

9 giugno 2022



MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA APPLICATA ALL'ESERCIZIO DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

SEMINARIO IN COLLABORAZIONE CON L'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Angelo Pignatelli – Senior Engineer Mgr

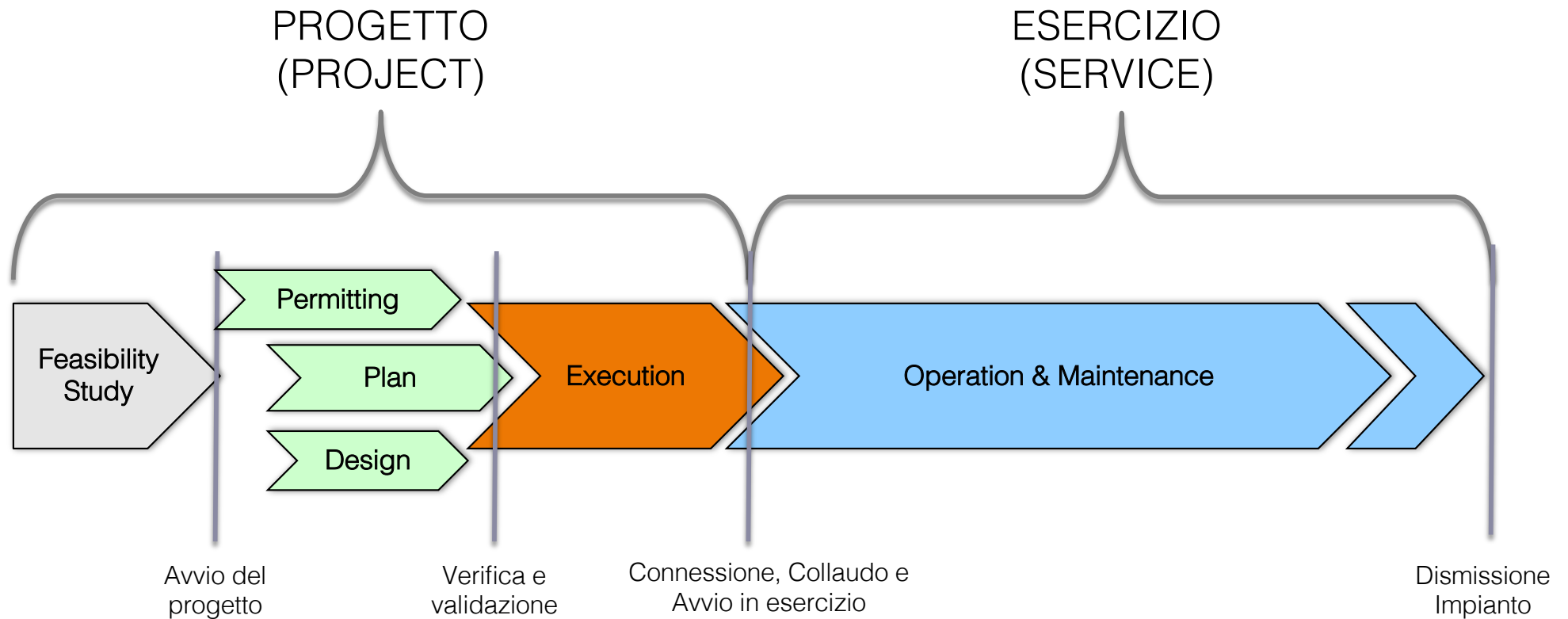
DEFINIZIONE DI MANUTENZIONE

1. La prima definizione generale dell'oggetto della manutenzione è stata emessa dall'OCSE (Organizzazione internazionale per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) con delibera del 1963, in cui è espresso: *“S'intende per manutenzione quella funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento”*.
2. La Commissione Manutenzione dell'UNI, prima con la Norma UNI 9910 dell'ottobre 1991 (“Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio”), poi con le successive UNI EN 13306:2010 (“Manutenzione – Terminologia di manutenzione”) e UNI 10147:2013 (“Manutenzione – Termini aggiuntivi”) ha definito la manutenzione come *“combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di una entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta”*. Il termine entità sta a indicare il bene o impianto che è oggetto dell'attività di manutenzione

DEFINIZIONE DI MANUTENZIONE PER IMPIANTI FV

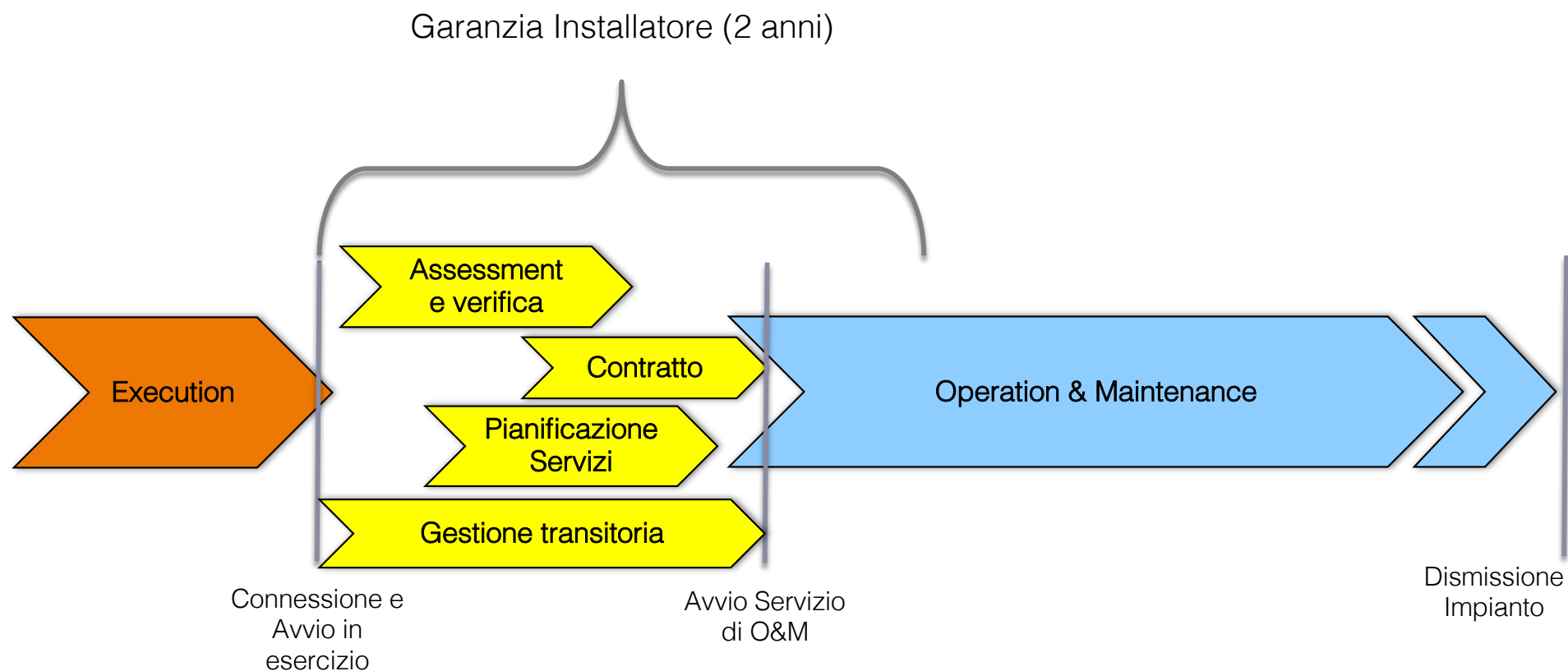
Nello specifico è possibile quindi sinteticamente definire l'O&M di un impianto fotovoltaico come *l'insieme di servizi tecnici e amministrativi, finalizzati a mantenerlo in funzione negli anni, dall'avvio in esercizio al momento della sua dismissione, preservandone lo stato nel tempo, assicurandone l'adeguata produzione e valorizzazione dell'energia, garantendone il rispetto della normativa tecnica vigente e dei livelli di sicurezza necessari, e garantendo l'esecuzione amministrativa degli adempimenti burocratici annuali e pluriennali al fine di mantenere il diritto all'erogazione della tariffa incentivante ed attive le convenzioni di scambio sul posto e ritiro dedicato istituite con il GSE.*

CICLO DI VITA DI UN IMPIANTO (GREENFIELD E REPOWERING)



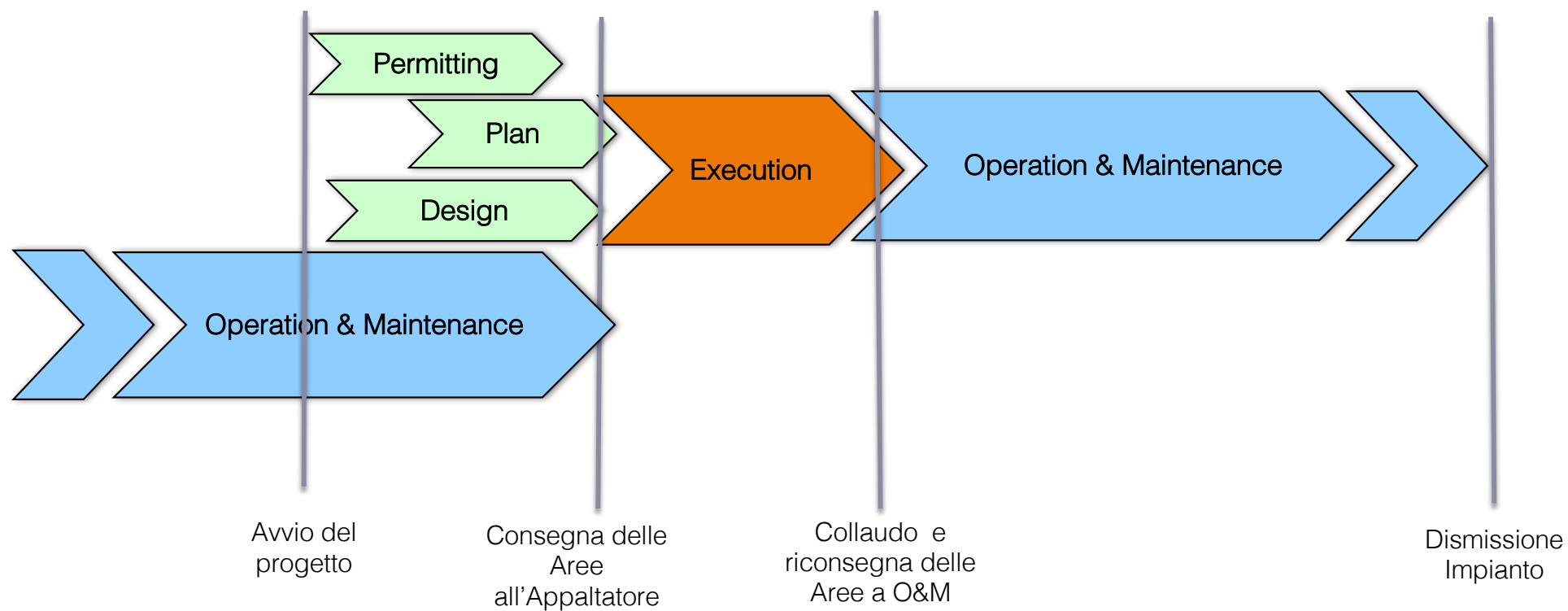
Estratto da "Sistemi Fotovoltaici" – Maggioli Editore – aprile 2021

FASI DI AVVIO DI UN SERVIZIO DI O&M



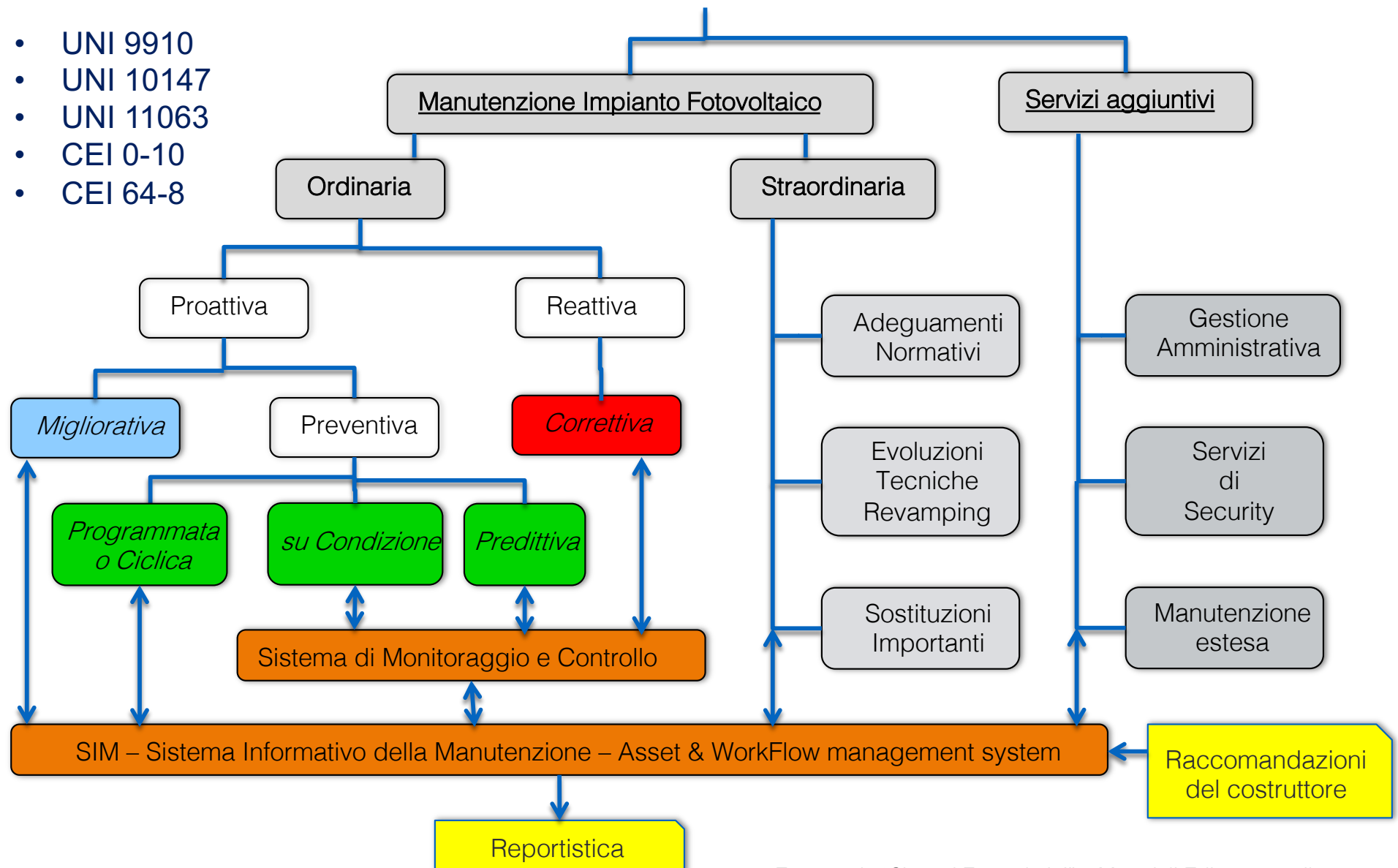
Estratto da "Sistemi Fotovoltaici" – Maggioli Editore – aprile 2021

CICLO DI VITA DI UN IMPIANTO (REVAMPING)

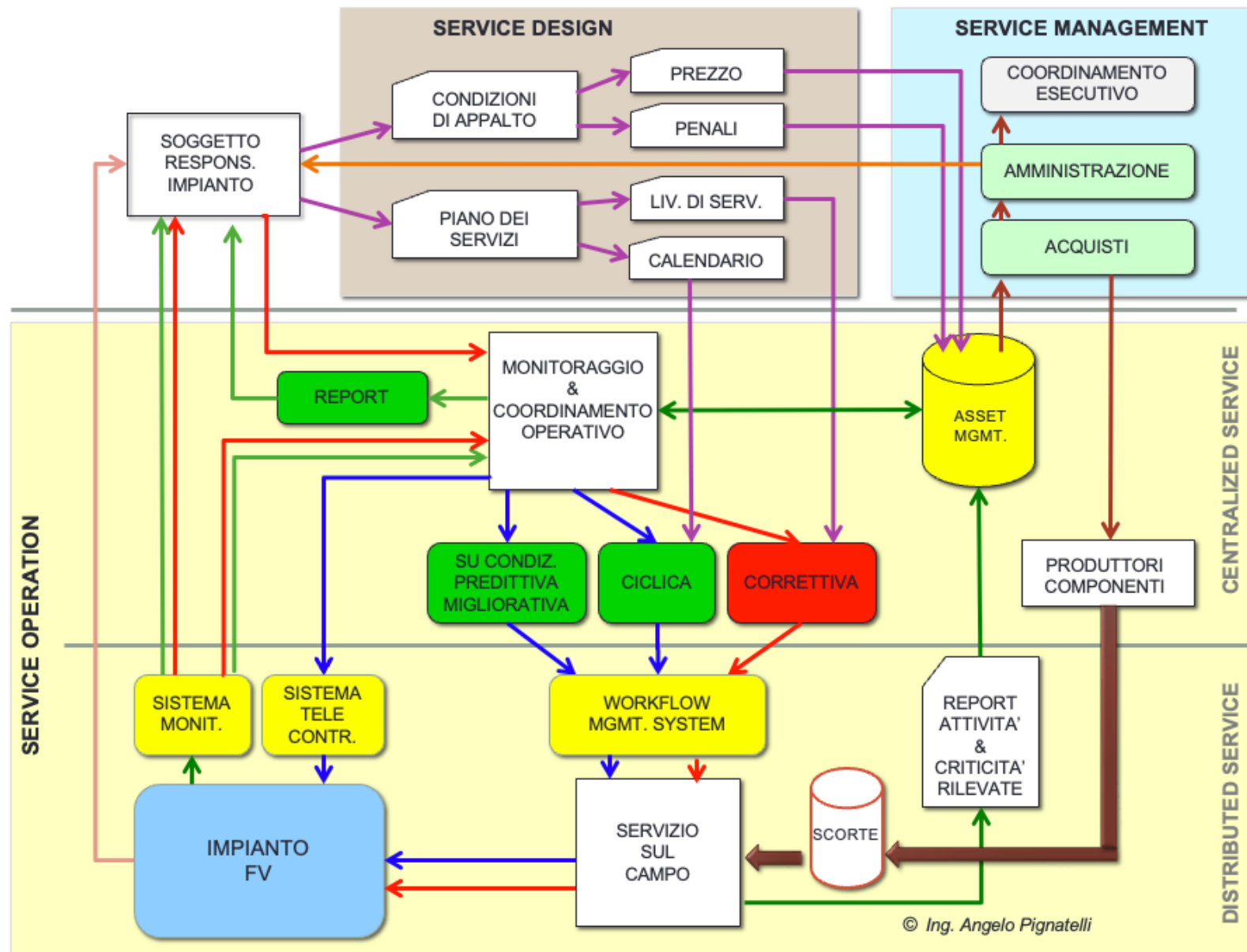


CLASSIFICAZIONE DEI SERVIZI (E RISORSE STRUMENTALI)

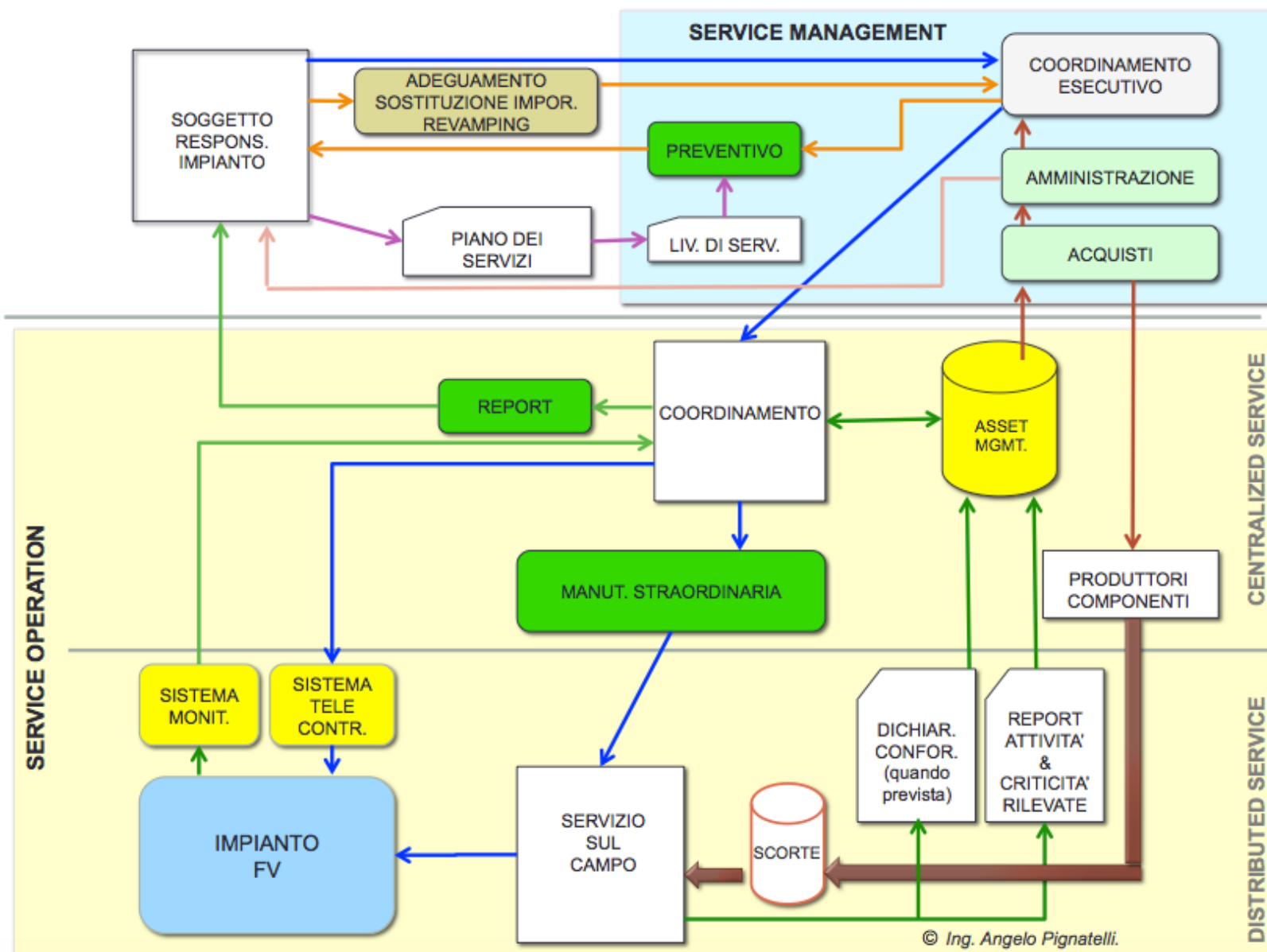
- UNI 9910
- UNI 10147
- UNI 11063
- CEI 0-10
- CEI 64-8



MANUTENZIONE ORDINARIA – STRUTTURE - FLUSSI OPERATIVI



MANUTENZIONE STRAORDINARIA – STRUTTURE - FLUSSI OPERATIVI



CLASSI DI IMPIANTI FV



Residenziale
 $P \leq 20 \text{ kW}$
BT



Commerciale
 $20 \text{ kW} < P \leq 200 \text{ kW}$
BT o MT



Industriale
 $200 \text{ kW} < P \leq 1 \text{ MW}$
MT

Multi – MW
Utility Scale
 $P \geq 1 \text{ MW}$
MT



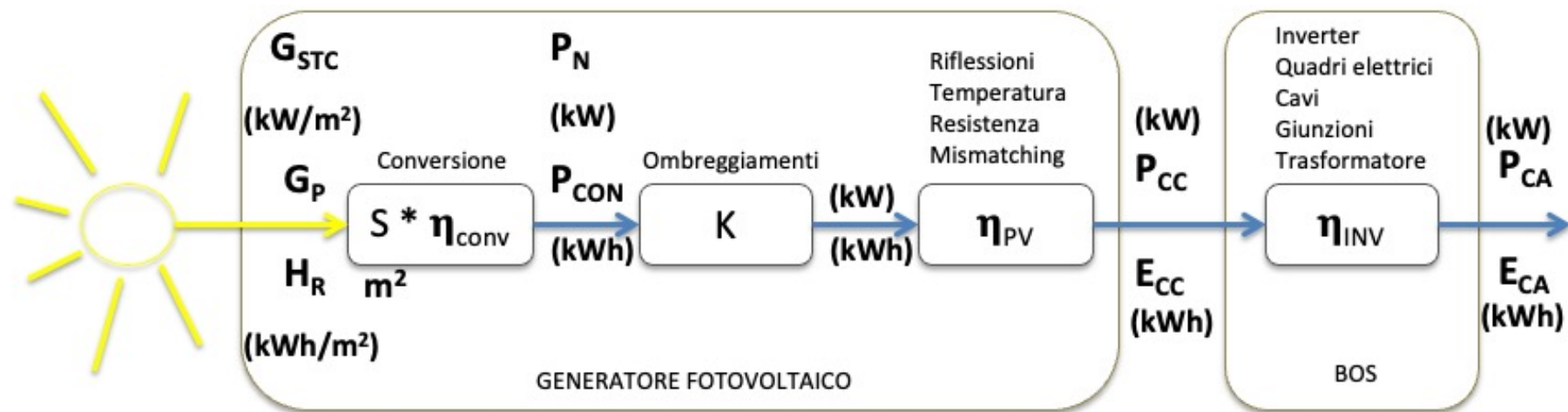
MODELLI DI PRICING (1/2)

Servizi	Modello di pricing	Calcolo	Verifica	Vantaggi	Svantaggi
Manutenzione ordinaria	fee iniziale + ticket	somma di (Prezzo servizio × Numero interventi)	Rapporti delle attività svolte	- minimizzazione dei costi.	- assenza del servizio di monitoraggio. - assenza di manutenzione preventiva. - scarsa attenzione alla performance. - onere della rilevazione delle anomalie a carico del proprietario.
	fisso	fisso	Rapporti delle attività svolte	- semplicità nel calcolo.	- verifica più onerosa. - assenza incentivo al miglioramento della performance per il fornitore. - impatto di una scarsa performance solo al committente.
	fisso con penali	fisso - penale (se $T_{\text{intervento}} > T_{\text{max}}$) oppure (se $PR < K1 \times PR_{\text{atteso}}$)	Performance v.s. soglia	- presenza del rischio di una sanzione per il fornitore, come incentivo a mantenere un adeguato livello di attenzione al servizio. - presenza di un meccanismo compensatore (penale per il fornitore) come risarcimento parziale al committente, in caso la performance sia stata scarsa (inferiore alla soglia).	- necessità di misurare e registrare, su un sistema di WMS, i tempi di intervento e risoluzione della manutenzione correttiva. - necessità di misurare e registrare i tempi di fornitura delle offerte tecnico-economiche e dei tempi di completamento per la manutenzione straordinaria; - necessità della misura e registrazione costante della produzione e dell'irraggiamento mediante opportuno sistema di monitoraggio.

MODELLI DI PRICING (2/2)

Servizi	Modello di pricing	Calcolo	Verifica	Vantaggi	Svantaggi
	variabile	$\text{fisso} + K2 \times (\text{PR} / \text{PRatteso})$	performance	- presenza di un meccanismo bonus/malus per il fornitore, come incentivo alla massimizzazione del risultato in termini di produzione. - presenza di un meccanismo compensatore, per cui il pagamento del servizio è direttamente proporzionale alla sua efficacia sulla produzione dell'impianto.	- presenza di un accurato sistema di monitoraggio per la misura e registrazione della produzione e dell'irraggiamento. - gestione di eventuali contestazioni nella valorizzazione del compenso, legati puntualmente alla misura della performance dell'impianto.
<i>Manutenzione straordinaria</i>	da concordare per ogni specifica attività	concordato con offerta tecnico-economica specifica	Tempi di fornitura offerta e completamente attività. Rapporto attività.	- costi della manutenzione straordinaria direttamente correlati alle attività svolte. - semplicità nella verifica di efficienza (tempi). - maggiore affidabilità (presunta) nei tempi di risposta alle richieste, ai costi contenuti, alla qualità dei lavori, ai tempi di completamento.	- se presente, vincolo all'affidamento della manutenzione straordinaria al fornitore dei servizi di manutenzione ordinaria.
<i>Servizi aggiuntivi</i>	fisso	fisso	Rapporti delle attività svolte	- semplicità nel calcolo.	- verifica più onerosa. - assenza incentivo al miglioramento della performance per il fornitore.

PRODUZIONE ED EFFICIENZA



Energia in c.a. (kWh): $E_{CA}(\Delta t) = \eta_{INV} * \eta_{PV} * K * (H_R(\Delta t) / G_{STC}) * P_N$

Ore equival. (kWh/kWp): $h_{EQ}(\Delta t) = \eta_{INV} * \eta_{PV} * K * (H_R(\Delta t) / G_{STC})$

Produzione (kWh): $E_{CA}(\Delta t) = h_{EQ}(\Delta t) * P_N$ nel periodo Δt

PR – PERFORMANCE RATIO

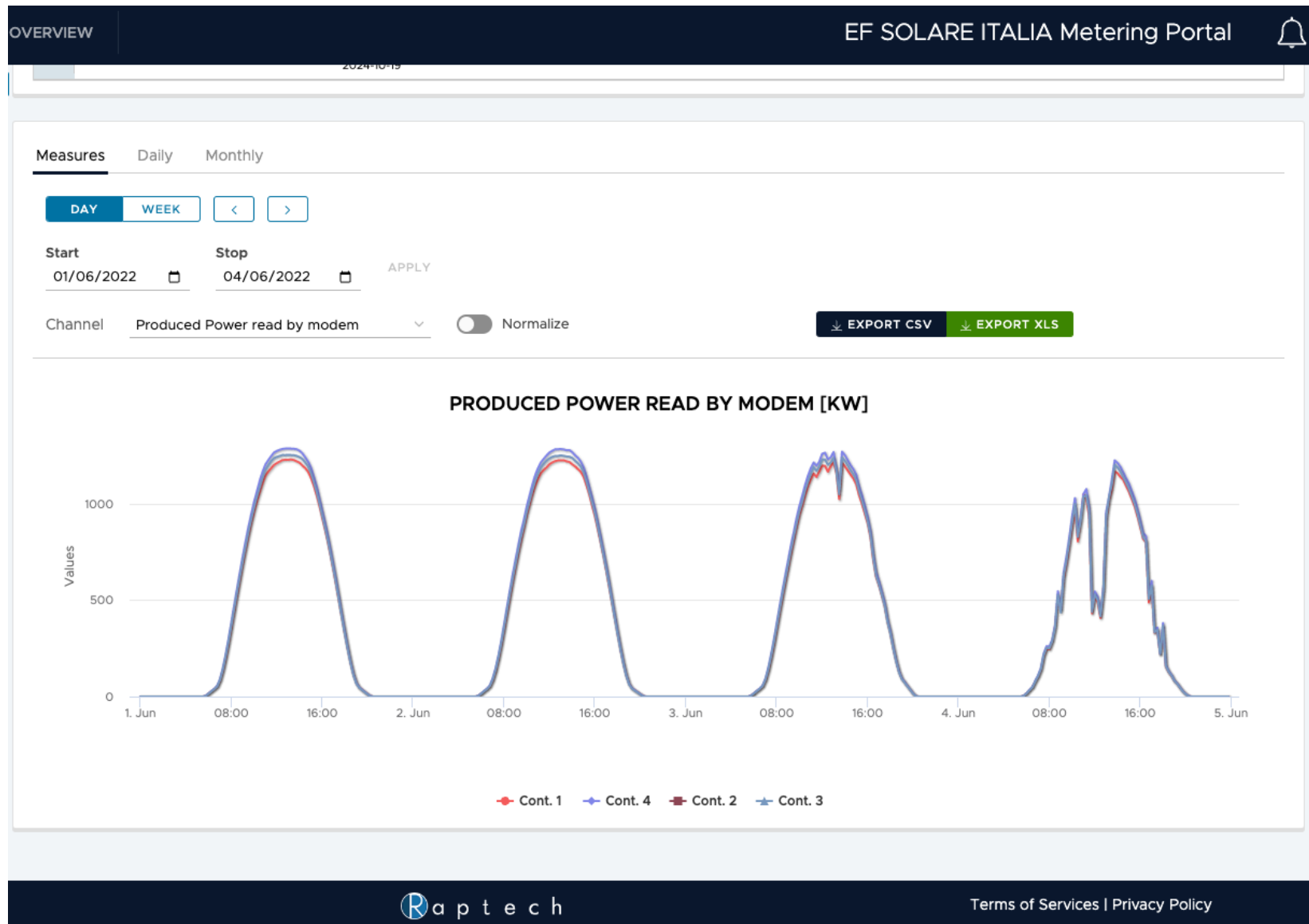
Il parametro più utilizzato per la stima dell'efficienza complessiva di un impianto fotovoltaico è il Performance Ratio (PR), così come definito nella Norma CEI EN 61724 2017-3

$$PR = \frac{E_p}{P_{nom} * \frac{\int_{t1}^{t2} I_{rr}(t) [(1 + \alpha \Delta T(t))] dt}{I_{STC}}} \quad E_{ATT} = PR * P_{nom} * \frac{\int_{t1}^{t2} I_{rr}(t) [(1 + \alpha \Delta T(t))] dt}{I_{STC}}$$

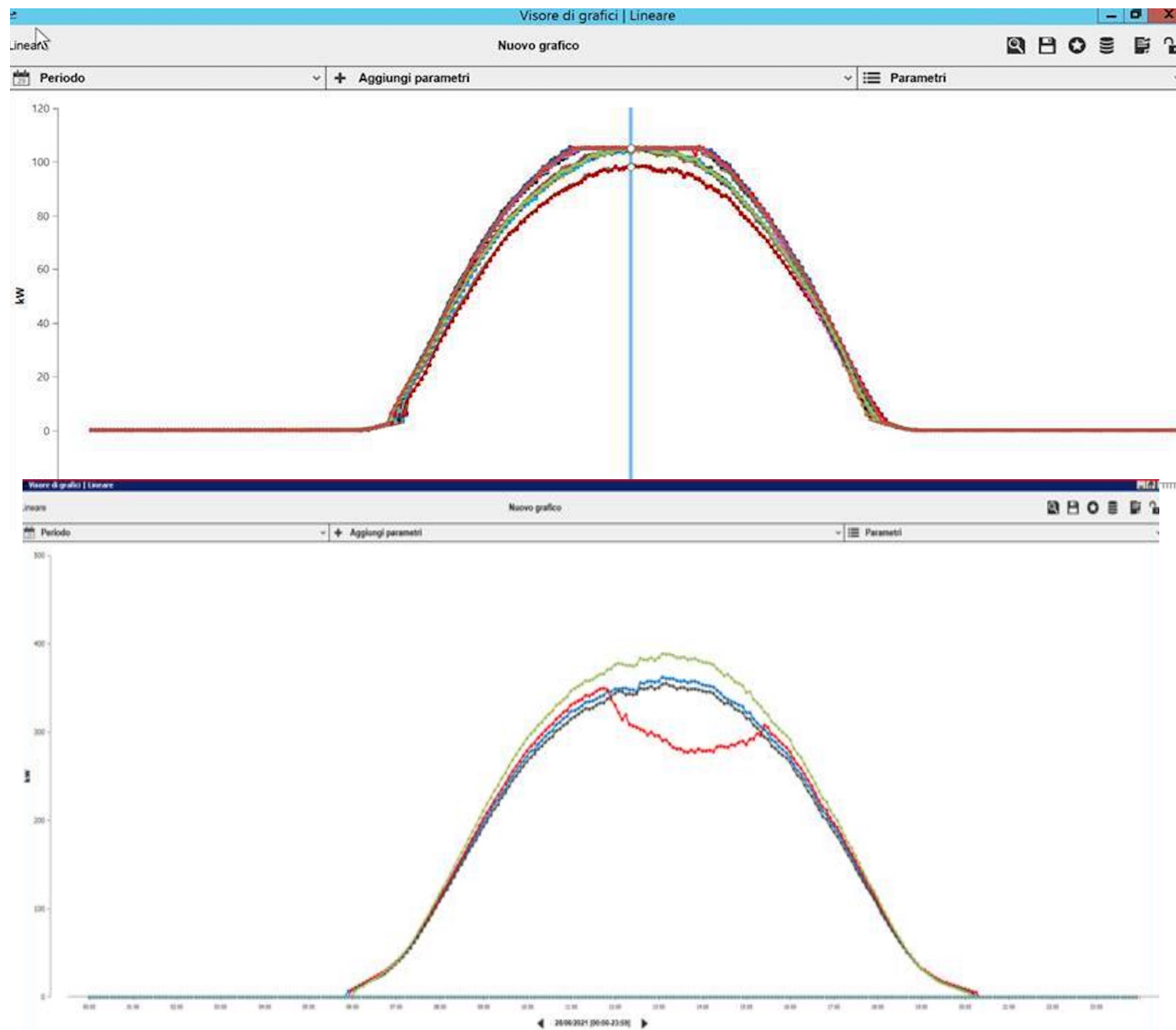
dove:

- **PR** indica l'indice di performance ratio (0 – 1);
- **E_p** è l'energia prodotta misurata, in kWh, tra l'istante t_1 e l'istante t_2 ;
- **P_{nom}** è la potenza nominale (in kWp) del generatore fotovoltaico;
- **I_{rr}(t)** è l'irraggiamento solare (in W/m²) misurato sul piano dei moduli con incertezza di misura del sensore solare non superiore al 3% e con incertezza di misura della tensione in uscita dal sensore solare non superiore all'1%;
- **I_{stc}** è l'irraggiamento solare in STC – standard condition (pari a 1000 W/m²).
- **E_{ATT}** è l'energia attesa, nel periodo, per un PR determinato e l'irraggiamento misurato.
- **α** è il coefficiente di variazione percentuale della tensione di uscita dei moduli fotovoltaici (tipicamente pari a circa -0,4) per ogni grado di scostamento della temperatura del modulo FV dalla temperatura in condizione standard T_{stc}.
- **Δ T** è lo scostamento della temperatura del modulo FV dalla temperatura in condizione standard **T_{stc}** (i.e. 25°C o 40°C).

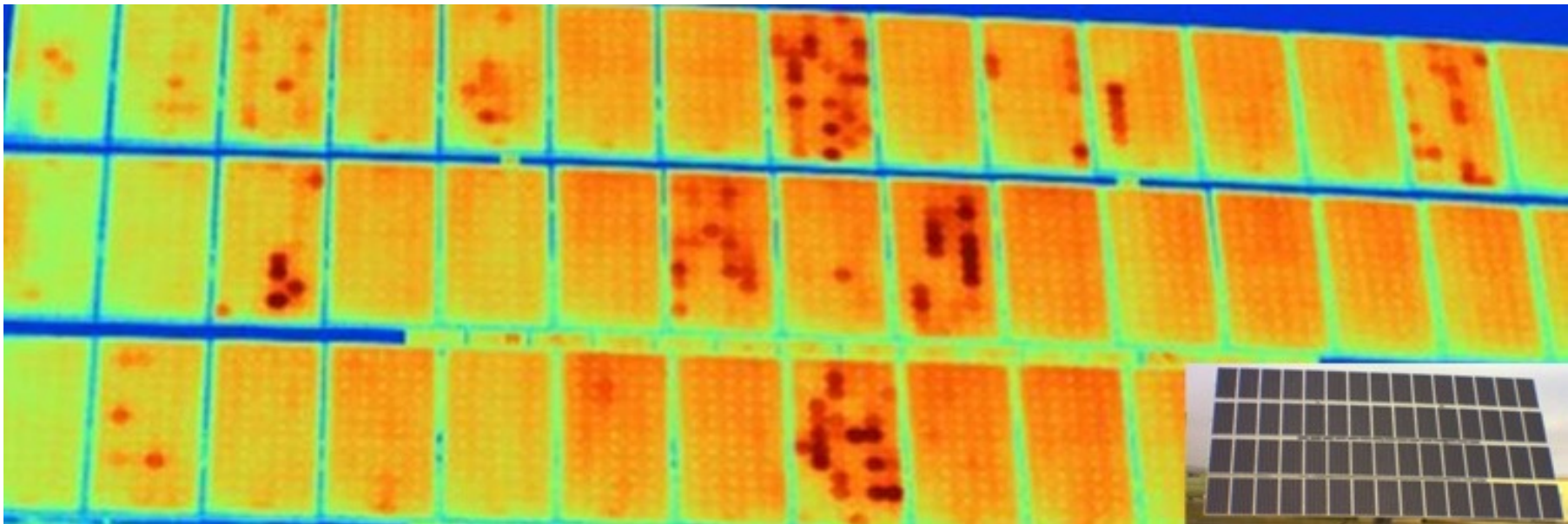
SISTEMA DI MONITORAGGIO (produzione)



SISTEMA DI MONITORAGGIO (diagnostica)



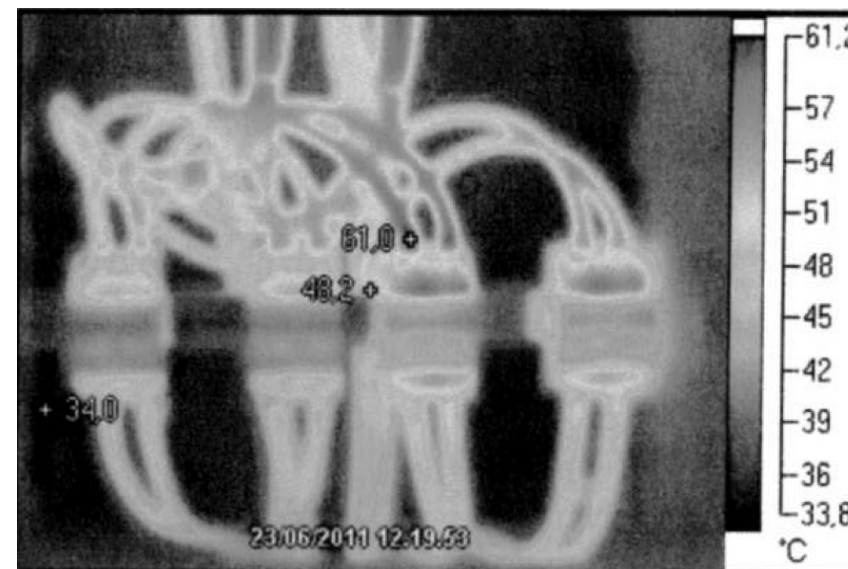
VERIFICHE TERMOGRAFICHE SUL GENERATORE



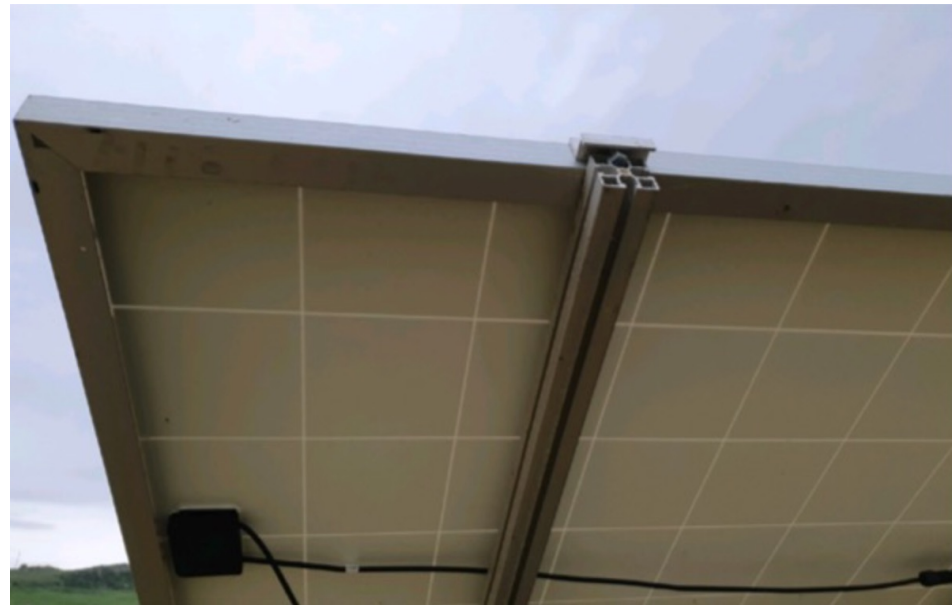
L'analisi termografica, effettuata sull'insieme dei moduli fotovoltaici, permette rapidamente di rilevare eventuali celle che risultino danneggiate (ossia non più attive nella erogazione di potenza, e con esse anche tutte le altre celle del modulo servite dallo stesso diodo di by-pass, con impatto che dipende quindi dal numero di diodi presenti nel modulo). Dalla determinazione delle celle "scure" nella termografia del generatore (nel tempo tale fenomeno ha una probabilità non nulla), e conoscendo le caratteristiche di moduli FV (numero diodi di by-pass), è possibile determinare l'impatto di tale anomalia (ossia determinare il valore di potenza in kWp effettivi dell'impianto).

VERIFICHE TERMOGRAFICHE SUL BOS

- Risulta molto utile effettuare una verifica termografica delle parti più rilevanti dell'impianto, ossia delle giunzioni all'interno degli inverter, dei quadri elettrici in c.c. e c.a., delle giunzioni tra parti terminale dei cavi, capicorda e morsetti.
- Tale verifica è necessaria soprattutto per le parti di impianto che hanno subito degli interventi e sostituzioni a seguito di surriscaldamento, in quanto permette di identificare rapidamente eventuali punti che, per qualsiasi ragione (esempio giunzioni non perfettamente serrate, o parti di cavo degradate a seguito di surriscaldamento o sollecitazioni meccaniche – micro vibrazioni, etc.), presentino temperature anomalmente più alte (in genere punti con resistenze più elevate); tali punti, se non adeguatamente gestiti con un intervento di manutenzione preventiva, hanno una elevata probabilità di causare un guasto nel tempo (e peggio ancora, con un rischio potenziale di costituire motivo di innesco di incendio).



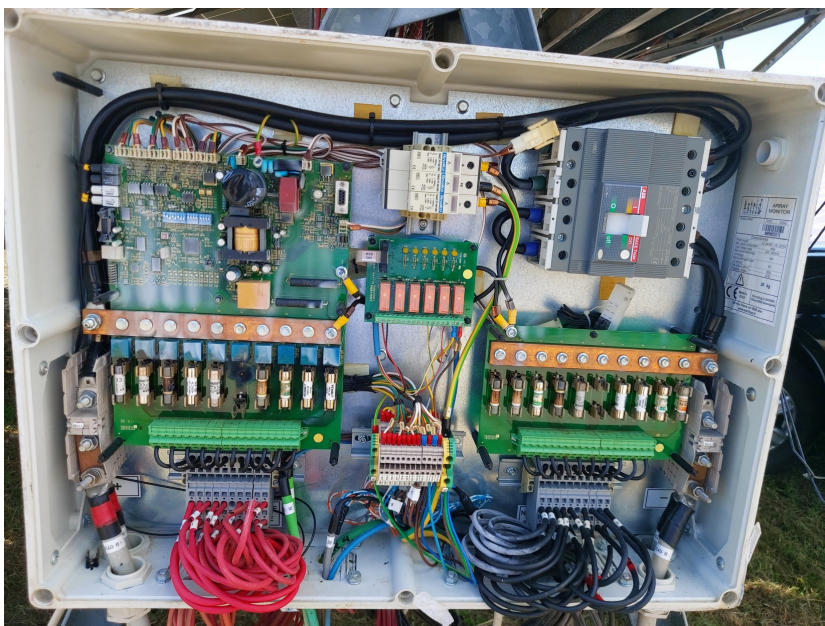
ESEMPI DI PROBLEMATICHE



ESEMPI DI PROBLEMATICHE



ESEMPI DI PROBLEMATICHE





WWW.EFSOLAREITALIA.COM