

# Monitoring/registratie van energie verbruik ...

en bepaling van CO<sub>2</sub> uitstoot

GEWIS

Kasper van Zuilekom, [zuilekomkm@gmail.com](mailto:zuilekomkm@gmail.com)

# Energie, Milieu... en besparen: twee vragen

Monitoring om  
het potentieel  
zichtbaar te  
maken

- Wat wil je aanpakken?
- Maar zet het zoden aan de dijk?
- Wat zet veel zoden aan de dijk?
- 'Loont het'?

Monitoring als  
basis voor  
kwantificeren

Monitoring als  
basis voor  
verificatie

## Een zijstap

‘Mensen blijven zeggen: ik vlieg wel de hele wereld over maar ik heb thuis wel spaarlampen’, zegt deze hoogleraar

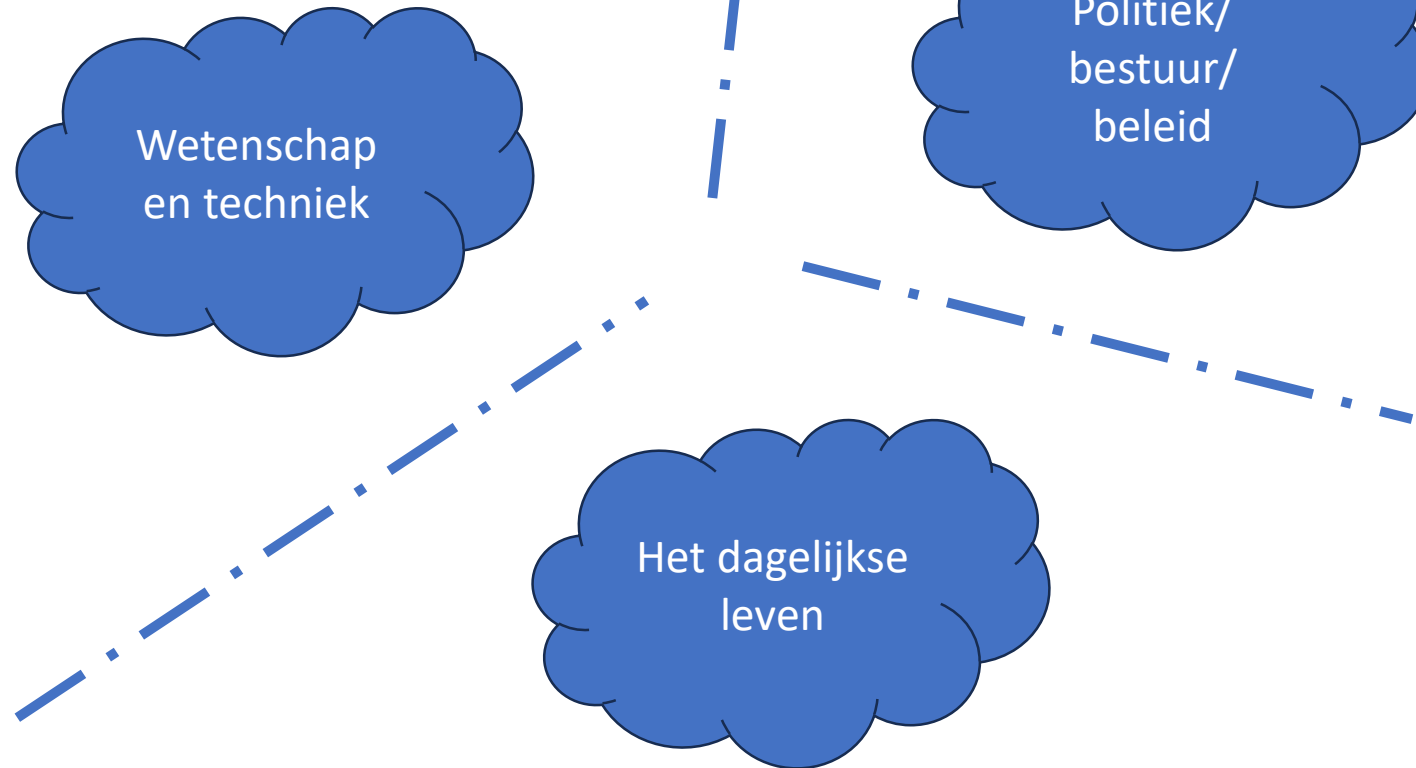
**Marc Davidson | hoogleraar filosofie van duurzaamheid**

Klimaatambities komen steeds meer onder druk te staan. Overheden wijzen naar elkaar en schuiven - veelal uit angst voor electoraal verlies - problemen voor zich uit. Zorgelijk, vindt Marc Davidson: „De enige rigoureuze oplossing is een overheid die verder kijkt dan wijzelf.”



*Jip van den Toorn, 10 mei 2022 in de Volkskrant. Gebruik toegestaan onder vermelding van 'Inktspotprijs'.*

# Een zijstap



# Monitoring...

- Willen we wel monitoren?
- Met welk doel?
  - Hebben we (intrinsieke) motivatie?
  - Gegeven onze motivatie: Wat is passend?
  - ...

Onderwijl stappen we in het mijnenveld van de cognitieve dissonantie.

- *Mijn auto is zo zuinig 'in zijn klasse'. Ik wil geen lichtere auto want die is 'onveilig'. Ik 'moet' 130 km/u rijden.*
- *Wat maakt die 'extra' graad Celsius nou uit? Dat kan 'niet minder'.*

# Monitoring

- Mijn basis voor intrinsieke motivatie
  - Donnela & Dennis Meadows: Grenzen aan de groei (Club van Rome, 1972)
  - Rachel Carlson: Silent Spring, 1962
  - Erik Lysen: 'Eindeloze energie' & 'Trias Energetica'
  - Amory Lovins: 'Winning the Oil Endgame' & 'Hypercar';
  - Garrett Hardin: '[Tragedy of the Commons](#)', 1968, & 'Living on a Lifeboat', 1964
  - Nicolas Stern: The Economics of Climate Change: The Stern Review, 2006
  - Intergovernmental Panel on Climate Change, 1988 → ...
  - Alexander Dauensteiner: Der Weg zum Ein-Liter-Auto, 2002
- Mijn doel bij monitoring:
  - Willen weten, nieuwsgierig
  - Motiveren
  - Een spiegel voorhouden → het is pas bewezen als het is gemeten
  - Fouten opsporen
  - Investeringsbeslissingen
  - ...

# Monitoring...

- Wat?
- Hoe?
- Hoe frequent?
- Hoe verwerken?
- ...

- Alles in de meterkast+...
- Opschrijven + Excel
- Varianten mogelijk
- Integreren en analyseren
- ...

# Monitoring... Alles in de meterkast + mobiliteit + ...

- Electra (4 meterstanden)
- Gas/Warmte
- Water
- Zonnepanelen
- Tankbonnen met km-stand + laadpalen
  
- Voor verdieping en analyse:
  - KNMI-weerdata (voor inzicht in milde/streng winter)
  - Slimme-meter Elektra data (rustverbruik en sluipverbruik) + real time App
  - *Slimme-meter Gas/Warmte data (rustverbruik en sluipverbruik)*
  - ...



## Monitoring... Frequentie

- Eens per jaar bij de afrekening (meestal 1-4 t/m 31-3) ←
- Per kwartaal of maand
- Wekelijks ←
- *Dagelijks*
- *Real-time*
- ...

## Monitoring... Hoe verwerken en analyseren?

- Integreren tot één tabel per jaar
- Ontwikkeling van jaar tot jaar beschouwen
- Veranderingen in apparatuur en gedrag vastleggen.
- Grafieken van verloop per jaar en alle jaren samen
- Omrekenen naar CO<sub>2</sub> uitstoot op jaarbasis
- ...

# De registratie per week

Datum	Warmtepomp of Gjoule	IN		TERUGLEVERING		Panelen	Water	km overall	kWh	km	kWh/100km	avg kmh
		Nacht	Dag	Nacht	Dag							
9-6	630.25	10015	10202	5304	12060	2957	731	57304	124	997.2	12.4	66.1
12-6	630.28	10029	10215	5338	12069	3032	733	57747	508	383.1	13.2	79
14-7	630.28	10046	10222	5451	12385	3525	734	"	"	"	"	"
19-7	630.34	10056	10248	5471	12415	3595	735	58219	56	471.8	11.9	58.5
29-7	630.46	10072	10295	5482	12462	3710	737	58370	19	150.3	13.0	54.1
5-8	630.47	10077	10289	5501	12500	3779	738	58951	81 kWh	581.4	14.0	59.9
13-8	630.56	10122	10324	5512	12542	3870	739	59465	63	513.9	12.4	51.5
19-8	630.63	10133	10336	5520	12584	3941	740	59910	52	445.3	11.7	63.4
	630.70	10172	10359	5538	12609	4028	741	60175				
31-8	630.75	10177	10383	5545	12621	4063	742					
3-8	630.85	10198	10411	5554	12673	4166	744	60780	25	202.0	12.7	53.6
16-9	630.93	10209	10449	5572	12700	4241	745	61555	98	775.7	12.7	52.6
22-9	631.00	10257	10494	5577	12712	4284	746	61880	42	324.9	13.0	59.9
29-9	631.07	10263	10512	5589	12741	4341	747	62540	82	659.9	12.4	66
6-10	631.12	10274	10520	5601	12759	4384	748	62650	14	109.4	13.1	49.3

Renault Zoe

# De omrekening naar CO2

Energiebron of voertuig	Conversiefactor naar CO2	CO2 [kg]
Gas [m3]	2.2 [kg/m3]	
Warmtenet [GJ]	8.8 [kg/GJ]	
Benzine [l]	2.33 [kg/l]	
Diesel [l]	2.64 [kg/l]	
LPG [l]	1.64 [kg/l]	
Aardgas [kg]	2.79 [-]	
Elektriciteit via netwerk [kWh]	[kg/kWh] <u>Kolencentrale</u> 0.798 <u>Aardgas conventioneel</u> 0.396 <u>Aardgas WKK</u> 0.298 Zonepanelen 0.005 – 0.212 Windenergie 0.007 – 0.056	
Levering _____ Retour _____ Netto=Levering- <u>Retour</u> _____		
Zonnepanelen [kWh]	[kg/kWh] Zonepanelen 0.005 – 0.212	
Trein [km]	[kg/km]	
Bus [km]	[kg/km]	
Vliegen [km]	[kg/km]	
	<b>Totaal:</b>	

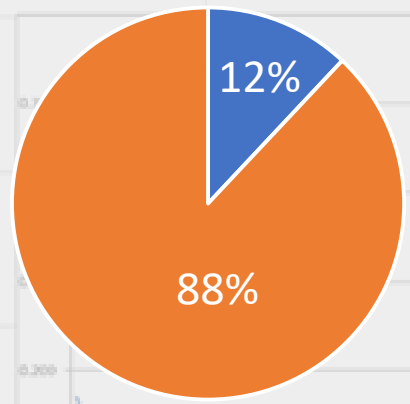
Zie voor de herkomst van de conversiefactoren de bijlage Kentallen. Suggestie voor trein, bus en vliegen: <https://www.milieucentraal.nl> of <https://www.klimaatwijsopreis.nl>

# Resultaten

2022/23

stookperiode	Water [m3]	Warmte			Electra				Auto					Grijze container [liter]	
		Warmte [GJ]	Warmte [CO2]	Graaddagen bij referentie temperatuur van 11°C	Electra [kWu]	Panelen [kWu]	Netto afname netwerk [kWh]	Rechtstreeks gebruik [kWh]	Kilometers	Benzine [liter]	CO2 [kg]	Verbruik [l/100 km]	CO2 [gr/km]		
2006/07	93			742	4476										
2007/08	103			1010	3688										
2008/09	107			1345	4055										
2009/10	101			1273	4113				14565	828	1930	5.69	133		
2010/11	165			1459	4495				16927	941	2192	5.56	130		
2011/12	111	34.24	188	1058	3520				20207	1162	2708	5.75	134		
2012/13	98	40.42	222	1434	3048				20776	1122	2615	5.40	126		
2013/14	102	29.36	161	892	2687				20148	1121	2611	5.56	130		
2014/15	74	30.06	165	995	2626				21723	1169	2724	5.38	125		
2015/16	79	30.81	169	932	2732	2534	198	646	17809	976	2274	5.48	128		
2016/17	88	34.95	192	1182	2777	2795	-18	695	17526	977	2276	5.57	130		
2017/18	88	35.25	194	1195	2854	2794	105	704	15010	833	1940	5.55	129		
2018/19	84	30.86	170	911	2667	3090	-425	724	14328	788	1836	5.50	128		
2019/20	85	32.24	177	906	2322	2931	-610	712	19165	1061	2471	5.53	129	960	
2020/21	105	34.69	191	1006	2424	2902	-478	732	18566	994	2315	5.35	125	960	
2021/22	84	33.20	226	1009	4070	2819	1251	778	2211	120	279	5.41	126	420	
2022/23	79	24.00		903	4382	2712	1670	783						960	

# Warmte gebruik



GJ/dg

■ Warm Tapwater ■ Verwarming

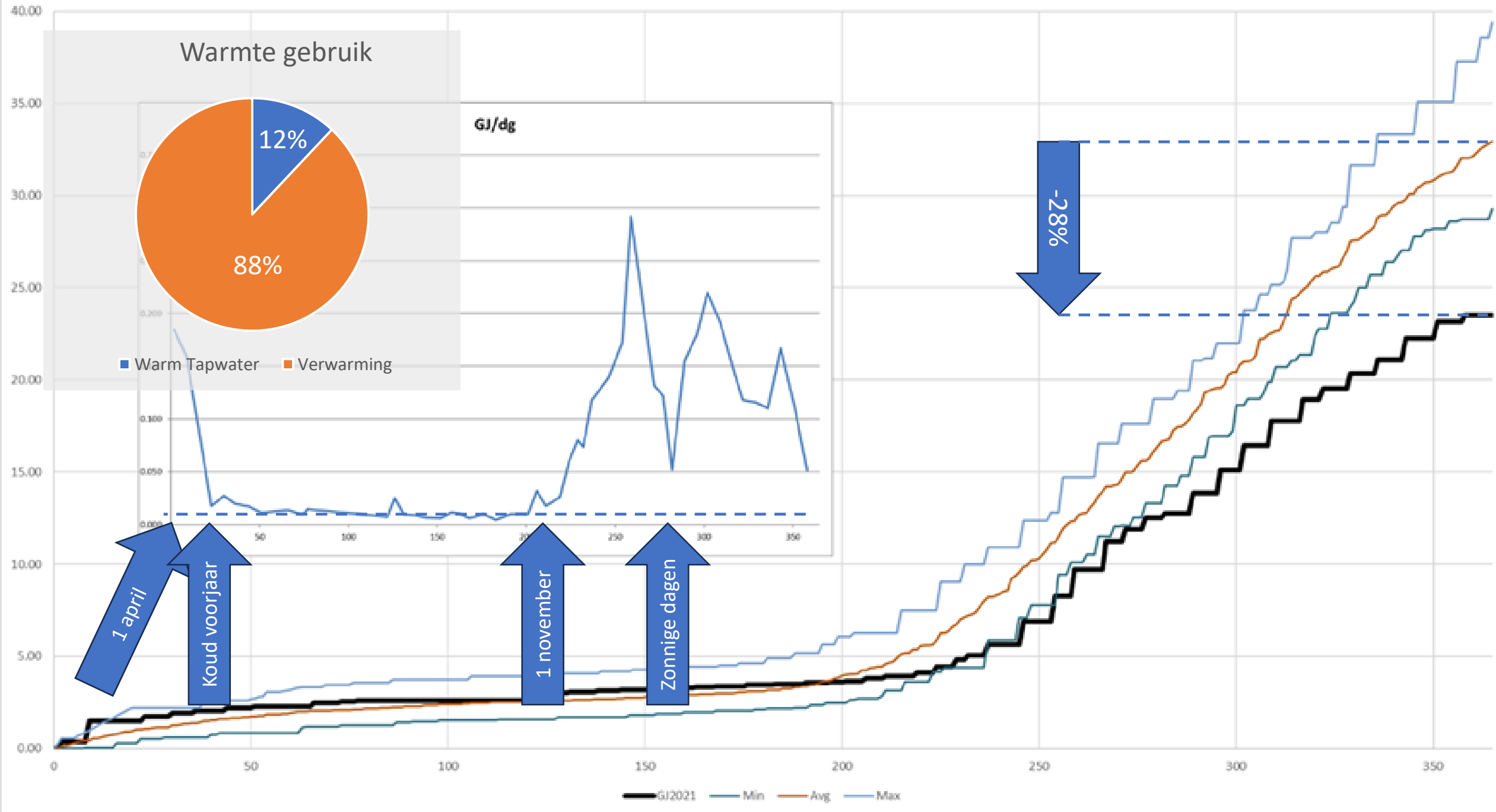
-28%

1 april

Koud voorjaar

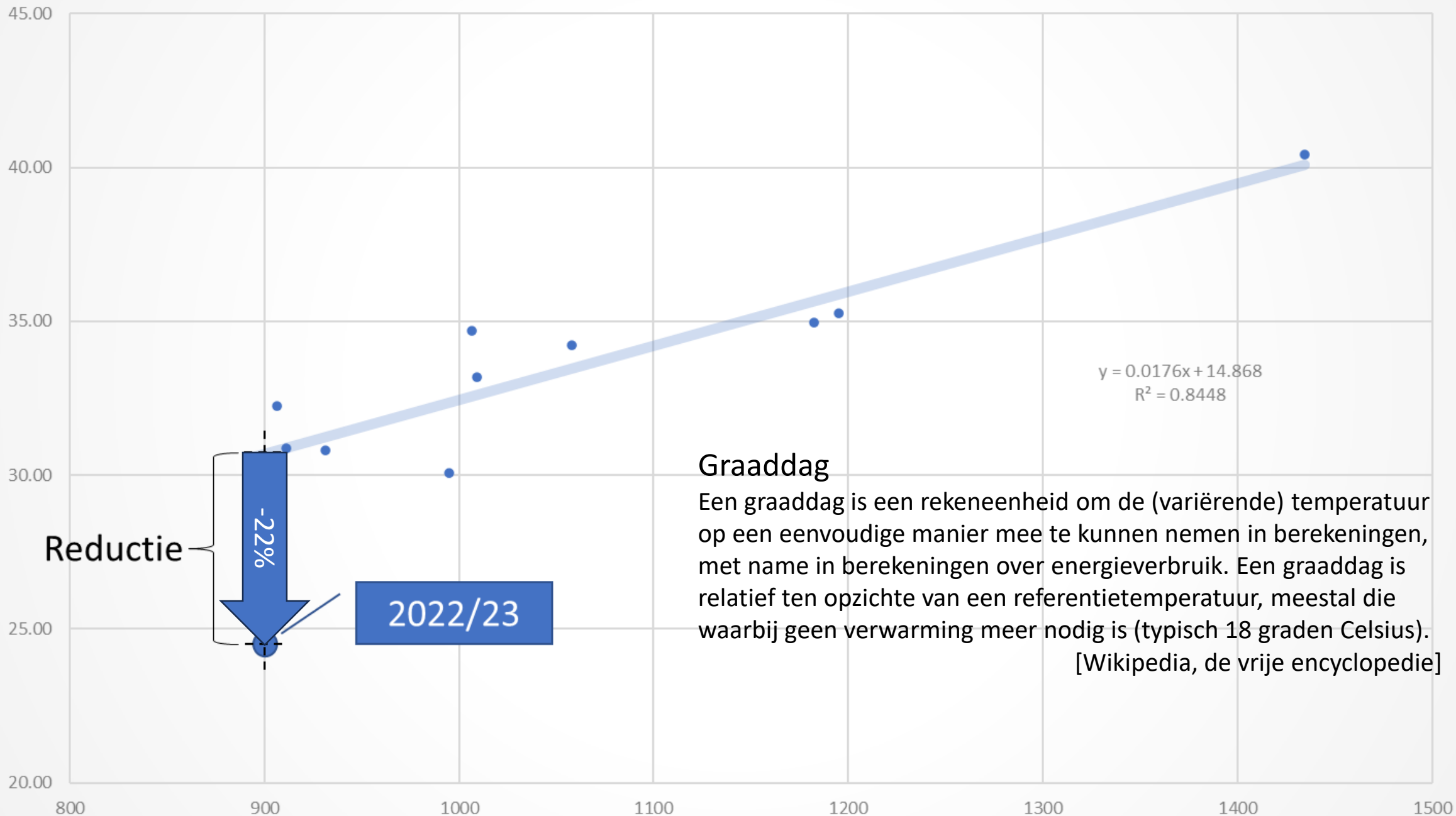
1 november

Zonnige dagen



— GJ2021 — Min — Avg — Max

# GD11 versus GJ

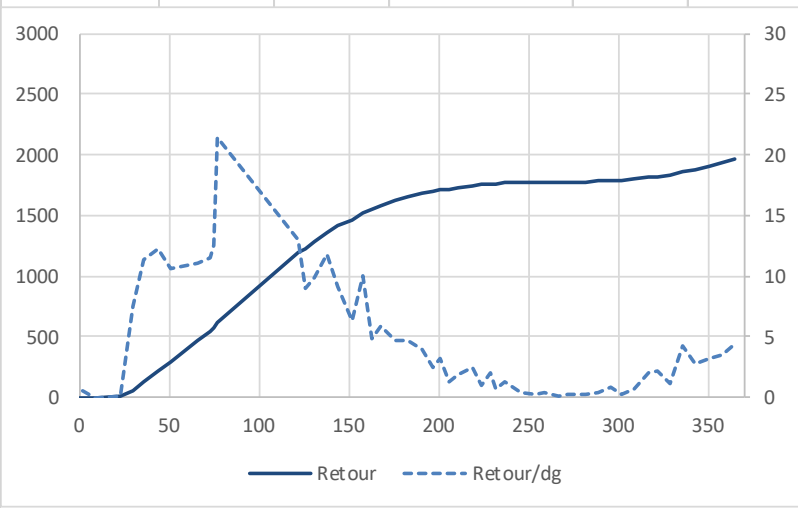
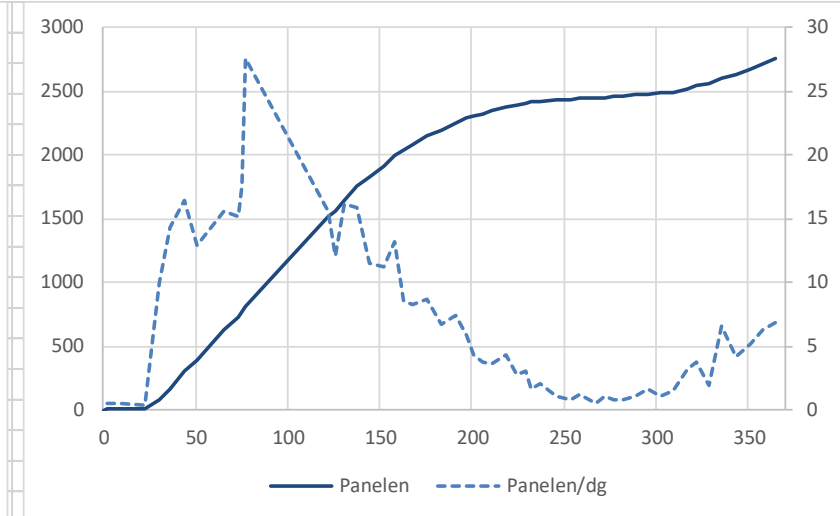
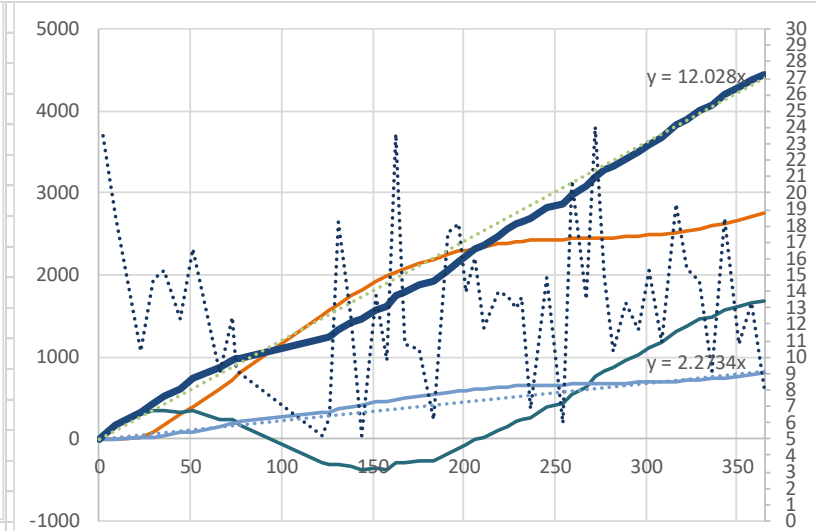
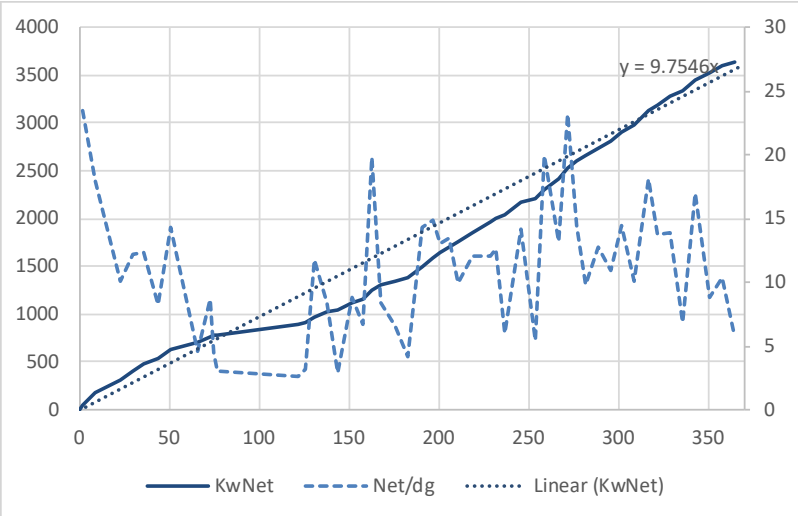


## Graaddag

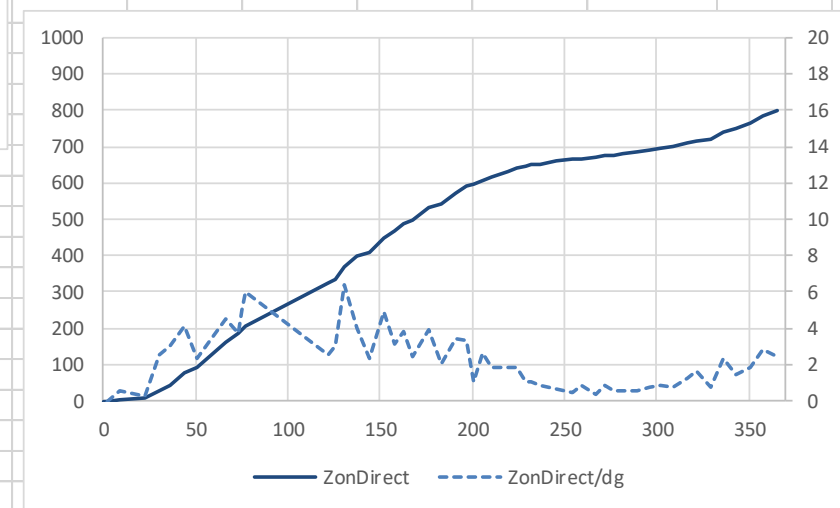
Een graaddag is een rekeneenheid om de (variërende) temperatuur op een eenvoudige manier mee te kunnen nemen in berekeningen, met name in berekeningen over energieverbruik. Een graaddag is relatief ten opzichte van een referentietemperatuur, meestal die waarbij geen verwarming meer nodig is (typisch 18 graden Celsius).

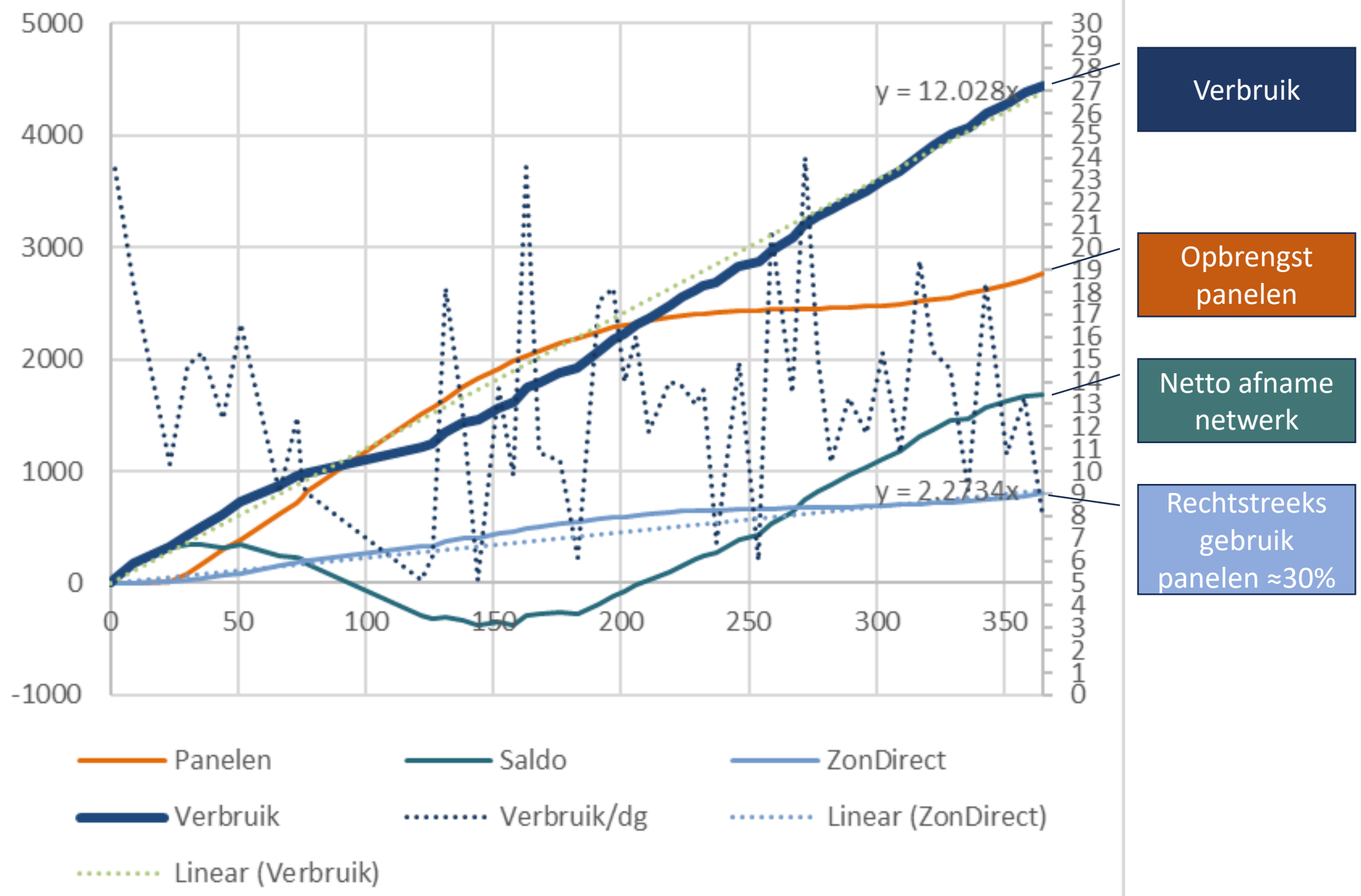
[Wikipedia, de vrije encyclopedie]





01-04-23	365 dagen na	01-04-22
<b>4439</b>	100%	161% Verbruikt
<b>2760</b>	62%	100% Van panelen
<b>800</b>	18%	29% Direct gebruik
<b>1960</b>	44%	71% Via netwerk
<b>1679</b>	38%	61% Van netwerk
<b>12.2 Gem per dag</b>		

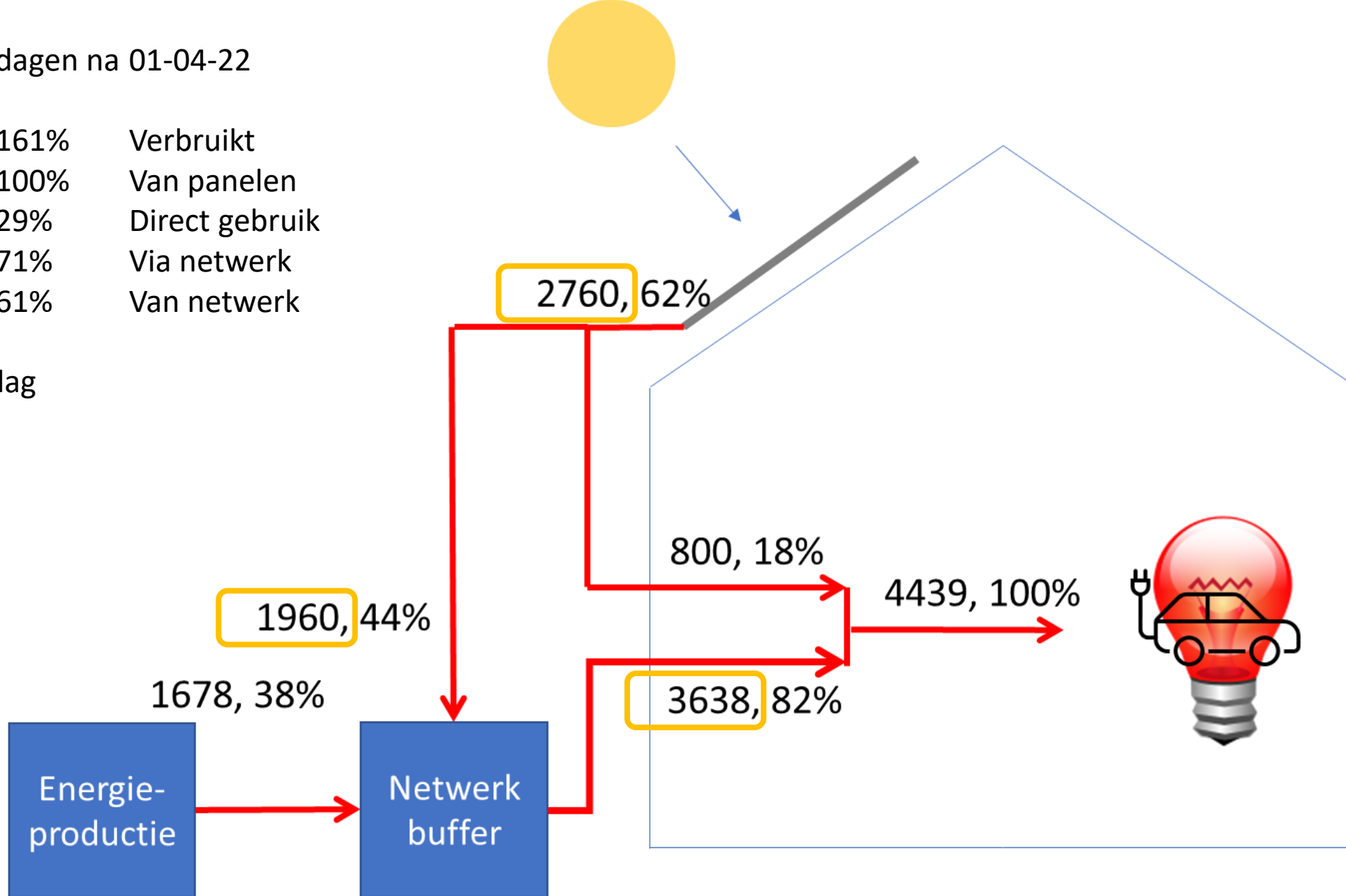




01-04-23 365 dagen na 01-04-22

4439	100%	161%	Verbruikt
2760	62%	100%	Van panelen
800	18%	29%	Direct gebruik
1960	44%	71%	Via netwerk
1679	38%	61%	Van netwerk

12.2 Gem per dag



# CO2 emissie

Tabel 2 CO2 uitstoot [kg] over de afgelopen vier jaren, de hoogste waarden over 2009 t/m 2018 en een referentie.

Energie verbruiker	2022/23	2021/22	2020/21	2019/20	Referentie
Elektriciteit <sup>7</sup>	535	407	242	232	Verbruik 2020/21, nog geen LED verlichting, 2400 kWh *0.3 warmte-kracht koppeling, geen panelen kgCO2/kWh=720 <sup>8</sup>
Warmte	211	226	191	177	EPC berekening, warmtenet 57.4 GJ*8.8 CO2/GJ=505 <sup>9</sup>
Mobiliteit	- <sup>1</sup>	508	2315	2471	Gereden km, 18000 km*0.0705 Spritmonitor.de verbruik VW Golf l/km*2.33≈3000 <sup>11</sup>
<b>Totaal:</b>	746	1141	2748	2880	4225
<b>Relatief t.o.v. 2019/20</b>	26%	40%	95%	100%	154%

# CO2 emissie

Tabel 2 CO2 uitstoot [kg] over de afgelopen vier jaren, de hoogste waarden over 2009 t/m 2018 en een referentie.

Energie verbruiker	2022/23	2021/22	2020/21	2019/20	Max 2009 ... 2018	Referentie
Elektriciteit <sup>7</sup>	535	407	242	232	450	2400 kWh *0.3 kgCO2/kWh=720 <sup>8</sup>
Warmte	211	226	191	177	222	57.4 GJ*8.8 CO2/GJ=505 <sup>9</sup>
Mobiliteit	- <sup>1</sup>	508	2315	2471	2708	18000 km*0.0705 l/km*2.33≈3000 <sup>11</sup>
Totaal:	746	1141	2748	2880	3380	4225
Relatief t.o.v. 2019/20	26%	40%	95%	100%	123%	154%

2022/23 t.o.v. 2019/20 is sterk verbeterd door:

- Zuinig elektrisch rijden
- Nog zuiniger verwarmen
- (winters ± even milde)

2019/20 is al gunstig t.o.v. de referentie door:

- Zonnepanelen
- Zuinig rijden
- Zuinig verwarmen

# CO2 emissie

Tabel 2 CO2 uitstoot [kg] over de afgelopen vier jaren, de hoogste waarden over 2009 t/m 2018 en een referentie.

Energie verbruiker	2022/23	2021/22	2020/21	2019/20	Max 2009 ... 2018	Referentie
Elektriciteit <sup>7</sup>	535	407	242	232	450	2400 kWh *0.3 kgCO2/kWh=720 <sup>8</sup>
Warmte	211	226	191	177	222	57.4 GJ*8.8 CO2/GJ=505 <sup>9</sup>
Mobiliteit	- <sup>1</sup>	508	2315	2471	2708	18000 km*0.0705 l/km*2.33≈3000 <sup>11</sup>
Totaal:	746	1141	2748	2880	3380	4225
Relatief t.o.v. 2019/20	26%	40%	95%	100%	123%	154%

746 kilo CO2 ≈ 339 m<sup>3</sup> gas

of ≈ 320 liter benzine

of ≈ 4540 km met VW Golf

2880 kilo CO2 ≈ 1309 m<sup>3</sup> gas

of ≈ 1252 liter benzine

of ≈ 17557 km met VW Golf

# Afronding

- Referentie berekening kwantificeerde vermoeden.
  - Voortdurend aandacht voor de kleine dingen.
  - Invloed van LED, nieuwe koelkast, wasmachine & droger, ...
  - De elektrische auto was de grote stap voorwaarts.
  - Nooit gerealiseerd in 4 jaar zo veel CO2 te kunnen reduceren.
  - Meer jaren → meer inzicht
- 
- Ideeën opgedaan?
  - Nog aanvullingen?