



MODULO 3

Fonti Energetiche Rinnovabili: Tecnologie, Integrazione e Sostenibilità Economica

Corso di Formazione: Transizione Energetica e Sostenibilità 5.0

Durata: 3 ore



INDICE

1. Introduzione: Il ruolo delle rinnovabili nella transizione energetica
 2. Cosa sono le fonti energetiche rinnovabili (FER)
 3. Le principali tecnologie: Solare, Eolico, Idroelettrico, Biomasse, Geotermico
 4. Caratteristiche tecniche e fattori di rendimento
 5. Dimensionamento e progettazione degli impianti
 6. Integrazione delle rinnovabili in azienda
 7. Accumulo energetico (batterie e sistemi di stoccaggio)
 8. ROI e business case delle rinnovabili
 9. Incentivi pubblici e finanziamenti disponibili
 10. Caso studio: integrazione solare + batterie in azienda
 11. Norme e standard applicabili
 12. Fonti e note metodologiche
-



1. INTRODUZIONE: IL RUOLO DELLE RINNOVABILI NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA

Nel Modulo 1, abbiamo visto che il cambiamento climatico richiede una riduzione rapida e sostanziale delle emissioni di CO₂. Nel Modulo 2, abbiamo imparato che l'efficienza energetica è il primo passo: consumare meno energia.

Ma consumare meno non è sufficiente per raggiungere la neutralità di carbonica. Anche un'azienda molto efficiente continua a consumare energia, e quella energia deve provenire da fonti a bassa emissione di CO₂.

Le fonti energetiche rinnovabili (FER) sono la risposta: sono fonti che si rigenerano naturalmente (sole, vento, acqua, calore terrestre) e che non emettono CO₂ durante il loro utilizzo.

1.1 La gerarchia della sostenibilità energetica (rivista)

Ricordiamo la gerarchia dal Modulo 2:

RIDURRE i consumi inutili (efficienza) ← Modulo 2

SOSTITUIRE le fonti (da fossili a rinnovabili) ← Modulo 3

COMPENSARE quello che non puoi ridurre (carbon offsetting)

Questa gerarchia ha una logica precisa:

Riducendo prima i consumi (efficienza), riduci il fabbisogno di energia rinnovabile necessaria. Se consumi 100 kWh e riduci a 60 kWh, hai bisogno di meno impianti solari/eolici per coprire tutto.

Solo dopo aver ridotto, aggiungi rinnovabili per coprire il fabbisogno residuo.

Solo quello che non puoi ridurre o coprire con rinnovabili, lo compendi con carbon offsetting (compri crediti di emissioni da progetti green altrove).

1.2 Contesto globale e europeo

Stato della transizione verso rinnovabili (2024):

Europa: Le rinnovabili rappresentano circa il 45% della generazione elettrica (dato 2024).

Italia: Circa il 30–35% dell'energia totale viene da rinnovabili, con crescita accelerata degli ultimi 5 anni (solare e eolico principalmente).

Mondo: Circa il 30% della generazione elettrica viene da rinnovabili (la maggior parte da idroelettrico in Asia).

Trend di prezzo:

Un fattore cruciale è che il costo delle rinnovabili è crollato negli ultimi 15 anni:



Tecnologia	Costo 2010	Costo 2024	Riduzione
Solare fotovoltaico	3–4 €/Watt	0,30–0,60 €/Watt	85–90%
Eolico onshore	1,5–2 €/Watt	0,50–0,80 €/Watt	60–70%
Batterie litio	1.100 €/kWh	100–150 €/kWh	85–90%

Questo calo di prezzo ha reso le rinnovabili competitivi rispetto ai combustibili fossili senza incentivi in molte regioni. Questo è il game changer: non è più "sostenibilità vs economia", è "economia che coincide con sostenibilità".

1.3 Opportunità per le aziende

Per un'azienda, installare impianti di generazione rinnovabile significa:

Ridurre le bollette energetiche: L'energia autoprodotta non si compra dal fornitore.

Stabilizzare i costi: Il prezzo dell'energia rinnovabile è "zero" (dopo l'investimento iniziale), mentre i prezzi di gas e carbone oscillano.

Ridurre la dipendenza dalle reti: Autosufficienza energetica (al meno parziale).

Ridurre la impronta di carbonio: Automaticamente, perché l'energia è a zero emissioni.

Accesso a incentivi pubblici: Programmi come Transizione 5.0 e PNRR offrono contributi e crediti d'imposta.

Valore aggiunto in finanza: Aziende con impianti rinnovabili hanno accesso a finanziamenti green a tassi migliori.

2. COSA SONO LE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (FER)

2.1 Definizione

Le fonti energetiche rinnovabili sono risorse energetiche che si rigenerano naturalmente a una scala temporale compatibile con l'uso umano, caratterizzate da:

Inesauribilità: A differenza di petrolio, gas e carbone (che si esauriscono), le rinnovabili continueranno a essere disponibili per miliardi di anni (finché il sole splende, il vento soffia, la pioggia cade).

Zero emissioni di CO₂ durante l'uso: Non bruciano combustibili, quindi non rilasciano CO₂ nell'atmosfera (anche se hanno emissioni di CO₂ embodied nella loro costruzione e trasporto, dette "carbon footprint", che sono molto inferiori ai combustibili fossili).



Impatti ambientali inferiori: Rispetto ai combustibili fossili, hanno impatti ambientali significativamente minori (sebbene non nulli; ad esempio, l'eolico offshore ha impatti sulla fauna marina).

2.2 Classificazione delle FER

Per origine:

Solari: Energia dal sole (fotovoltaico, solare termico)

Eoliche: Energia dal vento

Idroelettriche: Energia dall'acqua (fiumi, laghi)

Geotermiche: Energia dal calore terrestre

Biomasse: Energia da materiali biologici (legno, scarti agricoli, biogas)

Oceaniche: Energia da maree e onde (ancora poco sviluppata)

Per scala:

Grandi impianti: Centrali eoliche, grandi impianti solari, dighe idroelettriche (MW o GW).

Impianti medi: Impianti solari su tetti aziendali (decine di kW a qualche MW).

Mini impianti: Impianti per singole abitazioni (qualche kW).

Per un'azienda, il focus è su impianti solari ed eolici di scala media (decine di kW a qualche MW), possibilmente combinati con sistemi di accumulo (batterie).

2.3 Caratteristiche comuni

Variabilità (intermittenza):

Le rinnovabili non producono energia in modo costante:

Il solare produce solo di giorno, con picchi a mezzogiorno e variabilità con le nuvole.

L'eolico soffia in modo variabile, con picchi di notte e cali nelle belle giornate.

L'idroelettrico dipende dai livelli dell'acqua, che variano stagionalmente.

Questa intermittenza è la principale sfida nella transizione: come garantire energia 24/7 quando il sole tramonta e il vento cala?

Soluzioni:

Reti intelligenti: Bilanciare domanda e offerta su scala territoriale (se il vento cala in Italia, soffia in Germania, e l'energia circola per le reti).

Accumulo energetico: Batterie, idroelettriche pompate, aria compressa. Immagazzini l'energia quando c'è eccesso, la usi quando c'è deficit.

Gestione della domanda: Spostare i consumi verso i momenti di maggiore disponibilità rinnovabile.

*Predictability (prevedibilità):*

A differenza dei combustibili fossili (che producono energia "on demand"), le rinnovabili hanno produzione prevedibile ma non controllabile:

La previsione del solare è accurata entro poche ore (meteo).

La previsione dell'eolico è accurata entro 24–48 ore.

Per un'azienda, questo significa: puoi pianificare i consumi sapendo quanto solare produrrai domani (con buona approssimazione), ma non puoi "accendere il sole" se serve più energia subito.

3. LE PRINCIPALI TECNOLOGIE: SOLARE, EOLICO, IDROELETTRICO, BIOMASSE, GEOTERMICO

3.1 Energia Solare

Solare Fotovoltaico (FV):

Come funziona:

I pannelli FV contengono celle di silicio (o altri materiali semiconduttori) che convertono direttamente la radiazione solare in elettricità, senza parti mobili, senza combustione, silenziosamente.

Efficienza:

Le celle moderne convertono il 15–22% della radiazione solare in elettricità. Questo significa che un metro quadrato di pannello, esposto al sole perpendicolarmente a mezzogiorno, in condizioni ottimali produce circa 150–200 Watt.

Applicazione aziendale:

Installazione su tetti (soluzione più comune per aziende)

Installazione a terra in spazi liberi

Integrazione in facciate (meno comune, meno efficiente)

Costo (2024):

Pannello + inverter + installazione: 0,40–0,70 €/Watt

Per un impianto da 50 kW: 20.000–35.000 €

Per un impianto da 100 kW: 40.000–70.000 €

Payback:

In Italia settentrionale (irraggiamento medio): 7–10 anni

In Italia meridionale (irraggiamento elevato): 5–7 anni



Dopo il payback, l'impianto continua a produrre energia (costa quasi zero dopo 25–30 anni di vita utile)

Vantaggi:

Modulare (puoi aggiungere pannelli progressivamente)

Silenzioso

Zero manutenzione (tranne pulizia occasionale)

Spazi utilizzabili altrimenti (tetti)

Limitazioni:

Dipendente dal meteo (nuvole, pioggia riducono drasticamente la produzione)

Produce solo di giorno

Richiede accumulo (batterie) per uso notturno

Solare Termico:

Come funziona:

A differenza del FV, i pannelli termici catturano il calore del sole (non l'elettricità) e lo usano per riscaldare acqua per usi domestici o industriali.

Efficienza:

I pannelli termici hanno efficienza del 60–80% (superiore al FV), perché è più facile catturare calore che generare elettricità.

Applicazione aziendale:

Riscaldamento di acqua per docce, lavatrici, lavatrici aziendali

Pre-riscaldamento dell'acqua per caldaie (riduce il gas bruciato)

Usi industriali a bassa temperatura (fino a ~60–80 °C)

Costo (2024):

Pannello + scambiatore + serbatoio: 300–500 €/mq

Per 35 mq (dimensione tipica piccola azienda): 10.000–17.500 €

Payback:

6–10 anni per acqua calda sanitaria

Migliore ROI se combinato con riscaldamento a bassa temperatura

Vantaggi:

Molto semplice, tecnologia matura

Manutenzione minima



Limitazioni:

Non produce di notte

In inverno, quando serve più riscaldamento, il sole è basso e produce meno

Richiede spazio per pannelli + serbatoio accumulo termico

Nota: Nel Modulo 2, quando abbiamo parlato di "Pannelli solari termici", parlavamo di questa tecnologia.

3.2 Energia Eolica

Eolico Onshore (su terra):

Come funziona:

Turbine eoliche (grossi ventilatori) girano con il vento e convertono l'energia cinetica in elettricità tramite un generatore.

Efficienza:

Le turbine moderne convertono il 35–45% dell'energia del vento in elettricità. Questo è superiore al solare perché il vento ha più energia per unità di area (a parità di irraggiamento/ventosità).

Fattore di capacità:

È il rapporto tra energia effettivamente prodotta e energia massima che potrebbe produrre in condizioni ideali:

Eolico onshore in Europa: 35–40%

Eolico offshore: 45–50% (vento più forte e costante)

Solare FV in Italia: 12–15% (sole non sempre perpendicolare, nuvole, etc.)

Applicazione aziendale:

Turbine piccole (5–50 kW) per aziende in zone ventose

Meno comune del solare per aziende urbane (spazio limitato, vincoli urbanistici)

Costo (2024):

Piccola turbina da 10 kW: 30.000–50.000 €

Turbina da 50 kW: 100.000–150.000 €

Costo per Watt: 1–3 €/W (più caro del solare)

Payback:

In zone ventose (velocità media del vento >7 m/s): 8–12 anni

In zone poco ventose: non conveniente

Vantaggi:

Produce anche di notte (se c'è vento)



Fattore di capacità superiore al solare

Limitazioni:

Rumore (limite urbanistico)

Vincoli paesaggistici e urbanistici (spesso no in zone abitate)

Dipendente dalla ventosità del sito (fondamentale una valutazione anemometrica)

Impatto visivo

Eolico Offshore (in mare):

Turbine installate in mare. Vantaggi: vento più forte e costante. Svantaggi: costi molto alti, manutenzione complessa. Non è applicabile per le aziende (scale di megawatt+).

3.3 Energia Idroelettrica

Come funziona:

L'acqua che cade (da una diga, un fiume in pendenza) fa girare una turbina che genera elettricità.

Efficienza:

L'idroelettrico ha le più alte efficienze di tutte le rinnovabili: 85–90%. È il motivo per cui è stata la prima fonte rinnovabile sfruttata a larga scala.

Fattore di capacità:

70–90% (molto alto perché l'acqua è sempre disponibile, controllata dalle dighe)

Applicazione aziendale:

Mini-idroelettrico (5–100 kW) su fiumi privati o torrenti in aziende rurali

Rara per aziende urbane (mancanza di acqua corrente controllabile)

Costo (2024):

Mini-impianto da 10 kW: 40.000–80.000 €

Altamente site-specific

Payback:

Variabile, ma generalmente 8–15 anni se il sito è favorevole

Vantaggi:

Altissima efficienza

Controllabile (puoi regolare il flusso d'acqua)

Accumulo naturale (il bacino è un serbatoio)

Limitazioni:

Applicabile solo in siti specifici (fiumi/torrenti)



Vincoli ambientali (protezione ecosistemi fluviali)

Costi di realizzazione elevati

3.4 Biomasse e Biogas

Biomasse solide (legna, scarti agricoli):

Come funziona:

Il materiale biologico viene bruciato in una caldaia per generare calore. È "rinnovabile" perché il materiale è prodotto da cicli biologici (alberi ricrescono, scarti sono rifiuti della produzione).

Efficienza:

Caldaia a biomassa: 80–90%

Pero è inferiore al solare termico perché c'è combustione (anche se da carbonio biologico, non fossile)

Applicazione aziendale:

Riscaldamento in aziende rurali con accesso a legna/scarti

Meno comune in aziende urbane (spazio, logistica, manutenzione)

Costo (2024):

Caldaia da 30 kW: 8.000–15.000 €

Costo del "combustibile" (legna): 30–50 €/tonnellata (vs gas 0,30 €/Nm³)

Emissioni:

Le biomasse sono "carbon neutral" nel senso che la CO₂ rilasciata dalla combustione è la stessa che l'albero/pianta ha catturato durante la crescita. Tuttavia, la gestione sostenibile della biomassa è critica: se tagli alberi più velocemente di quanto ricrescono, non è rinnovabile.

Biogas (digestione anaerobica):

Come funziona:

Scarti organici (liquami, rifiuti alimentari) fermentano in assenza di ossigeno, producendo metano (biogas). Il biogas brucia in un motore per generare elettricità e calore.

Efficienza:

Motore biogas: 30–40% per elettricità, più 50% di calore recuperabile (CHP - Combined Heat and Power)

Applicazione aziendale:

Per aziende agricole o alimentari con scarti organici significativi

Rara per aziende manifatturiere

Costo (2024):

Impianto biogas da 100 kW: 300.000–500.000 € (molto costoso)



Vantaggi:

Gestisce rifiuti organici (doppio beneficio)

Produce energia "on demand" (controllabile, non soggetto a meteo)

Limitazioni:

Altissimo costo di investimento

Richiede materia prima (scarti organici)

Manutenzione complessa

3.5 Energia Geotermica

Come funziona:

Sfrutta il calore interno della Terra. Esistono due applicazioni principali:

Pompe di calore geotermiche:

Una pompa di calore estrae calore da sonde verticali nel terreno (che rimangono a temperatura costante ~10–15 °C tutto l'anno) per riscaldare l'edificio. È "rinnovabile" perché il calore viene dal sole (accumulo nel terreno) e dalla radioattività terrestre (inesauribile).

Efficienza:

COP: 4–6 (superiore al pompe di calore aria-aria, che hanno COP 3–4)

Costo (2024):

Impianto geotermico da 30 kW: 60.000–100.000 € (più caro di solare FV, ma efficienze superiori)

Payback:

8–12 anni

Vantaggi:

Altissima efficienza

Non dipendente da meteo/stagione (temperatura del terreno è stabile)

Silenzioso, niente impatto visivo

Limitazioni:

Altissimo costo di investimento

Richiede spazio per sonde (verticali: buco profondo, orizzontali: terreno libero)

Vincoli geologici (alcuni terreni non adatti)

Impianti geotermici ad alta temperatura (generazione di elettricità):

Solo nelle zone vulcaniche (Islanda, Nuova Zelanda, Giappone, Italia in Toscana). Non applicabile per la maggior parte delle aziende europee.



4. CARATTERISTICHE TECNICHE E FATTORI DI RENDIMENTO

4.1 Irraggiamento solare e ventosità

Irraggiamento solare (kWh/mq/anno):

L'irraggiamento varia geograficamente:

Zona	Irraggiamento annuale	Produzione solare (kWh/kW installato/anno)	Esempio
Nord Europa (es. Danimarca, Germania)	800–1.000 kWh/mq	850–1.100	Bassa ma fattibile
Italia Settentrionale (es. Milano, Torino)	1.100–1.300 kWh/mq	1.200–1.400	Media
Italia Centrale (es. Firenze, Roma)	1.300–1.500 kWh/mq	1.400–1.600	Buona
Italia Meridionale (es. Bari, Palermo)	1.500–1.700 kWh/mq	1.600–1.800	Eccellente

Cosa significa:

Un impianto solare da 100 kW in Milano produce circa 120.000–140.000 kWh/anno. Lo stesso impianto a Palermo produce 160.000–180.000 kWh/anno.

Ventosità (m/s di velocità media annuale):

Ventosità	Velocità media annuale	Fattore di capacità eolico	Valutazione
Molto bassa	<5 m/s	<20%	Non conveniente
Bassa	5–6 m/s	20–30%	Marginale
Media	6–7 m/s	30–35%	Buona
Alta	7–8 m/s	35–40%	Eccellente
Molto alta	>8 m/s	>40%	Ottima

Per valutare il sito eolico, è necessaria una misura anemometrica (torre di misura del vento) per almeno 1 anno.

4.2 Perdite di sistema

Non tutta l'energia captata dai pannelli arriva al punto di utilizzo. Ci sono perdite:

*Sistema solare:*

Perdite per temperatura (i pannelli si scaldano e perdono efficienza): ~5–10%

Perdite negli invertitori (DC → AC): 2–5%

Perdite nei cavi: 1–3%

Totale perdite di sistema: ~10–15%

Quindi, se un pannello da 100 Watt riceve 1.000 Wh di irraggiamento, produce effettivamente ~850–900 Wh utili.

Sistema eolico:

Perdite nei cuscinetti e generatore: 2–5%

Perdite negli invertitori: 2–5%

Perdite nei cavi: 1–3%

Totale perdite di sistema: ~5–10%

4.3 Fattore di capacità (effettivo vs nominale)

Uno dei fraintendimenti comuni è confondere la potenza nominale (ciò che dice il catalogo) con la potenza effettiva (quello che davvero produce).

Esempio solare:

Un impianto da 100 kW nominali in Milano produce in media $100 \text{ kW} \times 1.200 \text{ kWh/kWp/anno} = 120.000 \text{ kWh/anno}$

Ma ciò significa che in media produce $120.000 / 8.760 \text{ ore} = 13,7 \text{ kW}$

Il fattore di capacità è $13,7 / 100 = 13,7\%$

Questo non significa che l'impianto "funziona al 13,7%". Significa che mediato su tutto l'anno (notte + giorno, inverno + estate, sole + nuvole), mediamente eroga il 13,7% della potenza nominale.

A mezzogiorno, con sole pieno, eroga il 90–100% della potenza nominale. Di notte, 0%.

4.4 Decadimento nel tempo

I pannelli solari perdono efficienza nel tempo (circa 0,5% per anno). Dopo 25 anni, mantengono ancora l'80–85% della loro efficienza iniziale. Per questo, gli impianti solari sono garantiti per 25–30 anni, ma in realtà durano 40+ anni.

Gli impianti eolici hanno vita utile simile (25–30 anni), ma con manutenzione più onerosa.



5. DIMENSIONAMENTO E PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

5.1 Calcolo del fabbisogno energetico

Prima di installare un impianto rinnovabile, devi sapere quanta energia consumi e quando la consumi.

Passo 1: Consumo annuale (già fatto nel Modulo 2)

Dalla bolletta: ad esempio, 500 MWh/anno di elettricità.

Passo 2: Profilo di carico orario

Se puoi, ottieni i dati orari dal distributore di energia. Se no, stima in base all'attività:

Un ufficio consuma più di giorno (08:00–18:00)

Una fabbrica può consuma 24/7 se lavora in turni

Un magazzino clima-controllato consuma più di notte (quando la temperatura è più bassa e serve meno raffreddamento)

Passo 3: Analisi del match

Confronta il profilo di produzione rinnovabile con il profilo di consumo aziendale:

Se consumi principalmente di giorno (ufficio), il solare è ideale (produce di giorno)

Se consumi 24/7 (fabbrica), hai bisogno di accumulo (batterie) oppure complemento dalla rete

5.2 Dimensionamento dell'impianto solare

Metodo semplificato:

Se sai che consumi 500 MWh/anno (elettricità) e vuoi coprirlo 100% con solare:

In Milano: irraggiamento ~1.200 kWh/kWp/anno

Potenza necessaria: $500.000 \text{ kWh} / 1.200 \text{ kWh/kWp} = \sim 417 \text{ kWp}$

Se vuoi coprire il 50% (complementato dalla rete):

Potenza necessaria: $500.000 \times 0,5 / 1.200 = \sim 208 \text{ kWp}$

Superficie necessaria (tetto):

Un modulo solare moderno da 400 Watt occupa circa 2 mq

Un impianto da 100 kWp (250 moduli) occupa ~500 mq

Se il tuo tetto è 500 mq, puoi installare 100 kWp. Se è 200 mq, maximi 40 kWp.

5.3 Sizing delle batterie di accumulo

Le batterie sono il "cuscinetto" tra produzione rinnovabile e consumo aziendale.



Necessità di accumulo:

Se la tua azienda consuma di notte (illuminazione, server, processi 24/7), hai bisogno di accumulo.
Se consumi solo di giorno e di notte sei chiuso, non ne hai bisogno (o ne hai minore).

Capacità necessaria (regola di massima):

Se il solare copre il 100% del consumo diurno e vuoi autonomia notturna (8 ore), la capacità batteria è: consumo notturno $\times$ 8 ore

Esempio:

Consumo totale: 500 MWh/anno = 1.370 kWh/giorno (media)

Di giorno (12 ore): 700 kWh

Di notte (12 ore): 670 kWh

Se il solare copre i 700 kWh diurni, le batterie devono immagazzinare: 670 kWh

Una batteria da 670 kWh è gigantesca (e costosa: ~100 milioni di euro!). Per questo, la maggior parte delle aziende non punta a 100% autonomia, ma a parziale copertura + rete.

Sizing più realistico:

La maggior parte delle aziende installa:

Impianto solare da 30–50% del fabbisogno (copre consumi diurni medi)

Batterie per accumulo di poche ore (4–8 ore): capacità 50–200 kWh

Rete elettrica come backup/complemento (quando solare produce poco o batterie sono scariche)

Questo approccio è più economico e pratico.

5.4 Layout e considerazioni pratiche

Solare su tetto:

Ideale se il tetto è orientato a Sud e poco ombreggiato

Verificare carico strutturale del tetto (impianto pesa ~20 kg/mq)

Verificare vincoli paesaggistici (se in centro storico, potrebbero vietare il solare visibile)

Solare a terra:

Occupa spazio utile, ma permette dimensioni maggiori

Meglio se l'azienda ha area esterna sottoutilizzata

Eolico:

Richiede zona ventosa (misura anemometrica)



Vincoli urbanistici (altezza, noise, paesaggio)

Manutenzione più complessa

Biomassa/Biogas:

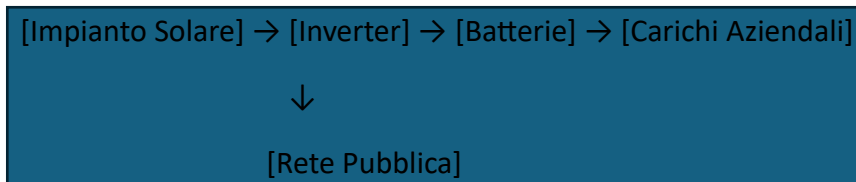
Richiede materia prima disponibile

Complessità gestionale e autorizzativa elevata

6. INTEGRAZIONE DELLE RINNOVABILI IN AZIENDA

6.1 Schema di integrazione: Impianto + Batterie + Rete

Il modello più diffuso per aziende è il sistema ibrido:



Come funziona:

Di giorno (sole):

Il solare genera energia

L'energia copre il consumo diretto dell'azienda

L'eccesso carica le batterie

Se batterie piene e solare > consumo, l'eccesso va in rete (stoccaggio virtuale, che vedremo dopo)

Di notte (no sole):

Le batterie scaricano per coprire il consumo

Se batterie esaurite, la rete fornisce energia

In caso di picco di consumo:

Solare + batterie + rete collaborano per coprire il picco

Vantaggio di questo schema:

L'azienda usa prevalentemente solare (costo zero operativo)

Batterie forniscono buffer per variabilità

La rete rimane come backup, riducendo il costo di installare batterie enormi



6.2 Integrazione con infrastrutture aziendali

Ricarica veicoli elettrici (EV):

Un'azienda con flotta di veicoli elettrici può coordinarsi con il solare:

Di giorno, l'impianto solare ricarica i veicoli

Di notte, se i veicoli hanno batterie bidirezionali (V2G - Vehicle to Grid), le batterie dei veicoli possono alimentare l'azienda

Questa è la vera integrazione: i veicoli aziendali diventano storage energetico mobile.

Controllo dei carichi (demand response):

Se l'azienda ha processi flessibili, può anticipare o rimandare certi consumi:

Lavanderia industriale: lancia il ciclo quando c'è picco di solare

Compressori aria: carica i serbatoi quando il solare è abbondante

Climatizzazione: precalda/preraffreddamento quando c'è solare

6.3 Scambio di energia con la rete (Net Metering, Ritiro Dedicato)

Net Metering:

Se l'impianto solare produce più di quello che consumi, l'energia va in rete. In molti paesi europei, puoi "vendere" questa energia al fornitore di rete:

Energia immessa: ti viene pagata (o accreditata) a un certo prezzo

Energia prelevata: la paghi al prezzo di mercato

Se in un anno immetti più di quello che prelevi, ricevi un credito

Ritiro Dedicato (Italia):

In Italia, con il "Ritiro Dedicato", puoi vendere l'energia immessa in rete al GSE (Gestore Servizi Energetici) a un prezzo pre-stabilito (tipicamente inferiore al costo medio dell'elettricità, ma garantito).

Questo significa: se installi 100 kWp e produci 120 MWh/anno, ma consumi 80 MWh, gli altri 40 MWh li vendi al GSE a ~0,08–0,10 €/kWh.

Non è molto (se consideri che paghi l'elettricità ~0,30 €/kWh), ma è meglio che niente.



7. ACCUMULO ENERGETICO (BATTERIE E SISTEMI DI STOCCAGGIO)

7.1 Batterie al litio (tecnologia dominante)

Come funzionano:

Le batterie al litio-ione sono il type di batteria ricaricabile più diffuso (è quella dei telefonini, auto elettriche, etc.):

Cella: Due terminali (positivo e negativo) separati da un elettrolita. Gli ioni di litio si muovono tra i terminali, generando o assorbendo energia.

Modulo: Centinaia di celle collegate.

Pacco/Sistema: Moduli + controllore di carica/scarica + sistema di cooling.

Efficienza di round-trip:

Se metti 100 kWh nelle batterie, ne tiri fuori ~90 kWh (rendimento 90%). Il 10% perso diventa calore.

Costo (2024):

Capacità	Costo totale	Costo per kWh
10 kWh (casa)	5.000–8.000 €	500–800 €/kWh
50 kWh (piccola azienda)	20.000–35.000 €	400–700 €/kWh
100 kWh (media azienda)	40.000–60.000 €	400–600 €/kWh
500 kWh (grande azienda)	150.000–250.000 €	300–500 €/kWh

Come vedi, il costo unitario scende quando la capacità aumenta (economie di scala).

Degradazione e vita utile:

Le batterie al litio si degradano nel tempo:

Cicli di carica/scarica: ogni ciclo le logora leggermente

Circa 0,1–0,3% di capacità persa per ciclo, dipende dalla tecnologia

Dopo 2.000–3.000 cicli (10–15 anni di uso quotidiano), mantengono 80–85% della capacità originaria

Garanzia tipica: 10 anni oppure 10.000 cicli

Per un'azienda che carica/scarica una volta al giorno, 10 anni sono ~3.650 cicli, quindi la batteria è ancora buona al 70–80% di capacità.



Tipi di batterie al litio (per aziende):

LFP (Lithium Iron Phosphate): Più sicure, durano più cicli (4.000+), ma leggermente più pesanti.

Costo: 400–600 €/kWh.

NCA/NMC (Nickel Cobalt Aluminum/Nickel Manganese Cobalt): Più dense di energia, leggermente più efficienti. Costo: 300–500 €/kWh.

Per aziende, LFP è preferibile per durabilità e sicurezza.

7.2 Sistemi di accumulo alternativi

Idroelettrico pompato (Pumped Hydro Storage):

Un serbatoio superiore e uno inferiore. Quando c'è energia in eccesso, pompi l'acqua dal serbatoio inferiore al superiore. Quando serve energia, lasci cadere l'acqua che aziona una turbina.

Efficienza: 70–85% (buona, ma inferiore al litio)

Scala: Da decine di MW in su (non applicabile per aziende singole)

Applicazione aziendale: Se l'azienda ha un torrente e autorizzazioni, ma è raro

Aria compressa (CAES - Compressed Air Energy Storage):

Compri l'aria con un compressore quando c'è eccesso di energia, la immagazzini in caverne sotterranee (o in serbatoi giganti). Quando serve, la rilasci su una turbina.

Efficienza: 50–70% (inferiore al litio)

Scala: Da decine di MW in su

Applicazione aziendale: Rara, richiede spazi e autorizzazioni

Batterie a gravità:

Nuova tecnologia: grandi blocchi di cemento alzati e abbassati tramite gru per immagazzinare energia. Ancora in fase sperimentale, costi elevati.

Batterie termiche (stoccaggio di calore):

Non è accumulo di elettricità, ma di calore:

Riscaldi dell'acqua (o sali fusi) quando c'è energia in eccesso

La usi per riscaldamento invernale (evitando di bruciare gas)

Efficienza: 80–90%, ma la potenza di erogazione è limitata (lenta).

Per le aziende: Le batterie al litio rimangono l'opzione dominante per la loro versatilità, costo calante, e maturità tecnologica.



8. ROI E BUSINESS CASE DELLE RINNOVABILI

8.1 ROI del solare fotovoltaico

Esempio 1: Impianto solare da 50 kWp su tetto aziendale

Localizzazione: Milano (irraggiamento ~1.200 kWh/kWp/anno)

Investimento:

Impianto da 50 kWp: $50 \times 0,55 \text{ €/W} = 27.500 \text{ €}$

Inverter + cavi + installazione: 5.000 €

Costo totale: 32.500 €

Beneficio (primo anno):

Produzione: $50 \text{ kW} \times 1.200 \text{ kWh/kWp} = 60.000 \text{ kWh/anno}$

Prezzo dell'energia risparmiata: 0,30 €/kWh (costo medio della corrente in Italia)

Beneficio: $60.000 \times 0,30 = 18.000 \text{ €/anno}$

ROI:

ROI: $18.000 / 32.500 = 55,4\%$ (per anno)

Payback: $32.500 / 18.000 = 1,8$ anni

Analisi su 25 anni (vita utile):

Produzione totale: $60.000 \times 25 = 1.500.000 \text{ kWh}$

Beneficio totale: $1.500.000 \times 0,30 = 450.000 \text{ €}$

Costo iniziale: 32.500 €

Profitto netto: 417.500 € (è un investimento straordinario)

Rischi e considerazioni:

Degradazione del pannello: Ogni anno il pannello produce lo 0,5% di meno. Dopo 25 anni, produce l'87,5% dell'anno 1.

Beneficio realistico (con degradazione): $450.000 \times 0,87,5 = 393.750 \text{ €}$

Profitto: 361.250 € (comunque eccellente)

Aumento del prezzo dell'energia: Se il prezzo della corrente aumenta dell'1,5% l'anno (storico), il beneficio aumenta nel tempo.

Beneficio anno 1: 18.000 €



Beneficio anno 10: $18.000 \times (1,015^{10}) = \sim 21.000 \text{ €}$

Beneficio totale 25 anni (al 1,5% annuale): $\sim 550.000 \text{ €}$ (vs 450.000 con prezzo costante)

Incentivi pubblici: Se usi Transizione 5.0 (credito d'imposta 45%), il costo netto è $32.500 \times 0,55 = \sim 18.000 \text{ €}$.

Payback con incentivo: $18.000 / 18.000 = 1 \text{ anno}$ (quasi immediato!)

8.2 ROI delle batterie di accumulo

Esempio 2: Aggiunta di batterie da 50 kWh all'impianto solare precedente

Investimento:

Batterie da 50 kWh: $50 \times 500 \text{ €/kWh} = 25.000 \text{ €}$

Inverter bidirezionale + controller: 5.000 €

Costo totale: 30.000 €

Beneficio:

Questo è più complesso, perché il valore dipende da quando usi l'energia:

Se l'azienda consuma prevalentemente di notte (quando il solare non produce), le batterie permettono di usare l'energia solare anche di notte, evitando di pagarla al prezzo pieno.

Se l'azienda consuma solo di giorno, le batterie hanno meno valore (il solare produce già di giorno, non serve accumulo).

Scenario 1: Azienda che consuma 50% di giorno, 50% di notte

Senza batterie: Il 50% notturno (30.000 kWh) lo paga alla rete a 0,30 €/kWh = 9.000 €/anno

Con batterie: Le batterie accumulano il solare e lo usano di notte, risparmiando il 70% del consumo notturno (limiti pratici, imperfezioni).

Risparmio notturno: 21.000 kWh (70% dei 30.000 kWh notturni) $\times 0,30 \text{ €/kWh} = 6.300 \text{ €/anno}$

ROI batterie: $6.300 / 30.000 = 21\%$ (payback 4,8 anni)

Questo è meno attrattivo del solare, ma ancora positivo.

Scenario 2: Azienda che consuma principalmente di notte (es. data center, magazzino clima-controllato)

Se il consumo notturno è 80% del totale:

Senza batterie: $80\% \times 60.000 \text{ kWh} = 48.000 \text{ kWh/anno}$ pagati alla rete = 14.400 €/anno

Con batterie: Risparmi il 50% (realistico) = 7.200 €/anno

ROI: $7.200 / 30.000 = 24\%$ (payback 4,2 anni)



Nota sulla convenienza delle batterie:

Le batterie hanno un ROI inferiore al solare perché:

Costano più per kWh (30 €/kWh vs 0,5 €/W = ~5 €/kWh per solare)

Si degradano (perdono 10% ogni 10 anni)

L'energia risparmiata è meno della produzione solare (perdite di conversione, inefficienze)

Però rimangono convenienti se:

L'azienda consuma prevalentemente di notte

Usa il credito d'imposta Transizione 5.0 (che è disponibile anche per batterie)

Vuole indipendenza dalla rete (resilienza energetica)

8.3 Pacchetto integrato: Solare + Batterie

Scenario realistico:

Un'azienda manifatturiera (500 dipendenti, Nord Italia) installa:

Impianto solare 200 kWp (tetto + area esterna)

Batterie da 100 kWh (accumulo notturno)

Consumi aziendali:

Totale: 800 MWh/anno

Diurno (08:00–18:00): 400 MWh

Notturmo: 400 MWh

Investimento:

Solare 200 kWp: $200 \times 0,55 \text{ €} = 110.000 \text{ €}$

Batterie 100 kWh: $100 \times 500 \text{ €} = 50.000 \text{ €}$

Inverter, cavi, installazione: 30.000 €

Totale: 190.000 €

Beneficio (primo anno):

Produzione solare: $200 \text{ kWp} \times 1.200 \text{ kWh/kWp} = 240.000 \text{ kWh/anno}$

Consumo coperto da solare (diretto): 240.000 kWh di consumo diurno (i 400 MWh diurni sono più di 240 MWh, ma mediamente il solare copre i 240 MWh).



Consumo notturno coperto da batterie: $100 \text{ kWh} \times 100 \text{ cicli/anno} = 10.000 \text{ kWh}$ (le batterie si caricano durante il giorno e si scaricano di notte, in 100 cicli copre 10.000 kWh su 400 MWh notturni)

Consumo rimanente dalla rete: $800 - 240 - 10 = 550 \text{ MWh}$

Economico:

Solare copre 240 MWh: $240.000 \times 0,30 \text{ €} = 72.000 \text{ €/anno}$

Batterie coprono 10 MWh: $10.000 \times 0,30 \text{ €} = 3.000 \text{ €/anno}$

Beneficio totale: 75.000 €/anno

ROI:

ROI: $75.000 / 190.000 = 39,5\%$

Payback: $190.000 / 75.000 = 2,5 \text{ anni}$

Con incentivo Transizione 5.0 (45%):

Costo netto: $190.000 \times 0,55 = 104.500 \text{ €}$

Payback: $104.500 / 75.000 = 1,4 \text{ anni}$

Questo è un buon investimento.



9. INCENTIVI PUBBLICI E FINANZIAMENTI DISPONIBILI

9.1 Transizione 5.0 (Italia)

Cosa è:

Un programma italiano che offre credito d'imposta per aziende che investono in:

Efficienza energetica (Modulo 2)

Digitalizzazione dei processi

Sostenibilità ambientale

Aliquota:

45% di credito d'imposta per piccole-medie imprese (fino a 499 dipendenti)

30% per grandi imprese

20% per digitale puro (senza efficienza energetica)

Come funziona:

Fai l'investimento (es. installi pannelli solari per 100.000 €)

Dichiari l'investimento nella dichiarazione dei redditi/IVA

Il credito d'imposta (45.000 € nel nostro esempio) riduce le tasse da pagare nei 5 anni successivi

Limitazioni:

L'azienda deve avere reddito imponibile (se non guadagna, il credito non serve)

Budget annuale limitato (rischio esaurimento fondi)

Scadenza originaria: fine 2024 (potrebbero prolungare)

9.2 PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza)

Cosa è:

Fondi europei distribuiti dal governo italiano per la transizione green e digitalizzazione.

Per l'energia rinnovabile in aziende:

Ci sono contributi a fondo perduto (non restituibili) per:

Comunità energetiche rinnovabili (gruppi di aziende che condividono rinnovabili)

Efficienza energetica in piccole-medie imprese (fino al 65% di contributo)

Reti intelligenti e accumulo

Accesso:

Spesso tramite bandi pubblici (aperto periodicamente)

Richiedere a Regioni o enti locali



Vantaggio: A differenza di Transizione 5.0 (credito d'imposta = meno tasse), il PNRR è contributo diretto (riduci il costo dell'investimento direttamente).

9.3 Altre fonti di finanziamento

Finanziamenti verdi (Green Finance):

Molte banche offrono prestiti a tassi ridotti per progetti sostenibili:

Intesa Sanpaolo, UniCredit, Banco BPM hanno linee di credito green

Tasso tipico: 1–2% (vs 3–4% per prestiti ordinari)

Per impianti solare/eolico da 50–500 kWp

Esempio:

Investimento: 190.000 € (solare + batterie)

Con Transizione 5.0 (45%): Costo netto = 104.500 €

Con finanziamento green a 1,5% su 10 anni: Rate ~1.000 €/mese

Con beneficio di 75.000 €/anno: In 2 anni hai coperto il finanziamento e da lì in poi è profitto puro

Comunità Energetiche Rinnovabili (CER):

Gruppi di aziende/cittadini che si associano per condividere impianti rinnovabili. I benefici:

Sconti sugli investimenti (economie di scala)

Accesso a incentivi speciali (extra rispetto a impianti singoli)

Resilienza (se il solare di una non produce, alimenta dai vicini)

Richiede coordinamento, ma è trend crescente in Europa.

10. CASO STUDIO: INTEGRAZIONE SOLARE + BATTERIE IN AZIENDA

Torniamo all'azienda manifatturiera del Modulo 2 (150 dipendenti, 1.300 MWh/anno) e vediamo come integriamo le rinnovabili dopo l'efficienza.

10.1 Situazione dopo il Modulo 2 (Efficienza)

Ricordiamo che con le misure di efficienza, l'azienda ha ridotto i consumi da 1.300 MWh a ~1.010 MWh (22% di riduzione).

Profilo di carico (dopo efficienza):

Diurno (08:00–18:00): 450 MWh/anno



Notturno (18:00–08:00): 560 MWh/anno

(La produzione non è uniforme; il notturno è più alto perché fabbrica fa turni)

10.2 Progettazione dell'impianto solare

Obiettivo:

Coprire il 50% del consumo totale con solare (strategia conservativa: non puntare al 100% perché sarebbe costoso per il restante 50% da batterie).

Calcolo:

Consumo: 1.010 MWh/anno

Target solare: 505 MWh/anno

Localizzazione: Nord Italia (Milano), irraggiamento 1.200 kWh/kWp/anno

Potenza necessaria: $505.000 \text{ kWh} / 1.200 \text{ kWh/kWp} = 421 \text{ kWp}$

Spazi disponibili:

Tetto stabilimento: 1.500 mq (orientamento Sud, minime ombre)

Ogni modulo 400 W occupa 2 mq

$421 \text{ kW} = 1.052 \text{ moduli} \times 2 \text{ mq} = 2.104 \text{ mq}$ (non entra tutto sul tetto!)

Soluzione:

Panelli su tetto: 1.500 mq → 300 kWp

Panelli a terra (su parcheggio coperto): 600 mq → 120 kWp

Totale: 420 kWp (perfetto, arrotondato a 420)

10.3 Dimensionamento batterie

Analisi del profilo giornaliero:

Solare produce: $420 \text{ kW} \times 1.200 \text{ kWh/kWp} = 504 \text{ MWh/anno}$

Mediamente: $504 \text{ MWh} / 365 \text{ giorni} = 1.381 \text{ kWh/giorno}$

Ma il solare è concentrato di giorno:

Mattina (08:00–12:00): 400 kWh/giorno (40% del totale)

Pomeriggio (12:00–18:00): 600 kWh/giorno (60% del totale)

Notte (18:00–08:00): 0 kWh

Consumo giornaliero dopo efficienza: $1.010 \text{ MWh} / 365 = 2.767 \text{ kWh/giorno}$

Diurno (08:00–18:00): 1.233 kWh/giorno

Notturno (18:00–08:00): 1.534 kWh/giorno

*Bilancio energetico:*

Il solare produce in media 1.381 kWh/giorno, ma principalmente di giorno.

Consumo diurno: 1.233 kWh

Produzione solare diurna: ~1.300 kWh (in media, variabile)

Surplus diurno: 67 kWh (che carichi in batterie)

Consumo notturno: 1.534 kWh

Produzione solare notturna: 0 kWh

Deficit notturno: 1.534 kWh (che copri con batterie + rete)

Dimensionamento batteria:

Se vuoi coprire il 30% del deficit notturno (strategia conservativa) con batterie:

Quota da batterie: $1.534 \times 0,30 = 460$ kWh/giorno

Capacità batteria: $460 \text{ kWh} \times 1,1$ (margine) = ~500 kWh

Una batteria da 500 kWh è ancora costosa (~250.000 €), ma fattibile per un'azienda media.

Alternativa conservativa:

Se il costo è troppo elevato, dimensionare una batteria più piccola (100–200 kWh) e accettare di prelevare il resto dalla rete di notte. La batteria serve soprattutto per:

Picchi di consumo (evita picchi di rete, che costano di più)

Backup (se c'è blackout, la batteria alimenta sistemi critici per qualche ora)

Scegliamo batteria da 150 kWh (compromesso costo-beneficio).

10.4 Investimento e ROI

Componenti dell'impianto:

Componente	Quantità	Costo unitario	Costo totale
Pannelli solari 400 W	1.050	150 €	157.500 €
Inverter (tetto + terreno)	2	40.000 €	80.000 €
Batterie 150 kWh	1	75.000 €	75.000 €
Inverter bidirezionale (batterie)	1	30.000 €	30.000 €
Strutture, cavi, installazione	-	-	57.500 €
Totale	-	-	400.000 €

*Beneficio economico (anno 1):*

Produzione solare: $420 \text{ kWp} \times 1.200 = 504 \text{ MWh/anno}$

Costo risparmiato: $504 \text{ MWh} \times 0,30 \text{ €/kWh} = 151.200 \text{ €/anno}$

Degradazione prime funzionamenti: $-3\% = 147.000 \text{ €/anno}$ (conservativo)

ROI:

ROI: $147.000 / 400.000 = 36,75\%$

Payback: $400.000 / 147.000 = 2,7 \text{ anni}$

Con incentivo Transizione 5.0 (45%):

Costo netto: $400.000 \times 0,55 = 220.000 \text{ €}$

Payback: $220.000 / 147.000 = 1,5 \text{ anni}$ (eccellente!)

Analisi su 25 anni:

Produzione totale (con degradazione 0,5%/anno): $504 \text{ MWh} \times 0,875$ (degradazione cumulativa) $\times$ 25 anni = $\sim 11.000 \text{ MWh}$

Beneficio totale (a 0,30 €/kWh): $11.000 \times 0,30 = 3.300.000 \text{ €}$

Costo iniziale: 400.000 €

Profitto netto: 2.900.000 € (in 25 anni!)

Con incentivo: Profitto netto = 2.900.000 - 180.000 € (costo netto) = 2.720.000 €

10.5 Effetti sulla CO₂

Emissioni evitate:

Consumo prima di solare: 1.010 MWh/anno

Consumo coperto da solare: 504 MWh/anno (50%)

Fattore di emissione della rete italiana: 0,2 kg CO₂/kWh (media UE: 0,25–0,30, Italia è relativamente pulita per il mix energetico)

CO₂ evitata:

$504 \text{ MWh} \times 0,2 \text{ kg/kWh} = 100.800 \text{ tonnellate CO}_2/\text{anno}$

In 25 anni: $100.800 \times 25 = 2.520.000 \text{ tonnellate CO}_2 \text{ evitate}$

Questo è equivalente a:

~500 auto che smettono di circolare per 25 anni

~12 ettari di foresta piantata e cresciuta 25 anni



In termini di carbon tax (EU-ETS):

Prezzo della CO₂ oggi (2024): 50 €/tonnellata

A 150 €/tonnellata (previsione 2030): $2.520.000 \times 150 = 378.000.000$ € risparmiati in carbon tax (questo non l'avete pagato!)

Se l'azienda non avesse fatto solare, avrebbe pagato questa tassa. Con solare, evita completamente.

11. NORME E STANDARD APPLICABILI

11.1 Norma CEI 0-16 e connessione alla rete

CEI 0-16:

La norma italiana che specifica come connettere un impianto fotovoltaico a una rete pubblica.

Requisiti principali:

L'inverter deve avere anti-isolamento (se la rete si spegne, l'impianto si spegne a sua volta, per sicurezza).

Protezioni di sovracorrente e sottofrequenza

Conformità con i codici di rete del distributore locale

Pratica:

Prima di installare, contatti il distributore di energia locale (es. Enel, Terna) per:

Richiedere il "Preventivo di Connessione"

Fornire il disegno dell'impianto

Ricevere il nulla osta

Installare secondo le specifiche

Costo: 500–2.000 € dipendente da complessità.

11.2 Autorizzazioni paesaggistiche e ambientali

Installazione su tetto:

In zone vincolate (centro storico, parchi) potrebbe essere vietato. Consultare il Comune.

Installazione a terra:

Richiede permesso di costruzione se non in zona rurale. Costi di iter burocratico: 2.000–10.000 € a seconda della complessità.



Eolico:

Richiede autorizzazione ambientale (VIA - Valutazione Impatto Ambientale) per impianti >20 kW.
Tempi: 6–12 mesi. Costi: 5.000–20.000 €.

11.3 Standard internazionali

IEC 61215 / IEC 61730 (Moduli solari):

Standard internazionale che certifica la qualità e affidabilità dei pannelli solari. Verificare che i pannelli siano certificati.

IEC 62619 (Batterie):

Standard per batterie ricaricabili. Verifica che le batterie siano certificate.

ISO 50001 (Gestione energia):

Se certificato ISO 50001, il tuo impianto solare si integra in un sistema di gestione formale dell'energia (già discusso nel Modulo 2).

12. FONTI E NOTE METODOLOGICHE

12.1 Dati energetici e solari

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)

Tool online che fornisce dati di irraggiamento per qualunque punto geografico. Gratuito.

Fonte: <https://pvgis.ec.europa.eu/>

IRENA (International Renewable Energy Agency)

Dati globali su costi e performance di tecnologie rinnovabili.

Fonte: <https://www.irena.org/>

BloombergNEF

Rapporti su costi di batterie, inverter, pannelli solari (richiede abbonamento).

Commissione Europea – Energy Data Centre

Dati su mix energetico europeo e previsioni.

Fonte: <https://energy.ec.europa.eu/>

12.2 Normative e standard

CEI 0-16 (Italia)

Norma di connessione alla rete di impianti FER. Disponibile dal CEI.

IEC 61215, IEC 61730 (Moduli solari)

Standard internazionali. Disponibili da IEC.



IEC 62619 (Batterie)

Standard internazionale. Disponibile da IEC.

Decreto del Ministero dell'Ambiente (DM PNRR)

Linee guida per accesso al PNRR. Disponibile sul sito del MASE.

Fonte: <https://www.mase.gov.it/>

12.3 Incentivi e finanziamenti (Italia)

Agenzia delle Entrate – Transizione 5.0

Guida ai crediti d'imposta. Sito ufficiale.

Fonte: <https://www.agenziaentrate.gov.it/>

GSE (Gestore Servizi Energetici)

Ritiro Dedicato, Comunità Energetiche, Incentivi FER.

Fonte: <https://www.gse.it/>

MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)

PNRR, piani nazionali energia.

Fonte: <https://www.mase.gov.it/>

12.4 Note metodologiche

Irraggiamento solare: Dati da PVGIS, medie lunghe (20+ anni).

Prezzi energetici: Costi 2024 per Italia (soggetto a variazione). Nel caso di aumento del prezzo dell'energia, il ROI migliora.

Fattore di capacità: Calcolato come produzione annuale / (potenza nominale × 8.760 ore).

Degradazione: 0,5% per anno per solare, ~0,1–0,3% per ciclo per batterie.

Carbon footprint dei pannelli: Pannello moderno si "ripaga" energeticamente in 2–3 anni (imballaggio, trasporto, produzione di silicio consumano energia, ma è meno della tota l'energia che il pannello produrrà nel suo ciclo di vita).

CONCLUSIONE

Il Modulo 3 ha fornito:

Cosa sono le rinnovabili: Fonti che si rigenerano naturalmente, zero emissioni di CO₂ durante l'uso, intermittenti ma prevedibili.

Quali tecnologie: Solare (FV e termico), eolico, idroelettrico, biomasse, geotermico – con pro/contro e applicabilità aziendale.

Come dimensionarle: Sulla base dei consumi aziendali, della geolocalizzazione, dello spazio disponibile.



Accumulo: Batterie al litio come standard; alternative per scale giganti.

ROI: Generalmente 2–4 anni di payback con incentivi (Transizione 5.0), con profitti netti straordinari nel lungo termine (25 anni).

Incentivi: Transizione 5.0 (credito 45%), PNRR (contributo diretto), finanziamenti verdi.

Integrazione: Come combina solare + batterie + rete per coprire i consumi aziendali.

Impatto climatico: Evitare tonnellate di CO₂ e pagamenti di carbon tax.

Nel Modulo 4, esamineremo come la digitalizzazione e le tecnologie smart (Transizione 5.0) integrano tutto questo in sistemi intelligenti che ottimizzano il flusso energetico in tempo reale.
