ENVALIS

Przekładamy fizykę na finanse

METODOLOGIA

KEG: Koszt Energii Gwarancyjnej

Porównanie przydomowych magazynów energii w trzech wariantach pracy

Zestawienie dla e-magazyny.pl

www.envalis.energy

Modelowanie | Benchmarking | Wycena | Bankowalność

Spis treści

1. Wprowadzenie 3
    1.1. Cel dokumentu 3
    1.2. Zakres stosowania 3
    1.3. Dokumenty powiązane 3
    1.4. Konwencja zapisów 3
    1.5. Model w skrócie 3
2. Słownik pojęć 4
    2.1. Symbole i parametry 4
    2.2. Pozostałe pojęcia 4
3. Warianty pracy 5
4. Wzory obliczeniowe 5
    4.1. Próg końcowy w pojemności użytkowej 5
    4.2. Średni stan zdrowia w okresie ochrony 5
    4.3. Energia oddana w ciągu roku 5
    4.4. Okres ochrony 5
    4.5. Energia oddana w okresie ochrony 6
    4.6. Koszt Energii Gwarancyjnej 6
5. Reguły szczególne 6
6. Dane wejściowe i wartości zastępcze 6
7. Statusy pewności danych i układ tabel 7
8. Przykład obliczeniowy 7
9. Analiza wrażliwości 8
10. Ograniczenia 8
Ważne informacje i zastrzeżenia 8

1. Wprowadzenie

1.1. Cel dokumentu

Dokument określa sposób obliczania wskaźnika KEG (Koszt Energii Gwarancyjnej) dla przydomowych magazynów energii w zestawieniu przygotowanym przez Envalis dla e-magazyny.pl. Opisuje dane wejściowe, pojęcia, wzory, reguły szczególne i założenia stosowane przy brakach w dokumentacji, tak aby każdy wynik zestawienia można było niezależnie odtworzyć.

Dokument ma charakter normatywny w zakresie:

- definicji danych wejściowych i wartości zastępczych,
- wzorów obliczeniowych,
- reguł wyłączania produktu z wariantu pracy,
- zasad nadawania statusów pewności danych i układu tabel wynikowych.

1.2. Zakres stosowania

KEG służy do porównywania magazynów w obrębie tego samego zakresu ceny i tego samego wariantu pracy. Wskaźnik obejmuje cenę netto magazynu oraz koszt energii traconej na sprawności, w okresie objętym ochroną gwarancyjną.

KEG nie obejmuje kosztu energii do ładowania, oszczędności ani zwrotu z inwestycji, falownika, montażu i serwisu ani energii oddanej po zakończeniu ochrony gwarancyjnej.

> KEG nie jest ceną prądu z magazynu i nie należy go porównywać wprost z rachunkiem za energię. To koszt samego przechowania kilowatogodziny w okresie, za który odpowiada producent.

1.3. Dokumenty powiązane

- rozdział „10 lat gwarancji nie zawsze oznacza 10 lat ochrony” (s. 32–44), z opisem analizy, wnioskami i tabelami wyników,
- tabela danych wejściowych do obliczeń KEG wraz z cenami i ich źródłami (s. 44),
- arkusz obliczeń z danymi wejściowymi i wynikami dla wszystkich produktów,
- dokumenty gwarancyjne, karty katalogowe i formularze producentów, na których oparto dane wejściowe.

1.4. Konwencja zapisów

Określenia „należy” i „przyjmuje się” mają charakter wiążący. Określenie „zaleca się” oznacza dobrą praktykę. Określenie „dopuszcza się” opisuje rozwiązanie opcjonalne.

1.5. Model w skrócie

KEG to cena netto magazynu powiększona o koszt energii traconej na sprawności, podzielona przez energię, którą magazyn odda w okresie ochrony gwarancyjnej. Okres ochrony kończy pierwszy z warunków gwarancji: upływ czasu, wyczerpanie limitu energii albo wyczerpanie limitu cykli. Pojemność magazynu maleje liniowo od 100% do gwarantowanego progu końcowego. Obliczenia wykonuje się dla trzech wariantów intensywności pracy.

2. Słownik pojęć

2.1. Symbole i parametry

Symbol	Opis	Jedn.	Typ	Źródło lub wartość
P_netto	cena magazynu netto w konfiguracji odniesienia	zł	dana wejściowa	zestawienie e-magazyny.pl, cena brutto / 1,23
C_nom	pojemność nominalna	kWh	dana wejściowa	karta katalogowa
C_u	pojemność użytkowa	kWh	dana wejściowa	karta katalogowa
RTE	sprawność pełnego cyklu ładowania i rozładowania samej baterii (DC)	%	dana wejściowa lub założenie	karta, gwarancja; przy braku 95%
T_gw	okres gwarancji wydajności (zachowania pojemności); gdy producent daje osobną gwarancję produktu o innej długości, decyduje gwarancja wydajności	lata	dana wejściowa	gwarancja
p_nom	próg końcowy pojemności liczony od pojemności nominalnej	%	dana wejściowa	gwarancja
p_u	próg końcowy pojemności liczony od pojemności użytkowej	%	dana wejściowa lub wynik wzoru (1)	gwarancja; przy braku 70%
L_E	limit energii przerobionej w okresie gwarancji	kWh	dana wejściowa	gwarancja
L_C	limit pełnych cykli	cykle	dana wejściowa lub założenie	gwarancja; przy braku limitu karta katalogowa
n	liczba pełnych cykli w roku dla wariantu pracy	cykle/rok	parametr modelu	P1 = 200, P2 = 365, P3 = 550
c_E	cena energii traconej na sprawności	zł/kWh	parametr modelu	0,50 netto
SoH_śr	średni stan zdrowia baterii w okresie ochrony	%	wynik pośredni	wzór (2)
E_rok	energia oddana w ciągu roku	kWh/rok	wynik pośredni	wzór (3)
T	okres ochrony, w tabelach kolumna „Realnie”	lata	wynik	wzór (4)
E	energia oddana w okresie ochrony	kWh	wynik	wzór (5)
KEG	koszt energii gwarancyjnej	zł/kWh	wynik	wzór (6)

2.2. Pozostałe pojęcia

Pojęcie	Znaczenie
Konfiguracja odniesienia	jeden moduł albo najmniejszy zestaw, w którym produkt jest sprzedawany i objęty gwarancją; pojemność, moc i cena zawsze dotyczą tej samej konfiguracji; gdy limit energii w gwarancji rośnie liniowo z liczbą modułów (np. produkt sprzedawany w zestawach od 3 modułów), wynik podaje się w przeliczeniu na moduł, bo KEG jest wtedy taki sam dla każdego dopuszczalnego zestawu
Zakres ceny	B: sam moduł baterii; B+C: moduł z jednostką sterującą (BMS, BDU, master); SYS: kompletny podsystem bateryjny; żaden zakres nie obejmuje falownika ani montażu
Warunek wiążący	warunek gwarancji (czas, energia albo cykle), który kończy ochronę jako pierwszy
Wariant pracy	umowna intensywność użytkowania magazynu (P1, P2, P3); scenariusz porównawczy, a nie prognoza zużycia konkretnego domu
Status pewności	ocena podstawy danych produktu: Potwierdzona, Kompletna albo Częściowo potwierdzona (pkt 7)
Wartość zastępcza	założenie przyjmowane, gdy dokument nie podaje parametru (pkt 6); nie jest zobowiązaniem producenta

3. Warianty pracy

Wariant	n [cykle/rok]	Średnio na dobę	Odpowiada
P1	200	ok. 0,55	dom z PV, magazyn ładowany wyłącznie ze słońca
P2	365	1	jeden pełny cykl dziennie przez cały rok
P3	550	ok. 1,5	praca całoroczna z drugim cyklem z sieci (pompa ciepła, taryfa dynamiczna)

P1 przyjmuje się na podstawie pomiarów 21 domowych magazynów z PV w Niemczech w latach 2015–2022 (Figgener i in., Nature Energy, 2024). P2 odpowiada medianie limitów energii zapisanych w gwarancjach, 3,1 MWh na kWh pojemności użytkowej, czyli 10 latom jednego cyklu dziennie. P3 to 1,5 × 365, zaokrąglone do 550.

4. Wzory obliczeniowe

4.1. Próg końcowy w pojemności użytkowej

(1) $p_u = p_{nom} \times C_{nom} / C_u$

Wzór stosuje się, gdy gwarancja podaje próg od pojemności nominalnej. Gdy podaje go od pojemności użytkowej, p_u przyjmuje się wprost.

4.2. Średni stan zdrowia w okresie ochrony

(2) $SoH_{śr} = (100\% + p_u) / 2$

Przyjmuje się liniowy spadek pojemności od 100% do progu końcowego. To jawne uproszczenie, stosowane jednakowo dla wszystkich produktów, ponieważ pełne krzywe starzenia udostępnia tylko część producentów.

4.3. Energia oddana w ciągu roku

(3) $E_{rok} = n \times C_u \times SoH_{śr}$

4.4. Okres ochrony

(4) $T = \min(T_{gw} ; L_E / E_{rok} ; L_C / n)$

gdzie:

- T_gw to ograniczenie czasem (okres gwarancji wydajności, pkt 2.1),
- L_E / E_rok to czas do wyczerpania limitu energii,
- L_C / n to czas do wyczerpania limitu cykli.

Składnik, którego gwarancja nie określa, zastępuje się wartością zastępczą z pkt 6.

> Wynik oparty na wartości zastępczej jest szacunkiem, a nie zobowiązaniem producenta.

4.5. Energia oddana w okresie ochrony

(5) $E = E_{rok} \times T$

4.6. Koszt Energii Gwarancyjnej

(6) $KEG = [\ P_{netto} + E \times (1/RTE - 1) \times c_E\ ] / E$

gdzie:

- $E \times (1/RTE - 1)$ to energia tracona na sprawności w okresie ochrony [kWh],
- c_E = 0,50 zł/kWh netto to zaokrąglona średnia cena samej energii, bez dystrybucji, w taryfach dla gospodarstw domowych zatwierdzonych przez URE na 2026 rok (495,16 zł/MWh netto); G11 to taryfa jednostrefowa, z której korzysta blisko 90% gospodarstw.

5. Reguły szczególne

1. **Limit dobowy.** Gdy gwarancja dopuszcza najwyżej jeden pełny cykl na dobę albo wymaga pracy w cyklu dobowym, produkt wyłącza się z tabeli wariantu P3.
2. **Limit roczny z sumowaniem przekroczeń.** Gdy gwarancja ogranicza energię oddaną w każdym roku, przekroczenia z kolejnych lat się sumują, a po przekroczeniu określonego progu gwarancja wydajności wygasa, warunek sprawdza się dla każdego roku osobno. Liczy się go dla pojemności z pierwszych lat pracy, bliskiej 100%, a nie dla średniego stanu baterii z wzoru (2). Jeżeli w danym wariancie suma przekroczeń osiąga próg w okresie gwarancji, produkt wyłącza się z tabeli tego wariantu.
3. **Gwarancja dwustopniowa.** Gdy gwarancja przewiduje dwa stopnie, czyli wyższy próg pojemności do niższego limitu energii i niższy próg do wyższego limitu, stosuje się pierwszy stopień. Gdy energia w okresie gwarancji przekracza limit pierwszego stopnia, stosuje się drugi stopień: p_u i L_E drugiego stopnia.
4. **Ochrona krótsza niż deklarowany okres.** Gdy w końcowych latach deklarowanego okresu gwarancja zapewnia wyłącznie bezpłatne przeglądy, bez części i robocizny, T_{gw} przyjmuje się równy liczbie lat pełnej ochrony (naprawy albo wymiany).

Wynik produktu wyłączonego z wariantu da się policzyć, ale nie publikuje się go w tabeli tego wariantu, ponieważ dotyczy pracy nieobjętej gwarancją.

6. Dane wejściowe i wartości zastępcze

Brakujący parametr	Wartość zastępcza	Skutek
RTE	95%, mediana wartości znanych w zbiorze	brak
Próg końcowy	70% pojemności użytkowej	status Częściowo potwierdzona
Limit energii i cykli	liczba cykli z karty katalogowej	dopisek „brak limitu w gwarancji”
Dokument dla Polski lub UE	dokument dla innego regionu	status Częściowo potwierdzona

W tabeli danych wejściowych (s. 44) wartości zastępcze oznacza się gwiazdką. Ponadto należy stosować następujące zasady:

1. Pojemność, moc i cena dotyczą zawsze tej samej konfiguracji odniesienia.

2. Moc przyjmuje się jako ciągłą (znamionową), nigdy szczytową.
3. Sprawność przyjmuje się dla samej baterii (DC); gdy źródło podaje tylko sprawność systemu z falownikiem, przyjmuje się 95%.
4. Przy dwóch wykluczających się wartościach bez reguły wyboru przyjmuje się wartość ostrożniejszą i nadaje status Częściowo potwierdzona.
5. Formularz producenta dotyczący innego wariantu lub konfiguracji niż wyceniana nie zmienia danych wejściowych ani statusu.

7. Statusy pewności danych i układ tabel

Status	Warunek
Potwierdzona	producent odesłał wypełniony formularz dla dokładnie wycenianego wariantu
Kompletna	pełny, spójny dokument gwarancji dla Polski lub UE, bez formularza producenta dla tego wariantu
Częściowo potwierdzona	jeden konkretny brak: inny region, brak osobnego dokumentu gwarancji baterii, dokument gwarancji dla innej serii lub generacji, sprzeczne wartości albo brak progu końcowego

Każdy zakres ceny (B, B+C, SYS) ujmuje się w osobnej tabeli z osobną numeracją. W tabeli najpierw umieszcza się produkty ze statusem Potwierdzona albo Kompletna, a pod nimi, z własną numeracją, wyniki orientacyjne produktów częściowo potwierdzonych. W każdej grupie produkty szereguje się rosnąco według KEG.

8. Przykład obliczeniowy

Przykład ilustracyjny: dane przyjęto do celów przykładu i nie dotyczą konkretnego produktu. Dane wejściowe: C_nom = 5,00 kWh, C_u = 4,75 kWh, próg 70% pojemności użytkowej, L_E = 15,0 MWh, T_gw = 10 lat, RTE = 95% (wartość zastępcza), P_netto = 3000,00 zł.

Wielkość	P1 (n = 200)	P3 (n = 550)
p_u, wzór (1)	70% (próg od pojemności użytkowej, przyjmowany wprost)	70%
SoH_śr, wzór (2)	(100% + 70%) / 2 = 85%	85%
E_rok, wzór (3)	200 × 4,75 × 0,85 = 807,5 kWh	550 × 4,75 × 0,85 = 2220,6 kWh
L_E / E_rok	15 000 / 807,5 = 18,6 roku	15 000 / 2220,6 = 6,8 roku
T, wzór (4)	10 lat (warunek wiążący: czas)	6,8 roku (warunek wiążący: energia)
E, wzór (5)	807,5 × 10 = 8075 kWh	15 000 kWh
Koszt strat	8075 × (1/0,95 − 1) × 0,50 = 212,5 zł	15 000 × (1/0,95 − 1) × 0,50 = 394,7 zł
KEG, wzór (6)	(3000,00 + 212,5) / 8075 = 0,398 zł/kWh	(3000,00 + 394,7) / 15 000 = 0,226 zł/kWh

9. Analiza wrażliwości

Dla produktów z dopiskiem „brak limitu w gwarancji” sprawdza się wynik przy typowym limicie, równym medianie limitów zapisanych w gwarancjach (3,1 MWh na kWh pojemności użytkowej). W wariancie P2 wynik praktycznie się nie zmienia, a w P3 rośnie o 45 do 47%, przy okresie ochrony około 6,6 roku. Wyjątkami są produkt z krótszą, 5-letnią gwarancją, którego ochronę i tak kończy wcześniej czas, oraz produkt objęty regułą 4, dla którego okres pełnej ochrony jest niewiele dłuższy od 6,6 roku, więc wynik rośnie tylko o około 5%.

Produkt	Zmiana KEG P3 przy typowym limicie	T przy typowym limicie	Warunek wiążący
Produkt A	bez zmian	5,0 roku	czas (gwarancja 5-letnia)
Produkt B	ok. +5%	6,6 roku	energia
Produkt C	ok. +45%	6,6 roku	energia
Produkt D	ok. +47%	6,6 roku	energia
Produkt E	ok. +47%	6,6 roku	energia

Wyniki publikowane w tabelach liczy się wyłącznie z dokumentów; typowego limitu nie przypisuje się producentowi, który go nie podał.

10. Ograniczenia

- Liniowy model starzenia i warianty P1, P2, P3 to uproszczenia jednakowe dla wszystkich produktów.
- Ceny pochodzą z jednego momentu zbierania danych.
- Tam, gdzie gwarancja nie podaje limitu energii albo progu końcowego, wynik opiera się na wartościach zastępczych, a nie na zobowiązaniu producenta.
- Niezależnie od gwarancji producenta obowiązuje ustawowa odpowiedzialność sprzedawcy za zgodność towaru z umową.

Ważne informacje i zastrzeżenia

Niniejszy dokument został przygotowany przez Envalis wyłącznie w celach informacyjnych i nie stanowi rekomendacji zakupowej ani inwestycyjnej, porady prawnej ani podatkowej, ani gwarancji osiągnięcia jakiegokolwiek wyniku. Obliczenia opierają się na dokumentach gwarancyjnych, kartach katalogowych i formularzach producentów oraz na cenach zebranych przez redakcję e-magazyny.pl; Envalis nie prowadzi niezależnej weryfikacji technicznej urządzeń. Wyniki mają charakter modelowy i zależą od założeń opisanych w dokumencie; rzeczywisty koszt energii z konkretnego magazynu może się od nich istotnie różnić. Metodyka i modele obliczeniowe Envalis pozostają własnością intelektualną Envalis. Dokument odzwierciedla stan wiedzy na dzień sporządzenia i podlega prawu Rzeczypospolitej Polskiej.