

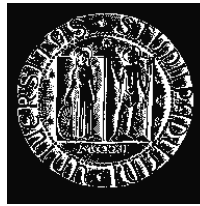
**BOT, CCT.... o RISPARMIO ENERGETICO**

Aula Magna I.T.I.S. A. Rossi

8 ottobre 2007

**INVESTIMENTI IN RISPARMIO  
ENERGETICO vs. BOT E CCT  
Valutazione economica e finanziaria**

Renato Lazzarin



Dipartimento di Tecnica e Gestione dei  
Sistemi industriali

**I PRESUPPOSTI TEORICI**

L'ipotesi base dell'analisi economica è che il valore economico rifletta le preferenze individuali.

Fra queste viene dato per acquisito che benefici e costi pesano diversamente a seconda dell'istante temporale cui si riferiscono rispetto al presente.

In particolare costi o benefici più lontani nel tempo hanno via via una minore importanza.

*A priori non si può dire se un individuo preferisca un uovo oggi o una gallina domani, ma sicuramente che preferisce un uovo oggi a un uovo domani!*

La diversa pesatura del costo o del beneficio futuri rapportato al presente viene attuata con un'operazione chiamata **sconto** attraverso un valore caratteristico: il **tasso di sconto**.

Si esaminerà fra poco come si sceglie il tasso di sconto e come si effettua la pesatura.

È il caso di considerare rapidamente le motivazioni della preferenza descritta.

Posso disporre di 1 € subito oppure fra un anno (ammesso che sia ancora in vita - *ferro!* - e quell'euro ci sia ancora).

Implicitamente sono state già fornite due ragioni per effettuare lo sconto.

Ancora bisogna ricordare che un capitale presenta una produttività: l'investimento di 1 € può generare fra un anno un importo maggiore, ad esempio 1,2 €. L'investimento può anche andare male e questo giustifica un tasso di sconto legato al rischio.

Inoltre esiste un'aspettativa di miglioramento del tenore di vita con un aumento del reddito che rende minore l'utilità di 1 € fra un anno, con precisione si dice che 1 € ha un'utilità marginale decrescente nel tempo.

La situazione più semplice si ha quando l'interesse totale è direttamente proporzionale all'importo iniziale, al tasso di interesse e al numero dei periodi:

$$I = PNi$$

Interesse e tasso di interesse sono allora definiti *semplici*.

Il calcolo si può riferire sia a multipli del periodo di interesse che a sottomultipli.

Si calcoli ad esempio l'interesse che compete ad un prestito di 1000 € al 10% annuo per un periodo di 137 giorni:

$$I = 1000 \times \frac{137}{365} \times 0,10 = 37,53$$

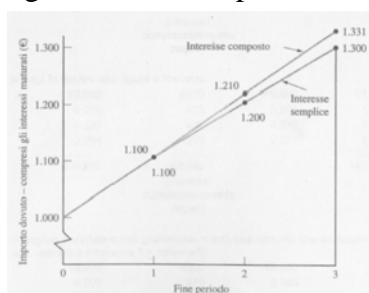
A volte si utilizza l'anno commerciale di 360 giorni, con mesi eguali di 30 giorni ciascuno.

Assai più spesso si fa ricorso all'interesse composto: l'interesse addebitato in un periodo si computa sul capitale prestato più gli interessi accumulati fino all'inizio del periodo.

Esempio di composizione di un importo iniziale di 1000 € al 10% su di un periodo di 5 anni:

Periodo	Importo dovuto all'inizio del periodo	Interessi maturati nel periodo	Importo dovuto alla fine del periodo
1	1000	100	1100
2	1100	110	1210
3	1210	121	1331
4	1331	133,1	1464,1
5	1464,1	146,41	1610,51

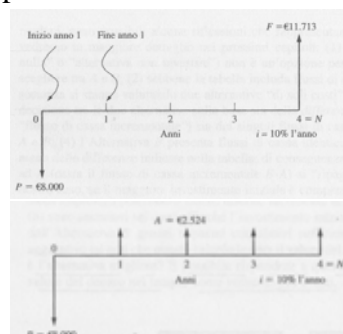
La composizione degli interessi comporta una crescita degli stessi:



I calcoli vengono facilitati da alcuni formalismi e posizioni:

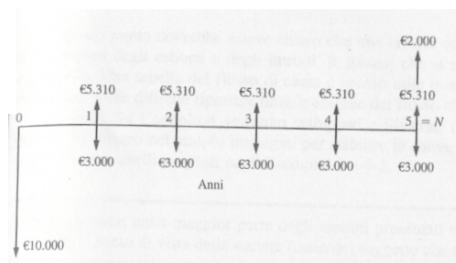
- $i$  = tasso di interesse composto effettivo per periodo;
- $N$  = numero dei periodi di composizione;
- $P$  = somma *presente*: valore equivalente di un flusso di cassa in un punto di riferimento definito come *presente*;
- $F$  = somma *futura*: valore equivalente di un flusso di cassa in un punto di riferimento definito come *futuro*;
- $A$  = pagamento singolo di una serie di  $N$  pagamenti eguali, effettuati ciascuno alla fine degli  $N$  periodi.

Spesso diagrammi di flusso di cassa rendono più agevole l'analisi. In questi l'ascissa rappresenta la scala temporale mentre le frecce rappresentano i flussi di cassa



### Costruzione di un diagramma di flusso di cassa

Un'azienda prevede un investimento iniziale di 10.000 € ricavi annuali di 5310 €/anno per 5 anni con un valore di mercato dell'apparecchiatura alla fine del 5° anno di 2.000 €. I costi annuali di funzionamento e manutenzione sono di 3000 € per ciascun anno. Il diagramma di flusso è il seguente:



# IL METODO DI CALCOLO

## Calcolo dell'interesse per flussi di cassa singoli

Trovare il valore futuro  $F$  di una somma presente  $P$  dato il tasso di interesse  $i$  per periodo:

dopo un periodo la somma aumenterà a

$$P + Pi = P(1 + i)$$

dopo due periodi a

$$P(1 + i)(1 + i) = P(1 + i)^2$$

alla fine di  $N$  periodi si ha dunque:

$$F = P(1 + i)^N$$

Il fattore  $(1 + i)^N$  viene chiamato fattore di capitalizzazione composto per un singolo pagamento.

Trovare il valore presente  $P$  di una somma futura  $F$  dato il tasso di interesse  $i$  per periodo.

Il valore presente di una somma  $F$  fra un anno è pari a:

$$P = \frac{1}{1+i} F$$

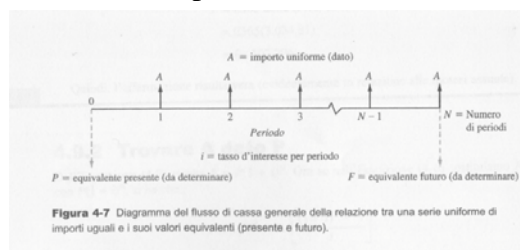
Dopo  $N$  periodi è pari ovviamente a:

$$P = \frac{F}{(1+i)^N}$$

### Interesse per serie di pagamenti uguali

Si abbia un flusso di cassa caratterizzato da una serie di somme uguali ciascuna di importo  $A$  che hanno luogo alla fine di ogni periodo per  $N$  periodi con un tasso di interesse pari a  $i\%$  per periodo. L'ammontare di ogni somma viene designato a seconda dei casi come annualità o rata. Si ha che:

- il valore presente  $P$  precede il primo  $A$  della serie uniforme esattamente di un periodo;
- il valore futuro  $F$  coincide con l'ultimo  $A$  della serie e quindi è posto  $N$  periodi dopo  $P$ ;
- $A$  si colloca alla fine dei periodi da 1 a  $N$  inclusi.



Trovare il valore futuro  $F$  di un flusso di cassa di  $N$  rate ciascuna pari ad  $A$  alla fine di ciascun periodo ad un tasso  $i$ :  
il valore futuro della prima rata è pari a:

$$F = A(1+i)^{N-1}$$

della seconda rata:

$$F = A(1+i)^{N-2}$$

dell'ultima rata:

$$F = A(1+i)^0$$

Complessivamente:

$$F = A[(1+i)^{N-1} + (1+i)^{N-2} + (1+i)^{N-3} + \dots + (1+i)^1 + (1+i)^0]$$

Si realizza una serie geometrica di ragione  $(1+i)^{-1}$ .

Si deve ricordare che la somma dei primi  $N$  termini di una serie geometrica è:

$$S_N = \frac{a_1 - b a_N}{1 - b} \quad (b \neq 1)$$

Nella formula  $a_1$  è il primo termine della serie e  $a_N$  l'ultimo con ragione  $b$ :

$$F = A \frac{(1+i)^{N-1} - \frac{1}{1+i}}{1 - \frac{1}{1+i}} = A \frac{(1+i)^N - 1}{i}$$

Il fattore  $\frac{(1+i)^N - 1}{i}$  è chiamato *fattore di capitalizzazione composta per una serie di pagamenti uguali*

Trovare il valore presente  $P$  di un flusso di cassa di  $N$  rate ciascuna pari ad  $A$  alla fine di ciascun periodo ad un tasso  $i$ .

Soluzione:

conoscendo il valore futuro  $F$  si ha che:

$$P = \frac{F}{(1+i)^N}$$

ma il valore futuro  $F$  è dato da:

$$F = A \frac{(1+i)^N - 1}{i}$$

In conclusione si ha:

$$P(1+i)^N = A \frac{(1+i)^N - 1}{i}$$

$$P = A \frac{1 - (1+i)^{-N}}{i}$$

Ovviamente le relazioni valgono se

$$i \neq 0$$

Se invece  $i=0$  si ha ovviamente che valore presente e futuro coincidono e sono pari a:

$$P = F = NA$$

Conviene definire una funzione di attualizzazione del valore:

$$FVA(i, N) = \frac{1 - (1+i)^{-N}}{i} \text{ per } i \neq 0$$

$$FVA(0, N) = N$$

Moltiplicando un pagamento o una rendita annuale per la funzione di attualizzazione si ottiene il valore attuale  $P$  di tutti i pagamenti o le rendite, mentre dividendo una somma iniziale per tale funzione si trova l'importo dei pagamenti annuali costanti che estinguono la somma iniziale  $P$  in  $N$  anni.

Il passaggio ad  $F$  si può fare moltiplicando  $P$  per  $(1+i)^N$

**Esempio numerico**

Qual è il valore presente (attuale) di 4 rate di 2415 € ciascuna al tasso di interesse dell'8%?

Soluzione:

$$P = 2415 \times FVA(8\%,4) = 2415 \frac{1 - (1 + 0,08)^{-4}}{0,08} = 8000$$

anno	rata	valore presente della somma versata	Importi versati
1	2415	2236	<b>9662</b>
2	2415	2071	
3	2415	1917	
4	2415	1775	
interesse			
0,08	Valore presente	<b>8000</b>	

**Esempio numerico**

Qual è l'entità di 4 rate uguali ciascuna al tasso di interesse dell'8% con cui ripagare una somma iniziale di 8.000 €?

Soluzione:

$$A = \frac{8000}{FVA(8\%,4)} = \frac{8000}{\frac{1 - (1 + 0,08)^{-4}}{0,08}} = 2415$$

Infatti:

anno	rata	valore presente della somma versata	Importi versati		
1	2415	2236	9662		
2	2415	2071			
3	2415	1917			
4	2415	1775			
interesse				Valore futuro	
0,08	Valore presente	<b>8000</b>			<b>10884</b>

### **Fissazione del tasso di rendimento o del tasso di sconto**

Tutti i metodi che verranno presentati devono partire da un tasso di riferimento per poter misurare il valore di entrate o uscite in denaro in istanti diversi.

Questo tasso di riferimento viene indicato spesso come MARR (*Minimum Attractive Rate of Return*).

Esso dipende principalmente dalla provenienza del capitale e dalle aspettative nei suoi confronti.

Può essere tipicamente il tasso di interesse al quale si può avere a prestito del denaro da una banca.

Può essere anche, disponendo del capitale, l'alternativa più remunerativa disponibile, ad esempio il tasso del certificato di credito o dell'obbligazione che si sarebbe disposti a sottoscrivere.

Sull'entità di questo tasso influisce anche la rinuncia alla liquidità (un CCT si può vendere) ovvero il grado di rischio percepito nei confronti dell'investimento.

La scelta del tasso è in ogni caso fondamentale nel determinare gli esiti dell'analisi economica.

## LA VALUTAZIONE

### Il metodo del valore attuale

Il valore attuale è il valore equivalente di tutti i flussi di cassa rispetto ad un istante di riferimento iniziale.

In altri termini tutte le entrate e le uscite di cassa vengono attualizzate all'istante presente (di solito con il *MARR*) e sommate algebricamente.

L'ipotesi sottesa al metodo è che tutte le somme generate dall'investimento possano essere impiegate diversamente ma sempre con un rendimento pari al *MARR* (costo opportunità).

La determinazione del valore attuale (*Present Worth*) si ottiene mediante il tasso  $i$ , attualizzando gli importi futuri al presente:

$$\begin{aligned} PW(i\%) &= F_0(1+i)^0 + F_1(1+i)^{-1} + F_2(1+i)^{-2} + \dots \\ &\dots + F_k(1+i)^{-k} + \dots + F_N(1+i)^{-N} = \\ &= \sum_{k=0}^N F_k(1+i)^{-k} \end{aligned}$$

Si ipotizza che il tasso di interesse sia costante per tutta la vita del progetto. All'aumentare del tasso quanto più avanti nel tempo si prevede un flusso di cassa, tanto minore sarà il suo valore attuale.

Il progetto risulta conveniente se:

$$PW \geq 0$$

Significa che la somma attualizzata di tutte le entrate e uscite di cassa è positiva.

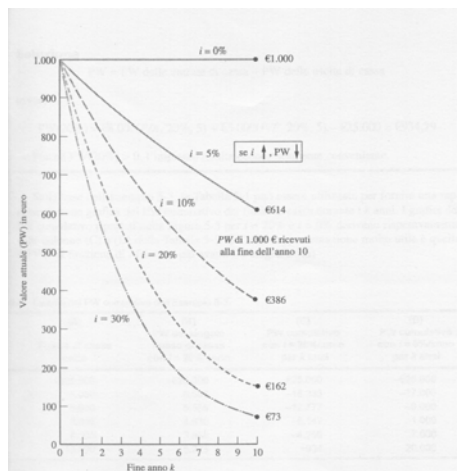


Figura 5-3 PW di una somma di 1.000 € ricevuta in istanti diversi (fine anno  $k$ ) per un tasso d'interesse di  $i\%$  l'anno.

### **Il metodo del periodo di recupero (*payback*)**

Si tratta del tempo per il quale il totale dei ricavi conseguiti pareggia il totale dei costi sostenuti.

Una vita utile dell'impianto al di sotto del periodo di recupero implica una perdita economica. I guadagni si hanno infatti dopo il periodo di pay-back.

Il metodo dà un'indicazione sul periodo di rischio dell'impianto ed è un indice dell'illiquidità dell'investimento.

Il metodo benchè molto popolare perché di semplice interpretazione presenta due gravissimi difetti che ne sconsigliano l'applicazione nelle decisioni di investimento:

- non tiene conto della distribuzione temporale di costi e ricavi nel periodo;
- non tiene conto dell'andamento economico dell'investimento dopo il tempo di recupero.

Il calcolo ha luogo imponendo che:

$$\sum_{k=1}^{\theta} (R_k - E_k) - I = 0$$

Una variante un po' più dignitosa del metodo tiene conto anche del valore del denaro nel tempo:

$$\sum_{k=1}^{\theta} (R_k - E_k) \frac{-(1+i)^{-k}}{i} - I = 0$$

Se i ricavi netti fossero tutti eguali si avrebbe:

$$I = A \frac{-(1+i)^{-N}}{i} \Rightarrow N = -\frac{\ln(1 - i \frac{I}{A})}{\ln(1+i)} \quad \text{per } i < \frac{A}{I}$$

Calcolare il tempo di recupero semplice di un investimento di 25.000 € che produce ricavi netti di 8.000 €/anno.

Il calcolo è semplicemente:

$$\theta = \frac{25.000}{8.000} = 3,125$$

Ad un tasso del 20% si avrebbe invece:

$$N = -\frac{\ln(1 - 0,2 \frac{25.000}{8.000})}{\ln(1 + 0,2)} = 5,38$$

In effetti si esamina la seguente tabella:

anno	flusso di cassa	flusso di cassa cumulativo	PW del flusso di cassa	PW cumulativo al 20%	interesse
0	-25000	-25000	-25000	-25000	20%
1	8000	-17000	6667	-18333	
2	8000	-9000	5556	-12778	
3	8000	-1000	4630	-8148	
4	8000	7000	3858	-4290	
5	8000	15000	3215	-1075	
6	8000		2679	1604	
7	8000		2233	3837	
8	8000		1861	5697	

In molti progetti esistono diverse soluzioni possibili che presentano solitamente investimenti iniziali diversi, come anche diversi ricavi annuali e vite utili.

Un'analisi economica permette di selezionare il progetto più favorevole dal punto di vista economico.

In linea di massima fra alternative ugualmente adatte ad soddisfare un certo obiettivo va selezionata quella che richiede l'investimento iniziale minore, a meno che un'alternativa più onerosa non presenti una giustificazione economica nei benefici aggiuntivi che consente.

Per questo motivo l'alternativa base è quella accettabile con il minimo investimento di capitale. Un investimento aggiuntivo può produrre minori spese di gestione o aumenti della vita utile o altri miglioramenti. La maggiore spesa può essere accettata se si riesce a dimostrare che l'investimento aggiuntivo si ripaga in rapporto ad altre possibilità di investimento.

Frequentemente in campo termotecnico vi sono alternative di soli costi dove i flussi di cassa sono tutti negativi con l'eccezione del solo eventuale valore di recupero. In ogni caso valgono le seguenti regole.

***Quando le diverse alternative presentano ricavi e benefici economici diversi, va scelta quella che massimizza la redditività complessiva.***

***Quando le diverse alternative non presentino ricavi e benefici economici diversi, o in assenza di questi, va scelta quella che minimizza il costo totale.***

Il confronto fra alternative va realizzato in un periodo di tempo indicato come periodo di studio od orizzonte di pianificazione. Il periodo di studio va scelto in modo appropriato alla decisione da prendere.

### **Vite utili uguali al periodo di studio**

Il confronto si basa sul calcolo del valore equivalente di ogni alternativa sulla base dell'investimento totale, scelto  $i = MARR$ . Per alternative di investimento si sceglie quella con valore equivalente positivo maggiore; per alternative di solo costo si sceglie quella con valore equivalente negativo minore.

### ***Esempio applicativo***

*Si considerino le seguenti tre alternative, dato un tasso di sconto del 10% con una vita utile di 10 anni:*

	Alternativa		
	A	B	C
Investimento iniziale	390.000	920.000	660.000
Risparmi di costo annuali	69.000	167.000	133.500

Per il confronto si può fare riferimento indifferentemente al:

- metodo del valore attuale;
- metodo del valore equivalente annuo;
- metodo del valore futuro.

#### **Metodo del valore attuale**

$$PW(10\%)_A = -390.000 + 69.000 \times FVA(10\%,10) =$$

$$-390.000 + 69.000 \times \frac{(1+0,1)^{-10}}{0,1} = 33.975$$

$$PW(10\%)_B = -920.000 + 167.000 \times FVA(10\%,10) =$$

$$-920.000 + 167.000 \times \frac{(1+0,1)^{-10}}{0,1} = 106.148$$

$$PW(10\%)_C = -660.000 + 133.500 \times FVA(10\%,10) =$$

$$-660.000 + 133.500 \times \frac{(1+0,1)^{-10}}{0,1} = 160.304$$

*B* va preferito ad *A* e *C* va preferito a *B*

## GLI ESEMPI NUMERICI

### Analisi primo caso

Fabbricato con pareti e copertura non isolate e serramenti vetro singolo, impianto tradizionale

Sostituzione delle finestre con altre con  $U = 2$

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

3660 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

3217 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

443 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 25 anni

Costo iniziale dell'intervento 7.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 36% su 5 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	0	-7000	0	-7000		-7000	0	-7000
1	-2196	-1930	-2350	-2065	486	-1580	-2264	-8522
2	-2196	-1930	-2514	-2210	468	-1742	-4597	-10139
3	-2196	-1930	-2690	-2365	451	-1914	-7003	-11850
4	-2196	-1930	-2879	-2530	434	-2096	-9482	-13656
5	-2196	-1930	-3080	-2707	418	-2289	-12038	-15555
6	-2196	-1930	-3296	-2897		-2897	-14673	-17871
7	-2196	-1930	-3526	-3099		-3099	-17389	-20258
8	-2196	-1930	-3773	-3316		-3316	-20189	-22719
9	-2196	-1930	-4037	-3549		-3549	-23075	-25256
10	-2196	-1930	-4320	-3797		-3797	-26050	-27871
11	-2196	-1930	-4622	-4063		-4063	-29117	-30567
12	-2196	-1930	-4946	-4347		-4347	-32278	-33345
13	-2196	-1930	-5292	-4651		-4651	-35537	-36210
14	-2196	-1930	-5662	-4977		-4977	-38896	-39162
15	-2196	-1930	-6059	-5325		-5325	-42359	-42206
16	-2196	-1930	-6483	-5698		-5698	-45929	-45343
17	-2196	-1930	-6937	-6097		-6097	-49608	-48578
18	-2196	-1930	-7422	-6524		-6524	-53401	-51912
19	-2196	-1930	-7942	-6981		-6981	-57311	-55348
20	-2196	-1930	-8498	-7469		-7469	-61342	-58891
21	-2196	-1930	-9093	-7992		-7992	-65496	-62543
22	-2196	-1930	-9729	-8552		-8552	-69779	-66307
23	-2196	-1930	-10410	-9150		-9150	-74194	-70188
24	-2196	-1930	-11139	-9791		-9791	-78745	-74188
25	-2196	-1930	-11919	-10476		-10476	-83436	-78312
tasso 3,80%			<b>-83436</b>	<b>-80337</b>		<b>-78312</b>		

Tempo di ritorno dell'investimento circa 15 anni con le deduzioni fiscali.

### Analisi secondo caso

Fabbricato con pareti e copertura non isolate e serramenti vetro singolo, impianto tradizionale

Isolamento pareti e copertura  $U 0,37$ ; serramenti  $U 2$

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

3660 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

1436 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

2224 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 25 anni

Costo iniziale dell'intervento 26.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 55% su 3 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	0	-26000	0	-26000		-26000	0	-26000
1	-2196	-862	-2350	-922	4592	3670	-2264	-22464
2	-2196	-862	-2514	-986	4424	3438	-4597	-19274
3	-2196	-862	-2690	-1055	4262	3207	-7003	-16406
4	-2196	-862	-2879	-1129	0	-1129	-9482	-17379
5	-2196	-862	-3080	-1208	0	-1208	-12038	-18382
6	-2196	-862	-3296	-1293		-1293	-14673	-19416
7	-2196	-862	-3526	-1384		-1384	-17389	-20482
8	-2196	-862	-3773	-1480		-1480	-20189	-21580
9	-2196	-862	-4037	-1584		-1584	-23075	-22712
10	-2196	-862	-4320	-1695		-1695	-26050	-23880
11	-2196	-862	-4622	-1814		-1814	-29117	-25083
12	-2196	-862	-4946	-1940		-1940	-32278	-26323
13	-2196	-862	-5292	-2076		-2076	-35537	-27602
14	-2196	-862	-5662	-2222		-2222	-38896	-28920
15	-2196	-862	-6059	-2377		-2377	-42359	-30278
16	-2196	-862	-6483	-2544		-2544	-45929	-31679
17	-2196	-862	-6937	-2722		-2722	-49608	-33123
18	-2196	-862	-7422	-2912		-2912	-53401	-34611
19	-2196	-862	-7942	-3116		-3116	-57311	-36145
20	-2196	-862	-8498	-3334		-3334	-61342	-37726
21	-2196	-862	-9093	-3568		-3568	-65496	-39356
22	-2196	-862	-9729	-3817		-3817	-69779	-41037
23	-2196	-862	-10410	-4084		-4084	-74194	-42769
24	-2196	-862	-11139	-4370		-4370	-78745	-44555
25	-2196	-862	-11919	-4676		-4676	-83436	-46395
tasso 3,80%			<b>-83436</b>	<b>-58736</b>		<b>-46395</b>		

Tempo di ritorno dell'investimento circa 9 anni con le deduzioni fiscali.

### Analisi terzo caso

Fabbricato con pareti e copertura non isolate e serramenti vetro singolo, impianto tradizionale

Isolamento pareti e copertura  $U 0,37$ ; serramenti  $U 2$  impianto con caldaia a condensazione modulante

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

3660 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

1064 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

2596 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 25 anni

Costo iniziale dell'intervento 31.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 55% su 3 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	0	-31000	0	-31000		-31000	0	-31000
1	-2196	-638	-2350	-683	5475	4792	-2264	-26383
2	-2196	-638	-2514	-731	5275	4544	-4597	-22166
3	-2196	-638	-2690	-782	5082	4300	-7003	-18321
4	-2196	-638	-2879	-837	0	-837	-9482	-19042
5	-2196	-638	-3080	-895	0	-895	-12038	-19785
6	-2196	-638	-3296	-958		-958	-14673	-20551
7	-2196	-638	-3526	-1025		-1025	-17389	-21341
8	-2196	-638	-3773	-1097		-1097	-20189	-22155
9	-2196	-638	-4037	-1174		-1174	-23075	-22994
10	-2196	-638	-4320	-1256		-1256	-26050	-23859
11	-2196	-638	-4622	-1344		-1344	-29117	-24750
12	-2196	-638	-4946	-1438		-1438	-32278	-25669
13	-2196	-638	-5292	-1538		-1538	-35537	-26617
14	-2196	-638	-5662	-1646		-1646	-38896	-27593
15	-2196	-638	-6059	-1761		-1761	-42359	-28600
16	-2196	-638	-6483	-1885		-1885	-45929	-29638
17	-2196	-638	-6937	-2017		-2017	-49608	-30707
18	-2196	-638	-7422	-2158		-2158	-53401	-31810
19	-2196	-638	-7942	-2309		-2309	-57311	-32947
20	-2196	-638	-8498	-2470		-2470	-61342	-34118
21	-2196	-638	-9093	-2643		-2643	-65496	-35326
22	-2196	-638	-9729	-2828		-2828	-69779	-36571
23	-2196	-638	-10410	-3026		-3026	-74194	-37855
tasso			<b>-74194</b>	<b>-52569</b>		<b>-37855</b>		
3,80%								

### Analisi quarto caso

Fabbricato con pareti e copertura non isolate e serramenti vetro singolo, impianto tradizionale

Caldaia a condensazione modulante

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

3660 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

2683 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

977 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 15 anni

Costo iniziale dell'intervento 6.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione		deduzione fiscale		PW del flusso di	
			prodotti energetici		55% su 3 anni		cassa cumulativo	
0	0	-6000	0	-6000		-6000	0	-6000
1	-2196	-1610	-2350	-1722	1060	-663	-2264	-6638
2	-2196	-1610	-2514	-1843	1021	-822	-4597	-7402
3	-2196	-1610	-2690	-1972	984	-989	-7003	-8285
4	-2196	-1610	-2879	-2110	0	-2110	-9482	-10103
5	-2196	-1610	-3080	-2258	0	-2258	-12038	-11977
6	-2196	-1610	-3296	-2416		-2416	-14673	-13908
7	-2196	-1610	-3526	-2585		-2585	-17389	-15899
8	-2196	-1610	-3773	-2766		-2766	-20189	-17952
9	-2196	-1610	-4037	-2960		-2960	-23075	-20067
10	-2196	-1610	-4320	-3167		-3167	-26050	-22248
11	-2196	-1610	-4622	-3388		-3388	-29117	-24496
12	-2196	-1610	-4946	-3626		-3626	-32278	-26814
13	-2196	-1610	-5292	-3879		-3879	-35537	-29203
14	-2196	-1610	-5662	-4151		-4151	-38896	-31665
15	-2196	-1610	-6059	-4441		-4441	-42359	-34204
tasso			<b>-42359</b>	<b>-37052</b>		<b>-34204</b>		
3,80%								

### Analisi quinto caso

Fabbricato con pareti isolate  $U\ 0,37$ ; serramenti  $U=2$ , impianto con caldaia a condensazione modulante

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

2062 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

1541 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

522 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 15 anni

Costo iniziale dell'intervento 6.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 55% su 3 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	0	-6000	0	-6000		-6000	0	-6000
1	-1237	-925	-1324	-989	1060	70	-1275	-5932
2	-1237	-925	-1416	-1059	1021	-38	-2590	-5967
3	-1237	-925	-1516	-1133	984	-149	-3945	-6100
4	-1237	-925	-1622	-1212	0	-1212	-5342	-7144
5	-1237	-925	-1735	-1297	0	-1297	-6782	-8221
6	-1237	-925	-1857	-1388		-1388	-8267	-9330
7	-1237	-925	-1987	-1485		-1485	-9797	-10474
8	-1237	-925	-2126	-1589		-1589	-11374	-11652
9	-1237	-925	-2275	-1700		-1700	-13000	-12868
10	-1237	-925	-2434	-1819		-1819	-14676	-14120
11	-1237	-925	-2604	-1946		-1946	-16404	-15411
12	-1237	-925	-2786	-2082		-2082	-18185	-16742
13	-1237	-925	-2981	-2228		-2228	-20021	-18114
14	-1237	-925	-3190	-2384		-2384	-21914	-19529
15	-1237	-925	-3413	-2551		-2551	-23865	-20987
tasso			<b>-23865</b>	<b>-23835</b>		<b>-20987</b>		
3,80%								

### Analisi quinto caso bis

Fabbricato con pareti isolate U 0,37; serramenti U=2, impianto con caldaia a condensazione modulante in alternativa a caldaia tradizionale del costo di 2000 €

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

2062 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

1541 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

522 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 15 anni

Costo iniziale dell'intervento 6.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 55% su 3 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	-2000	-6000	-2000	-6000		-6000	-2000	-6000
1	-1237	-925	-1324	-989	1060	70	-3275	-5932
2	-1237	-925	-1416	-1059	1021	-38	-4590	-5967
3	-1237	-925	-1516	-1133	984	-149	-5945	-6100
4	-1237	-925	-1622	-1212	0	-1212	-7342	-7144
5	-1237	-925	-1735	-1297	0	-1297	-8782	-8221
6	-1237	-925	-1857	-1388		-1388	-10267	-9330
7	-1237	-925	-1987	-1485		-1485	-11797	-10474
8	-1237	-925	-2126	-1589		-1589	-13374	-11652
9	-1237	-925	-2275	-1700		-1700	-15000	-12868
10	-1237	-925	-2434	-1819		-1819	-16676	-14120
11	-1237	-925	-2604	-1946		-1946	-18404	-15411
12	-1237	-925	-2786	-2082		-2082	-20185	-16742
13	-1237	-925	-2981	-2228		-2228	-22021	-18114
14	-1237	-925	-3190	-2384		-2384	-23914	-19529
15	-1237	-925	-3413	-2551		-2551	-25865	-20987
tasso			<b>-25865</b>	<b>-23835</b>		<b>-20987</b>		
3,80%								

### Analisi sesto caso

Produzione acqua calda sanitaria con caldaia e collettori solari per 4 persone

Consumo annuale di gas nella situazione iniziale

171 m<sup>3</sup>/anno

Consumo annuale di gas dopo l'intervento

68 m<sup>3</sup>/anno

Risparmio annuale di energia

103 m<sup>3</sup>/anno

Costo attuale del gas

60 c€/m<sup>3</sup>

Tasso di sconto 3,80%

Tasso di incremento prodotti energetici 7%

Vita utile dell'intervento 15 anni

Costo iniziale dell'intervento 6.000 €

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 55% su 3 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	0	-6000	0	-6000		-6000	0	-6000
1	-103	-41	-110	-44	1060	1016	-106	-5021
2	-103	-41	-117	-47	1021	974	-215	-4117
3	-103	-41	-126	-50	984	934	-327	-3282
4	-103	-41	-134	-53	0	-53	-443	-3328
5	-103	-41	-144	-57	0	-57	-562	-3376
6	-103	-41	-154	-61		-61	-686	-3425
7	-103	-41	-165	-66		-66	-812	-3475
8	-103	-41	-176	-70		-70	-943	-3527
9	-103	-41	-189	-75		-75	-1078	-3581
10	-103	-41	-202	-80		-80	-1217	-3636
11	-103	-41	-216	-86		-86	-1360	-3693
12	-103	-41	-231	-92		-92	-1508	-3752
13	-103	-41	-247	-98		-98	-1660	-3812
14	-103	-41	-265	-105		-105	-1817	-3875
15	-103	-41	-283	-113		-113	-1979	-3939
tasso			<b>-1979</b>	<b>-6787</b>		<b>-3939</b>		
3,80%								

anno	prima dell'intervento	dopo l'intervento	con inflazione prodotti energetici		deduzione fiscale 55% su 3 anni		PW del flusso di cassa cumulativo	
0	0	-2200	0	-2200		-2200	0	-2200
1	-103	-41	-110	-44	389	345	-106	-1868
2	-103	-41	-117	-47	374	328	-215	-1564
3	-103	-41	-126	-50	361	311	-327	-1286
4	-103	-41	-134	-53	0	-53	-443	-1332
5	-103	-41	-144	-57	0	-57	-562	-1379
6	-103	-41	-154	-61		-61	-686	-1428
7	-103	-41	-165	-66		-66	-812	-1479
8	-103	-41	-176	-70		-70	-943	-1531
9	-103	-41	-189	-75		-75	-1078	-1584
10	-103	-41	-202	-80		-80	-1217	-1640
11	-103	-41	-216	-86		-86	-1360	-1697
12	-103	-41	-231	-92		-92	-1508	-1755
13	-103	-41	-247	-98		-98	-1660	-1816
14	-103	-41	-265	-105		-105	-1817	-1878
15	-103	-41	-283	-113		-113	-1979	-1943
tasso			<b>-1979</b>	<b>-2987</b>		<b>-1943</b>		
3,80%								

**Limite di convenienza**

Un ultimo esempio: un impianto condominiale per la produzione di acqua calda sanitaria.

Consumo giornaliero di acqua pari a 2 m<sup>3</sup>.

Costo di un collettore solare installato sia di 300 € m<sup>2</sup> mentre per gli accessori di impianto (indipendenti dalla dimensione dello stesso) sia pari a 2000 €

Valutare in presenza di una deduzione fiscale del 55% quale sia la dimensione di impianto più vantaggiosa. Si considerano altresì collettori più costosi ed efficienti (tubi sottovuoto), costo unitario installato 450 €/m<sup>2</sup>. La vita utile sia proiettata su 10 o 15 anni ad un tasso del 2% con un tasso di incremento dei prodotti energetici del 5%.



n.o collettori	collettori solari piani		collettori a tubi sottovuoto	
	area (m <sup>2</sup> )	energia utile (kWh/anno)	area (m <sup>2</sup> )	energia utile (kWh/anno)
4	7,32	7.582	7,56	8.306
5	9,15	9.200	9,45	10.151
6	10,98	10.726	11,34	11.912
7	12,81	12.166	13,23	13.592

Collettore solari piani:

area (m <sup>2</sup> )	n.o collettori	costo iniziale (€)	valore economico annuale (€/anno)
7,32	4	4.196	569
9,15	5	4.745	690
10,98	6	5.294	804
12,81	7	5.843	912

n.o coll.	4			5			6			7		
0	-€4.196			-€4.196	-€4.745		-€4.745	-€5.294		-€5.294	-€5.843	-€5.843
1	€569	€769	€1.338	€690	€870	€1.560	€804	€971	€1.775	€912	€1.071	€1.983
2	€626	€769	€1.395	€759	€870	€1.629	€885	€971	€1.855	€1.004	€1.071	€2.075
3	€657	€769	€1.426	€796	€870	€1.666	€928	€971	€1.899	€1.053	€1.071	€2.124
4	€689		€689	€836		€836	€974		€974	€1.104		€1.104
5	€723		€723	€876		€876	€1.021		€1.021	€1.158		€1.158
6	€758		€758	€919		€919	€1.071		€1.071	€1.215		€1.215
7	€795		€795	€964		€964	€1.124		€1.124	€1.275		€1.275
8	€834		€834	€1.012		€1.012	€1.179		€1.179	€1.337		€1.337
9	€875		€875	€1.061		€1.061	€1.237		€1.237	€1.403		€1.403
10	€918		€918	€1.113		€1.113	€1.297		€1.297	€1.471		€1.471
11	€963		€963	€1.168		€1.168	€1.361		€1.361	€1.544		€1.544
12	€1.010		€1.010	€1.225		€1.225	€1.427		€1.427	€1.619		€1.619
13	€1.060		€1.060	€1.285		€1.285	€1.497		€1.497	€1.699		€1.699
14	€1.112		€1.112	€1.348		€1.348	€1.571		€1.571	€1.782		€1.782
15	€1.166		€1.166	€1.414		€1.414	€1.648		€1.648	€1.869		€1.869
<b>VAN</b>			<b>€7.948</b>			<b>€9.803</b>			<b>€11.535</b>			<b>€13.162</b>

Valutazione economica riferita ad impianti solari termici con collettori solari piani di diversa dimensione con deduzione fiscale del 55% in 3 anni con i tassi specificati

Flusso di cassa relativo  
all'impianto con 7 collettori  
solari piani che indica valori  
positivi dal 4° anno

n.o coll.	7		
anno			
0	-€ 5.843		-€ 5.843
1	€ 912	€ 1.071	-€ 3.916
2	€ 1.004	€ 1.071	-€ 1.956
3	€ 1.053	€ 1.071	-€ 7
4	€ 1.104		€ 978
5	€ 1.158		€ 1.982
6	€ 1.215		€ 3.006
7	€ 1.275		€ 4.050
8	€ 1.337		€ 5.113
9	€ 1.403		€ 6.198
10	€ 1.471		€ 7.304
11	€ 1.544		€ 8.431
12	€ 1.619		€ 9.580
13	€ 1.699		€ 10.751
14	€ 1.782		€ 11.945
15	€ 1.869		€ 13.162

area	n.o collettori	costo iniziale	valore economico annuale
7,56	4	5.402	623
9,45	5	6.253	761
11,34	6	7.103	893
13,23	7	7.954	1.019

Valutazione di costo iniziale e di valore economico  
dell'energia utile nel primo anno per impianti di diversa  
dimensione con collettori solari a tubi sottovuoto

n.o coll.	4				5				6				7			
anno																
0	-€5.402		-€5.402	-€6.253			-€6.253	-€7.103			-€7.103	-€7.954			-€7.954	
1	€623	€990	€1.613	€761	€1.146	€1.907	€893	€1.302	€2.195	€1.019	€1.458	€2.477				
2	€686	€990	€1.676	€837	€1.146	€1.984	€983	€1.302	€2.285	€1.121	€1.458	€2.580				
3	€719	€990	€1.710	€878	€1.146	€2.025	€1.031	€1.302	€2.333	€1.176	€1.458	€2.634				
4	€754		€754	€921		€921	€1.081		€1.081	€1.234		€1.234				
5	€791		€791	€967		€967	€1.134		€1.134	€1.294		€1.294				
6	€830		€830	€1.014		€1.014	€1.190		€1.190	€1.358		€1.358				
7	€871		€871	€1.064		€1.064	€1.248		€1.248	€1.424		€1.424				
8	€913		€913	€1.116		€1.116	€1.309		€1.309	€1.494		€1.494				
9	€958		€958	€1.170		€1.170	€1.374		€1.374	€1.567		€1.567				
10	€1.005		€1.005	€1.228		€1.228	€1.441		€1.441	€1.644		€1.644				
11	€1.054		€1.054	€1.288		€1.288	€1.511		€1.511	€1.725		€1.725				
12	€1.106		€1.106	€1.351		€1.351	€1.585		€1.585	€1.809		€1.809				
13	€1.160		€1.160	€1.417		€1.417	€1.663		€1.663	€1.898		€1.898				
14	€1.217		€1.217	€1.487		€1.487	€1.745		€1.745	€1.991		€1.991				
15	€1.277		€1.277	€1.560		€1.560	€1.830		€1.830	€2.088		€2.088				
VAN			€8.314			€10.321			€12.224			€14.022				

Valutazione economica riferita ad impianti solari termici con collettori a tubi sottovuoto di diversa dimensione con deduzione fiscale del 55% in 3 anni con i tassi specificati

n.o coll.	7		
anno			
0	-€ 7.954		-€ 7.954
1	€ 1.019	€ 1.458	-€ 5.547
2	€ 1.121	€ 1.458	-€ 3.110
3	€ 1.176	€ 1.458	-€ 692
4	€ 1.234		€ 408
5	€ 1.294		€ 1.530
6	€ 1.358		€ 2.674
7	€ 1.424		€ 3.840
8	€ 1.494		€ 5.028
9	€ 1.567		€ 6.240
10	€ 1.644		€ 7.476
11	€ 1.725		€ 8.735
12	€ 1.809		€ 10.019
13	€ 1.898		€ 11.327
14	€ 1.991		€ 12.662
15	€ 2.088		€ 14.022

Flusso di cassa relativo all'impianto con 7 collettori solari a tubi sottovuoto che indica valori positivi dal 4° anno

**grazie per l'attenzione**