

# Fotovoltaico ed economicità

Webinar Swissolar, 23.4.2024  
Claudio Caccia, Swissolar

1. Calcoli di economicità: quali fattori influenzano l'economicità? In che modo?
2. Come si può calcolare l'economicità per un impianto?

# 1

# Calcoli di economicità

## Investimento (*Capital Expenditure, CAPEX*)

- Potenza installata(kW)
- Prezzo specifico dell'impianto (CHF/kW)
  - Disponibilità dei prodotti, domanda/offerta, prezzi delle materie prime
  - Superficie sulla quale viene installato l'impianto
  - Requisiti estetici
  - Grandezza dell'impianto
- Incentivi una tantum
- Tasso d'interesse (%) (effettivo o ipotetico)
- Ammortamento, modalità di rimborso, tempo di funzionamento

*Nota: per la progettazione del fotovoltaico, spesso come parametro di riferimento si usa il costo specifico (CHF/kW). Altri stakeholder (in particolare architetti e alcuni investitori), calcolano invece in CHF/m<sup>2</sup>.*

## Parametri rilevanti per l'economicità (2)

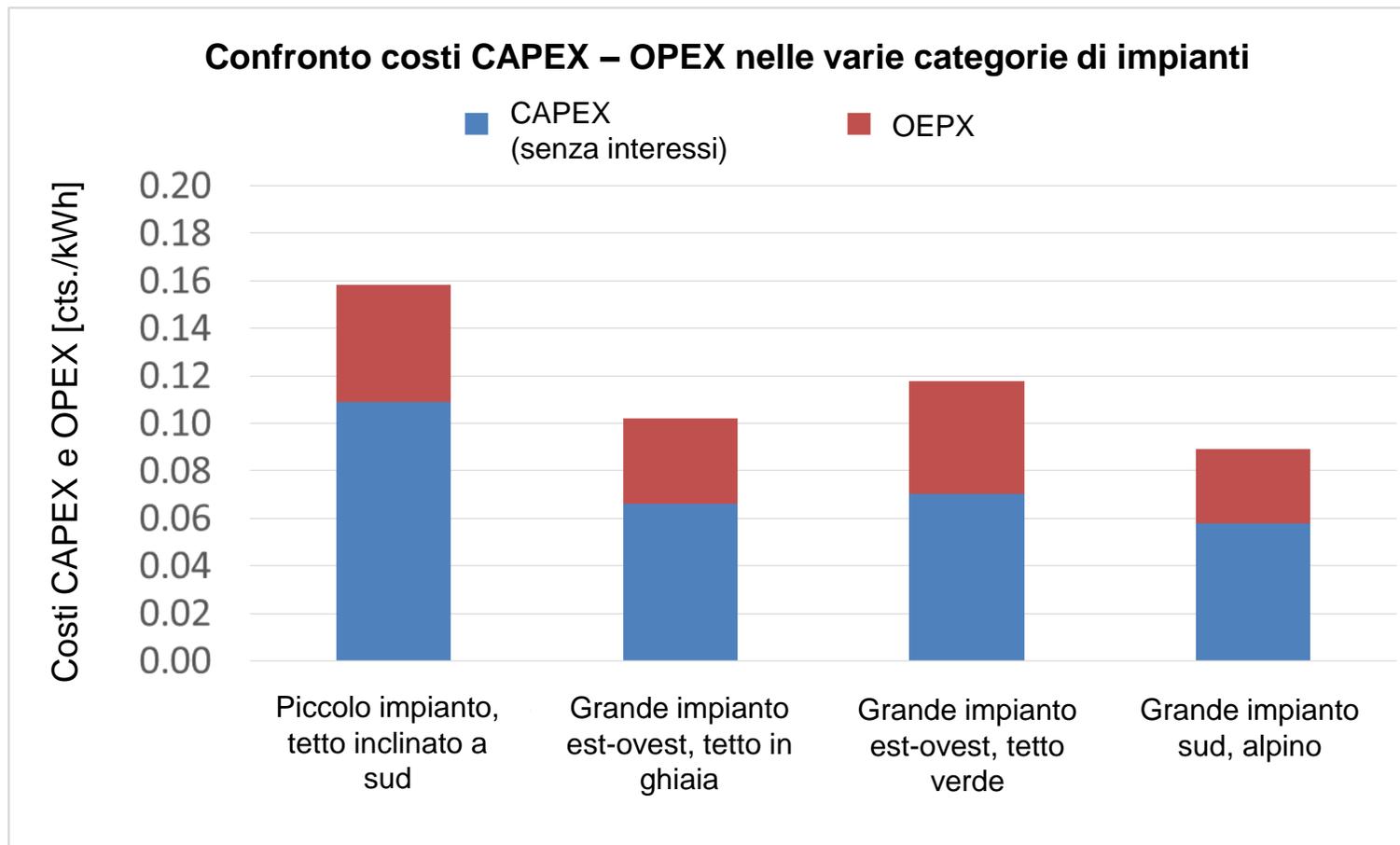
### Spese di gestione e manutenzione (*Operational Expenditure, OPEX*)

- Monitoraggio
- Manutenzione, Riparazioni
- Pulizia / Crescita vegetazione
- Danni della natura
- Furto, sabotaggio
- Estensioni di garanzia
- Aggiornamenti tecnici (ad es. software di comunicazione)
- Certificazioni di sicurezza regolari
- Assicurazioni
- Tasse
- Costi del contatore (noleggio, ecc.)
- Comunicazione
- Controlli periodici
- Gestione, amministrazione
- Affitto di tetti/spazi (contracting)
- Costi di manutenzione della rete (ad es. trasformatore)

### Rilevanti per la resa di un impianto fotovoltaico (lorda)

- Potenza installata
- Insolazione
- Performance Ratio
  - Efficienza, comportamento con scarsa luminosità e a carico parziale
  - Degrado dei moduli nel tempo
  - Sporczia, vegetazione, ombreggiamenti
  - Temperatura ambiente
  - Effetto albedo
- Tariffa di ripresa per la corrente immessa in rete → entrate dalla vendita di elettricità
- Quota di consumo proprio → risparmio per l'energia che non si deve acquistare

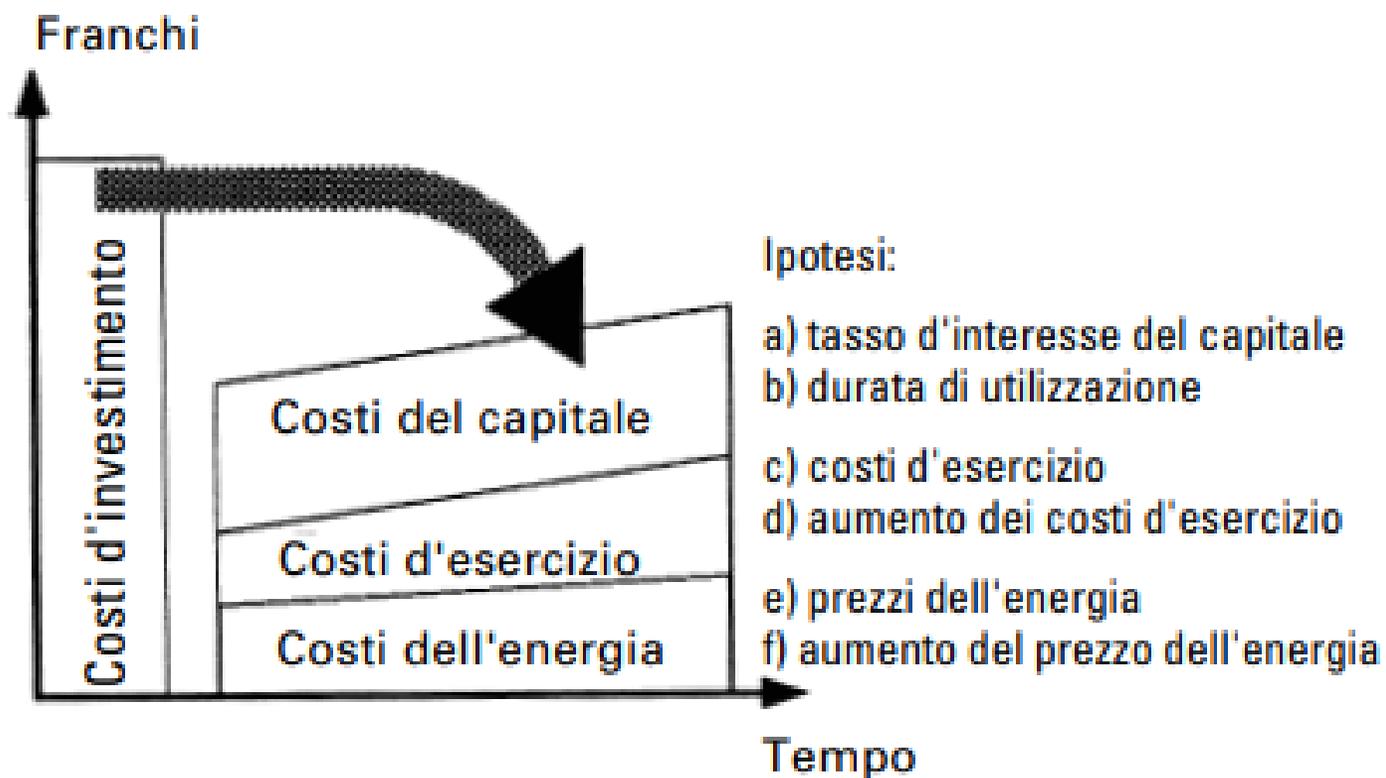
- Tasse
  - Imposta sul valore aggiunto
  - Imposta sul reddito (rilevante per privati che ricevono la RIC)
  - Imposta sugli utili (rilevanti per le ditte che ricevono la RIC)
- Rincaro
- Fluttuazioni delle valute (per investimenti all'estero)
- Possibili costi di smantellamento (possono anche essere conteggiati in CAPEX o OPEX)



- Fattori d'influenza:
- Dimensioni dell'impianto
  - Tipo di montaggio
  - Ubicazione (resa)
  - Performance Ratio
  - Necessità e frequenza di manutenzione

# Fondamenti e terminologia della matematica finanziaria

Principio: trasformare una spesa iniziale in un costo fisso annuo (teorico)



## Introduzione: interesse e interesse composto

Se io oggi spendo CHF 100.-, mi costa di più rispetto a spendere CHF 100.- tra 10 anni, perchè per 10 anni potrei investire quel denaro.

Con un impianto fotovoltaico, l'intero investimento viene fatto al momento dell'installazione dell'impianto. Tuttavia, i ricavi sono distribuiti nel corso degli anni di funzionamento.

Non è quindi sufficiente dividere i costi di investimento per il ricavo dell'elettricità per determinare i costi di produzione. Per determinare il prezzo di produzione dell'elettricità si può far capo a diversi metodi di matematica finanziaria.

# Metodo dell'annualità

Il metodo dell'annualità determina l'importo (l'annualità)  $ANF$  che deve essere recuperato annualmente per rimborsare un debito ( $BW$ ). Nel calcolo vengono presi in considerazione sia gli interessi (tasso d'interesse  $z$ ) che il rimborso del capitale.

$$ANF = BW \cdot \frac{(1 + z)^T \cdot z}{(1 + z)^T - 1}$$

In Excel:  $ANF=RATA(z, T, -BW)$



**Tabella A: fattori di annualità**

Durata di utilizzazione in anni	Tasso d'interesse del capitale											
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	15%	20%
1	1,010	1,020	1,030	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100	1,150	1,200
2	0,508	0,515	0,523	0,530	0,538	0,545	0,553	0,561	0,568	0,576	0,615	0,655
3	0,340	0,347	0,354	0,360	0,367	0,374	0,381	0,388	0,395	0,402	0,438	0,475
4	0,256	0,263	0,269	0,275	0,282	0,289	0,295	0,302	0,309	0,315	0,350	0,386
5	0,206	0,212	0,218	0,225	0,231	0,237	0,244	0,250	0,257	0,264	0,298	0,334
6	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,203	0,210	0,216	0,223	0,230	0,264	0,301
7	0,149	0,155	0,161	0,167	0,173	0,179	0,186	0,192	0,199	0,205	0,240	0,277
8	0,131	0,137	0,142	0,149	0,155	0,161	0,167	0,174	0,181	0,187	0,223	0,261
9	0,117	0,123	0,128	0,134	0,141	0,147	0,153	0,160	0,167	0,174	0,210	0,248
10	0,106	0,111	0,117	0,123	0,130	0,136	0,142	0,149	0,156	0,163	0,199	0,239
11	0,096	0,102	0,108	0,114	0,120	0,127	0,133	0,140	0,147	0,154	0,191	0,231
12	0,089	0,095	0,100	0,107	0,113	0,119	0,126	0,133	0,140	0,147	0,184	0,225
13	0,082	0,088	0,094	0,100	0,106	0,113	0,120	0,127	0,134	0,141	0,179	0,221
14	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,136	0,175	0,217
15	0,072	0,078	0,084	0,090	0,096	0,103	0,110	0,117	0,124	0,131	0,171	0,214
16	0,068	0,074	0,080	0,086	0,092	0,099	0,106	0,113	0,120	0,128	0,168	0,211
17	0,064	0,070	0,076	0,082	0,089	0,095	0,102	0,110	0,117	0,125	0,165	0,209
18	0,061	0,067	0,073	0,079	0,086	0,092	0,099	0,107	0,114	0,122	0,163	0,208
19	0,058	0,064	0,070	0,076	0,083	0,090	0,097	0,104	0,112	0,120	0,161	0,206
20	0,055	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087	0,094	0,102	0,110	0,117	0,160	0,205
25	0,045	0,051	0,057	0,064	0,071	0,078	0,086	0,094	0,102	0,110	0,155	0,202
30	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073	0,081	0,089	0,097	0,106	0,152	0,201
35	0,034	0,040	0,047	0,054	0,061	0,069	0,077	0,086	0,095	0,104	0,151	0,200
40	0,030	0,037	0,043	0,051	0,058	0,066	0,075	0,084	0,093	0,102	0,151	0,200
50	0,026	0,032	0,039	0,047	0,055	0,063	0,072	0,082	0,091	0,101	0,150	0,200

## Metodo dell'annualità: Esempio

Un impianto fotovoltaico da 8 kWp costa  $BW = CHF\ 20'000.-$ . Con un tasso di interesse di  $z = 4\%$  e un periodo di ammortamento di  $T = 25\ anni$  la rendita ammonta a:

$$ANF = 20'000 \cdot \frac{(1 + 0.04)^{25} \cdot 0.04}{(1 + 0.04)^{25} - 1} = 1'280.2\ CHF$$

In Excel: `=RATA(0.04; 25; -20000) = 1'280.2`

L'impianto fotovoltaico deve quindi generare 1'280.20 CHF all'anno per ammortizzarsi. **ATTENZIONE:** La manutenzione non viene presa in considerazione e deve essere aggiunta a questo dato.

# Calcolo dei ricavi e dei costi di produzione dell'elettricità

I metodi di matematica finanziaria presentati consentono la corretta valutazione dei costi e ricavi futuri. In particolare, sono due i metodi maggiormente utilizzati per valutare l'economicità di un impianto fotovoltaico :

1. Metodo dell'annualità
2. Piano del flusso di cassa

Nel piano del flusso di cassa, la manutenzione, gli interessi e i debiti vengono calcolati annualmente in una tabella che, rispetto al metodo dell'annualità, permette una rappresentazione più dettagliata dell'economicità.

# Ipotesi dei costi di investimento

SOQ- Gruppo principale	Impianti <10 kWp	Impianti <30kWp	Impianti <100 kWp	Impianti >100 kWp
100 Moduli FV	19 %	25 %	30 %	32 %
200 Sistema di montaggio FV	10 %	12%	12 %	10 %
300 Dispositivi di allacciamento	11 %	9 %	8 %	9 %
400 Installazione DC	60 %	54 %	50 %	49%
500 Installazione AC				
600 Prep. cantiere, progettazione				
700 Lavori di costruzione				
800 Servizi				
<b>Costi specifici [CHF/kWp]</b>	<b>2'500 – 3'500</b>	<b>1'900 – 2'500</b>	<b>1'250 – 1'750</b>	<b>700 – 1'500</b>

Fonte: rapporto UFE: Photovoltaikmarkt- Beobachtungsstudie 2019

- Spesso per il finanziamento di un impianto fotovoltaico si fa capo ad un prestito. I costi sul capitale sono gli interessi da pagare annualmente per l'importo ricevuto in prestito.
- Se l'impianto è finanziato completamente tramite capitale proprio, i costi sul capitale sono la perdita di reddito che si sarebbe potuto generare.
- Calcoli misti (capitale proprio e capitale di terzi) sono possibili
- Tassi d'interesse tipici:
  - Aziende, prima: 5% - 10%
  - Aziende, attualmente: 2% - 6% (?)
  - Privati, prima: 3% - 6%
  - Privati, attualmente: 0% - 2% (?)

- Costi di manutenzione per un impianto fotovoltaico
- Solitamente i costi di manutenzione vengono calcolati in funzione alla resa elettrica dell'impianto. Valori realistici potrebbero essere
  - Piccoli impianti: 3-8 ct. / kWh
  - Impianti di media grandezza: 4-7 ct. / kWh
  - Grandi impianti: 2-5 ct. / kWh
- In alternativa, è possibile effettuare una previsione individuale anno per anno (es. sostituzione dell'inverter nell'anno 10)
- I costi di manutenzione possono essere soggetti a inflazione

# Costo di produzione dell'elettricità con il metodo dell'annualità

I costi di produzione dell'elettricità (Levelized Cost of Electricity, LCOE) sono un importante parametro per valutare l'economicità di un impianto fotovoltaico. Sono espressi in CHF per kWh.

Calcolo con il metodo dell'annualità:

1. Calcolo dell'annualità
2. Aggiunta dei costi operativi annui: costi totali annui = annualità + costi operativi
3. LCOE: costi annui divisi per la resa energetica annua

# Costo di produzione dell'elettricità con il metodo dell'annualità

## Semplice esempio di calcolo (ipotesi)

Potenza impianto: 5 kWp  
Resa annua: 4'500 kWh  
Durata di vita dell'impianto: 30 anni

Costi d'investimento: 10'000 CHF  
Deduzione RU – 3'400 CHF  
Costi netti 6'600 CHF  
Calcolo del tasso di interesse: 2%

Costi di manutenzione: 3 ct./kWh

## Tabella delle annualità (fattore di annualità in %)

Tasso di interesse annuo	0	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
Tempo di funzionamento, in anni						
20	5.00	5.54	6.12	6.72	7.36	8.02
25	4.00	4.54	5.12	5.74	6.40	7.10
30	3.33	3.87	<b>4.46</b>	5.10	5.78	6.51

Vedi tabelle p. 21 pubblicazione «Ravel è conveniente» <https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/news-und-medien/publikationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvaXQvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMjQ0Nw==.html>

# Costo di produzione dell'elettricità con il metodo dell'annualità

## Semplice esempio di calcolo

### 1. Calcolo dell'annualità:

$$ANF = 6'600 \cdot \frac{\overbrace{(1 + 0.02)^{30} \cdot 0.02}^{ANF=4.46}}{(1 + 0.02)^{30} - 1} = 294.69 \text{ CHF}$$

### 2. Aggiunta dei costi di manutenzione

$$294.69 \text{ CHF} + 4'500 \text{ kWh} \cdot 0.03 \frac{\text{CHF}}{\text{kWh}} = 429.69 \text{ CHF}$$

### 3. Divisione per la resa energetica media

$$= \frac{429.69 \text{ CHF}}{4'500 \text{ kWh}} = 0.0955 \frac{\text{CHF}}{\text{kWh}}$$

Tutti i ricavi e i costi dell'impianto fotovoltaico vengono riassunti in una tabella di calcolo. Per ogni posizione viene utilizzata una colonna. Le colonne sono:

- Ricavi dalla vendita di elettricità
- «Ricavi» dai risparmi o dalla rivendita di energia solare agli inquilini
- Costi per l'acquisto di elettricità
- Costi di esercizio e manutenzione
- IVA – Imposta sul valore aggiunto
- Costi del capitale proprio (interessi)
- Costi del capitale di terzi (interessi)
- Ammortamenti (rimborso del capitale proprio e di terzi)
- Incasso di incentivi

# Esempio del piano del flusso di cassa (inserimento dati) – Swissolar



## Dati dell'impianto per un impianto fotovoltaico di 5 kWp

Categoria dell'impianto	annesso	
Potenza nominale dell'impianto	5	kWp
Durata di vita dell'impianto	30	anni
Periodo remunerazione (valido dal periodo messa in funzione)	15	anni
resa energetica annua specifica	950	kWh/kWp (senza degrado)
Degrado (lineare)	85	% della potenza iniziale
costi specifici di gestione e manutenzione	0.03	SFr./kWh (IVA incl.)
Resa dopo <input type="text" value="30"/> anni		

## Investimento e incentivi per un impianto fotovoltaico di 5 kWp

Somma d'investimento	10'000	SFr.	(IVA escl.)
Promozione degli investimenti diretto	-	0	SFr.
rimunerazione unica	-	3'400	SFr.
termine di pagamento remunerazione unica		3	anni

## Struttura del capitale per un impianto fotovoltaico di 5 kWp

Capitale proprio	5'000	SFr.	Durata	30	anni	Tasso d'int. del capitale	2.00%
Capitale di terzi 1	5'000	SFr.	Durata	5	anni	Tasso d'int.	1.00%

## Tariffa remunerazione:

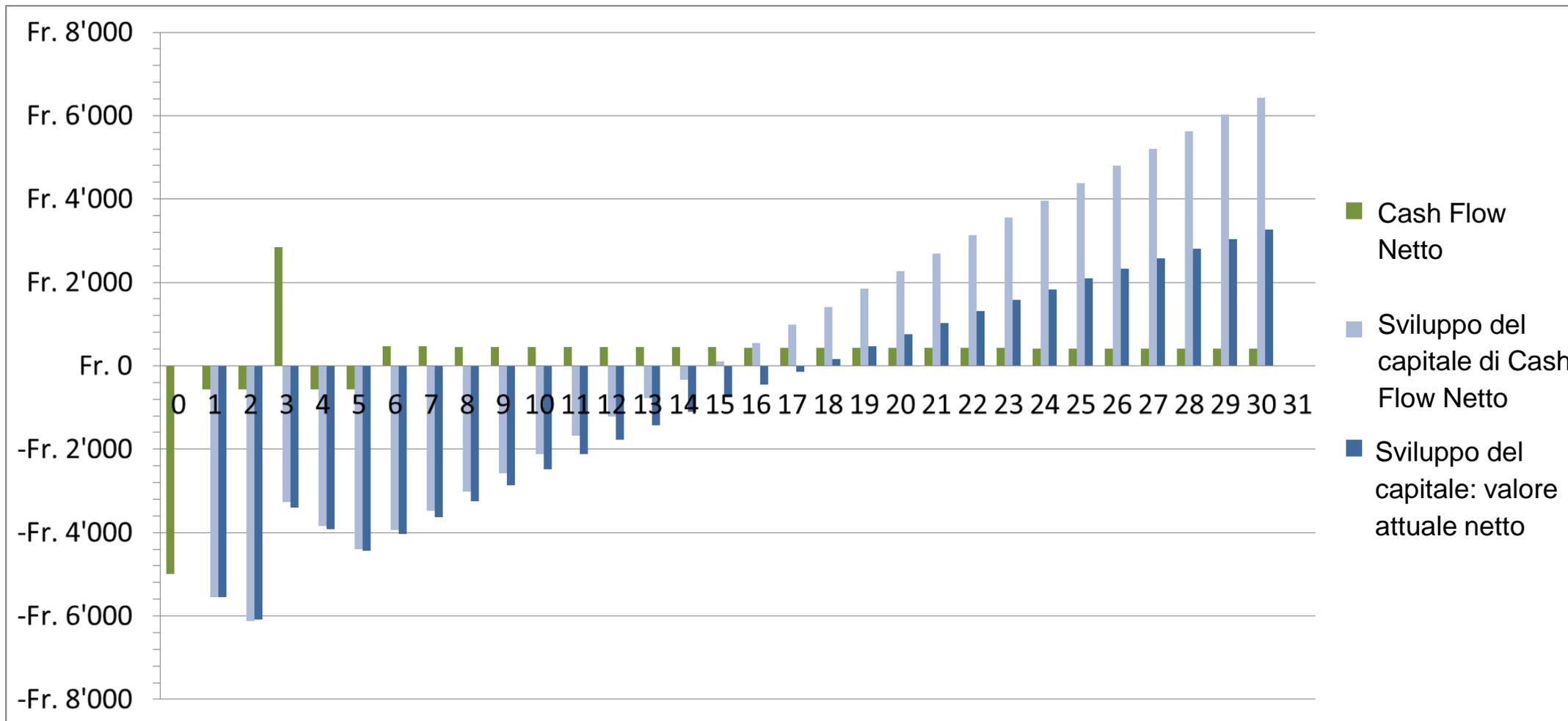
tariffa di ripresa	<input type="text" value="0.1000"/>	SFr./kWh (IVA incl.)	tariffa acquisto	<input type="text" value="0.2000"/>	SFr./kWh (IVA escl.)	Grado di autoconsumo	<input type="text" value="30%"/>
--------------------	-------------------------------------	----------------------	------------------	-------------------------------------	----------------------	----------------------	----------------------------------

[https://www.swissolar.ch/fileadmin/user\\_upload/Bauherren/2021-02-10\\_Wirtschaftlichkeits-Rechner\\_it.xlsx](https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Bauherren/2021-02-10_Wirtschaftlichkeits-Rechner_it.xlsx)

# Esempio del piano del flusso di cassa (tabella)

Anno	Resa energetica annua	Ricavi	risparmio sull'energia acquistata	Gestione & manutenzion e	Cash Flow netto	Valore attuale netto Cash Flow (VAN)	Sviluppo del capitale Cash Flow netto	Sviluppo del capitale VAN
	[kWh]	[SFr.]	[SFr.]	[SFr.]	[SFr.]	[SFr.]	[SFr.]	[SFr.]
<b>0</b>					-Fr. 5'000	-Fr. 5'000		
<b>1</b>	4'738	Fr. 249	Fr. 213	Fr. 107	Fr. 344	Fr. 338	-Fr. 4'656	-Fr. 4'662
<b>2</b>	4'714	Fr. 330	Fr. 283	Fr. 141	-Fr. 573	-Fr. 551	-Fr. 5'229	-Fr. 5'213
<b>3</b>	4'691	Fr. 328	Fr. 281	Fr. 141	-Fr. 576	-Fr. 542	-Fr. 5'804	-Fr. 5'756
<b>4</b>	4'667	Fr. 327	Fr. 280	Fr. 140	Fr. 2'822	Fr. 2'607	-Fr. 2'982	-Fr. 3'149
<b>5</b>	4'643	Fr. 325	Fr. 279	Fr. 139	-Fr. 580	-Fr. 525	-Fr. 3'563	-Fr. 3'674
<b>6</b>	4'619	Fr. 323	Fr. 277	Fr. 139	-Fr. 582	-Fr. 517	-Fr. 4'145	-Fr. 4'191
<b>7</b>	4'596	Fr. 322	Fr. 276	Fr. 138	Fr. 445	Fr. 388	-Fr. 3'700	-Fr. 3'804
<b>8</b>	4'572	Fr. 320	Fr. 274	Fr. 137	Fr. 443	Fr. 378	-Fr. 3'256	-Fr. 3'425
<b>9</b>	4'548	Fr. 318	Fr. 273	Fr. 136	Fr. 441	Fr. 369	-Fr. 2'816	-Fr. 3'056
<b>10</b>	4'524	Fr. 317	Fr. 271	Fr. 136	Fr. 439	Fr. 360	-Fr. 2'377	-Fr. 2'697
<b>11</b>	4'501	Fr. 315	Fr. 270	Fr. 135	Fr. 436	Fr. 351	-Fr. 1'941	-Fr. 2'346
<b>12</b>	4'477	Fr. 313	Fr. 269	Fr. 134	Fr. 434	Fr. 342	-Fr. 1'507	-Fr. 2'004
<b>13</b>	4'453	Fr. 312	Fr. 267	Fr. 134	Fr. 432	Fr. 334	-Fr. 1'075	-Fr. 1'670
<b>14</b>	4'429	Fr. 310	Fr. 266	Fr. 133	Fr. 429	Fr. 325	-Fr. 646	-Fr. 1'345
<b>15</b>	4'406	Fr. 308	Fr. 264	Fr. 132	Fr. 427	Fr. 317	-Fr. 219	-Fr. 1'028
<b>16</b>	4'383	Fr. 307	Fr. 263	Fr. 131	Fr. 425	Fr. 309	-Fr. 205	-Fr. 719

# Esempio del piano del flusso di cassa (grafico)



Swissolar- Wirtschaftlichkeitsrechner

# Risultati del piano del flusso di cassa

<b>Ø Resa energetica annua</b>		<b>4'528 kWh/anno</b>
Ø Ricavo annuo		307 SFr./anno
Ø risparmio sull'energia acquistata	+	263 SFr./anno
Ø IVA sul fatturato	-	24 SFr./anno
Ø IVA precedente	+	10 SFr./anno
Ø Spese di gestione	-	132 SFr./anno
Ø Costo del capitale proprio	-	77 SFr./anno
Ø Costo del capitale di terzi	-	172 SFr./anno
Ø Ricavo netto		176 SFr./anno
<b>Valore attuale netto (VAN - NPV)</b>	(valore attuale netto)	<b>2'934 SFr.</b>
<b>Payback</b>	(tempo di ammortamento)	<b>18 anni</b>
<b>costo al kWh</b>	(costi di produzione)	<b>0.087 SFr./kWh</b>

## Calcolatore solare

<https://www.swissolar.ch/it/offerta/strumenti/calcolatore-solare>

1 Luogo / Tecnologia

Inserisci l'indirizzo o il codice postale ...  
Si prega di inserire l'indirizzo

Calore solare  
 Fotovoltaico

Dimension. automatico

2 Abitanti della casa / Sistema

Abitanti della casa

Sistema

3 Orientamento / Inclinazione

Orientamento dei moduli   
sud

Angolo inclinazione tetto

4 Dimensionamento dell'impianto

Eingabeschritte   
24 m²

Potenza in facciata   
26 m²

Batteria

Start   Dati mensili   Rapporto PDF

Altri parametri   Calcolo redditività   Professionisti del Solare

Dati meteo di riferimento

**Risultati simulazione**

Produzione totale di elettricità

Elettricità solare utilizzata direttamente

Parte consumo proprio

Elettricità solare immessa in rete

Costo dell'installazione chiavi in mano

Senza incentivi

Tempo di ammortamento dell'impianto -

**Corso dell'anno**

kWh



G F M A M G L A S O N D

PV ed economicità | Webinar, 23.4.2024 | Claudio Caccia

27

Investire nel fotovoltaico era, è e rimane interessante perché

- L'elettricità prodotta dal fotovoltaico, a conti fatti (incentivi diretti, deduzioni fiscali, ecc.) è decisamente meno cara (considerando tasse, contributi, tasse di rete, ecc.) di quella acquistabile dai GRd (le aziende elettriche)
- Ogni kWh di autoconsumo genera un beneficio economico diretto (risparmio dall'energia che non bisogna acquistare)
- L'elettricità autoprodotta diventerà sempre più interessante grazie
  - agli sviluppi tecnologici (impiantistica edifici, smart grid ready, ottimizzazione autoconsumo, veicoli elettrici, carica bidirezionale, ecc.)
  - alle condizioni quadro attuale e soprattutto quelle future (CEL, RCP virtuali, obbligo per i GRD di commercializzare almeno il 75% di el. da rinnovabili)

(Ritornare a) dimensionare gli impianti secondo l'ipotetico autoconsumo attuale non è intelligente ne conveniente, per vari motivi

- Economia di scala, parte dei costi fissi
- Evoluzione dimensioni e potenza dei moduli
- Sviluppi a livello di CEL e RCP virtuali
- Sviluppi a livello di futuri fabbisogni elettrici
- Sviluppi a livello di futura regolazione dell'immissione in rete

Ricordiamoci da «dove veniamo»: pochi decenni fa 1 kWh di elettricità fotovoltaica costava 1 CHF/kWh!!!

Ci sono, come negli anni prima del 2022, moltissimi argomenti validi da esporre ai potenziali committenti per accompagnarli e convincerli, dati e cifre alla mano, con competenza, professionalità e correttezza e lungimiranza. che l'energia fotovoltaica è conveniente!

*«When the going gets tough, the tough gets going»  
(Quando il gioco si fa duro, i duri cominciano a giocare)*

**Grazie per l'attenzione!**



Internet