

Seminarie Duurzame Gebouwen

Energiebesparingen: Meten en evalueren

1 oktober 2021

Het opvolgen van gerealiseerde energiebesparingen via
Measurement & Verification (M&V)



Maarten VAN DE VIJVER
Eneos BV



PRESENTATIE VAN DE SPREKER

Het opvolgen van gerealiseerde energiebesparingen via Measurement & Verification (M&V)

Maarten Van de Vijver (Eneos)

Maarten Van de Vijver is bio-ingenieur van opleiding. Al meer dan 5 jaar is hij betrokken bij energie-efficiëntie en de productie van hernieuwbare energie. Hier heeft hij zowel studiewerk uitgevoerd als consultant én studiewerk opgevolgd als projectleider. Vorig jaar heeft hij Eneos opgericht, een softwarebedrijf gespecialiseerd in het automatiseren van (Advanced) Measurement & Verification.

In zijn presentatie zoomt Maarten in op het opvolgen van de energieprestaties van uitgevoerde energiebesparende maatregelen. Dit is niet zo vanzelfsprekend, aangezien het energieverbruik van een gebouw (vaak) beïnvloed wordt door de weersomstandigheden. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de berekening van de gerealiseerde energiebesparing. De algemene aanpak wordt besproken en geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld. De beperkingen van M&V worden ook geadresseerd. Naast de traditionele M&V wordt ook stilgestaan bij Advanced Measurement & Verification. Advanced Measurement & Verification maakt het mogelijk om meer gedetailleerd de energieprestatie van een energiebesparende maatregel op te volgen.

Voor meer informatie:

<https://www.eneos.cloud/service/m-v>



DOELSTELLINGEN VAN DE PRESENTATIE

- Begrijpen aanpak M&V
- Inzicht mogelijkheden
- Hoe pakken we het aan?
- Concrete voorbeelden



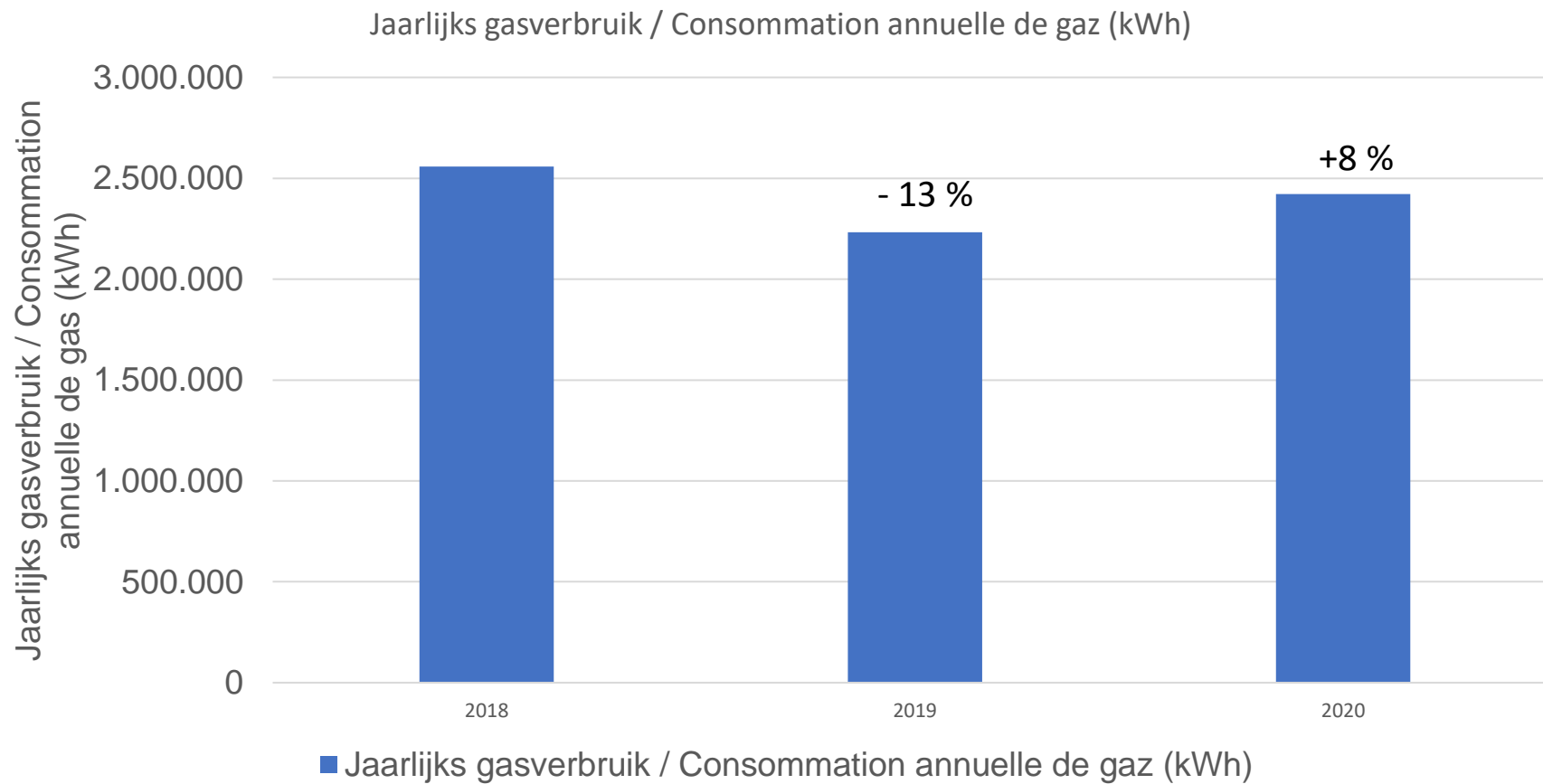
PLAN VAN DE PRESENTATIE

- I. Concept M&V
- II. Opstellen baseline
- III. Toepassen baseline
- IV. Advanced M&V
- V. Aanpak



I. CONCEPT M&V

• Probleemstelling

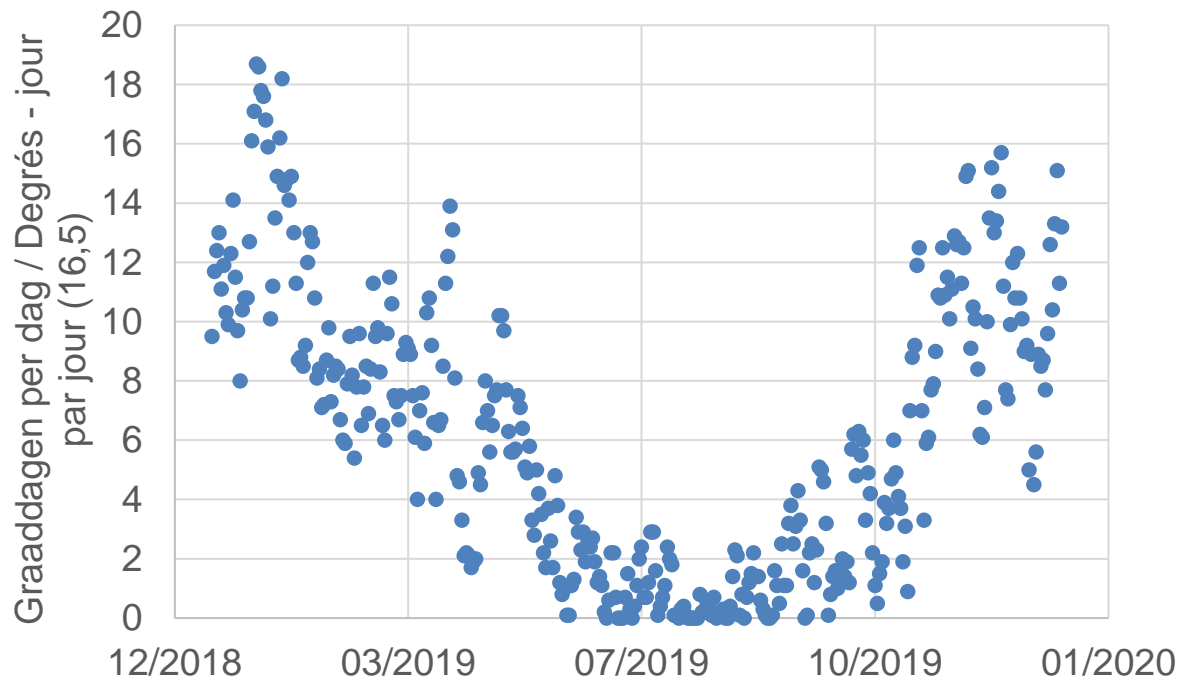




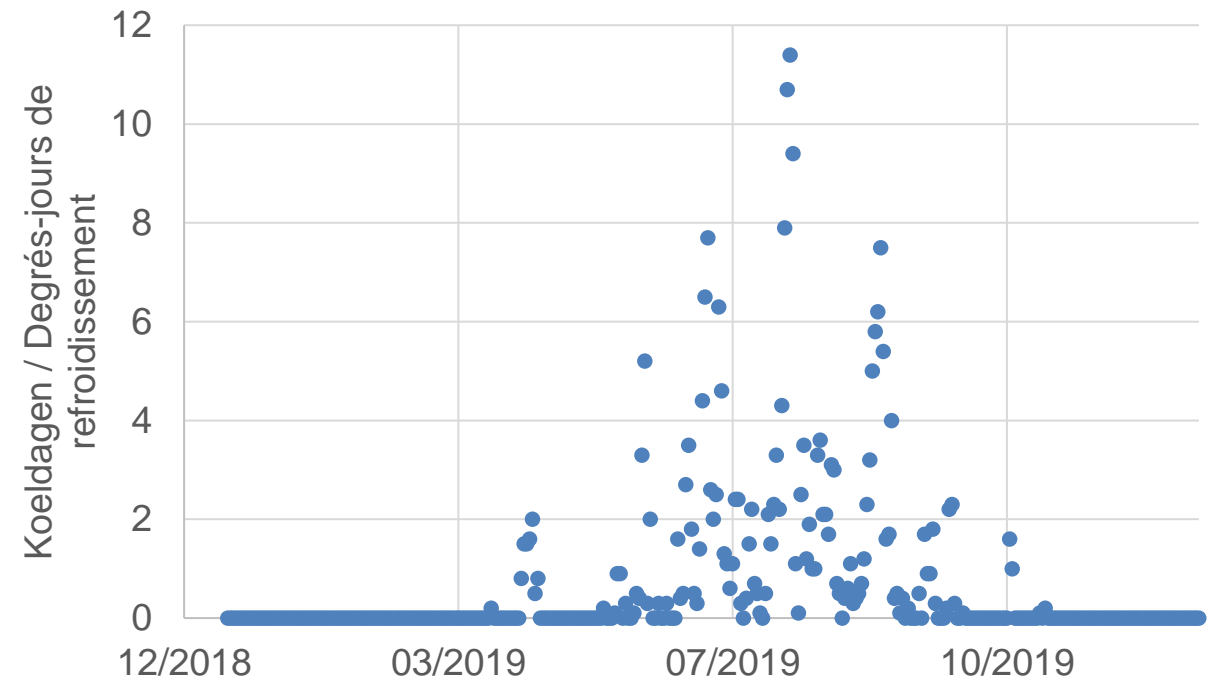
I. CONCEPT M&V

- Concept graaddagen (GD) en koeldagen (CD)

Graaddagen / Degrés-jours 2019



Koeldagen / Degrés-jours de refroidissement 2019

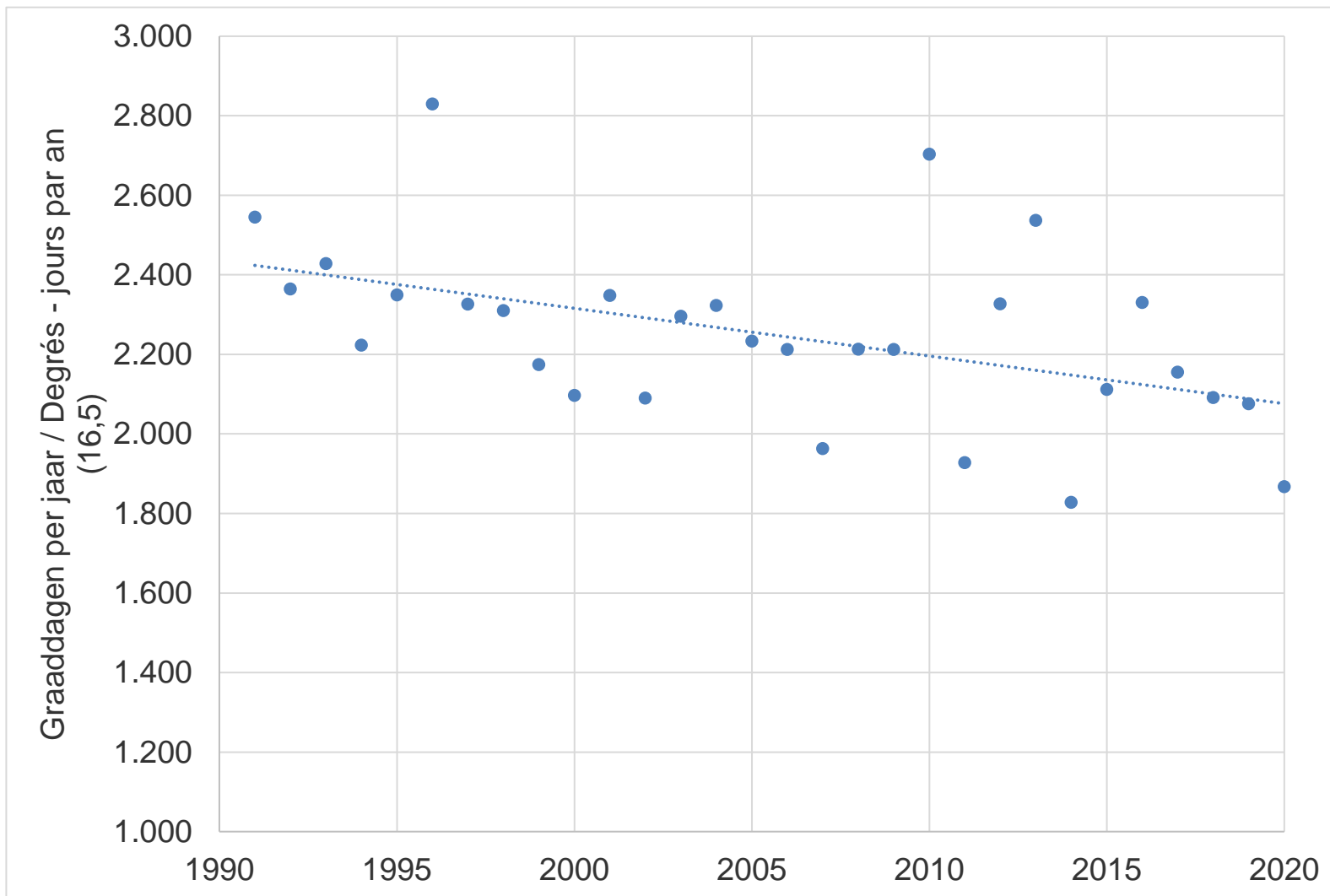


Bron: www.degree-days.net



I. CONCEPT M&V

• Variatie weersomstandigheden



Jaar / Année	Graaddagen / Degrés-jours	Jaarlijks verschil / Difference annuelle
2000	2.097	-3,7%
2001	2.348	10,7%
2002	2.090	-12,3%
2003	2.296	9,0%
2004	2.323	1,2%
2005	2.233	-4,0%
2006	2.212	-0,9%
2007	1.963	-12,7%
2008	2.213	11,3%
2009	2.212	0,0%
2010	2.703	18,2%
2011	1.928	-40,2%
2012	2.327	17,1%
2013	2.537	8,3%
2014	1.828	-38,8%
2015	2.112	13,4%
2016	2.330	9,4%
2017	2.155	-8,1%
2018	2.091	-3,1%
2019	2.076	-0,7%
2020	1.867	-11,2%

Bron: www.gas.be/nl/graaddagen



I. CONCEPT M&V

- **Situering IPMVP en M&V**
- **RoI IPMVP**
- **Vier opties bij IPMVP:**
 - ▶ **Optie A: Retrofit isolation - Key Parameter Measurement**
 - ▶ **Optie B: Retrofit isolation - All parameter measurement**
 - ▶ **Optie C: Whole building**
 - ▶ **Optie D: Calibrated simulation**



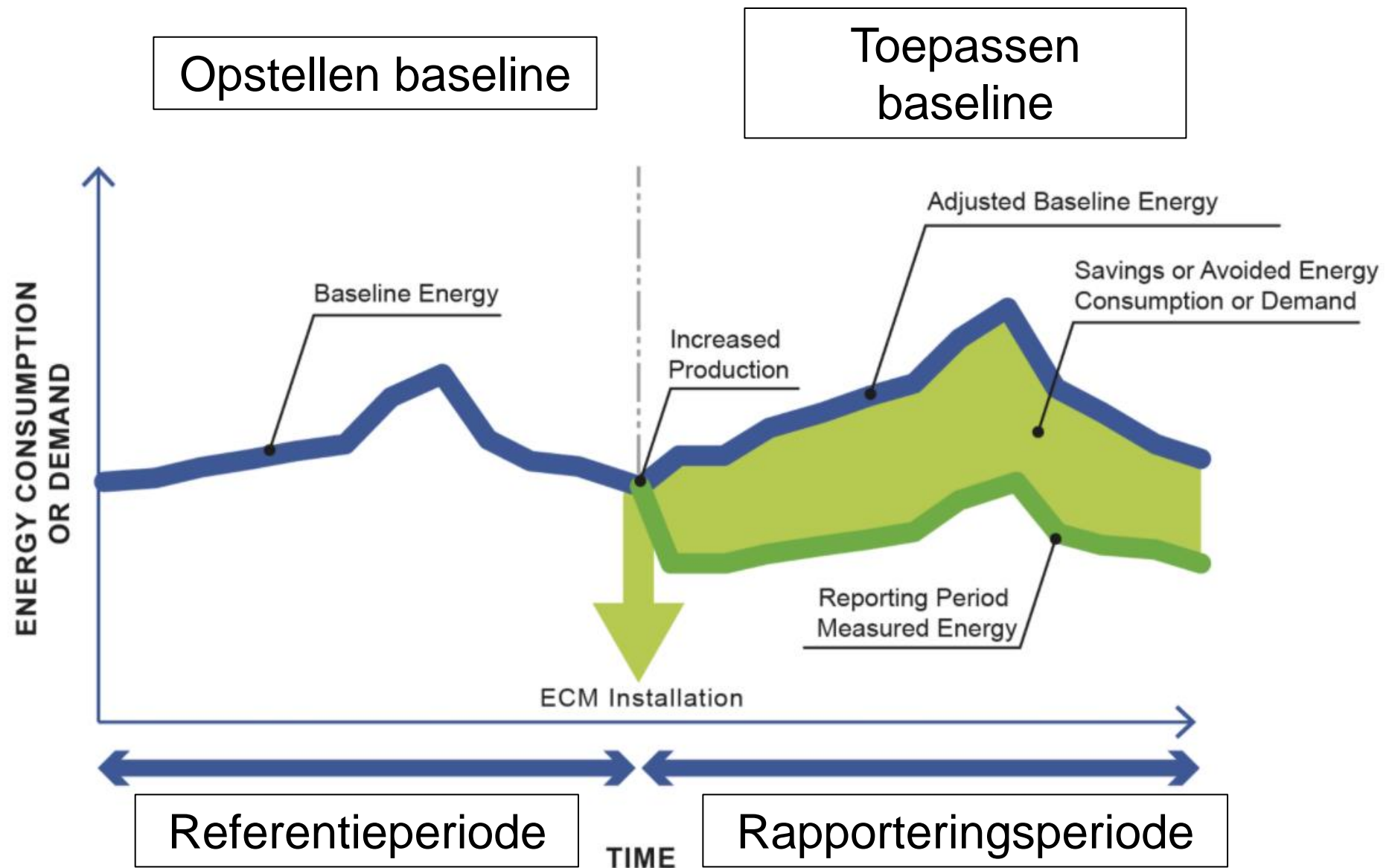
I. CONCEPT M&V

- **Focus op IPMVP Optie C: “Whole building”:**
 - ▶ **Brede toepasbaarheid**
 - ▶ **Flexibiliteit**
 - ▶ **Interactiviteit van onderlinge maatregelen**
 - ▶ **Totale besparing**



I. CONCEPT M&V

► Methodiek van M&V





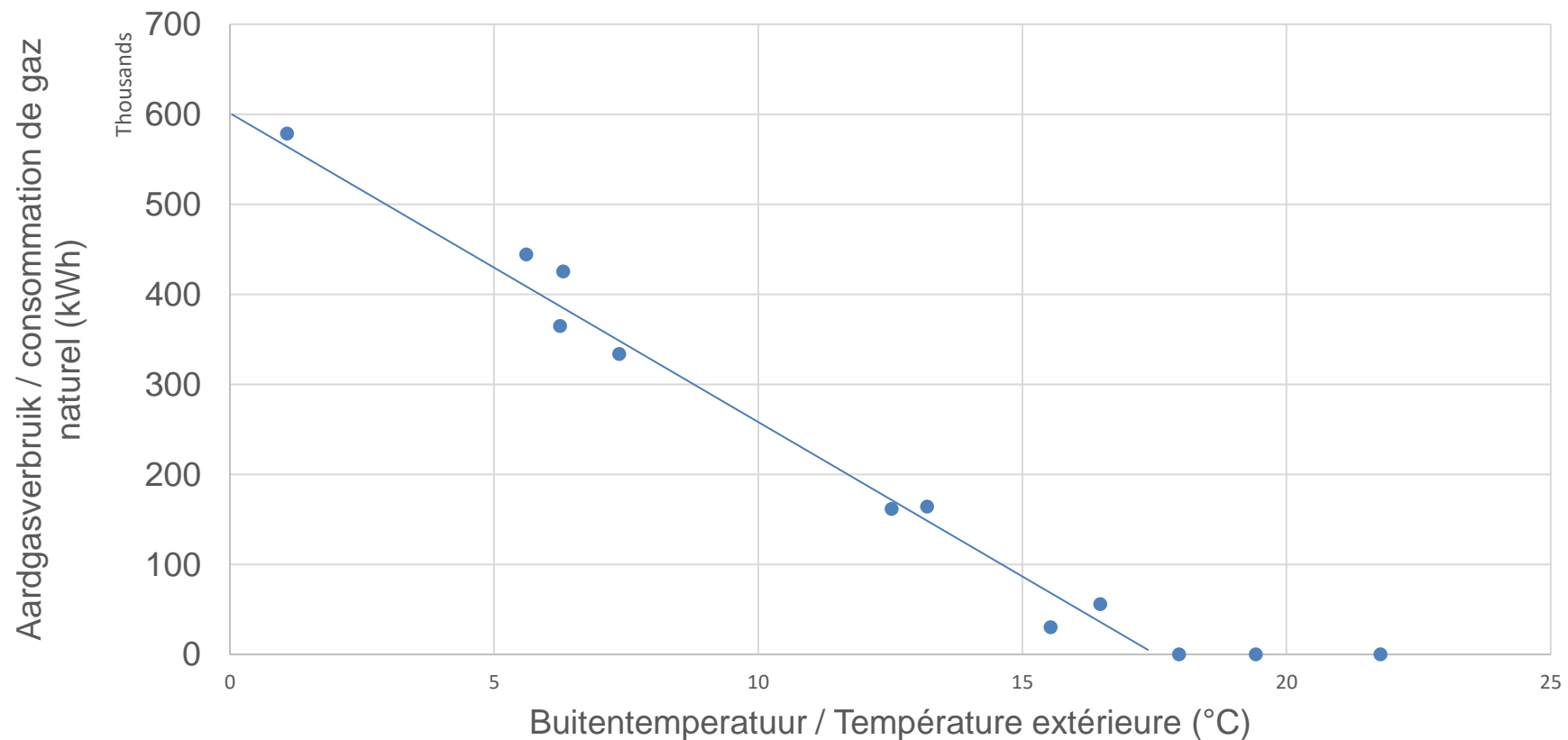
II. OPSTELLEN BASELINE

- **Bepalen referentieperiode**
 - ▶ **Vergelijkingsbasis**
 - ▶ **Periode voor implementatie EBM (Energie Besparende Maatregel)**
 - ▶ **Voldoende lang (12 maanden)**
 - ▶ **Geen grote veranderingen in gebouw tijdens periode**
- **Opstellen baseline**
 - ▶ **Verbruiksgegevens en variabelen tijdens referentieperiode**



II. OPSTELLEN BASELINE

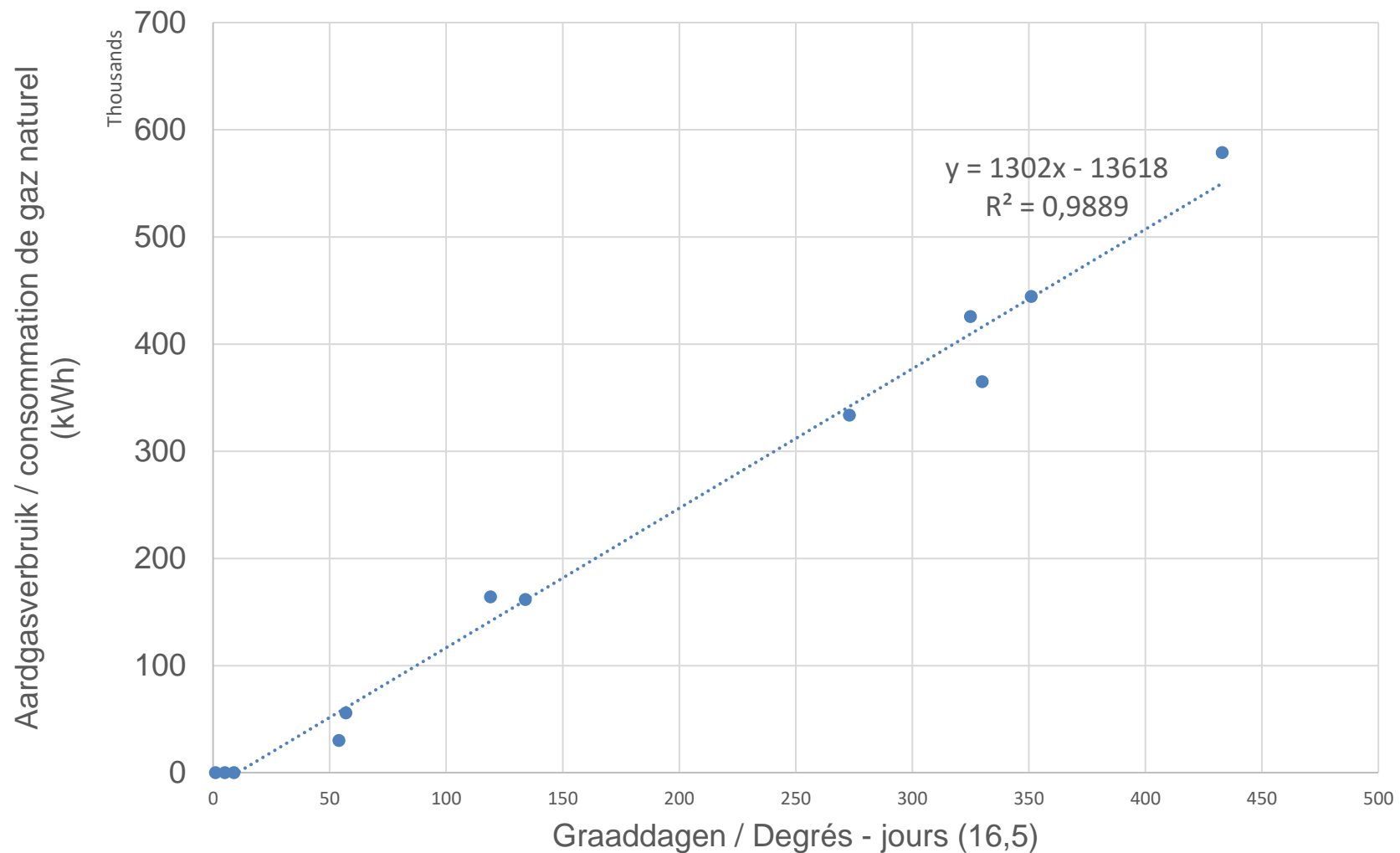
- Impact van weersomstandigheden op het aardgasverbruik (energie vs temperatuur)





II. OPSTELLEN BASELINE

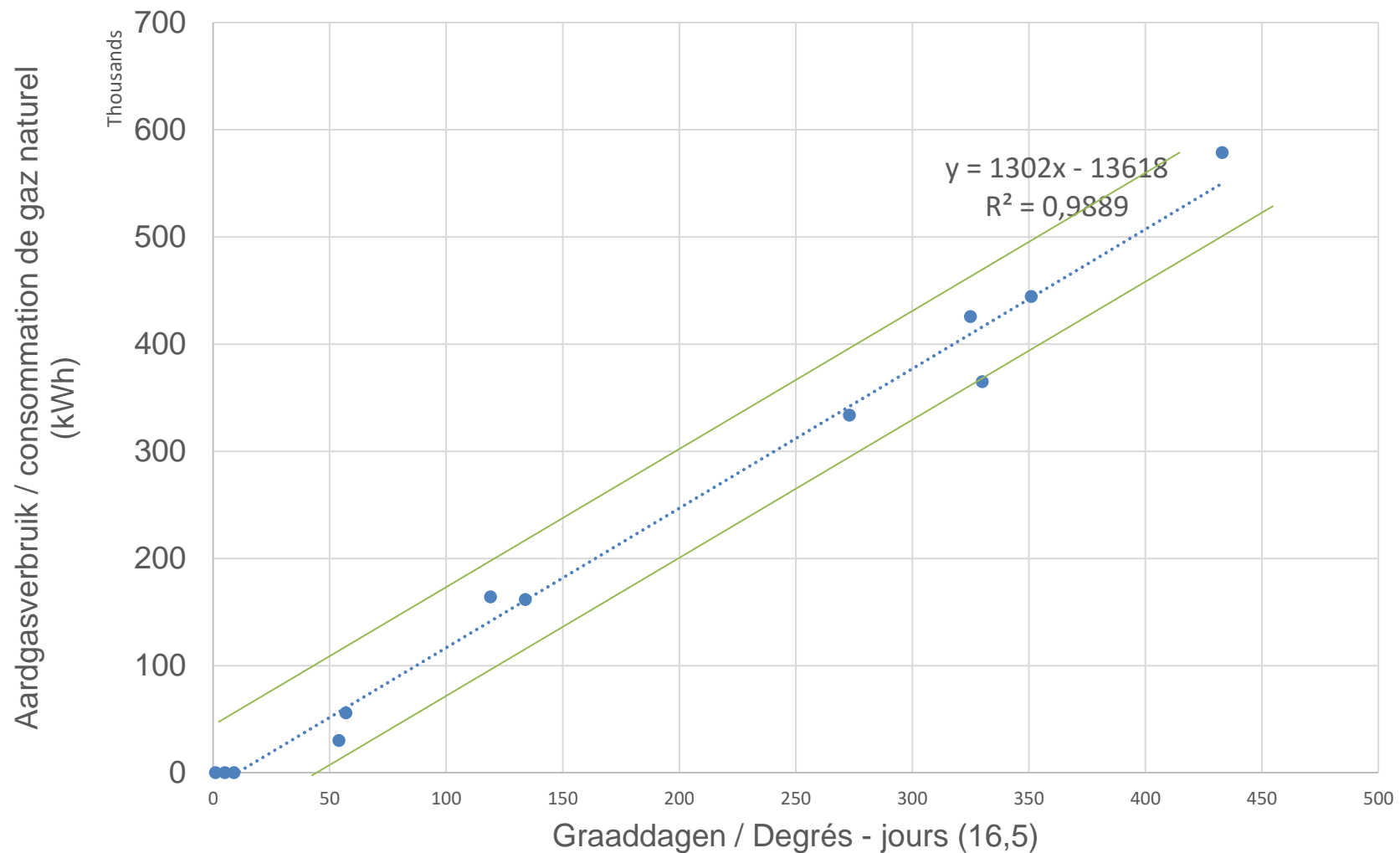
- Aardgasverbruik in functie van graaddagen (16,5)





II. OPSTELLEN BASELINE

- Aardgasverbruik in functie van graaddagen (16,5)
- CVRMSE: 10,2 %





II. OPSTELLEN BASELINE

- **Baseline geeft verband aan tussen relevante externe variabelen en energieverbruik**
- **Geeft “fingerprint” van gebouw**
 - ▶ **Baseload**
 - ▶ **Gevoeligheid en belang van weersvariabelen**
- **Temperatuur vaak belangrijkste parameter**
- **Belang van statistische kwaliteit baseline**



II. OPSTELLEN BASELINE

- **Gevoeligheid van weersvariabelen op energieverbruik basis van M&V**
- **Hoe gevoeliger het gebouw hoe meer er dient gecorrigeerd te worden**
- **Sommige gebouwen en energievectoren hebben geen/weinig invloed van externe factoren!**



II. OPSTELLEN BASELINE

- **Statistische parameters:**
 - ▶ **CVRMSE** (Coefficient of the Variation of the Root Mean Square Error)
 - ▶ **R²** (Determinatiecoëfficiënt)
 - ▶ **NBME** (normalized mean bias error)

- **Twee verklaringen bij onvoldoende kwaliteit:**
 - ▶ **Gebouw heeft (deels) onverklaarbaar verbruik – onregelmatigheid verbruik**
 - ▶ **Ontbrekende parameters**

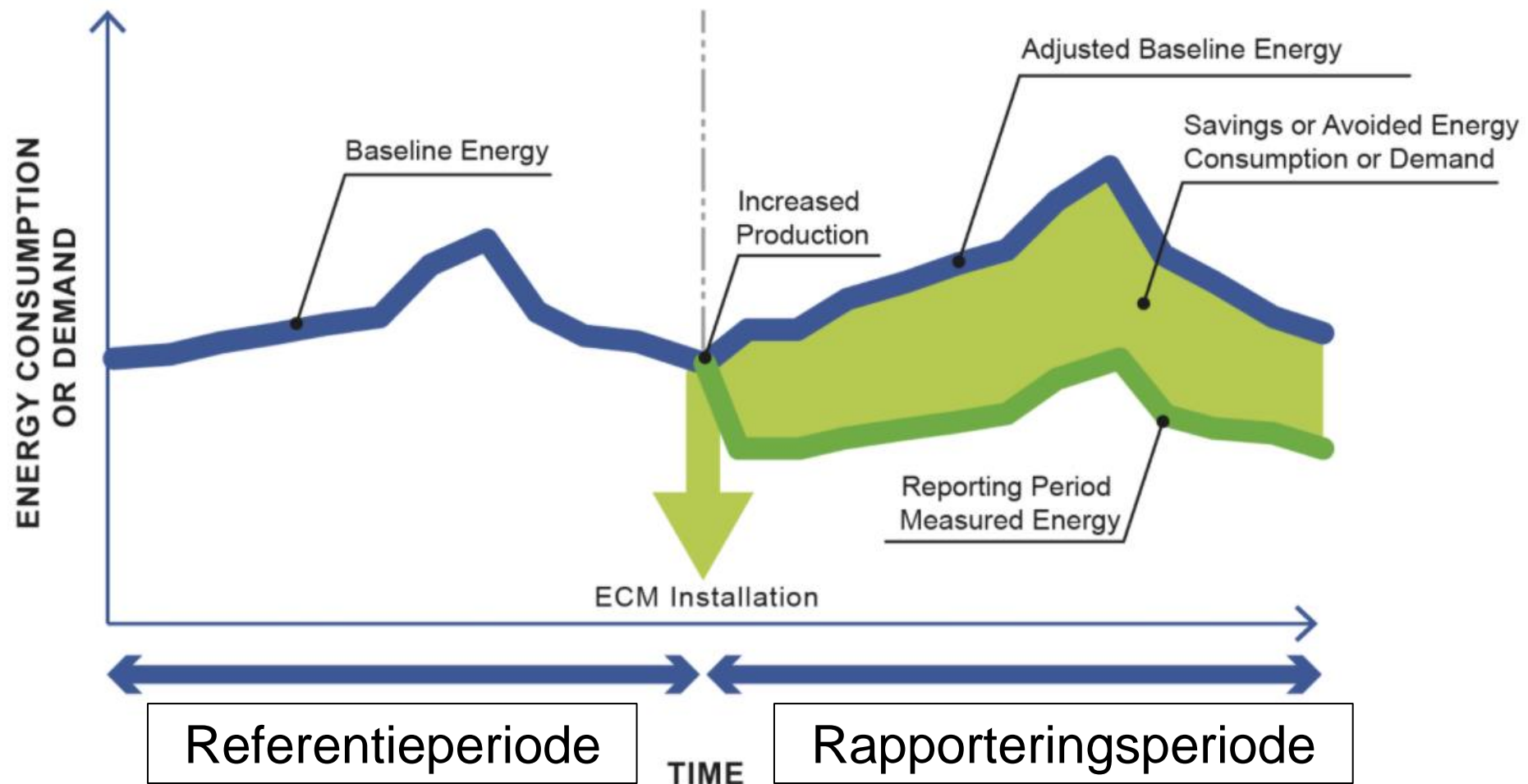


III. TOEPASSEN BASELINE

► Methodiek van M&V

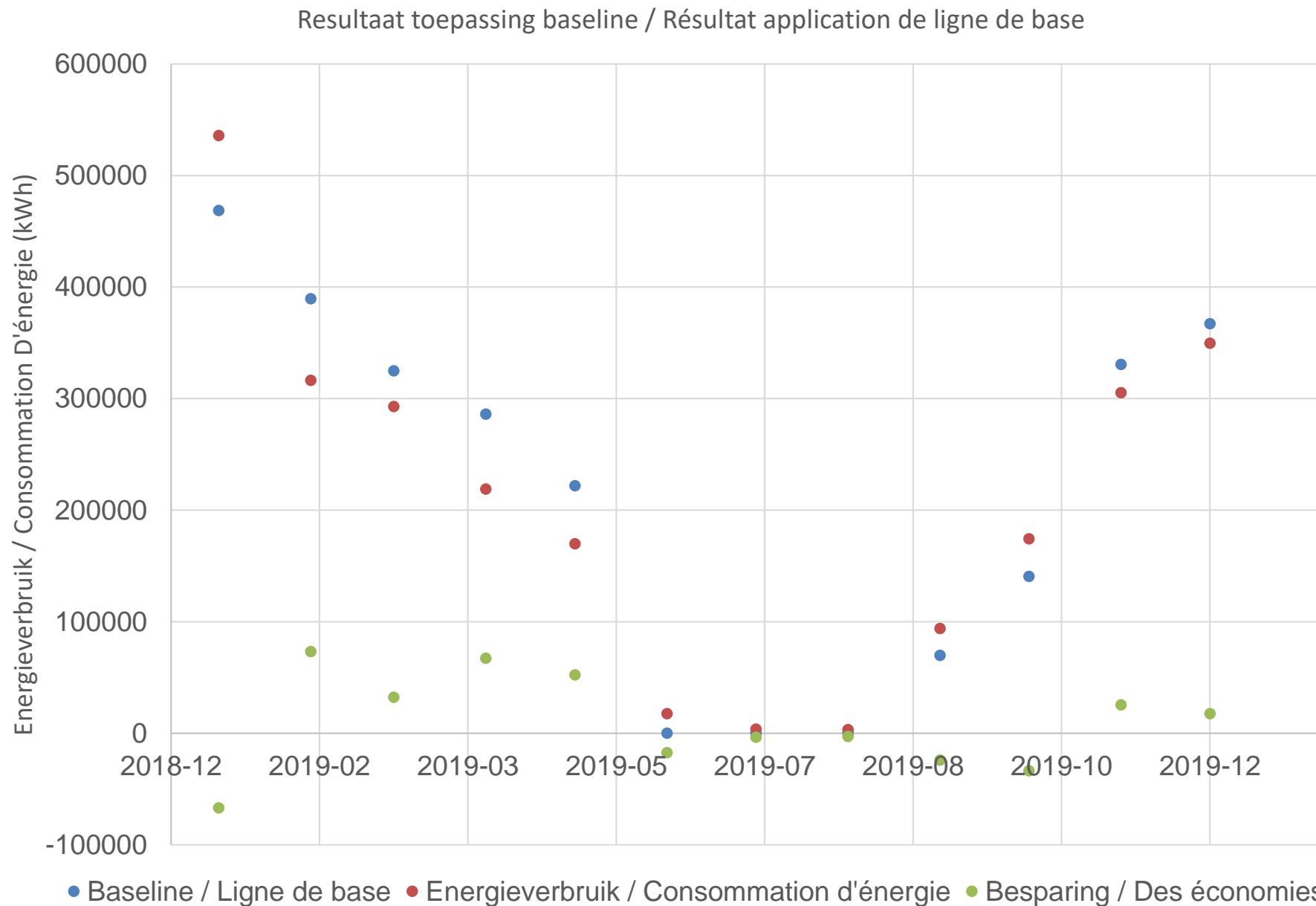
Opstellen baseline

Toepassen baseline



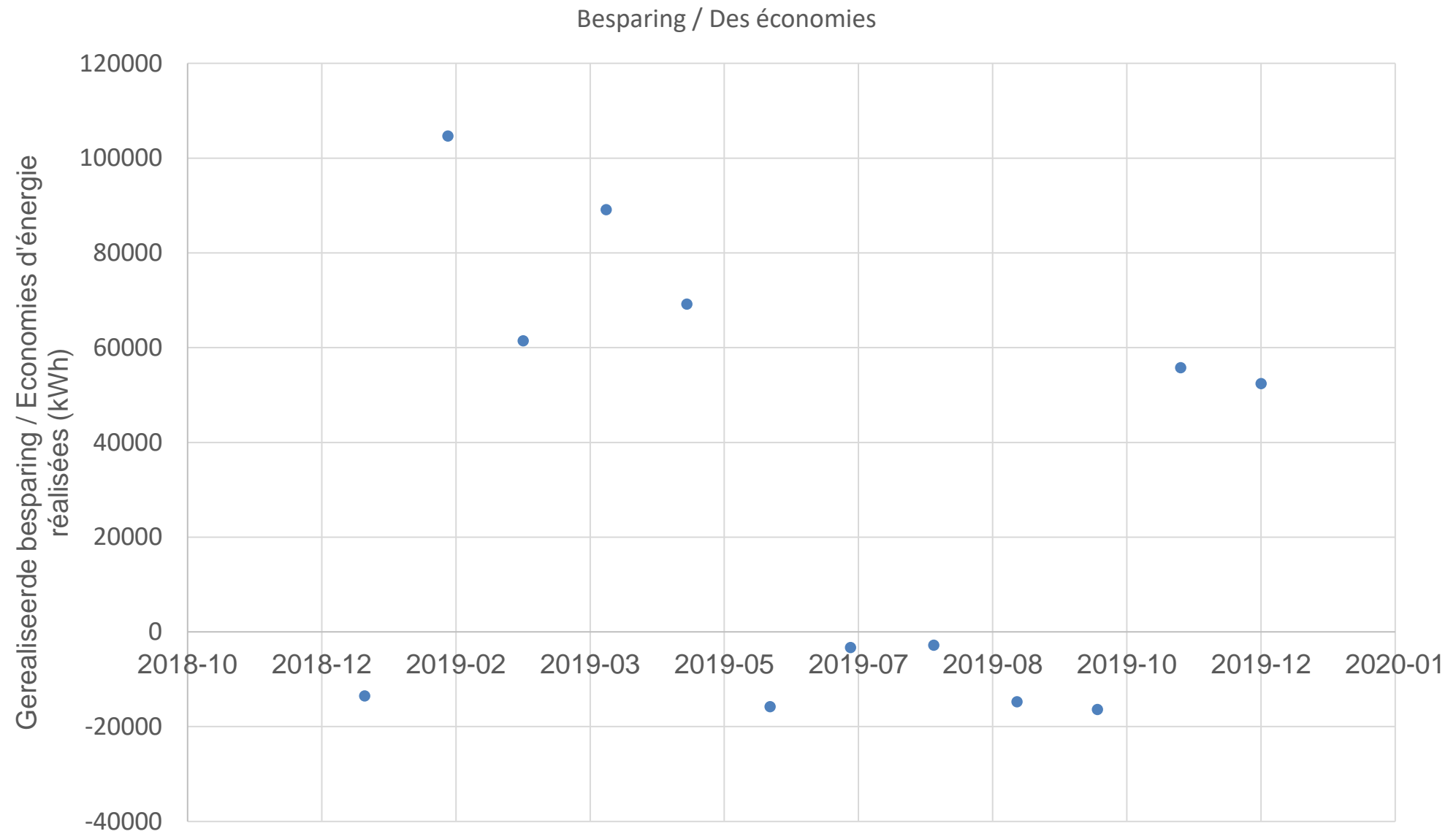


III. TOEPASSEN BASELINE





III. TOEPASSEN BASELINE



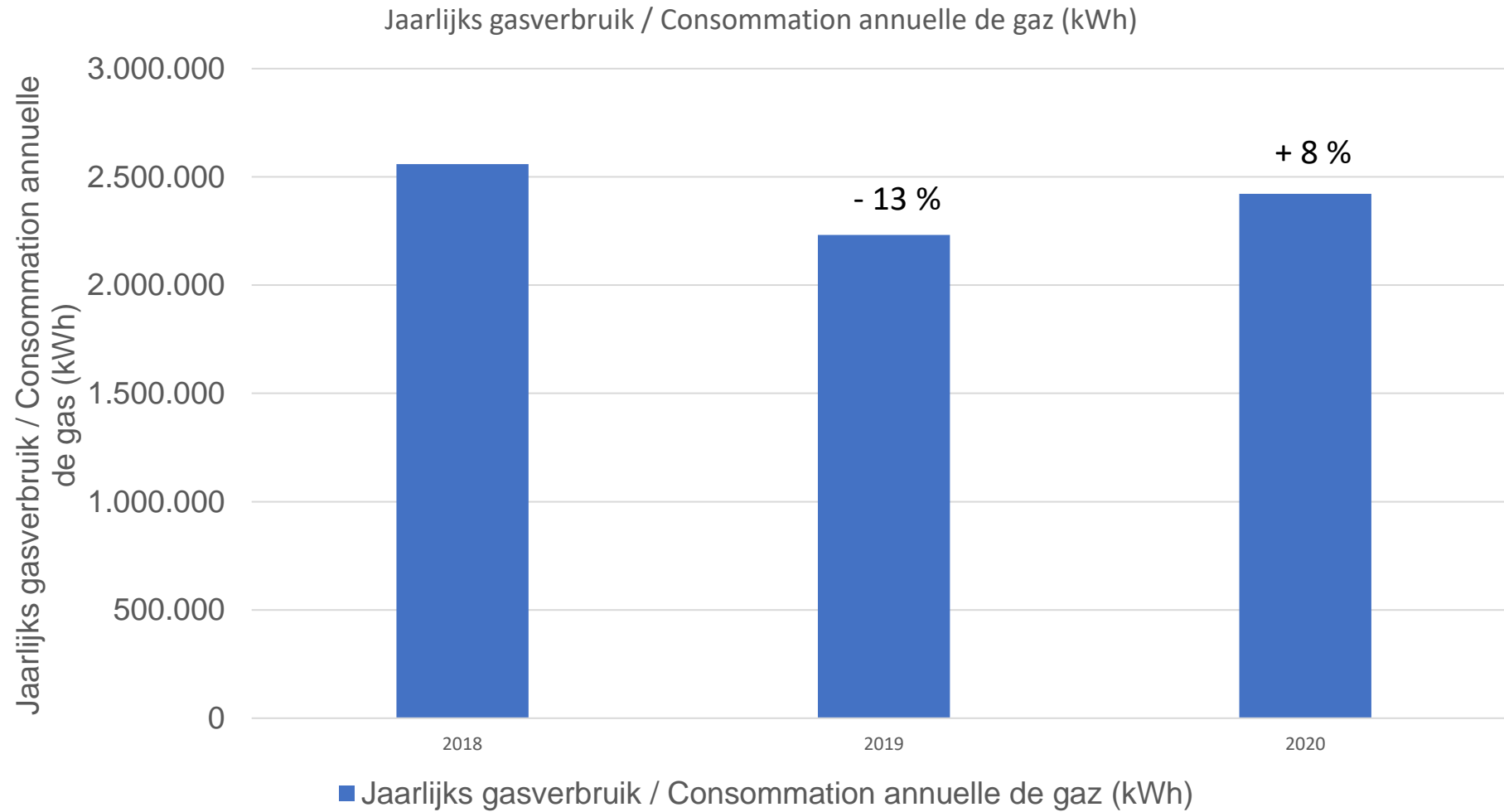


III. TOEPASSEN BASELINE

- **Berekening gerealiseerde besparing:**
 - ▶ **14 % - 336.136 kWh bespaard met relatieve onzekerheid van 27 %**
 - ▶ **Jaarlijkse besparing van 8.403 euro (bij kostprijs aardgas 0,025 euro/kWh)**
 - ▶ **Besparing tussen 264.046 en 468.227 kWh**
- **Hoe hoger relatieve besparing, hoe nauwkeuriger opvolging mogelijk**
- **Rule of thumb: 10% besparing**



III. TOEPASSEN BASELINE

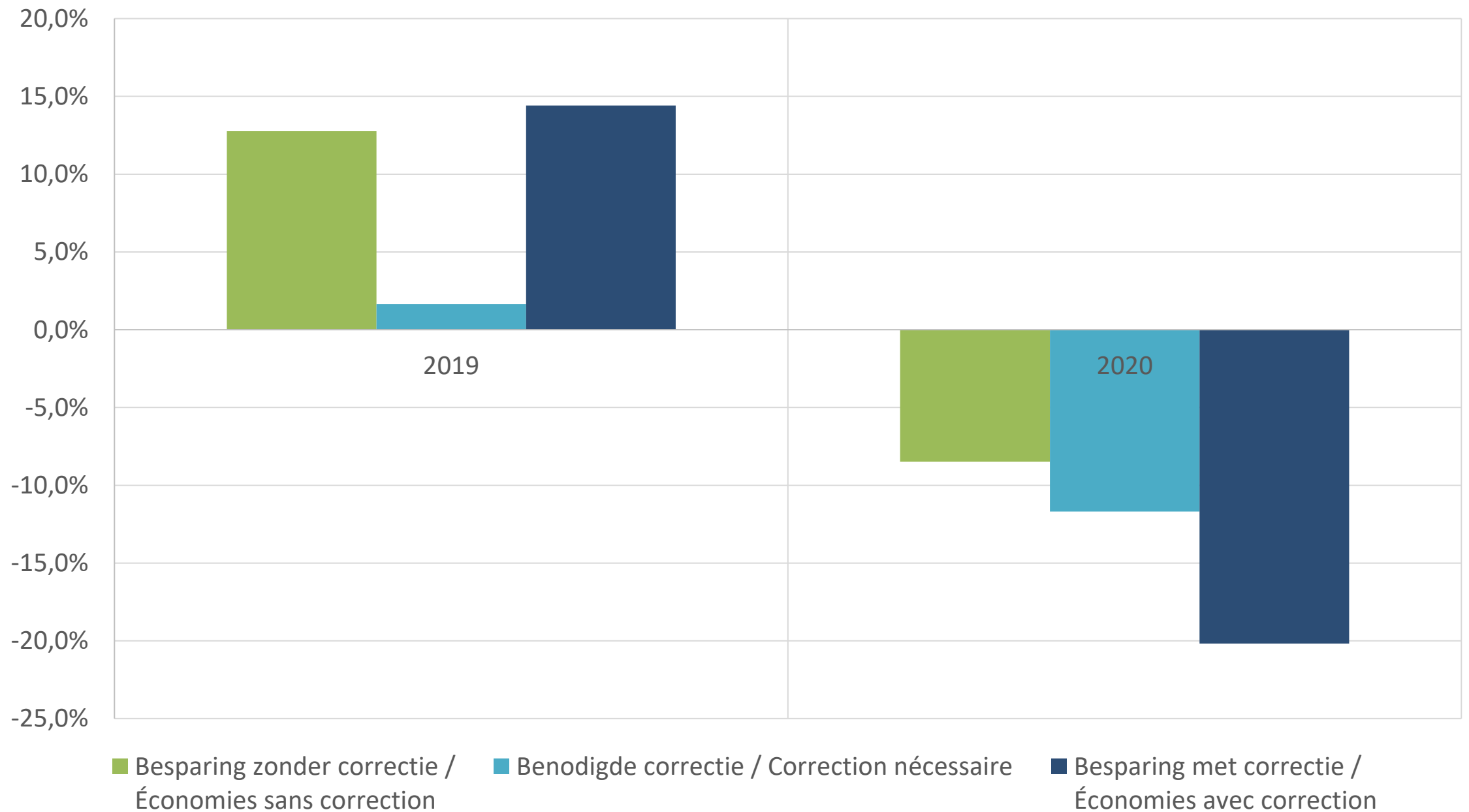


Bron: Eneos



III. TOEPASSEN BASELINE

Jaarlijkse aardgasbesparing (%)



Bron: Eneos

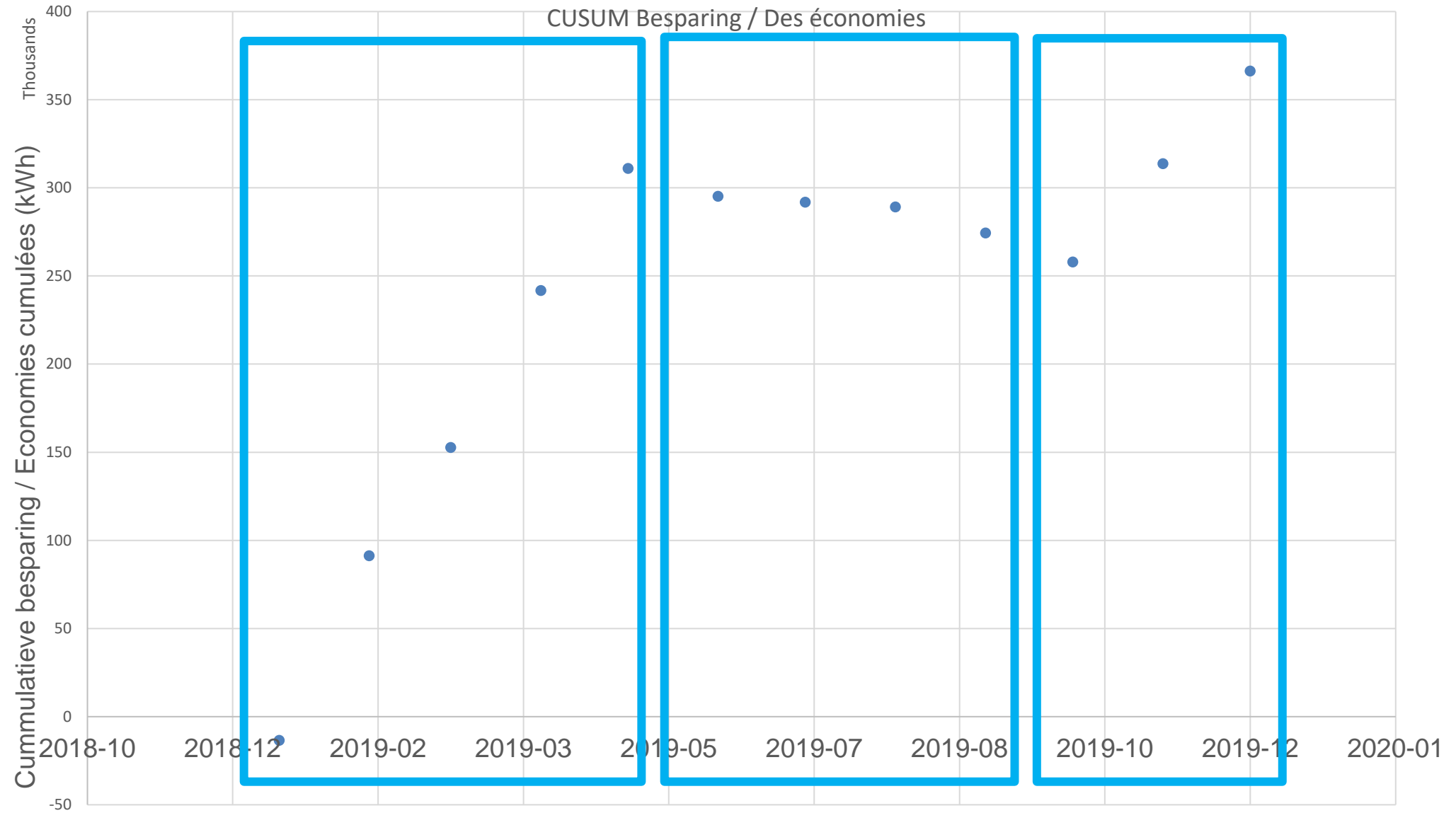


III. TOEPASSEN BASELINE

- **CUSUM: Geaccumuleerde som van de gerealiseerde energiebesparing**
- **Kan gebruikt worden om trends te detecteren**

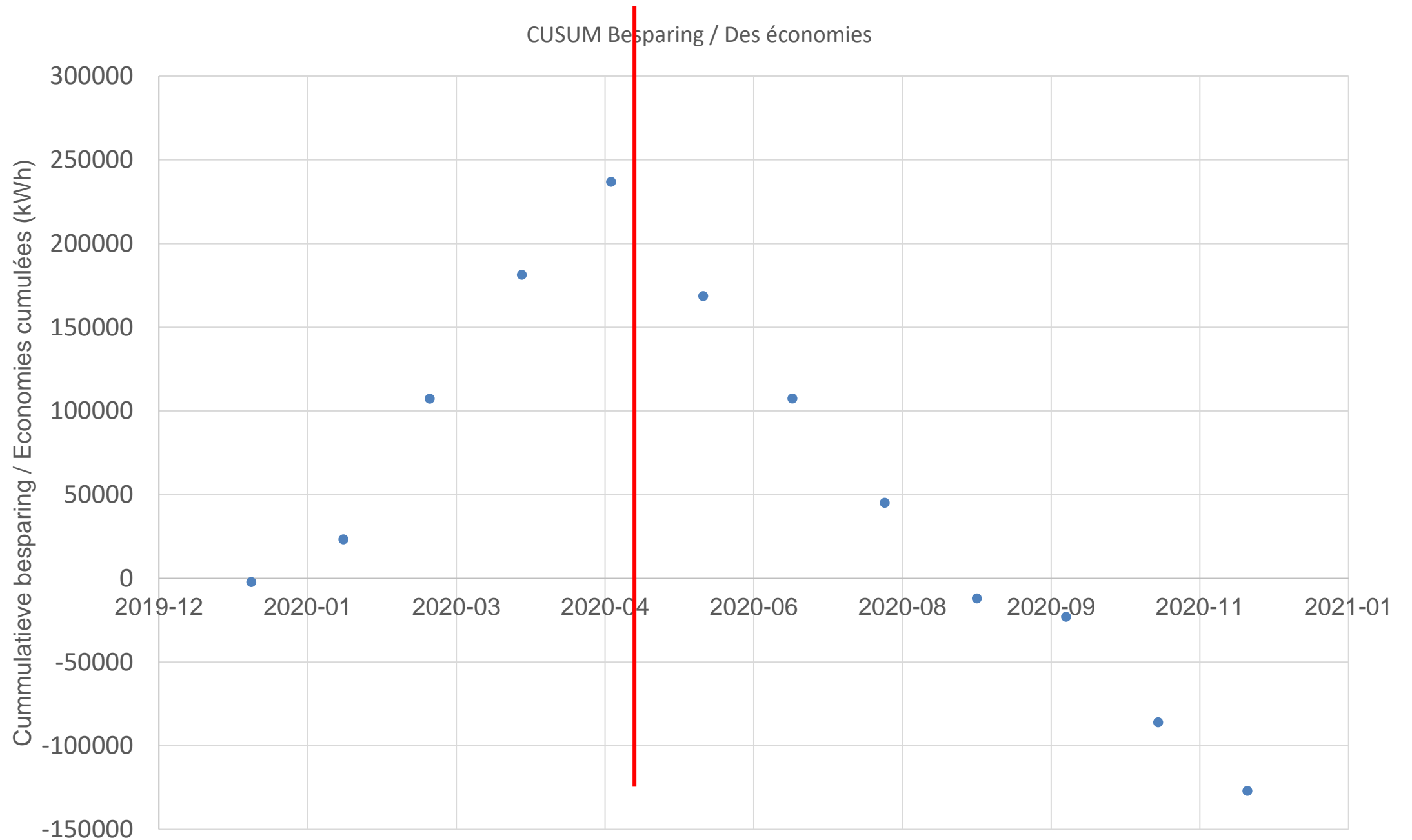


III. TOEPASSEN BASELINE





III. TOEPASSEN BASELINE





IV. ADVANCED M&V

- **Definitie AM&V: uurdata en kwartierdata**
- **Toepassingsgebied**
- **Mogelijkheid tot operationele opvolging en verificatie energieprestatie**



IV. ADVANCED M&V

M&V		AM&V	
Opstellen model			
Lineaire regressie	Maandelijkse verbruiksdata	ML en AI-technologie	Uurlijkse verbruiksdata
Multicollineariteit uiterst belangrijk (VIF)	Eén of twee variabelen	Multicollineariteit niet van toepassing	2 tot 6 variabelen
Toepassing model			
Moeilijk NRE te detecteren	Correcte opvolging F > 10 %	NRE's detecteren en NRA's toepassen	Correcte opvolging F > 3 %

M&V = Measurement & Verification

NRE = Non Routine Events

VIF = Variance inflation factor

F = Fractional energy savings

AM&V = Advanced Measurement & Verification

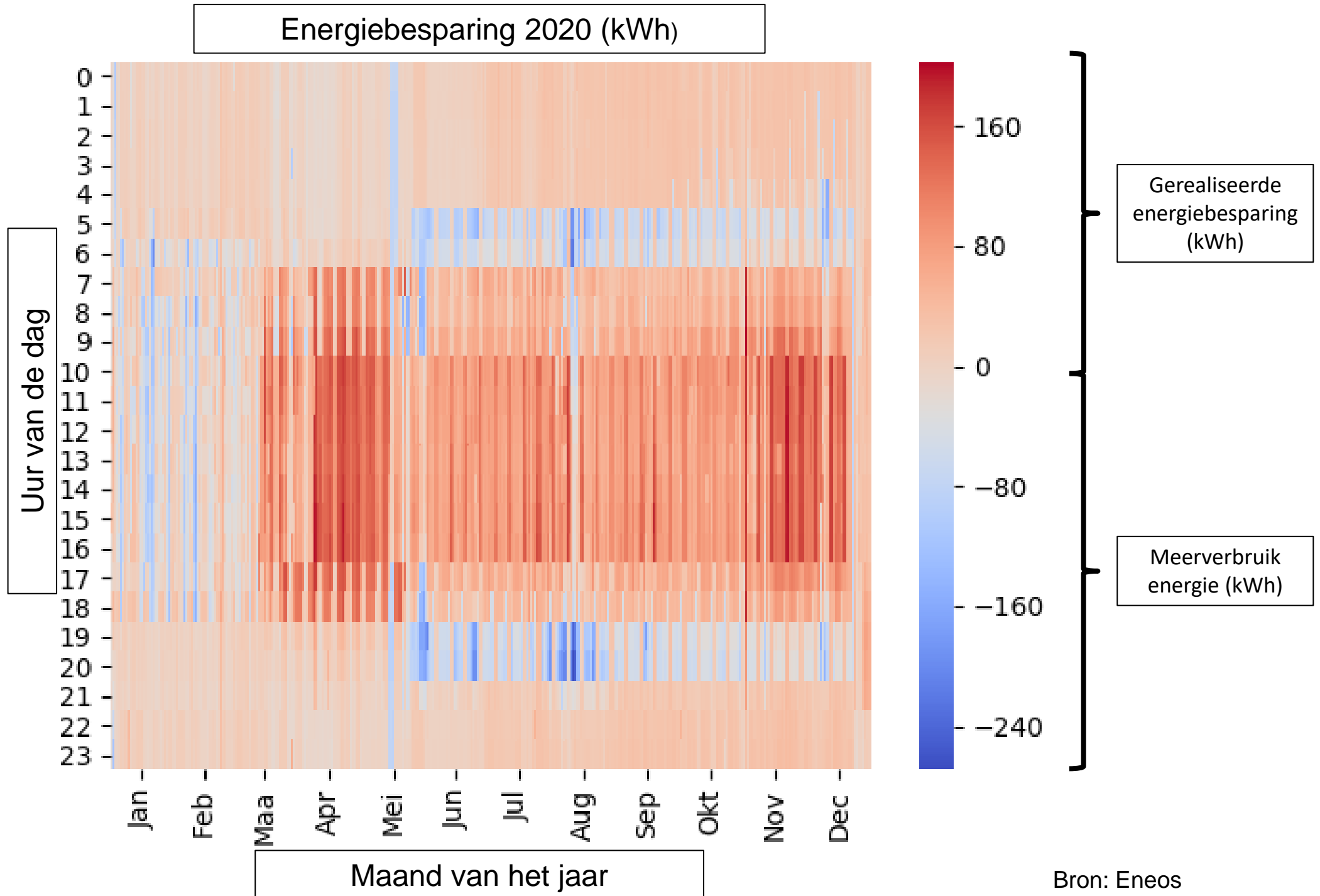
NRA = Non Routine Adjustments

ML = Machine learning

AI = Artificial Intelligence



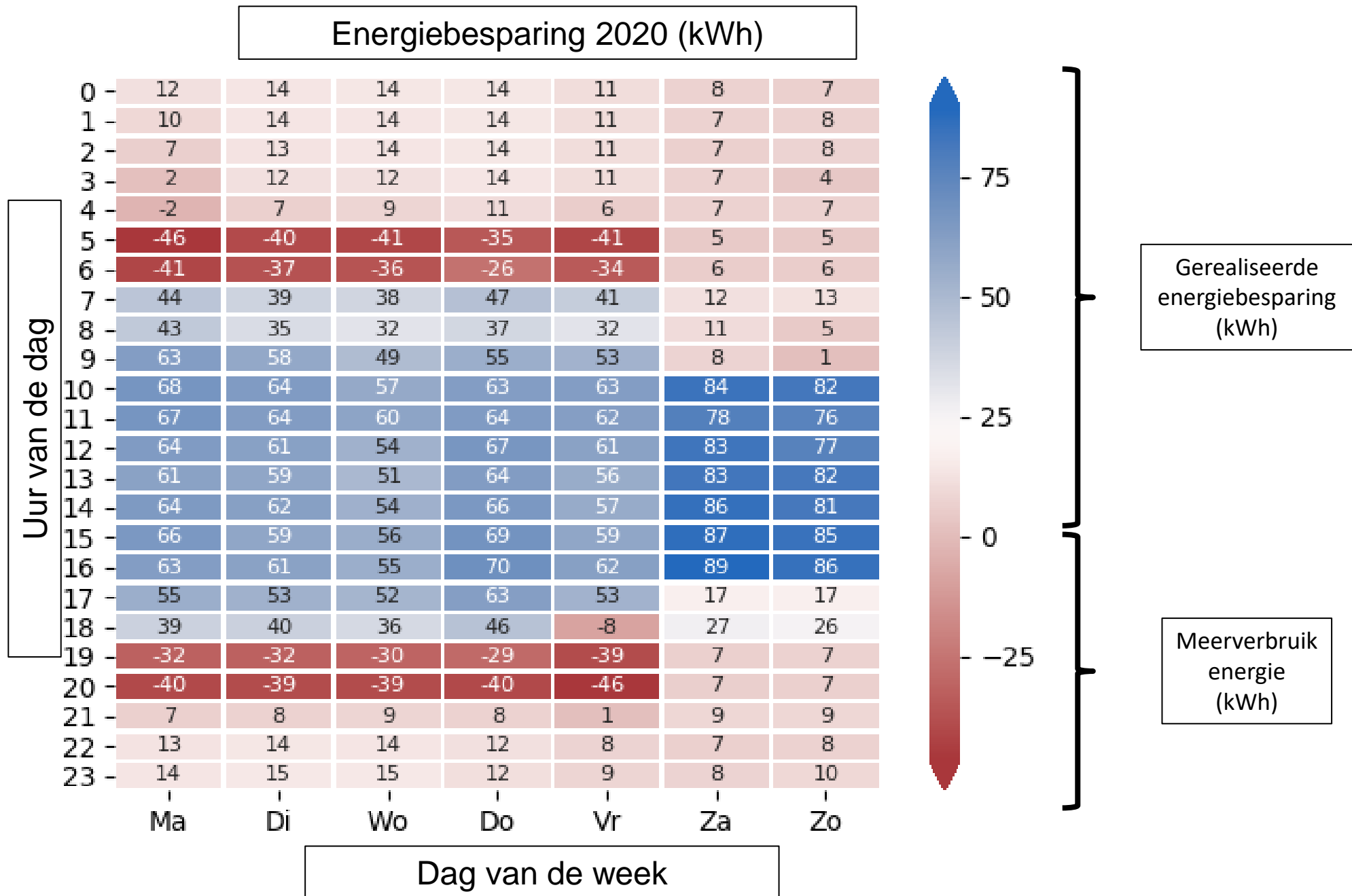
IV. ADVANCED M&V



Bron: Eneos



IV. ADVANCED M&V





V. AANPAK M&V

1. Verzamelen data
 - ▶ Verbruiksgegevens
 - ▶ Onafhankelijke variabelen
2. Valideren kwaliteit data
 - ▶ Volledigheid data
 - ▶ Onregelmatigheden
3. Bepalen referentieperiode
4. Opstellen baseline
5. Toepassen baseline
6. Interpreteren van resultaten



V. AANPAK M&V

- Kostprijs M&V:
 - ▶ 2 tot 5 % van jaarlijkse energiebesparing
 - ▶ Bv. 100.000 euro/jaar aan energiebesparing
 - Jaarlijks M&V budget van 2.000 – 5.000 euro
 - Opstartkost en kosten opvolging
- Afweging kost Vs onzekerheid besparing



TE ONTHOUDEN VAN DE PRESENTATIE

- Voordelen:
 - ▶ Opvolgen energiebesparing op statistisch gevalideerde wijze
 - ▶ Communicatie van resultaten
 - ▶ Essentieel in energiemanagement
- Belangrijkste obstakels:
 - ▶ Beschikbaarheid kwalitatieve data
 - ▶ Inhoudelijke kennis statistiek, M&V en IPMVP
 - ▶ Continue opvolging:
 - Detectie NRE
 - Uitvoeren NRA



TE ONTHOUDEN VAN DE PRESENTATIE

- Beperkingen M&V:
 - ▶ Afhankelijk van beschikbare data (!)
 - Via officiële meters
 - Via submeters
 - Data onafhankelijke variabelen
 - ▶ Baseline gebouw niet altijd statistisch te valideren
 - ▶ Traditionele M&V enkel voor grote besparingen ($F > 10\%$)
- Voordelen AM&V
 - ▶ Hogere nauwkeurigheid
 - ▶ Meer inzicht
 - ▶ Snellere opvolging mogelijk



TOOLS, WEBSITES, BRONNEN

- Graaddagen en koeldagen:
 - <https://www.gas.be/nl/graaddagen/>
 - <https://www.degreedays.net/>
- IPMVP:
 - <https://evo-world.org/en/products-services-mainmenu-en/protocols/ipmvp>



CONTACT



Van de Vijver Maarten

Founder Eneos

Contact informatie :

 : +32497321738

E-mail : maarten.vandevijver@eneos.cloud