



**POLITECNICO
DI MILANO**

**Stima economica
per l'implementazione del sistema
di monitoraggio dell'impianto presso SGU**

1. Introduzione

Il presente report è volto a riportare gli esiti dello studio svolto dal Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano ai fini della identificazione delle voci di costo che possono concorrere all'attuazione dell'osservabilità dei parametri sugli impianti utente esistenti classificati come soggetto SGU (Significant Grid User - potenza nominale pari o superiore a 1 MW connessi alla rete MT) attraverso l'intermediazione del DSO. Il lavoro di stima dei costi si è basato sull'architettura e i requisiti individuati da RSE nel Rapporto 19012899, "Modalità di scambio dati tra TSO, DSO e utenti di rete significativi ai fini dell'esercizio in sicurezza del sistema elettrico nazionale". La valutazione dei costi oggetto dello studio si è avvalsa della collaborazione di RSE.

In linea generale, il sistema di monitoraggio di parametri elettrici e stati di interruttori deve essere realizzato attraverso una interfaccia univoca per lo SGU che svolge le prestazioni funzionali obbligatorie specificate nell'allegato "O" della norma CEI 0-16. Questo componente prende il nome di "monitoratore centrale di impianto" (di seguito MCI) ed è equipaggiato con le funzionalità minime individuate da ARERA in esito alla delibera 628/18. Al MCI convergono misure e informazioni (p.e. stati interruttore) generali dell'impianto dello SGU (in prima approssimazione possono essere identificate con le misure ed informazioni presso il SPG) e, nei casi previsti, misure e informazioni dei generatori presenti presso lo SGU.

Una prima rappresentazione schematica del flusso informativo, basata sulla proposta presentata da RSE nel Rapporto 19012899, è riportata in Figura 1.

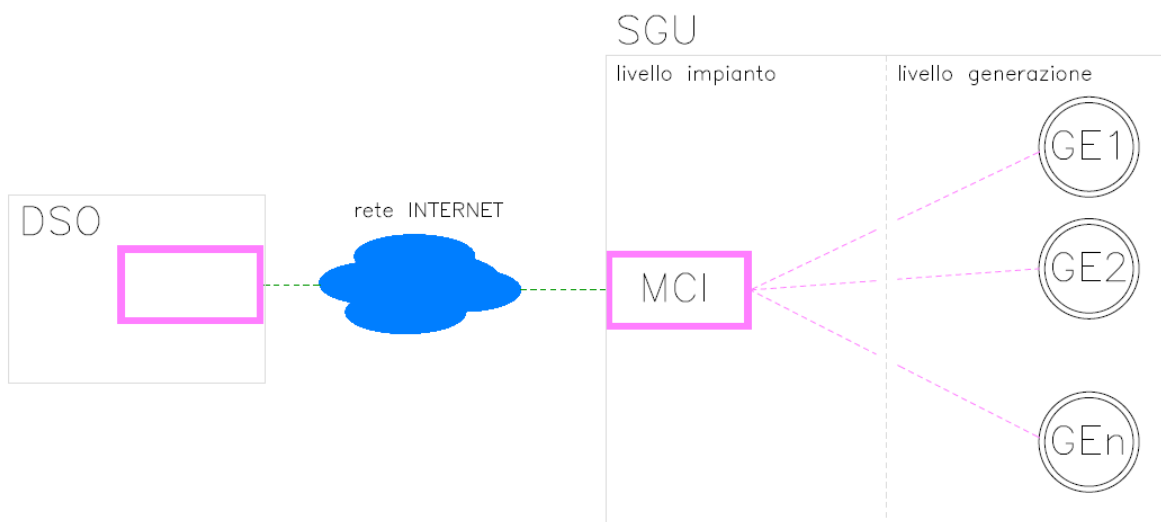


Figura 1: Schema di flusso informativo secondo la proposta RSE (rapporto RSE 19012899)

In merito ai requisiti prestazioni, l'allegato A.6 del codice di rete emesso da TERNA dettaglia i requisiti minimi che l'intero sistema dello SGU deve garantire nei confronti del DSO mentre, più nel dettaglio, l'allegato O della norma CEI 0-16 delinea le caratteristiche prestazionali del CCI sia in termini di funzionalità che di sicurezza.

Per permettere una corretta valorizzazione economica dell'infrastruttura si adotta come riferimento quanto riepilogato nel Rapporto RSE 19012899.

Nel perimetro standard, le informazioni da trasmettere a livello di impianto sono misure elettriche e stati, con accuratezza inferiore al 2.2%, frequenza di campionamento pari a 4s e vetustà del dato minore di 4s, includendo il codice di qualità. Le informazioni da trasmettere a livello di generatore, ove previsto, sono la potenza elettrica e gli stati interruttore (o segnale equivalente) con accuratezza inferiore al 2.2% per gruppi nuovi, inferiore al 10% per gruppi esistenti. La frequenza di campionamento richiesta è pari a 4s se l'architettura in campo non è di tipo seriale o per nuove connessioni, 5 minuti se l'architettura in campo è di tipo seriale (e quindi su gruppi esistenti). Infine, la vetustà del dato deve essere minore di 4s, o 5 minuti per gruppi esistenti, includendo il codice di qualità. La disponibilità annua dei componenti che concorrono a rendere disponibili i dati deve essere non inferiore al 99% mentre la disponibilità del collegamento verso il distributore non inferiore al 99.3%.

2. Stima costi apparecchiature per lo SGU

Ai fini della stima dei costi, gli aspetti da considerare sono la disponibilità annua dei dati nel MCI, inteso come IED, per l'acquisizione e trasmissione dei dati deve essere di almeno il 99% e la disponibilità del collegamento verso il distributore non inferiore al 99.3% (codice di rete – allegato A.13, art. 6.2). Il Rapporto RSE 19012899 evidenzia come lo scambio dati dell'MCI debba essere veicolato attraverso un router in grado di gestire la sicurezza del canale di comunicazione. Quindi il MCI (che include il sistema di misura, di acquisizione degli stati) ed il sistema di comunicazione con il DSO devono concorrere a garantire una disponibilità, rispettivamente, del 99% e del 99.3%.

La figura 2 riassume le peculiarità impattanti la definizione dei costi per lo SGU a livello di impianto; è da osservare che la disponibilità della rete di comunicazione tra SGU e DSO non dipende dallo SGU purché quest'ultimo stipuli un contratto nel quale sia vincolante la disponibilità del servizio di rete (ammesso che attualmente esista un siffatto contratto) con il fornitore dei servizi telefonici.

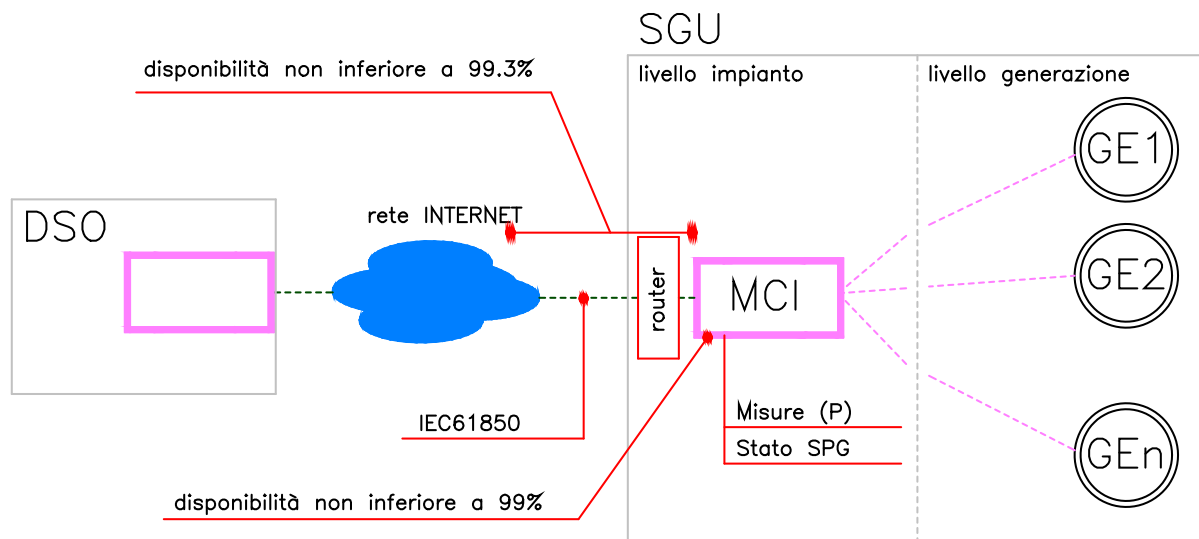


Figura 2: Funzionalità dell'SGU

Si ritiene rilevante sottolineare come il concetto di "disponibilità" rappresenta chiaramente ciò che si aspetta il DSO dall'SGU, purtuttavia questo non è esplicativo delle effettive prestazioni che i sistemi elettronici di monitoraggio e trasmissione dati dell'SGU dovranno possedere. Dal punto di vista del DSO, monitorando a

posteriori la disponibilità dei dati e misurando la prestazione, il problema di come impostare una architettura di sistema di monitoraggio presso lo SGU non sussiste.

La disponibilità, nelle varie declinazioni in ambito normativo, dipende implicitamente dal tasso di guasto del componente ma anche dal tasso di riparabilità (che tiene in conto quindi del tempo che intercorre per una riparazione/sostituzione): impiegando componenti ad alta affidabilità, oppure prevedendo una ridondanza degli apparati o modificando il tasso di riparabilità, l'operatore avrà a sua disposizione diversi approcci operativi utili a conseguire il valore di disponibilità desiderato.

Si osservi tuttavia che, purtroppo, il tasso di riparabilità non potrà essere dimensionato e predeterminato proprio perché nel tempo di missione del componente saranno coinvolte sicuramente due figure non vincolate contrattualmente: il costruttore (diverso dal manutentore) del componente e lo SGU. Preso atto di ciò, risulta difficile per lo SGU definire come possa essere progettato un sistema ad elevata disponibilità.

Per le analisi sviluppate nel presente rapporto si è privilegiato l'approccio già adottato nella normativa tecnica in ambito nazionale ed internazionale (IEC 62061, UNI EN ISO 13849-1) ai fini della definizione delle prestazioni di sistemi di sicurezza. Nel seguito si esemplificano i tratti principali di tale approccio:

- il costruttore dichiara per i propri componenti i valori di affidabilità (MTTF o SIL);
- il progettista del sistema identifica il tempo di missione del sistema (p.e. 10-15 anni dato l'elevato contenuto tecnologico dell'MCI) e l'architettura corretta in termini di ridondanze, calcola l'affidabilità del sistema, identifica una copertura diagnostica e scadenze periodiche di verifica manutentiva;
- lo SGU mette in atto le verifiche manutentive necessarie al mantenimento delle prestazioni e sostituisce i componenti danneggiati, rilevati dalla diagnostica presente sui componenti.

In ambito normativo potrebbe quindi essere necessario identificare i livelli accettabili di affidabilità, utili a garantire le prestazioni richieste, e delineare i livelli informativi di copertura diagnostica affinché si possa tempestivamente identificare il componente guasto.

Non è oggetto del presente lavoro declinare ulteriormente l'approccio; sinteticamente l'identificazione dei costi è stata eseguita trascurando architetture ridondante, prospettando viceversa, come più frequentemente adottato in ambito industriale, l'utilizzo di componenti estremamente affidabili.

Altro aspetto di interesse è legato alle certificazioni che il sistema, a livello di impianto, deve possedere: non è infatti sufficiente che sia garantita la comunicazione con il DSO attraverso protocollo IEC 61850 ma è necessario che i componenti dispongano di certificazioni di laboratorio così come esplicitato nell'Allegato O parte 15 (prove funzionali, prove di isolamento, prove ambientali e di compatibilità elettromagnetica e prove relative alla

cybersecurity). Le certificazioni relative alla cybersecurity, con particolare riferimento alle funzioni di sicurezza dell'interfaccia IEC 61850 secondo IEC 62351 ed alle funzioni finalizzate alla segregazione dei flussi informativi secondo IEC 62443, rappresentano una novità rispetto a quanto disponibile sui prodotti attualmente in commercio. Ai fini della quantificazione economica nel seguito presentata, si è proceduto a stimare la maggiorazione dei costi sul singolo prodotto tramite interviste informali alle maggiori società fornitrici di tecnologie, interviste volte ad analizzare sia l'impatto eventuali aggiornamenti tecnologici sia il costo da associare alle nuove certificazioni richieste al prodotto.

Ipotizzando di impiegare componenti MCI e router derivati da prodotti già esistenti, opportunamente modificati, in Tabella 1 si propongono le stime per realizzare un monitoraggio a livello di impianto nel rispetto di tutti i vincoli sopra esposti.

Cod. apparecchiatura	Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
MCI	Sistema elettronico di inter-comunicazione tra campo e DSO, di derivazione tecnologica di controllore programmabile di sotto stazione, dotato di porte per la comunicazione con gli apparati, data logger, unità di misura di corrente e tensione (cl 0.2), server 61850, certificazione FIPS 140-2 Livello 3, certificazioni IEC 62351-100-3, IEC 62443.	11.700,00 €	14.700,00 €
MCI	Ore uomo da effettuare per la messa in servizio e la interoperabilità con DSO	1.350,00 €	2.025,00 €
MCI	Modifica ai circuiti, installando 3 nuovi TA (ipotizzando non sia possibile acquisire i morsetti di misura) e collegando i TV (sicuramente esistenti) - cl. 0.5	2.250,00 €	3.900,00 €
Router	Dispositivo router dotato di 6 interfacce RJ45, fibra ottica , interfaccia wireless LTE, alloggiamento SIM, NAT, VLAN, firewall, VPN IPSEC, gestione sicurezze con certificati di prova previsti, rack per contenimento	2.715,00 €	4.125,00 €
UPS	Dispositivo UPS on-line doppi a conversione, potenza 1 kVA, autonomia 15 min - (alla potenza richiesta da MCI e Router deve essere garantita 1h di autonomia)	1.000,00 €	1.200,00 €
TOTALE CAPEX		19.015,00 €	25.950,00 €

Tabella 1: Stime economiche degli interventi di adeguamento presso SGU

Nell'ipotesi di rilassare alcuni vincoli, i costi possono essere rivalutati come riportato in Tabella 2. Nello specifico, si valutano i costi per l'impiego di componenti IEC 61850 attualmente in uso in ambito industriale, ma privi delle funzionalità:

- relative alla cybersecurity dell'MCI e del router;

- relative alla gestione di molte funzioni di sicurezza sul router (supponendo di demandare la gestione delle funzioni di sicurezza al DSO (garantendo eventualmente la possibilità al DSO di accedere al router per gestire aggiornamenti);
- relative alla qualità dell'informazione tra l'apparato di misura a livello di impianto, impiegando un meter di classe 0.2 ma connesso mediante protocollo Modbus all'MCI.

Cod. apparecchiatura	Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
#1	Sistema elettronico di inter-comunicazione tra campo e DSO, dotato di porte per la comunicazione con gli apparati, server 61850	2.060,00 €	4.155,00 €
#1.1	Ore uomo da effettuare sull'apparecchiatura #1 per garantire l'interoperabilità tra i sistemi	450,00 €	675,00 €
#1.2	Analizzatore di rete trifase cl 0.2, connessioni, sonde (*è scontata la presenza della cella misure lato MT da cui acquisire voltmetriche ed eventualmente le amperometriche se TA a doppio avvolgimento, cl 0.5)	1.444,00 €	2.166,00 €
#2	Dispositivo router dotato di 6 interfacce RJ45, fibra ottica , interfaccia wireless LTE, alloggiamento SIM, NAT, VLAN, firewall, VPN IPSEC. Rack per contenimento	810,00 €	1.215,00 €
#2.1	Dispositivo UPS on-line doppia conversione, potenza 1 kVA, autonomia 15 min.	1.000,00 €	1.200,00 €
#2.2	Ore uomo da effettuare sull'apparecchiatura #1 per garantire l'interoperabilità tra i sistemi	450,00 €	650,00 €
#3	Switch aggiuntivo per interfacciamento generatori - fibrame	600,00 €	900,00 €
TOTALE CAPEX		6.814,00 €	10.961,00 €

Tabella 2: Stime economiche degli interventi di adeguamento presso SGU avendo rilassato alcuni vincoli

A livello del monitoraggio dei singoli generatori in un impianto, per generatori esistenti, i vincoli prestazionali sono meno stringenti: comunicazione ogni 4s se sono presenti protocolli di comunicazione avanzati, 5min se sono presenti protocolli di comunicazione industriale basati su supporto seriale. Da osservare che generalmente i sistemi esistenti sono tipicamente basati su una comunicazione con protocollo Modbus; pur di accettare con buona probabilità che il dato possa essere sicuramente acquisito entro i 5 minuti, va sottolineato che il protocollo Modbus non gestisce informazioni sulla qualità del dato (e.g. informazione sul *time stamp* a cui si riferisce la misura).

Si ritiene quindi opportuno evidenziare l'opportunità di installare opportuni sistemi di misura ("meter" secondo l'architettura riportata in Figura 3) che consentano di disporre di un protocollo di comunicazione che contenga anche il *time stamp* di lettura del dato; ovviamente apparati in grado di gestire protocolli più evoluti comportando un aggravio dei costi per l'SGU.

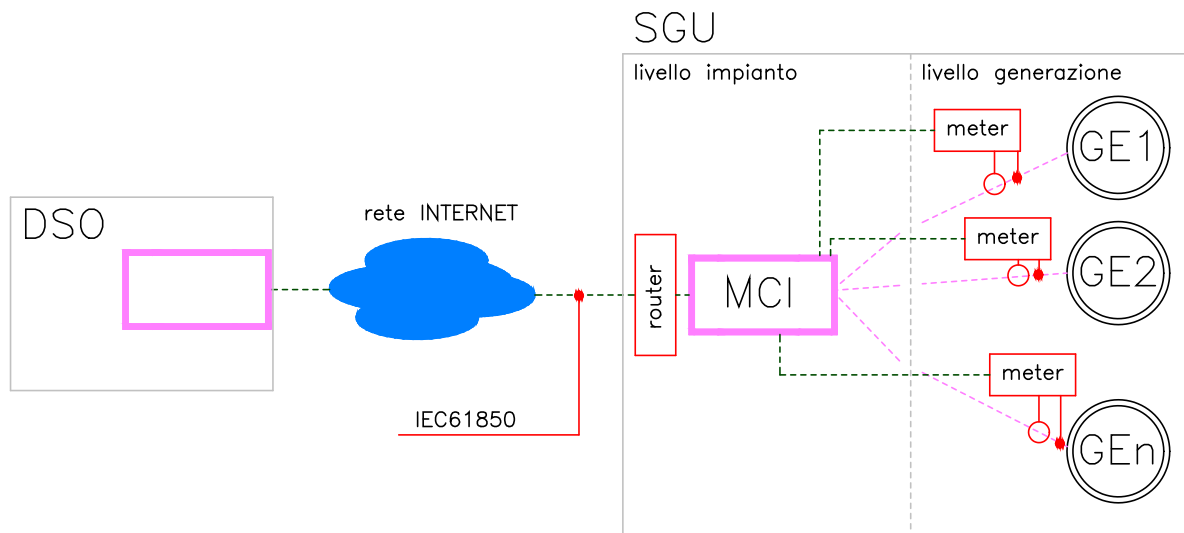


Figura 3: Posizionamento esemplificativo dei punti di misura con strumenti presso i generatori dell'SGU

Ipotizzando infatti di sfruttare il protocollo IEC 61850, prevedendo un sistema di acquisizione dati in prossimità del generatore, interfacciato allo stesso tramite opportuni TA e TV ed anche allo stato dell'interruttore, si stima quanto riportato in Tabella 3.

Cod. apparecchiatura	Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
Meter	Sistema elettronico di inter-comunicazione tra campo e MCI, di derivazione tecnologica di controllore programmabile di sotto stazione, dotato di porte per la comunicazione con gli apparati, data logger, unità di misura di corrente e tensione, comunicazione 61850	6.140,00 €	8.640,00 €
Meter	Ore uomo da effettuare per la messa in servizio e la interoperabilità con DSO	450,00 €	675,00 €
TOTALE CAPEX		6.590,00 €	9.315,00 €

Tabella 3: Stime economiche per la realizzazione di un punto misura di grandezze di tensione e corrente per il generatore presso lo SGU

Chiaramente tale sistema risulterebbe sovraperformante rispetto ai requisiti richiesti ai generatori esistenti, ovvero rispetto alla necessità di rendere disponibili le informazioni all'MCI ogni 5 minuti.

Supponendo quindi di rilassare il vincolo relativo alla qualità dell'informazione tra l'MCI e le unità di generazione, ovvero mantenere la possibilità di sfruttare il protocollo di comunicazione Modbus (o eventualmente altri protocolli tipo Bacnet, Canbus, sebbene generalmente meno comuni nei sistemi di misura), oppure protocolli

proprietary, è possibile rivedere i costi considerando la possibilità che l'MCI interfacci direttamente l'elettronica del componente (opzione praticabile in quanto è richiesta una accuratezza non superiore al 10%) o installando un misuratore di tipo industriale, di classe di precisione 0.5 e con porta di comunicazione Modbus.

In Figura 4 si identifica la posizione di una "interfaccia elettronica" esemplificativa della possibilità di leggere direttamente dall'equipaggiamento sul generatore i dati di energia e gli stati (interruttore o funzionamento), e la collocazione di un "meter generico" esemplificativo della possibilità di installare un misuratore di energia industriale, dotato di moduli di ingressi per acquisire lo stato dell'interruttore di macchina.

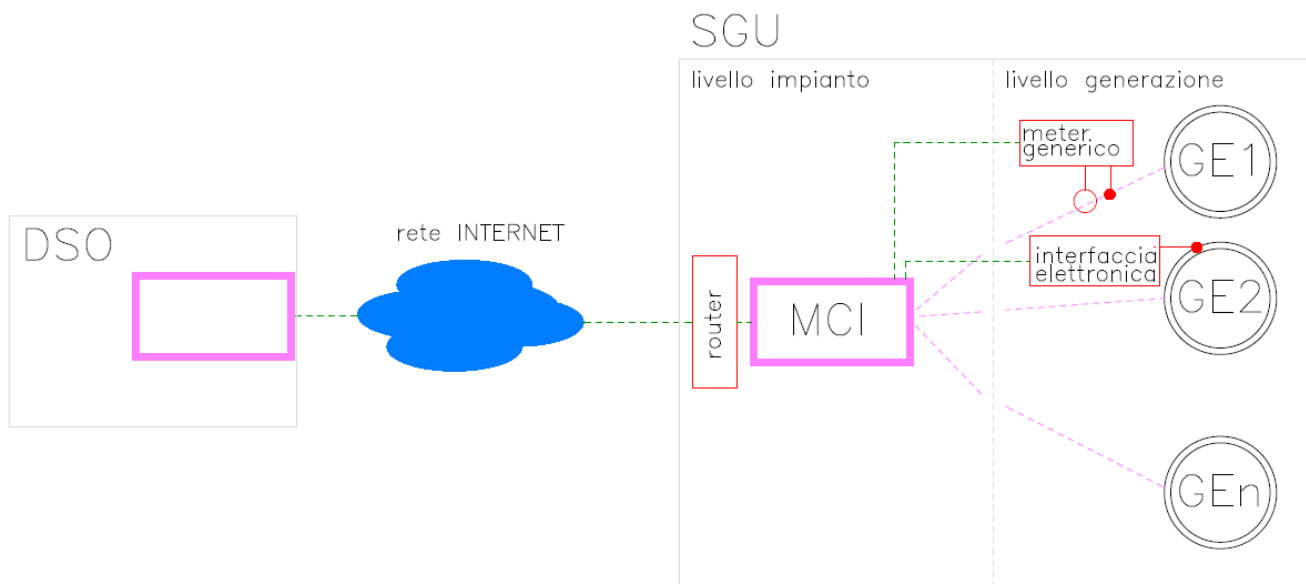


Figura 4: Posizionamento esemplificativo del punto di lettura dati sull'interfaccia di comunicazione del generatore GE2 presso lo SGU

Di seguito, in Tabella 4, si dettaglia la stima economica per interfacciare direttamente l'elettronica di un generatore ("interfaccia elettronica").

Purtuttavia, acquisire informazioni direttamente dall'elettronica dei generatori, soprattutto se esistenti, può risultare complessa e poco agevole: in tale direzione si propone l'acquisizione dei dati attraverso un misuratore dedicato ("meter generico"), come dettagliato in Tabella 5.

Si consideri inoltre come, la soluzione del "meter generico" sarà da privilegiare anche nel caso in cui la porta di comunicazione a bordo generatore (e.g. inverter) sarà già impegnata dal sistema di monitoraggio dello SGU.

Cod. apparecchiatura	Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
Interfaccia generatore	Convertitore modbus TCP IP - RTU	110,00 €	165,00 €
Interfaccia generatore	Ore uomo da effettuare sul generatore per garantire l'interoperabilità tra i sistemi	600,00 €	1.800,00 €
Interfaccia generatore	Quadro elettrico rack ed accessori vari	430,00 €	645,00 €
	Switch aggiuntivo per interfacciamento generatori - fibrame	480,00 €	720,00 €
TOTALE CAPEX		1.620,00 €	3.330,00 €

Tabella 4: Stime economiche per interfacciare un protocollo di comunicazione sul generatore dello SGU

Cod. apparecchiatura	Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
meter generico	Convertitore modbus TCP IP - RTU	110,00 €	165,00 €
meter generico	Ore uomo da effettuare sulle apparecchiature per garantire l'interoperabilità tra i sistemi	250,00 €	375,00 €
meter generico	Analizzatore di rete trifase cl 0.5, connessioni, sonde (*è scontata la presenza della cella misure lato MT se la misura avviene su sezione MT in prossimità del generatore)	780,00 €	1.170,00 €
meter generico	Dispositivo UPS on-line doppi a conversione, potenza 0,8 kVA, autonomia 15 min.	800,00 €	1.100,00 €
meter generico	Quadro elettrico rack ed accessori vari	660,00 €	990,00 €
	Switch aggiuntivo per interfacciamento generatori - fibrame	480,00 €	720,00 €
TOTALE CAPEX		3.080,00 €	4.520,00 €

Tabella 5: Stime economiche per installazione strumenti di misura di energia elettrica sul generatore dello SGU

3. Rete di comunicazione interna dello SGU

Il costo che lo SGU deve sostenere per realizzare la rete di comunicazione o impegnare canali di comunicazione già presenti sul sito è di difficile stima.

La creazione di una rete di comunicazione per connettere il MCI tramite il router al DSO ha un impatto economico minimo pur di considerare la possibilità di sfruttare una rete 4G: i costi CAPEX per la creazione del canale di comunicazione si possono già ritenere inclusi nei costi dei componenti illustrati al capitolo precedente.

La valorizzazione economica per creare un canale di comunicazione con un generatore risulta invece più complessa. Analisi condotte su casi reali, esemplificati rispetto ad uno stabilimento con superficie di circa 5000 mq, portano a stimare una incidenza economica tra 6-7000 euro, costo relativo alla creazione di una rete dati di comunicazione (esclusi apparati attivi). Assumendo tale costo quale riferimento per la connessione di un generatore con il MCI, adottando inoltre le seguenti ipotesi:

- 1) bassa probabilità che un SGU non disponga di una propria rete interna di comunicazione,
- 2) SGU con possibilità di sfruttare la rete da creare per lo scopo del monitoraggio anche per altre finalità, non essendo richiesta una rete di comunicazione ad uso esclusivo,
- 3) possibilità, per casi particolari, di impiego di un sistema di comunicazione radio (decisamente più economico dell'infrastruttura cablata), anche se con riduzione delle prestazioni in termini di affidabilità,

è possibile quantificare il rimborso allo SGU, affinché garantisca la comunicazione del generatore con il MCI, come dettagliato in Figura 5.

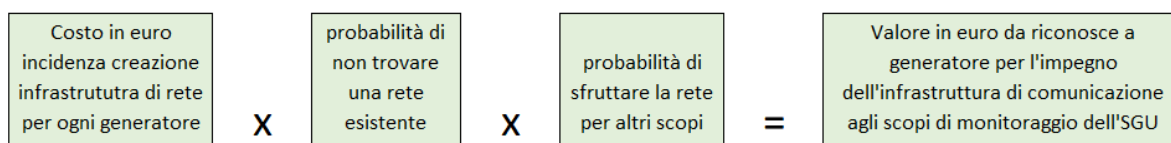


Figura 5: Proposta di modalità di stima del valore economico da riconoscere allo SGU per l'impegno della propria infrastruttura di comunicazione al fine del monitoraggio di ciascun generatore

Ovvero, ai fini della stima economica sviluppata considerando il costo di creazione dell'infrastruttura di rete per un solo generatore, si ottiene quanto dettagliato in Tabella 6.

Incidenza rete per ogni generatore	probabilità di non trovare una rete esistente	probabilità di sfruttare la rete per altri scopi	valore da riconoscere a generatore per l'impegno dell'infrastruttura di comunicazione agli scopi di monitoraggio dell'SGU
7.000,00 €	20,00%	90,00%	1.260,00 €

Tabella 6: Esempio di stima del valore economico da riconoscere allo SGU per interfacciare un generatore

L'importo di 1260 euro (iva esclusa) rappresenta quindi un possibile indennizzo allo SGU per l'impiego della propria rete di comunicazione, sicuramente già presente per un impianto ben costruito e ben gestito. Lo SGU privo di rete di comunicazione ovviamente ne risulterà penalizzato.

4. Costi operativi per l'SGU

Rispetto alla quantificazione degli OPEX è da considerare che lo SGU dovrà gestire e mantenere il sistema di misura e comunicazione. Nel proseguo si vanno a stimare i costi operativi ipotizzando che il servizio di creazione della VPN e gestione dei certificati elettronici di sicurezza siano assorbiti dal DSO.

Per i costi di gestione del servizio di comunicazione con il DSO si possono assumere i valori di riferimento riportati in Tabella 7.

Infine, al fine di considerare l'attività di manutenzione o sostituzioni componenti conseguenti a guasti e malfunzionamenti, si possono adottare come riferimento gli importi economici riportati in Tabella 8, da intendersi per ogni generatore presente o MCI.

Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
Connessione con indirizzo pubblico su partita iva	810,00 €	810,00 €
Test di verifica funzionamento scambio dati annuale	700,00 €	1.000,00 €
TOTALE OPEX	1.510,00 €	1.810,00 €

Tabella 7: Stima dei costi operativi annui per la gestione del sistema di scambio dati

Descrizione	Stima economica limite inferiore	Stima economica limite superiore
Percentuale annua per sostituzione apparecchiature a guasto (considerando componenti con MTF elevato), a generatore	296,82 €	1.083,67 €
TOTALE OPEX	296,82 €	1.083,67 €

Tabella 8: Stima dell'impegno economico per la manutenzione delle apparecchiature elettroniche a carico dello SGU