeks
 - Groot luchtdebiet



Source / Bron: Jaga



Dynamische balk

► Toepassingen:

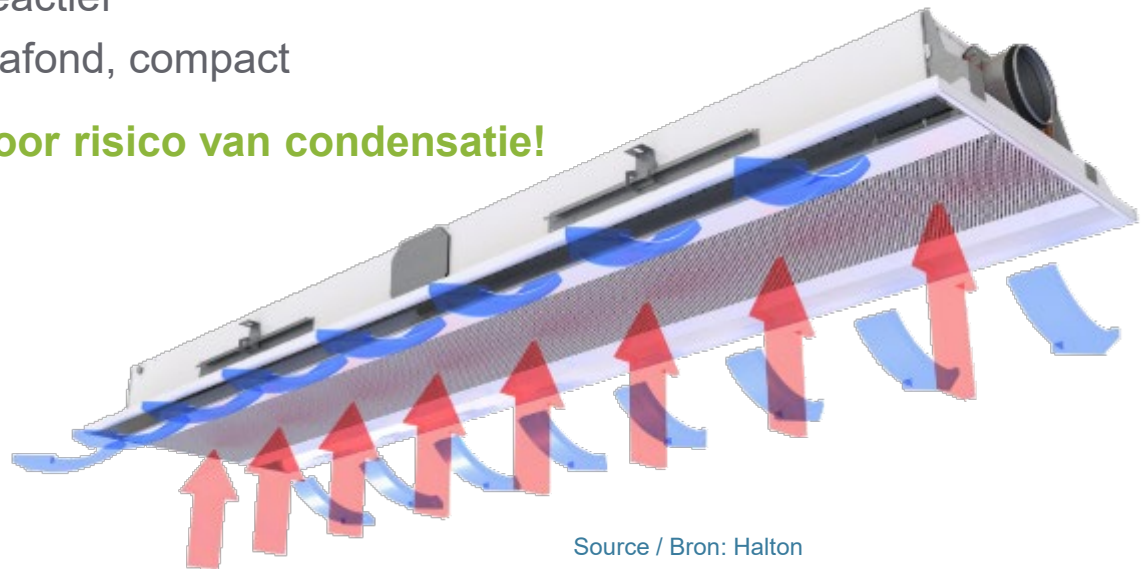
- Combinatie verwarming / hygiënische ventilatie / koeling
- Grote flexibiliteit bij inrichting van de ruimte (neemt geen vloer- of muurruimte in beslag)

⇒ **Winkels, kantoren**

► Enkele aandachtspunten:

- Omkeerbare werking (2 of 4 buizen)
- Luchtverwarming, reactief
- Opgehangen aan plafond, compact

⇒ **Opgepast voor risico van condensatie!**



Source / Bron: Halton

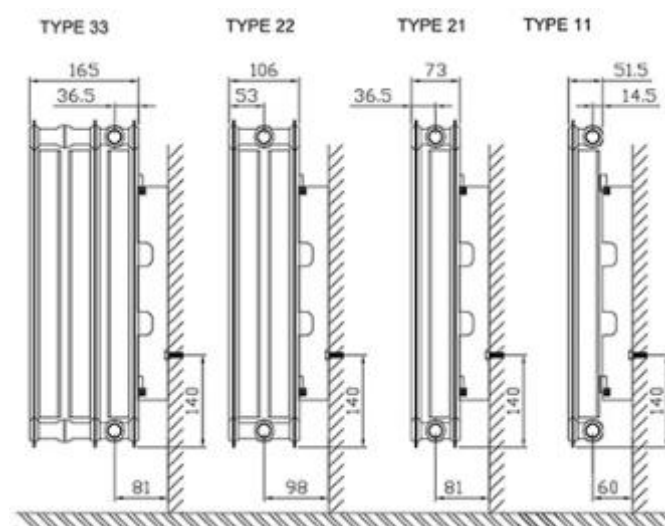


Principe

- Warmteafgifte door straling en convectie (% variabel, afhankelijk van geometrie / vinnen)



Source / Bron: Radson



Source / Bron: Chauffage décor

- Verschillende types radiatoren:
 - Het eerste cijfer komt overeen met het aantal panelen,
 - Het tweede cijfer komt overeen met het aantal rijen vinnen,



Eigenschappen

- Afgiftewijze

Afhankelijk van model, plaats, temperatuurregime, ...

CONVECTIE

STRALING

- Vloeistof: water
- Inertie:

LAGE INERTIE

HOGE INERTIE

- Temperatuurbereik

ZEER LAGE
TEMPERATUUR

LAGE TEMPERATUUR

HOGE
TEMPERATUUR

- Regeling: debiet / temperatuur (voorkeur)

Toepassingen

- Woningen, kantoren, scholen, ...

Enkele aandachtspunten

- Opgepast voor de plaats van de radiatoren!

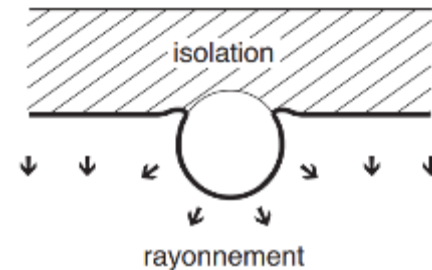


Principe

- Panelen verwarmd door warmwaterleidingen (of gekoeld door koudwaterleidingen), opgehangen aan het plafond



Source / Bron: Zehnder



Eigenschappen

- Afgiftewijze

Afhankelijk van model, plaats, temperatuurregime, ...

CONVECTIE

STRALING

- Vloeistof: water
- Inertie:

LAGE INERTIE

HOGE INERTIE

- Temperatuurbereik

ZEER LAGE
TEMPERATUUR

LAGE TEMPERATUUR

HOGE
TEMPERATUUR

- Regeling: debiet / temperatuur (voorkeur)



Toepassingen

- ▶ Verwarming en koeling
- ▶ Grote flexibiliteit bij inrichting van de ruimte (neemt geen vloer- of muurruimte in beslag)
- ▶ Straling, aangepast aan hoge ruimten

⇒ **Industriehallen, sportcomplexen, werkplaatsen ...**

Enkele aandachtspunten

- ▶ Vereist een voldoende hoogte onder plafond ($H_{\min}$ onder plafond paneel = 3 m, varieert afhankelijk van temperatuurregime)
- ▶ Vereist een aanzienlijke oppervlakte
- ▶ Met warm water, minder reactief
- ▶ Omkeerbare werking



Principe

- ▶ Werkingsprincipe:
 - Het water stroomt door in de wand geïntegreerde kunststof buizen,
 - > Bestaat ook in elektrische uitvoering
 - De muur slaat warmte op en geeft deze weer af
- ▶ Te integreren in verschillende types wanden
 - Vloerverwarming
 - Wandverwarming
 - Plafondverwarming

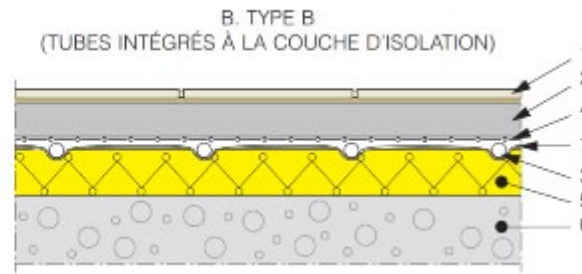
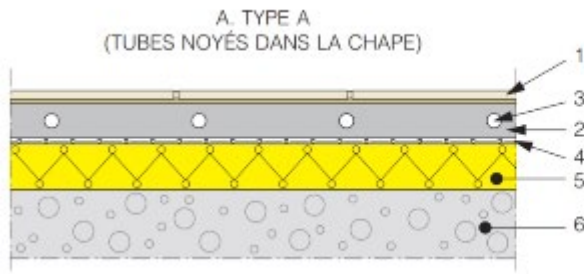


► Vloerverwarming (droog/vochtig)

- Maximale afgifte:
- Maximale oppervlaktetemperatuur:

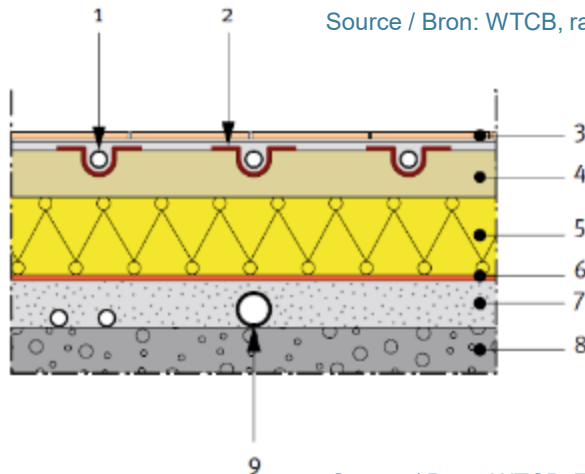
100 W/m² [175]

29 °C [35 °C]



- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Revêtement de sol | 7. Plaque conductrice |
| 2. Chape | 8. Double membrane de désolidarisation |
| 3. Réseau de tubes | 9. Couche de remplissage |
| 4. Couche de protection | 10. Plaque creuse |
| 5. Isolation | |
| 6. Structure portante | |

Source / Bron: WTCB, rapport nr. 14



1. Tube chauffant
2. Plaque de diffusion de la chaleur
3. Revêtement de sol
4. Panneau rainuré
5. Sous-couche isolante
6. Sous-couche résiliente
7. Couche de remplissage
8. Plancher porteur
9. Canalisations diverses

Source / Bron: WTCB, TV 273

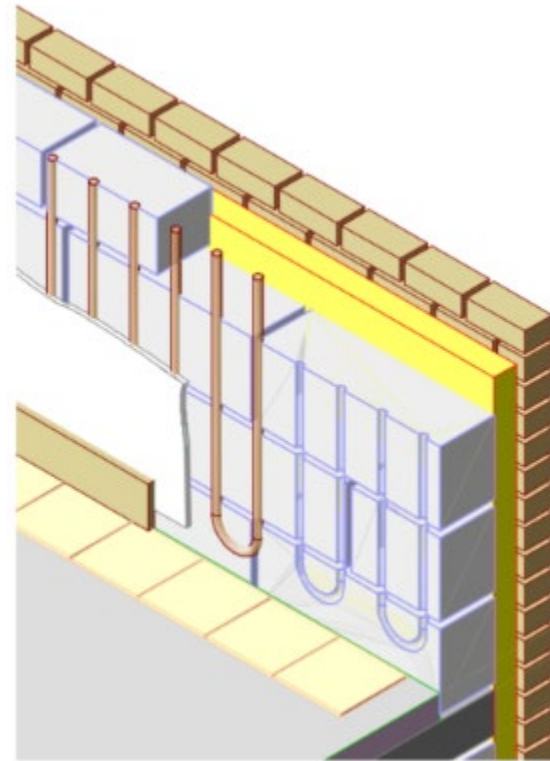


► Wandverwarming

- Maximale afgifte:
- Maximale oppervlaktetemperatuur:

150 W/m²

40 °C



Source / Bron: WTCB, rapport nr. 14



► Plafondverwarming

- Maximale afgifte: 60 W/m^2
- Maximale oppervlaktetemperatuur: 29°C



Eigenschappen

- Afgiftewijze

CONVECTIE

STRALING

- Vloeistof: water
- Inertie

Afhankelijk van de samenstelling van de wand, de positie van de leidingen, ...

LAGE INERTIE

HOGE INERTIE

- Temperatuurbereik

ZEER LAGE
TEMPERATUUR

LAGE TEMPERATUUR

HOGE
TEMPERATUUR

- Regeling: temperatuur, eventueel debiet



Toepassingen

- ▶ Lokalen
 - Zonder snelle variatie van interne warmtetoevoer/zoninstraling
 - Met een relatief constante bezetting
 - Eventueel voor hoge ruimten (vloer)
- ▶ Compatibel met productiesysteem met (zeer) lage temperatuur

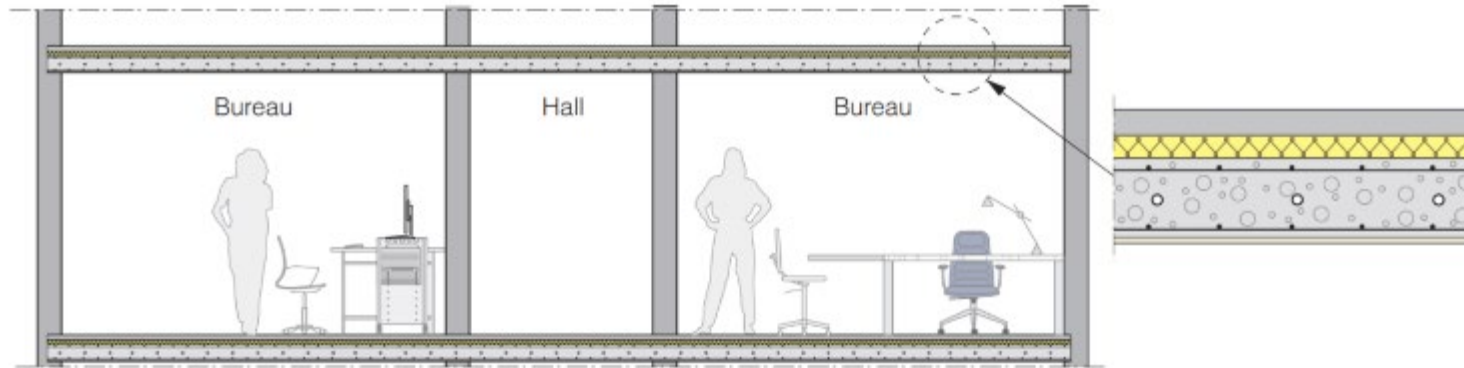
⇒ **Woonkamer, atrium, ...**

Enkele aandachtspunten

- ▶ Dimensionering (onderlinge afstand, lengte van de lus, ...)
- ▶ Vermijden om stralingsoppervlakken te bedekken
- ▶ Aanpassing van tracé en regeling aan omstandigheden
- ▶ Voldoende isolatie vereist aan onverwarmde kant van de wand
- ▶ Opgepast voor stralingsasymmetrie!



Principe



Toepassingen

- ▶ Hoogperformante gebouwen met lage behoeften

Enkele aandachtspunten

- ▶ Werking met zeer lage temperaturen
- ▶ Beperkte afgiftecapaciteit: 20 tot 40 W/m²
- ▶ Omkeerbaar (16/20): 40 tot 60 W/m²



AFGIFTEWIJZE

TYPE AFGIFTELIJCHAMEN

ONTWERP

- ▶ **Methodologie**
- ▶ **Thermisch comfort**
- ▶ **Regels voor de goede uitvoering**
- ▶ **Afgifterendement**

DIMENSIONERING

IMPACT VAN DE SELECTIE VAN DE AFGIFTELIJCHAMEN OP DE
INSTALLATIE

AANDACHTSPUNTEN BIJ RENOVATIE



Methodologie

- ▶ Berekening van de warmtebehoefte per ruimte

- ▶ **Selectie van de gewenste afgiftewijze**
 - Gebruik van de ruimte
 - Gewenst comfort
 - Compatibiliteit met productiesysteem
 - Temperatuurregime

- ▶ **Positionering van afgiftelichamen in de ruimte**
 - Afhankelijk van de aanwezigheid en plaatsing van ramen
 - Afhankelijk van de indeling van het meubilair

- ▶ **Selectie van de afgiftelichamen (vermogen en afmetingen)**



Thermisch comfort

Thermisch comfort wordt bereikt wanneer een persoon in zijn volledige lichaam thermisch neutraal is.

► Parameters die het thermische comfort beïnvloeden

- De operationele temperatuur is de uniforme temperatuur van een afgesloten ruimte

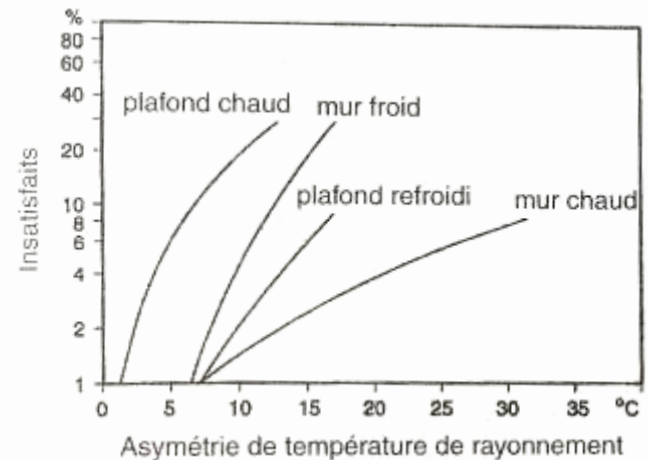
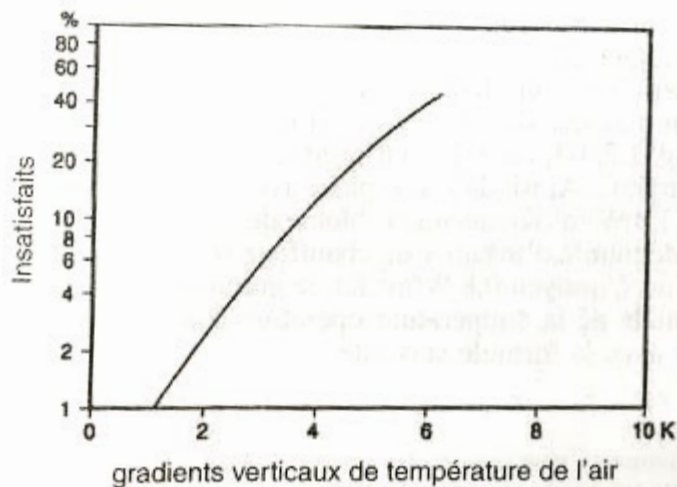
$$T_{opérative} = \frac{T_{ambiante} + T_{parois}}{2}$$

- Luchtvochtigheid
- Luchtsnelheid
- Kleding
- Metabolisme
- Activiteit ...



Thermisch comfort

- ▶ Plaatselijk gebrek aan thermisch comfort kan te wijten zijn aan de aanwezigheid van
 - asymmetrisch stralingsveld
 - tocht (infiltraties / slecht ontwerp)
 - contact met warme of koude vloer,
 - verschillen in luchttemperatuur



Source / Bron: Recknagel, Sprenger, Schramek



Voor plaatselijke afgiftelichamen

- ▶ Plaats geen afgiftelichamen voor beglazing
- ▶ Vermijd grote temperatuurverschillen in de ruimte
- ▶ Vermijd de belemmering van de afgiftelichamen (voorschriften van de fabrikant)

Voor oppervlakteverwarming afgiftelichamen

- ▶ Minimaal één lus per ruimte (temperatuurregeling)
- ▶ Geen vast meubilair voor verwarmde oppervlakken (belemmert de afgifte)
- ▶ Afstand tussen buizen kan variabel zijn (minder afstand in perifere zones)

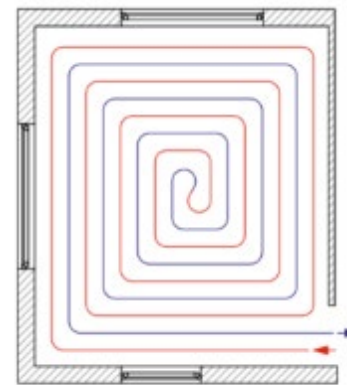


Fig. 2 Tracé en spirale.

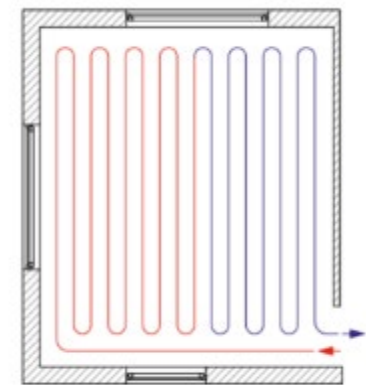


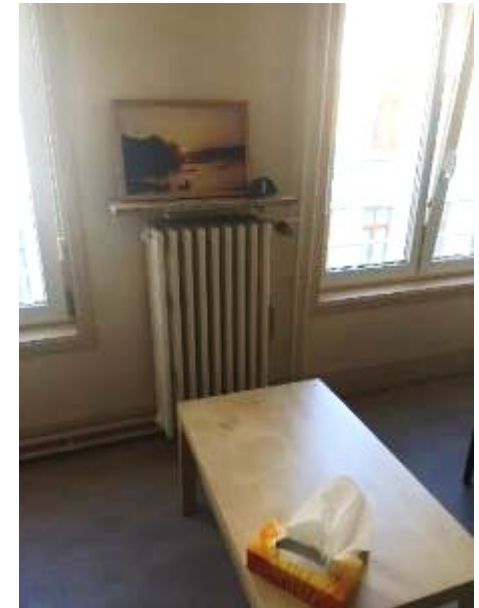
Fig. 3 Tracé parallèle.

Source / Bron: WTCB, rapport nr. 18

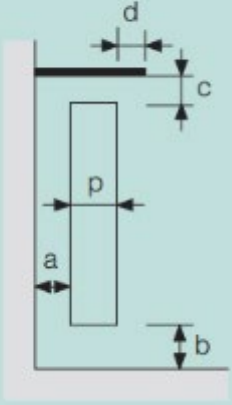
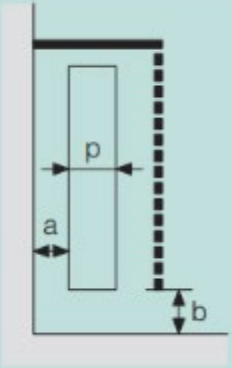


Het afgifteredement is in de praktijk afhankelijk van

- ▶ het type afgiftelichaam
- ▶ hun positie
 - ten opzichte van de wanden (isolatie ...) waartegen ze zijn geplaatst
 - ten opzichte van elementen die hun werking belemmeren



Correctie van warmteafgifte van een radiator afhankelijk van de plaats

Emplacement du radiateur (*)	Exigences dimensionnelles	Conditions relatives à c	Facteur de correction f (-)	
	Sous tablette ou en niche	$c > 12 \text{ cm}$	$f = 1$	
		$6 \leq c \leq 12 \text{ cm}$	$f = 0,97$	
		$4 < c < 6 \text{ cm}$	$f = 0,95$	
	Sous tablette ou en niche Caché par un grillage à larges mailles	$a \geq 5 \text{ cm}$ $b \geq 10 \text{ cm}$	Pas d'exigences	$f = 0,70$

Source / Bron: WTCB, rapport n. 14



Vereenvoudigd afgifterendement

Regeling van de binnentemperatuur	Regeling van de vertrektemperatuur van het water van de kring of van de lucht	
	Constante insteltemperatuur	Variabele insteltemperatuur
Temperatuurregeling per ruimte	0,87 (*)	0,89 (*)
Andere	0,85 (*)	0,87 (*)

(*) Indien een of meer afgiftelichamen van de energiesector (gedeeltelijk) vóór beglazing zijn geplaatst, wordt het rendement met 0,08 verminderd.

Source / Bron: WTCB



AFGIFTEWIJZE

TYPE AFGIFTELIJCHAMEN

ONTWERP

DIMENSIONERING

- ▶ **Ventilerende convectoren**
- ▶ **Radiatoren**
- ▶ **Vloerverwarming**

IMPACT VAN DE SELECTIE VAN DE AFGIFTELIJCHAMEN OP DE
INSTALLATIE

AANDACHTSPUNTEN BIJ RENOVATIE

Ventilerende convectoren

- ▶ Het afgiftevermogen is afhankelijk van:
 - de afmetingen van de convector (hoogte/breedte/diepte)
 - het aantal buizen en vinnen,
 - de gemiddelde temperatuur van het circulerende water
 - het debiet van het circulerende water
 - de luchtsnelheid (snelheid van de ventilator)
- ⇒ **De fabrikanten verstrekken tabellen voor de dimensionering (vermogen volgens afmetingen en snelheden) bij een bepaald temperatuurregime**



Ventilerende convectoren

Hauteur	Longueur	Largeur	Vitesse	CHAUFFER	LIGHT COOLING	Niveau de pression acoustique dB(A)	Puissance électrique absorbée [Watts]	Débit d'air [m ³ /h]
				75/65/20	16/18/27 50% R.V.			
[cm]	[cm]	[cm]	[V]	[Watts]	[Watts]			
Tous ▼	Tous ▼	Tous ▼	Tous ▼					
008	072	18	2	276	30	14	0.5	24
008	072	18	4	496	66	15	0.8	37
008	072	18	6	699	104	23	1.3	52
008	072	18	8	891	144	28	2.1	68
008	072	18	10	1075	185	34	3.0	79
008	108	18	2	569	62	15	0.6	42
008	108	18	4	1021	135	19	1.3	75
008	108	18	6	1438	214	29	2.7	98
008	108	18	8	1834	296	32	4.6	125
008	108	18	10	2214	381	37	7.1	160
008	144	18	2	894	97	16	1.1	66
008	144	18	4	1605	212	20	2.1	112
008	144	18	6	2260	336	30	4.0	150
008	144	18	8	2881	465	35	6.6	193
008	144	18	10	3479	598	39	10.1	239



Radiatoren

- ▶ Het afgiftevermogen is afhankelijk van:
 - de grootte, het type en het materiaal van de radiator
 - de gemiddelde temperatuur van het circulerende water
 - het debiet van het circulerende water
 - de temperatuur van de omgeving
 - de plaats van de radiator (aanwezigheid van vensterbank, nis, ...)
- ⇒ **De fabrikanten verstrekken tabellen voor de dimensionering bij een bepaald temperatuurregime**



Radiatoren

Type 11

		Hauteur	300	400	500	600	750	900
Longueur	Watt							
450	75/65/20	242	306	366	424	506	584	
600	75/65/20	323	408	488	565	675	779	
750	75/65/20	404	510	611	707	844	974	
900	75/65/20	484	612	733	848	1013	1168	
1050	75/65/20	565	714	855	989	1181	1363	
1200	75/65/20	646	816	977	1130	1350	1558	
1350	75/65/20	726	918	1099	1272	1519	1752	
1500	75/65/20	807	1020	1221	1413	1688	1947	
1650	75/65/20	888	1122	1343	1554	1856	2142	

⇒ Er bestaan correctietabellen die rekening houden met het temperatuurregime





Oefening

- In een ruimte staat een radiator met een vermogen van 1500 W bij een temperatuurregime van 75/65/20.

Wat is het vermogen bij een regime van 60/50/20?

- $P_{60/50/20} = 1500 \cdot 0,63 = 945 \text{ W}$

Température de l'eau de départ $\theta_{w,l}$ (°C)	Température ambiante θ_a (°C)	Température de l'eau de retour $\theta_{w,r}$ (°C)									
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
70	24	0,30	0,40	0,48	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84		
	22	0,35	0,45	0,53	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89		
	20	0,40	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,87	0,94		
	18	0,46	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99		
	16	0,51	0,60	0,68	0,76	0,83	0,90	0,97	1,04		
65	24	0,27	0,36	0,44	0,51	0,58	0,65	0,71			
	22	0,32	0,41	0,49	0,56	0,63	0,70	0,76			
	20	0,37	0,46	0,54	0,61	0,68	0,75	0,81			
	18	0,42	0,51	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86			
	16	0,47	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,91			
60	24	0,24	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60				
	22	0,29	0,37	0,45	0,51	0,58	0,64				
	20	0,34	0,42	0,49	0,56	0,63	0,69				
	18	0,39	0,46	0,54	0,61	0,67	0,74				
	16	0,43	0,51	0,59	0,65	0,72	0,79				
55	24	0,21	0,29	0,36	0,42	0,48					
	22	0,26	0,33	0,40	0,47	0,53					
	20	0,30	0,38	0,45	0,51	0,57					
	18	0,35	0,42	0,49	0,56	0,62					
	16	0,40	0,47	0,54	0,60	0,67					



Vloerverwarming

- ▶ Het afgiftevermogen is afhankelijk van:
 - de vertrektemperatuur van het water (max. 45 °C)
 - het debiet van het circulerende water
 - de temperatuur van de omgeving
 - de afstand tussen de buizen
 - de samenstelling van de wand (isolatie ...)



Vloerverwarming

- ▶ Bepaling van de berekende oppervlakteafgifte
- ▶ Selectie van het verwarmingssysteem
- ▶ Voor de meest ongunstig gelegen zone moet het volgende geselecteerd worden
 - de buisafstand (5 tot 20 cm)
 - de vertrektemperatuur van het water (max. 45 °C)
 - de temperatuurdaling (over het algemeen, 5 K)
 - de retourtemperatuur van het water
- ▶ Voor de andere zones moet het volgende geselecteerd worden
 - de buisafstand
 - de retourtemperatuur van het water
- ▶ Voor alle zones moet het volgende bepaald worden
 - het aantal lussen
 - de lengte van de lussen
 - het waterdebiet in elke lus
 - het drukverlies in elke lus

⇒ **Om verder te gaan, WTCB, rapport nr. 18 / TV 273**



AFGIFTEWIJZE

TYPE AFGIFTELICHAMEN

ONTWERP

DIMENSIONERING

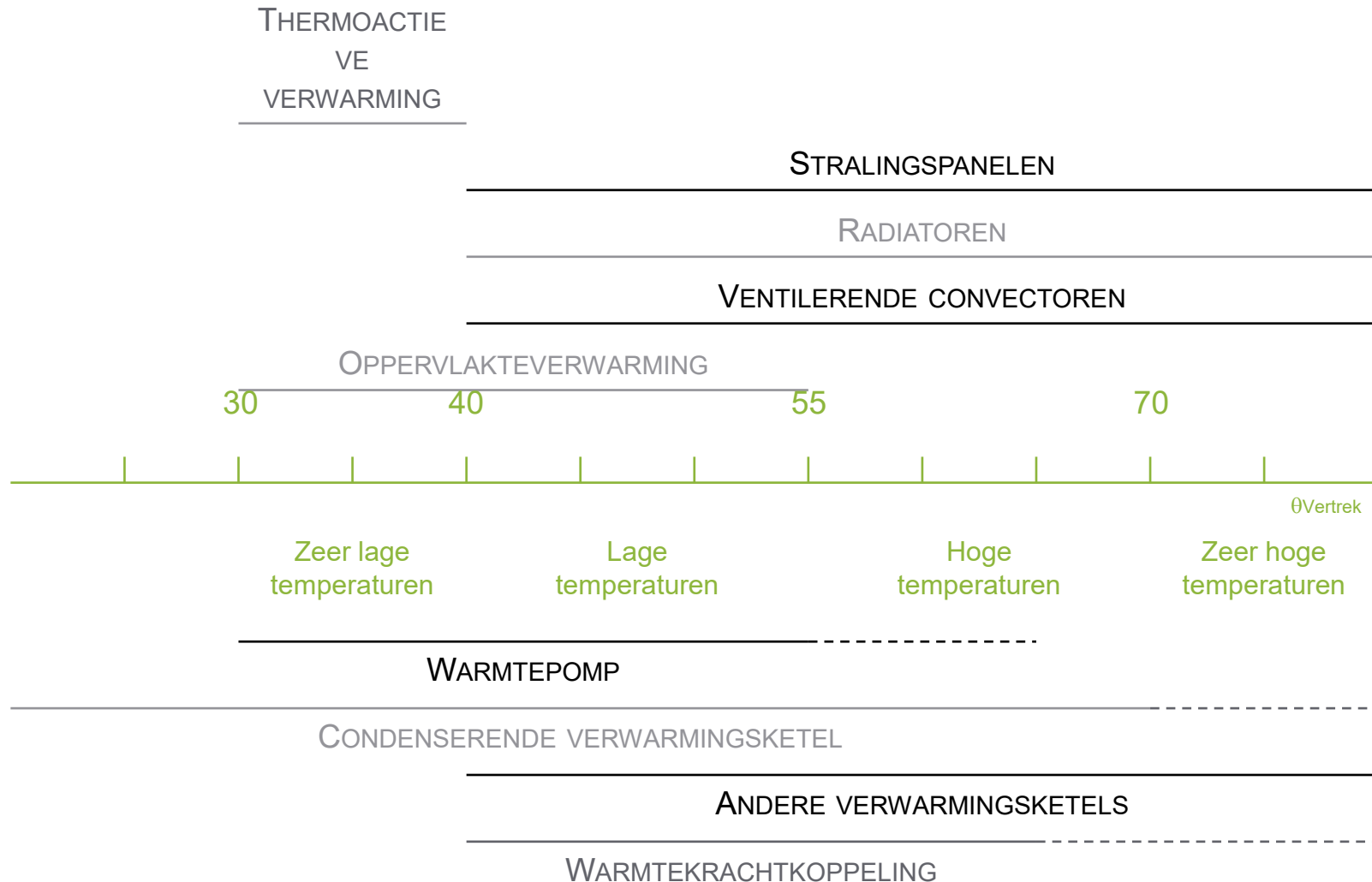
IMPACT VAN DE SELECTIE VAN DE AFGIFTELICHAMEN OP DE INSTALLATIE

- ▶ **Afgifte en productie**
- ▶ **Afgifte en distributie**
- ▶ **Afgifte en regeling**

BESTAANDE INSTALLATIE



Compatibiliteit afgifte / productie



Temperatuurregime

- ▶ Niet alle afgiftelichamen hebben hetzelfde temperatuurregime!
 - Noodzaak tot het creëren van verschillende kringen: een kring per type afgiftelichaam
- ▶ Bepaalde afgiftelichamen kunnen met meerdere temperatuurregimes werken
 - Temperatuurregime << ,

⇒ ↓ **distributieverliezen**

Drukverliezen

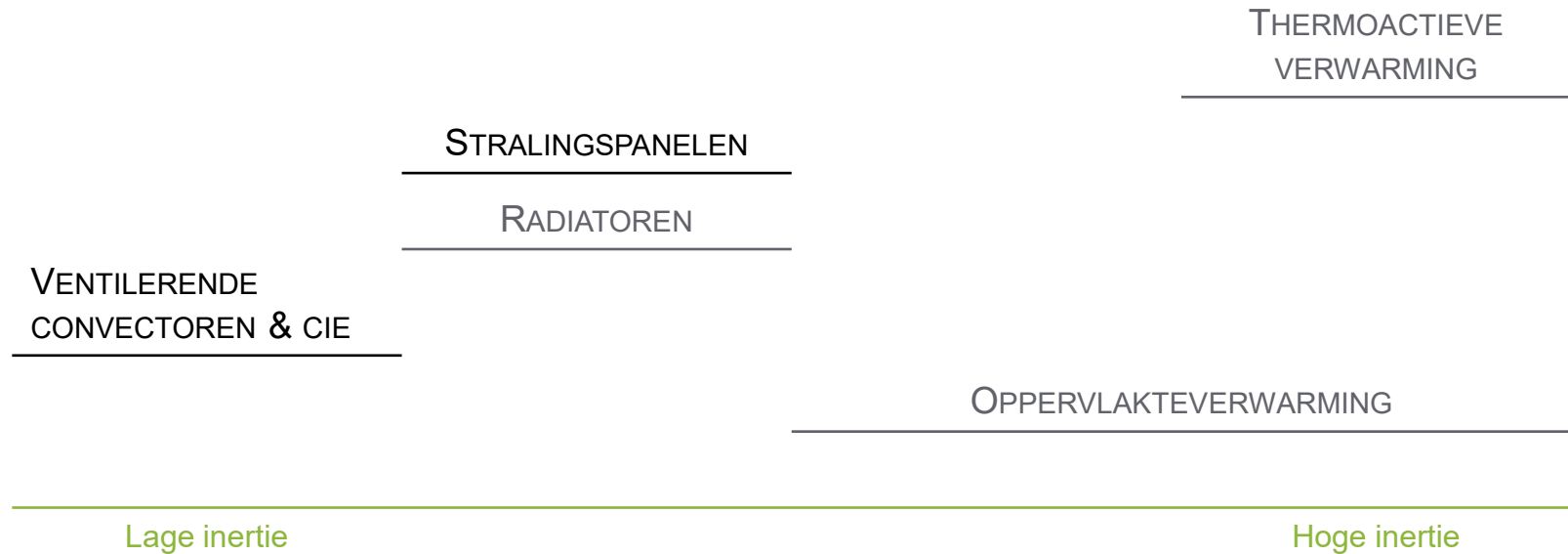
- ▶ Oppervlakteverwarming en ventilerende convectoren vertonen meer drukverliezen

⇒ ↑ **verbruik circulatiepomp**

- ▶ Radiatoren vertonen minder drukverliezen



Gebruiksflexibiliteit



AFGIFTEWIJZE

TYPE AFGIFTELICHAMEN

ONTWERP

DIMENSIONERING

IMPACT VAN DE SELECTIE VAN DE AFGIFTELICHAMEN OP DE
INSTALLATIE

AANDACHTSPUNTEN BIJ RENOVATIE



Denkpistes in het kader van een renovatie

Comfort

- ▶ Zijn het type afgiftelichaam en de plaats aangepast aan het gebruik?
- ▶ Zijn de afgiftelichamen in goede staat?
 - ⇒ Aanwezigheid van roestvlekken / waterlekken?
- ▶ Komt het vermogen van de afgiftelichamen overeen met de behoeften?
 - ⇒ <https://energieplus-lesite.be/calculs/chauffage-d15/>
- ▶ Zijn de afgiftelichamen compatibel met het productiesysteem?
- ▶ Is de regeling van de afgiftelichamen efficiënt?

Optimaliseren





- ▶ Elk type afgiftelichaam heeft zijn bijzonderheden
- ▶ De passende plaats en dimensionering van de afgiftelichamen zijn essentieel om het comfort te verzekeren
- ▶ De selectie van afgiftelichamen heeft een impact op de andere aspecten van de verwarmingsinstallatie





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- Energie

Dossier | Verwarming en sanitair warm water: efficiënte installaties garanderen (distributie en afgifte).

Voorziening I Convactor, ventilerende convector, inductieconvector

Voorziening I Radiatoren

Voorziening I Oppervlakteverwarming





Websites

- Opleiding Duurzame Gebouwen

<https://leefmilieu.brussels/themas/gebouwen-en-energie/seminaries-en-opleidingen/opleidingen/verslagen-en-notas-van-de-1>



Werken

- Recknagel, Sprenger, Schramek, (2011), *Génie Climatique*, Dunod - 5^e editie, Parijs
- WTCB (2013), *rapport nr. 14: Ontwerp en dimensionering van centrale-verwarmingsinstallaties met warm water*
- WTCB (2016), *rapport nr. 18: Dimensionering van vloerverwarmingssystemen met warmwaterbuizen*



Sophie HAINE

Projectingenieur

écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

