

Hoe rekent energie27?

Een uurmodel van één huishouden: 8.760 uren (365×24) met opwek, verbruik, batterij en auto, daarna afname en teruglevering $\times$ de prijs van dat uur. Het draait volledig in de browser (TypeScript, zonder bibliotheken); alleen postcode, ligging en hellingshoek gaan via onze server naar PDOK en PVGIS.

Balans per uur

$$\text{netto}_u = \text{verbruik}_u + \text{auto}_u + \text{warmtepomp}_u + \text{airco}_u + \text{stand-by} + \text{laden}_u - \text{opwek}_u - \text{ontladen}_u$$

$$\text{afname}_u = \max(\text{netto}_u, 0) \quad \text{teruglevering}_u = \max(-\text{netto}_u, 0)$$

Uurprijzen: day-ahead (EnergyZero), omgezet naar Nederlandse tijd. Het dubbele uur in oktober wordt gemiddeld, het ontbrekende uur in maart gekopieerd; 29 februari vervalt.

Opwek

$$\text{jaaropwek} = \text{panelen} \times \text{Wp} \times \text{kWh/kWp} \times (1 - \text{leeftijd} \times \text{achteruitgang})$$

- kWh/kWp en de verdeling over de maanden uit PVGIS 5.3 (14% systeemverlies, geen schaduw); oost-west is het gemiddelde van twee berekeningen. Terugval: $925 \text{ kWh/kWp} \times$ een factor voor ligging en hoek.
- Maanden herverdeeld met de zon van het KNMI in het jaar van de uurprijzen: $w_m = \text{basis}_m \times \max(0, 1 + 0,85 \times (\text{zon}_m / \text{normaal}_m - 1))$, genormaliseerd zodat de jaaropwek gelijk blijft. 0,85: zonnige jaren zijn warmer en het KNMI meet op een plat vlak.
- Uurvorm: een zonneboog $\sin(\pi x)^{1,3} \times$ een gaussische weging rond de zonnemiddag, verschoven per ligging ($\pm 1,3$ uur zuidoost/zuidwest, $\pm 2,6$ uur oost/west). Per uur geschaald met de gemeten globale straling (KNMI, uurwaarden) ten opzichte van het maandgemiddelde voor dat uur, begrensd op $5\times$; daarna elke maand exact terug naar de maandopwek.
- Gemeten jaaropwek: omgerekend naar een normaal jaar met de zon van de drie dichtstbijzijnde KNMI-stations (gewogen naar $1/\text{afstand}$).

Verbruik

- Twee eigen dagprofielen (overdag weg / thuis) met een maandfactor (0,86 in de zomer tot 1,20 in december). Op 0 tot 5 werkdagen het thuisprofiel; het weekend altijd thuis. Het jaartotaal blijft gelijk.
- Weken weg (standaard 2, rond 1 augustus): 30% sluipverbruik, plat over de dag; de overige dagen schalen op.
- Verschuifbaar verbruik (was, vaat, droger: 530 kWh/jaar , hooguit 30%): gretig naar de uren met het grootste zonne-overschot, hooguit 2 kW per uur; met een dynamisch contract de rest naar de goedkoopste uren.
- Warmtepomp: jaarverbruik ingevuld of geschat uit gas: $(\text{gas} - \text{koken}) \times 8,79 \text{ kWh/m}^3 \times 0,9 \div \text{SCOP}$ (3,5 radiatoren, 4,2 vloerverwarming). Vaste maandverdeling (17% januari, 2% in de zomer) en een uurprofiel; 25% (tapwater) is verschuifbaar.
- Airco: $\text{m}^2 \times 50\text{--}90 \text{ W/m}^2 \times 400 \text{ vollasturen} \div \text{SEER } 5,5$; mei tot september, vooral 15–17 uur, per dag geschaald met de zon van die dag.

Elektrische auto

$0,17 \text{ kWh/km}$ inclusief laadverlies. 's Avonds: vanaf 18 uur op vol vermogen. Overdag: tot $3,7 \text{ kW}$ vanaf 10 uur. Op zonne-overschot: de uren met het grootste overschot, vanaf $1,4 \text{ kW}$ ($4,1 \text{ kW}$ bij een laadpaal die niet naar 1 fase schakelt). Op uurprijs: sessies van 20 kWh in de goedkoopste uren waarop de auto thuis is.

Thuisbatterij

- Rendement per richting $\sqrt{1 - \text{rondeverlies}}$, standaard rondeverlies 10%; 90% van de capaciteit bruikbaar; 30 W stand-by; DC-gekoppeeld laden uit zon $\times 1,06$.
- Eigen verbruik: per uur gretig, overschot laden en tekort ontladen, binnen vermogen en lading; niet uit het net.
- Slim op uurprijzen: dynamisch programmeren over een rooster van de lading (10 tot 60 stappen van ongeveer $0,1 \text{ kWh}$). Elke dag een horizon van 48 uur (vandaag en morgen, de day-aheadprijzen), terugrekenend opgelost; alleen de eerste 24 uur worden uitgevoerd. Eindwaarde: de lading $\times$ de laagste terugleverprijs in de horizon. Perfecte voorspelling van zon en verbruik. Gepland op een mediane leverancier; elke leverancier rekent af op dezelfde stromen.
- Onbalanshandel: een tabel (capaciteit $\times$ vermogen $\times$ aandeel voor de klant), offline doorerekend met de onbalansprijzen van TenneT per kwartier, trilineair geïnterpoleerd en opgeteld bij slim sturen.

Prijs en rekening

dynamisch: $\text{afname} \times (\text{markt} \times 1,21 + \text{opslag} + \text{EB}) - \text{teruglevering} \times (\text{markt} \times 1,21 + \text{terugleverregel}) + 12 \times \text{vast per maand}$
 vast: $\text{afname} \times (\text{leveringstarief} + \text{EB}) - \text{teruglevering} \times (\text{vergoeding} - \text{terugleverkosten}) - \text{staffel} + 12 \times \text{vast per maand}$
 rekening = stroom + netbeheer – belastingvermindering

- Opslag en EB zijn inclusief btw; btw alleen over de marktprijs. Bij afschakelen geen teruglevering tegen een negatieve prijs.
- Vaste contracten: het modelcontract met een jaar vast tarief; staffels als bedrag per maand per band van de jaarteruglevering.
- Saldering (benchmarkjaar): vast over het jaarsaldo; dynamisch komen EB en opslag terug over $\min(\Sigma \text{ teruglevering}, \Sigma \text{ afname})$.
- Netbeheer per netbeheerder (via de postcode) en aansluiting, per dag naar rato van de tariefperiode.
- Prijsstijging alleen op de marktprijzen: $(1 + i)^{\text{rekenjaar} - \text{benchmarkjaar}}$, i uit PBL (KEV), anders CPB. EB volgt de tabel per jaar.

Kalibratie op de jaarafrekening

Twee parameters, op de afname en teruglevering in kWh: het huishoudverbruik (vaste-puntcorrectie op afname – teruglevering) en het dagdeel, het gewicht van het verbruik in uren met zon (bisectie, 20 stappen, tussen 0,25 en 3). Hooguit drie rondes om en om. Het resultaat geldt voor het benchmarkjaar, het rekenjaar en alle vergelijkingen.

Toetsing

Ruim 200 automatische tests met gouden waarden en invarianten: de energiebalans sluit, de lading blijft binnen de bruikbare capaciteit, slim sturen is nooit duurder dan eigen verbruik, saldering nooit duurder dan zonder, een grotere batterij levert nooit meer terug, kalibratie raakt haar doelen en het verschil per optie is gelijk aan het verschil van twee berekeningen.

Grenzen

- Uurwaarden middelen korte pieken weg: zelfconsumptie zonder batterij 2 tot 5 procentpunt te hoog.
- Perfecte voorspelling: slim sturen en onbalanshandel eerder te gunstig.
- Warmtepomp en airco volgen een vast patroon, niet de temperatuur; SCOP is een seizoensgemiddelde.
- Laden op zonne-overschot is een bovengrens. Het verschil tussen twee keuzes is betrouwbaarder dan het bedrag.