

# L'energia sociale

## 4E - Un metodo per la valutazione globale dell'energia utile.

1.

L'energia è un elemento fondamentale della natura: permea l'universo e grazie ad essa si perpetua la vita animale e vegetale. Fin dalla sua comparsa sulla terra, l'umanità ne ha usufruito assumendola come cibo per crescere, generare calore e movimento. Con la scoperta del fuoco ha effettuato la prima trasformazione volontaria di energia per il proprio benessere. Oggi si impiega energia per il progresso, il benessere ed il divertimento, per la pace e per la guerra.

La qualità dell'energia può essere valutata in diversi modi: in base alla fonte (fossile, rinnovabile), alla disponibilità e programmabilità, all'impiego, alla densità, al vettore. Inoltre, la conversione energetica può essere valutata in termini di rendimento o secondo le sue caratteristiche fisiche, chimiche, termodinamiche, logistiche, economiche, ecc. Infine, la qualità ed il valore dell'energia non può essere avulsa dal contesto ambientale (inquinamento, effetto serra) e sociale (occupazione, progresso culturale, consapevolezza).

Non è infrequente trovare la parola "energia" associata alle parole "economia" e "ambiente" per fornire schemi di valutazione e di sviluppo cosiddetto "sostenibile". Tuttavia, questi macro aggregati non sempre pongono nella giusta evidenza alcuni aspetti rilevanti - come la tipicità regionale, il grado di soddisfacimento energetico o l'incremento di occupazione determinato dalla tecnologia di produzione di energia utile<sup>1</sup> - che invece devono costituire il fondamento delle politiche energetiche governative (incentivi per l'installazione e la produzione, modelli di sviluppo e gestione delle reti distributive, ecc.).

2.

Il metodo qui proposto costituisce un modesto contributo alla riflessione mediante un approccio quantitativo alla valutazione globale dell'energia utile per una pianificazione attenta alle necessità sociali ed ecocompatibile. L'approccio quantitativo si fonda sull'individuazione di fattori determinanti e di indicatori caratteristici, sulla fissazione di criteri oggettivi e sulla raccolta ed analisi di dati tecnici, economici, ambientali e sociali. Occorre tener presente che il metodo non fornisce risultati assoluti ma è uno strumento di confronto tra diverse configurazioni tecnologiche (fonte + tecnologia di conversione) per la produzione di energia utile.

Per la quantificazione del valore globale dell'energia utile  $V_E$  (Energy value) prodotta con una determinata configurazione tecnologica possono essere considerati i suoi quattro fattori determinanti: Efficienza, Economia, Occupazione e Ambiente<sup>2</sup>. Tali elementi possono essere valutati in base ad una serie di indicatori caratteristici cui si attribuiscono dei valori in base ai criteri definiti ed ai dati statistici disponibili.

Entrando nel merito, si può ritenere che il valore globale dell'energia utile  $V_E$  sia dato dal prodotto<sup>3</sup>

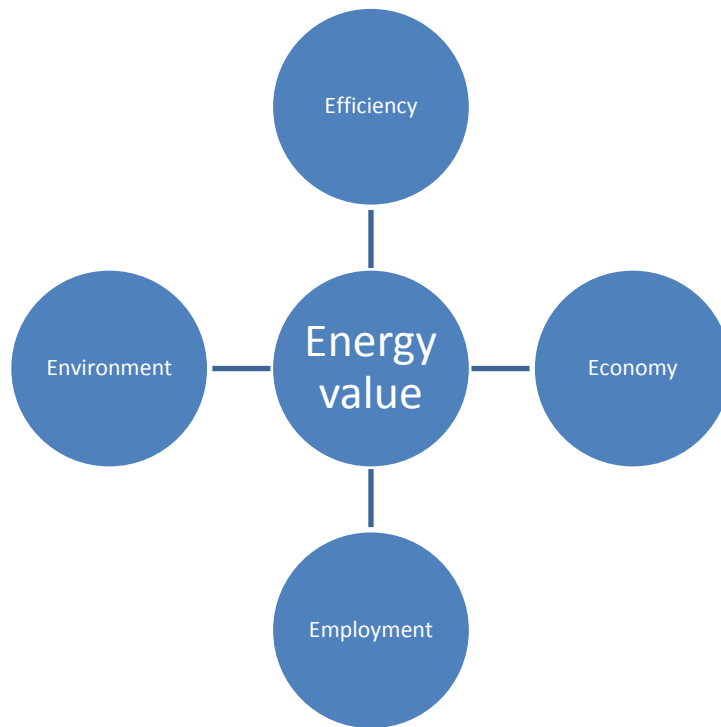
<sup>1</sup> Per energia utile si intende l'energia già trasformata nella specie necessaria all'impiego.

<sup>2</sup> La tutela della salute non viene presa in considerazione in quanto è data per scontata in ogni luogo e per ogni attività umana, compresa quella di produzione di energia utile.

<sup>3</sup> I quattro fattori determinanti si potrebbero combinare anche con una somma ma l'impiego dell'operatore prodotto amplifica le differenze tra le diverse configurazioni di conversione.

$$V_E = E_f \times E_c \times E_n \times E_m \quad (1)$$

dove  $E_f$  = Efficiency,  $E_c$  = Economy,  $E_n$  = Environment,  $E_m$  = Employment.



3.

Individuate le diverse alternative tecnologiche  $T$  per la produzione di energia utile in base alla tipicità regionale<sup>4</sup> considerata (disponibilità delle fonti, tipologia e caratteristiche tecniche e temporali dei fabbisogni energetici, tutela ambientale, esigenze occupazionali, ecc.), la questione è quindi rimandata alla valutazione dei quattro fattori determinanti  $E_x$  per ogni tecnologia  $T$ .

A questo punto si effettua la scelta e la quantificazione statistica oggettiva<sup>5</sup> degli indicatori caratteristici  $E_{x_i,T}$  di ogni fattore determinante  $E_x$  per le diverse tecnologie  $T$ . I valori numerici assegnati possono essere assoluti o anche relativi in riferimento alle alternative tecnologiche prescelte (p. es. si può utilizzare una scala da 0 a 100 dove 100 corrisponde al valore della migliore tecnologia energetica tra quelle prese in considerazione) e sicuramente sono dipendenti dal contesto socio-ambientale in cui avviene la produzione di energia utile.

In pratica, si costruiscono quattro matrici di questo tipo:

<b>EFFICIENCY <math>E_f</math></b>	<b>Tecnologia <math>\alpha</math></b>	<b>Tecnologia <math>\beta</math></b>	<b>Tecnologia <math>\gamma</math></b>	<b>...</b>
<b>Indicatore caratteristico 1</b>	$E_{f1,\alpha}$	$E_{f1,\beta}$	$E_{f1,\gamma}$	...
<b>Indicatore caratteristico 2</b>	$E_{f2,\alpha}$	$E_{f2,\beta}$	$E_{f2,\gamma}$	...
...	...	...	...	...

<sup>4</sup> Per regione si intende un territorio omogeneo rispetto agli indicatori caratteristici.

<sup>5</sup> Per ottenere un risultato accettabile occorre riferirsi preferibilmente a grandezze facilmente misurabili.

<b>ECONOMY <math>E_c</math></b>	<b>Tecnologia <math>\alpha</math></b>	<b>Tecnologia <math>\beta</math></b>	<b>Tecnologia <math>\gamma</math></b>	<b>...</b>
<b>Indicatore caratteristico 1</b>	$E_{c1,\alpha}$	$E_{c1,\beta}$	$E_{c1,\gamma}$	...
<b>Indicatore caratteristico 2</b>	$E_{c2,\alpha}$	$E_{c2,\beta}$	$E_{c2,\gamma}$	...
...	...	...	...	...

<b>ENVIRONMENT <math>E_n</math></b>	<b>Tecnologia <math>\alpha</math></b>	<b>Tecnologia <math>\beta</math></b>	<b>Tecnologia <math>\gamma</math></b>	<b>...</b>
<b>Indicatore caratteristico 1</b>	$E_{n1,\alpha}$	$E_{n1,\beta}$	$E_{n1,\gamma}$	...
<b>Indicatore caratteristico 2</b>	$E_{n2,\alpha}$	$E_{n2,\beta}$	$E_{n2,\gamma}$	...
...	...	...	...	...

<b>EMPLOYMENT <math>E_m</math></b>	<b>Tecnologia <math>\alpha</math></b>	<b>Tecnologia <math>\beta</math></b>	<b>Tecnologia <math>\gamma</math></b>	<b>...</b>
<b>Indicatore caratteristico 1</b>	$E_{m1,\alpha}$	$E_{m1,\beta}$	$E_{m1,\gamma}$	...
<b>Indicatore caratteristico 2</b>	$E_{m2,\alpha}$	$E_{m2,\beta}$	$E_{m2,\gamma}$	...
...	...	...	...	...

Nel seguito sono evidenziati alcuni indicatori caratteristici<sup>6</sup>  $E_{xi,T}$  che possono essere considerati per la quantificazione dei quattro fattori determinanti  $E_x$ :

#### **Efficiency:**

1. disponibilità locale e temporale della fonte
2. programmabilità di produzione
3. densità energetica
4. tipo di energia (o vettore energetico) prodotta
5. vincoli di installazione
6. tecnologia di produzione<sup>7</sup>
7. flessibilità di produzione
8. taglia degli impianti
9. livello di soddisfacimento energetico
10. complessità della regolazione e del controllo
11. fattore di potenza
12. incidenza della indisponibilità di produzione

#### **Economy:**

1. investimento specifico (per unità di potenza installata)
2. ricavi unitari (per unità di energia utile) da vendita di energia
3. ricavi unitari accessori (da sottoprodotti)
4. costi unitari di produzione
5. costi unitari di distribuzione
6. costi unitari di manutenzione ordinaria e straordinaria

<sup>6</sup> Gli elenchi che seguono sono riportati a mero titolo esemplificativo senza alcuna pretesa di pertinenza e completezza.

<sup>7</sup> Questo indicatore caratteristico può comprendere analisi exergetiche.

7. costi specifici di decommissioning
8. tempo di ritorno dell' investimento

#### **Environment<sup>8</sup>:**

1. esigenza di siti specifici (corsi d'acqua)
2. impiego specifico del suolo
3. dimensioni specifiche
4. modifica delle caratteristiche geologico-oceaniche della terra
5. possibilità di riciclo dei materiali
6. emissioni unitarie di gas climalteranti (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, etc.)
7. emissioni unitarie di inquinanti
8. impatto ambientale (visivo, acustico, etc.)
9. rischio faunistico, per la flora e per il particolare ecosistema
10. impatto ambientale per lo smaltimento dei rifiuti in esercizio
11. impatto ambientale per lo smaltimento dei rifiuti in decommissioning
12. pericoli in caso di guasti

#### **Employment:**

1. disponibilità locale dell'expertise
2. occupazione locale qualificata specifica in fase di costruzione
3. occupazione locale non qualificata specifica in fase di costruzione
4. occupazione locale qualificata unitaria in fase di esercizio
5. occupazione locale non qualificata unitaria in fase di esercizio
6. occupazione locale qualificata specifica in fase di decommissioning
7. occupazione locale non qualificata specifica in fase di decommissioning
8. occupazione locale unitaria per la produzione di combustibile
9. incremento del livello di istruzione locale
10. osmosi tecnologica verso altri settori industriali.

**4.**

Per tener conto dell'eventuale diversa importanza che si intende attribuire ai vari indicatori caratteristici in relazione al contesto socio-ambientale in cui avviene la produzione di energia utile, si può introdurre un peso  $W_{xi}$  assoluto o relativo (anche in questo caso si può utilizzare una scala da 0 a 100 dove 100 corrisponde al valore massimo della migliore tecnologia energetica tra quelle prese in considerazione). Per esempio, l'impiego del suolo nel deserto per l'installazione di un impianto fotovoltaico ha un peso diverso rispetto all'impiego del suolo in un terreno destinato alla produzione agricola; lo stoccaggio di rifiuti radioattivi o metalli pesanti in località a forte vocazione turistica ha un peso diverso rispetto allo stoccaggio in luoghi disabitati o a forte concentrazione industriale; in certi contesti l'occupazione non qualificata può avere un peso diverso rispetto a quella qualificata, ecc. Anche in questo caso sono opportune analisi statistiche ed oggettive, con parametri misurabili.

---

<sup>8</sup> Di alcuni aspetti ambientali, come ad esempio l'opportunità di installare determinate tipologie di impianti in determinati siti, si potrebbe tener conto introducendo maggiori dettagli come p. es. la qualità catastale, ecc. Questo metodo, però, potrebbe diventare eccessivamente oneroso nella raccolta e classificazione dei dati rendendolo di fatto poco utile. Inoltre, tali aspetti ambientali sono in genere già tenuti in considerazione da diverse normative specifiche nazionali e locali.

Il valore di ogni fattore determinante  $E_x$  per ogni tecnologia  $T$  messa a confronto è quindi dato da:

$$E_{x,T} = \sum_{i=1}^n E_{xi,T} W_{xi} \quad (2)$$

Pertanto, nelle matrici dei valori descritte al punto 3. si aggiungerà la colonna dei pesi:

$E_x$		Tecnologia $\alpha$	Tecnologia $\beta$	Tecnologia $\gamma$	...
Indicatore caratteristico 1	$W_{x1}$	$E_{x1,\alpha}$	$E_{x1,\beta}$	$E_{x1,\gamma}$	...
Indicatore caratteristico 2	$W_{x2}$	$E_{x2,\alpha}$	$E_{x2,\beta}$	$E_{x2,\gamma}$	...
...		...	...	...	...

5.

Un modo immediato ed efficace per visualizzare il confronto tra le diverse tecnologie di conversione energetica e l'incidenza dei quattro fattori determinanti può essere quello di riportare i valori di ciascuna  $E_{x,T}$  su un grafico radar in cui l'area è proporzionale alla  $V_{E,T}$ , ossia

al valore dell'energia utile per quella data tecnologia  $T$  in quel determinato contesto socio-ambientale. Ciò permette anche l'intuitiva e rapida valutazione dei punti deboli e di forza di ciascuna configurazione tecnologica.

6.

Il metodo prevede anche che per ogni tecnologia  $T$  messa a confronto si possa assegnare un peso

$L_x$  ai quattro fattori determinanti  $E_x$  in funzione di particolari priorità o condizioni al contorno (tecnologiche, ambientali, sociali). Anche in questo caso si può utilizzare una scala, p. es. da 0 a 10, con 10 corrispondente al valore del più importante fattore determinante  $E_x$  e numeri compresi tra 0 e 10 ai valori degli altri tre).

In tal modo, il valore dell'energia utile  $V_{E,T}$  per quella data tecnologia  $T$  è dato da:

$$V_{E,T} = E_{f,T}L_f + E_{c,T}L_c + E_{m,T}L_m + E_{n,T}L_n \quad (3)$$

Con i vari fattori raccolti in una tabella come la seguente:

		Tecnologia $\alpha$	Tecnologia $\beta$	Tecnologia $\gamma$	...
$E_f$	$L_f$	$E_{f,\alpha}$	$E_{f,\beta}$	$E_{f,\gamma}$	...
$E_c$	$L_c$	$E_{c,\alpha}$	$E_{c,\beta}$	$E_{c,\gamma}$	...
$E_n$	$L_n$	$E_{n,\alpha}$	$E_{n,\beta}$	$E_{n,\gamma}$	...
$E_m$	$L_m$	$E_{m,\alpha}$	$E_{m,\beta}$	$E_{m,\gamma}$	...

Poiché dalla scelta degli indicatori caratteristici e dei criteri di definizione dei pesi dipende in ultima analisi il valore dell'energia utile ottenuto, tali parametri dovranno essere oggetto di attenta stima e salvaguardia da pressioni corporative.

In conclusione, è auspicabile che le politiche energetiche favoriscano in modo deciso la produzione di energia utile con maggior valore globale, ovvero ne rendano competitivo l'impiego, per ottenere il miglior risultato in termini di efficienza, economia, tutela ambiente ed occupazione.

**7.** Per completare l'illustrazione del metodo si riporta un esempio con il confronto di quattro tecnologie (T) di produzione di energia utile in un certo contesto con determinati fabbisogni e caratteristiche locali. I valori sono assegnati nell'intervallo 0-100 (100 per la situazione migliore). Prema sottolineare che i parametri scelti, i criteri sottesi ed i valori assegnati hanno il solo scopo di spiegare l'applicazione del metodo e non sono riconducibili ad alcuna particolare tecnologia di produzione di energia utile né ad alcuna situazione ambientale e sociale.

Tabella dei valori relativi					
Efficiency	W	T1	T2	T3	T4
disponibilità locale e temporale della fonte	90	50	40	100	100
programmabilità di produzione	80	90	50	100	100
vincoli di installazione	80	60	20	100	100
flessibilità di produzione	80	60	60	80	100
taglia degli impianti	80	100	100	40	90
livello di soddisfacimento energetico	90	60	60	100	100
complessità della regolazione e del controllo	60	100	100	90	90
fattore di potenza	70	20	20	100	100
incidenza della indisponibilità di produzione	80	100	70	60	100
TOTALE (/100)		501,0	404,0	608,0	696,0

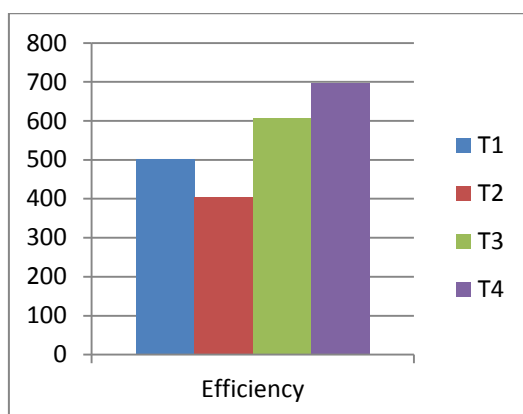


Tabella dei valori relativi					
Economy	W	T1	T2	T3	T4
investimento specifico (per unità di potenza installata)	100	100,0	90,0	80,0	80,0
ricavi unitari (per unità di energia utile) da vendita di energia	100	100,0	100,0	100,0	100,0
ricavi unitari accessori	100	0,0	0,0	90,0	100,0
costi unitari di produzione	100	100,0	100,0	40,0	50,0
costi unitari di distribuzione	100	90,0	60,0	80,0	100,0
cost unitari di manutenzione ordinaria e straordinaria	100	100,0	90,0	70,0	70,0
costi specifici di decommissioning	100	70,0	70,0	90,0	100,0
tempo di ritorno dell' investimento	100	100,0	100,0	100,0	100,0
TOTALE (/100)		660,0	610,0	650,0	700,0

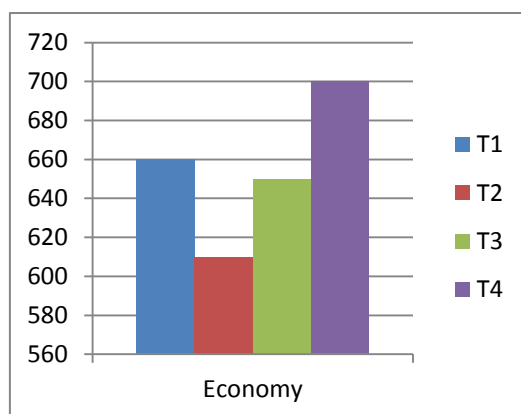


Tabella dei valori relativi					
Environment	W	T1	T2	T3	T4
impiego specifico del suolo	70	60,0	80,0	50,0	100,0
dimensioni specifiche	80	50,0	70,0	80,0	100,0
possibilità di riciclo dei materiali	80	30,0	30,0	80,0	90,0
emissioni unitarie di inquinanti	100	100,0	100,0	90,0	90,0
impatto ambientale (visivo, acustico, etc.)	80	60,0	60,0	80,0	100,0
rischio faunistico, per la flora e per il particolare ecosistema	80	90,0	80,0	100,0	100,0
impatto ambientale per lo smaltimento dei rifiuti in esercizio	100	100,0	100,0	90,0	80,0
impatto ambientale per lo smaltimento dei rifiuti in decommissioning	100	70,0	70,0	90,0	100,0
TOTALE (/100)		496,0	518,0	577,0	652,0

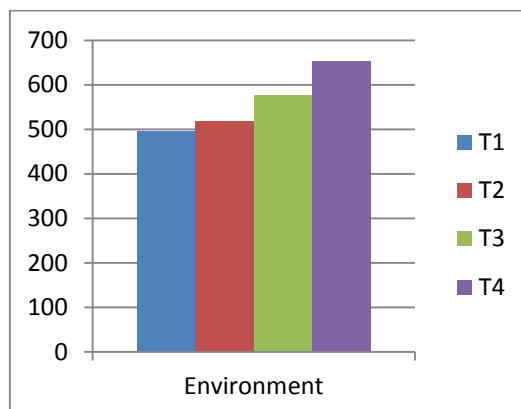
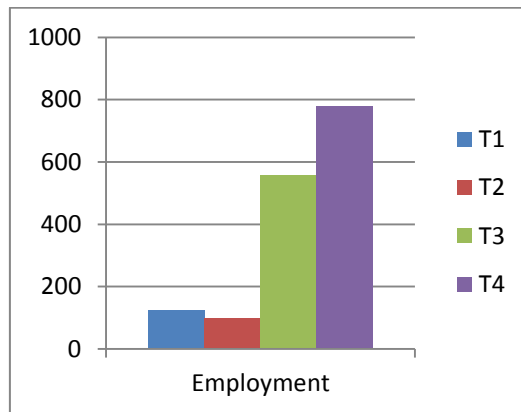


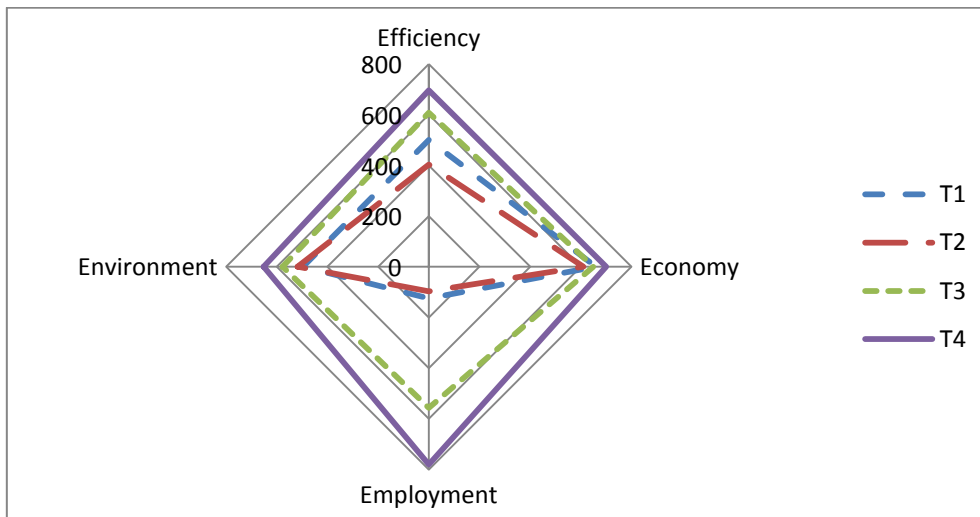
Tabella dei valori relativi					
Employment	W	t1	t2	t3	t4
disponibilità locale dell'expertise	100	30,0	40,0	100,0	100,0
occupazione locale qualificata specifica in fase di costruzione	90	30,0	20,0	70,0	100,0
occupazione locale non qualificata specifica in fase di costruzione	100	30,0	20,0	90,0	100,0
occupazione locale qualificata unitaria in fase di esercizio	90	20,0	10,0	70,0	100,0
occupazione locale non qualificata unitaria in fase di esercizio	100	20,0	10,0	90,0	100,0
occupazione locale unitaria per la produzione di combustibile	100	0,0	0,0	90,0	100,0
incremento del livello di istruzione locale	100	0,0	0,0	30,0	100,0
osmosi tecnologica verso altri settori industriali	100	0,0	0,0	30,0	100,0
TOTALE (/100)		125,0	97,0	556,0	780,0



In sintesi:

Tabella dei valori relativi	T1	T2	T3	T4
Efficiency	501	404	608	696
Economy	660	610	650	700
Environment	496	518	577	652
Employment	125	97	556	780
TOTALE (/100)	1782	1629	2391	2828
	63%	58%	85%	100%

ed in forma grafica:





In caso di applicazione di un peso  $L_x$  per i diversi fattori determinanti  $E_{x,T}$  di ogni tecnologia  $T$ , i valori di  $V_{E,T}$  si modificano nei seguenti:

<b>Tabella dei valori relativi</b>	<b>L</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Efficiency</b>	80	400,8	323,2	486,4	556,8
<b>Economy</b>	80	528,0	488,0	520,0	560,0
<b>Environment</b>	100	496,0	518,0	577,0	652,0
<b>Employment</b>	100	125,0	97,0	556,0	780,0
<b>TOTALE (/100)</b>		1549,8	1426,2	2139,4	2548,8
		61%	56%	84%	100%

Pertanto, l'energia utile con il maggior valore nel contesto in parola è quella prodotta con la tecnologia **T4** e, rispetto a tale misura, l'energia utile prodotta con le altre tre tecnologie considerate ha i valori percentuali sopra indicati.

8.

La produzione di energia utile è una delle principali attività dell'uomo ed il suo ingegno gli ha permesso di trovare innumerevoli metodi per ottenerla. Tuttavia, non sempre questi metodi sono rispettosi degli interessi superiori di salvaguardia del benessere e dell'ambiente ma sono determinati da altre motivazioni. Occorre un serio impegno di tutti affinché le scelte energetiche siano compatibili con i bisogni umani ed ecosostenibili, anche per consegnare alle future generazioni ambiente e modelli di progresso migliori.

Novembre 2015

By Andrea Greco e Filippo Greco – Techinvest S.r.l. – Oristano – Italy

È consentito l'uso di tutto o parte del contenuto di questo saggio per finalità didattiche o scientifiche citando il nome degli autori.