

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

HERNIEUWBARE ENERGIE

LENTE 2023

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

OPSLAG

WARMTEPRODUCTIE



INLEIDING

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

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

OPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

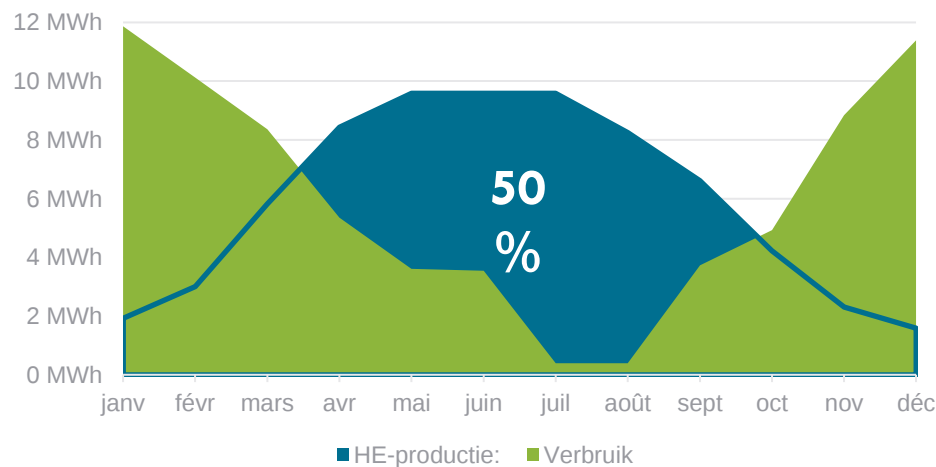


Koolstofneutraliteit in 2050 = massaal gebruik van HE

► 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

OPSLAG

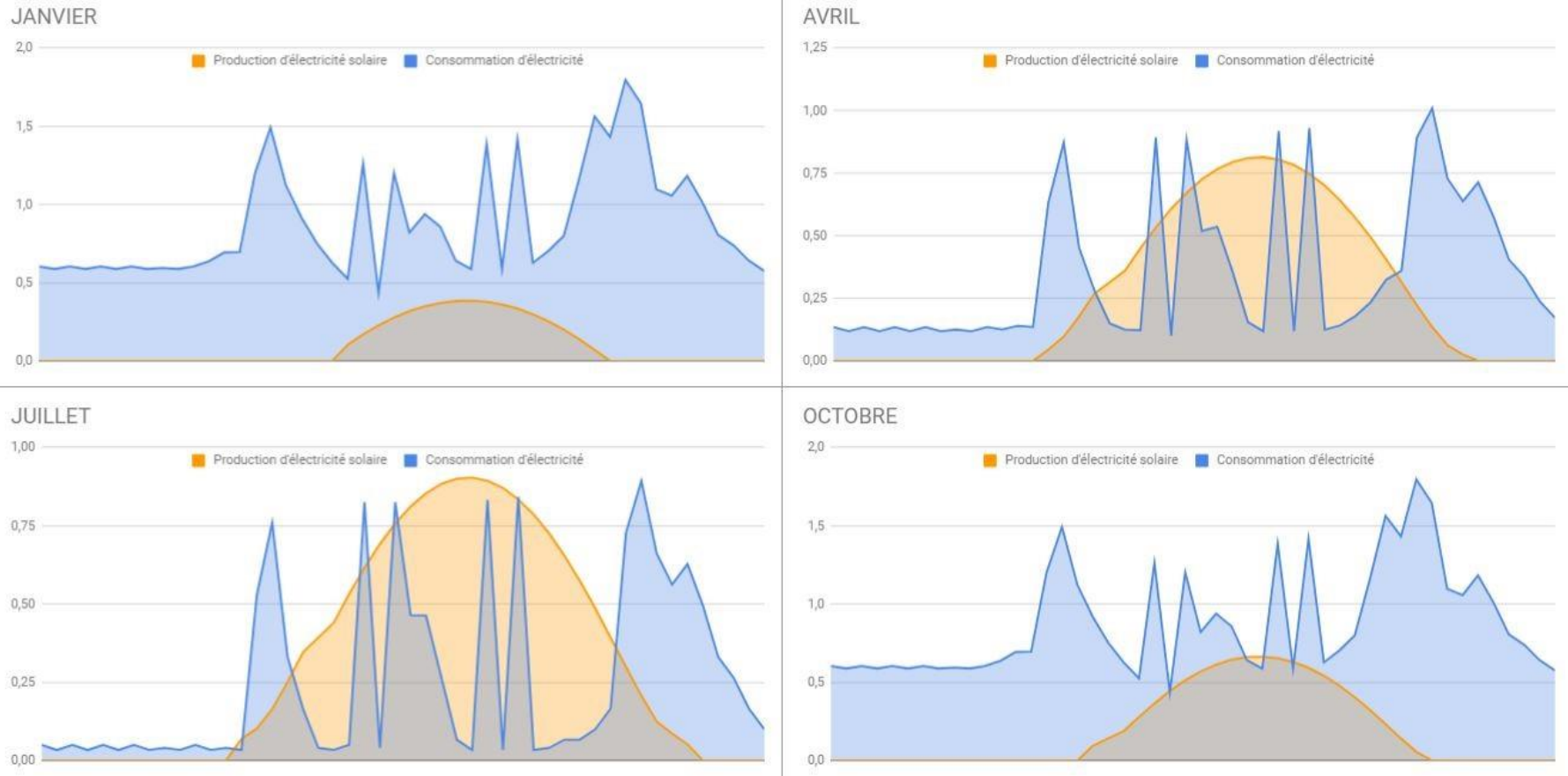
WARMTEPRODUCTIE



8 FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Productie

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



9 FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

Integratie

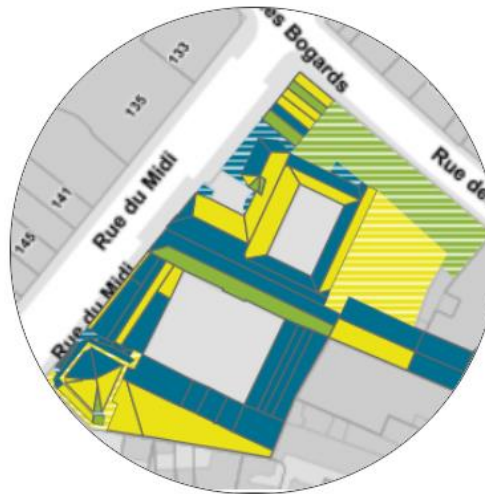
- ▶ Nominaal vermogen: 200 - 250 Wp/m²
- ▶ Belangrijke rol van de geometrische eigenschappen (helling, oriëntatie en beschaduwing)
- ▶ Zonnekaart van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

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

geodata.environnement.brussels > 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



Rapport de simulation d'installation photovoltaïque

Rapport émit le 28/03/2022

URL du bâtiment : <https://www.cartesolaire.brussels/client/solar/detail/21809K0108-00F000>



Rue du Midi 142 à Bruxelles



- 128 m² Excellent potentiel
- 2312 m² Bon potentiel
- 2559 m² Faible potentiel (exclu du calcul)

Gain net sur 10 ans : 17 176 €

Ma toiture

6 000 m ²	Surface totale
1 092 m ²	Obstacles estimés
2 815 m ²	Surface utilisable

Mon énergie

10 169 kWh/an	Production des panneaux
2 036 kWh/an	Consommation du ménage
40 %	Auto consommation
4 TCO2/an	Gain pour l'environnement

Mon installation

48	Nombre de panneaux
	Monocristallin
77 m ²	Superficie installée
12 kWc	Puissance totale installée
25 ans	Durée de vie de l'installation

Mes finances

18 000 €	Prix d'achat TVAC
15 524 €	Gains certificat vert (10 ans)
66 366 €	Gain facture d'électricité sur 25 ans
45 890 €	Gains nets sur 25 ans
6 ans	Temps de retour actualisé



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

Taux de base			I	I,8I
Photovoltaïque	kWc	≤ 5	1,485	2,7
		]5-36]	1,375	2,5
		]36-100]	1,155	2,1
		]100-250]	0,990	1,8
		> 250	0,825	1,5
	BIPV		Sous conditions**	



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



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



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

- Fotovoltaïsche zonnepanelen
- **Windturbines**
- Waterkracht

OPSLAG

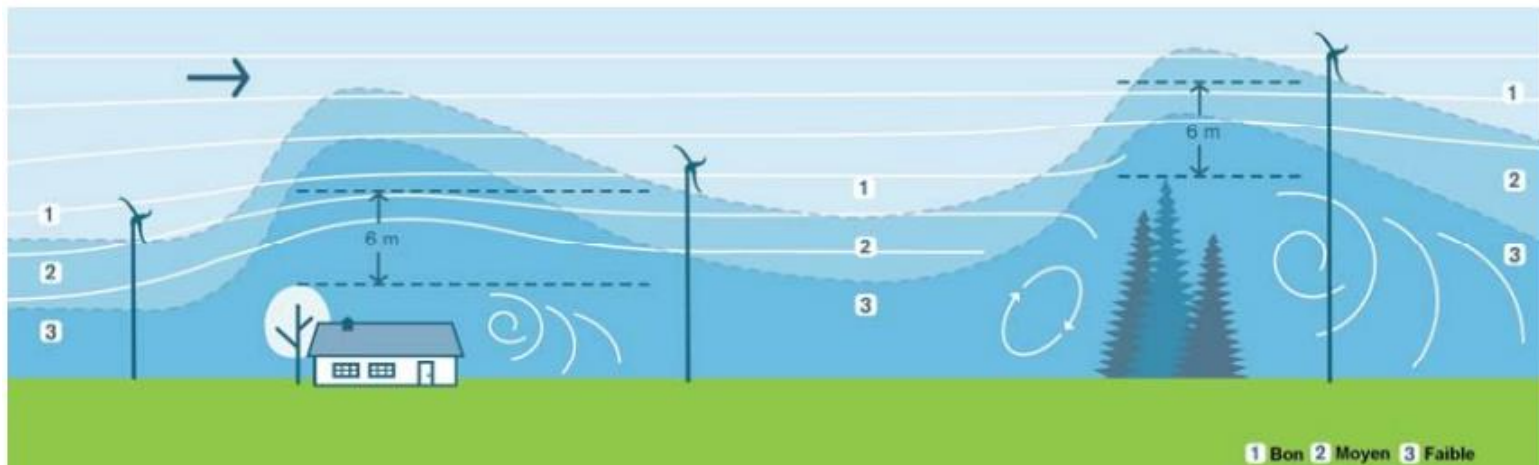
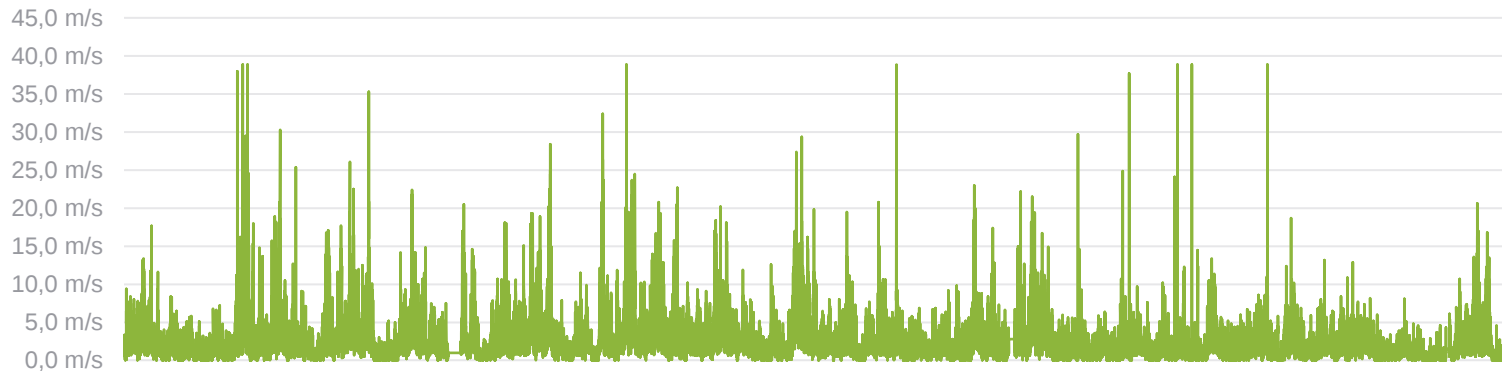
WARMTEPRODUCTIE



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

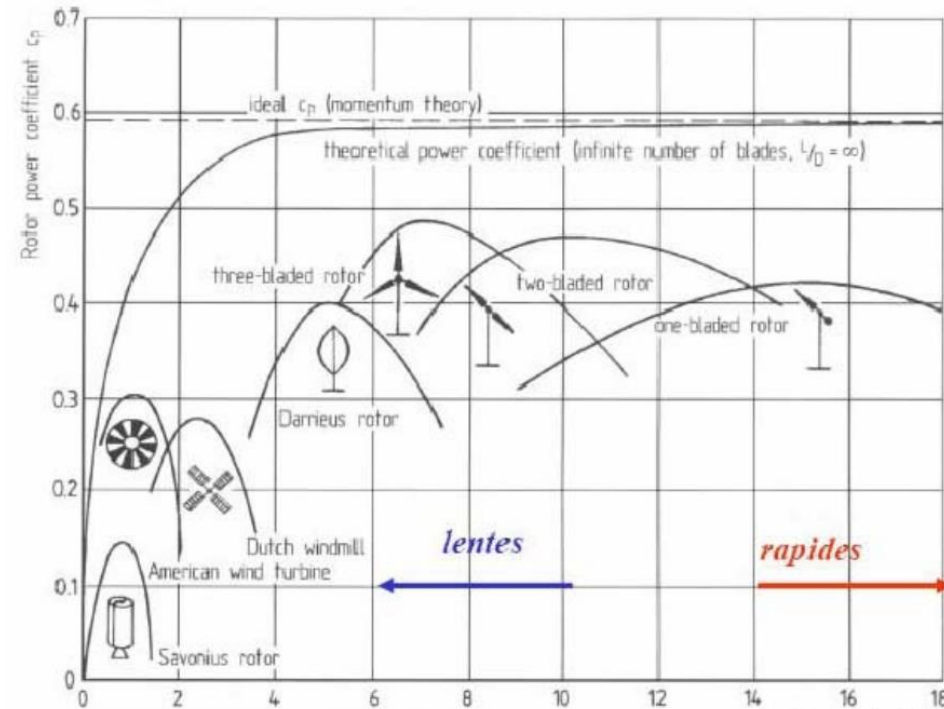
EOX M-26

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**

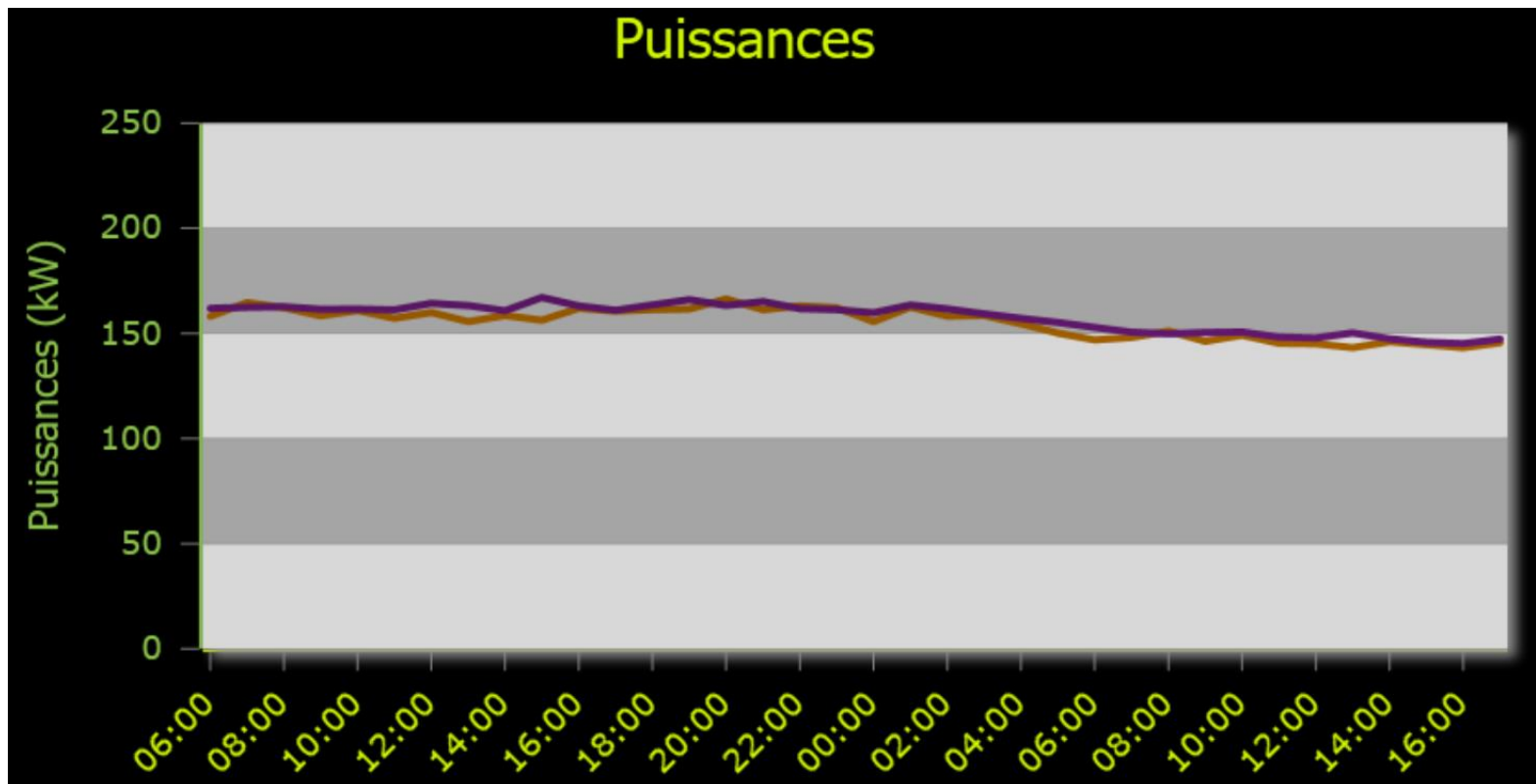
OPSLAG

WARMTEPRODUCTIE



Productie

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



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

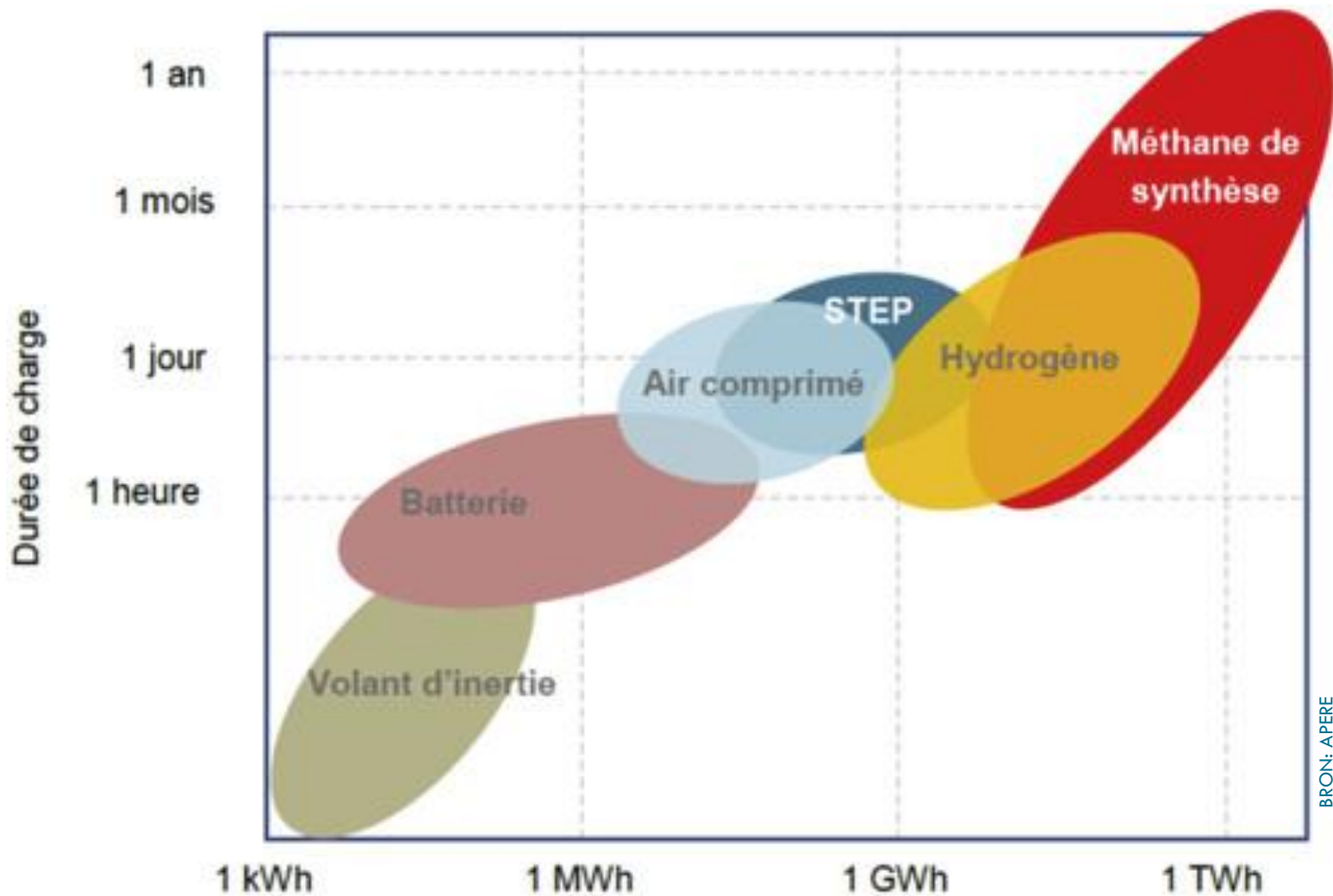
ELEKTRICITEITSOPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ Biomassa
- ▶ Warmtepomp



Technologie



Integratie Li-ion-accu

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



Financiering

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

Aandachtspunten

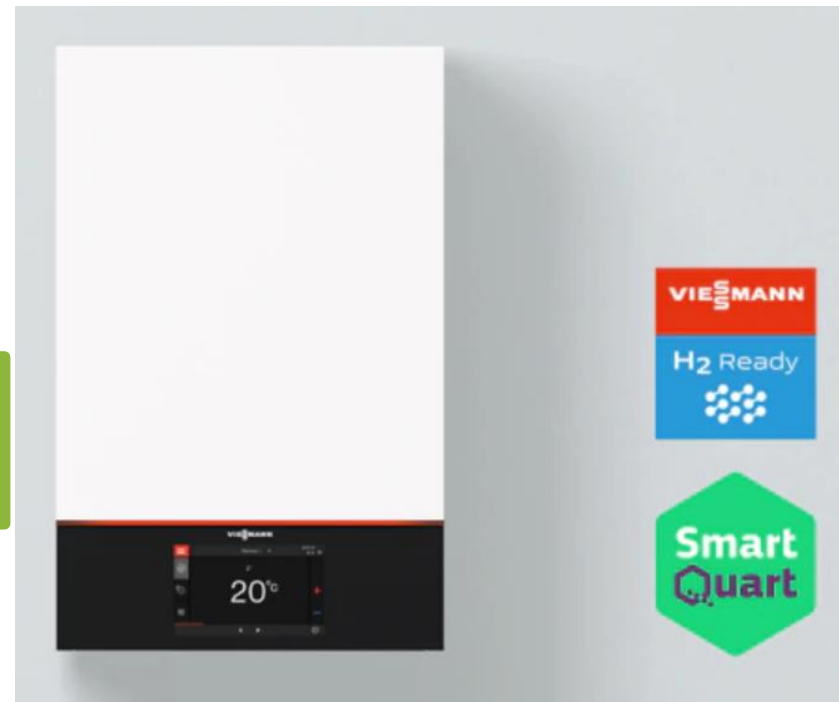
- ▶ Afnamevermogen (4 - 6 kW)
- ▶ Al dan niet geïntegreerde omvormer
- ▶ Globaal rendement (90 %)
- ▶ Garantie / aantal laden/ontladen-cycli



Waterstof

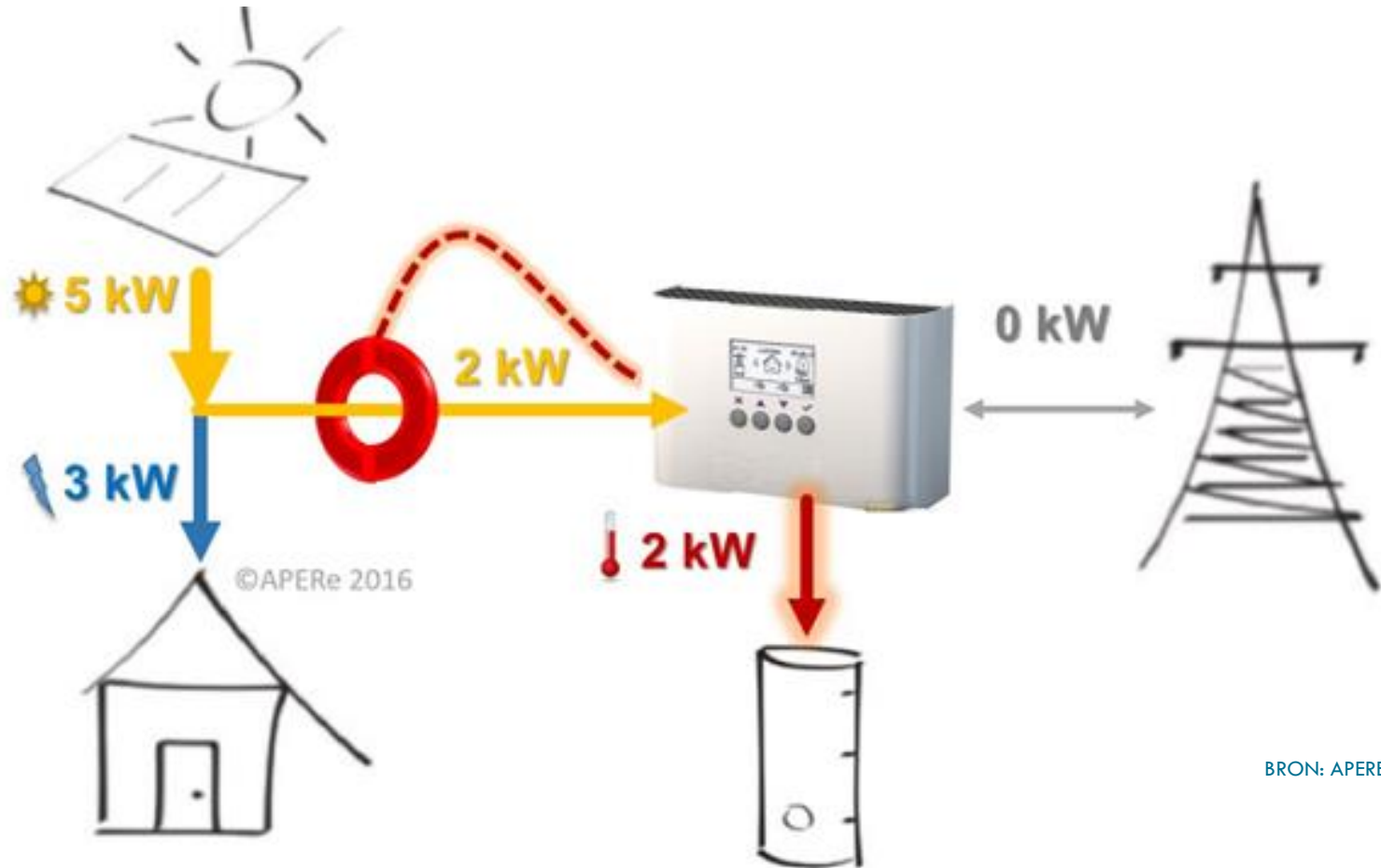
- ▶ Elektrolyserendement van het water = 40 %
- ▶ Opslag bij 350/700 bar of vloeibaar gemaakt bij $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ▶ Rendement brandstofcel = 50 %
- ▶ Huishoudelijk verbruik 1 dag = 10 kWh =
 - 1/3 kg
 - 16 dm³ bij 350 bar
- ▶ H₂-ready condenserende verwarmingsketel tot 30 % H₂

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

OPSLAG

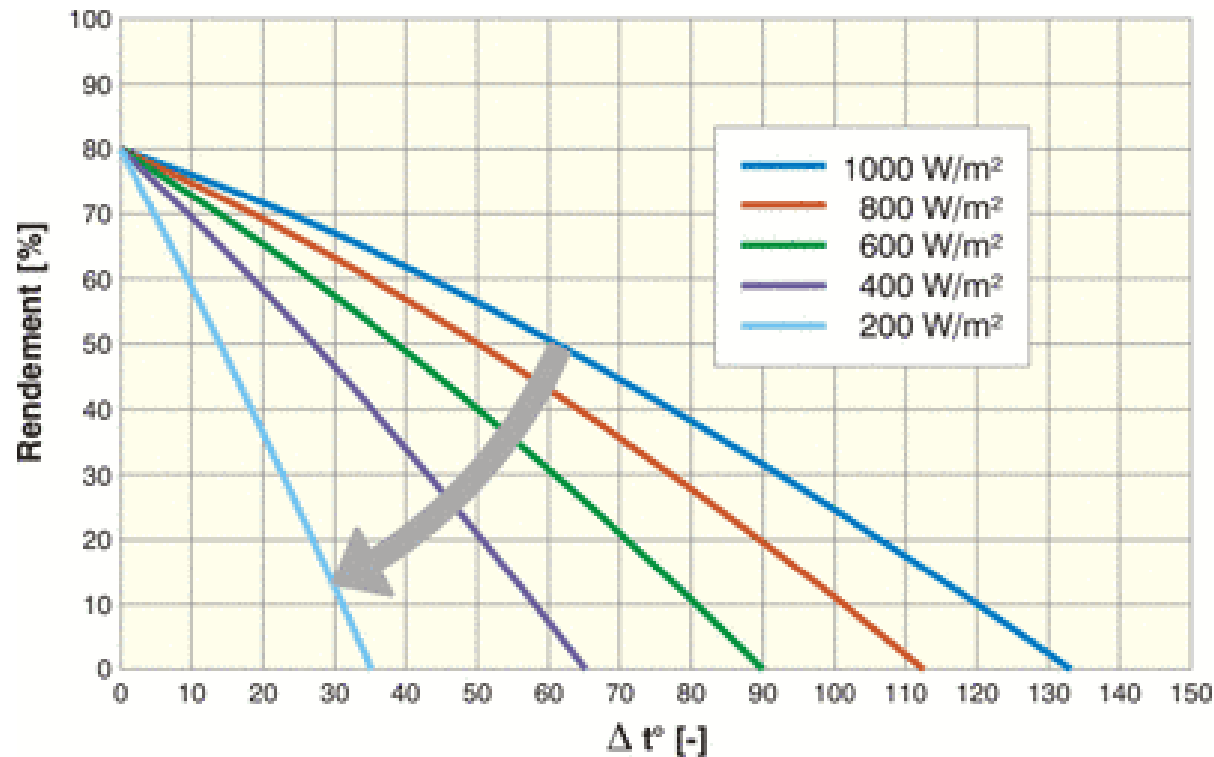
WARMTEPRODUCTIE

- ▶ **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)



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

OPSLAG

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



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



Ferme Nos Pilifs

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

Stookruimte/-installatie

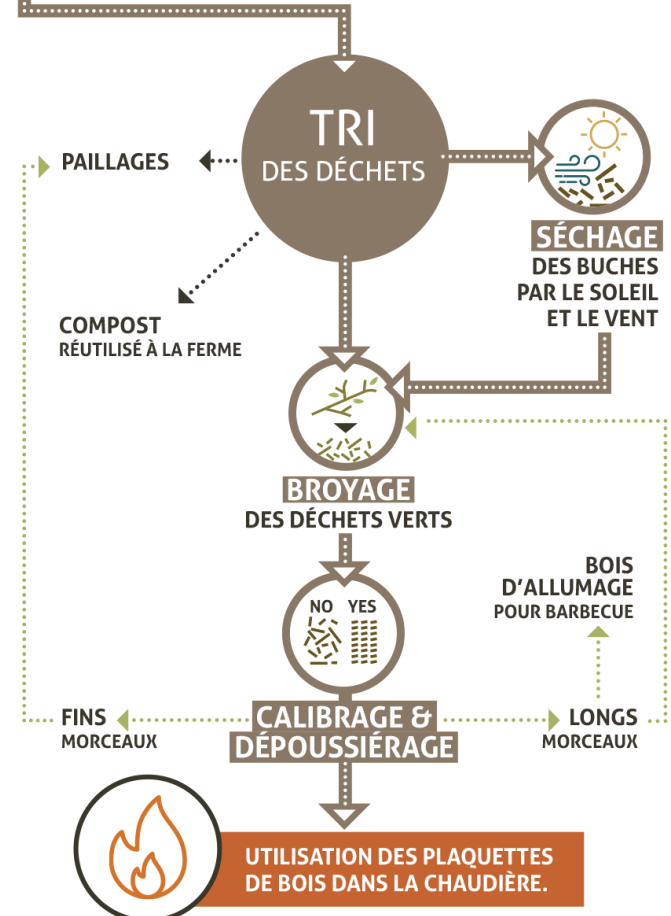
- 250 kW
- 400 m³ snippers/jaar
- Specifiek gebouw

TRANSFORMATION DES DÉCHETS



RÉCUPÉRATION DE DIFFÉRENTS DÉCHETS :

- DÉCHETS VERTS ISSUS DE L'ENTRETIEN DU TERRAIN DE 5Ha DE LA FERME NOS PILIFS.
- DÉCHETS VERTS ET BOIS D'ÉLAGAGE, ISSUS DE L'ENTRETIEN DE JARDINS PRIVÉS OU PUBLICS PAR NOS JARDINIERS.
- PALETTES PROVENANT DE NOS COMMERCES.



INLEIDING

ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

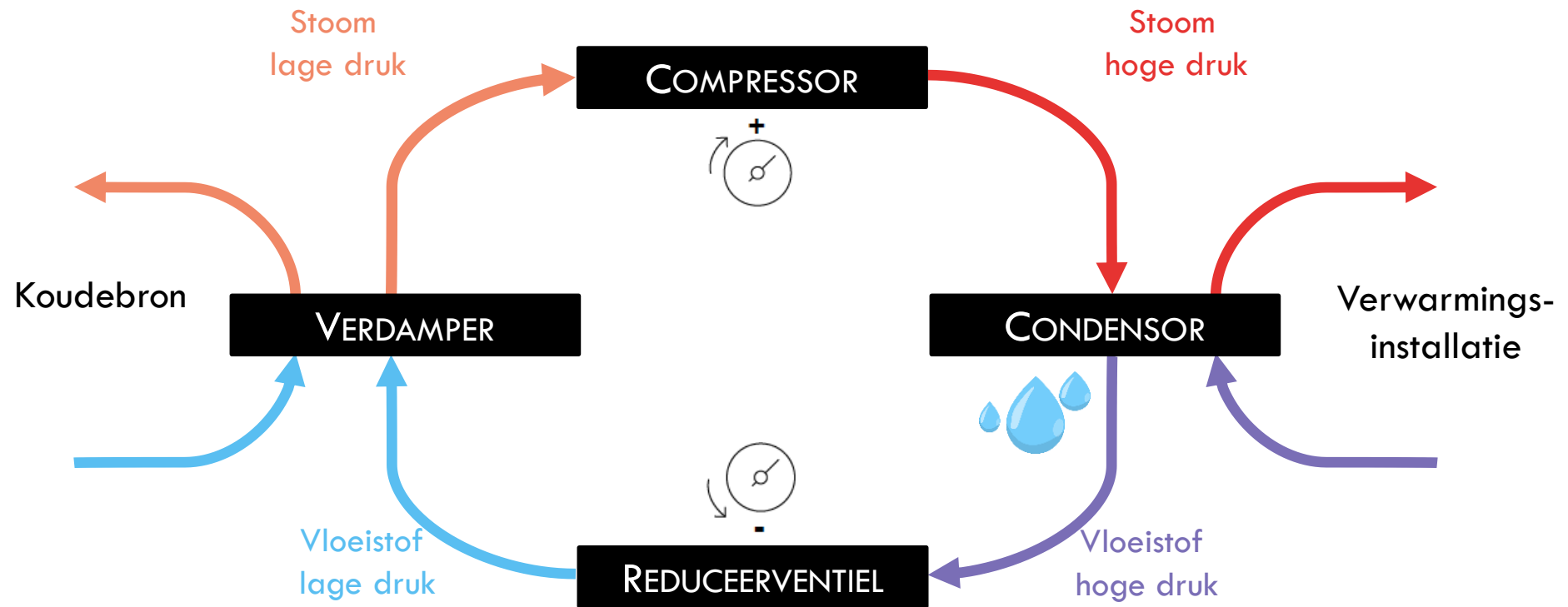
OPSLAG

WARMTEPRODUCTIE

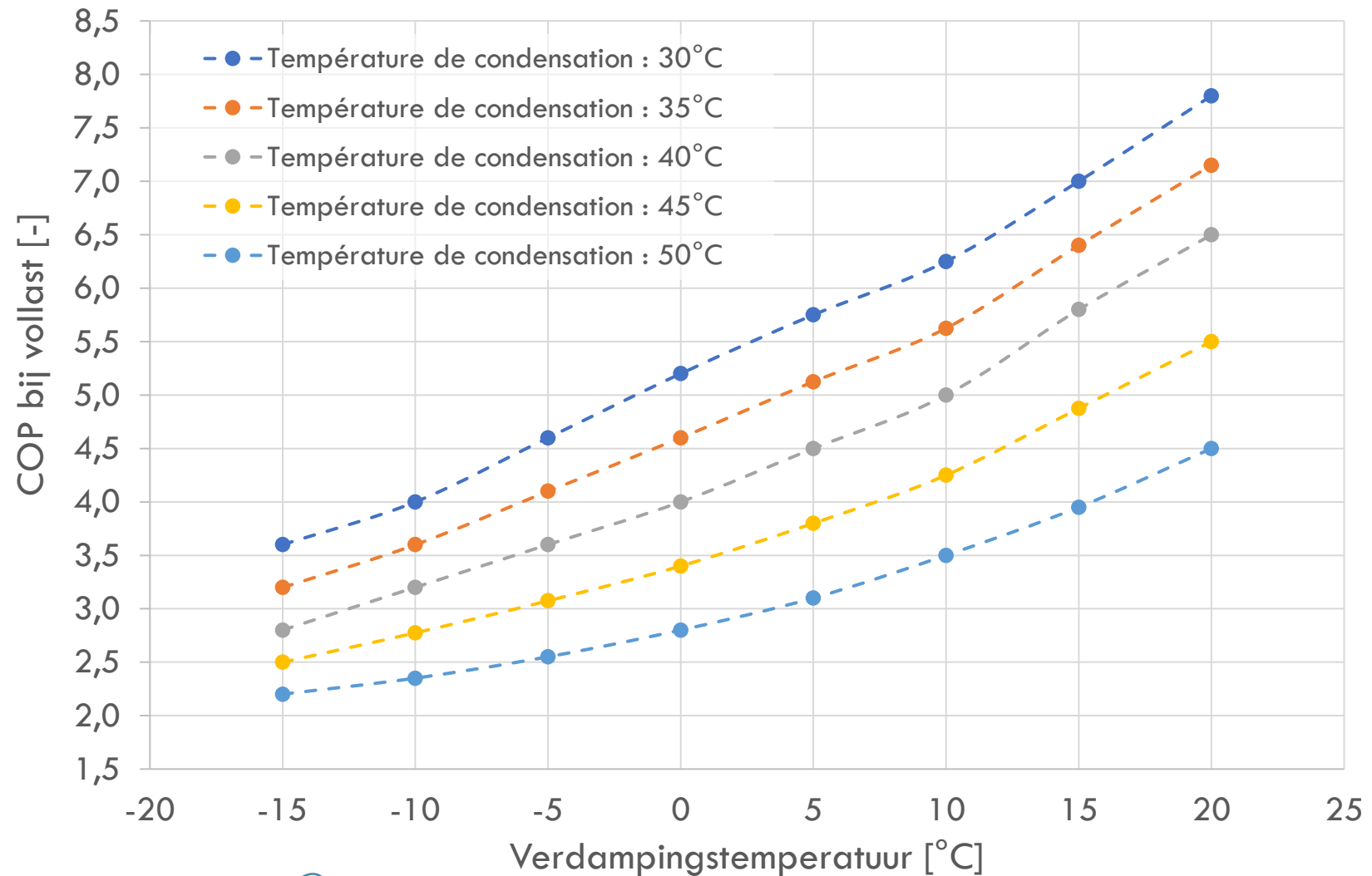
- ▶ Thermische zonnepanelen
- ▶ Biomassa
- ▶ **Warmtepomp**



Productie



Rendement



Aerothermische WP

Monoblokuitvoering



Bron: Aermech

Splituitvoering



Groot vermogen (200 kWth)

Bron: Aermech

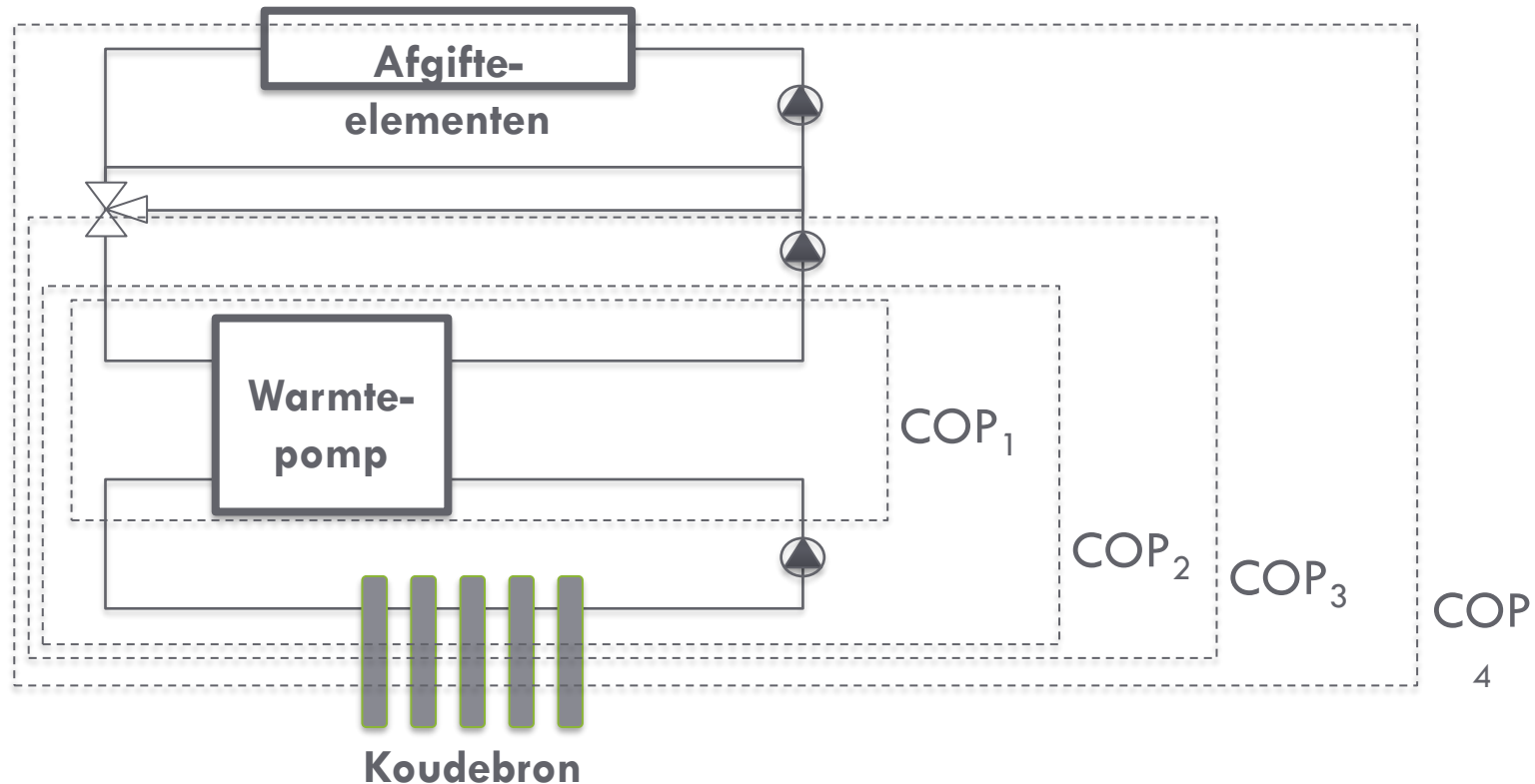


Bron: Aermech



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

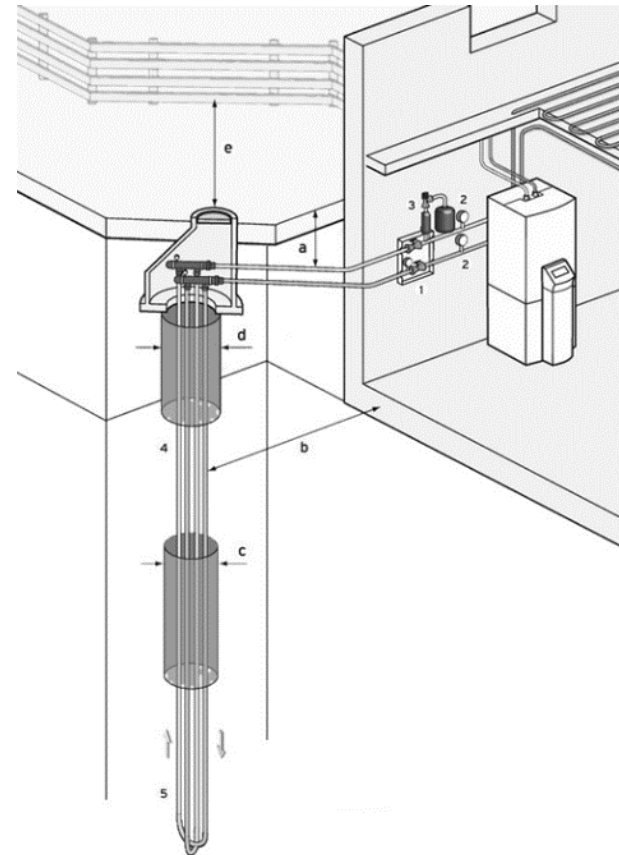
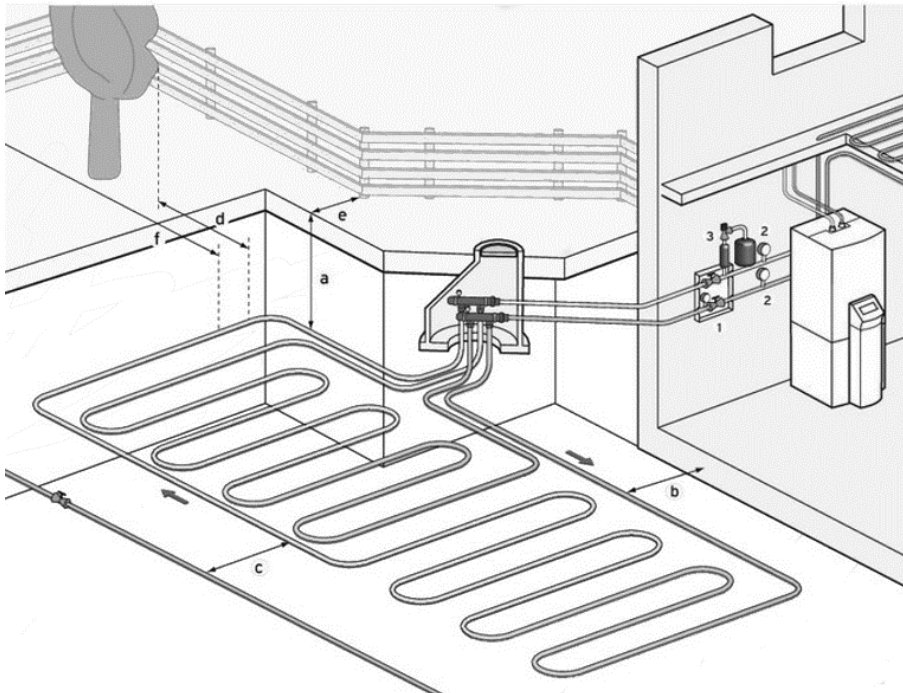
Gas		GWP ₁₀₀
HFK's	R410A	2100
	R-134a	1430
Propaan	R290	20
CO ₂	R744	1
Amoniak	R717	0

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



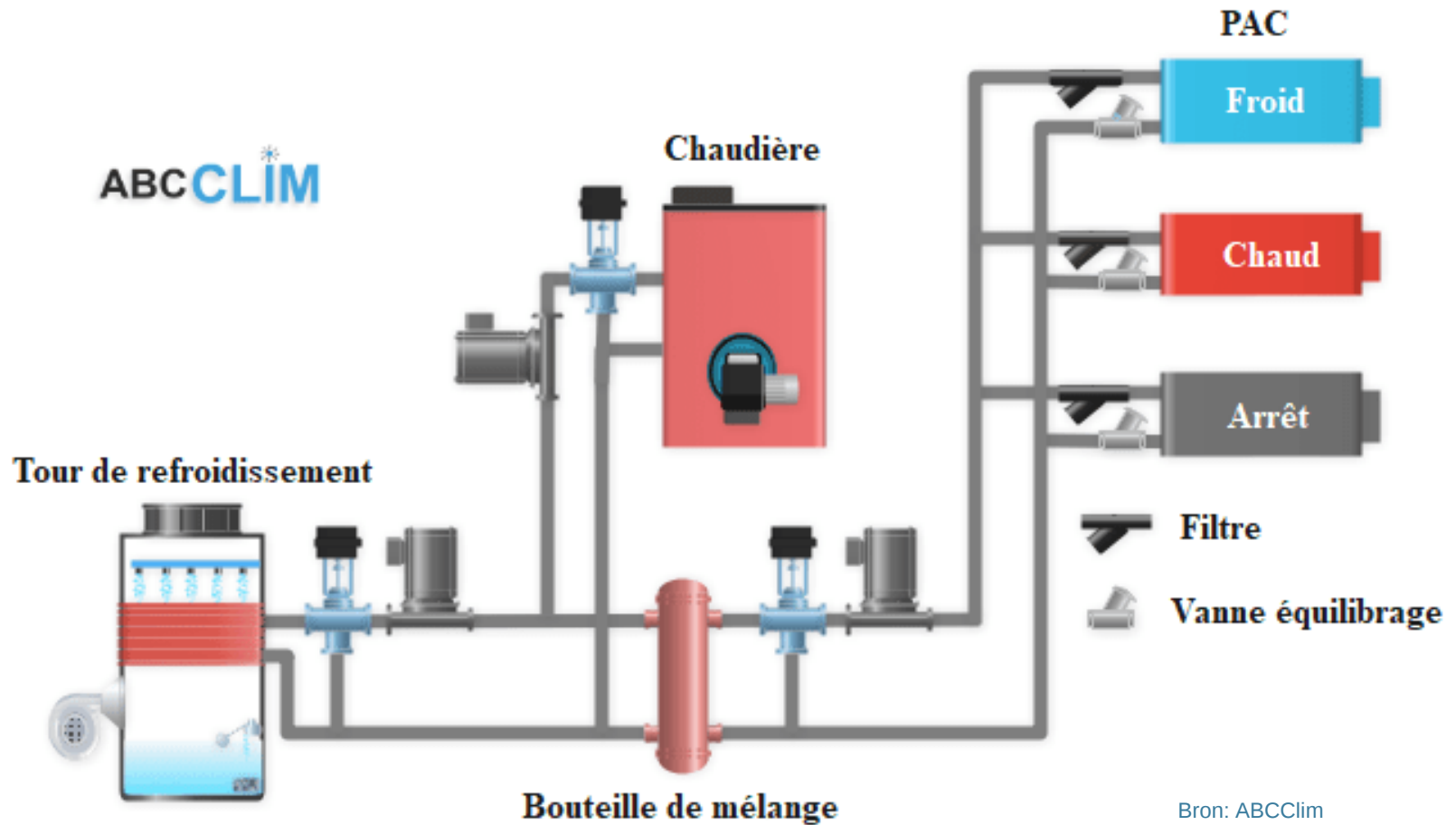
Geothermische WP

- ▶ Stabielere 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

