

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

HERNIEUWBARE
ENERGIE

HERFST 2025

Productie en opslag van warmte en elektriciteit op basis van hernieuwbare energiebronnen

Overzicht van bestaande technologieën en hun toepasbaarheid in de Brusselse context



- ▶ De verschillende technologieën voor de productie en opslag van hernieuwbare energie begrijpen
 - ⇒ **Een coherente strategie invoeren voor een bepaald vastgoedproject**



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE



INLEIDING

- ▶ **Doelstelling**
- ▶ **Behoeften**

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

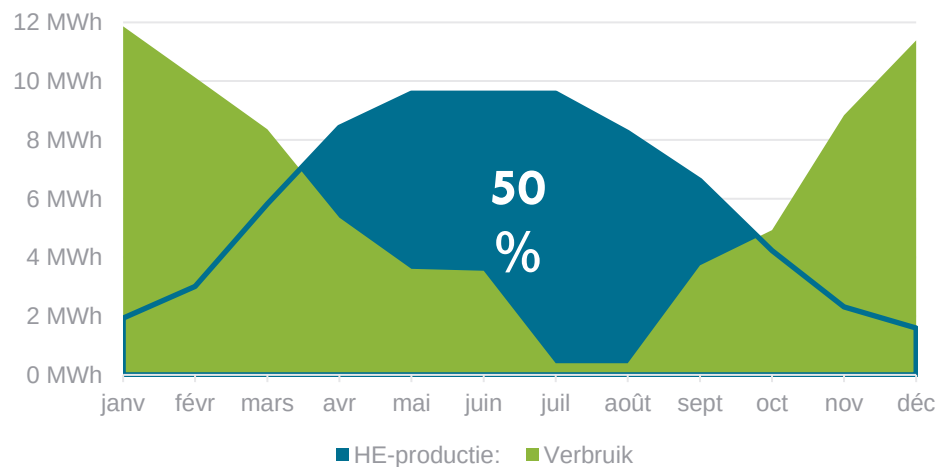


Koolstofneutraliteit in 2050 = massaal gebruik van HE

► Het systeem moet:

- financieel duurzaam blijven
- een evenwicht verzekeren tussen productie, verbruik en opslagcapaciteit (einde van 'blinde' systemen zoals terugdraaiende meters en groenestroomcertificaten en omschakeling op beheerste systemen m.b.t. collectief of individueel eigenverbruik en tarifiering - MIG6)

⇒ **Een precieze raming van de energiebehoeften over het jaar is onontbeerlijk**



Selectie van de HE-productiesystemen

- ▶ Op basis van hun technische afgestemdheid
 - op de fysieke kenmerken van het project (daken, open ruimten, ...)
 - op het energieverbruiksprofiel van het project
- ⇒ **Een goede kennis van de beschikbare technologieën maakt het mogelijk een coherent project te ontwikkelen**



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- ▶ **Fotovoltaïsche zonnepanelen**
- ▶ Windturbines
- ▶ Waterkracht

ELEKTRICITEITSOPSLAG

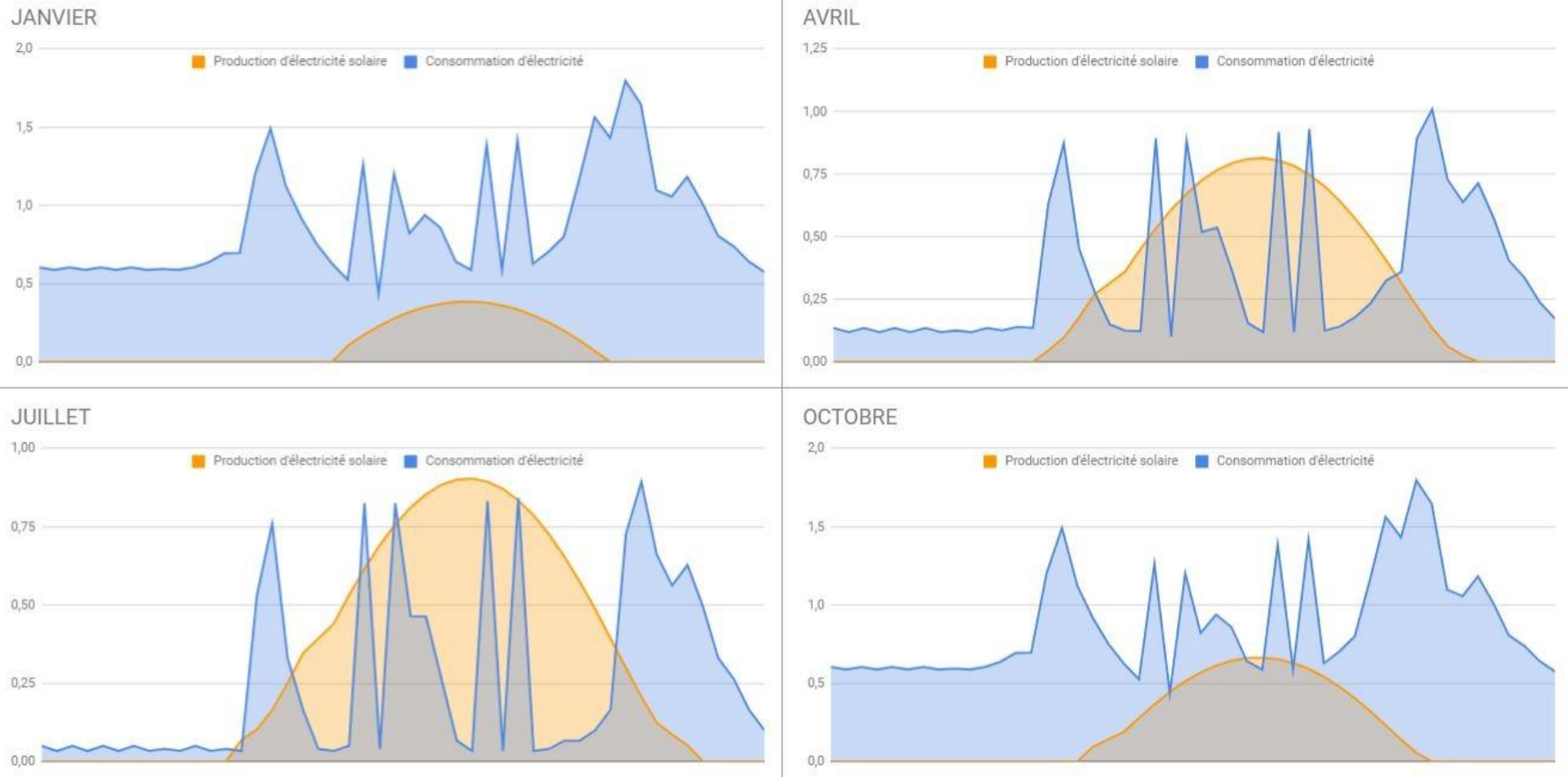
WARMTEPRODUCTIE



8 FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Productie

- Sterke wisselvalligheid (dag/nacht – zomer/winter)
- Doelstelling: minstens 65 % eigenverbruik



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Integratie

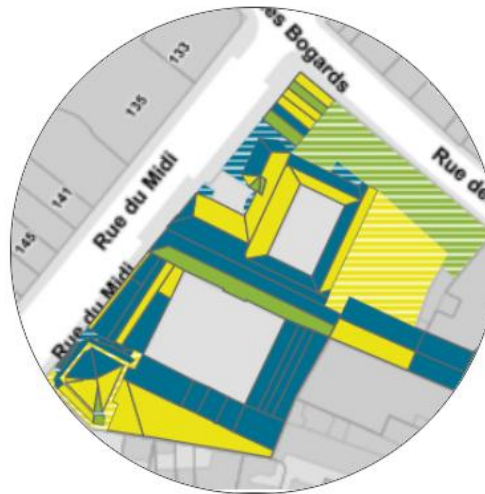
- ▶ Nominaal vermogen: 200 - 250 Wp/m²
- ▶ Belangrijke rol van de geometrische eigenschappen (helling, oriëntatie en beschaduwing)
- ▶ Zonnekaart van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

<https://geodata.leefmilieu.brussels/client/solar/>

 [geodata.leefmilieu.brussels](https://geodata.leefmilieu.brussels/client/solar/)  > CARTE SOLAIRE



Revenir à la carte



Surface totale de toiture traitée
12 001 m²



■ Excellent potentiel 2 258 m²
■ Bon potentiel 4 624 m²
■ Faible potentiel (exclu du calcul) 5 119 m²



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

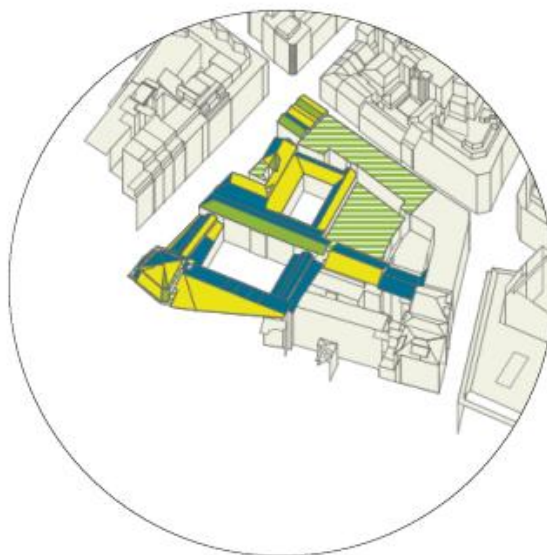
Simulatierapport voor een fotovoltaïsche installatie

Rapport uitgegeven op 18-7-2025

URL van het gebouw <https://www.zonnekaart.brussels/client/solar/detail/21809K0108-00F000>



Rue du Midi 142 in Bruxelles



- 128 m² Uitstekend potentieel
- 2312 m² Goed potentieel
- 2559 m² Laag potentieel (niet opgenomen in de berekening)

Nettowinst op 10 jaar 9.157 €

Mijn dak

6.000 m ²	Totale oppervlakte
1.092 m ²	Vermoedelijke obstakels
2.815 m ²	Bruikbare oppervlakte

Mijn energie

10.169 kWh/jaar	Productie van de panelen
2.036 kWh/jaar	Huishoudelijk verbruik
40 %	Autoconsumptie
4,6 TCO ₂ /jaar	Winst voor het milieu

Mijn installatie

48	Aantal panelen
	Monokristallijn
77 m ²	Geïnstalleerde oppervlakte
12 kWp	Totaal geïnstalleerd vermogen
25 jaar	Levensduur van de installatie

Mijn financiën

17.999 €	Aankoopprijs Incl.BTW
11.871 €	Winst aan groenestroomcertificaten (10 jaar)
51.618 €	Besparing op uw elektriciteitsfactuur na 25 jaar
27.491 €	Nettowinst na 25 jaar
8 jaar	Bijgewerkte terugverdientijd



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Financiering

- ▶ Variabele kosten volgens de grootte: € 0,50 tot € 1,75/Wp
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,04 tot € 0,15/kWh
- ▶ Groenestroomcertificaten: € 0,13 tot € 0,23/kWh

Technologie	Voorwaarden		Vermenigvuldigings-coëfficiënt	Toekenningsgraad (GSC/MWh)
Basis			I	1,81
Fotovoltaïsche (PV)	Voor klassiek installaties, gebaseerd op vermogen (kWp)	[0-5]	1,130	2,055
		]5-36]	1,074	1,953
		]36-100]	0,559	1,016
		]100-250]	0,353	0,642
		> 250	0,319	0,580
	voor BIPV, gebaseerd op type ^{***}	Skylight	1,130	2,055
		Borstwering	1,130	2,055
		Zonnewering	1,046	1,902
		Geventileerde gevel	1,423	2,587



Websites

- ▶ BRUGEL - Mechanisme van de groenestroomcertificaten

https://www.brugel.brussels/nl_BE/themes/hernieuwbare-energie-11/mechanisme-van-de-gsc-35

- ▶ Financiële fotovoltaïsche simulator voor particulieren in Brussel

<http://sifpv-bxl.apere.org/>



Schaduwaken met PV

- ▶ Variabele kosten volgens de grootte: € 1 tot € 4/Wp
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,08 tot € 0,30/kWh



Bron : AdiWatt



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

BIPV

- ▶ Nominaal vermogen: 80 - 200 Wp/m²
- ▶ Sterk variabele kosten: € 1 tot 6 €/Wp
- ▶ Productie van verticale panelen is kleiner en beschaduwing is hinderlijker
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,10 tot € 0,60/kWh



Bron : ISSOL



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- Fotovoltaïsche zonnepanelen
- **Windturbines**
- Waterkracht

ELEKTRICITEITSOPSLAG

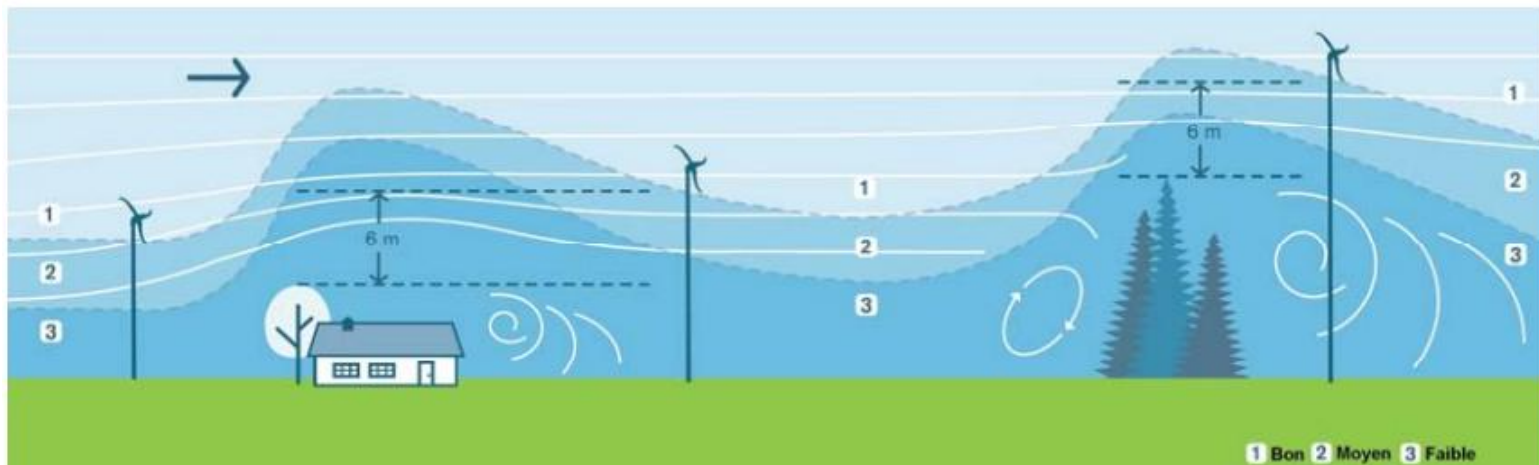
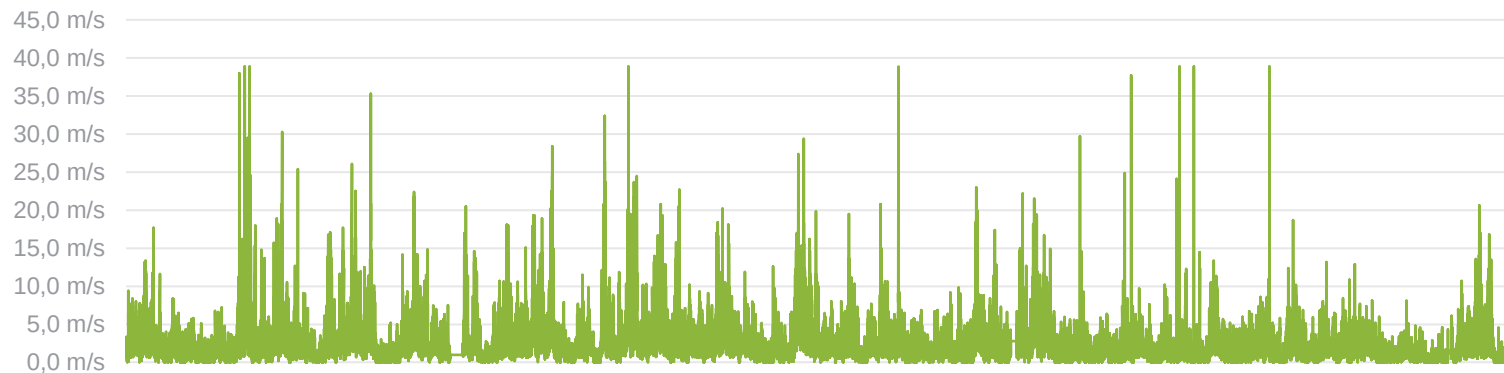
WARMTEPRODUCTIE



Productie

- Meteorologische veranderlijkheid
- Windstudie

Windsnelheid



Integratie

(Studie 2014 VUB-3E)

- ▶ Kleine windturbines zijn interessant op zeer hoge gebouwen (cf. The Hotel in Brussel – toren van 96 m – masten van 7 m – windturbines van 3,5 en 7 kW)
- ▶ Middelhoge windturbines (100 kW) op mast van 40 m



Bron : ENERSOL

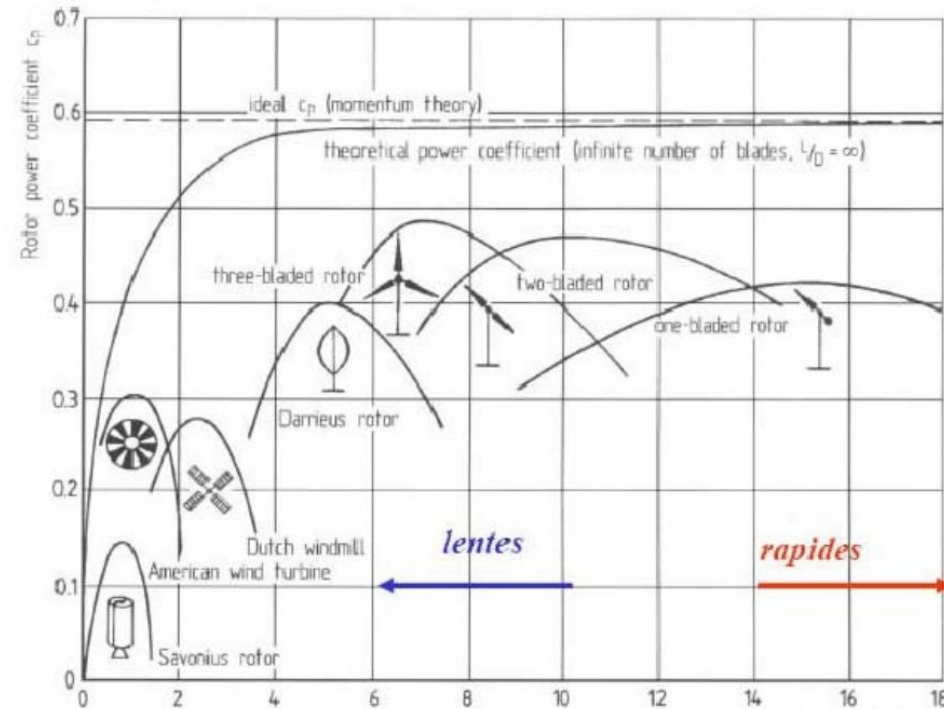
EOX M-26

AVERAGE WIND SPEED (M/S)	GROSS OUTPUT 1000(KWH/YEAR)
4.0	126,2
4.5	170,3
5.0	216,4
5.5	262,1
6.0	305,9
6.5	346,7
7.0	383,9
7.5	417,0



Financiering

- ▶ Variabele kosten van € 3 tot € 8/W
- ▶ Kosten over een periode van 15 jaar: € 0,12 tot € 0,30/kWh
- ▶ Groenestroomcertificaten: € 0,15/kWh



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- ▶ Fotovoltaïsche zonnepanelen
- ▶ Windturbines
- ▶ **Waterkracht**

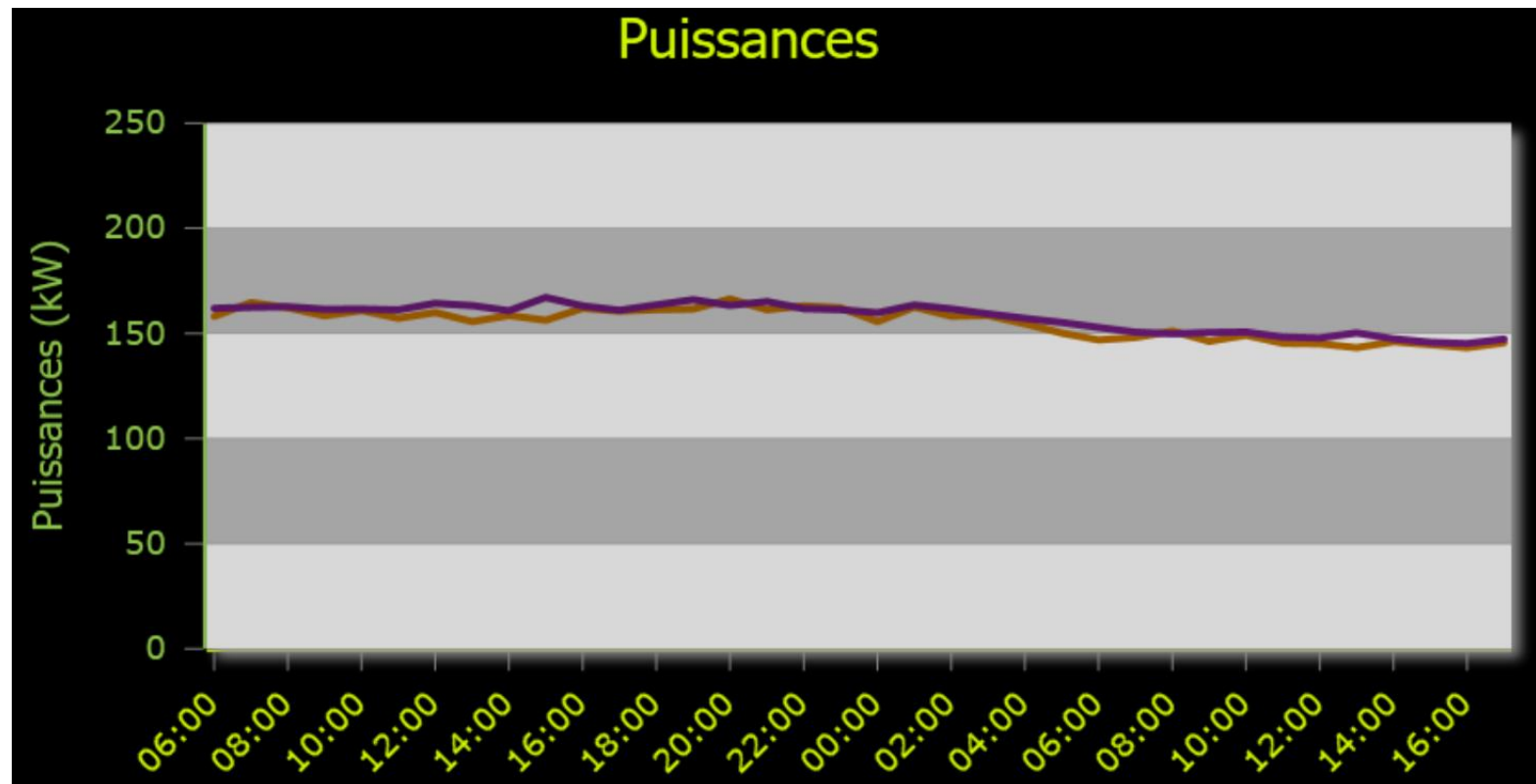
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE



Productie

- ▶ Constante productie (buiten eventuele daling van de waterstand)
- ▶ Weinig potentieel in BHG



Bron : HOSe



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

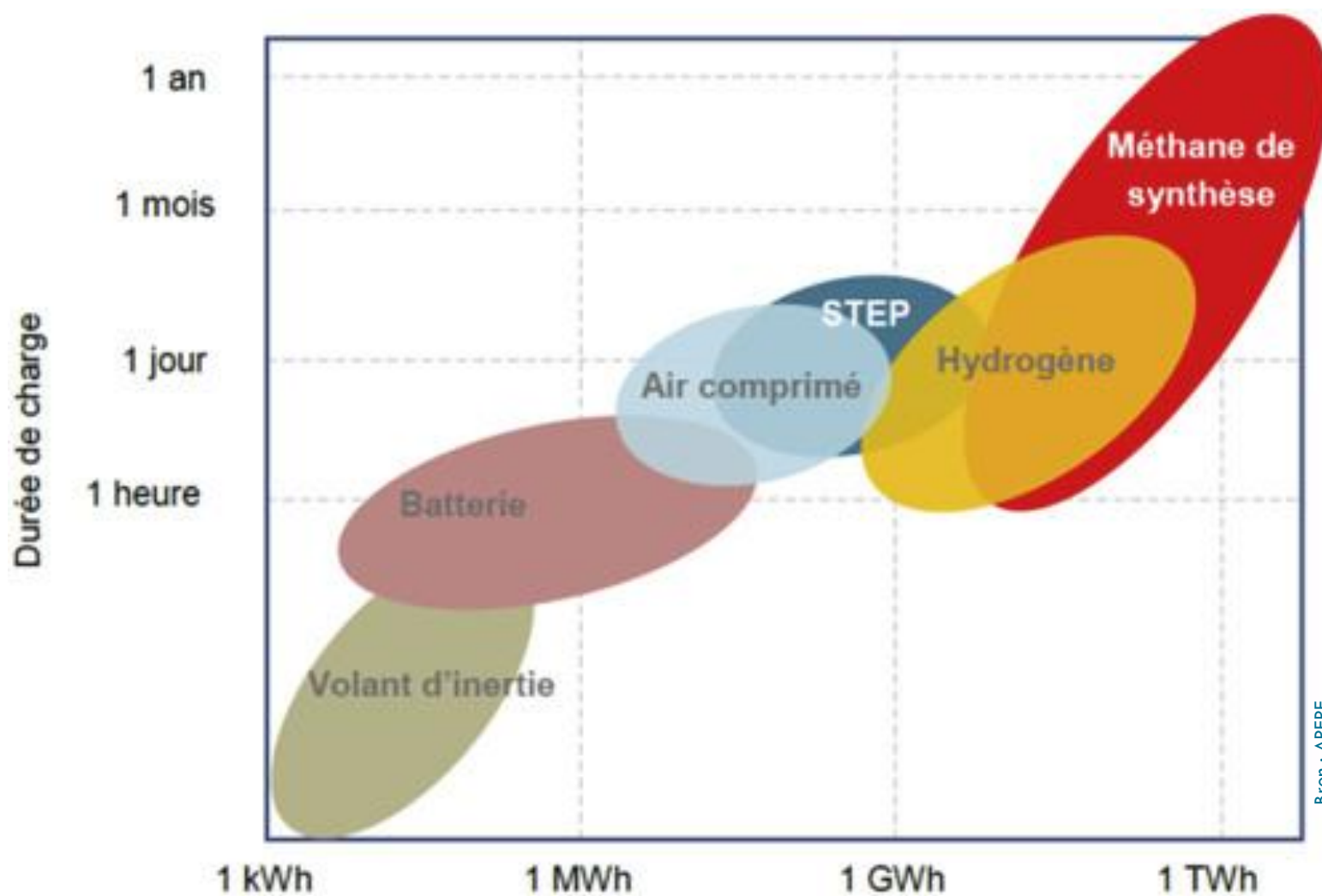
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ Biomassa
- ▶ Warmtepomp



Technologie



Integratie Li-ion-accu

- ▶ Huishoudelijk verbruik van 1 dag = 10 kWh
 - = 50 tot 100 kg
 - = 0,1 m³



Bron : TESLA



Financiering

- ▶ Huishoudelijk verbruik 1 dag = 10 kWh = € 5-6000
- ▶ Opslagkosten: € 0,20 - € 0,30/kWh
- ▶ Verschil in prijs bij aankoop en verkoop

Aandachtspunten

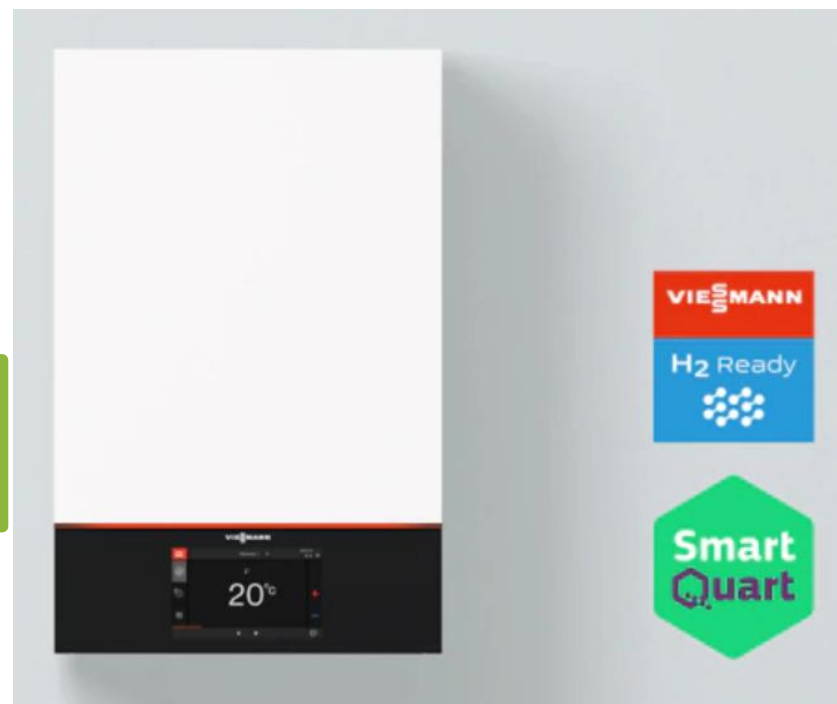
- ▶ Afnamevermogen (4 - 6 kW)
- ▶ Al dan niet geïntegreerde omvormer
- ▶ Globaal rendement (90 %)
- ▶ Garantie / aantal laden/ontladen-cycli



Waterstof

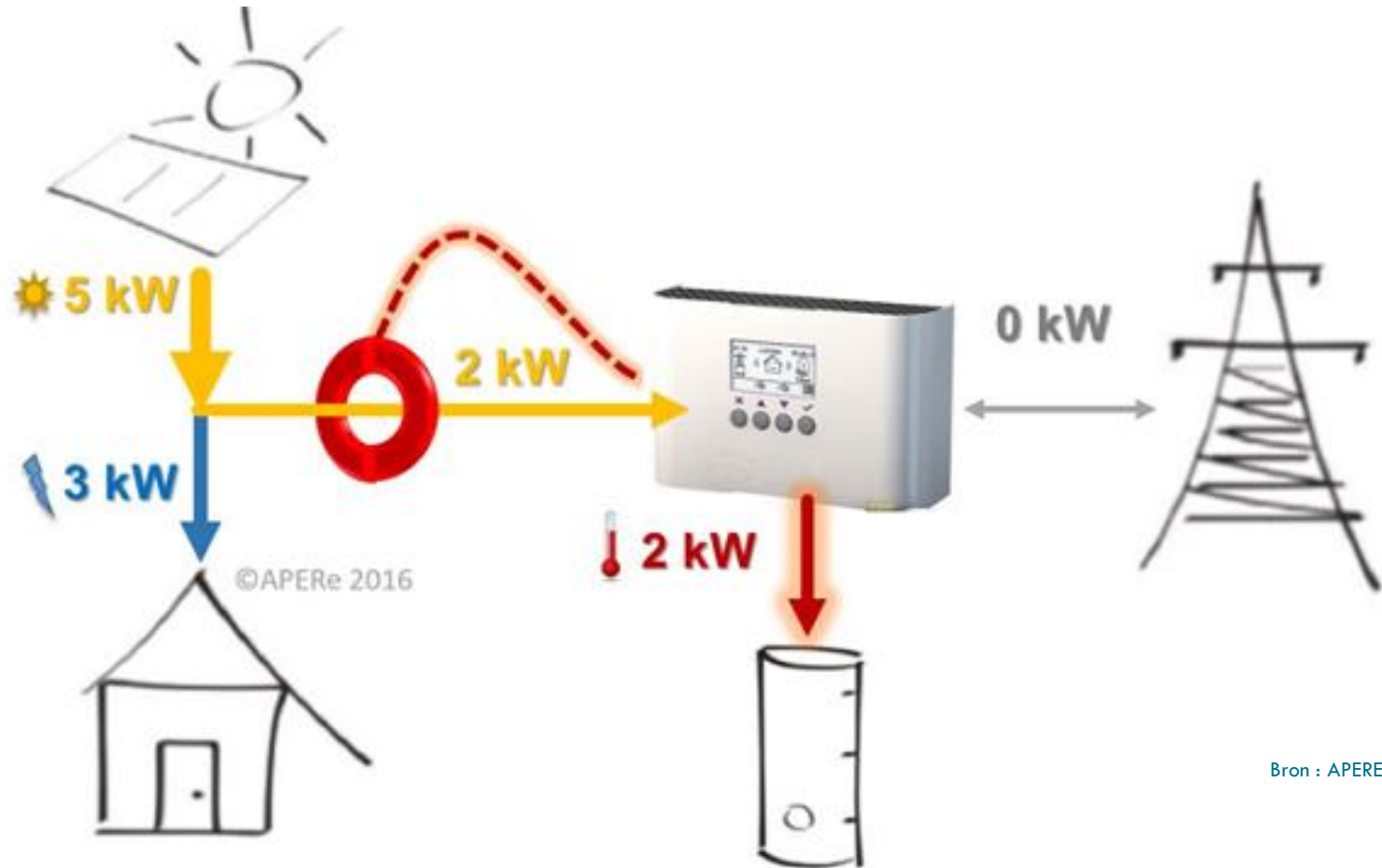
- ▶ Elektrolyserendement van het water = 40 %
- ▶ Opslag bij 350/700 bar of vloeibaar gemaakt bij $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ▶ Rendement brandstofcel = 50 %
- ▶ Huishoudelijk verbruik 1 dag = 10 kWh =
 - 1/3 kg
 - 16 dm³ bij 350 bar
- ▶ H₂-ready condenserende verwarmingsketel tot 30 % H₂

Algemene relevantie???
**Afstemming tussen beschikbaarheid
en behoefte???**



Technologie

- ▶ Automaat voor het beheer van de lading volgens de PV-productie
- ▶ PV Heater



Bron : APERe



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

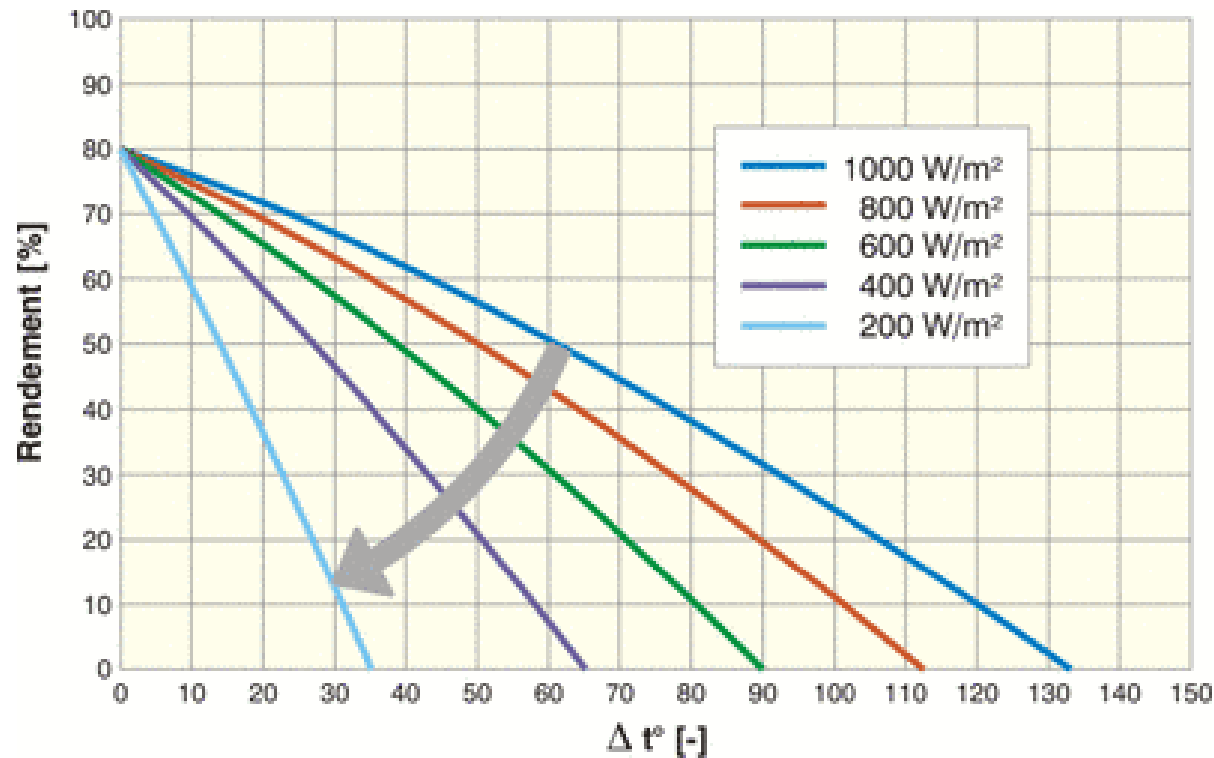
WARMTEPRODUCTIE

- ▶ **Thermische zonnepanelen**
- ▶ Biomassa
- ▶ Warmtepomp



Productie

- ▶ Sterke veranderlijkheid is minder problematisch dankzij opslag
- ▶ Rendement is sterk afhankelijk van de temperatuur en de zonnestraling (maar groter dan PV – 15 - 20 %)



Bron : ENERGIE+



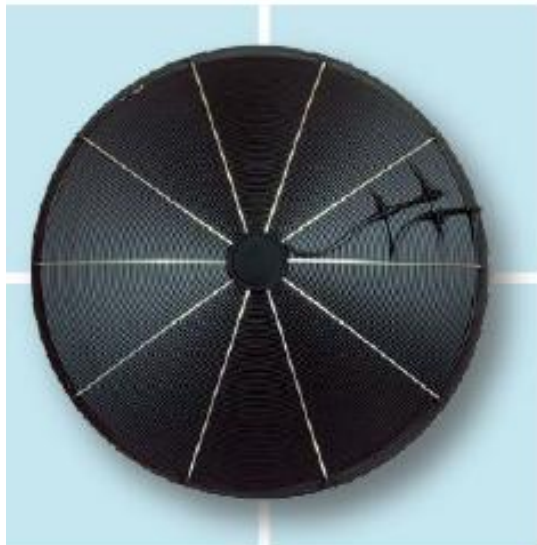
Integratie

- ▶ Belangrijke rol van de geometrische eigenschappen (helling en oriëntatie)
- ▶ Relatieve nabijheid (netten beperken)

Obstakel

- ▶ Technisch beheer (productie kan nul of zelfs negatief zijn)

→ Technisch gebouw
Lage temperatuur



Capteur solaire SunDisc

Diamètre : 2,30 m

Résistant au gel

Poids à vide : ±53 kg

Poids en pleine charge : ±80kg

Puissance maximale : 2 840 W*

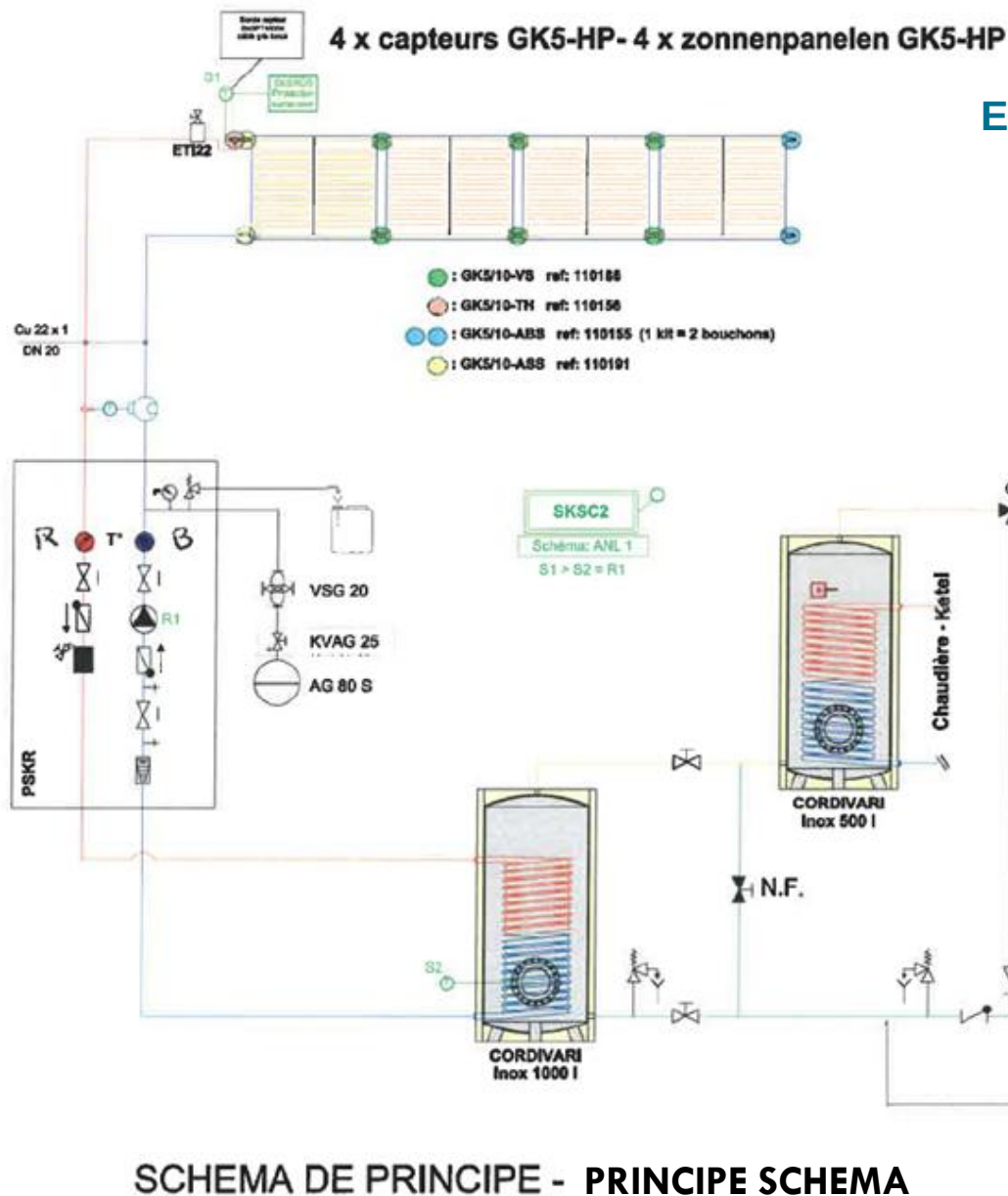
Période de garantie : 10 ans

*Selon le certificat UNI EN 12975-2 : 2006.

→ 685 W/m² (26/28/28)

Bron : LOTE C

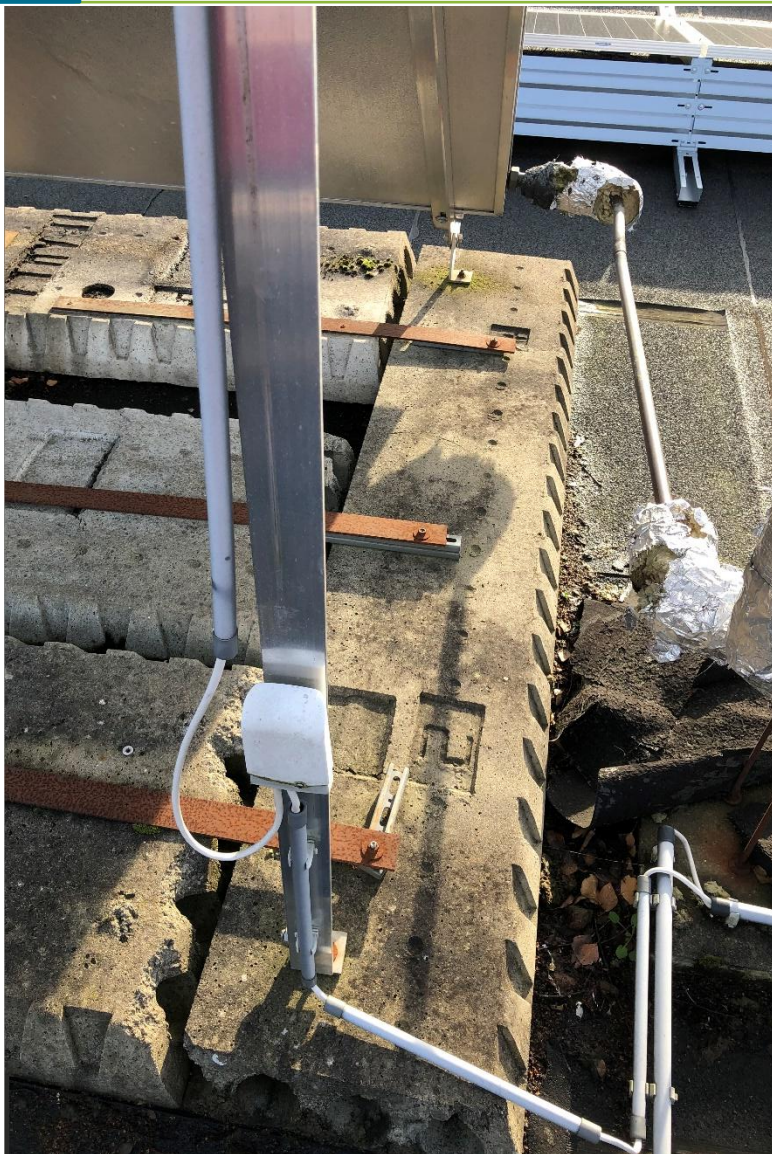




Energievernietiging

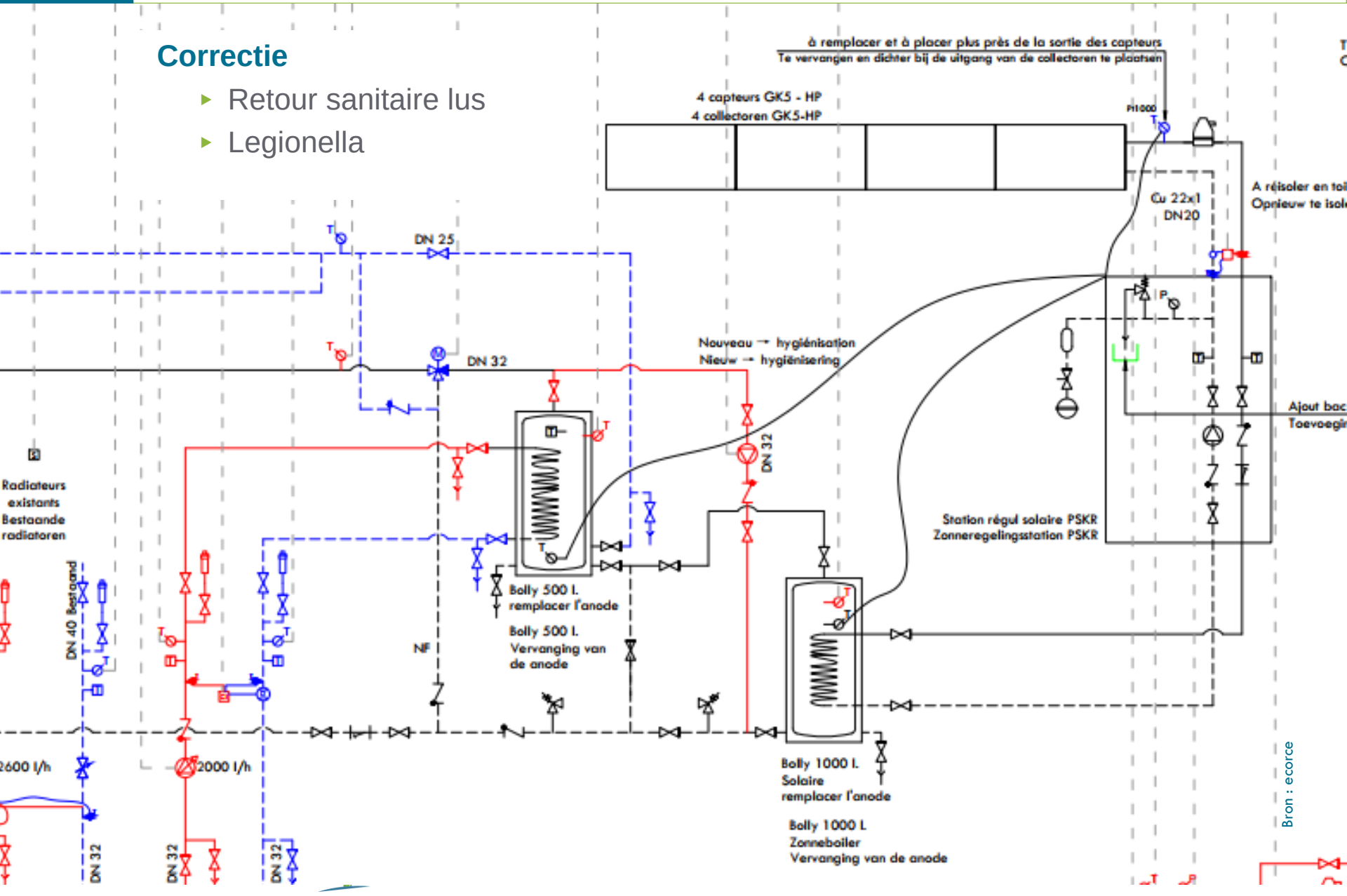
- ▶ Retour sanitaire lus
- ▶ Legionella
- ▶ Slecht ingestelde regeling
- ▶ Niet aangesloten meetsysteem
- ▶ Verouderde isolatie

THERMISCHE ZONNEPANELEN



Correctie

- Retour sanitaire lus
- Legionella



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ **Biomassa**
- ▶ Warmtepomp



Productie

- ▶ Fijnstofemissie (filters/...)
- ▶ Werkelijke balans van de brandstof en belang (productie en transport)
- ▶ Benodigde ruimte silo / boilers / verwarmingsketels
- ▶ Onderhoud
- ▶ Asafvoer



Bron : ecorce



Sankt Vith

- ▶ Beboste gemeente (41,5 % van het grondgebied) – 66 inw./km²
- ▶ Potentieel industriehout = 11.500 MWh/jaar
- ▶ Stookolieverbruik voor verwarming: 126.000 MWh/jaar



Bron : Google map



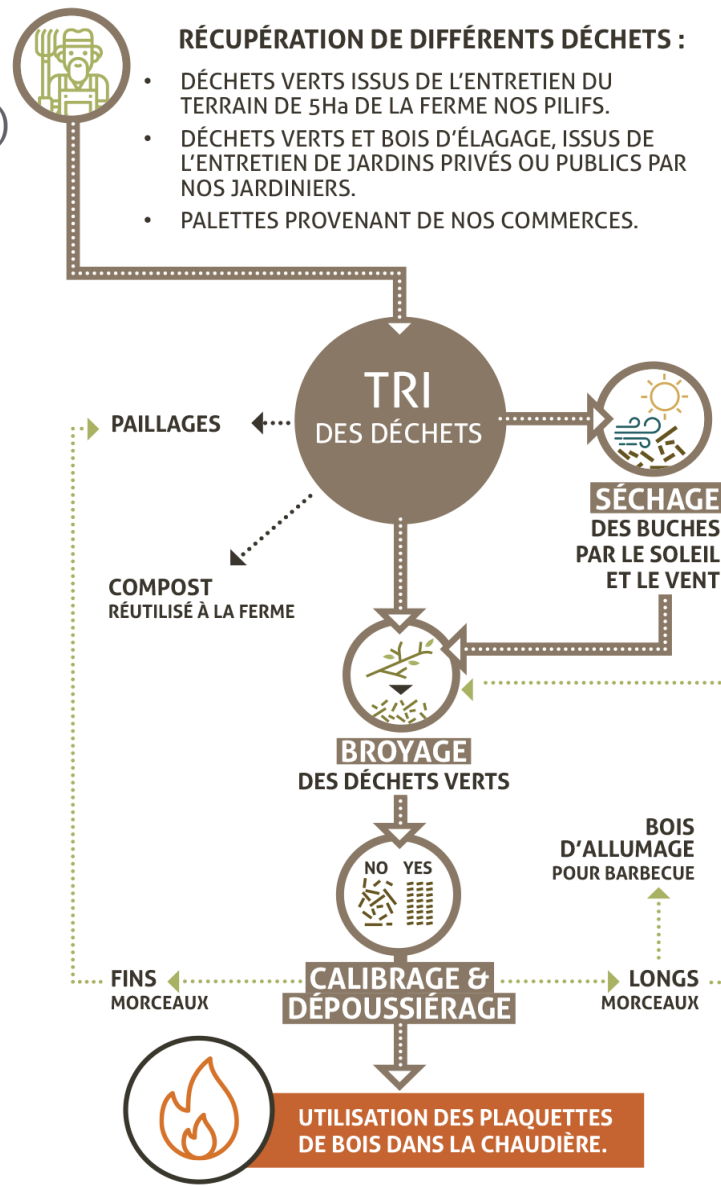
Ferme Nos Pilifs

- ▶ Verscheidene tonnen houtafval (onderhoud groene ruimten en snoeiwerken)
- ▶ MWB (**maatwerk**bedrijf)
- ▶ Bewustmakingstools

Stookruimte/-installatie

- ▶ 250 kW
- ▶ 400 m³ snippers/jaar
- ▶ Specifiek gebouw

TRANSFORMATION DES DÉCHETS



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

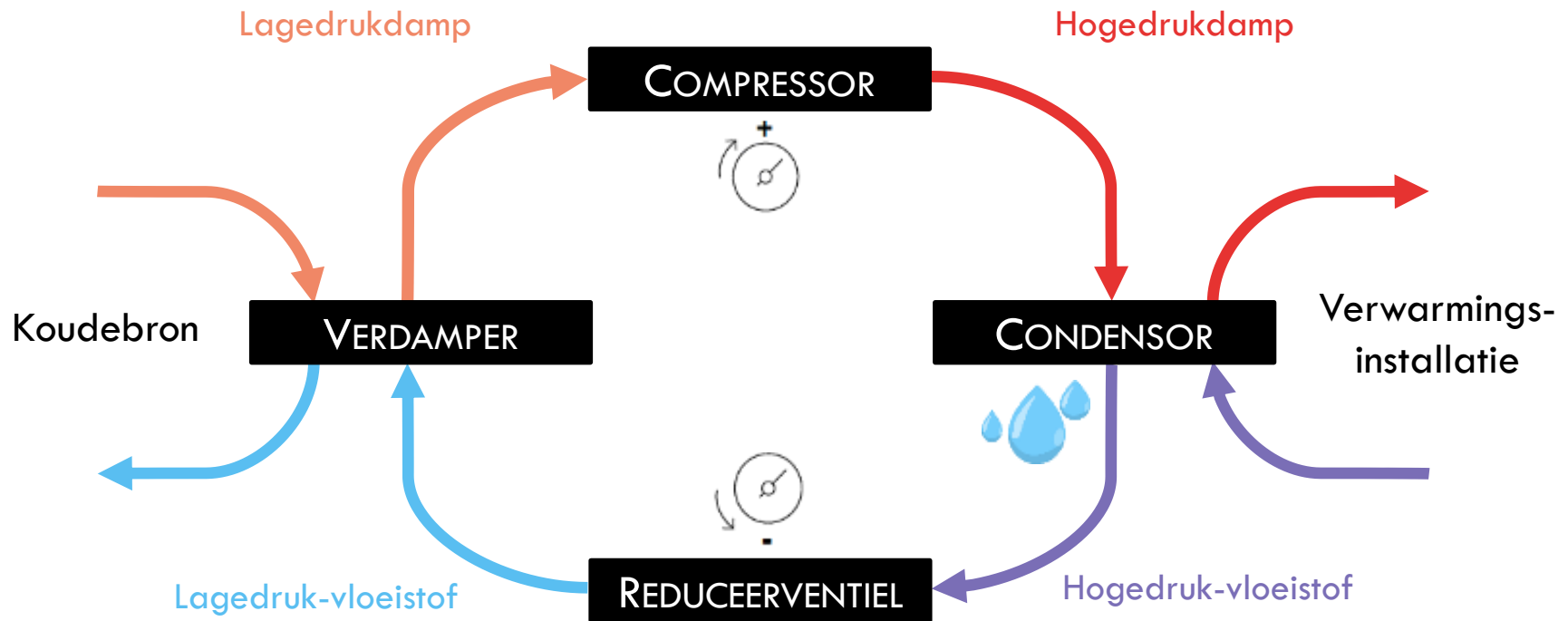
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

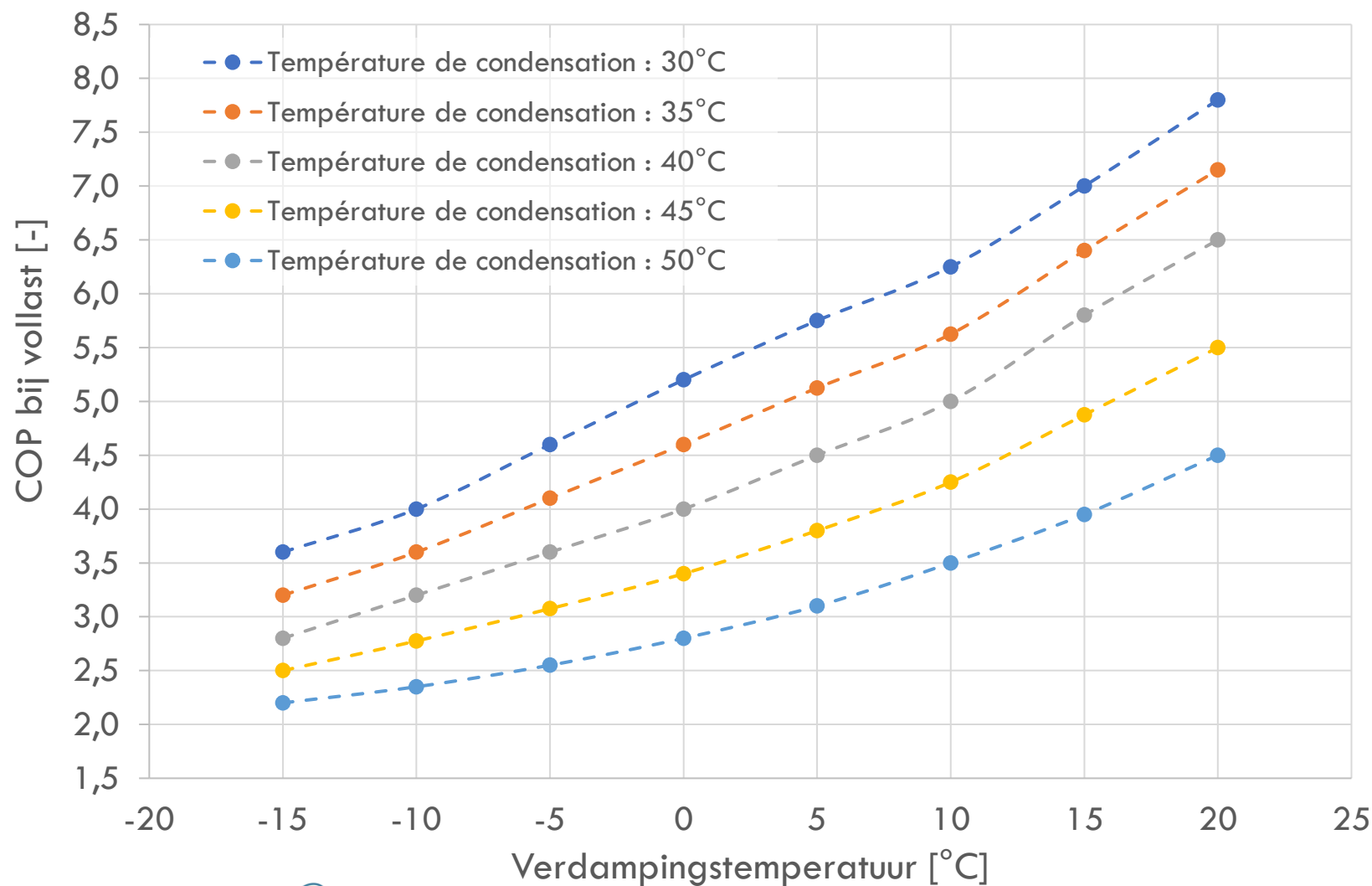
- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ Biomassa
- ▶ **Warmtepomp**



Productie



Rendement



Aerothermische WP

Monoblokuitvoering



Bron: Aermec

Splituitvoering



Groot vermogen (200 kWth)

Bron: Aermec

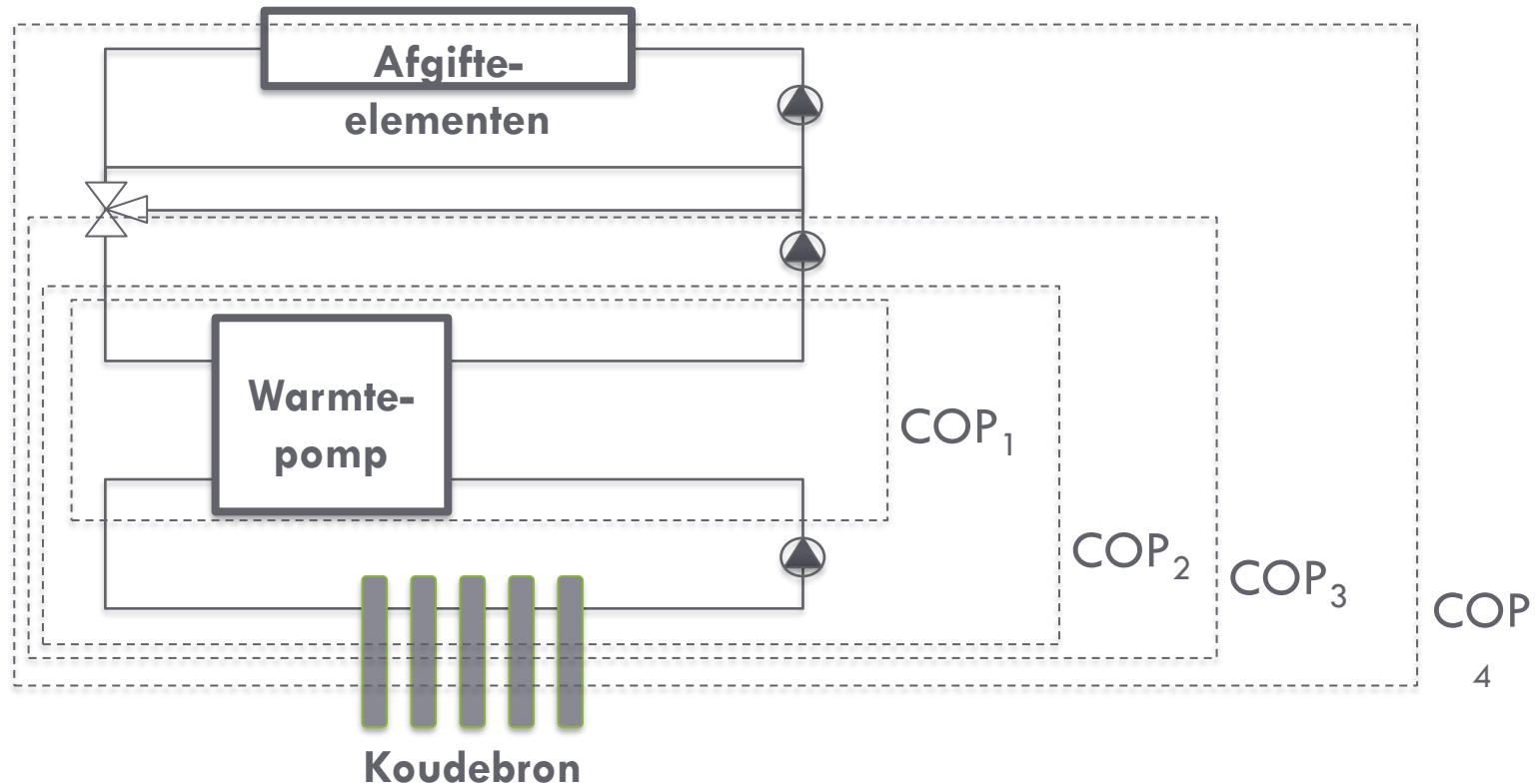


Bron: Aermec



Invloed van de regeling

- ▶ Optimale regeling afhankelijk van het systeemtype: gekozen configuratie koudebron + warmtepomp + warmtebron.
- ▶ Invloed van de regeling van de hulpapparatuur op de algemene jaarlijkse prestatie van de installatie



Koelgassen en klimaatopwarming

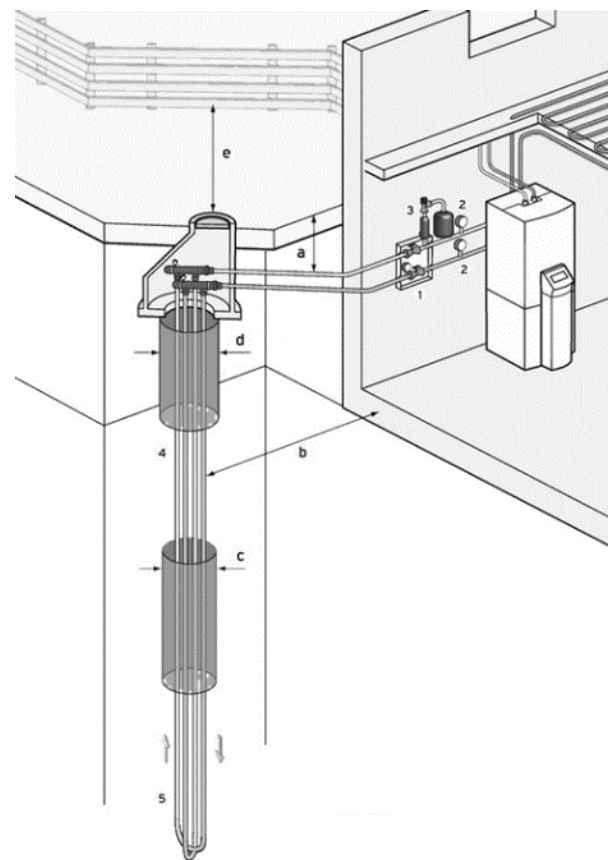
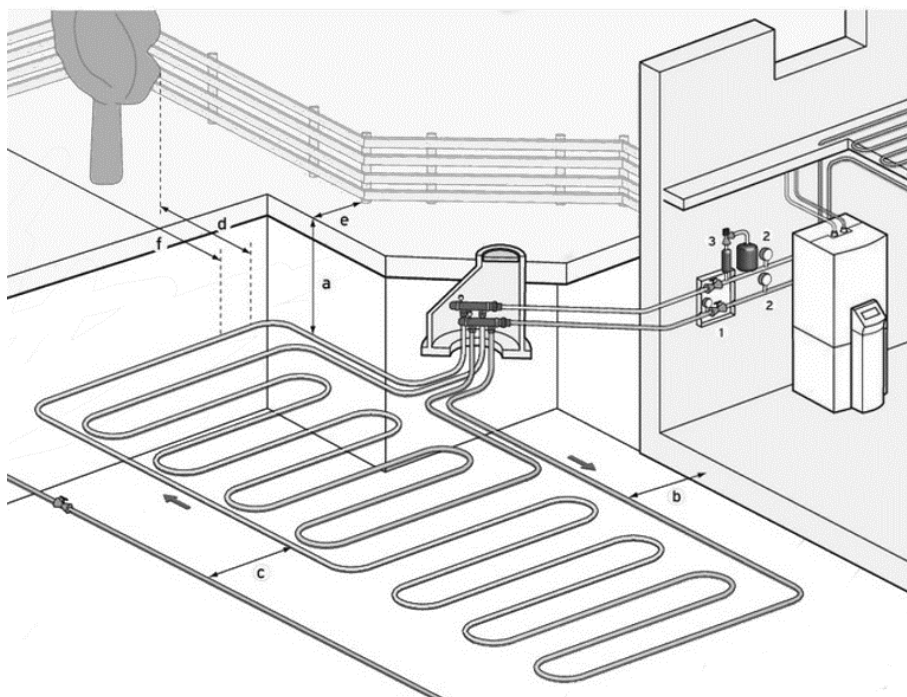
Gas		GWP ₁₀₀
HFK's	R410A	2100
	R134a	1430
Propaan	R290	20
CO ₂	R744	1
Ammoniak	R717	0

Split 8 kW: 3,2 kg R410A
Verlies 30 %: 1 kg/jaar: 2.100 kg CO₂/jaar: 7.600 kWh
elektriciteit



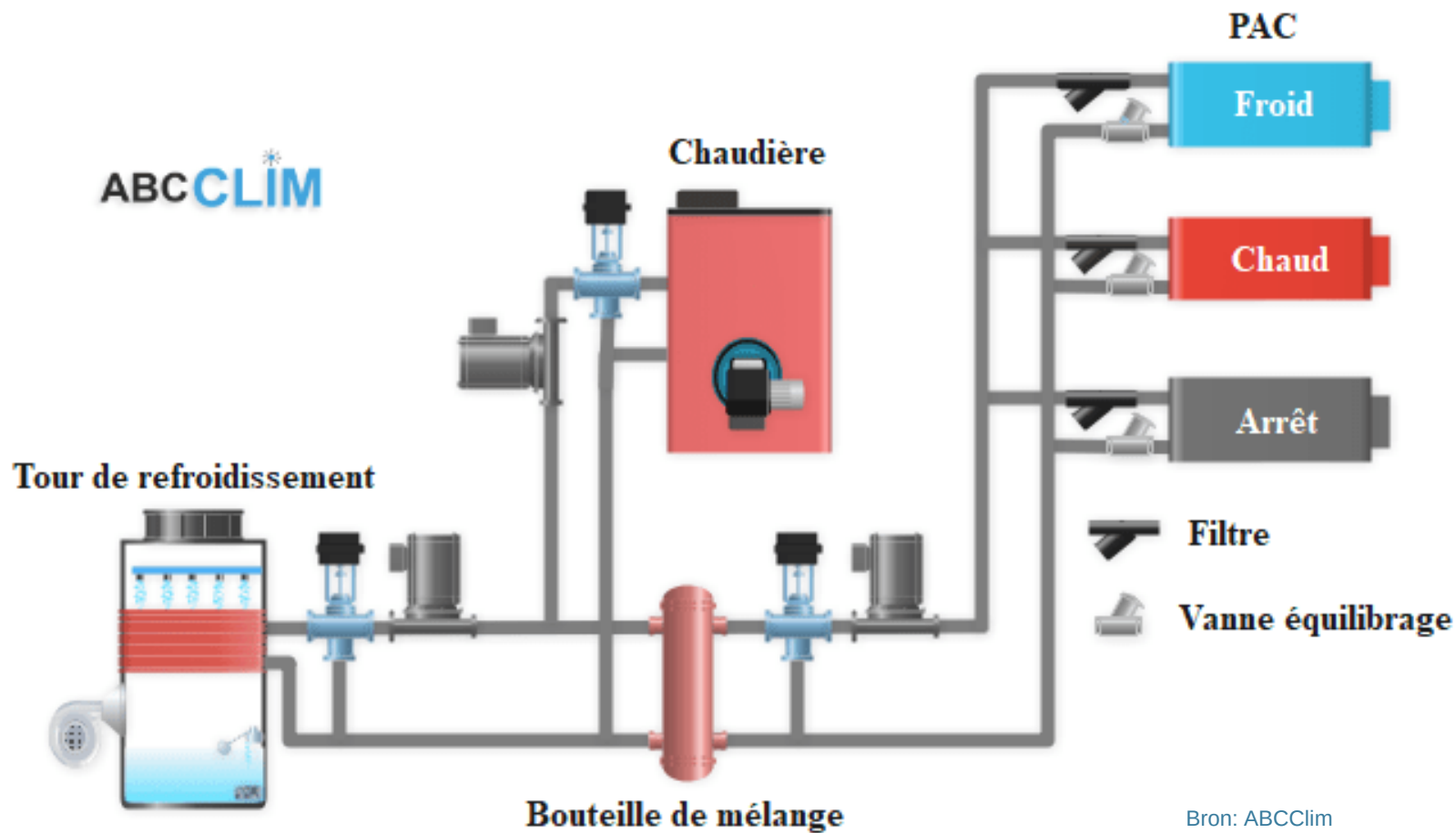
Geothermische WP

- ▶ Stabieler en warmere koudebron
- ▶ Geocooling mogelijk



WP op lus

- ▶ Koudebron = warmtebron andere gebruiker
- ▶ Interessant bij gelijktijdige behoefte aan warmte en koude



Bron: ABCClim



WP riothermie

- ▶ VIVAQUA-project in Ukkel (administratief centrum Stallestraat)
- ▶ Warmtewisselaars geïnstalleerd bij de renovatie van de riolering



Bron: ABCClim



De temperatuurregimes en de kwaliteit van de regeling maken het verschil tussen:

- ▶ quasi directe elektrische verwarming ($\text{SPF} < 1,5$)
- ▶ een hernieuwbare bron van warmte/koelte ($\text{SPF} > 4$)

Geproduceerde hernieuwbare energie: $\text{ERES} = Q_{\text{usable}} * (1 - 1/\text{SPF})$

**WP = HE-productiesysteem
indien $\text{SPF} > 2,36$**

SPF = seizoensprestatiefactor





- ▶ Een goed ontwerp vereist een goede beheersing van de behoeften
- ▶ Het voordeel van een HE-technologie is sterk afhankelijk van de werkingsvoorwaarden: er bestaat geen standaardoplossing





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema | Energie | [Groene stroom](#)
- ▶ Dossier | [Groene stroom produceren met fotovoltaïsche panelen en andere bronnen](#)
- ▶ Voorziening | [Elektriciteitsopslag](#)
- ▶ Voorziening | [Zonneboiler](#)
- ▶ Voorziening | [Warmtepomp](#)



Websites

- ▶ Zonnekaart van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
<https://geodata.leefmilieu.brussels/client/solar/>
- ▶ BRUGEL - Mechanisme van de groenestroomcertificaten
https://www.brugel.brussels/nl_BE/themes/hernieuwbare-energie-11/mechanisme-van-de-gsc-35
- ▶ Financiële fotovoltaïsche simulator voor particulieren in Brussel
<http://sifpv-bxl.apere.org/>





Studies

- ▶ Windpotentieel in het BHG: studie uit 2014 van VUB-3^E

https://app.bruxellesenvironnement.be/newsletter/Docs/RAP_20140331_eindrapport_final.pdf



Opleiding

- ▶ Opleidingen Duurzame Gebouwen

<https://leefmilieu.brussels/themas/gebouwen-en-energie/specialiseren-duurzaam-bouwen/opleidingen/verslagen-en-notas-van-de-opleidingen-2018>



David PLUNUS

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

