

DCO 42/10

**REGOLAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SERVIZI ELETTRICI
NEL IV PERIODO DI REGOLAZIONE (2012-2015)**

**Nuove iniziative in materia di qualità della tensione
sulle reti di distribuzione dell'energia elettrica**

Documento per la consultazione

nell'ambito del procedimento avviato con la deliberazione 27 settembre 2010, ARG/elt 149/10

30 novembre 2010

Premessa

L'Autorità per l'energia elettrica e il gas (di seguito: l'Autorità) ha avviato con la deliberazione 27 settembre 2010, ARG/elt 149/10 (di seguito: deliberazione ARG/elt 149/10), il procedimento per la formazione di provvedimenti in materia di qualità dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo di regolazione 2012-2015 (di seguito: quarto periodo di regolazione). Tale procedimento è sottoposto all'Analisi di Impatto della Regolazione (di seguito: AIR) relativamente agli aspetti più rilevanti.

Il presente documento per la consultazione si inquadra in tale procedimento e discute nuove iniziative in materia di qualità della tensione sulle reti di distribuzione dell'energia elettrica, illustra gli obiettivi dell'Autorità, le motivazioni dei possibili interventi e propone, per le modalità di monitoraggio della qualità della tensione, che ne costituiscono l'aspetto più rilevante, alcune opzioni alternative di regolazione, inclusa "l'opzione nulla" di non modificare la situazione esistente.

Il presente documento propone nuove iniziative in materia di: (i) pubblicazione, anche comparativa, di dati relativi alle interruzioni transitorie, cioè le interruzioni di durata inferiore o uguale a un secondo, (ii) comunicazione individuale relativamente ai buchi di tensione, (iii) implementazione di un sistema di monitoraggio della qualità della tensione sull'intera rete di media tensione (MT); (iv) pubblicazione della performance di rete relativamente ai buchi di tensione sulle reti MT; (v) monitoraggio della performance delle reti di bassa tensione (BT) relativamente alle variazioni lente di tensione mediante i misuratori elettronici. Relativamente ai buchi di tensione, il documento sintetizza inoltre i risultati della campagna di monitoraggio della qualità sulle reti MT promossa dall'Autorità a seguito del documento per la consultazione 6 aprile 2005 (di seguito: DCO 6 aprile 2005) e condotta da Ricerca sul Sistema Energetico - RSE (di seguito: RSE).

*Vista la complessità tecnica della materia, si ritiene opportuno prevedere un ampio periodo di consultazione. I soggetti interessati sono invitati a far pervenire all'Autorità osservazioni e suggerimenti entro e non oltre il **4 febbraio 2011**. Non saranno tenuti in considerazione contributi ricevuti dopo tale data.*

I soggetti che intendono salvaguardare la riservatezza o la segretezza, in tutto o in parte, della documentazione inviata sono tenuti a indicare quali parti dei documenti trasmessi all'Autorità si intendano riservate alla medesima.

È preferibile che i soggetti interessati inviino osservazioni e commenti attraverso il servizio interattivo, messo a disposizione sul sito internet dell'Autorità:

<http://www.autorita.energia.it>

In alternativa, i soggetti interessati possono inviare osservazioni e commenti al seguente indirizzo tramite uno solo di questi mezzi: e-mail con allegato il file contenente le osservazioni (preferibile), fax o posta:

Autorità per l'energia elettrica e il gas
Direzione Consumatori e Qualità del Servizio
piazza Cavour 5 - 20121 Milano
tel. 02-65565.313/263
fax: 02-65565.230
e-mail: consumatori@autorita.energia.it

INDICE

1	Introduzione _____	3
2	Inquadramento ai fini dell'analisi di impatto della regolazione _____	5
3	Il contesto normativo di riferimento _____	7
4	Motivazioni e obiettivi dell'intervento dell'Autorità _____	13
5	Proposte in materia di interruzioni transitorie della fornitura _____	19
6	Proposte per l'informazione individuale ai clienti MT in materia di buchi di tensione _____	24
7	Opzioni alternative per il monitoraggio della qualità della tensione sulla rete MT _____	30
8	Proposte di monitoraggio della <i>performance</i> di rete relativa ai buchi di tensione _____	36
9	Proposta di monitoraggio delle variazioni lente di tensione sulle reti BT _____	44
10	Attività e ruolo della ricerca _____	50
	Appendice A: Aggiornamento del piano di lavoro AIR per la regolazione della qualità dei servizi elettrici nel periodo 2012-2015	53
	Appendice B: Sintesi degli obiettivi specifici, delle opzioni e delle proposte di regolazione in materia di qualità della tensione	54
	Appendice C: Analisi di dettaglio dei dati relativi ai buchi di tensione per le reti MT	55
	Appendice D: Rapporto di Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.	62

1 Introduzione

- 1.1 Il presente documento per la consultazione (di seguito anche indicato come presente documento o presente DCO) si inquadra nel procedimento per la formazione di provvedimenti in materia di qualità dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica per il quarto periodo di regolazione avviato dall'Autorità con la deliberazione ARG/elt 149/10 (di seguito: procedimento sulla qualità dei servizi elettrici) e formula opzioni di regolazione e proposte in materia di qualità della tensione.
- 1.2 Il tema della qualità della tensione (QT) è stato affrontato dall'Autorità sin dal periodo di regolazione 2004-2007, con approcci differenziati in funzione del livello di tensione delle reti. Per quanto riguarda le reti di distribuzione:
- a) con il DCO 6 aprile 2005 l'Autorità ha promosso il monitoraggio a campione della qualità della tensione sulle reti di distribuzione in media tensione; a seguito della pubblicazione di tale documento la società RSE (in precedenza denominata CESI RICERCA, poi ERSE), nell'ambito della Ricerca di Sistema (di seguito: RdS), ha messo in servizio nel febbraio 2006 il sistema QuEEN (Qualità dell'Energia Elettrica) che, tuttora operativo, consente il monitoraggio dei parametri della qualità della tensione sulle reti di distribuzione in media tensione e la loro pubblicazione *on-line*, tramite il sito *internet* di RSE¹.
 - b) a seguito della pubblicazione della deliberazione 18 dicembre 2006 n. 292/06 (di seguito: deliberazione n. 292/06), nel corso del 2009 l'Autorità ha effettuato una richiesta di informazioni alle imprese distributrici di maggiori dimensioni finalizzata alla verifica delle variazioni lente della tensione di alimentazione sulle reti di distribuzione in bassa tensione, presso un campione di circa 55.000 punti di prelievo, tramite i misuratori elettronici².
- 1.3 Il sistema QuEEN ha permesso di conoscere le *performance* delle reti di distribuzione in media tensione in materia di qualità della tensione, non note prima della sua messa in servizio. Il parametro di qualità della tensione sul quale si è maggiormente focalizzata l'attenzione dell'Autorità e della RdS, e che di conseguenza è stato oggetto di specifica osservazione e analisi, è costituito dai buchi di tensione. Le ragioni di tale interesse da parte dell'Autorità sono indicate nel capitolo 4 del presente DCO, laddove viene richiamato lo studio effettuato nel corso del 2006 dal Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano nel quale sono stati stimati i costi per i clienti MT derivanti dalle cosiddette “

¹ I dati monitorati dal QuEEN sono consultabili on-line all'indirizzo <http://queen.erse-web.it/>. Per la descrizione del sistema e la pubblicazione dei dati monitorati dal 2006 si rimanda ai rapporti periodici pubblicati da RSE (www.rse-web.it). Alcuni dati, relativamente ai buchi di tensione, sono stati pubblicati anche nelle Relazioni Annuali dell'Autorità degli anni 2008 e 2010 (volume I - stato dei servizi) e nell'Appendice D del presente documento.

² Nel capitolo 9 vengono presentati i primi risultati della loro analisi, affidata al Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano. Una anticipazione di tali elaborazioni contenente esiti preliminari è già stata presentata al *workshop* “*Regulation of voltage quality for the Italian network*”, organizzato dalla Direzione Consumatori e Qualità del Servizio dell'Autorità in collaborazione con il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano il 29 settembre 2010 a Bergamo. I materiali del *workshop* sono disponibili sul sito internet dell'Autorità al link: http://www.autorita.energia.it/allegati/seminari/100929_presentazioni.pdf.

microinterruzioni” (interruzioni transitorie e buchi di tensione) e il loro impatto sull’economia italiana.

- 1.4 Il QuEEN è un progetto di ricerca e di dimostrazione che si contraddistingue positivamente, tra l’altro:
- a) per avere consentito di conseguire pienamente i primi due obiettivi indicati dall’Autorità nel DCO 6 aprile 2005 e di perseguire i rimanenti (richiamati al punto 4.21 del presente DCO);
 - b) per avere fornito indicazioni utili sui costi di investimento e sui costi operativi che saranno riprese nel capitolo 7 del presente DCO;
 - c) per avere fornito indicazioni utili sulle modalità di installazione delle apparecchiature di monitoraggio della QT e sulla localizzazione dei punti della rete da sottoporre a monitoraggio;
 - d) per il carattere innovativo della pubblicazione dei dati, tramite *internet*;
 - e) per la significativa e rappresentativa base di dati che, sin dal 2006, mette a disposizione della RdS e di tutte le parti coinvolte e interessate;
 - f) per le analisi *ex-post* che permette di effettuare alla RdS, all’Autorità e a tutte le parti coinvolte e interessate;
 - g) per aver contribuito alla diffusione della conoscenza delle tematiche della QT, per aver favorito il dibattito nel mondo della ricerca e il confronto nelle diverse sedi istituzionali e normative dell’Unione Europea.
- 1.5 Le informazioni descritte ai punti precedenti e la recente revisione della norma EN 50160 relativa alle caratteristiche della tensione fornita dalle reti elettriche (vedi capitolo 6) offrono all’Autorità nuove opportunità di regolazione finalizzate ad una diffusione più capillare del monitoraggio dei buchi di tensione, ad una pubblicizzazione delle *performance* di rete e ad una maggiore responsabilizzazione delle imprese distributrici e dei clienti su tale aspetto.
- 1.6 I misuratori elettronici in futuro potrebbero rivelarsi di grande efficacia per il monitoraggio delle variazioni lente della tensione di alimentazione sulle reti di distribuzione in bassa tensione. Le disposizioni introdotte con la deliberazione n. 292/06 e la richiesta dati, già citata al punto 1.2, effettuata nel corso del 2009 vanno proprio in questa direzione e sono da considerarsi prodromiche ad azioni che potranno assumere carattere strutturale.
- 1.7 La regolazione vigente, le proposte formulate nel documento per la consultazione 15 novembre 2010, DCO 40/10 (di seguito: DCO 40/10)³ e l’esperienza accumulata sino ad oggi suggeriscono all’Autorità, come meglio evidenziato nel seguito del documento, di focalizzare il proprio intervento in materia di qualità della tensione:
- a) sugli eventi di durata inferiore o uguale al secondo, vale a dire sulle interruzioni transitorie e sui buchi di tensione, per quanto riguarda le reti MT;
 - b) sulle variazioni lente della tensione per quanto riguarda le reti BT,
- sfruttando il quarto periodo di regolazione per il monitoraggio e l’analisi di altri parametri di qualità della tensione.
- 1.8 La qualità della tensione sulle reti di distribuzione MT e BT è un tema che necessita di grande attenzione nel prossimo futuro poiché tali reti sono al centro di importanti evoluzioni dovute a crescenti apporti di generazione diffusa. In prospettiva

³ Il DCO 40/10 è disponibile al *link*: <http://www.autorita.energia.it/allegati/docs/dc/10/040-10dco.pdf>

l'evoluzione delle reti verso una gestione attiva (nella direzione delle *smart grid*) potrà comportare effetti rilevanti sulla qualità della tensione.

- 1.9 La qualità della tensione sulle reti di trasmissione e sulle reti di distribuzione in alta tensione non è oggetto del presente documento. Considerata la stretta interazione esistente tra la qualità sulle reti di distribuzione MT e quella sulla rete di trasmissione, si rimanda comunque al capitolo 3 del presente DCO “contesto normativo di riferimento” per il richiamo delle relative disposizioni.
- 1.10 Il presente documento è così strutturato:
- a) il capitolo 2 inquadra gli interventi proposti nell'ambito dell'analisi di impatto della regolazione e descrive brevemente la fase di ricognizione prima della pubblicazione del presente DCO;
 - b) il capitolo 3 riassume il contesto normativo di riferimento;
 - c) il capitolo 4 tratta le motivazioni economiche, tecniche e sociali alla base degli interventi proposti dall'Autorità, declinando gli obiettivi specifici in materia di qualità della tensione;
 - d) il capitolo 5 presenta la proposta dell'Autorità di introdurre nuove forme di pubblicazione dei dati di continuità relativi alle interruzioni transitorie;
 - e) il capitolo 6 propone di migliorare l'informazione individuale ai clienti in materia di qualità del servizio e introduce il concetto di responsabilizzazione dei clienti stessi; tale proposta è da intendersi funzionale anche alla stipula dei contratti per la qualità, disciplina per la quale nel DCO 40/10) l'Autorità ha manifestato l'intenzione di revisione;
 - f) il capitolo 7 illustra opzioni alternative riguardo il monitoraggio della qualità della tensione, inclusa l'implementazione di un sistema di monitoraggio esteso sulla rete MT;
 - g) il capitolo 8 discute indicatori per il monitoraggio della *performance* di rete relativamente ai buchi di tensione e le successive comunicazioni e pubblicazioni per responsabilizzare e sensibilizzare maggiormente le imprese distributrici;
 - h) il capitolo 9 tratta possibili modalità di monitoraggio delle variazioni lente di tensione sulla rete BT mediante l'utilizzo dei misuratori elettronici nonché possibili integrazioni allo standard di qualità commerciale relativo alla verifica della tensione di alimentazione;
 - i) il capitolo 10 discute l'attività e il ruolo della ricerca in materia di qualità della tensione;
 - j) l'Appendice A aggiorna il piano di lavoro AIR;
 - k) l'Appendice B sintetizza gli obiettivi specifici, le opzioni di regolazione e le proposte del presente DCO;
 - l) l'Appendice C riporta alcune analisi di dettaglio dei dati relativi ai buchi di tensione per le reti MT;
 - m) l'Appendice D è relativa al rapporto di RSE che valuta e sintetizza i risultati di quasi cinque anni di monitoraggio della qualità della tensione sulle reti MT, con particolare *focus* per i buchi di tensione.

2 Inquadramento ai fini dell'analisi di impatto della regolazione

- 2.1 Il procedimento sulla qualità dei servizi elettrici è sottoposto ad AIR per gli aspetti di maggiore rilevanza. In tale ambito l'Autorità ha recentemente pubblicato il DCO

40/10, a cui si rimanda per l'inquadramento generale del procedimento sulla qualità dei servizi elettrici ai fini dell'AIR, il piano AIR, l'individuazione degli ambiti d'intervento, le modalità di presentazione e processazione degli obiettivi specifici e delle opzioni/proposte di regolazione per i servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica.

- 2.2 Come già indicato nel DCO 40/10, vengono qui sviluppati il contesto normativo di riferimento, le motivazioni generali, gli obiettivi specifici, le opzioni di regolazione e le ulteriori proposte riguardanti gli argomenti trattati nel presente documento.
- 2.3 L'attenzione dell'AIR si concentra sull'aspetto più rilevante individuato nel presente documento relativo all'implementazione di un sistema di monitoraggio esteso sulla rete MT (opzione #2). Per tale aspetto vengono formulate più ipotesi di intervento tramite opzioni di regolazione alternative che sono sottoposte a valutazione qualitativa e quantitativa. Come già indicato nel DCO 40/10, le opzioni di regolazione alternative vengono valutate in modo preliminare alla luce dei criteri qualitativi contenuti nell'Allegato A alla deliberazione 3 ottobre 2008 GOP 46/08 "Guida per l'analisi dell'impatto della regolazione nell'Autorità per l'energia elettrica e il gas" (di seguito: Guida AIR).
- 2.4 Visti il carattere innovativo e la complessità della materia trattata, a differenza di quanto esposto nel DCO 40/10 in merito all'opzione di regolazione #1, l'opzione #2 viene discussa valutando anche i criteri di concordanza (ovvero la minimizzazione dei *trade-off* presenti tra diversi obiettivi o diversi risultati attesi) e di tempestività (ovvero la distribuzione temporale degli effetti dell'opzione e, dunque, della sua efficacia), nonché i costi e benefici stimati delle diverse opzioni di regolazione.
- 2.5 L'Autorità prevede di affinare le proprie proposte in materia di qualità della tensione nei successivi documenti per la consultazione previsti dal piano AIR.

Fase di ricognizione

- 2.6 Successivamente alla pubblicazione del DCO 6 aprile 2005 rappresentanti della Direzione Consumatori e Qualità del Servizio dell'Autorità hanno seguito le attività in cooperazione tra CEER (*Council of European Energy Regulators*) e CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Électrotechnique*) che hanno portato alla revisione della norma EN 50160 relativa alle caratteristiche della tensione fornita dalle reti elettriche, dopo un processo di ricerca del consenso tra rappresentanti delle imprese distributrici, rappresentanti delle imprese costruttrici di apparecchiature elettriche, rappresentanti delle autorità di regolazione ed esponenti del mondo tecnico-scientifico. Gli aspetti maggiormente rilevanti della nuova edizione della norma EN 50160 ratificata nel marzo 2010 (di seguito: EN 50160:2010) sono descritti nel seguito del presente DCO. Sulla base delle conclusioni del *meeting* del *Technical Board* del 16-17 novembre 2010 e delle prossime votazioni dei comitati elettrotecnici nazionali, entro il primo semestre 2011 potrebbe essere modificata la clausola relativa alle variazioni lente di tensione nelle reti BT, inizialmente stralciata dall'ultima revisione EN 50160.

- 2.7 Inoltre rappresentanti dell’Autorità sono stati particolarmente attivi nelle attività di cooperazione tra i regolatori europei in materia di qualità della tensione⁴ e in attività nazionali di informazione⁵.
- 2.8 Infine, rappresentanti dell’imprese regolate e dell’Autorità, esperti del settore della ricerca hanno discusso preliminarmente i principali aspetti di qualità della tensione affrontati nel presente DCO in occasione del *workshop* del 29 settembre 2010 sulla qualità della tensione.

3 Il contesto normativo di riferimento

Normativa generale e procedurale

- 3.1 La legge 14 novembre 1995, n. 481/95, all’articolo 2, comma 12, lettera h), attribuisce all’Autorità la funzione di emanare le direttive concernenti la produzione e l’erogazione dei servizi da parte dei soggetti esercenti i servizi medesimi, definendo in particolare i livelli generali di qualità riferiti al complesso delle prestazioni e i livelli specifici di qualità riferiti alla singola prestazione da garantire all’utente.
- 3.2 La legge 8 marzo 1949, n. 105 (di seguito: legge n. 105/49) fissa il valore nominale della tensione a 220 V tra fase e neutro (e il valore collegato 380 V tra fase e fase) per le reti di bassa tensione.
- 3.3 La legge n. 186 del 1° marzo 1968 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici” dispone che tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d’arte e che i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) si considerano costruiti a regola d’arte.
- 3.4 A livello comunitario, la direttiva 2009/72/CE elenca fra gli obblighi delle autorità di regolazione quello di monitorare il rispetto delle norme relative alla sicurezza e all’affidabilità delle reti, rivederne le prestazioni passate e definire o approvare - eventualmente in cooperazione con altre autorità competenti - standard e obblighi in materia di qualità del servizio.
- 3.5 La direttiva 2004/108/CE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica è attuata con il decreto legislativo 6 novembre 2007, n. 194.

⁴ Principalmente con la consultazione pubblica di ERGEG, *European Regulators’ Group for Electricity and Gas*, “Towards voltage quality regulation in Europe” (di cui sono disponibili il documento per la consultazione, il rapporto di valutazione dei commenti, il rapporto di conclusioni) ed i rapporti di benchmarking: CEER, *Council of European Energy Regulators*, “Third benchmarking report on quality of electricity supply 2005” e CEER, *Council of European Energy Regulators*, “4th Benchmarking report on quality of electricity supply - 2008”. Tutti i documenti sono disponibili al link: <http://www.energy-regulators.eu/>

⁵ Si cita, ad esempio, la partecipazione alla giornata di studio AEIT “Qualità del servizio: contratti di qualità, problemi e soluzioni”, tenutasi a Milano il 12 maggio 2009.

Regolazione della qualità della tensione sulla rete di trasmissione

- 3.6 L'Autorità, con la deliberazione 30 dicembre 2004, n. 250/04 (di seguito: deliberazione n. 250/04), ha introdotto un insieme di disposizioni al Gestore di rete - oggi Terna S.p.A. (di seguito: Terna) - in materia di qualità del servizio di trasmissione. Tali obblighi sono sintetizzati nella Tabella 1. Al momento non esiste una forma esplicita di regolazione della qualità della tensione sulle reti di trasmissione, poiché i livelli attesi di qualità della tensione individuati da Terna non hanno la stessa natura giuridica degli standard di qualità definiti dall'Autorità.

Tabella 1 – Sintesi delle disposizioni per la qualità della tensione sulle reti di trasmissione

Aspetto di QT sulle reti di trasmissione	Riferimento deliberazione n. 250/04
Monitoraggio QT	Comma 31.2
Livelli attesi QT	Comma 33.5
Interruzioni transitorie	Commi 30.1 e 67.6
Variazioni di frequenza e di tensione	Commi 21.1 e 21.2
Potenza di cortocircuito	Art. 34

- 3.7 L'Autorità, con il comma 31.2 dell'Allegato A alla deliberazione n. 250/04, ha previsto che l'operatore di trasmissione rilevi a campione mediante campagne specifiche di misurazione le variazioni lente e rapide della tensione; i buchi di tensione, separatamente per fasce di durata, di abbassamento di tensione e fasi interessate; le sovratensioni; la fluttuazione della tensione a breve e a lungo termine (*flicker*); la distorsione armonica; il grado di asimmetria della tensione trifase; le variazioni della frequenza.
- 3.8 L'Autorità, con la deliberazione 5 ottobre 2005, n. 210/05, ha disposto obblighi per le imprese distributrici allora proprietarie di almeno un tratto di linea in alta tensione (AT) e di venti trasformatori AT/MT, con almeno un cliente in alta tensione, ed ha approvato il piano per la rilevazione della qualità della tensione sulla rete di trasmissione nazionale trasmesso dal gestore della rete di trasmissione nel settembre 2005. A tale piano⁶, confluito nel sistema MONIQUE (MONitoraggio della QUalità della tensione Elettrica), si sono aggregate le otto imprese distributrici per cui vigeva l'obbligo.
- 3.9 L'Autorità, con il comma 33.5 dell'Allegato A alla deliberazione n. 250/04, ha previsto che l'operatore di trasmissione sulla base dei risultati delle suddette campagne di misura a campione definisca i livelli attesi di qualità della tensione, anche differenziandoli per livelli di tensione⁷, relativamente a:

⁶ Si veda per una sintetica descrizione la presentazione: V. Biscaglia, "Campagna di misura per la qualità della tensione sulla rete AT Stato avanzamento - giugno 2006", tenuta in occasione del workshop "Qualità della tensione nelle reti elettriche in Italia: il sistema italiano di monitoraggio delle reti MT", 3 luglio 2006. Disponibile al *link*: <http://www.rse-web.it/pagine/notiziedoc/228/biscaglia.pdf>. Per descrizioni di maggior dettaglio si vedano i rapporti annuali di Terna relativi alla qualità del servizio di trasmissione.

⁷ Si veda il documento: Terna Rete Elettrica Nazionale, Direzione Dispacciamento e Conduzione Tempo Reale, "Qualità del servizio di trasmissione - livelli attesi della qualità della tensione per l'anno 2009 (artt. 31.2 - 32.4 - 33.5 della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n. 250/04)", settembre 2009, al *link*: http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTTRICO/qualita_servizio_trasmissione.aspx

- a) valore massimo, per singolo utente, del numero annuo di interruzioni transitorie;
 - b) valore massimo, per singolo utente, del numero di buchi di tensione, separatamente per fasce di durata e fasi coinvolte;
 - c) valore massimo del livello di distorsione armonica totale;
 - d) valore massimo del grado di asimmetria della tensione trifase;
 - e) valore massimo degli indici di severità della fluttuazione della tensione a breve e lungo termine, riferiti alla potenza minima di cortocircuito.
- 3.10 La presenza delle interruzioni transitorie nell'elenco al punto 3.9 del presente DCO indica l'approccio già adottato dall'Autorità di considerare questi eventi nell'ambito della qualità della tensione. L'obbligo di registrazione delle interruzioni transitorie sulle linee su cui sono installate protezioni automatiche tripolari con cicli di apertura e richiusura di durata inferiore o uguale a 1 s ha avuto decorrenza dall'1 gennaio 2007.
- 3.11 L'Autorità, con l'articolo 21 dell'Allegato A alla deliberazione n. 250/04, ha previsto che il Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete (di seguito: Codice di rete) rechi le disposizioni relative ai criteri per l'individuazione delle prestazioni funzionali per quanto riguarda i limiti di variazione della frequenza e i limiti di variazione del valore efficace della tensione⁸ e le relative modalità di aggiornamento.
- 3.12 La qualità della tensione, anche sulle reti di distribuzione, è intrinsecamente dipendente dalla potenza di cortocircuito nei nodi della rete di trasmissione. L'Autorità, con l'articolo 34 dell'Allegato A alla deliberazione n. 250/04, ha previsto che il gestore della rete di trasmissione renda disponibili sul proprio sito *internet* i valori minimi e massimi della potenza di corto circuito convenzionali, in conformità alle norme tecniche vigenti, tenendo conto dei possibili scenari di produzione e di stato della rete di trasmissione, inclusi i tempi di indisponibilità degli elementi di rete per manutenzione ordinaria e straordinaria. L'Allegato A.56 al Codice di rete "Determinazione e verifica dei valori minimi e massimi convenzionali della potenza di cortocircuito per i siti direttamente connessi alla RTN" espone le linee guida seguite per il calcolo delle potenze convenzionali e le attività di verifica dei valori di dette potenze durante l'esercizio degli impianti⁹.
- 3.13 L'articolo 36 dell'Allegato A alla deliberazione n. 250/04 prevede la possibilità di stipula di contratti per la qualità tra l'operatore di trasmissione e gli utenti della rete.

Regolazione della qualità della tensione sulla rete di distribuzione MT e BT

- 3.14 Il Testo integrato della qualità dei servizi elettrici (Allegato A alla deliberazione 19 dicembre 2007, n. 333/07; di seguito: TIQE) prevede l'applicazione di quanto

⁸ Si veda il documento: Terna Rete Elettrica Nazionale, "Qualità del servizio di trasmissione - livelli minimo e massimo del valore efficace della tensione 380-220-150-132 kV della rete rilevante", 13 giugno 2007, al *link*: http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO/qualita_servizio_trasmissione.aspx

⁹ Si veda il documento: Terna Rete Elettrica Nazionale, "Qualità del servizio di trasmissione - valori minimi e massimi convenzionali della corrente di cortocircuito e della potenza di cortocircuito della rete rilevante con tensione 380-220-150-132 kV - Anno 2009", 31 Marzo 2010, disponibile sul sito internet di Terna al *link*: http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO/qualita_servizio_trasmissione.aspx

previsto dalla norma tecnica CEI EN 50160 per le caratteristiche di qualità della tensione.

- 3.15 L'articolo 3 del TIQE dispone che le imprese distributrici effettuino la registrazione automatica delle interruzioni transitorie, mediante un sistema di telecontrollo o altra strumentazione, utilizzando l'assetto reale della rete. Ogni impresa distributtrice è inoltre tenuta ad avere un registro delle interruzioni ai sensi dell'articolo 4 del TIQE. Con riferimento ad ogni interruzione transitoria, senza criteri di accorpamento¹⁰ (comma 4.8 del TIQE), il registro riporta:
- a) l'origine dell'interruzione;
 - b) la causa dell'interruzione;
 - c) la data, l'ora e il minuto di inizio dell'interruzione;
 - d) il numero e l'elenco dei clienti AT coinvolti;
 - e) il numero e l'elenco di clienti MT coinvolti nell'interruzione, distinti per grado di concentrazione.
- 3.16 Il comma 7.2 del TIQE prevede che l'impresa distributtrice comunichi alle altre imprese distributrici interconnesse a valle la causa delle interruzioni che le hanno interessate, di norma entro 60 giorni dalla data di occorrenza dell'interruzione, per la corretta registrazione delle relative cause.
- 3.17 L'articolo 15 del TIQE definisce - fra gli indicatori di continuità del servizio elettrico - il numero di interruzioni transitorie per cliente MT, distintamente per ambito territoriale.
- 3.18 Il comma 16.1 del TIQE dispone che ogni impresa distributtrice comunichi all'Autorità i risultati dell'elaborazione degli indicatori di continuità del servizio entro il 31 marzo dell'anno successivo a quello cui si riferiscono gli indicatori ed il numero di clienti MT.
- 3.19 Il comma 16.2 del TIQE prevede che l'impresa distributtrice comunichi a ciascun cliente MT e AT, anche tramite avviso allegato ai documenti di fatturazione o pubblicato nel proprio sito *internet*, l'elenco delle interruzioni lunghe, brevi e transitorie che lo hanno coinvolto, entro il 30 giugno dell'anno successivo a quello al quale si riferiscono le interruzioni transitorie.
- 3.20 L'articolo 57 del TIQE prevede:
- a) la facoltà per gli utenti AT e MT di approvvigionare, installare, mantenere e gestire un proprio registratore individuale di interruzioni che operi in modo conforme alla norma tecnica CEI EN 50160 o di altri parametri di qualità della tensione conforme alla norma tecnica CEI EN 61000-4-30, oppure di richiedere la misura all'impresa distributtrice;
 - b) l'obbligo per l'impresa distributtrice di approvvigionare, installare, mantenere e gestire un registratore conforme alla norma tecnica CEI EN 50160 per il cliente che faccia richiesta di registrazione individuale delle interruzioni transitorie o un'apparecchiatura di misura che operi in modo conforme alla norma tecnica CEI EN 61000-4-30 per il cliente che faccia richiesta di registrazione individuale di altri parametri di qualità della tensione, con costi aggiuntivi della registrazione a carico del cliente;

¹⁰ Nel caso di susseguirsi di interruzioni transitorie, mentre nel caso in cui l'interruzione transitoria sia preceduta o seguita entro un'ora da un'interruzione lunga o breve, non viene registrata individualmente.

- c) la facoltà di stipulare contratti per la qualità tra le imprese distributrici e i clienti finali relativamente a qualsiasi parametro di qualità della tensione¹¹.
- 3.21 Inoltre, il comma 36.2 del TIQE prevede la facoltà per gli utenti MT di utilizzare ai fini delle misurazioni di qualità della tensione anche eventuali funzionalità dei dispositivi di protezione degli impianti di utenza MT conformemente alla normativa tecnica applicabile, nonché il diritto di accesso alle registrazioni da parte dell'impresa distributtrice.
- 3.22 Infine, l'articolo 71 del TIQE disciplina uno standard di qualità commerciale per i tempi di verifica della tensione di fornitura su richiesta del cliente finale MT o BT. In particolare tale prestazione prevede che:
- a) il distributore effettui la verifica per il rispetto dei limiti di variazione della tensione fissati dalla norma CEI EN 50160, da condursi sull'arco di una settimana, attraverso l'installazione di un apparecchio di registrazione conforme alla norma CEI EN 61000-4-30;
 - b) qualora tali verifiche conducano all'accertamento di valori della tensione di fornitura non compresi nel campo di variazione fissato dalla norma CEI EN 50160, il distributore sia tenuto a informare il richiedente, contestualmente alla notifica dell'esito della verifica, della data prevista di ripristino dei valori corretti della tensione di fornitura;
 - c) nel caso in cui siano già stati accertati sulla medesima linea valori della tensione di fornitura non compresi nel campo di variazione fissato dalla norma CEI EN 50160, il distributore non esegua la verifica della tensione, ma entro il tempo previsto dallo standard sia tenuto a informare il richiedente della data prevista per il ripristino dei valori corretti della tensione di fornitura;
 - d) il distributore sia tenuto a registrare il tempo, espresso in giorni lavorativi, intercorrente tra la data di notifica dell'esito della verifica della tensione di fornitura o della comunicazione informativa di cui alle precedenti lettere b) e c) e la data di ripristino dei valori corretti della tensione di fornitura.

Misuratori elettronici di bassa tensione

- 3.23 Con la deliberazione n. 292/06, l'Autorità ha introdotto le seguenti disposizioni in materia di requisiti funzionali minimi per i misuratori elettronici di bassa tensione:
- a) al comma 4.2, lettera m), alinea vii, la rilevazione di informazioni sintetiche relative ai valori minimo e massimo registrati nella settimana e alla percentuale di campioni registrati nell'intervallo +10%/-10% del valore nominale della tensione di alimentazione;
 - b) al comma 4.2, lettera o), l'effettuazione della misura del valore efficace della tensione in conformità alla norma CEI EN 50160.

Normativa tecnica nazionale e internazionale e revisione della norma EN 50160 del marzo 2010

- 3.24 Nel presente DCO sono citate numerose norme tecniche, fra cui le norme CEI EN 50160 e CEI EN 61000-4-30 relative alle caratteristiche di qualità di tensione e alla

¹¹ I contratti per la qualità, attualmente disciplinati dagli articoli 55 e 56 del TIQE, sono anch'essi oggetto di consultazione nel DCO 40/10, a cui si rimanda.

relativa misura. Nel presente DCO sono inoltre descritte, ove opportuno, altre norme tecniche facendo anche riferimento alle versioni internazionali IEC (*International Electrotechnical Commission*) o EN (del CENELEC).

- 3.25 L'ultima revisione della norma EN 50160 ha riguardato principalmente i seguenti aspetti rispetto alle precedenti versioni:
- a) struttura suddivisa tra fenomeni continui ed eventi (*continuous phenomena e voltage events*);
 - b) definizioni per buchi di tensione e sopraelevazioni di tensione;
 - c) tabelle di classificazione per buchi di tensione e sopraelevazioni di tensione (per le quali si rimanda in particolare al capitolo 6 del presente DCO);
 - d) applicabilità alle reti di tensione nominale fino a 150 kV (inclusa);
 - e) nuovi requisiti riguardo le variazioni lente di tensione per le reti MT.
- 3.26 La norma EN 50160:2010 al punto 4.2.2.1, nota 1, prevede che *“il prelievo di potenza effettivo richiesto dai diversi utenti della rete non è completamente prevedibile, in termini di quantità e di contemporaneità dei prelievi. Di conseguenza, le reti sono generalmente progettate su base probabilistica. Se, a seguito di un reclamo, le misure effettuate dall'operatore di rete in accordo al punto 4.2.2.2 indicano che l'ampiezza della tensione di alimentazione varia oltre i limiti forniti nel punto 4.2.2.2 causando conseguenze negative per l'utente della rete, l'operatore di rete dovrebbe intraprendere un provvedimento correttivo in collaborazione con l'utente / gli utenti della rete in funzione di una valutazione di rischio. Temporaneamente, per il tempo necessario a risolvere il problema, le variazioni di tensione dovrebbero essere all'interno della banda +10%/-15% della tensione nominale, salvo accordo contrario con gli utenti della rete”*.

Precedenti proposte dell'Autorità in materia di qualità della tensione

- 3.27 Nel documento per la consultazione del 4 aprile 2007, atto n. 16/07 (di seguito: DCO 16/07), contenente le opzioni per la regolazione della qualità dei servizi elettrici nel terzo periodo di regolazione, l'Autorità aveva formulato alcune proposte in materia di qualità della tensione che vengono riprese, ove rilevanti, nel seguito del presente DCO:
- a) una prima proposta prevedeva l'adozione di iniziative che promuovessero il principio di auto-responsabilizzazione dei soggetti partecipi dei processi di trasmissione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica in quanto tutti soggetti potenzialmente influenzanti la qualità della tensione;
 - b) una seconda proposta valutava di pervenire entro la fine del terzo periodo regolatorio all'introduzione di obblighi di registrazione della qualità della tensione in capo alle imprese distributrici anche per la media tensione, in particolare considerando il monitoraggio dei buchi di tensione su tutte le semisbarre MT nelle cabine primarie;
 - c) una terza proposta metteva in luce che i dati così raccolti (insieme ai dati sulle interruzioni transitorie) avrebbero potuto essere utilizzati sia a scopo di informazione (per esempio per possibili decisioni di localizzazione di imprese industriali), sia come stimolo al miglioramento.

4 Motivazioni e obiettivi dell'intervento dell'Autorità

Motivazioni economiche, tecniche e sociali dell'intervento dell'Autorità

- 4.1 In generale, l'esigenza tecnico-economica di regolazione della qualità dei servizi è da rinvenire, secondo le indicazioni della legge n. 481/95, nella necessità di fornire alle imprese regolate attraverso il meccanismo del *price-cap* anche stimoli al miglioramento, o almeno al non-peggioramento, dei livelli di qualità del servizio.
- 4.2 Le principali motivazioni economiche, tecniche e sociali dell'intervento proposto si possono così sintetizzare:
- a) gli utenti del sistema elettrico italiano sopportano costi significativi associati a problemi di QT (al riguardo si sintetizzano in questo capitolo i risultati di uno studio sulle microinterruzioni commissionato dalla Direzione Consumatori e Qualità del Servizio);
 - b) gli utenti del sistema elettrico italiano mostrano elementi di soddisfazione ma anche elementi di insoddisfazione relativamente alla QT (al riguardo si presentano in questo capitolo i risultati di indagini demoscopiche svolte dall'Istituto nazionale di statistica - Istat - per conto dell'Autorità);
 - c) sono praticabili soluzioni tecniche per il monitoraggio della QT (per la cui descrizione si rimanda al capitolo 7 del presente DCO) elaborate anche sulla base dell'esperienza di monitoraggio QuEEN;
 - d) sono disponibili elementi tecnici e standard tecnici internazionali per la definizione e la misura di potenziali indicatori (si vedano i capitoli 6 e 8 e l'Appendice D del presente DCO; in particolare il capitolo 6 descrive il concetto di responsabilizzazione del cliente, a fronte di buchi di tensione poco severi e le relative curve di immunità);
 - e) è disponibile, a seguito dell'avvio del sistema di monitoraggio promosso dall'Autorità, un ampio set di dati storici relativi alla QT (si veda in particolare l'Appendice D al presente DCO).

Motivazioni legate al costo delle microinterruzioni per i clienti

- 4.3 Come sopra accennato, la Direzione Consumatori e Qualità del Servizio dell'Autorità ha commissionato nel 2006 al Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano (di seguito: DIG) un'indagine sui costi delle microinterruzioni (termine non tecnico con cui sono stati indicati congiuntamente interruzioni transitorie e buchi di tensione). L'obiettivo del progetto di ricerca era la valutazione economica del danno subito dai clienti industriali per le microinterruzioni. I principali risultati del progetto sono stati pubblicati nell'Appendice 3 al documento per la consultazione del 2 agosto 2007, atto n. 36/07 (di seguito: DCO 36/07), a cui si rimanda per una descrizione di maggior dettaglio¹².

¹² Per ulteriori informazioni sui risultati di questo progetto di ricerca, si vedano anche la relazione annuale 2008 dell'Autorità, volume 1 "stato dei servizi", il rapporto di benchmarking del CEER Council of European Energy Regulators "4th Benchmarking report on quality of electricity supply - 2008" (<http://www.energy-regulators.eu/>), l'articolo di M. Delfanti, E. Fumagalli, P. Garrone, L. Grilli, L. Lo Schiavo, "Towards Voltage Quality Regulation in Italy", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 25, Issue 2, Aprile 2010, pp. 1124-1132.

- 4.4 Il progetto di ricerca ha inizialmente identificato un campione di settori manifatturieri maggiormente sensibili al problema delle microinterruzioni, ha poi effettuato un'analisi di *survey* su unità produttive che dispongono di un'apparecchiatura di misura di qualità della tensione (AdM) nell'ambito del sistema di monitoraggio delle reti MT così da poter disporre di dati affidabili sulla frequenza e sulla natura dei disturbi. I costi diretti sono poi stati stimati a due livelli: stima per i settori manifatturieri sensibili di appartenenza delle imprese osservate (settori osservati, SO), sulla base delle informazioni raccolte per il campione di 50 imprese e stima per l'intero sistema economico italiano. I costi totali per l'intero sistema economico italiano sono stati ottenuti sommando a due stime dei costi diretti (una relativa ai settori osservati ed una relativa a settori potenzialmente sensibili non osservati, PSNO) una stima dei costi indiretti.
- 4.5 L'analisi dei costi indiretti ha fatto riferimento agli investimenti dei clienti industriali - soprattutto in alcuni settori - in sistemi di de-sensibilizzazione quali gli apparecchi UPS (*Uninterruptible Power Supply*), che annullano di fatto i costi diretti ma comportano un costo di immunizzazione. A partire da dati relativi al mercato degli apparati di protezione per l'intero sistema economico italiano, è stato stimato il costo di acquisto di tutti i sistemi di protezione UPS attualmente utilizzati dalle imprese; su tale base è stata calcolata la quota annua di ammortamento che costituisce una stima dei costi indiretti per anno.
- 4.6 Il calcolo dei costi diretti per le imprese del campione ha prodotto una base di dati e permesso il calcolo dei seguenti indicatori: costo diretto annuo normalizzato sulla potenza, costo diretto per evento normalizzato sulla potenza, costo diretto per stabilimento per anno, costo diretto per evento per stabilimento; numero annuo di fermi produzione dovuti a microinterruzioni.
- 4.7 La Tabella 2 presenta il costo diretto per evento normalizzato sulla potenza per i diversi settori industriali, indicando la media, la mediana e l'intervallo di valori. I valori indicati tra parentesi non tengono conto dei valori nulli.

Tabella 2 - Costi delle microinterruzioni per diversi settori industriali: costo diretto per evento per kW (espresso in euro dell'anno 2006. Fonte: DIG del Politecnico di Milano)

Settore	Media	Mediana	Intervallo
DM – auto e automotive	2,9	2,9	0,7 – 5,0
DH – plastica	2,2	1,8	0,1 – 4,2
DB – tessile	3,2	3,2	3,2
DE – carta	1,0 (1,1)	0,9 (0,9)	0,1 – 2,2
DF – raffinerie	13,3	13,3	13,3
DJ – metallurgia	3,3 (4,9)	1,1 (4,9)	0 (1,1) – 8,7
DI – minerali non metalliferi	0,9	0,8	0,1 – 2,3
DA – alimentare	5,9	0,6	0,2 – 30
DG – chimica	0,5 (0,7)	0,6 (0,7)	0 (0,6) – 0,8
DL – macchine elettriche	10,6	9,3	0,1 – 22,4
Tutti i settori	2,8 (3,4)	0,9 (1,2)	0 (0,1) - 30

- 4.8 Le statistiche relative agli indicatori di costo sono state quindi normalizzate sul numero di addetti delle imprese osservate e proiettate in maniera differenziata ai

settori SO ed altri settori PSNO utilizzando il numero di addetti delle imprese italiane.

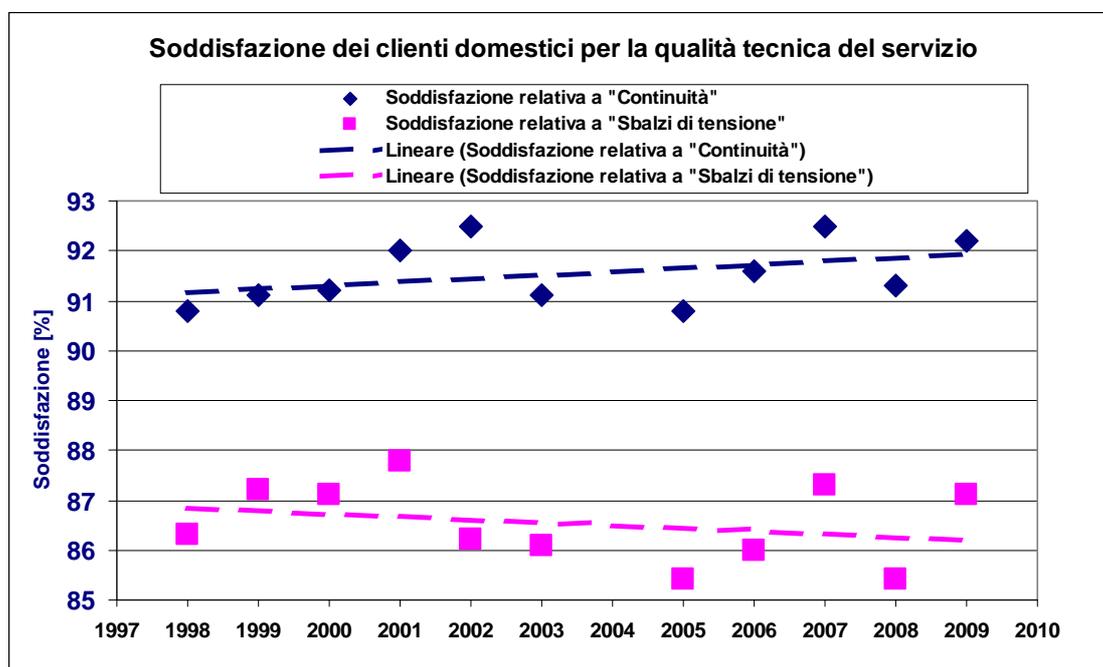
- 4.9 In estrema sintesi, lo studio ha quantificato il costo dovuto alle microinterruzioni per i clienti industriali come segue:
- a) settori osservati: la mediana dei costi diretti totali annui è stata stimata a 267,8 M€anno (minimo: 252,1 M€anno, massimo: 296,3 M€anno);
 - b) settori potenzialmente sensibili ma non osservati: i costi diretti totali annui sono stati stimati a 315,6 M€anno;
 - c) i costi indiretti totali annui per microinterruzioni per il sistema economico italiano sono stati stimati a 196,8 M€anno.
- 4.10 Quindi la stima dei costi totali annui sostenuti dai clienti industriali per le microinterruzioni porta a valori in un intervallo compreso tra un valore minimo pari a 449 M€anno (con l'ipotesi estrema che i settori PSNO abbiano costi nulli) e un valore massimo pari a 809 M€anno. Tutti i valori riportati sono riferiti a moneta dell'anno 2006.

Motivazioni legate alla soddisfazione dei clienti per la qualità del servizio

- 4.11 L'Autorità effettua da oltre dieci anni con la collaborazione dell'Istat, all'interno dell'Indagine multiscopo sulle famiglie intitolata "Aspetti della vita quotidiana", la valutazione di alcuni quesiti specifici volti a rilevare la soddisfazione dei clienti per i servizi nel settore dell'energia elettrica e del gas. Accanto a quesiti di contenuto generale, l'Istat indaga altri aspetti più specifici, inserendo un modulo ad hoc sulla soddisfazione delle famiglie per i servizi di fornitura di energia elettrica e gas. L'indagine ha raggiunto mediamente circa 22.000 famiglie su tutto il territorio nazionale, con un andamento moderatamente crescente nel corso degli anni.
- 4.12 Come indicato nelle relazioni annuali dell'Autorità¹³, l'indagine riguarda vari aspetti che contribuiscono alla *customer satisfaction* ed in particolare continuità, sbalzi di tensione, frequenza di lettura, comprensibilità delle bollette e informazioni sul servizio. La Figura 1 confronta gli andamenti nel periodo 1998-2009 della soddisfazione dei clienti domestici relativamente alle voci "continuità" della fornitura e "sbalzi di tensione", dove quest'ultima è ritenuta un'espressione semplificata e percepibile dai consumatori dei più complessi concetti di qualità della tensione.
- 4.13 Si può osservare che a fronte di un leggero miglioramento della soddisfazione relativa alla continuità della fornitura percepita, forse determinato dal miglioramento della continuità a seguito dell'introduzione della relativa regolazione, si registra un leggero peggioramento della soddisfazione relativa agli "sbalzi di tensione".
- 4.14 Disaggregando i dati per zone geografiche (Nord Ovest, Nord Est, Centro, Sud, Isole) e riferendosi agli ultimi tre anni (2007-2009), si riscontra una percentuale di buona soddisfazione (somma dei "molto soddisfatti" e degli "abbastanza soddisfatti") leggermente migliore rispetto alla media nazionale nel Nord (89-90%) e nel Centro (87%), inferiore nel caso del Sud (84%) e delle Isole (77%).

¹³ Per i dati più recenti, relativi al 2009, si vedano le pagine 107-110 del volume "stato dei servizi" della relazione annuale 2010 dell'Autorità.

Figura 1 - Soddisfazione dei clienti domestici per la qualità tecnica: somma delle percentuali di giudizi “molto soddisfatti” e “abbastanza soddisfatti” nel periodo 1998-2009 (elaborazione degli Uffici dell’Autorità su dati indagine multiscopo Istat)



4.15 La Tabella 3 riporta il dettaglio per le regioni in cui si registrano le minori percentuali di “buona soddisfazione” dei clienti.

Tabella 3 - Regioni caratterizzate da minore soddisfazione dei clienti domestici per la qualità del servizio elettrico in riferimento a “sbalzi di tensione” (elaborazione degli Uffici dell’Autorità su dati indagine multiscopo Istat)

Regione	Numerosità medio del campione intervistato nel triennio 2007-2009	Valore medio triennale dei “molto soddisfatti” o abbastanza soddisfatti”
Sicilia	1.900	76,5
Sardegna	750	79,1
Calabria	640	80,1
Campania	2.000	84,6
ITALIA	24.000	86,6

4.16 Dai dati disaggregati per ampiezza del comune di residenza, si osserva per i consumatori che risiedono in comuni con meno di 2.000 abitanti (campione medio di circa 1.500 individui), la percentuale di buona soddisfazione (somma dei “molto soddisfatti” e degli “abbastanza soddisfatti”) è significativamente inferiore rispetto alla media nazionale, con valori in riduzione dall’82-83% a cavallo del 2000 fino a percentuali del 79-81% negli anni più recenti (Tabella 4).

Tabella 4 – Percentuale di clienti soddisfatti in relazione agli “sbalzi di tensione”, in comuni fino a 2.000 abitanti (dati indagine multiscopo Istat per l’Autorità)

Raggruppamento	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2009
Comuni fino a 2000 ab.	82,0	80,2	83,9	82,6	82,2	79,9	84,3	81,4	79,4	78,7	81,4
Media Italia	86,3	87,2	87,1	87,8	86,2	86,1	85,4	86,0	87,3	85,4	87,1

4.17 L’analisi dei dati di soddisfazione delle famiglie non è certamente esaustiva della varietà di utenti della rete. I clienti industriali sono di norma maggiormente sensibili a disturbi di qualità della tensione. Inoltre le varie tipologie di consumatore di energia elettrica (industriale, servizi commerciali, servizi pubblici) sono sensibili in modo differente ai diversi disturbi di qualità della tensione. Rimane comunque l’evidenza di un diverso andamento delle due componenti della qualità tecnica o, quantomeno, di una loro diversa percezione da parte di una significativa parte degli utenti¹⁴.

Obiettivi specifici dell’intervento dell’Autorità

4.18 L’Autorità ha delineato nella deliberazione ARG/elt 149/10 gli obiettivi generali della regolazione della qualità dei servizi elettrici nel quarto periodo, sottolineando la necessità di adottare nuove iniziative in materia di qualità della tensione.

4.19 Tenendo presente che la qualità tecnica del servizio elettrico è normalmente trattata separando gli aspetti di continuità della fornitura e di qualità della tensione ed essendo le interruzioni lunghe e brevi già oggetto di regolazione¹⁵, il principale aspetto su cui concentrare l’attenzione per i futuri interventi è relativo agli eventi disturbanti di durata inferiore o uguale ad un secondo. Fra questi eventi, le interruzioni transitorie e i buchi di tensione hanno un impatto particolarmente gravoso, in particolare per alcune tipologie di clienti finali.

4.20 Peraltro, già nel DCO 6 aprile 2005, l’Autorità aveva individuato i settori di intervento prioritari in materia di qualità della tensione: *“l’Autorità (...) ritiene che debbano essere sviluppate azioni di contenimento finalizzate in via prioritaria alle interruzioni transitorie, ai buchi di tensione nonché alle variazioni della tensione di alimentazione”*.

4.21 Nello stesso DCO 6 aprile 2005, l’Autorità aveva individuato gli obiettivi del progetto di monitoraggio della QT sulle reti di distribuzione di media tensione:

- a) *raccogliere elementi conoscitivi da rendere pubblicamente disponibili sulle attuali performance delle reti di distribuzione in media tensione in merito ai parametri della QT;*
- b) *correlare i dati raccolti alle caratteristiche delle reti di distribuzione in media tensione, la struttura della rete stessa e le caratteristiche costruttive e di esercizio delle linee, la potenza dei trasformatori AT/MT installati nelle cabine primarie della distribuzione, la potenza di corto circuito disponibile*

¹⁴ Nel documento si usa semplificativamente il termine “clienti domestici”. Va comunque tenuto presente che un individuo oltre che “cliente domestico” può rappresentare anche altre tipologie di consumatore di energia elettrica in funzione della propria attività lavorativa.

¹⁵ Relativamente a opzioni di regolazione individuale delle interruzioni brevi, l’Autorità ha recentemente divulgato il DCO 40/10.

nelle cabine di trasformazione AT/MT e nei punti di consegna dei clienti che aderiranno all'iniziativa, le caratteristiche dei carichi e la presenza di carichi disturbanti;

- c) sensibilizzare i clienti sulle opportunità che il Testo integrato della qualità già rende disponibili in materia di QT, con particolare riferimento alla misurazione individuale di tali parametri e ai contratti per la qualità, favorendo la misurazione individuale attraverso una adesione volontaria dei clienti alla campagna di monitoraggio;*
- d) utilizzare le rilevazioni dei singoli punti di misura per valutare la possibilità di individuare indicatori aggregati significativi che tengano conto delle caratteristiche della rete di distribuzione;*
- e) valutare l'introduzione di nuovi obblighi di misurazione di qualità della tensione in capo alle imprese distributrici e successivamente valutare l'eventuale introduzione di forme di regolazione economica di alcuni parametri della QT;*
- f) utilizzare i risultati ottenuti per confermare o riconsiderare i valori limite degli indicatori della QT soggetti a monitoraggio affinché siano rappresentativi del sistema elettrico italiano.*

4.22 Come già anticipato, i primi due obiettivi sono ora raggiunti, mentre il presente DCO prosegue il percorso di informazione e sensibilizzazione dei clienti (capitoli 5 e 6), di valutazione di obblighi di misurazione (capitolo 7), di individuazione di indicatori aggregati (capitolo 8).

4.23 Per proseguire tale percorso, l'Autorità individua ora i seguenti obiettivi specifici, tenendo presente che il loro perseguimento deve contenere il costo degli interventi sopportato dalla generalità degli utenti:

- a) tutelare e informare gli utenti MT e BT rispetto a problematiche di qualità della tensione, tenendo presente la sostenibilità degli interventi;
- b) promuovere il miglioramento della *performance* delle imprese tramite la pubblicazione comparativa dei dati di qualità;
- c) aumentare l'informazione per gli utenti in materia di qualità del servizio, anche al fine di una maggiore consapevolezza delle proprie responsabilità;
- d) monitorare l'andamento nel tempo dei più importanti parametri di qualità della tensione, anche nella prospettiva di avere disponibile una solida base di misure per possibili sviluppi della regolazione e per favorire lo sviluppo di contratti per la qualità.

Ambito dell'intervento

4.24 I soggetti più direttamente interessati da possibili iniziative in materia di qualità della tensione sono gli utenti connessi a reti elettriche MT e BT e le imprese distributrici; d'altro canto una pluralità di soggetti e settori sono interessati: i settori produttivi che corrispondono ai suddetti utenti, i costruttori di apparecchiature elettriche e di apparecchi utilizzatori di elettricità, l'operatore del sistema di trasmissione e potenzialmente gli utenti finali connessi a reti elettriche in alta tensione, le società di consulenza e impiantistica operanti in questo settore, gli esperti del mondo della consulenza, della ricerca e dell'accademia.

Spunti per la consultazione

Q.1 *Si ritiene che altre esigenze degli attori del sistema elettrico in materia di qualità della tensione debbano motivare l'intervento dell'Autorità? Si invitano i soggetti interessati a fornire ulteriori informazioni quantitative sull'impatto economico dei disturbi di QT.*

5 Proposte in materia di interruzioni transitorie della fornitura

5.1 In questo capitolo vengono formulate proposte di pubblicazione di dati relativi alle interruzioni transitorie, come sintetizzato nella Tabella 5.

Tabella 5 - Proposte di regolazione in materia di interruzioni transitorie

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Promuovere il miglioramento della <i>performance</i> delle imprese tramite la pubblicazione comparativa dei dati di qualità	Publicazione periodica dei dati nazionali e locali (regionali/provinciali) relativi alle interruzioni transitorie Publicazione comparativa dei dati relativi alle interruzioni transitorie per i clienti serviti dalle principali imprese distributrici	N/A

5.2 Già nel DCO 16/07, l'Autorità ha indicato la prospettiva di utilizzare i dati raccolti relativamente alle interruzioni transitorie *“sia a scopo di informazione (per esempio per decisioni di localizzazione di imprese industriali) sia come stimolo al miglioramento”*.

5.3 L'Autorità ritiene fondamentale che i dati relativi alle interruzioni transitorie siano valutati anche in relazione alle interruzioni lunghe e brevi (che qui non sono discusse per brevità di esposizione¹⁶), perché le scelte di ciascuna impresa distributtrice riguardo le modalità di esercizio delle reti ed i tempi di richiusura automatica influenzano fortemente la distribuzione del numero di interruzioni tra lunghe, brevi e transitorie. L'Autorità, come già indicato nei ritenuti della deliberazione 19 giugno 2009 ARG/elt 76/09, intende valutare l'adozione di nuove forme di pubblicazione comparativa degli indicatori di continuità del servizio delle imprese distributrici.

5.4 Sulla base delle comunicazioni ricevute ai sensi del comma 16.1 del TIQE, la Direzione Consumatori e Qualità del Servizio ha analizzato il numero di interruzioni transitorie per cliente MT per ambito territoriale, per tutte le origini (anche reti interconnesse) e per tutte le cause, come definite dal Titolo 2 del TIQE.

5.5 La Tabella 6 riporta i risultati di tali elaborazioni aggregati per area geografica, evidenziando un numero medio di circa 8 interruzioni transitorie all'anno come

¹⁶ Si rimanda alle Relazioni Annuali dell'Autorità, volume I - stato dei servizi e al sito internet dell'Autorità al link http://www.autorita.energia.it/ModuliDinamiciPortale/banchedati1/continuitaserv_ele2in.

media italiana, con valori largamente superiori per i clienti del Sud (regioni: Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sardegna, Sicilia).

Tabella 6 – Valore medio delle interruzioni transitorie per clienti MT, valori per aree geografiche (elaborazione degli Uffici dell’Autorità di dati comunicati dalle imprese)

Area geografica	Anno 2008	Anno 2009
Nord	3,64	3,24
Centro	5,37	5,31
Sud	16,91	22,10
Media Italia	7,56	8,76

5.6 I risultati, aggregati su base regionale e differenziati per grado di concentrazione, sono riportati per gli anni 2008 e 2009 nella Tabella 7. La tabella è ordinata sulla base del valore medio biennale di interruzioni per clienti in ambiti di media concentrazione (ambiti nei quali è localizzata più della metà dei clienti MT italiani): il valore minimo (inferiore a 1 interruzione transitoria all’anno) si registra in Valle d’Aosta; il valore massimo (superiore a 34 interruzioni transitorie all’anno) si registra in Sicilia.

Tabella 7 – Valore medio delle interruzioni transitorie per clienti MT, per regioni e per ambito di alta, media e bassa concentrazione (elaborazione degli Uffici dell’Autorità di dati comunicati dalle imprese)

Regione	2008 alta	2009 alta	2008 media	2009 media	2008 bassa	2009 bassa
Valle d’Aosta			1,00	0,61	2,25	2,04
Trentino A.A.	0,68	1,17	1,54	1,09	4,96	4,76
Lombardia	0,39	0,30	1,82	1,78	3,20	3,14
Emilia Romagna	0,67	0,60	2,73	2,53	4,87	4,44
Molise	1,60	2,12	3,54	3,90	5,40	6,54
Piemonte	0,99	0,60	4,35	3,33	6,69	4,78
Friuli V.G.	0,70	1,47	4,13	3,90	8,42	8,13
Toscana	1,08	1,20	4,26	4,18	11,65	9,82
Liguria	1,66	1,66	4,80	3,83	12,63	12,13
Veneto	0,60	0,61	5,46	5,16	6,82	6,11
Umbria	3,38	2,63	6,32	6,72	12,54	11,56
Marche	1,70	3,10	6,94	7,54	8,57	7,65
Sardegna	0,83	0,81	7,45	9,17	13,23	15,01
Lazio	1,22	1,30	8,18	8,46	9,90	9,77
Abruzzo	6,87	4,61	10,64	12,20	14,62	15,51
Basilicata	0,89	2,98	10,17	15,34	9,62	13,84
Campania	4,46	5,25	14,36	18,04	21,73	28,33
Calabria	5,29	7,85	17,18	22,63	19,77	25,98
Puglia	9,98	14,84	21,81	27,32	28,82	35,83
Sicilia	12,13	18,31	28,70	39,36	32,47	44,68
Media Italia	2,96	3,92	8,12	9,59	9,82	10,69

5.7 La Tabella 8 riporta i dati aggregati per le imprese distributrici con ambiti in alta concentrazione (cioè città con più di cinquantamila abitanti), differenziati sulla base del numero di clienti finali alimentati in alta concentrazione (AC). Si distinguono ambiti con più di 500.000 clienti BT in AC (metropoli), ambiti con più di 100.000

clienti BT in AC e meno di 500.000 (grandi città) e ambiti con meno di 100.000 clienti BT in AC (città di media grandezza). Il dato di Enel Distribuzione non è confrontato con nessuno di questi raggruppamenti poiché è riferito ad oltre 70 ambiti con città di dimensione diversa. Per ogni raggruppamento di imprese distributrici, la tabella è ordinata sulla base del valore medio biennale di interruzioni transitorie, dall'impresa con meno interruzioni a quella che ne registra di più.

Tabella 8 – Valore medio delle interruzioni transitorie per clienti MT, per raggruppamenti di imprese distributrici relativamente ad ambiti territoriali di alta concentrazione corrispondenti a comuni con più di 50.000 abitanti al censimento del 2001 (elaborazione degli Uffici dell'Autorità di dati comunicati dalle imprese)

Interruzioni transitorie a clienti MT	Anno 2008	Anno 2009
Impresa distributtrice con più di 5 milioni di clienti in AC		
Enel Distribuzione	3,87	5,24
Imprese distributrici con più di 500.000 clienti in AC		
A2A Reti Elettriche - Milano	0,05	0,03
AEM Torino Distribuzione - Torino	0,34	0,16
ACEA Distribuzione - Roma	0,35	0,37
Imprese distributrici con più di 100.000 clienti in AC		
A2A Reti Elettriche - Brescia	0,00	0,01
AGSM Distribuzione - Verona	0,38	0,52
ACEGAS-APS - Trieste	0,03	1,02
AEM Torino Distribuzione - Parma	1,41	1,55
Imprese distributrici con almeno un ambito territoriale in AC		
A.E.M. Gestioni - Cremona	0,00	0,00
Azienda Energetica Reti - Bolzano	0,00	0,00
Hera - prov. Modena	0,00	0,02
Set Distribuzione - Trento	0,71	0,37
Hera - prov. Bologna	0,93	0,72
A.I.M. Servizi a rete - Vicenza	1,11	0,95
ASM Terni - Terni	6,04	3,72
AMET - Trani	33,49	42,91

- 5.8 Si può osservare che le imprese distributrici delle metropoli registrano meno di 0,4 interruzioni transitorie per cliente sulle proprie reti, pur con differenze significative: il numero di interruzioni per ACEA è circa dieci volte quello per A2A a Milano. Fra le imprese distributrici operanti nelle città medio-grandi, la peggiore *performance* è di AEM Torino Distribuzione (ex ENÌA) a Parma, con circa 1,5 interruzioni transitorie all'anno per cliente MT. Fra le restanti imprese distributrici, Trani registra la peggior *performance* con circa 38 interruzioni transitorie all'anno per cliente MT.
- 5.9 La Tabella 9 riporta i dati per impresa distributtrice relativamente ad ambiti in media e bassa concentrazione (cioè comuni con popolazione non superiore a cinquantamila abitanti) per le imprese distributrici che servono almeno 50 clienti MT in tali ambiti. In questo caso non si ritiene necessaria alcuna differenziazione. La tabella è ordinata sulla base del valore medio biennale di interruzioni transitorie, dall'impresa con meno interruzioni a quella che ne registra di più.

- 5.10 La comparazione evidenzia meno di 1 interruzione transitoria all'anno per i clienti in media e bassa concentrazione serviti da A.E.M. Gestioni, Azienda Energetica Reti e ACEA Distribuzione e più di 7 interruzioni transitorie all'anno per i clienti in media e bassa concentrazione serviti da Odoardo Zecca, Enel Distribuzione e ATENA.

Tabella 9 – Valore medio delle interruzioni transitorie per clienti MT, per impresa distributrice relativamente ad ambiti territoriali di media e bassa concentrazione per comuni con non più di 50.000 abitanti al censimento del 2001 (elaborazione degli Uffici dell'Autorità di dati comunicati dalle imprese)

Interruzioni transitorie a clienti MT in ambiti di media e bassa concentrazione	Anno 2008	Anno 2009
A.E.M. Gestioni	0,01	0,16
Azienda Energetica Reti	0,11	0,10
ACEA Distribuzione	0,88	0,91
AGSM Distribuzione	0,97	1,26
Iris - Isontina Reti Integrate e Servizi	1,71	0,81
DEVAL	2,16	1,94
A2A Reti Elettriche	3,07	2,23
HERA	4,18	3,88
SET Distribuzione	4,36	4,23
ASM Terni	5,97	4,89
A.S.S.M. Tolentino	3,97	7,03
AEM Torino Distribuzione (prov. Parma)	5,32	6,77
Odoardo Zecca	5,00	9,14
Enel Distribuzione	9,00	10,35
ATENA	14,51	10,15

- 5.11 Come già discusso nel DCO 40/10, sono inoltre state effettuate richieste di informazioni alle imprese distributrici per la continuità del servizio a clienti MT per gli anni 2008 e 2009. Sulla base delle comunicazioni ricevute, la Direzione Consumatori e Qualità del Servizio ha analizzato la distribuzione percentuale di interruzioni transitorie per cliente MT di responsabilità delle imprese distributrici e imprese interconnesse (escluse cause di forze maggiore e cause esterne).
- 5.12 La Tabella 10 descrive per l'anno 2009 la percentuale di clienti che ha subito interruzioni transitorie in numero inferiore alle soglie riportate in intestazione di colonna: ad esempio si può vedere che il 94% dei clienti in media concentrazione ha subito un numero di interruzioni transitorie minore o uguale a 30.

Tabella 10 – Distribuzione percentuale di clienti MT in relazione al numero di interruzioni transitorie (a sinistra: raggruppamenti per 3 interruzioni; a destra: raggruppamenti per 15 interruzioni) (elaborazione degli Uffici dell’Autorità di dati comunicati dalle imprese)

		0	<= 3	<= 6	<= 9	<= 12	<= 15	<= 18	<= 21	<= 24	<= 27	<= 30		<= 45	<= 60	<= 75	<= 90
Alta conc.	NORD	80%	95%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		100%	100%	100%	100%
	CENTRO	68%	91%	95%	96%	98%	98%	99%	99%	99%	100%	100%		100%	100%	100%	100%
	SUD	45%	62%	72%	77%	81%	84%	87%	88%	90%	91%	93%		96%	98%	98%	99%
	ITALIA	66%	84%	89%	92%	93%	95%	96%	96%	97%	97%	98%		99%	99%	100%	100%
Media conc.	NORD	38%	76%	88%	93%	96%	98%	99%	99%	99%	100%	100%		100%	100%	100%	100%
	CENTRO	23%	59%	73%	82%	87%	90%	93%	96%	97%	98%	98%		100%	100%	100%	100%
	SUD	10%	26%	37%	45%	52%	58%	63%	67%	71%	74%	76%		86%	92%	95%	96%
	ITALIA	27%	60%	72%	78%	83%	86%	88%	90%	92%	93%	94%		96%	98%	99%	99%
Bassa conc.	NORD	27%	65%	81%	88%	92%	95%	97%	98%	98%	99%	99%		100%	100%	100%	100%
	CENTRO	15%	39%	54%	68%	76%	82%	87%	91%	93%	95%	97%		98%	100%	100%	100%
	SUD	5%	16%	26%	34%	44%	51%	58%	63%	68%	72%	76%		86%	91%	94%	96%
	ITALIA	20%	51%	65%	74%	79%	84%	87%	89%	91%	92%	94%		97%	98%	99%	99%

- 5.13 Con riferimento all’articolo 2, comma 12, lettera i. della legge 14 novembre 1995, n. 481, riguardante la funzione di assicurare la più ampia pubblicità delle condizioni dei servizi, l’Autorità intende pubblicare periodicamente i dati relativi alle interruzioni transitorie, se del caso congiuntamente alle informazioni relative alla continuità del servizio, con disaggregazione per impresa distributrice eventualmente differenziata per ambito di concentrazione e con disaggregazione su base locale (regione e/o provincia).
- 5.14 Le statistiche relative alle interruzioni lunghe e brevi e i relativi indicatori di continuità della fornitura sono riferiti ai clienti BT disalimentati, mentre il TIQE prevede la registrazione delle interruzioni transitorie per cliente MT. L’Autorità intende valutare la possibilità di disporre la registrazione delle interruzioni transitorie anche per cliente BT o altri possibili interventi, in modo da garantire una maggiore comparabilità dei dati.

Spunti per la consultazione

- Q.2** *Si condivide la proposta dell’Autorità di aumentare il livello di pubblicità sulle condizioni del servizio elettrico relativamente alle interruzioni transitorie? Se no, perché?*
- Q.3** *In alternativa a quanto proposto, si ritiene preferibile un percorso più direttamente orientato all’introduzione di una regolazione individuale delle interruzioni transitorie per i clienti MT analoga a quella in vigore per le interruzioni lunghe?*

6 Proposte per l'informazione individuale ai clienti MT in materia di buchi di tensione

6.1 In questo capitolo vengono formulate proposte in merito all'informazione individuale ai clienti MT relativamente alla qualità del servizio (con particolare riferimento ai buchi di tensione), come sintetizzato nella Tabella 11.

Tabella 11 – Proposte di regolazione relative al monitoraggio della qualità della tensione sulla rete di media tensione

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Aumentare l'informazione per gli utenti in materia di qualità del servizio, anche al fine di una maggiore consapevolezza delle proprie responsabilità	Comunicazione individuale dei buchi di tensione a ogni cliente MT Comunicazione dei livelli storici di interruzioni lunghe, brevi e transitorie e dei buchi di tensione ai richiedenti connessione MT Responsabilizzazione dei clienti MT in merito all'immunizzazione dei propri impianti a fronte dei buchi di tensione meno severi	N/A

Comunicazione individuale dei buchi di tensione

6.2 Come già ricordato al punto 3.19 del presente DCO, l'impresa distributrice comunica a ciascun cliente MT l'elenco delle interruzioni che lo hanno coinvolto, entro il 30 giugno dell'anno successivo a quello al quale si riferiscono le interruzioni. Tale comunicazione può essere effettuata anche tramite avviso allegato ai documenti di fatturazione o pubblicazione nel proprio sito *internet*. Alcune imprese distributrici effettuano tale comunicazione tramite un sistema informatico con accesso dedicato a ciascun cliente MT.

6.3 L'Autorità propone che le imprese distributrici effettuino anche la comunicazione individuale dei buchi di tensione registrati nel corso dell'anno precedente, comunicazione possibile alla luce di quanto proposto nel capitolo 7 del presente DCO in corrispondenza della semisbarra MT di cabina primaria (CP) a cui afferisce la porzione di rete a cui il cliente MT è connesso in schema normale di esercizio oppure al punto di consegna MT. Si tratta qui il caso della semisbarra MT di CP, perché più complesso in termini di flussi di dati rispetto al caso di misura sui singoli punti di consegna (vedi opzione #2).

6.4 Il termine "semisbarra MT di CP" (o solo semisbarra) indica nel presente DCO una sbarra MT di distribuzione di energia elettrica a clienti finali, in una cabina primaria AT/MT o di una stazione di trasformazione AAT/MT o AT/MT o di un impianto di produzione con trasformazione AAT/MT o AT/MT a due o tre avvolgimenti.

6.5 L'Autorità propone che la comunicazione individuale dei buchi di tensione riporti le seguenti informazioni:

- numero progressivo dell'evento;
- indicazione delle tensioni interessate dall'evento;
- istante di inizio (data, ora, minuto, secondo e almeno centesimi di secondo);
- durata del buco di tensione (differenza di tempo tra inizio e fine), espressa almeno in centesimi di secondo;
- tensione residua (in percentuale della tensione nominale);

- f) tabella di sintesi dei buchi di tensione registrati nel corso dell'anno nel formato descritto dalla norma EN 50160:2010 con evidenza cromatica delle soglie di immunità classe 2 (curva 2) e classe 3 (curva 3) di cui alle norme EN 61000-4-11 e EN 61000-4-34;
 - g) numero totale di buchi di tensione più severi rispetto alla curva 2 suddetta;
 - h) numero totale di buchi di tensione più severi rispetto alla curva 3 suddetta.
- 6.6 L'Autorità intende valutare anche possibili alternative alla proposta di cui alla lettera f) del punto precedente. La scelta della tabella EN 50160:2010 è preliminarmente preferita perché ritenuta più comprensibile rispetto alle mappe durata-tensione residua e alle curve di "isolivello", le cui modalità di rappresentazione sono descritte nel paragrafo 4.1 del rapporto RSE.
- 6.7 Nel caso di misura alla semisbarra MT di CP vanno brevemente analizzati i motivi per cui i buchi di tensione registrati possono differire da quelli effettivamente occorsi nel punto di consegna:
- a) alcuni buchi di tensione alla semisbarra possono corrispondere a condizioni di interruzione per il cliente finale;
 - b) vi è una modesta incertezza sull'effettiva occorrenza dei buchi di tensione per effetto delle normali variazioni di assetto di rete MT a seguito di guasti o manutenzioni;
 - c) vi può essere una modesta differenza di tensione tra la semisbarra MT e il punto di consegna MT associata alla caduta (o, più in generale, variazione) di tensione lungo linea¹⁷.
- 6.8 A tale riguardo, il rapporto RSE allegato in Appendice D analizza dettagliatamente la rappresentatività della misura in semisbarra, evidenziando che nei casi di monitoraggio combinato alla semisbarra e al punto di consegna, la tensione residua al punto di consegna varia entro pochissimi punti percentuali. Si può inoltre aggiungere che la variazione di numerosità di eventi registrati riguarderebbe eventi di scarsa severità. Inoltre il rapporto di RdS 07000545 del dicembre 2006 evidenzia, sulla base di analisi puntuali del sistema QuEEN, come un punto consegna, per quanto sopra esposto, possa registrare una interruzione piuttosto che un buco di tensione (si vedano le tabelle 6 e 7 del rapporto di RdS 07000545).
- 6.9 Rimane salva l'opportunità che l'impresa distributrice individui - eventualmente in cooperazione con l'impresa distributrice proprietaria della semisbarra MT di CP - l'effettiva occorrenza di un buco di tensione (o, per quanto sopra illustrato, di una interruzione transitoria) in assetto reale di rete, a seguito di puntuale richiesta del cliente con indicazione dell'orario di accadimento dell'evento.
- 6.10 Nel caso di misura alla semisbarra MT di CP, si propone che l'impresa distributrice proprietaria di una semisbarra MT di CP renda disponibili le informazioni relative ai buchi di tensione registrati in corrispondenza della semisbarra alle imprese distributrici proprietarie di reti MT sottese alla semisbarra (sia in schema normale di esercizio, sia in circostanze di possibile controalimentazione delle reti MT).
- 6.11 Come possibile riferimento, oltre a quanto già indicato al punto 3.16 del presente DCO, il comma 30.3 dell'Allegato A alla deliberazione n. 250/04 prevede la comunicazione periodica degli scatti degli interruttori (anche in caso di interruzione

¹⁷ Un buco di tensione potrebbe avere tensione residua 91% in semisbarra MT di CP e tensione residua 89% alla consegna MT.

transitoria) dall'impresa di trasmissione alle imprese distributrici con linee AT sottese, "di norma settimanale salvo diverso accordo tra le parti".

- 6.12 L'Autorità ritiene inoltre che, a decorrere dal quarto periodo di regolazione, le imprese distributrici inizino a rendere disponibili agli utenti MT le informazioni relative alle interruzioni lunghe, brevi e transitorie e ai buchi di tensione (quando disponibili - alla semisbarra o al punto di consegna) tramite un sistema informatico con tempistiche molto più prossime al reale accadimento degli eventi, pur in presenza di dati non consolidati.

Comunicazione individuale dei livelli storici di interruzioni e buchi di tensione per i nuovi contratti di fornitura

- 6.13 L'Autorità propone inoltre che i clienti MT che effettuano richiesta di nuovi contratti di fornitura (nuova connessione, anche per immissione, o richiesta di riattivazione di una connessione preesistente) vengano informati in forma scritta, contestualmente alla soluzione di connessione, dei livelli storici su base triennale:
- a) del numero di interruzioni lunghe senza preavviso, brevi e transitorie registrate in un punto di rete MT coincidente (in caso di riattivazione di una connessione preesistente) o prossimo al futuro punto di consegna (in caso di nuova connessione);
 - b) del numero di buchi di tensione registrati in corrispondenza della semisbarra MT cui l'impresa distributtrice prevede afferisca il futuro punto di consegna in schema normale di esercizio (oppure in corrispondenza/prossimità del punto di consegna nel caso dell'opzione #2.C).
- 6.14 I livelli storici costituirebbero infatti un utile riferimento per i clienti riguardo ai disturbi di qualità della tensione che si possono attendere nei periodi a venire, pur tenendo presente la maggiore volatilità intrinseca dei buchi di tensione. La pubblicazione e la trasparenza delle *performance* effettive ed attese della rete è stata recentemente sottolineata da parte della *Task Force Smart Grids* costituita dal direttorato generale Energia della Commissione Europea¹⁸ come un aspetto di straordinaria importanza [*paramount importance*] nello sviluppo delle reti intelligenti per promuovere miglioramenti delle *performance* e per informare gli utenti delle reti.
- 6.15 Sempre guardando ad altre esperienze internazionali, la comunicazione dei livelli storici è uno dei pilastri del modello di regolazione e standardizzazione della qualità della tensione in Sud Africa¹⁹, esperienza che è comunemente riconosciuta essere all'avanguardia nel panorama mondiale.
- 6.16 L'Autorità propone che il livello storico dei buchi di tensione venga comunicato mediante le seguenti informazioni:
- a) tabella di sintesi dei buchi di tensione registrati nel corso dell'anno nel formato descritto dalla norma EN 50160:2010 con evidenza cromatica delle curve 2 e 3 di cui alle norme EN 61000-4-11 e EN 61000-4-34;

¹⁸ EU Commission Task Force for Smart Grids Expert Group 1 (Functionalities of smart grids and smart meters), "Draft Report delivered at the 5th Steering Committee meeting", 22 giugno 2010. Disponibile al link: http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/doc/expert_group1.pdf

¹⁹ Si rimanda alla relativa descrizione nel paragrafo 3.2 dell'Appendice 3 al DCO 40/10 (studio del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano).

- b) numero totale di buchi di tensione più severi rispetto alla classe 2 suddetta;
 - c) numero totale di buchi di tensione più severi rispetto alla classe 3 suddetta;
 - d) una sintetica descrizione della possibilità di stipulare contratti per la qualità.
- 6.17 L’Autorità ritiene che le proposte di comunicazione individuale per le interruzioni possano avere corso a partire dall’inizio del quarto periodo di regolazione (2012). In relazione ai tempi necessari per la realizzazione e la piena disponibilità dei dati per i buchi di tensione (sistema di monitoraggio discusso al capitolo 7 del presente DCO), si ritiene al momento prematuro affrontare le tempistiche di possibile implementazione.

Responsabilizzazione dei clienti a fronte dei buchi di tensione

- 6.18 La principale motivazione delle proposte in questo capitolo è legata alla possibilità che i clienti siano a conoscenza (sia a consuntivo, sia preventivamente) dei più significativi disturbi della qualità della fornitura, dando loro l’opportunità di poter valutare più efficacemente eventuali azioni di immunizzazione dei propri carichi e proprie esigenze riguardo possibili forniture a qualità superiore²⁰.
- 6.19 È inoltre comunemente condiviso che tutti i soggetti coinvolti nel processo di trasmissione, distribuzione e utilizzo finale dell’energia elettrica contribuiscono potenzialmente a provocare disturbi alla tensione di alimentazione.
- 6.20 A tale riguardo, l’Autorità è già intervenuta sia con meccanismi economici sia con iniziative informative al fine di stimolare i clienti finali connessi in media tensione all’adeguamento tecnico dei propri impianti di utenza (si rimanda alla sintetica descrizione delle disposizioni previste dal TIQE ai punti 3.2 e 3.3 del DCO 40/10).
- 6.21 Un altro aspetto importante su cui finora la regolazione non è intervenuta direttamente riguarda l’immunizzazione degli impianti e dei processi produttivi a fronte di buchi di tensione, aspetto peraltro ampiamente trattato sia nella letteratura tecnica, sia nella pratica impiantistica e ingegneristica²¹ e già all’attenzione di alcuni regolatori. In Sud Africa, lo Standard NRS-048 individua la categoria di eventi (Y) particolarmente frequenti e rispetto ai quali è raccomandabile che i consumatori siano immunizzati²². In Europa, tale approccio è stato affrontato dai regolatori nell’ambito del rapporto ERGEG sulla *voltage quality regulation* già richiamato al punto 2.7 del presente DCO ed è attualmente in discussione in Svezia²³.

²⁰ L’interesse dei clienti industriali per gli aspetti di qualità della tensione e l’attenzione all’immunizzazione dei processi è stato recentemente oggetto dell’articolo: R. Di Stefano, R. Calloni, E. Spada, “*Electric Power Quality: l’esperienza di STMicroelectronics in Italia*”, L’Energia Elettrica, numero 5, volume 87, settembre-ottobre 2010, pp. 49-55.

²¹ Si vedano, ad esempio, il sito PQnet sviluppato nell’ambito della RdS ([link: http://powerquality.ricercadisistema.it/index.php](http://powerquality.ricercadisistema.it/index.php)) e il documento preparato congiuntamente da Enel Distribuzione e Confindustria (Nucleo Public Utilities e Gruppo di Lavoro sulla Qualità del Servizio), “Qualità dell’alimentazione elettrica negli impianti industriali”, febbraio 2006, disponibile sul sito di Enel Distribuzione al [link: http://www.enel.it/it-IT/doc/reti/enel_distribuzione/qualita_alimentazione_elettrica.pdf](http://www.enel.it/it-IT/doc/reti/enel_distribuzione/qualita_alimentazione_elettrica.pdf)

²² La curva di responsabilità per il caso del Sud Africa è descritta nel paragrafo 3.1 dell’Appendice 3 al DCO 40/10 (studio del Dipartimento di Ingegneria Gestionale del Politecnico di Milano).

²³ Si veda la presentazione di M. Bollen (*Energy Markets Inspectorate*) al già citato workshop del 29 settembre 2010. [Link: http://www.autorita.energia.it/allegati/seminari/100929_presentazioni.pdf](http://www.autorita.energia.it/allegati/seminari/100929_presentazioni.pdf)

- 6.22 I buchi di tensione sono fenomeni complessi con varie caratteristiche (ad es. il numero di fasi coinvolte, la tensione residua su ciascuna fase, la forma d'onda durante il fenomeno), è comunque condiviso che essi siano misurati secondo la EN 61000-4-30 e descritti ai sensi della EN 50160:2010 mediante la loro durata e la loro tensione residua²⁴. È altrettanto condiviso che buchi di maggiore durata risultino mediamente più severi per la generalità dei clienti (rispetto a buchi di durata inferiore) e che buchi di profondità maggiore – minor tensione residua - risultino mediamente più severi per la generalità dei clienti (rispetto a buchi di minor profondità).
- 6.23 Nell'ambito del già citato processo di cooperazione tra CEER e CENELEC, sono state costituite otto *task force* del gruppo di lavoro WG1 “*Physical characteristics of electrical energy*” del comitato tecnico CENELEC TC8X “*System aspects of electrical energy supply*”. In particolare l'obiettivo della *task force* che ha trattato i buchi di tensione è stato di pervenire ad una classificazione che individuasse nel piano durata/tensione residua una “curva di separazione delle responsabilità” al di sopra della quale le apparecchiature utilizzatrici di energia elettrica possano considerarsi immuni ai buchi di tensione e al di sotto della quale vi possano essere spazi di intervento per il regolatore. Tale curva, da tracciare in coordinamento con gli standard di prodotto, tenta di stabilire quale parte dovrebbe farsi carico delle conseguenze dei buchi di tensione.
- 6.24 La recente revisione della norma EN 50160:2010 specifica che le raccolte di dati relativi ai buchi di tensione a fini statistici (sia relativamente alle reti BT, sia alle reti MT, sia alle reti AT fino a 150 kV) debbano essere effettuate utilizzando il formato descritto nella Tabella 12.

Tabella 12 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione a fini statistici prevista dalla EN 50160:2010

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	CELLA A1	CELLA A2	CELLA A3	CELLA A4	CELLA A5
$80 > u \geq 70$	CELLA B1	CELLA B2	CELLA B3	CELLA B4	CELLA B5
$70 > u \geq 40$	CELLA C1	CELLA C2	CELLA C3	CELLA C4	CELLA C5
$40 > u \geq 5$	CELLA D1	CELLA D2	CELLA D3	CELLA D4	CELLA D5
$5 > u$	CELLA X1	CELLA X2	CELLA X3	CELLA X4	CELLA X5

- 6.25 L'allegato informativo B alla norma EN 50160:2010 fa riferimento alle classi di immunità delle apparecchiature elettriche 2 e 3 definite nelle norme EN 61000-4-11 e EN 61000-4-34.
- 6.26 In particolare, l'allegato B indica che ci si può aspettare che le apparecchiature testate in accordo coi relativi standard di prodotto sopportino i buchi di tensione che sono indicati nelle celle:
- A1, B1, A2, B2 per la classe 2;
 - A1, B1, C1, A2, B2, A3, A4 per la classe 3.

²⁴ International Electrotechnical Commission, IEC Standard 61000-4-30, “*Electromagnetic compatibility (EMC), Part 4: Testing and measurement techniques, Section 30: Power quality measurement techniques*”, 2003.

6.27 Infine, l'allegato B indica che i dati così classificati (come riportato anche nella Tabella 13 con evidenza cromatica dei buchi non severi e dei buchi mediamente severi) *“possono aiutare l'utente a identificare la performance attesa della rete con l'obiettivo di valutare il probabile comportamento delle apparecchiature e che la loro immunità ai buchi deve essere considerata in relazione a questi dati”*.

Tabella 13 – Tabella dei buchi di tensione EN 50160:2010, con evidenza cromatica dei buchi di tensione a cui sono immuni le apparecchiature in classe di immunità 2 (sfondo verde chiaro) e dei buchi a cui sono immuni le apparecchiature in classe di immunità 3 (sfondo verde chiaro e sfondo giallo)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	CELLA A1	CELLA A2	CELLA A3	CELLA A4	CELLA A5
$80 > u \geq 70$	CELLA B1	CELLA B2	CELLA B3	CELLA B4	CELLA B5
$70 > u \geq 40$	CELLA C1	CELLA C2	CELLA C3	CELLA C4	CELLA C5
$40 > u \geq 5$	CELLA D1	CELLA D2	CELLA D3	CELLA D4	CELLA D5
$5 > u$	CELLA X1	CELLA X2	CELLA X3	CELLA X4	CELLA X5

6.28 Per completezza, va detto che esistono varie curve di immunità delle apparecchiature (CBEMA, ITIC, SEMI F47, NRS)²⁵ e che la tendenza di sviluppo dei prodotti è di essere progressivamente meno sensibili ai buchi di tensione.

6.29 L'Autorità ritiene che il concetto di curva di responsabilizzazione dei clienti e delle imprese distributrici possa essere un elemento fondante del futuro trattamento della QT in Italia. Nonostante la succitata presenza di altre curve di riferimento, nel capitolo 8 e nell'Appendice D del presente DCO (a cui si rimanda per la responsabilizzazione delle imprese) si farà principalmente riferimento alle curve 2 e 3, che l'Autorità ritiene di gran lunga preferibili.

Spunti per la consultazione

Q.4 *Si concorda con la proposta dell'Autorità in materia di comunicazione individuale dei buchi di tensione ai clienti MT? Se no, perché? Si ritiene che altre informazioni o modalità possano risultare utili o più efficaci? Quale tempistica per la disponibilità delle informazioni si ritiene più opportuna?*

Q.5 *Si ritiene utile che l'Autorità modifichi gli obblighi di comunicazione tra imprese interconnesse a seguito di interruzioni (lunghe, brevi, transitorie) che interessino reti di più imprese distributrici alla luce di quanto indicato ai punti 6.10, 6.11 e 6.12?*

Q.6 *Si condivide la proposta dell'Autorità in materia di comunicazione individuale dei livelli storici di interruzioni lunghe, brevi e transitorie e di buchi di tensione ai clienti che effettuano richiesta di nuovi contratti di fornitura MT? Se no, perché? Si ritiene che altre informazioni o modalità possano risultare utili o più efficaci? Si*

²⁵ CBEMA: Computer and Business Equipment Manufacturers' Association; ITIC: Information Technology Industry Council; SEMI F47 "Specification for Semiconductor Processing Equipment Voltage Sag Immunità"; NRS è un South African National Standard.

ritiene opportuno che la comunicazione individuale dei livelli storici possa essere estesa ai clienti che effettuano richiesta di nuovi contratti di fornitura BT con potenza superiore a una soglia da definire?

7 Opzioni alternative per il monitoraggio della qualità della tensione sulla rete MT

- 7.1 Già nel DCO 6 aprile 2005, l’Autorità ha indicato che “*la conoscenza della reale entità del problema permetterà di definire nuove iniziative di regolazione, inclusa l’introduzione di obblighi di misurazione della qualità della tensione in capo alle imprese distributrici*” e che “*l’Autorità intende inoltre valutare nuovi obblighi di misurazione di QT in capo alle imprese distributrici che potranno essere introdotti successivamente alla fase di monitoraggio*”.
- 7.2 L’Autorità ritiene che tale proposta di intervento sia la più rilevante nel contesto delle nuove iniziative relative alla QT e debba perciò essere attentamente analizzata sia in termini di costi e benefici, sia in termini di analisi di impatto della regolazione.
- 7.3 I costi e benefici attesi sono trattati nel seguito. Per la valutazione preliminare AIR, sono considerate tre opzioni (oltre al caso di nessuna modifica):
- opzione AIR #2.0 (opzione nulla):** mantenere il sistema di monitoraggio MT sostanzialmente nell’attuale configurazione: monitoraggio di circa 400 semisbarre MT statisticamente rappresentative e ulteriori 200 siti su iniziativa sia di clienti MT sia di imprese distributrici;
 - opzione AIR #2.A:** sospendere il monitoraggio QuEEN delle reti di media tensione al termine del 2011;
 - opzione AIR #2.B:** effettuare un monitoraggio esteso a tutte le semisbarre MT di CP;
 - opzione AIR #2.C:** effettuare un monitoraggio esteso a tutti i punti di consegna MT.

Tabella 14 – Opzioni di regolazione relative al monitoraggio della qualità della tensione sulla rete di media tensione

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Opzione di regolazione	Valutazione complessiva
Tutelare e informare gli utenti MT e BT rispetto a problematiche di qualità della tensione, tenendo presente la sostenibilità degli interventi	Opzione #2.0 (<i>opzione nulla</i>): mantenere il sistema di monitoraggio QuEEN sostanzialmente nell’attuale configurazione: monitoraggio di circa 400 semisbarre MT statisticamente rappresentative e ulteriori 200 siti su iniziativa sia di clienti MT sia di imprese distributrici	Medio
	Opzione #2.A: sospendere il monitoraggio QuEEN delle reti di media tensione al termine del 2011	Medio-basso
	Opzione #2.B: effettuare un monitoraggio esteso a tutte le semisbarre MT di CP	Medio-alto
	Opzione #2.C: effettuare un monitoraggio esteso a tutti i punti di consegna MT	Medio-basso

- 7.4 L'Autorità ritiene che l'opzione #2.B di introdurre obblighi di misurazione della QT, in linea di principio, debba essere posta in capo a tutte le imprese distributrici che siano proprietarie di almeno una semisbarra MT di CP, come identificata al punto 6.4 del presente DCO. L'Autorità ritiene che l'opzione #2.C di introdurre obblighi di misurazione della QT, in linea di principio, debba essere posta in capo a tutte le imprese distributrici che abbiano almeno un punto di consegna MT a un cliente finale. Motivazione di principio è che tutti i clienti finali possano beneficiare, senza discriminazioni, degli effetti attesi di tale intervento. Entrambe le opzioni #2.B e #2.C prevedono la prosecuzione del monitoraggio QuEEN, ma con scopi e connotati differenti, rispetto al caso dell'opzione #2.0, come illustrato al capitolo 10 del presente DCO.
- 7.5 Relativamente ai costi delle opzioni #2.B e #2.C, la realizzazione di un progetto dimostrativo su larga scala quale il sistema di monitoraggio QuEEN (10% delle reti MT) costituisce un riferimento certo e significativo. Pur essendo difficile valutare le economie e le eventuali diseconomie di scala, l'Autorità ritiene che il costo di acquisizione e di installazione delle apparecchiature di misura (riferito al singolo strumento e sito) del progetto dimostrativo non possa essere superiore a quello dell'eventuale monitoraggio esteso.
- 7.6 Tali costi sono stati pubblicati dall'Autorità²⁶ per i clienti che intendevano partecipare alla campagna di monitoraggio e sono i seguenti, riferiti a moneta dell'anno 2005:
- a) strumento di rilevazione della QT: 2.192 € (prezzo comprensivo di: strumento di misura, GPS+antenna, GSM+antenna contenuto in un armadietto metallico; coppia di pinze amperometriche; licenza *software*; spedizione presso l'indirizzo indicato dal cliente, garanzia di 2 anni);
 - b) prezzo per l'installazione dello strumento (inclusi gli eventuali interventi di assistenza post-installazione per due anni) nei locali di consegna dell'impresa distributtrice da parte dell'impresa distributtrice stessa: 500 €
- 7.7 Per l'opzione #2.B, facendo riferimento per semplicità ad un costo di 3.000 € (moneta corrente) e a 4.000 semisbarre MT, nell'ipotesi pessimistica di nessuna sinergia con la campagna di monitoraggio QuEEN e con investimenti già effettuati dalle imprese distributtrici e nessuna economia di scala, il limite massimo per il costo di investimento iniziale può essere quantificato in 12 milioni di Euro.
- 7.8 Per l'opzione #2.C, facendo riferimento per semplicità ad un costo di 3.000 € (moneta corrente) e a 100.000 punti di consegna MT, nell'ipotesi pessimistica di nessuna sinergia con la campagna di monitoraggio QuEEN e con investimenti già effettuati dalle imprese distributtrici e nessuna economia di scala, il limite massimo per il costo di investimento iniziale può essere quantificato in 300 milioni di Euro.
- 7.9 Venendo ad altri costi ed in particolare ai costi operativi, il rapporto di RSE, presentato nell'Appendice D al presente DCO, fornisce utili informazioni riguardanti i costi del sistema di monitoraggio QuEEN nel periodo 2006-2009, che possono costituire quantomeno un riferimento per l'ordine di grandezza di tali costi, riferibili a 600 AdM:

²⁶ Autorità per l'energia elettrica e il gas – Direzione consumatori e qualità del servizio, Comunicato “Condizioni economiche e procedurali per la partecipazione dei clienti alla campagna di monitoraggio della qualità della tensione sulle reti di distribuzione in media tensione”, 30 settembre 2005. Disponibile al [link: http://www.autorita.energia.it/comunicati/05/monitoraggio_mt.htm](http://www.autorita.energia.it/comunicati/05/monitoraggio_mt.htm)

- a) costi per realizzazione del sistema centrale, di trattamento dei dati e di rendicontazione/*reporting*, operatività e aggiornamento del sistema centrale: circa 25% del costo totale degli strumenti di rilevazione della QT;
 - b) costi attualizzati per trasmissione dei dati dalle apparecchiature di misura al sistema centrale: circa 25% del costo totale degli strumenti di rilevazione della QT;
 - c) costi per manutenzione e riparazione delle apparecchiature di misura e interventi sull'hardware del sistema centrale: circa 15% del costo totale degli strumenti di rilevazione della QT.
- 7.10 Il costo attualizzato totale delle suddette voci per il sistema di monitoraggio QuEEN è quindi nell'ordine di 600.000 Euro nel quadriennio 2006-2009, pari a circa 150.000 Euro all'anno.
- 7.11 Si ritiene che il costo operativo possa essere nell'ordine di 1 milione di Euro all'anno per il sistema di monitoraggio esteso a tutte le semisbarre MT (opzione #2.B) e, salvo probabili economie di scala, dell'ordine di 25 milioni di Euro all'anno per il sistema di monitoraggio esteso a tutti i punti di consegna MT²⁷.
- 7.12 La valutazione dei benefici associati alle opzioni #2.B e #2.C rimane complessa poiché se da un lato potrebbero essere stimati i costi di sistema evitati grazie ad una "azione", dall'altro non è invece possibile stimare quante azioni e modifiche comportamentali dei clienti e delle imprese distributrici sarebbero indotte dalla sola disponibilità di informazioni puntuali. Sono di seguito presentate valutazioni qualitative recentemente effettuate in ambito europeo.
- 7.13 Eurelectric, l'associazione europea degli operatori del settore elettrico, ivi inclusi gli operatori di distribuzione, ha recentemente pubblicato un rapporto²⁸ che individua i seguenti benefici del monitoraggio della QT:
- a) permettere il monitoraggio dei trend dei parametri di QT nel corso del tempo;
 - b) vigilare sul rispetto degli standard di QT nelle varie zone della rete;
 - c) monitorare la qualità della tensione ai punti di consegna ai clienti finali in corrispondenza dei quali è stipulato un contratto per la qualità tra l'impresa distributrice e il cliente finale;
 - d) effettuare un controllo incrociato tra i reclami degli utenti per disturbi di QT (sulle reti monitorate) e le misure effettive dei parametri di QT.
- 7.14 Nello stesso rapporto, Eurelectric ha sottolineato che *"è importante che i dati di QT relativi ai buchi di tensione ed altri disturbi siano disponibili alle imprese distributrici e ai clienti in modo che si possono implementare appropriate misure di mitigazione"* e che *"uno schema di regolazione incentivante basata sul numero e sulla severità degli eventi di QT non è appropriato. A differenza delle interruzioni che hanno impatto su tutti i clienti, i buchi di tensione hanno un impatto effettivo su un piccolo numero di clienti. Incentivi economici ai DSO (Distribution System Operators, imprese distributrici) per ridurre il numero o la severità dei buchi di*

²⁷ Tale valutazione è fatta con grande approssimazione (e sovrastimata), per la riduzione dei costi specifici per punto di misura del sistema centrale al crescere del numero dei punti di misura e per possibili differenti scelte del sistema di trasmissione dei dati (GSM nel caso del sistema QuEEN).

²⁸ EURELECTRIC (Union of the Electricity Industry-EURELECTRIC), *Task Force Power Quality Monitoring* (K. Niall, J. L. Gutierrez Iglesias, S. Motejzik, M. Ondrejko, M. Schocke, G. Valtorta), *"Power Quality Monitoring, EURELECTRIC Views - A EURELECTRIC comments paper"*, Novembre 2009. Disponibile al link: <http://www2.eurelectric.org/content/default.asp?PageID=627>

tensione sarebbero probabilmente inefficaci e aumenterebbero il profilo di rischio per [le performance tecnico/economiche de] i DSO”.

- 7.15 CEER ed Eurelectric hanno organizzato congiuntamente un *workshop* sul monitoraggio della qualità della tensione il 18 novembre 2009. Le conclusioni tratte dal CEER²⁹ hanno fra l’altro sottolineato che “*le nazioni dovrebbero monitorare la qualità della tensione continuamente e pubblicare i risultati con regolarità quando è ritenuto opportuno*” e che “*alcune esperienze mostrano che il monitoraggio in tutte le sottostazioni AT/MT è economicamente fattibile [affordable]”.*
- 7.16 Durante il *workshop* rappresentanti del regolatore francese (CRE) e di ERDF (*Electricité Réseau Distribution France*) hanno sottolineato che il sistema di *Voltage quality monitoring* di ERDF (impresa che distribuisce energia a circa il 95% dei clienti francesi) che nel 2009 monitorava il 50% delle semisbarre MT delle cabine AT/MT, sarà esteso a tutte le semisbarre³⁰.
- 7.17 Con riferimento al criterio di efficacia (cioè la capacità dell’opzione stessa di raggiungere gli obiettivi individuati), l’opzione #2.0 appare piuttosto inefficace dal momento che fornisce informazioni aggregate utili come riferimento generale ma non personalizzate per i clienti interessati (mentre fornisce la completa informazione a un insieme limitato di clienti che aderiscono alla campagna di monitoraggio); l’opzione #2.A appare ancor più inefficace, poiché non fornirebbe più alcun riferimento ai clienti finali, infine le opzioni #2.B e #2.C appaiono più efficaci perché permetterebbero la realizzazione di quanto prospettato nel capitolo 6 del presente DCO.
- 7.18 Con riferimento al criterio di efficienza (cioè la massimizzazione del rapporto tra risultati ottenuti e risorse impiegate), l’opzione #2.0 sembra determinare alcuni risultati positivi, ma non pari ai risultati ottenibili dall’opzione #2.B che offrirebbe un maggior ventaglio di risultati personalizzati per il cliente MT (a parità di costo per specifico punto di misura). L’opzione #2.C appare meno efficiente dell’opzione #2.B perché potrebbero localizzarsi numerose apparecchiature di misura in punti della rete elettricamente molto vicini l’uno all’altro. Banalmente, l’opzione #2.A è efficiente dal momento che sostanzialmente non richiederebbe l’impiego di risorse.
- 7.19 Con riferimento al criterio di concordanza (cioè la minimizzazione dei *trade-off* presenti tra diversi obiettivi), nessuna opzione raggiunge risultati ottimali: è infatti difficile ottenere risultati in termini di tutela ed informazione degli utenti senza alcun impatto tariffario. Si ritiene comunque che l’opzione #2.0 e l’opzione #2.B permettano un discreto *trade-off* rispetto alla sostenibilità economica degli interventi; mentre nel caso dell’opzione #2.A tale punto di convergenza è troppo sbilanciato verso la riduzione dei costi e non consente di raggiungere gli altri obiettivi dell’intervento. Al contrario, nel caso dell’opzione #2.C vi sarebbe un eccessivo aumento dei costi.

²⁹ J. Esteves, “*Closing and concluding remarks from the CEER point of view*”, CEER-Eurelectric workshop on voltage quality monitoring, 18 novembre 2009. Disponibile al link: http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_WORKSHOP/CEER-ERGEG%20EVENTS/Electricity/Voltage%20Quality%20Monitoring%20Workshop%202009

³⁰ A. Scoffoni – J Gauthier, “*Voltage quality monitoring*”, CEER-Eurelectric workshop on voltage quality monitoring, 18 novembre 2009.

- 7.20 Con riferimento al criterio di semplicità amministrativa (cioè la capacità di un'opzione di minimizzare le attività amministrative degli operatori nonché le attività di vigilanza e controllo che devono essere eseguite in relazione a ciascuna opzione), l'opzione #2.0 che costituisce una prosecuzione dello *status quo* appare piuttosto semplice. L'opzione #2.A è pure di semplice realizzazione, visto che comporterebbe solo la dismissione del sistema di monitoraggio. Le opzioni #2.B e #2.C determinerebbero invece significativi sforzi implementativi (principalmente dal punto di vista tecnico), in particolare per le imprese distributrici di piccole dimensioni; inoltre esse danno luogo alle necessità di valutazioni sulla tracciabilità e veridicità dei dati del sistema di monitoraggio. Per questi due aspetti si rimanda al punto 7.25 del presente DCO ed al capitolo 10 relativo al ruolo della ricerca.
- 7.21 Con riferimento al criterio di tempestività (cioè la distribuzione temporale degli effetti dell'opzione e, dunque, della sua efficacia), l'opzione #2.0 appare piuttosto inefficace dal momento che - senza nessuna azione - non fornirebbe con il passare del tempo risultati con notevole valore aggiunto rispetto a quelli già ottenuti con l'attuale sistema di monitoraggio. Le evoluzioni prospettate al capitolo 10 del presente DCO consentirebbero però di ottenere nuovi risultati e migliorano il giudizio su questo criterio. L'opzione #2.A addirittura tenderebbe ad azzerare i risultati finora ottenuti col passare del tempo. L'opzione #2.B seppur non di immediata realizzazione consentirebbe nel volgere di qualche anno di dispiegare i propri risultati a beneficio dei clienti finali. L'opzione #2.C sembrerebbe richiedere tempi di realizzazione troppo lunghi e certamente superiori a quelli previsti per l'opzione #2.B.
- 7.22 La valutazione complessiva evidenzia preliminarmente una preferenza per l'opzione di regolazione #2.B, come sintetizzato nella Tabella 15.

Tabella 15 – Valutazione AIR delle opzioni relative all'ipotesi di regolazione #2

Criteri di valutazione	Opzione #2.0	Opzione #2.A	Opzione #2.B	Opzione #2.C
Criterio 1: Efficacia	Medio	Basso	Alto	Alto
Criterio 2: Efficienza	Medio	Alto	Alto	Medio
Criterio 3: Concordanza	Medio	Basso	Medio	Basso
Criterio 4: Semplicità	Alto	Alto	Basso	Basso
Criterio 5: Tempestività	Medio	Basso	Medio	Basso
Criterio 6: Costi	Circa 0,15 M€anno	Trascurabili	<= 12 M€+ <= 1 M€anno	<= 300 M€+ <= 25 M€anno
Criterio 7: Benefici	Limitati	Trascurabili	Notevoli	Massimi
Valutazione complessiva	Medio	Medio-basso	Medio-alto	Medio-basso

- 7.23 L'Autorità ritiene che, in caso di preferenza finale per l'opzione #2.B, gli obblighi in capo alle imprese distributrici possano essere cadenzati temporalmente a partire dalle imprese distributrici di maggiori dimensioni, interessando successivamente in modo progressivo le imprese distributrici di minori dimensioni. Il tempo totale per l'adempimento dell'obbligo è prospettato in tre anni a partire dal 2012.

- 7.24 In relazione al possibile aumento della quota di CTS (corrispettivo tariffario specifico, versato dai clienti MT) trattenuta dalle imprese distributrici, già prospettato nel punto 5.15 del DCO 40/10, l’Autorità ritiene che tale aumento, in forma forfetaria, oppure con una ulteriore quota da definire, possa coprire parte dei costi correlati all’approvvigionamento delle apparecchiature di misura. Tali investimenti dovrebbero essere rendicontati separatamente e non sarebbero riconosciuti ai fini della remunerazione tariffaria.
- 7.25 L’Autorità auspica che siano proposte dagli operatori e successivamente individuate soluzioni implementative di tipo associativo o consorziale, a vantaggio tecnico ed economico delle imprese distributrici di minori dimensioni in caso di scelta delle opzioni #2.B o #2.C. In questi stessi casi, si rimanda al capitolo 10 del presente DCO per la discussione delle possibili evoluzioni dell’attuale sistema di monitoraggio QuEEN.
- 7.26 Nel punto 3.8 del presente DCO si è già fatto riferimento al processo di partecipazione aggregata delle imprese distributrici al piano di monitoraggio della qualità della tensione sulla rete AT e alla positiva esperienza di cooperazione. Si auspica che iniziative analoghe possano essere intraprese in questo caso.
- 7.27 Come illustrato più diffusamente al punto 10.4 e nell’Appendice D al presente DCO, un aspetto importante da approfondire, su campioni rappresentativi per numero e per durata del monitoraggio, è la provenienza dei buchi di tensione, differenziando l’origine tra rete in alta tensione (rete di trasmissione) e rete di distribuzione in media tensione.
- 7.28 Un primo intervento è l’eliminazione del disallineamento temporale³¹ tra le apparecchiature di misura del sistema di QuEEN, quelle del sistema MONIQUE e quelle eventualmente messe in servizio dalle imprese distributrici. Una successiva azione potrebbe basarsi sull’analisi di utilizzabilità di informazioni provenienti dai sistemi SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) o da altri apparati dell’impresa di trasmissione e delle imprese di distribuzione, tenendo comunque presente che le analisi finora effettuate basate su segnali provenienti dalle protezioni distanziometriche installate in cabina primaria lato AT, registrati anche dallo strumento di rilevazione, sembrano essere scarsamente affidabili (si veda anche il capitolo 4.3 del rapporto RSE in Appendice D). Infine, nel caso di realizzazione del sistema di monitoraggio esteso sulla rete MT, potrebbe essere data priorità temporale all’installazione di apparecchiature di misura su entrambe le semisbarre MT della stessa CP, in modo da poter verificare la presenza di buchi di tensione contemporanei e con caratteristiche simili di durata e profondità.
- 7.29 Oltre che per l’informazione individuale ai clienti, la realizzazione del sistema di monitoraggio esteso aprirebbe nuove possibilità in materia di monitoraggio delle *performance* delle imprese distributrici in materia di qualità della tensione, che sono descritte (per ora con *focus* sui buchi di tensione) nel capitolo 8 del presente DCO.

³¹ Al riguardo, si vedano le conclusioni dell’articolo: E. Cima, C. Sabelli, E. De Berardinis, “Qualità della tensione sulla rete AT”, L’Energia Elettrica, anno 2010, n. 2, marzo-aprile 2010, pp. 9-26. Per una migliore comprensione di quanto qui descritto, si veda anche la figura 6 dello stesso articolo relativa all’attenuato trasferimento di buchi di tensione di origine MT verso le reti AT.

Spunti per la consultazione

- Q.7** *Si condividono le valutazioni espresse in merito al sistema di monitoraggio esteso? Se no, per quali motivi? Ci sono altre opzioni che non sono state considerate?*
- Q.8** *Quali sinergie con l'attuale sistema di monitoraggio QuEEN si ritengono opportune? Tenuto conto della scadenza prospettata al punto 7.23, quale gradualità si ritiene opportuna, anche in relazione alla auspicata cooperazione tra le imprese distributrici?*
- Q.9** *Si ritiene che l'eventuale realizzazione del sistema di monitoraggio esteso debba inizialmente interessare le regioni e le zone caratterizzate da peggior qualità della tensione?*
- Q.10** *Quali interventi e azioni si ritiene possono essere utili e più efficaci di quelle delineate al punto 7.28 per individuare la provenienza dei buchi di tensione?*

8 Proposte di monitoraggio della *performance* di rete relativa ai buchi di tensione

8.1 In questo capitolo vengono formulate proposte relative al monitoraggio, alla comunicazione all'Autorità e alla pubblicazione aggregata di dati relativi ai buchi di tensione, come sintetizzato nella Tabella 16, nell'ipotesi che l'opzione preferita sia la #2.B o la #2.C, o loro eventuali varianti.

Tabella 16 - Proposte di regolazione in materia di monitoraggio delle *performance* di rete in materia di buchi di tensione

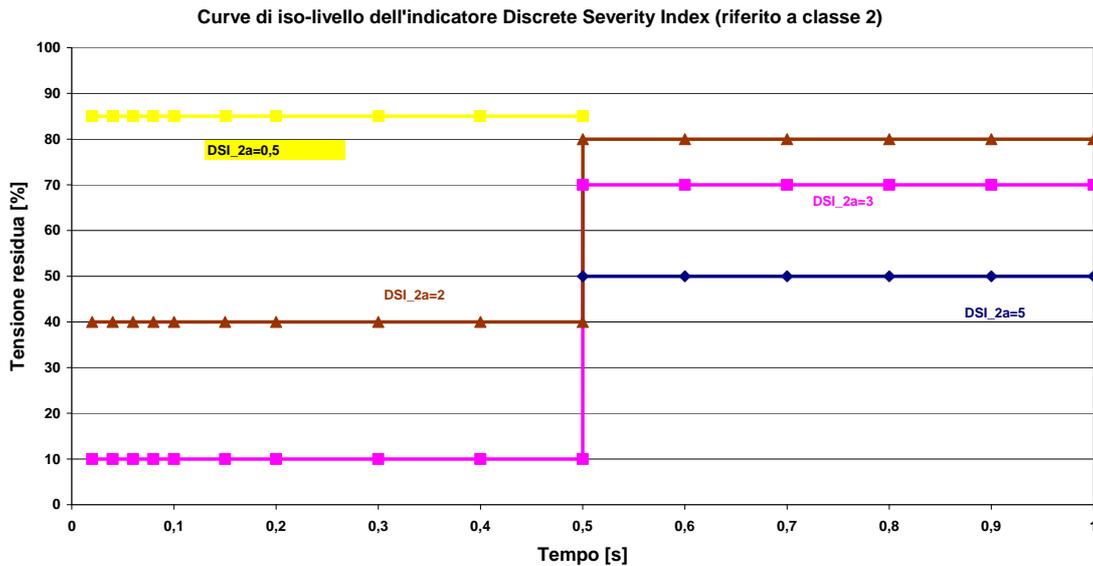
Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Monitorare l'andamento nel tempo dei più importanti parametri di qualità della tensione, anche nella prospettiva di avere disponibile una solida base di misure per possibili sviluppi della regolazione e per favorire lo sviluppo di contratti per la qualità	Definizione di indicatori sintetici per il monitoraggio della <i>performance</i> di rete in materia di buchi di tensione Responsabilizzazione delle imprese distributrici in merito ai buchi di tensione più severi Pubblicazione periodica di indicatori sintetici su base nazionale e locale (regione/provincia/cabina primaria) relativi ai buchi di tensione Pubblicazione comparativa di indicatori sintetici relativi ai buchi di tensione sulle reti MT delle principali imprese distributrici	N/A

8.2 Nel DCO 6 aprile 2005 l'Autorità aveva indicato l'obiettivo di utilizzare le rilevazioni dei singoli punti di misura per valutare la possibilità di individuare indicatori aggregati significativi che tengano conto delle caratteristiche della rete di distribuzione.

- 8.3 Gli scopi di monitoraggio del trend storico delle prestazioni della rete e di possibile confronto dei buchi di tensione su base locale, come indicato più diffusamente nell'Appendice D, possono essere perseguiti efficacemente mediante la valutazione di indicatori sintetici. Sarebbe infatti difficoltoso comparare tabelle in formato matriciale di 25 valori, mentre indicatori in formato scalare sarebbero immediatamente confrontabili, anche in relazione ad eventuali graduatorie comparative. A questo riguardo, le tabelle per i buchi di tensione occorsi in ciascuna regione nel 2009 sono presentate nell'Appendice C del presente DCO.
- 8.4 Numerosi indicatori sintetici sono stati discussi nella letteratura scientifica, anche in ottica di una loro standardizzazione³².
- 8.5 Potenziali indicatori sintetici per i buchi di tensione sono proposti e descritti nell'Appendice D del presente DCO ("indicatori di sistema"):
- numero di buchi di tensione (N), numero di buchi di tensione che cadono al di sotto delle curve di immunità di classe 2 (N2a), numero di buchi di tensione che cadono al di sotto delle curve di immunità di classe 3 (N3b);
 - Discrete Severity Index* (DSI) - chiamato anche PQI (Power Quality Index) nella letteratura scientifica - indicatore che valuta la tensione residua dell'evento rispetto ad una curva di immunità;
 - Missing Voltage Time* (MVT), indicatore che moltiplica la mancanza di tensione per la durata dell'evento e relativo solo ai buchi di tensione di durata inferiore ad un secondo;
 - Missing Voltage Time Area* (MVTA): indicatore di conteggio degli eventi severi, relativo solo ai buchi di tensione di durata inferiore ad un secondo.
- 8.6 Gli indicatori di sito N, N2a, N3b sono calcolabili mediante il conteggio dei valori nelle celle della tabella EN 50160:2010. Facendo riferimento alla Tabella 13 presentata nel capitolo 6 del presente DCO, si sommano i valori dei buchi contenuti nelle 25 celle per ottenere l'indicatore N; i valori contenuti nelle 21 celle bianche e gialle per ottenere l'indicatore N2a, i valori contenuti nelle 18 celle bianche per ottenere l'indicatore N3b.
- 8.7 L'indicatore di evento *Discrete Severity Index* esprime il rapporto tra la profondità del buco di tensione e la profondità ritenuta accettabile (a parità di durata) da una curva di riferimento. La formulazione matematica dell'indicatore ed una esemplificazione delle modalità di calcolo sono riportate nel paragrafo 4.1.2 del rapporto RSE. La Figura 2 visualizza graficamente alcune curve di iso-livello dell'indicatore DSI_2a: in particolare, i buchi di tensione che cadono sulla curva viola (ad esempio, un buco con durata inferiore a 500 ms e tensione residua 10%) hanno DSI_2a=3.

³² Ad esempio, nei rapporti: Cigré Working Group C4.07, "Power quality indices and objectives", ottobre 2004, Cigré brochure 261; Cigré Task Force C4.102, "Voltage dip evaluation and prediction tools", febbraio 2009, Cigré brochure 372; Cigré Working Group C4.07, "Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations", febbraio 2010, Cigré brochure 412 (<http://www.e-cigre.org/>); IEEE P1564, "Recommended Practice for the Establishment of Voltage Dip Indices", Drafts 01-13, 2002-2010 (<http://grouper.ieee.org/groups/sag/drafts.html>); EPRI, "Security, Quality, Reliability, and Availability: Metrics Definition: Progress Report", Technical Update Report 1008568, Marzo 2005 (<http://my.epri.com/>).

Figura 2 - Curve di iso-livello dell'indicatore DSI_2a (elaborazione degli Uffici dell'Autorità)



- 8.8 L'indicatore di evento *Missing Voltage Time* esprime il prodotto della durata del buco di tensione per la sua profondità. La formulazione matematica dell'indicatore ed una esemplificazione delle modalità di calcolo sono riportate nel paragrafo 4.1.2 del rapporto RSE. Lo stesso indice MVT può essere calcolato in riferimento alle curve di immunità, si definiscono così gli indicatori MVT2 (con riferimento alla classe 2) e MVT3 (con riferimento alla classe 3), che assumono valore nullo se il buco di tensione appartiene alla zona immune evidenziata dalle celle colorate della tabella EN 50160:2010.
- 8.9 L'indicatore di evento *Missing Voltage Time* risponde principalmente all'esigenza di "smussare" i gradini delle curve di immunità, evitando discontinuità nella definizione di un indicatore sintetico³³. La Figura 3 visualizza graficamente alcune curve di iso-livello dell'indicatore MVT: in particolare, i buchi di tensione che cadono sulla curva azzurra (ad esempio, un buco con durata 200 ms e tensione residua 50%) hanno MVT=0,1.
- 8.10 L'indicatore di evento *Missing Voltage Time Area* esprime in modo binario (1: evento severo, 0: evento non severo) la severità di un buco di tensione riferita al prodotto della durata del buco di tensione per la sua profondità e ad una curva di riferimento. La formulazione matematica dell'indicatore ed una esemplificazione delle modalità di calcolo sono riportate nel paragrafo 4.1.2 del rapporto RSE. L'indicatore può essere espresso come MVTA_2 se fa riferimento alla classe 2 e MVTA_3 se fa riferimento alla classe 3.
- 8.11 L'indicatore *Missing Voltage Time Area* (sia MVTA_2, sia MVTA_3) conta i buchi più severi rispetto a quelli contati dall'indicatore N3b (oltre all'esclusione dei buchi

³³ Tale effetto di smussamento di una curva di immunità a gradini era già proposto ad esempio mediante l'indicatore sintetico CBEMA Number illustrato anche in: C. Herath, V. Gosbell, S. Perera, "MV distribution voltage sag limits for network reporting" Conferenza Aupec 2003, Settembre 2003, Christchurch, New Zealand, Paper 101. <http://www.itee.uq.edu.au/~aupec/aupec03/papers/101%20Herath%20full%20paper.pdf>

di durata non superiore ad un secondo). La curva di limitazione dell'indicatore MVTA_3 è riportata nella Figura 4.

Figura 3 - Curve di iso-livello dell'indicatore MVT (elaborazione degli Uffici dell'Autorità)

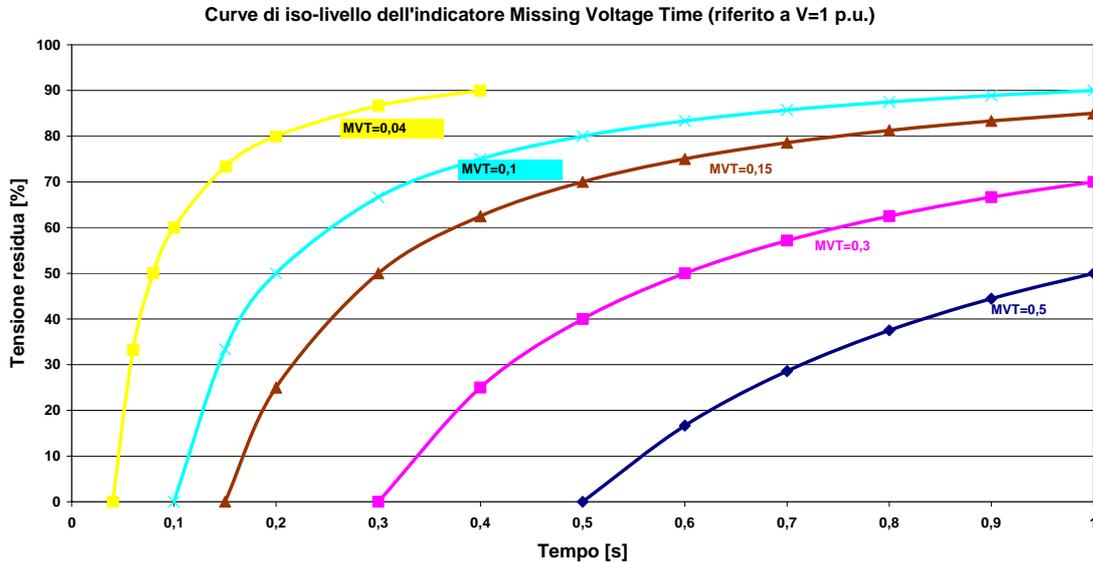
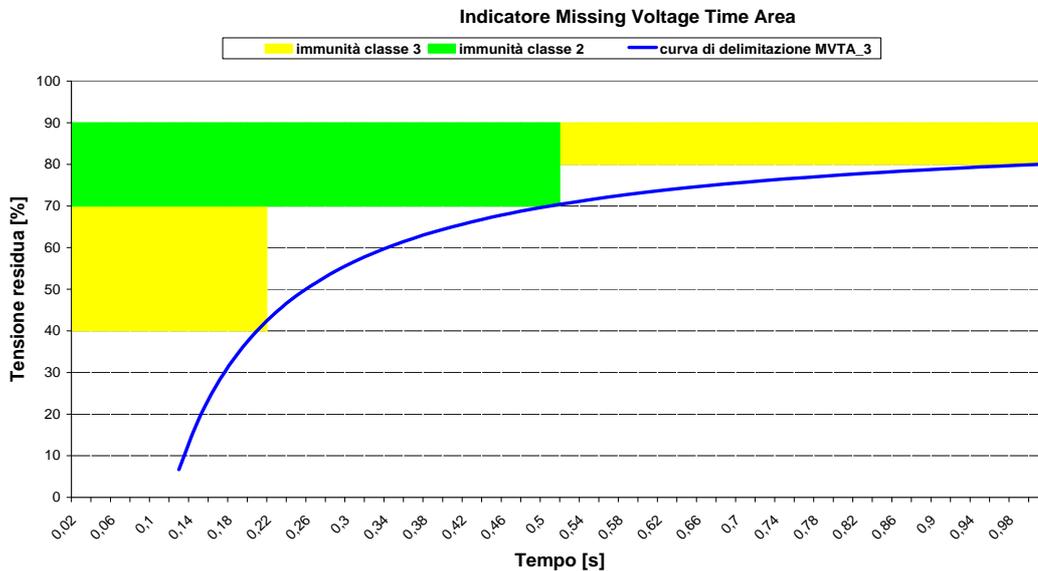


Figura 4 - Curva di delimitazione dei buchi di tensione contati dall'indicatore MVTA_3: i buchi sotto la curva blu sono contati con valore 1 (elaborazione degli Uffici dell'Autorità)



- 8.12 Gli indicatori di sito DSI_2a, DSI_3b, MVT, MVT2, MVT3, MVTA_2, MVTA_3 sono ottenuti come somma degli indicatori di ogni evento che ha interessato il sito durante l'anno (o il periodo) di riferimento.
- 8.13 Gli indicatori di sistema N, N2a, N3b, DSI_2a, DSI_3b, MVT, MVT2, MVT3, MVTA_2, MVTA_3 sono ottenuti come media aritmetica dei rispettivi indicatori di

sito durante l'anno (o il periodo) di riferimento e sono perciò da considerarsi come media per punto di misura.

- 8.14 L'Autorità intende valutare grazie al processo di consultazione un sottoinsieme di indicatori da utilizzare per il monitoraggio e successivamente pervenire alla scelta di un solo indicatore sintetico per eventuali sviluppi della regolazione. La scelta dell'indicatore dovrà però tener conto di molteplici aspetti. Nel recente *position paper* sulle *smart grids*, i regolatori europei hanno sottolineato che “la regolazione degli output di rete, sia mediante incentivi, sia tramite requisiti minimi, richiede la definizione ex ante degli obiettivi e degli indicatori di performance. Regole di misura chiare e trasparenti sono molto importanti per rendere possibile l'osservazione, la quantificazione e la verifica dei target. I target di performance devono essere strettamente correlati agli obiettivi perseguiti e dovrebbero perciò essere depurati da effetti esterni fuori dal controllo degli operatori di rete”³⁴. Tale principio ha riscosso ampio consenso tra gli operatori e gli altri soggetti interessati.
- 8.15 Nel caso dei buchi di tensione non è però facile implementare questo principio in pratica. Un importante effetto esterno (scarsamente controllabile dagli operatori di rete) è l'effettiva immunizzazione dei clienti o, in termini semplificati, la “curva di immunità”. E, più in generale, non è immediato definire l'obiettivo di una eventuale regolazione, che potrebbe essere compreso tra i seguenti estremi:
- a) migliorare o almeno non peggiorare la *performance* in materia di buchi di tensione a livello di rete (obiettivo che non risentirebbe di nessun “effetto esterno”, ma sarebbe distante dagli effetti finali di costo per i clienti);
 - b) ridurre il numero di buchi di tensione che causano problemi al singolo utente (obiettivo che risentirebbe fortemente di “effetti esterni”).
- 8.16 L'individuazione di un obiettivo (e dell'indicatore) dovrebbe inoltre tener conto dei possibili interventi da parte dell'impresa distributrice: si ritiene che essi potrebbero avere effetto principalmente sulla numerosità degli eventi (realizzazione di cabine primarie, interrimento di linee aeree MT) e sulla durata degli eventi (tempi di intervento delle protezioni), mentre la profondità del buco è un parametro scarsamente controllabile. Inoltre, gli effetti di un intervento possono essere contrastanti: in generale, la realizzazione di una nuova cabina primaria con conseguente riduzione delle lunghezze delle linee MT determinerebbe da un lato la riduzione del numero di eventi, ma dall'altro l'aumento della profondità media dei buchi di tensione.
- 8.17 La presenza di un meccanismo di “soglia” (quale la curva di immunità) nel calcolo dell'indicatore ha un potenziale limite perché tenderebbe ad impedire ulteriori miglioramenti di *performance* dopo il superamento della soglia stessa. Una considerazione simile vale per la presenza di elementi di discontinuità nelle curve di immunità (discontinuità che sono necessarie ai fini della realizzazione pratica dei test, ma ovviamente non riflettono la natura “continua” dei fenomeni). D'altro canto, potrebbe essere invece utile una soglia di durata limitata ad un secondo, poiché, come già detto al punto 4.19 del presente DCO, altri meccanismi di regolazione della qualità del servizio già trattano i disturbi di durata superiore ad un secondo.

³⁴ La frase è tradotta testualmente dal rapporto: ERGEG, “*Position Paper on Smart Grids - An ERGEG Public Consultation Paper*”, Ref: E09-EQS-30-04, 10 dicembre 2009, disponibile al sito internet dei regolatori europei, link : <http://www.energy-regulators.eu> . Allo stesso link è disponibile anche il “*conclusions paper*”.

8.18 Tutto ciò premesso, si valutano sinteticamente nella Tabella 17 svantaggi e vantaggi potenzialmente correlati all'utilizzo dei diversi indicatori.

Tabella 17 – Vantaggi e svantaggi degli indicatori sintetici proposti nel presente DCO

Indicatore/i	Vantaggi	Svantaggi
N	Semplicità e immediatezza (conteggio) Non ha elementi di discontinuità	Non tiene conto di durata / profondità
N2a / N3b	Semplicità e immediatezza (conteggio) Tiene conto della severità	Ha elementi di discontinuità (soglie)
DSI_2a / DSI_3b	Tiene conto della severità (profondità)	Maggior complessità di calcolo Non tiene conto della durata Ha elementi di discontinuità (soglie)
MVT	Non ha elementi di discontinuità Tiene conto di durata / profondità	Maggior complessità di calcolo Non tiene conto della severità
MVT2 / MVT3	Tiene conto della severità Tiene conto di durata / profondità	Maggior complessità di calcolo Ha elementi di discontinuità (soglie)
MVTA_2 / MVTA_3	Tiene conto della severità Tiene conto di durata / profondità	Maggior complessità di calcolo

8.19 I dati relativi agli indicatori N, N2a, N3b, DSI_2a, DSI_3b, MVT, MVT2, MVT3, MVTA_2, MVTA_3 per l'anno 2009, disaggregati su base regionale, sono presentati nella Tabella 18, che è indicata per valore crescente dell'indicatore N2a. Viene inoltre riportata la Tabella 19 di "ranking" delle regioni italiane, riferita agli stessi indicatori.

Tabella 18 – Numero di apparecchiature di misura per regione e valori medi regionali e nazionale dei dieci indicatori sintetici proposti nel presente DCO per l'anno 2009 (elaborazione degli uffici dell'Autorità e di RSE)

Regione	AdM	N	N2a	N3b	DSI_2a	DSI_3b	MVT	MVT2	MVT3	MVTA_2	MVTA_3
Emilia R.	23	36,94	12,97	3,71	36,41	19,58	1,18	0,79	0,46	1,53	1,35
Lombardia	65	43,94	15,98	4,93	43,33	23,02	1,50	1,06	0,55	1,26	1,03
Trentino A.A.	12	56,21	20,17	9,66	62,85	35,55	2,29	1,45	0,92	3,71	1,29
Piemonte	34	66,50	21,95	8,48	65,34	35,81	2,56	1,62	0,94	3,43	2,40
Toscana	28	63,21	24,10	8,49	66,96	36,22	2,41	1,61	0,89	1,85	1,51
Sardegna	14	80,58	24,46	6,55	70,07	39,16	2,68	1,52	0,69	2,37	1,44
Veneto	31	65,63	30,00	10,81	72,13	39,37	2,91	2,29	1,24	3,59	3,05
Valle d'Aosta	4	59,23	32,31	8,46	70,57	39,51	2,76	1,99	0,89	3,85	1,54
Umbria	6	100,51	32,88	6,78	92,87	56,08	4,48	2,40	1,02	3,90	3,56
Marche	18	91,71	33,31	10,06	86,59	49,82	3,53	2,31	1,11	2,86	2,40
Molise	4	113,00	42,50	13,50	98,84	64,23	5,26	2,97	1,59	4,00	3,50
Lazio	28	115,09	43,02	13,74	116,87	65,16	4,60	3,11	1,65	4,45	3,25
Liguria	14	117,93	44,50	11,86	113,90	61,73	4,18	2,94	1,54	4,93	4,71
Friuli V.G.	13	94,52	45,38	22,80	122,16	67,95	4,28	3,06	2,02	4,62	3,98
Abruzzo	11	117,25	50,55	20,46	131,97	77,62	6,06	4,01	2,45	8,17	5,50
Puglia	21	140,00	61,14	24,48	150,18	87,60	6,63	4,98	3,09	12,14	10,75
Basilicata	8	223,25	99,63	35,00	276,63	156,76	15,78	12,25	7,55	44,63	10,38
Campania	29	244,62	111,64	40,63	273,13	162,12	13,76	10,19	5,91	25,63	15,24
Calabria	13	305,55	125,39	50,94	329,45	205,15	17,75	11,81	7,06	33,67	16,56
Sicilia	24	342,27	195,82	88,59	441,52	267,02	22,22	17,78	11,67	42,68	31,41
Media Italia	400	114,45	49,63	18,81	125,72	72,86	5,71	4,13	2,45	13,62	10,36

Tabella 19 – Graduatoria di ranking della qualità del servizio in materia di buchi di tensione per i dieci indicatori sintetici proposti nel presente DCO per l’anno 2009 (elaborazione degli uffici dell’Autorità e di RSE)

Regione	N	N2a	N3b	DSI_2a	DSI_3b	MVT	MVT2	MVT3	MVTA_2	MVTA_3
Emilia R.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
Lombardia	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Trentino A.A.	3	3	8	3	3	3	3	6	8	2
Piemonte	7	4	6	4	4	5	6	7	6	8
Toscana	5	5	7	5	5	4	5	4	3	5
Sardegna	8	6	3	6	6	6	4	3	4	4
Veneto	6	7	10	8	7	8	8	10	7	9
Valle d'Aosta	4	8	5	7	8	7	7	5	9	6
Umbria	11	9	4	10	10	12	10	8	10	12
Marche	9	10	9	9	9	9	9	9	5	7
Molise	12	11	12	11	12	14	12	12	11	11
Lazio	13	12	13	13	13	13	14	13	12	10
Liguria	15	13	11	12	11	10	11	11	14	14
Friuli V.G.	10	14	15	14	14	11	13	14	13	13
Abruzzo	14	15	14	15	15	15	15	15	15	15
Puglia	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17
Basilicata	17	17	17	18	17	18	19	19	20	16
Campania	18	18	18	17	18	17	17	17	17	18
Calabria	19	19	19	19	19	19	18	18	18	19
Sicilia	20	20	20	20	20	20	20	20	19	20

8.20 Nelle tabelle si può osservare che per gli indicatori N, N2a, N3b, DSI_2a, DSI_3b, MVT, MVT2, MVT3, indipendentemente dalla scelta dell’indicatore:

- le regioni meglio servite risultano sempre essere Emilia Romagna (verde, miglior *performance*) e Lombardia (verde chiaro, seconda miglior *performance*);
- le regioni peggio servite sono Basilicata (arancione, seconda peggior *performance* per indicatori MVT2 e MVT3), Campania (arancione per gli altri indicatori) e Sicilia (rosso, peggior *performance*);
- per le altre regioni, la scelta di un indicatore rispetto ad un altro può comportare una posizione leggermente differente nel “ranking”.

8.21 Si può inoltre osservare che gli indicatori MVTA_2 e MVTA_3 modificano in modo più significativo sia i valori registrati, sia il “ranking”.

8.22 L’Autorità ritiene preliminarmente che gli indicatori più promettenti possano essere:

- numero di buchi di tensione sotto la curva di immunità classe 2 (N2a);
- Missing Voltage Time (MVT), eventualmente limitato ai buchi di tensione sottostanti la curva di immunità classe 2 (MVT2);
- Discrete Severity Index riferito alla curva di classe 3 (DSI_3b).

8.23 Le principali ragioni della suddetta preferenza sono le seguenti:

- l’eventuale scelta degli indicatori N2a o MVT2 risulterebbe congruente con la classe di immunità 2, tenendo presente che l’allegato informativo B della norma CEI EN 61000-4-34 richiama la definizione di classi di ambienti elettromagnetici fornita dalla CEI EN 61000-2-4³⁵: “i livelli di compatibilità di

³⁵ CEI EN 61000-4-34 - Parte 4-34: “Tecniche di prova e di misura - Prove d’immunità ai buchi di tensione e alle variazioni di tensione per le apparecchiature con corrente di ingresso superiore a 16 A per fase”, Prima

- questa classe [2] sono identici a quelli delle reti pubbliche; pertanto, i componenti destinati ad applicazioni nelle reti pubbliche possono essere impiegati in questa classe [2] di ambiente industriale”;
- b) la scelta dell'indicatore MVT consente l'utilizzo di un'espressione “pura” della *performance* di rete, senza nessuna soglia né discontinuità, in questo indicatore inoltre il peso dei buchi “nelle celle verdi” è inferiore al 28% rispetto a un peso superiore al 56% nell'indicatore N (dato Italia 2009);
 - c) l'indicatore numero di buchi di tensione N non tiene conto di durata e profondità e perciò assegna troppo “peso” a buchi con durata 100-150 ms e tensione durata 80-90%;
 - d) l'indicatore *Discrete Severity Index* riferito alla curva 2 (DSI_2a) ha un andamento con discontinuità troppo forte e tiene scarsamente conto della durata del buco di tensione;
 - e) gli indicatori N3b, MVT3, MVTA_2, MVTA_3 si limitano a un numero ristretto di buchi di tensione e potrebbero scartare buchi di tensione dannosi per alcuni clienti (non c'è infatti evidenza che i clienti siano già immuni a un livello di severità corrispondente alla curva 3 o anche superiore). Inoltre la curva 3 è decisamente più “severa” della curva 2 che corrisponde alle public networks.
- 8.24 L'Autorità ritiene che gli indicatori scelti ai fini del monitoraggio debbano essere disaggregabili fino al livello di cabina primaria. Tale scelta consentirà poi di valutare diverse aggregazioni territoriali (per provincia, per regione) ai fini della pubblicazione comparativa e della futura regolazione.
- 8.25 Con riferimento all'articolo 2, comma 12, lettera i., della legge 14 novembre 1995, n. 481, riguardante la funzione di assicurare la più ampia pubblicità delle condizioni dei servizi, l'Autorità intende pubblicare periodicamente i dati relativi ai buchi di tensione, se del caso congiuntamente alle informazioni relative alla continuità del servizio, con disaggregazione per impresa distributrice eventualmente differenziata per ambito di concentrazione e con disaggregazione su base locale (regione, provincia e singola CP).
- 8.26 Si prevedono perciò comunicazioni periodiche dei dati all'Autorità, preferibilmente con orizzonte annuale. Inoltre in relazione al ruolo della ricerca e dell'attuale sistema di monitoraggio QuEEN, saranno da valutare le modalità per comunicazioni periodiche frequenti dei dati anche a RSE (si veda al riguardo il capitolo 10 del presente DCO).
- 8.27 Si ritiene inoltre che l'Autorità debba avere accesso, con modalità di super-utente, ai dati disponibili tramite il sistema di monitoraggio esteso della QT. Nel caso si sviluppino alcune opzioni descritte nel capitolo 10 del presente DCO, specifiche modalità di accesso dovrebbero inoltre essere previste per RSE.
- 8.28 Un'analisi puntuale effettuata dalla Direzione Consumatori e Qualità del Servizio ha riguardato le *performance* in materia di buchi di tensione con durata superiore a 500 ms in cinque siti critici (uno in Sicilia, uno in Basilicata, due in Campania, uno in Calabria). I dati relativi sono riportati nell'Appendice C al presente DCO in forma tabellare EN 50160:2010.

- 8.29 Da tali dati si può osservare che oltre il 40% dei buchi di tensione con durata compresa tra 500 ms e 1.000 ms e tensione residua tra il 40% e l'80% occorsi in tutta l'Italia si registra nell'1% delle semisbarre di CP attualmente monitorate dal QuEEN.
- 8.30 Un dato significativo emerge anche dal confronto tra la tabella C-6 e la tabella C-7 relativa alla media nazionale: i buchi con durata superiore a 500 ms e tensione residua compresa tra 40% e 80% hanno una frequenza 20-50 volte superiore ai valori medi nazionali. Tale durata è presumibilmente associata a presenza di ritardi intenzionali di intervento delle protezioni (per centri satellite e/o potenzialmente per richieste degli utenti in tal senso³⁶).
- 8.31 L'Autorità ritiene che debbano essere investigate con il contributo delle imprese distributrici le possibilità di riduzione della numerosità dei buchi con durata superiore a 500 ms, poiché particolarmente severi per i clienti finali.

Spunti per la consultazione

- Q.11** *Si condivide la proposta dell'Autorità di aumentare il livello di pubblicità sulle condizioni del servizio elettrico relativamente ai buchi di tensione? Se no, perché?*
- Q.12** *Quali indicatori si ritengono più opportuni per monitorare le condizioni del servizio elettrico relativamente ai buchi di tensione, anche in aggiunta a quelli proposti? Perché?*
- Q.13** *Si ritiene sia già possibile individuare uno specifico indicatore, caratterizzato da un livello di disaggregazione e da condizioni di esclusione tali da rendere efficace la sua utilizzazione in una futura regolazione?*
- Q.14** *Attraverso quali interventi si ritiene di poter ridurre i tempi di intervento delle protezioni di linea nelle CP cui sono sottesi centri satellite o situazioni caratterizzate da particolari esigenze di esercizio? A tale riguardo si ritiene che l'Autorità debba adottare azioni ad hoc?*

9 Proposta di monitoraggio delle variazioni lente di tensione sulle reti BT

- 9.1 In questo capitolo vengono espresse valutazioni e formulate proposte in merito alle variazioni lente di tensione sulle reti BT, sia in termini di loro monitoraggio, sia in vista di possibili future regolazioni, sia in riferimento a possibili modifiche dello standard specifico di qualità commerciale relativo alla verifica della tensione di

³⁶ L'Allegato A alla deliberazione 18 marzo 2008 ARG/elt 33/08, come successivamente modificata ed integrata, recante la Norma Italiana CEI 0-16, "Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica", Seconda Edizione, luglio 2008, disciplina alla sezione 8.5.12 il coordinamento selettivo delle protezioni di utenze MT.

alimentazione (art. 71 del TIQE). La Tabella 20 sintetizza l'obiettivo specifico e le proposte di regolazione relative a tale parametro di qualità della tensione.

Tabella 20 – Proposte di regolazione relative alle variazioni lente di tensione sulla rete di bassa tensione

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Monitorare l'andamento nel tempo dei più importanti parametri di qualità della tensione, anche nella prospettiva di avere disponibile una solida base di misure per possibili sviluppi della regolazione	Campagna di monitoraggio tramite i misuratori elettronici Modifica dello standard di qualità commerciale relativo alla verifica delle variazioni di tensione	N/A

9.2 L'Autorità ritiene, per il momento, di focalizzare il proprio interesse sulle variazioni lente della tensione di alimentazione di bassa tensione per i seguenti motivi:

- a) le variazioni lente della tensione di alimentazione di media tensione non sembrano al momento evidenziare criticità tali da giustificare un intervento dell'Autorità; i dati disponibili dal sistema QuEEN relativi alle misurazioni sui 200 punti MT lungo linea, sebbene non rappresentativi statisticamente dell'intera popolazione di clienti MT³⁷, e pari allo 0,2% di questa, evidenziano che nel corso degli anni tali variazioni sono rimaste nella fascia di tolleranza prevista dalla norma CEI EN 50160³⁸;
- b) l'identificazione di eventuali problematiche sulle reti di bassa tensione (potenzialmente non dipendenti dalle stesse reti di bassa tensione) dovrebbe comportare positivi effetti circa la qualità della tensione anche sulle reti in media tensione; in altre parole, la necessità di fornire una tensione contenuta nei limiti di norma ai clienti finali BT comporterà indirettamente il rispetto dei vincoli di norma sui clienti finali MT;
- c) la diffusione dei misuratori elettronici presso i punti di prelievo in bassa tensione è ormai in via di completamento; tali misuratori sono in grado di fornire una base di dati molto significativa per la regolazione.

9.3 Già nel DCO 16/07, l'Autorità aveva manifestato l'intenzione di *“lanciare una campagna di misura delle variazioni lente della tensione, su un campione di punti pari all'1-2% del totale dei punti di prelievo di bassa tensione, attraverso l'ausilio dei misuratori elettronici e dei sistemi di telegestione per i quali, con la deliberazione n. 292/06, è stato introdotto l'obbligo di misura del valore efficace della tensione di alimentazione (variazioni lente) secondo la norma CEI EN 50160”* e che tale campagna avrebbe potuto avere luogo orientativamente *“nella seconda parte del terzo periodo di regolazione una volta disponibile, anche presso le*

³⁷ Essendo punti autoselezionati potrebbero tuttavia rappresentare punti della rete caratterizzati da una scarsa qualità.

³⁸ Il contenimento delle variazioni lente sulle reti MT è, di fatto, nella stragrande maggioranza dei casi, garantito entro una fascia più stretta da parte dell'impresa distributrice (es.: +10%/-5%) a causa della necessità di lasciare un adeguato margine per le cadute di tensione che hanno luogo sulle reti di distribuzione BT sottese.

maggiori imprese locali, un sufficiente numero di punti di prelievo equipaggiati con misuratori elettronici conformi ai requisiti fissati dalla stessa deliberazione n. 292/06”.

- 9.4 La comunicazione dei dati al 31 luglio 2010 da parte delle imprese distributrici relativa alla installazione e messa in servizio dei misuratori elettronici BT ha evidenziato che al 30 giugno 2010, su scala nazionale, il 92,2% di punti di prelievo BT (era l’89% circa al 30 giugno 2009) è dotato di misuratore elettronico in servizio conforme ai requisiti funzionali della deliberazione n. 292/06, in grado pertanto di effettuare la misurazione delle variazioni lente della tensione di alimentazione secondo quanto disposto dalla stessa deliberazione e ricordato al punto 3.23 del presente DCO. Tale percentuale di misuratori in servizio varia da impresa a impresa ed è di norma superiore a quella minima prevista al 30 giugno 2010, pari al 65% del totale dei punti di prelievo BT dell’impresa distributtrice.
- 9.5 La disponibilità di una così elevata percentuale di punti di prelievo BT equipaggiati con misuratori elettronici in servizio consente la teorica misurazione delle variazioni lente della tensione di alimentazione su tutte le tipologie di reti BT (cavo, aeree, miste; alimentate da trasformatori di qualsiasi taglia; distinguibili capillarmente su tutti gli ambiti) e su più punti di ogni linea BT.
- 9.6 Come già ricordato, nel corso del 2009 l’Autorità ha effettuato una richiesta di monitoraggio delle variazioni lente della tensione di alimentazione tramite i misuratori elettronici alle imprese di distributrici di maggiori dimensioni, finalizzata ad approfondire il tema in discussione. Il monitoraggio è stato effettuato su un campione di 55.000 punti di prelievo BT rappresentativi della rete di bassa tensione italiana³⁹ nella terza settimana di gennaio 2010, nell’ipotesi che il valore nominale della tensione fosse di 230 V.
- 9.7 A partire dai 55.000 punti di consegna BT interessati dalla richiesta dati, anche osservando la complicazione data dalla legge n. 105/49 e alcune incongruenze e difficoltà di interpretazione dei dati forniti dalle imprese distributrici, risulta più opportuno, in questa fase, limitare la trattazione a un sottoinsieme dei predetti punti di consegna BT (consistente in circa 40.000 nodi). Da tale campione ridotto è emerso che su scala nazionale poco più del 2% dei punti di prelievo BT è risultato essere non conforme alla norma CEI EN 50160, nella sua attuale formulazione. Tale percentuale varia dal 2,79% per i punti di prelievo in ambiti in alta concentrazione, a un valore del 1,84% per i punti di prelievo in ambiti in media concentrazione, a un valore dell’1,85% per i punti di prelievo in ambiti in bassa concentrazione⁴⁰.
- 9.8 L’analisi dei dati evidenzia inoltre che:
- a) circa l’1,44% dei punti di prelievo BT, oltre ad essere non conforme alla norma CEI EN 50160 nella sua attuale formulazione, rimane al di fuori della banda di tolleranza per almeno il 10% del tempo; tale percentuale varia dal 2,35% per i punti di prelievo in ambiti in alta concentrazione, a un valore del 1,28% per i punti di prelievo in ambiti in media concentrazione, a un valore del 0,88% per i punti di prelievo in ambiti in bassa concentrazione.

³⁹ Il campione di reti BT cui sono sottesi i punti di consegna oggetto della richiesta dati è stato estratto secondo le modalità già pubblicate con la deliberazione ARG/elt 81/10.

⁴⁰ Considerazioni più approssimative, condotte sulla base di sottoinsiemi più ampi (ma contenenti dati meno consolidati) dei 55.000 punti di consegna BT su cui è incentrata la richiesta dati, condurrebbero a stimare percentuali maggiori di punti nei quali si riscontra la violazione dei limiti della EN 50160:2010.

- b) per una percentuale non trascurabile (6% circa) di punti di prelievo su scala nazionale i valori massimo e minimo della tensione sono stati registrati al di fuori della banda di tolleranza prevista, pur essendo la misurazione della tensione conforme alla norma; tale contraddizione discende dal fatto che i valori massimo e minimo, come ammesso anche dalla deliberazione n. 292/06, vengano calcolati su periodi di tempo inferiori ai 10 minuti (intervallo di tempo funzionale al rispetto della norma).

9.9 La Tabella 21 riporta i dati comunicati all’Autorità relativamente agli anni 2008 e 2009 in relazione allo standard specifico di qualità commerciale relativo alla verifica della tensione di alimentazione, come disciplinato per il terzo periodo di regolazione. Dall’esame di tali dati appare che la percentuale di clienti BT per i quali è stata annualmente verificata la tensione di alimentazione è circa lo 0,005% del totale dei clienti BT.

Tabella 21 – Dati 2008-2009 relativi allo standard di qualità commerciale per la verifica della tensione di alimentazione per clienti BT (elaborazioni degli Uffici dell’Autorità di dati comunicati dalle imprese)

Standard verifica tensione	Anno 2008	Anno 2009
Numero richieste	1840	1818
Tempo medio effettivo	18,45	20,73
Numero indennizzi automatici	40	30

9.10 Il monitoraggio sulla rete BT ha evidenziato che la percentuale di clienti BT serviti peggio rispetto a quanto previsto dalla norma CEI EN 50160, assumendo che il campione considerato sia rappresentativo dell’intera popolazione, su scala nazionale è di poco superiore al 2%. Questo dato deve essere analizzato congiuntamente al dato di Tabella 21, laddove i clienti per i quali viene annualmente verificata la tensione di alimentazione, molto probabilmente perché hanno effettivamente subito dei danni o si sono ritenuti danneggiati, è pari allo 0,005% del totale della popolazione.

9.11 Se da un lato appare irragionevole concludere che, in base al risultato del monitoraggio, il 2% dei clienti BT subisca danni per effetto di una tensione di alimentazione fuori norma, dall’altro lato appare ugualmente infondato concludere che solo lo 0,005% dei clienti BT subisca effettivamente danni per effetto di una scarsa qualità della tensione BT. La percentuale di clienti BT che subisce danni è realisticamente compresa tra i due estremi, ma il suo valore ad oggi non è noto.

9.12 Tutto ciò considerato, l’Autorità esprime le seguenti valutazioni:

- a) l’interesse per una futura regolazione delle variazioni lente della tensione di alimentazione BT, considerato che la quasi totalità dei clienti BT è già dotata di misuratore elettronico in servizio, rimane elevato;
- b) i risultati del monitoraggio effettuato nella terza settimana di gennaio 2010 sono significativi; è tuttavia necessario procedere ad una eventuale modifica dei requisiti funzionali dei misuratori e pervenire ad una solida base di dati prima di introdurre qualsiasi elemento di regolazione;
- c) allo scopo appare opportuno prevedere un monitoraggio “strutturato” delle variazioni lente della tensione di alimentazione tramite i misuratori elettronici;

- d) i monitoraggi sulle reti di bassa tensione potranno beneficiare delle sinergie con la RdS che, come prospettato al punto 10.5 del presente DCO, potrà orientare parte delle proprie attività verso la bassa tensione.
- 9.13 Preliminarmente, tale monitoraggio “strutturato” potrebbe riguardare un campione di circa l’1% dei punti di prelievo BT di ogni impresa distributrice, e la misura in quattro settimane nell’arco dell’anno:
- a) la settimana precedente la Pasqua;
 - b) la terza settimana del mese di luglio;
 - c) la settimana di Ferragosto;
 - d) la terza settimana di dicembre.
- 9.14 Tale obbligo dovrebbe essere preceduto da una modifica dei requisiti funzionali dei misuratori elettronici e delle informazioni trasferibili al centro di telegestione, dal momento che la sola informazione conforme/non conforme ed il calcolo dei valori massimo e minimo su di un periodo di integrazione anche di qualche secondo, seppure di grande interesse scientifico, dovrebbe essere disponibile anche in riferimento a intervalli di dieci minuti. Allo scopo si ritiene che gli attuali requisiti funzionali debbano essere integrati, qualora già non disponibili, con le seguenti informazioni, trasferibili dal misuratore al centro di telegestione, mantenendo la misura dei valori massimo e minimo anche per intervalli di qualche secondo:
- a) numero di intervalli di 10 minuti che, nell’arco di una settimana, sono compresi nella banda di tolleranza;
 - b) numero di intervalli di 10 minuti che, nell’arco di una settimana, sono al di sopra del limite superiore della banda di tolleranza;
 - c) numero di intervalli di 10 minuti che, nell’arco di una settimana, sono al di sotto del limite inferiore della banda di tolleranza;
 - d) valori massimo e minimo calcolati su intervalli di dieci minuti.
- 9.15 Per quanto riguarda prospettici elementi di regolazione, l’Autorità delinea le seguenti opportunità:
- a) fissare una percentuale massima annua di punti di prelievo BT, eventualmente differenziata per grado di concentrazione, con valori fuori norma. Tale percentuale dovrebbe essere garantita ogni anno e ogni impresa distributrice dovrebbe comunicarla all’Autorità; potrebbe essere prevista una penalizzazione in caso di mancato rispetto di tale percentuale; l’Autorità ritiene che tale soluzione possa fornire informazioni utili alle imprese distributrici per la fase di pianificazione dello sviluppo delle reti di distribuzione, anche a fronte della crescente diffusione di generazione diffusa;
 - b) una seconda possibilità potrebbe prevedere una maggiore pubblicizzazione della possibilità di verifica e reclamo da parte dei clienti nei confronti delle imprese distributrici, attraverso informative capillari, anche tramite i venditori, ad esempio tramite i documenti di fatturazione; questa azione potrebbe essere affiancata da attività da parte dell’Autorità volte a correlare i reclami indirizzati alle imprese distributrici con i reclami o le segnalazioni di guasto indirizzate dai clienti finali ai costruttori di apparecchiature utilizzatrici di energia elettrica (elettrodomestici, TV, *Personal Computer*, stampanti, etc.);
 - c) prevedere una percentuale massima di punti di prelievo BT, eventualmente differenziata per grado di concentrazione, con valori gravemente fuori norma. La determinazione di quali siano i valori gravemente fuori norma potrebbe essere basata sulla valutazione del numero di intervalli di dieci minuti nei quali la tensione risulti non conforme ai limiti del +/-10%. Per esempio, si

potrebbe ritenere gravemente fuori norma un punto di consegna che presenti valori non conformi per un numero di intervalli almeno doppio rispetto a quanto previsto dalla EN 50160:2010 (che prevede un limite pari al 5% di intervalli ammissibili non conformi)⁴¹. L'Autorità ritiene che tale soluzione possa fornire informazioni utili alle imprese distributrici per la risoluzione dei problemi. Le modifiche ai requisiti funzionali dei misuratori elettronici illustrate al punto 9.14 del presente DCO consentirebbero di valutare non solo la conformità o non conformità alla norma, ma anche la percentuale di campioni fuori banda, dunque la valutazione della grave non conformità. Tale possibilità oltre che alternativa alle altre due, potrebbe anche affiancarsi ad una delle due soluzioni prospettate alle due lettere precedenti.

- 9.16 Per quanto riguarda lo standard sulla verifica della tensione di alimentazione, l'Autorità propone di modificare tale prestazione, sia per i clienti BT che per i clienti MT, introducendo in parallelo allo standard attuale un nuovo standard sul tempo massimo di ripristino dei valori corretti della tensione di alimentazione, nel caso di misurazione non conforme alle norme vigenti, e prevedendo obblighi di comunicazione aggiuntivi all'Autorità rispetto a quelli vigenti.
- 9.17 Allo scopo l'Autorità propone che tale nuovo standard, sia per i clienti BT che per i clienti MT, venga fissato a:
- a) 30 giorni lavorativi dalla richiesta del cliente nel caso in cui i lavori di ripristino della tensione siano paragonabili ad un lavoro semplice;
 - b) 45 giorni lavorativi dalla richiesta del cliente nel caso in cui i lavori di ripristino della tensione siano paragonabili ad un lavoro complesso.
- 9.18 Nel caso in cui l'impresa distributtrice sia già a conoscenza di problematiche della tensione di alimentazione sulla linea cui è connesso il cliente che ha fatto la richiesta di verifica, l'impresa distributtrice dovrebbe comunicare al cliente una data di risoluzione dei problemi già comunicata in precedenza ad almeno un altro cliente, coerente con quanto indicato al punto precedente.
- 9.19 In tutti i casi, ma solo a seguito della richiesta del cliente finale BT, si propone che l'impresa distributtrice effettui un monitoraggio annuale della tensione di alimentazione tramite il misuratore elettronico, provvedendo alla sostituzione di quello tradizionale qualora il cliente ne fosse dotato.
- 9.20 Per quanto riguarda gli obblighi di comunicazione l'Autorità propone che alle informazioni oggi trasmesse si aggiungano:
- a) il numero di verifiche con accertamento di valori della tensione di fornitura non compresi nel campo di variazione fissato dalla norma CEI EN 50160;
 - b) il tempo minimo, medio, mediano e massimo, dei tempi effettivi relativi al nuovo standard proposto al punto 9.17 del presente DCO;
 - c) il numero di punti che, a seguito di verifica non conforme e del successivo intervento da parte dell'impresa distributtrice, ha registrato:
 - una settimana fuori standard (per il numero di intervalli decaminutali, per la tensione minima decaminutale, per la tensione massima decaminutale – vedi punto 4.2.2.2 della EN 50160:2010);

⁴¹ Una simile assunzione condurrebbe, con riferimento alla stessa base di dati di cui al punto 9.7, a percentuali che variano dal 2,35% per i punti di prelievo in ambiti in alta concentrazione, ad un valore dell'1,27% per gli ambiti in media concentrazione, ad un valore dello 0,88% per i punti di prelievo in ambiti in bassa concentrazione.

- da due a tre settimane fuori standard per gli stessi parametri;
 - quattro o più settimane fuori standard per gli stessi parametri;
- d) le medesime informazioni di cui alla lettera c) per i punti su cui l'esito della verifica è risultato conforme.

Spunti per la consultazione

Q.15 *Si condividono le proposte formulate in materia di monitoraggio delle variazioni lente della tensione di alimentazione per le reti di bassa tensione e di elementi prospettici di regolazione? Se no, per quali motivazioni?*

Q.16 *Si condividono le proposte relative allo standard specifico di qualità commerciale relativo alla verifica della tensione di alimentazione? Se no per quali motivazioni?*

Q.17 *Si ritiene che la verifica della tensione di alimentazione su richiesta di un cliente alimentato in bassa tensione possa essere effettuata anche solo ed esclusivamente tramite il misuratore elettronico? Oppure si ritiene che il misuratore elettronico debba fungere esclusivamente da ausilio?*

10 Attività e ruolo della ricerca

10.1 Il contributo della ricerca nel settore elettrico è stato fondamentale per la realizzazione del sistema di monitoraggio della qualità della tensione sulle reti MT. Nell'ambito della ricerca di sistema elettrico, le attività svolte dalle società CESI S.p.A (fino al dicembre 2005) e successivamente da RSE hanno permesso la progettazione, la realizzazione ed il miglioramento di un sistema di analisi e di pubblicazione dei dati che è ritenuto all'avanguardia in ambito internazionale⁴².

10.2 Inoltre, esperti del mondo scientifico e accademico hanno contribuito all'implementazione del sistema di monitoraggio e all'analisi dei dati ottenuti e hanno cooperato con RSE ad analisi di supporto alla definizione degli indicatori di QT e all'implementazione di contratti per la qualità. Numerosi esperti della ricerca italiana hanno fornito contributi alla consultazione pubblica in materia di qualità della tensione in Europa⁴³.

10.3 L'Autorità ritiene opportuno indagare possibili prospettive di modifica ed ampliamento degli obiettivi del sistema di monitoraggio QuEEN nell'ambito della Ricerca di Sistema, tenendo anche presente che all'Autorità sono transitoriamente attribuite le funzioni del Comitato di Esperti per la Ricerca di Sistema Elettrico

⁴² Si veda, ad esempio, la presentazione di F. Villa, M. de Nigris, "Experience with VQM in Italy" al "Voltage Quality Monitoring Workshop" organizzato congiuntamente da CEER ed Eurelectric il 18 novembre 2009. http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_WORKSHOP/CEER-ERGEG%20EVENTS/Electricity/Voltage%20Quality%20Monitoring%20Workshop%202009

⁴³ Le risposte alla consultazione pubblica di ERGEG, ove non coperte da copyright o vincoli di confidenzialità, sono disponibili alla sezione "closed public consultations" del sito dei regolatori europei: http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/CLOSED%20PUBLIC%20CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Voltage%20Quality/RR

(CERSE) con decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 21 giugno 2007, n. 383 e che perciò l’Autorità esercita le funzioni consultive e di proposta in materia di predisposizione e aggiornamento del piano triennale della Ricerca di Sistema Elettrico ai sensi dell’articolo 9, comma 1, lettera a) del decreto del Ministro delle Attività Produttive.

10.4 Per quanto riguarda le attuali attività di monitoraggio a campione della qualità sulle reti MT (e quindi in particolare l’opzione di regolazione #2.0), la ricerca potrebbe focalizzarsi su:

- a) prosecuzione, su orizzonte pluriennale, del monitoraggio in una quota rilevante dei 400+200 siti ora monitorati;
- b) approfondimento delle analisi dei parametri di qualità della tensione, con possibile *focus* sull’andamento pluriennale dei parametri di qualità, in particolare su porzioni di rete caratterizzate da crescente penetrazione di generazione diffusa;
- c) approfondimento, su campioni maggiormente rappresentativi per numero e per durata del monitoraggio, delle analisi relative alla provenienza dei buchi di tensione, differenziando l’origine tra rete in alta tensione (rete di trasmissione) e rete di distribuzione in media tensione⁴⁴;
- d) approfondimento delle analisi di correlazione tra i dati del monitoraggio e le caratteristiche strutturali delle reti, fra cui: la potenza del trasformatore AT/MT, il numero di linee MT attestata alla semisbarra MT, la potenza di cortocircuito della semisbarra MT, la tensione nominale MT, lo stato del neutro (isolato o compensato), la tipologia prevalente (cavo, area, mista) e la lunghezza della rete MT sottesa (km di rete in cavo, km di rete aerea in cavo e km di rete aerea a conduttori nudi), la presenza di centri satellite, carichi disturbanti e generazione diffusa⁴⁵.
- e) approfondimento delle analisi di correlazione tra le misure degli strumenti collocati sulle semisbarre MT delle cabine AT/MT e gli strumenti delle imprese collocati lungo le linee⁴⁶;
- f) monitoraggio a campione di parametri di qualità della tensione in siti e porzioni di rete MT significativamente affetti da disturbi di QT;
- g) segnalazione automatica di apparenti criticità sulla congruenza dei dati provenienti dalle singole apparecchiature di misura per successive verifiche e validazioni ad hoc.

10.5 Per quanto riguarda nuovi obiettivi dell’attività di monitoraggio in relazione alle reti BT, la ricerca potrebbe dedicarsi a:

- a) monitoraggio a campione di parametri di qualità della tensione su un numero limitato di reti e siti BT;

⁴⁴ Enel Distribuzione ha indicato una quota di circa il 12% di buchi con origine AT nella propria risposta alla consultazione pubblica di ERGEG; mentre le analisi svolte e descritte nell’Appendice D al presente DCO indicano percentuali prossime al 30%. Per la propagazione dei buchi tra alta e media tensione, si veda anche l’articolo: E. Cima, C. Sabelli, E. De Berardinis, “Qualità della tensione sulla rete AT”, L’Energia Elettrica, anno 2010, n. 2, marzo-aprile 2010, pp. 9-26.

⁴⁵ Alcune analisi di correlazione sono sintetizzate nell’allegato all’Appendice D del presente DCO.

⁴⁶ Si veda, ad esempio, il paragrafo 6.2 in: L. Garbero, O. Ornago, I. Mastandrea, E. Piazzardi, F. Tarsia, F.A. Malegori, R. Chiameo, A. Porrino, “Supporto scientifico alle attività regolatorie per la qualità del servizio”, rapporto Ricerca di Sistema 07000545, 29 dicembre 2006.

- b) verifica delle misurazioni a campione delle variazioni lente effettuate mediante i misuratori elettronici, compatibilmente con le difficoltà di installazione delle AdM;
 - c) selezione di possibili punti di misura sottesi a siti MT monitorati con l'obiettivo di correlazioni tra parametri di qualità sulla rete MT e parametri di qualità sulla rete BT.
- 10.6 Per quanto riguarda nuovi obiettivi delle attività di ricerca e dimostrazione in relazione all'opzione di monitoraggio esteso a tutta la rete MT (e quindi in particolare l'opzione di regolazione #2.B o #2.C), l'esperienza della ricerca potrebbe proseguire positivamente per:
- a) indirizzo, eventuali specifiche funzionali di massima (in particolare per le strutture dati e la loro disponibilità temporale e modalità di trasmissione ai fini dell'aggregazione), coordinamento ed ulteriore supporto alla realizzazione del sistema di monitoraggio da parte di imprese distributrici o di raggruppamenti di imprese distributrici (in particolare per la risoluzione di criticità o problematiche che dovessero emergere in fase di realizzazione);
 - b) riferimento per la comparazione e per la validazione a campione dei dati di qualità della tensione forniti dal sistema di monitoraggio esteso;
 - c) possibile evoluzione del sistema centrale esistente (o eventuale realizzazione di un nuovo sistema centrale) per la raccolta su base periodica e pubblicazione annuale in forma aggregata dei dati di monitoraggio disponibili dai sottosistemi di monitoraggio esteso di ciascuna impresa distributtrice / raggruppamento di imprese distributrici.
- 10.7 L'Autorità ritiene preliminarmente che nel caso di preferenza per l'opzione di regolazione #2.B o #2.C di implementazione del sistema di monitoraggio MT esteso, il sistema di monitoraggio QuEEN debba rimanere in esercizio almeno per tutta la durata della fase di implementazione, per perseguire le importanti attività di ricerca prospettate nei precedenti punti 10.4, 10.5 e 10.6 (lettera b) del presente DCO.

Spunti per la consultazione

- Q.18** *Quale si ritiene possa essere il ruolo della ricerca, ed in particolare della ricerca di sistema elettrico, in materia di monitoraggio della qualità della tensione? A quali ulteriori parametri di qualità si ritiene opportuno dare priorità per future analisi? I soggetti interessati sono invitati a fornire valutazioni quantitative a supporto delle priorità proposte.*
- Q.19** *Si ritiene opportuno introdurre un monitoraggio a campione sulle reti BT? Se no, perché? I soggetti interessati sono invitati a fornire valutazioni qualitative o quantitative sui possibili benefici individuali e collettivi di tale monitoraggio.*

Appendice A: Aggiornamento del piano di lavoro AIR per la regolazione della qualità dei servizi elettrici nel periodo 2012-2015

Attività	Periodo	Stato
Raccolte dati preliminari sulla continuità del servizio per singolo cliente alimentato in media tensione	settembre 2009 e maggio 2010	✓
Richiesta di informazioni preliminare alla principale impresa di distribuzione	luglio 2010	✓
Avvio del procedimento (deliberazione ARG/elt 149/10)	27 settembre 2010	✓
<i>Workshop</i> su “ <i>Regulation of Voltage Quality for the Italian network</i> ” organizzato con il Politecnico di Milano	29 settembre 2010	✓
Pubblicazione del documento per la consultazione sull'estensione degli standard specifici di continuità del servizio per i clienti MT alle interruzioni brevi e sugli approfondimenti sui contratti per la qualità (DCO 40/10)	15 novembre 2010	✓
Pubblicazione del documento per la consultazione su nuove iniziative in materia di interruzioni brevi e qualità della tensione (DCO 42/10)	30 novembre 2010	✓
Termine per la presentazione delle osservazioni scritte al DCO 40/10	14 gennaio 2011	
Incontri tematici con i soggetti interessati sulle opzioni di regolazione in materia di regolazione incentivante della continuità del servizio di trasmissione e distribuzione e di regolazione della qualità commerciale del servizio di distribuzione.	gennaio-marzo 2011	
Termine per la presentazione delle osservazioni scritte al secondo documento per la consultazione	4 febbraio 2011	
Pubblicazione del documento per la consultazione su opzioni di regolazione in materia di regolazione incentivante della continuità del servizio di distribuzione e di regolazione della qualità commerciale dei servizi di distribuzione e misura. Possibili prime opzioni/proposte in materia di regolazione incentivante della continuità del servizio di trasmissione per il periodo 2012-2015 (terzo documento per la consultazione)	aprile 2011	
Raccolta dati sulla continuità del servizio per singolo cliente alimentato in media tensione	maggio-giugno 2011	
Termine per la presentazione delle osservazioni scritte al terzo documento per la consultazione	maggio-giugno 2011	
Seminario pubblico di presentazione del terzo documento per la consultazione	maggio-giugno 2011	
Pubblicazione del documento per la consultazione in materia di proposte finali per la regolazione della qualità dei servizi di distribuzione e misura. Ulteriori prime opzioni/proposte per la regolazione incentivante della qualità del servizio di trasmissione (quarto documento per la consultazione)	luglio-agosto 2011	
Termine per la presentazione delle osservazioni scritte al quarto documento per la consultazione	settembre 2011	
Eventuale svolgimento di ulteriori incontri tematici con i soggetti interessati	settembre 2011	
Realizzazione dell'indagine demoscopica sulla soddisfazione e le aspettative dei clienti	luglio-settembre 2011	
Emanazione del provvedimento finale per la regolazione della qualità dei servizi di distribuzione e misura e prime disposizioni per la regolazione della continuità del servizio di trasmissione	novembre-dicembre 2011	
Pubblicazione della relazione AIR relativa alla regolazione della qualità dei servizi di distribuzione e misura	dicembre 2011-gennaio 2012	
Prosecuzione della consultazione sulla regolazione della qualità del servizio di trasmissione e adozione di ulteriori provvedimenti	2012	

Appendice B: Sintesi degli obiettivi specifici, delle opzioni e delle proposte di regolazione in materia di qualità della tensione

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Promuovere il miglioramento della <i>performance</i> delle imprese tramite la pubblicazione comparativa dei dati di qualità	Pubblicazione periodica dei dati nazionali e locali (regionali/provinciali) relativi alle interruzioni transitorie Pubblicazione comparativa dei dati relativi alle interruzioni transitorie per i clienti serviti dalle principali imprese distributrici	N/A

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Aumentare l'informazione per gli utenti in materia di qualità del servizio, anche al fine di una maggiore consapevolezza delle proprie responsabilità	Comunicazione individuale dei buchi di tensione a ogni cliente MT Comunicazione dei livelli storici di interruzioni lunghe, brevi e transitorie e dei buchi di tensione ai richiedenti connessione MT Responsabilizzazione dei clienti MT in merito all'immunizzazione dei propri impianti a fronte dei buchi di tensione meno severi	N/A

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Opzione di regolazione	Valutazione complessiva
Tutelare e informare gli utenti MT e BT rispetto a problematiche di qualità della tensione, tenendo presente la sostenibilità degli interventi	Opzione #2.0 (<i>opzione nulla</i>): mantenere il sistema di monitoraggio QuEEN sostanzialmente nell'attuale configurazione: monitoraggio di circa 400 semisbarre MT statisticamente rappresentative e ulteriori 200 siti su iniziativa sia di clienti MT sia di imprese distributrici	Medio
	Opzione #2.A: sospendere il monitoraggio QuEEN delle reti di media tensione al termine del 2011	Medio-basso
	Opzione #2.B: effettuare un monitoraggio esteso a tutte le semisbarre MT di CP	Medio-alto
	Opzione #2.C: effettuare un monitoraggio esteso a tutti i punti di consegna MT	Medio-basso

Obiettivo specifico (secondo DCO)	Proposte di regolazione	Valutazione
Monitorare l'andamento nel tempo dei più importanti parametri di qualità della tensione, anche nella prospettiva di avere disponibile una solida base di misure per possibili sviluppi della regolazione e per favorire lo sviluppo di contratti per la qualità	Definizione di indicatori sintetici per il monitoraggio della <i>performance</i> di rete in materia di buchi di tensione Responsabilizzazione delle imprese distributrici in merito ai buchi di tensione più severi Pubblicazione periodica di indicatori sintetici su base nazionale e locale (regione/provincia/cabina primaria) relativi ai buchi di tensione Pubblicazione comparativa di indicatori sintetici relativi ai buchi di tensione sulle reti MT delle principali imprese distributrici Campagna di monitoraggio tramite i misuratori elettronici Modifica dello standard di qualità commerciale relativo alla verifica delle variazioni di tensione	N/A

N/A: proposte non sottoposte ad AIR

Appendice C: Analisi di dettaglio dei dati relativi ai buchi di tensione per le reti MT

Analisi dei dati di buchi di tensione con durata superiore a 500 ms in alcuni siti

Con riferimento a quanto descritto ai punti 8.28 e seguenti del presente DCO, le tabelle da C-1 a C-5 riportano i buchi di tensione in cinque semisbarre monitorate nel corso dell'anno 2009 (cioè il periodo dal 2 febbraio 2009 al 31 gennaio 2010).

Tabella C-1 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione per il sito 1 (dati individuali del sistema di monitoraggio QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	47	62	28	3	0
$80 > u \geq 70$	31	98	32	0	0
$70 > u \geq 40$	132	30	9	1	0
$40 > u \geq 5$	15	8	1	0	0
$5 > u$	0	0	0	0	0

Tabella C-2 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione per il sito 2 (dati individuali del sistema di monitoraggio QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	60	18	9	1	0
$80 > u \geq 70$	35	23	6	0	0
$70 > u \geq 40$	114	22	34	4	0
$40 > u \geq 5$	20	0	2	2	0
$5 > u$	2	0	0	0	0

Tabella C-3 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione per il sito 3 (dati individuali del sistema di monitoraggio QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	79	75	60	2	0
$80 > u \geq 70$	110	121	34	11	0
$70 > u \geq 40$	59	19	4	0	0
$40 > u \geq 5$	37	15	3	1	0
$5 > u$	0	0	0	0	0

Tabella C-4 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione per il sito 4 (dati individuali del sistema di monitoraggio QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	56	8	14	26	0
$80 > u \geq 70$	15	30	21	11	0
$70 > u \geq 40$	60	118	8	7	0
$40 > u \geq 5$	8	1	1	0	0
$5 > u$	0	0	0	0	0

La tabella C-6 presenta il valore medio dei buchi di tensione nelle cinque semisbarre suddette: il numero totale di buchi (indicatore N) è pari a 498,2 contro una media nazionale di 114,4. Il dato più significativo emerge dal confronto tra la tabella C-6 e la tabella C-7 relativa alla media nazionale: le celle evidenziate con sfondo viola, cioè i buchi con durata superiore a 500 ms e tensione residua compresa tra 40% e 80% sono 20-40 volte superiore ai valori medi nazionali.

Tabella C-6 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione come media dei 5 siti (dati individuali del sistema di monitoraggio QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	82,6	42,6	35,2	7,4	0,2
$80 > u \geq 70$	58,2	57,4	23,4	5,8	0,0
$70 > u \geq 40$	89,6	44,8	11,8	4,4	0,0
$40 > u \geq 5$	27,0	5,4	1,4	0,6	0,0
$5 > u$	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella C-7 – Tabella di classificazione dei buchi di tensione come media delle 400 semisbarre Italia (dati tratti dal rapporto RSE in Appendice D)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	34,9	7,5	2,0	0,6	0,0
$80 > u \geq 70$	17,1	5,3	0,6	0,2	0,0
$70 > u \geq 40$	28,2	5,3	0,6	0,1	0,0
$40 > u \geq 5$	9,9	1,7	0,2	0,0	0,0
$5 > u$	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

Dati regionali di buchi di tensione per il 2009

Le seguenti venti tabelle riportano i buchi di tensione medi sulle semisbarre monitorate per le venti regioni italiane nel corso dell'anno 2009 (cioè il periodo dal 2 febbraio 2009 al 31 gennaio 2010).

Tabella di classificazione dei buchi di tensione ABRUZZO (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	25,7	15,4	1,9	2,2	0,0
$80 > u \geq 70$	18,4	7,2	0,3	1,4	0,0
$70 > u \geq 40$	26,0	5,5	0,3	0,1	0,0
$40 > u \geq 5$	11,3	0,9	0,4	0,0	0,0
$5 > u$	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione BASILICATA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	56,4	18,8	22,4	0,4	0,0
$80 > u \geq 70$	39,0	9,5	2,9	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	41,9	8,9	6,3	0,5	0,0
$40 > u \geq 5$	9,6	2,9	3,5	0,3	0,0
$5 > u$	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione CALABRIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	76,6	33,7	11,1	0,5	0,1
$80 > u \geq 70$	38,0	31,8	3,7	0,9	0,0
$70 > u \geq 40$	62,9	15,5	1,6	0,4	0,0
$40 > u \geq 5$	21,3	6,2	0,6	0,1	0,0
$5 > u$	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione CAMPANIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	67,3	16,2	5,7	0,5	0,0
$80 > u \geq 70$	36,9	12,6	2,4	0,2	0,0
$70 > u \geq 40$	64,8	13,4	2,0	0,6	0,0
$40 > u \geq 5$	16,0	5,3	0,3	0,0	0,1
$5 > u$	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione EMILIA ROMAGNA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	13,9	1,6	0,0	0,0	0,0
$80 > u \geq 70$	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	9,2	0,5	0,1	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	2,6	0,4	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione FRIULI VENEZIA GIULIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	23,9	3,8	0,1	0,1	0,0
$80 > u \geq 70$	15,1	6,5	0,2	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	22,4	2,5	0,0	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	16,8	1,2	0,3	0,0	0,0
$5 > u$	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione LAZIO (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	41,4	6,3	0,4	0,9	0,0
$80 > u \geq 70$	20,4	4,0	0,3	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	28,0	3,3	0,5	0,2	0,0
$40 > u \geq 5$	8,2	0,9	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione LIGURIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	48,9	3,8	0,1	0,4	0,0
$80 > u \geq 70$	19,0	1,8	0,1	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	32,1	2,9	0,0	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	7,8	0,9	0,2	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione LOMBARDIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	20,3	1,3	0,1	0,2	0,0
$80 > u \geq 70$	5,9	0,5	0,0	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	10,7	0,5	0,1	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	3,8	0,3	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione MARCHE (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	33,3	6,7	0,5	0,3	0,0
$80 > u \geq 70$	15,4	3,0	0,0	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	22,5	4,2	0,0	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	5,1	0,6	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione MOLISE (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	33,8	16,8	0,5	0,3	0,0
$80 > u \geq 70$	9,0	11,0	0,0	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	28,3	9,5	0,0	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	3,5	0,5	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione PIEMONTE (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	26,8	4,5	0,7	0,4	0,0
$80 > u \geq 70$	11,0	2,3	0,1	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	12,4	0,9	0,2	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	6,5	0,3	0,1	0,0	0,0
$5 > u$	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione PUGLIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	49,4	6,4	0,9	0,0	0,1
$80 > u \geq 70$	19,3	3,9	0,1	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	35,7	8,1	0,2	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	13,1	2,5	0,1	0,0	0,0
$5 > u$	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione SARDEGNA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	30,6	10,6	0,7	0,8	0,0
$80 > u \geq 70$	13,5	1,3	0,1	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	16,4	0,9	0,1	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	4,8	0,5	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione SICILIA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	65,9	15,9	6,2	5,4	0,0
$80 > u \geq 70$	43,0	21,7	2,1	1,0	0,0
$70 > u \geq 40$	95,7	30,7	2,0	0,7	0,0
$40 > u \geq 5$	41,7	9,2	1,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione TOSCANA (dati QuEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	21,8	4,4	0,1	0,1	0,0
$80 > u \geq 70$	12,1	0,8	0,0	0,1	0,0
$70 > u \geq 40$	15,4	1,1	0,2	0,1	0,0
$40 > u \geq 5$	6,6	0,2	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione TRENTINO ALTO ADIGE (dati QUEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	22,4	3,1	1,6	0,3	0,1
$80 > u \geq 70$	5,9	4,6	0,2	0,1	0,0
$70 > u \geq 40$	8,7	0,8	0,7	0,1	0,1
$40 > u \geq 5$	6,8	0,2	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1

Tabella di classificazione dei buchi di tensione UMBRIA (dati QUEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	20,3	20,2	0,3	0,0	0,0
$80 > u \geq 70$	23,4	3,7	0,0	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	25,8	3,6	0,0	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	2,7	0,5	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione VALLE D'AOSTA (dati QUEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	13,1	4,4	1,0	0,3	0,0
$80 > u \geq 70$	6,4	3,1	1,3	0,0	0,0
$70 > u \geq 40$	22,6	1,8	0,0	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	4,4	0,5	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella di classificazione dei buchi di tensione VENETO (dati QUEEN)

Tensione residua u [%]	Durata t [ms]				
	$20 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$	$5\,000 < t \leq 60\,000$
$90 > u \geq 80$	24,2	2,0	0,2	0,0	0,0
$80 > u \geq 70$	8,4	1,0	0,1	0,1	0,0
$70 > u \geq 40$	19,0	2,0	0,2	0,0	0,0
$40 > u \geq 5$	7,5	0,7	0,0	0,0	0,0
$5 > u$	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Appendice D: Rapporto di Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.

Rapporto sintetico sulle prestazioni della rete di distribuzione italiana in media tensione con riferimento ai buchi di tensione

Contratto	Accordo di programma 2009÷2011 con il Ministero dello Sviluppo Economico per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale. Piano Annuale di realizzazione 2010.
Oggetto	Rapporto sintetico sulle prestazioni della rete di distribuzione italiana in media tensione con riferimento ai buchi di tensione
Progetto	Studi sullo sviluppo del sistema elettrico e della rete elettrica nazionale
Linea di Ricerca	Qualità della fornitura elettrica
Deliverable	
Note	Supporto alla consultazione pubblica sulla Qualità della Tensione indetta dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di RSE.

N. pagine	26	N. pagine fuori testo	0
Data	15/10/2010		
Elaborato	TTD – R. Chiumeo, L. Garbero, L. Tenti		
Verificato	TTD – R. Chiumeo		
Approvato	TTD – M. de Nigris TTD – C. Cherbaucich		

Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.

Società con unico socio soggetta alla direzione ed al coordinamento di GSE S.p.A.
Sede Legale - 20134 Milano - Via R. Rubattino, 54
Tel. +39 023992.1 - Fax +39 023992.5370
Reg. Imprese di Milano, P.IVA e C.F. 05058230961
R.E.A. di Milano n. 1793295
Cap. Soc. € 1.100.000 i.v.



ISO 9001 CH-32919

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLA TENSIONE NELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	5
2.1	Cenni sull'architettura del sistema di monitoraggio.....	5
2.2	La misura dei buchi di tensione in Cabina Primaria.....	6
2.2.1	Rappresentatività della misura	6
2.2.2	Metodica di misura.....	7
3	COSTI DI REALIZZAZIONE E GESTIONE DEL SISTEMA.....	8
4	ANALISI DEI DATI DI MONITORAGGIO	9
4.1	Modalità di presentazione della voltage dip-performance	9
4.1.1	Modalità di presentazione per sito e per sistema.....	9
4.1.2	Modalità di presentazione in forma sintetica.....	11
4.2	La voltage dips performance delle reti di distribuzione MT	13
4.3	Osservazioni sull'origine dei buchi di tensione.....	20
5	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	22
APPENDICE:	APPROFONDIMENTI TRAMITE METODI DI REGRESSIONE LINEARE	
MULTIPLA	25

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	15/10/2010	10004160	Prima emissione

1 INTRODUZIONE

Nel 2005 l'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas promosse con un documento di consultazione una campagna di monitoraggio della qualità della tensione nella rete italiana di distribuzione in media tensione con l'obiettivo di migliorare la conoscenza delle performance della rete di distribuzione e di diffondere anche al più vasto pubblico dei clienti i risultati del monitoraggio tramite pubblicazione dei risultati.

L'attività di promozione portò alla realizzazione del sistema sperimentale QuEEN realizzato e sviluppato da RSE S.p.A. (in origine CESI RICERCA S.p.A. e poi diventato ERSE S.p.A. fino al 1 Luglio del 2010) che fu sviluppato nell'ambito della Ricerca di Sistema in risposta all'esigenza manifestata dall'Autorità di disporre di uno strumento conoscitivo per *regolare* la Qualità della Tensione (QT) nel rispetto dei costi complessivi (del sistema elettrico e dei clienti), per *monitorare* l'evoluzione della QT in un momento cruciale di evoluzione delle reti da passive a attive e per *supportare* l'azione regolatoria basata sull'evoluzione della normativa europea (EN 50160) fornendo una conoscenza oggettiva della QT.

Il sistema QuEEN è attivo dal 6 febbraio 2006 ed ha continuato a registrare e monitorare i principali parametri della qualità della tensione ed è stato sottoposto nel corso degli anni a un costante aggiornamento e potenziamento.

Il presente documento fa il punto, a quasi 5 anni dall'inizio della campagna di misura, della situazione della rete di distribuzione italiana dal punto di vista della prestazione a fronte dei buchi di tensione (voltage dip-performance). Questo parametro della qualità della tensione, infatti, assieme alle interruzioni di alimentazione, che sono già state oggetto di regolamentazione da parte dell'Autorità, costituisce uno dei disturbi di tensione ai quali sono più sensibili i clienti della rete come si evince da statistiche pubblicate nel passato basate sulla tipologia e numerosità dei reclami effettuati da parte dei Clienti [1].

Dopo una breve descrizione dell'architettura del sistema sperimentale e della sua rappresentatività statistica delle reti in media tensione si riassumono le principali scelte che sono state compiute in fase di realizzazione e di aggiornamento.

Seguono considerazioni di massima sui costi associati a un sistema di monitoraggio di estensione significativa quale il sistema QuEEN e sui principali risultati ottenuti dall'analisi della voltage dip-performance condotta sia direttamente in QuEEN che con analisi dei dati condotte "fuori linea" (ad esempio trend storici di alcuni indici di PQ associati ai buchi di tensione e regressione lineare multipla). Infine sono sviluppate alcune considerazioni conclusive sugli esiti della campagna di monitoraggio e sulle prospettive future che potrebbe aprire una sua eventuale estensione a un più ampio campione di punti di misura.

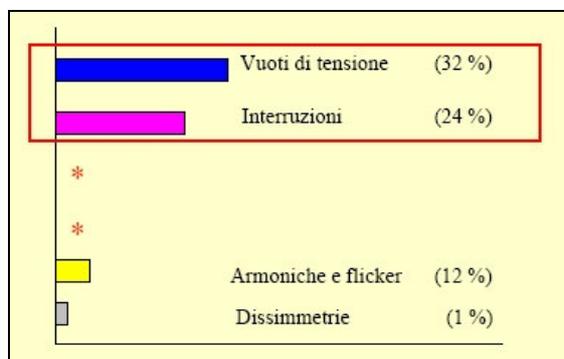


Figura 1: Tipologie principali dei reclami dei Clienti e loro peso percentuale

2 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLA TENSIONE NELLE RETI DI DISTRIBUZIONE

2.1 Cenni sull'architettura del sistema di monitoraggio

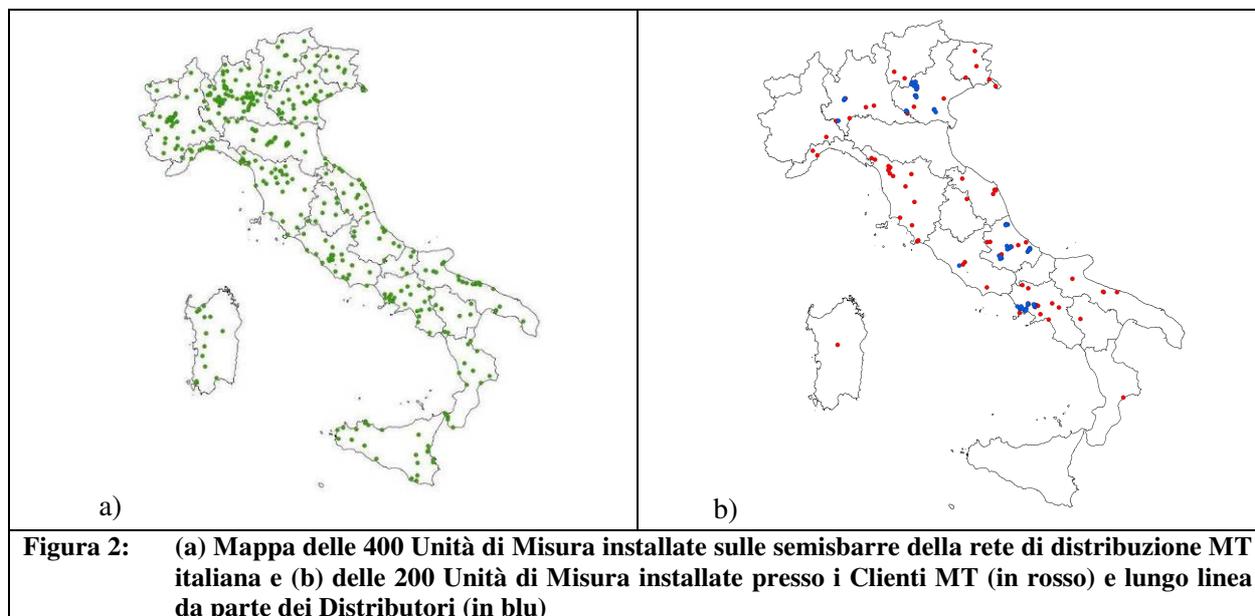
Il sistema di monitoraggio della tensione nelle reti MT di distribuzione è costituito nelle sue parti principali da:

- una rete di 600 unità di misura distribuite su tutto il territorio nazionale, 400 delle quali installate su altrettante semisbarre delle cabine primarie della rete in media tensione, e le restanti site nelle cabine secondarie di Clienti MT e dei Distributori (Figura 2);¹
- un sistema centrale di raccolta e archiviazione dei dati;
- un sistema di elaborazione dei dati e reporting, denominato QuEEN, accessibile al pubblico tramite il sito web <http://queen.erse-web.it/>.

Le caratteristiche di qualità della tensione rilevate dal sistema di monitoraggio sono: ampiezza e variazioni della tensione di alimentazione, buchi di tensione, sovraelevazioni della tensione (swell), brevi interruzioni, squilibri, variazioni rapide, flicker e armoniche della tensione.

Le misure, raccolte e archiviate dal sistema centrale, vengono elaborate e rese disponibili, tramite il sistema QuEEN, a due tipologie di utilizzatori:

- i titolari degli strumenti, Clienti MT e Distributori, che accedono tramite password a dati di dettaglio (tempi e caratteristiche di ogni singolo evento, ivi compresa la possibilità di visualizzare, fuori linea, gli oscillogrammi delle tensioni in corrispondenza degli eventi), e statistiche dei disturbi per singolo punto di misura;
- il pubblico, che accede liberamente e può richiedere elaborazioni dei dati, aggregati su gruppi di strumenti definiti per regione, tipologia di rete etc.



¹ Il campione delle 400 semisbarre, circa l'11% del totale delle reti di distribuzione MT italiane, per i criteri di rappresentatività della rete con cui è stato scelto può considerarsi statisticamente rappresentativo dell'intera rete in media tensione. Viceversa i circa 200 strumenti dei Clienti (75) che hanno aderito alla campagna di monitoraggio su base volontaria e dei Distributori (124) sono stati collocati nelle reti MT sulla base delle loro esigenze e non rappresentano pertanto un campione statisticamente rappresentativo dell'intera rete ([2][3]).

2.2 La misura dei buchi di tensione in Cabina Primaria

2.2.1 Rappresentatività della misura

La scelta di monitorare la rete in media tensione è stata dettata dal fatto di poter ottenere valutazioni accurate della qualità della tensione, soprattutto per quanto riguarda i buchi di tensione, con un numero *ragionevole* di punti di misura a livello MT che costituissero un campione di siti statisticamente rappresentativo della rete.

Infatti, come già anticipato, anche se i 200 punti di misura lungo le linee MT non rappresentano un campione statisticamente rappresentativo dell'intera rete, i risultati del monitoraggio raccolti in questi punti hanno consentito di confermare l'assunto che le statistiche dei buchi di tensione basate sulle misure effettuate sulle semisbarre costituiscono una buona stima di quanto può succedere nei punti di allacciamento dei clienti alla rete pubblica MT ([2]).

Si osserva, infatti, che il numero dei buchi di tensione visti lungo linea è minore o al più uguale al numero di quelli visti sulla semisbarra di cabina primaria (la differenza è data dalle interruzioni²), mentre per quanto riguarda le tensioni residue e le durate degli eventi l'analisi dei risultati del monitoraggio, consente di dare ulteriori importanti conferme.

In particolare la Figura 3 riporta un esempio della distribuzione dei rapporti tra le tensioni residue misurate lungo linea (U_{res-l}) e quella misurata sulla semisbarra (U_{res-s}) per i medesimi eventi. Si può apprezzare il fatto che, mediamente, le tensioni residue misurate lungo linea sono più basse (meno dello 1%) rispetto a quelle misurate sulla semisbarra. Circa l'82% dei rapporti (U_{res-l}/U_{res-s}) cadono nell'intervallo $1 \pm 2\%$. Per quanto riguarda la durata dei buchi di tensione le massime differenze riscontrate tra le misure effettuate lungo linea e quelle sulla semisbarra di cabina primaria sono dell'ordine di 10÷20 ms. Nella grande maggioranza dei casi le differenze sono nulle.

I risultati confermano quindi quanto ragionevolmente atteso, vale a dire che:

- il numero dei buchi di tensione misurati sulla semisbarra costituiscono una leggera sovrastima del numero di buchi di tensione attesi nei nodi di consegna MT;
- le tensioni residue e le durate dei buchi di tensione misurate sulla semisbarra costituiscono una buona stima delle tensioni residue e delle durate attese nei nodi di consegna MT.

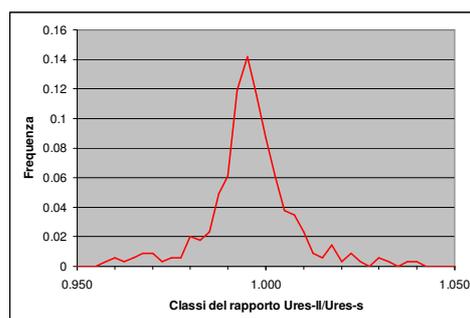


Figura 3: Distribuzione dei rapporti tra le tensioni residue misurate lungo linea (U_{res-l}) e quella misurata sulla semisbarra (U_{res-s}) per i medesimi eventi.

La scelta di implementare un sistema di monitoraggio che fosse rappresentativo della rete, e quindi caratterizzato da siti permanenti di misura opportunamente scelti sul territorio italiano, ha portato ad

² Si può infatti osservare che il numero dei buchi di tensione visti lungo linea è minore o al più uguale al numero dei buchi di tensione visti sulla semisbarra. La differenza è dovuta al fatto che i buchi di tensione originati dai guasti polifase lungo le linee danno luogo a interruzioni sulle linee interessate dal guasto e a buchi di tensione sulla semisbarra e sulle altre linee.

escludere altre opzioni che si sarebbero potute prendere in considerazione. Infatti, se per il monitoraggio della rete AT all'avvio del sistema QuEEN era già in corso il progetto "MONIQUE"³ da parte di TERNA Rete Elettrica Nazionale S.p.A., per quanto riguarda le reti BT era impensabile progettare un sistema di monitoraggio "fisso" a causa del numero elevato di nodi che si sarebbero dovuti monitorare per avere dei risultati statisticamente significativi. Tipicamente alcune campagne di monitoraggio di lungo periodo della rete BT condotte all'estero si sono spesso basate su sistemi "mobili" con siti di misura che cambiano nel corso della campagna [5][6].

Allo scopo di indagare la correlazione tra gli eventi che interessano le reti MT e BT è in previsione l'installazione di alcune unità di misura nella rete di distribuzione in bassa tensione in nodi opportuni per realizzare una "catena di monitoraggio" che renda possibile tale analisi per differenti tipologie di rete e clientela BT alimentata.

2.2.2 Metodica di misura

Il sistema di monitoraggio è stato realizzato all'interno di un programma di Ricerca di Sistema avente una durata e un budget definiti. In questo contesto per avere, in ogni caso, un sistema di monitoraggio rappresentativo della rete di distribuzione in MT, si è deciso di ricorrere ai trasformatori di misura induttivi (TV) già esistenti nelle cabine primarie, caratterizzati da un primario con connessione fase/terra. Gli apparecchi di misura sono quindi stati installati al secondario dei trasformatori di misura (lato BT) per la misura delle tensioni concatenate ricostruite sulla morsettiera degli strumenti con un opportuno collegamento.

In presenza di eventi quali i guasti monofase a terra in conseguenza delle componenti unidirezionali che si generano nel sistema di distribuzione si possono innescare fenomeni di saturazione dei TV a seguito dei quali la catena di misura rileva dei "falsi" buchi di tensione che non trovano un corrispondente "fisico" nella rete e che pertanto non debbono essere conteggiati nella statistica dei buchi di tensione. Tali "falsi" eventi si manifestano principalmente nelle reti esercite a neutro isolato e per evitarne la registrazione si può adottare, a seconda delle disponibilità del caso, una delle seguenti soluzioni:

- opportuni "filtri" software in grado di riconoscere i falsi buchi di tensione;
- utilizzo di TV con primario con connessione fase-fase (come realizzato nelle installazioni presso alcuni Clienti MT dove, per ragioni di misura della potenza, era presente tale disponibilità);
- utilizzo di trasduttori non soggetti a fenomeni di saturazione (ad esempio partitori resistivi di tensione).

La scelta adottata nel sistema di monitoraggio è stata quella di ricorrere a "filtri" software ed in particolare, al momento, è attivo un filtro basato sul riconoscimento della presenza di una componente di seconda armonica nelle tensioni misurate⁴ ([4][7]).

³ MONIQUE - - Sistema di monitoraggio della qualità della tensione elettrica sulle reti AT.

⁴ Il filtro è stato sviluppato in collaborazione con il Politecnico di Torino che ha operato nell'ambito di un progetto di ricerca finanziato da AEM Distribuzione Torino SpA.

3 COSTI DI REALIZZAZIONE E GESTIONE DEL SISTEMA

In generale valutazioni relative alla realizzazione e gestione di una campagna di monitoraggio sono fortemente dipendenti dalle scelte adottate per la realizzazione del sistema (modalità di trasmissione dati, sistema unico di raccolta dati o delocalizzato, scelte software e hardware adottate, etc.) e possono quindi variare da un sistema all'altro. Si può dire, tuttavia, che al costo di un sistema di monitoraggio concorrono sia *costi di investimento* iniziali per la realizzazione del sistema e comprensivi dei costi per:

- a. l'acquisizione⁵ delle apparecchiature di misura;
- b. l'installazione delle apparecchiature;
- c. la realizzazione del sistema centrale e di rendicontazione/reporting;

sia *costi di gestione, esercizio e manutenzione* che caratterizzano tutta la durata della campagna di monitoraggio comprensivi dei costi per:

- d. il mantenimento in esercizio e l'aggiornamento del sistema centrale;
- e. la trasmissione dei dati dalle apparecchiature di misura al sistema centrale;
- f. la manutenzione del sistema in termini sia di riparazione delle apparecchiature di misura (inclusa la loro disinstallazione e successiva reinstallazione) sia di interventi sull'hardware del sistema centrale.

Ovviamente tutte le attività sottese alle diverse voci di costo comportano l'impiego di risorse umane sia nella fase di realizzazione sia in quella di gestione del sistema e di analisi dei dati raccolti.

Tenendo pertanto presente che qualsiasi valutazione fatta sul sistema sperimentale attualmente in esercizio non può essere utilizzata, applicando dei fattori di scala, per prevedere i costi di eventuali sistemi di monitoraggio più estesi/ridotti, nella Figura 4 si riportano stime indicative delle voci di costo precedenti espresse in percentuale del costo iniziale di acquisto della strumentazione⁶. Data la natura sperimentale del sistema QUEEN e di ricerca dell'attività, non si è ritenuto significativo dare una stima dei costi associati alle risorse umane impiegate il cui peso è comunque rilevante e superiore all'investimento iniziale.

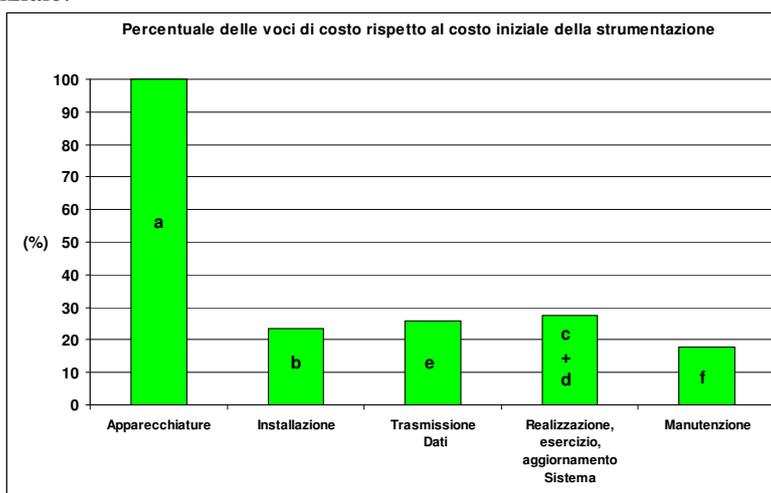


Figura 4: Stima percentuale delle voci di costo del monitoraggio riferite al costo iniziale di acquisto della strumentazione

⁵ Il costo da sostenere per l'acquisto delle apparecchiature può essere influenzato da fattori di economia di scala che, per sistemi di monitoraggio estesi, potrebbero portarne una riduzione.

⁶ La valutazione è stata condotta dopo un calcolo di attualizzazione dei costi sostenuti nell'arco della campagna di monitoraggio dal 2005 al 2009 al tasso medio di 2,13%.

4 ANALISI DEI DATI DI MONITORAGGIO

In questo capitolo si illustrano possibili modalità di presentazione dei dati sulla prestazione di una rete elettrica a fronte dei buchi di tensione (voltage dip performance) e l'applicazione di alcuni di essi alla rete di distribuzione italiana in media tensione a partire dai dati registrati dal sistema di monitoraggio ([4]). I buchi di tensione consistono in una diminuzione della tensione di alimentazione, che assume valori compresi tra il 90% e l'1% della tensione nominale U_n e sono principalmente caratterizzati da una tensione residua U_{res} (%) e da una durata⁷.

4.1 Modalità di presentazione della voltage dip-performance

4.1.1 Modalità di presentazione per sito e per sistema

Nel corso degli anni a livello internazionale sono stati adottati diversi metodi di presentazione della voltage dip-performance di una rete. Il metodo più "immediato" è quello *tabellare* che prevede la classificazione dei buchi di tensione in classi di durata e tensione residua, caratterizzando l'evento non solo in termini di generica numerosità. In particolare, la classificazione suggerita, per finalità statistiche, dalla nuova versione della norma EN 50160⁸ (Figura 5) propone di caratterizzare le classi dei buchi di tensione in funzione delle curve di immunità definite secondo i livelli di prova⁹ indicati per le apparecchiature appartenenti alle classi 2 e 3 nelle norme CEI EN 61000-4-11¹⁰ e CEI EN 61000-4-34¹¹ (per la definizione delle classi 2 e 3 si veda la norma CEI EN 61000-2-4¹²). Si evidenzia che tali livelli sono riferibili solo a singole apparecchiature e non a "processi" di lavorazione.

L'apparecchiatura è da considerarsi immune ai buchi di tensione caratterizzati da durate e tensioni residue al di sopra delle curve di immunità (celle gialle per la classe 2 e celle gialle+verdi per la classe 3). L'individuazione di aree di immunità potrebbe portare alla definizione di una curva di responsabilità (linea rossa di Figura 5) per la quale l'area di immunità è di "competenza" del costruttore di apparecchiature e del Cliente (per la scelta delle apparecchiature e delle soluzioni impiantistiche più opportune per garantire l'immunità dei processi), mentre l'area definita dalle celle bianche è di responsabilità del distributore.

Tensione Residua [%]	20-200 [ms]	200-500 [ms]	0,5-1 [s]	1-5 [s]	5-60 [s]
90 > u ≥ 80	CELLA A1	CELLA A2	CELL AA3	CELLA A4	CELLA A5
80 > u ≥ 70	CELLA B1	CELLA B2	CELLA B3	CELLA B4	CELLA B5
70 > u ≥ 40	CELLA C1	CELLA C2	CELLA C3	CELLA C4	CELLA C5
40 > u ≥ 5	CELLA D1	CELLA D2	CELLA D3	CELLA D4	CELLA D5
5 > u ≥ 1	CELLA X1	CELLA X2	CELLA X3	CELLA X4	CELLA X5

Figura 5: Tabella dei buchi di tensione come da nuova revisione della norma EN 50160

⁷ Si ricorda che i buchi di tensione registrati, nelle analisi svolte, sono presi in esame singolarmente, senza operare alcun tipo di aggregazione temporale.

⁸ EN 50160 – Voltage characteristics of electricity supplied public distribution networks, 2010.

⁹ I livelli di prova previsti dalla normativa sono ragionevolmente severi e rappresentativi di molti buchi di tensione reali ma non garantiscono l'immunità delle apparecchiature a tutti i buchi di tensione: condizioni di prova più severe possono essere prese in considerazione dai singoli comitati di prodotto.

¹⁰ CEI EN 61000-4-11 - Parte 4-11: Tecniche di prova e di misura - Prove d'immunità a buchi di tensione, brevi interruzioni e variazioni di tensione, Ed. 2 – 2006.

¹¹ CEI EN 61000-4-34 - Parte 4-34: Tecniche di prova e di misura - Prove d'immunità ai buchi di tensione e alle variazioni di tensione per le apparecchiature con corrente di ingresso superiore a 16 A per fase, Ed. 1 – 2007.

¹² CEI EN 61000-2-4 - Parte 2-4: Ambiente - Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali, Ed. 2 – 2003.

I numeri che riempiono la tabella possono essere riferiti al valor medio di eventi rilevati per punto di misura o al valore del 95° percentile. Il sistema QuEEN rendiconta entrambi i valori, congiuntamente ad analoghe tabelle che si riferiscono ad una classificazione degli eventi secondo la proposta UNIPEDA.

Ulteriori modalità di presentazione

In alternativa alla rappresentazione con tabelle i risultati della voltage dip-performance di una rete possono essere presentati graficamente con *mappe di isonumerosità* dei buchi di tensione nel piano durata e tensione residua (Figura 6). Questo tipo di rappresentazione garantisce una buona visione di insieme sulla “densità” di localizzazione degli eventi e sulla loro caratterizzazione in termini di durata (correlabile con le logiche di protezione delle reti) e profondità, fornendo tuttavia solo un’indicazione “qualitativa” della loro numerosità.

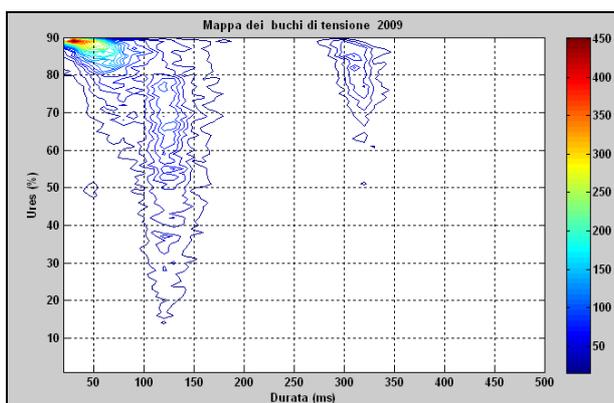


Figura 6: Mappa durata-tensione residua per i buchi di tensione del 2009 (30 curve di isonumerosità)

Un’ulteriore modalità di rappresentazione grafica, più sofisticata, è quella proposta in ambito WG UIE/CIRED/CIGRE C4-110 quale quella riportata in Figura 7 che, per i dati del 2009, è riferita alla mappa relativa al 95° percentile dei siti di cabina primaria monitorati. Preso un punto appartenente ad una “curva di isolivello” associata ad un valore N_i e caratterizzato da una durata t ed una tensione residua V , la mappa fornisce l’informazione che il 95 % dei siti della rete italiana monitorata presenterà al massimo “ N_i ” buchi di tensione, per anno, caratterizzati da una tensione residua inferiore a V e da una durata maggiore di t .

Le “curve di isolivello” sono quindi in grado di fornire la dip performance di una rete rappresentando il numero di eventi con determinate caratteristiche di tensione residua e di durata che non viene superato in differenti percentuali dei siti monitorati. A titolo di esempio in Figura 7 b) oltre al 95% (siti “meno virtuosi”) si riporta la mappa per il 50% dei siti, caratterizzati da un minor numero di buchi di tensione e con tensioni residue maggiori e durate più brevi.

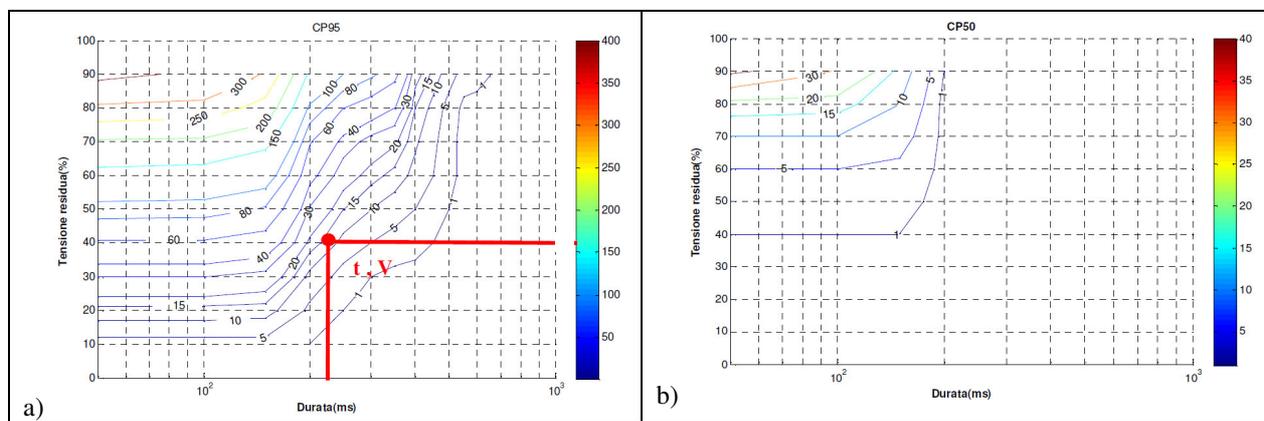


Figura 7: Curve di “isolivello” per il 95% (a) e il 50% (b) dei siti monitorati nel corso del 2009

Considerando che i buchi di tensione possono interessare tutte o solo alcune delle tensioni misurate e che il loro effetto sul funzionamento delle apparecchiature può essere differente a seconda della tipologia, “curve isolivello” possono essere tracciate oltre che per eventi che coinvolgono tutte le tensioni concatenate anche per eventi caratterizzati da solo una o due tensioni concatenate affette dal disturbo¹³.

4.1.2 Modalità di presentazione in forma sintetica

Una possibilità di rappresentare la dip performance delle reti in forma sintetica è data dalla valutazione di opportuni *indici*, il cui vantaggio principale rispetto alle modalità precedenti, oltre a quello di sintesi (un solo numero), è quello di facilitare confronti tra dip performance relative a periodi di monitoraggio diversi (analisi dei trend storici) o relative a singoli siti/aree territoriali distinti.

Dati i buchi di tensione registrati in un anno, gli indici sono dapprima valutati per ogni singolo buco di tensione (**indici di evento**), in base alla loro definizione, per arrivare ad ottenere degli **indici di sito** tramite somma diretta di tutti gli indici di evento associati ad ogni singolo sito di misura. Gli **indici di sistema** si ottengono alla fine sommando gli indici di sito su tutti i siti facenti parte del sistema in esame¹⁴.

Indici di semplice valutazione sono quelli “di conteggio semplice” che definiscono il numero medio di buchi di tensione, per punto di misura, all’anno, che cadono al di sotto delle curve di immunità rispettivamente per apparecchiature di classe 2 (**N2a**), connesse alla rete di distribuzione pubblica, e di classe 3 (**N3b**), che operano in un ambiente industriale.

Facendo riferimento alla tabella di Figura 5, N2a conta i buchi che cadono fuori dalle celle gialle mentre N3b conta i buchi che cadono nelle celle bianche. Per questi indici si osserva che:

- sono di facile comprensione (è un semplice conteggio) e un valore basso di questi indici corrisponde ad una situazione di buona prestazione della rete;
- non danno evidenza della durata e profondità del buco di tensione.

Per tener conto delle caratteristiche dei buchi di tensione si possono prendere in considerazione indici di conteggio “pesato” quali il “Discrete Severity Index”[8], che, dato un buco di durata t^* e tensione residua V^* sono definiti come:

$$DSI_x = \frac{|V^* - 1|}{|V_{refx} - 1|}$$

dove V^* è la tensione residua dell’evento in p.u. e V_{refx} è il livello di tensione della curva di immunità x per l’intervallo di durate in cui cade la durata dell’evento t^* e assume valori diversi a seconda della curva di immunità “ x ” a cui si fa riferimento. Si osserva che:

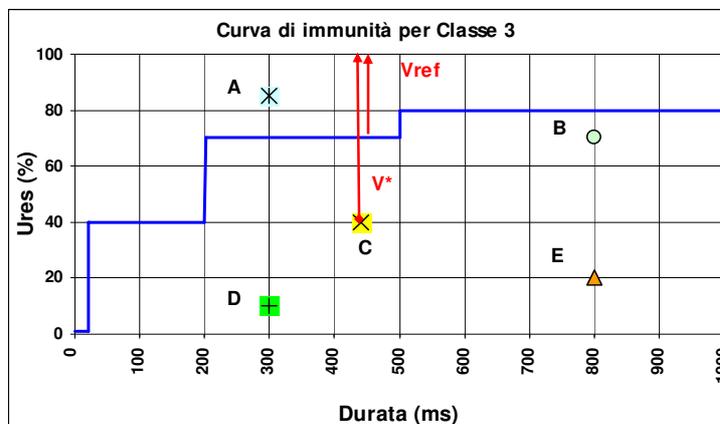
- un valore di **DSI < 1** è associate ad un disturbo “ACCETTABILE” (cade nell’area di immunità);
- un valore di **DSI > 1** implica un evento “POTENZIALMENTE PERICOLOSO” (cade fuori dall’area di immunità);
- questi indici prendono in considerazione la severità dell’evento valutandone la distanza dalla curva di immunità di riferimento;
- non sono di immediata comprensione.

Nella Figura 8 sono riportati a titolo esplicativo alcuni eventi (A, B, C, D, E), caratterizzati da diverse durate e tensioni residue, e i valori assunti per essi dall’indice DSI riferito alla curva di classe 3

¹³ Vale la pena osservare, a titolo d’esempio per i dati 2009, che gli eventi che interessano solo una delle tensioni concatenate e che cadono sotto la curva di immunità di classe 3 rappresentano solo il 2% del totale a fronte di un 73% dei buchi di tensione che interessano tutte e tre le concatenate.

¹⁴ Tipicamente gli indici di sistema sono valutati riferendoli al numero di punti di misura attivi nel periodo di monitoraggio in esame (punto di misura equivalente).

(DSI_3b). Per i casi illustrati in figura l'indice DSI_3b varia da 0,5 a 4, come illustrato nella tabella a destra, nella quale è riportato per ogni evento anche il valore dell'indice di conteggio N3b precedentemente definito.



Evento	Durata (ms)	Ures(%)	DSI_3b	N3b
A	300	85	0.5	0
B	800	70	1.5	1
C	440	40	2.0	1
D	300	10	3.0	1
E	800	20	4.0	1

Figura 8: Definizione dell'indice discreto di severità riferito alla curva di classe 3 (DSI_3b) e sua valutazione per alcuni eventi (vedi tabella)

Un altro indice che tiene conto di entrambe le caratteristiche dell'evento (durata e tensione residua) è il **Missing Voltage Time (MVT)** o mancanza di tensione per la durata dell'evento che è calcolato come prodotto della durata del buco di tensione per lo scarto della sua tensione residua dalla tensione nominale (1 p.u.):

$$MVT = (1 - \dot{V}) * \Delta t$$

ed è quindi espresso in pu*sec. Più in particolare si osserva che MVT:

- fa riferimento alle caratteristiche di durata e profondità degli eventi anche se non le rapporta alle curve di immunità;
- non è di immediata comprensione.

L'indice MVT può essere calcolato anche solo per gli eventi che cadono sotto a una data curva di immunità. In questo modo ci si assicura una valutazione dell'indice di sistema associato agli eventi (MVT2 o MVT3 a seconda che ci si riferisca alla curva di classe 2 o 3) "epurata" dal contributo degli eventi che cadono in aree di immunità delle apparecchiature. Con riferimento ai casi illustrati in Figura 8 i valori degli indici MVT e MVT3 sono riportati nella tabella seguente.

Evento	Durata (ms)	Ures (%)	MVT [pu*s]	MVT3 [pu*s]
A	300	85	0,05	-
B	800	70	0,2	0,2
C	440	40	0,3	0,3
D	300	10	0,3	0,3
E	800	20	0,6	0,6

Un altro indice che è stato proposto in letteratura, simile al precedente, è il **Missing Voltage Time Area** o **MVTA** [9], che, dato un evento "i", è valutato analogamente all'MVT ma riferendosi alla soglia di 0,9 (ovvero alla soglia di definizione dell'inizio di un buco di tensione):

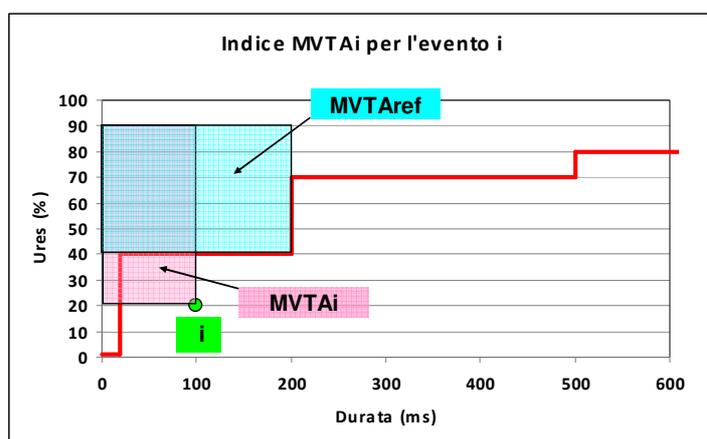
$$MVTA_i = (0.9 - \dot{V}) * \Delta t$$

Con riferimento alla Figura 9 l'indice $MVTA_i$ corrisponde all'area rosa tratteggiata.

Tale valore viene confrontato con quello analogo di "area mancante sopportabile" dall'apparecchiatura $MVTA_{ref}$ (area azzurra), definita a partire da una data curva di immunità, riferendosi ai livelli di

immunità associati alla durata dell'evento (nell'esempio di Figura 9 il 1° gradino della curva 3). L'indice risultante, $MVTA_3$ è dato dal conteggio di tutti gli eventi "i" per i quali risulta $MVTA_i > MVTA_{ref}$. Tale indice opera quindi un conteggio "pesato" su una curva di immunità sulla base di "considerazioni energetiche" come riportato in [9].

Nel seguito per la valutazione degli indici MVT e MVTA si farà riferimento solo agli eventi di durata minore uguale a 1 s¹⁵.



Evento	Durata (ms)	Ures (%)	MVT <i>i</i> [pu*s]	MVTA _{ref} [pu*s]	MVTA_3 N°
i	100	20	0.07	0.10	0

$$MVTA_i = (0.9 - 0.2) pu * 0.1s = 0.07 pu * s$$

$$MVTA_{ref} = (0.9 - 0.4) pu * 0.2s = 0.1 pu * s$$

$$MVTA_i < MVTA_{ref} \Rightarrow MVTA_3 = 0$$

Figura 9: Definizione dell'indice $MVTA_3$

In generale qualunque sia la modalità scelta di rappresentazione della voltage dip performance questa dovrebbe essere corredata da informazioni aggiuntive che ne rendano possibile la comprensione in modo che non si generino interpretazioni incomplete e/o non completamente corrette (ad esempio informazioni sul campo di applicazione della modalità di presentazione scelta, sul significato ed impiego delle curve di immunità, sull'origine degli eventi registrati, etc.).

4.2 La voltage dips performance delle reti di distribuzione MT

Come visto nel paragrafo precedente una prima forma di presentazione della prestazione della rete ai buchi di tensione è quella tabellare che per il periodo di monitoraggio 2006÷2009¹⁶, e relativamente a tutte le cabine primarie monitorate, è quella illustrata nelle Figura 13÷Figura 13 sia per quanto riguarda il numero medio di buchi di tensione per punto di misura equivalente sia per il 95° percentile.

A titolo di esempio, per il 2009 l'84% degli eventi ricade nell'area di immunità per le apparecchiature di classe 3 (celle verdi +gialle) ed il 57% in quella per le apparecchiature di classe 2 (celle gialle). Sempre per il 2009 dalla tabella relativa al numero medio per punto di misura equivalente è immediato calcolare gli indici di conteggio N2a (49,6) e N3b (18,8).

Analoghe tabelle possono essere ottenute da QUEEN per le regioni italiane o per altri tipi di aggregazione.

¹⁵ Per durate maggiori di 1 s questo indice assume per definizione dei valori molto elevati; il numero di eventi escluso dal calcolo è comunque pari a circa l'1,5% del totale.

¹⁶ La durata di un anno è da intendersi come il periodo di 52 settimane che inizia il primo lunedì di febbraio (ad esempio, per il 2009, dal 2 Febbraio 2009 al 31 Gennaio 2010) essendo iniziata la campagna di monitoraggio il 6 febbraio del 2006.

Numero medio di Buchi di Tensione MT per punto di misura equivalente (EN50160)						
Durata buchi (ms)						
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	33.7	5.3	0.9	0.6	0.0
	70<=D<80	18.6	3.5	0.3	0.2	0.0
	40<=D<70	34.5	5.3	0.5	0.1	0.1
	5<=D<40	15.3	3.0	0.3	0.1	0.0
	1<=D<5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0

Il 95% dei punti di misura aggregati ha un numero di buchi minore o uguale a quello indicato in tabella - 95° Percentile (EN50160)						
Durata buchi (ms)						
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	59	26	4	1	0
	70<=D<80	33	15	2	1	0
	40<=D<70	66	23	2	1	0
	5<=D<40	33	9	2	0	0
	1<=D<5	1	0	0	0	0

Figura 10: Statistica dei buchi di tensione per il 2006

Numero medio di Buchi di Tensione MT per punto di misura equivalente (EN50160)						
Durata buchi (ms)						
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	40.2	5.0	0.9	0.7	0.1
	70<=D<80	23.4	3.4	0.4	0.2	0.0
	40<=D<70	37.5	5.6	0.5	0.2	0.1
	5<=D<40	15.1	2.4	0.3	0.1	0.0
	1<=D<5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Il 95% dei punti di misura aggregati ha un numero di buchi minore o uguale a quello indicato in tabella - 95° Percentile (EN50160)						
Durata buchi (ms)						
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	91	22	4	2	0
	70<=D<80	51	13	2	1	0
	40<=D<70	79	27	3	1	0
	5<=D<40	37	9	2	1	0
	1<=D<5	1	0	0	0	0

Figura 11: Statistica dei buchi di tensione per il 2007

		Numero medio di Buchi di Tensione MT per punto di misura equivalente (EN50160)				
		Durata buchi (ms)				
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	29.2	5.6	1.2	0.8	0.2
	70<=D<80	18.6	4.3	0.5	0.1	0.0
	40<=D<70	40.0	6.8	0.6	0.1	0.0
	5<=D<40	15.4	2.6	0.3	0.0	0.0
	1<=D<5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

		Il 95% dei punti di misura aggregati ha un numero di buchi minore o uguale a quello indicato in tabella - 95° Percentile (EN50160)				
		Durata buchi (ms)				
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	67	23	4	2	0
	70<=D<80	41	17	2	1	0
	40<=D<70	108	30	3	1	0
	5<=D<40	40	9	1	0	0
	1<=D<5	1	0	0	0	0

Figura 12: Statistica dei buchi di tensione per il 2008

		Numero medio di Buchi di Tensione MT per punto di misura equivalente (EN50160)				
		Durata buchi (ms)				
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	34.9	7.5	2.0	0.6	0.0
	70<=D<80	17.1	5.3	0.6	0.2	0.0
	40<=D<70	28.2	5.3	0.6	0.1	0.0
	5<=D<40	9.9	1.7	0.2	0.0	0.0
	1<=D<5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

		Il 95% dei punti di misura aggregati ha un numero di buchi minore o uguale a quello indicato in tabella - 95° Percentile (EN50160)				
		Durata buchi (ms)				
		20-200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-60000
Ures (%)	80<=D<90	86	40	6	2	0
	70<=D<80	54	19	2	0	0
	40<=D<70	91	22	3	1	0
	5<=D<40	37	8	1	0	0
	1<=D<5	1	0	0	0	0

Figura 13: Statistica dei buchi di tensione per il 2009

Tuttavia analisi tendenti ad evidenziare il trend storico delle prestazioni della rete possono essere fatte in maniera più efficace mediante la valutazione degli indici della qualità della tensione precedentemente definiti come riportato nelle Figura 14 e Figura 15 (come riferimento si riporta anche il valor medio nazionale sui 4 anni di monitoraggio). Gli indici di conteggio, DSI e MVTA sono stati valutati con riferimento alle curve di immunità di classe 2 e 3.

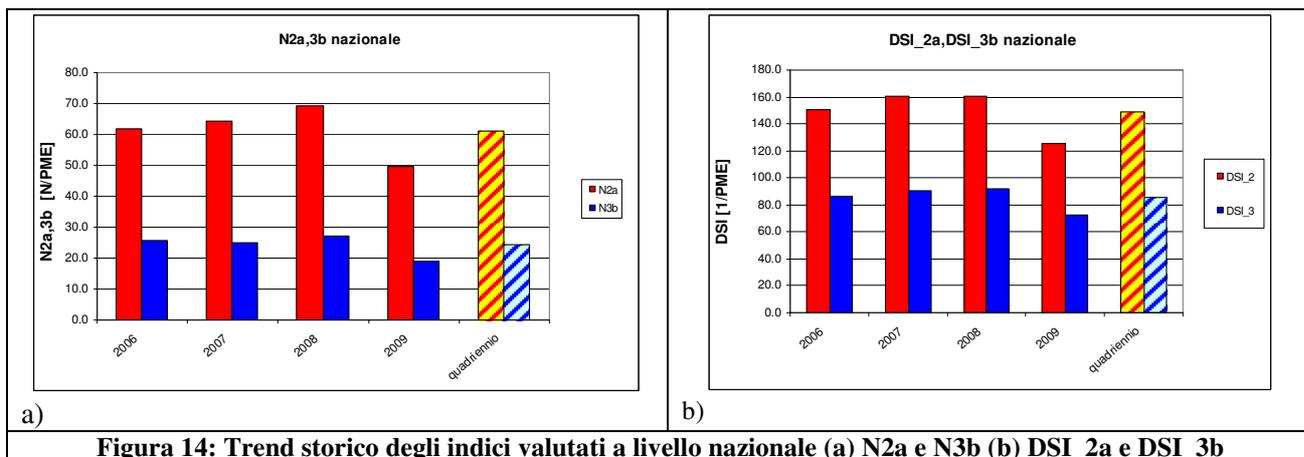


Figura 14: Trend storico degli indici valutati a livello nazionale (a) N2a e N3b (b) DSI_2a e DSI_3b

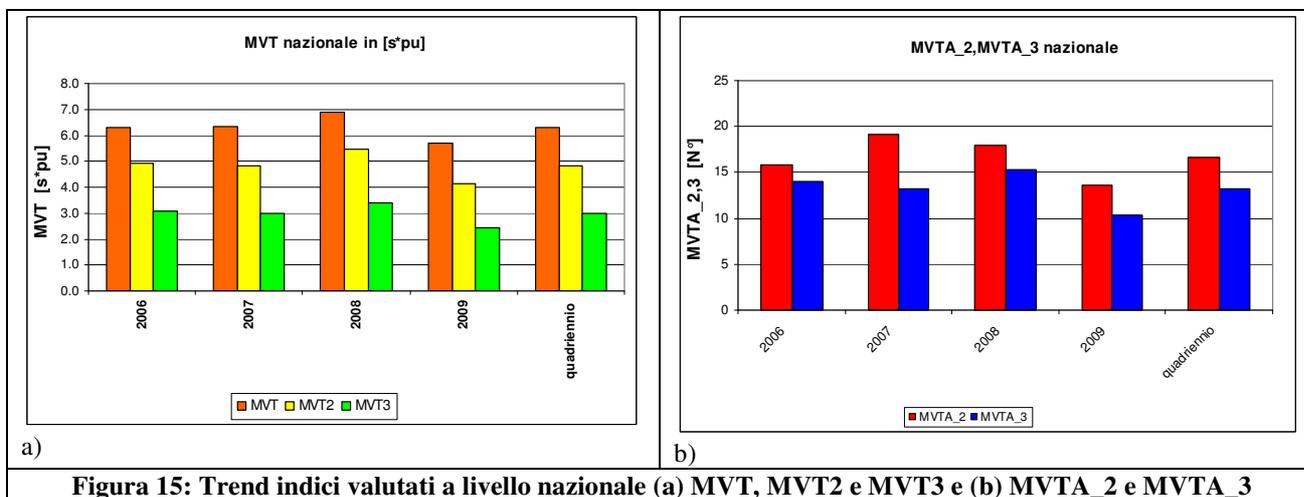


Figura 15: Trend indici valutati a livello nazionale (a) MVT, MVT2 e MVT3 e (b) MVTA_2 e MVTA_3

Dall'andamento degli indici si evidenzia una marcata differenza del valore assunto per uno stesso anno a seconda che il calcolo sia riferito alla curva di classe 2 o 3. Nell'ipotesi di valutare gli indici rispetto ad un riferimento comune, quale potrebbe essere il valor medio assunto nel quadriennio, si ottengono gli andamenti di Figura 16¹⁷. Questa operazione fornisce una caratterizzazione delle prestazioni della rete in modo meno dipendente dalla curva di immunità prescelta per la valutazione dell'indice.

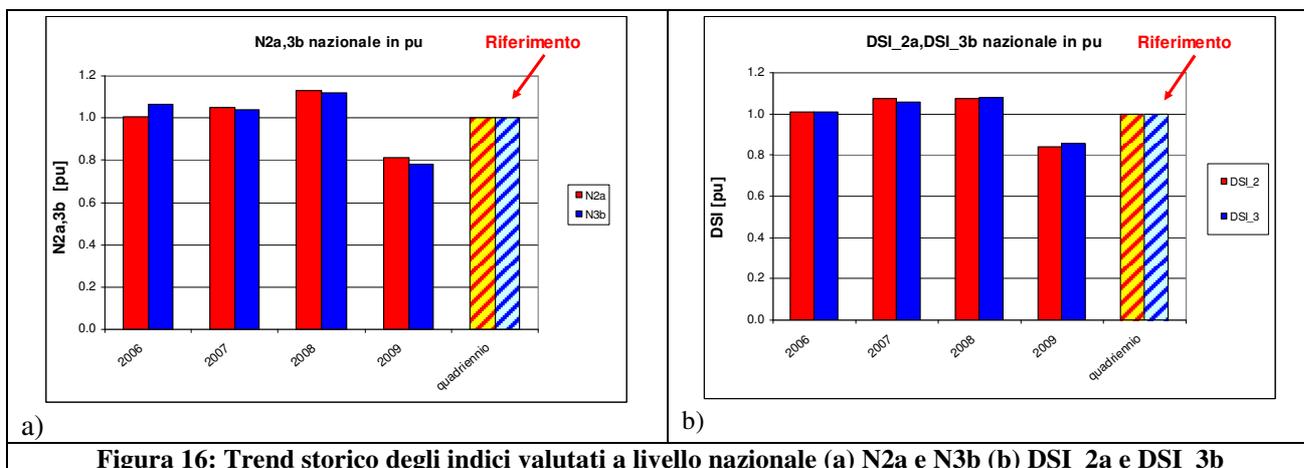


Figura 16: Trend storico degli indici valutati a livello nazionale (a) N2a e N3b (b) DSI_2a e DSI_3b

¹⁷ Il valore di riferimento è stato scelto in modo da avere un dato derivato da una statistica di lungo termine riguardante la realtà in esame.

A livello nazionale si osserva per quasi tutti gli indici di sistema un trend in leggera crescita per i primi 3 anni seguito da un calo nel 2009.

Si tratta comunque di variazioni contenute se confrontate con la marcata variabilità annuale degli indici di sito illustrata in Figura 17, dove la variabilità è evidenziata mediante il calcolo dell'errore relativo E_{rel} (in ordinata) che si commetterebbe nello stimare il valore assunto da un indice (per esempio N2a) in un certo anno sulla base del valore assunto dallo stesso l'anno precedente. Ad esempio, nell'ipotesi di assumere per il 2008 un valore per l'indice generico "I" pari a quello assunto nel 2007 ($Ind(2007)$), l'errore relativo che si commetterebbe nella sua stima è dato da:

$$E_{rel} = \frac{I(2008) - Ind(2007)}{Ind(2007)}$$

($Ind(2008)$ valore effettivo dell'indice nel 2008).

In particolare facendo riferimento all'indice N2a ed ai due siti di misura P1 e P2 di Figura 17 a) si ha:

P1: $N2a(2007) = 111; \quad N2a(2008) = 200$

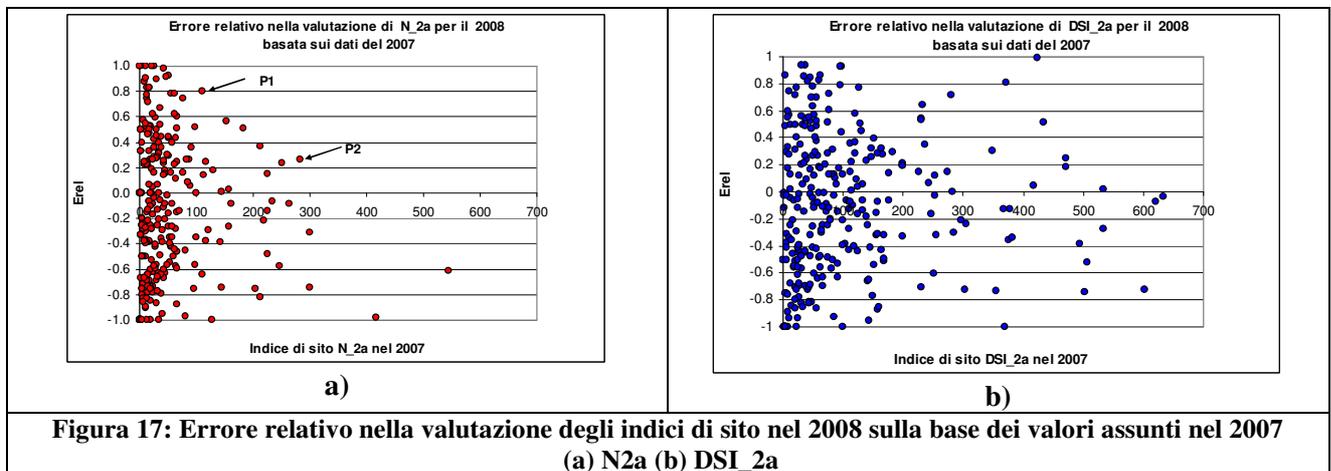
P2: $N2a(2007) = 283; \quad N2a(2008) = 359$

da cui segue un errore relativo in pu:

$$E_{rel}(P1) = \frac{(200 - 111)}{111} = 0.8$$

$$E_{rel}(P2) = \frac{(359 - 283)}{283} = 0.3$$

La variabilità per il sito P1 è molto più marcata che per il sito P2. Si osserva che in generale circa il 60% dei siti presenta un errore in valore assoluto superiore al 40% per entrambi gli indici calcolati.



I trend storici degli indici sono stati analizzati anche a livello di macroarea (l'indice di macroarea si ottiene sommando gli indici di sito ed estendendo la somma ai soli siti appartenenti alla macroarea stessa). Le 4 macroaree in cui è stata suddivisa l'Italia sono state definite in modo da avere quasi lo stesso numero di siti di misura in ognuna di esse e potere così fare un confronto tra le prestazioni della rete nelle diverse macroaree (Figura 18). Nelle tabelle sono riassunte le principali caratteristiche delle 4 macroaree nei termini di numero di siti di misura (tabella superiore) e valor medio di alcuni parametri di rete di macroarea rispetto al valore medio italiano [10][11].

Macroarea	A1	A2	A3	A4
N°sbarre monitorate	95	101	105	99
Macroarea	Neutro Isolato	Tensione nominale	Lunghezza media linea aerea conduttore nudo	Lunghezza media linee in cavo
A1	11%	-7%	-46%	31%
A2	9%	0%	-10%	-5%
A3	-1%	-3%	23%	-17%
A4	-19%	9%	29%	-6%

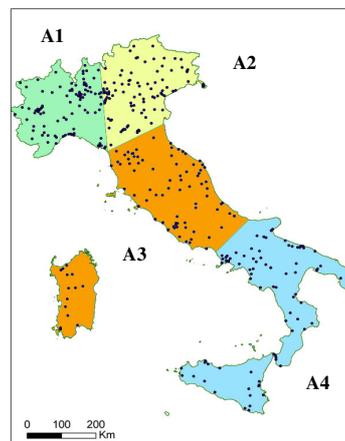


Figura 18: Definizione delle Macroaree A1, A2, A3, A4, numero dei siti di misura (tabella superiore) e dati medi di rete valutati sulla media italiana (tabella inferiore) per macroarea.

A titolo d’esempio, i trend di macroarea di Figura 19 per gli indici N2a, DSI_3b e MVT dimostrano l’esistenza di forti differenze territoriali nella prestazione della rete relativamente ai buchi di tensione specialmente per la macroarea A4 lungo tutto il quadriennio. Le altre macroaree mostrano una certa variabilità di prestazione, di anno in anno, ma il loro comportamento è in linea con il riferimento quadriennale scelto.

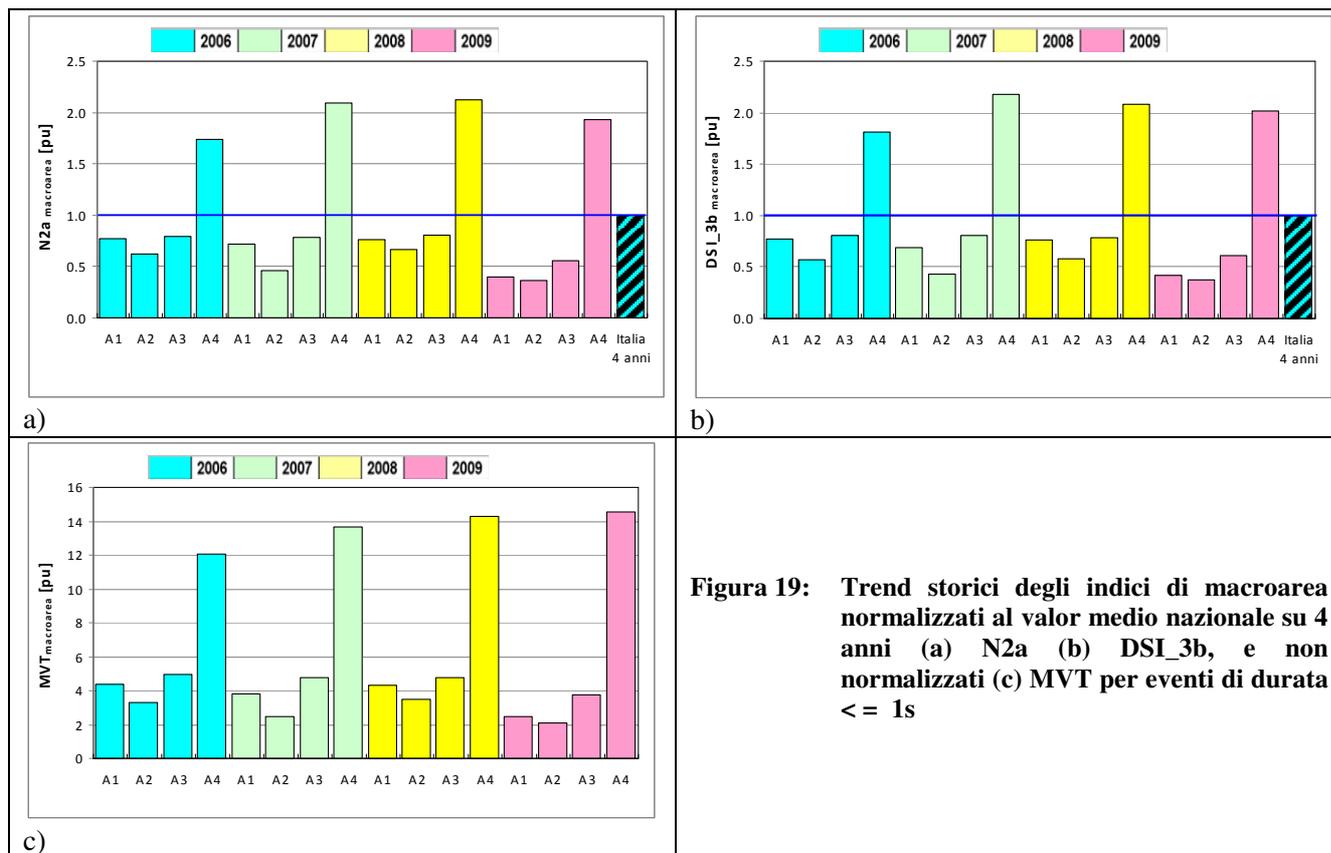


Figura 19: Trend storici degli indici di macroarea normalizzati al valor medio nazionale su 4 anni (a) N2a (b) DSI_3b, e non normalizzati (c) MVT per eventi di durata <= 1s

Lo stesso tipo di valutazione degli indici può essere estesa anche alle regioni: nelle Figura 20 e Figura 21 sono riportate le analisi condotte per gli indici N2a e N3b per il solo 2009. Gli indici di regione sono stati calcolati relativamente alla media nazionale valutata su 4 anni di monitoraggio. Pur tenendo conto dei problemi di rappresentatività statistica (non tutte le regioni hanno lo stesso numero di siti di misura)

si osserva che per esempio che le prestazioni associate alla macroarea A4 nel 2009 ed evidenziate nelle figure precedenti, non riguardano tutte le regioni della macroarea se confrontate con il dato nazionale (1pu): Molise e Puglia non superano, infatti, il dato medio nazionale. Nelle figure per ogni macroarea è riportato il valor medio di macroarea nel quadriennio, anch'esso riferito al valore nazionale.

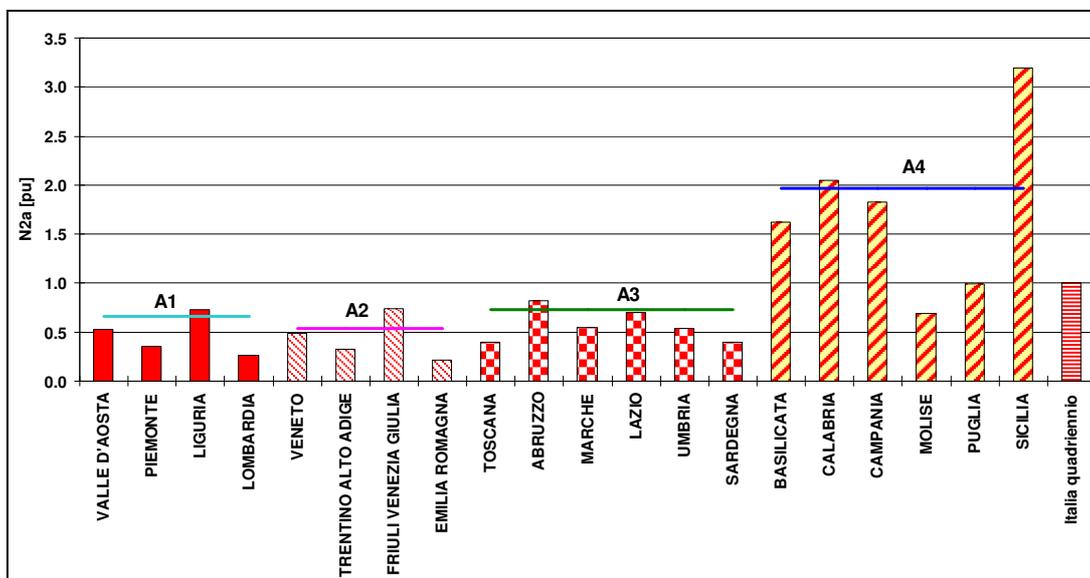


Figura 20: Valutazione dell'indice N2a a livello regionale per il 2009 e valor medio di macroarea nel quadriennio (valori riferiti alla media nazionale nel quadriennio)

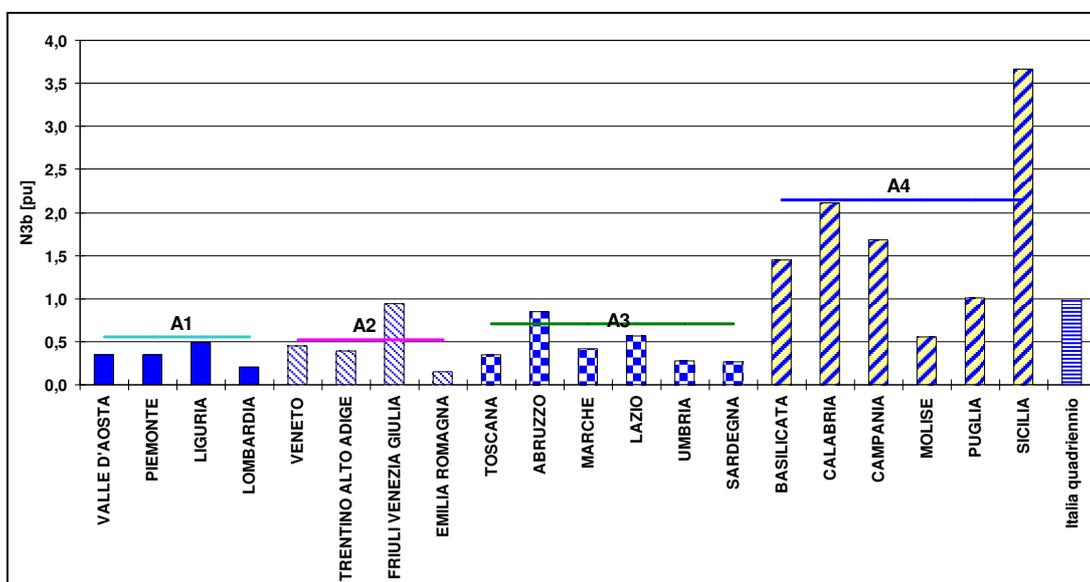


Figura 21: Valutazione dell'indice N3b a livello regionale per il 2009 e valor medio di macroarea nel quadriennio (valori riferiti alla media nazionale nel quadriennio)

4.3 Osservazioni sull'origine dei buchi di tensione

In generale i buchi di tensione misurati nella rete di distribuzione MT possono avere origine da eventi che si verificano:

- nella stessa rete in media tensione;
- nella rete in alta tensione;
- negli impianti dei Clienti allacciati alla rete MT.

Per quanto riguarda i buchi di tensione registrati dal sistema QuEEN e dovuti ad eventi originatisi nella rete di alta tensione è stato possibile valutarne una stima percentuale, su un periodo temporale di un anno, grazie a:

- un confronto “puntuale” tra le registrazioni relative a strumenti installati sia in cabina primaria lato MT e lato AT (fornite dal sistema MONIQUE di TERNA), sia nella rete di trasmissione nazionale¹⁸;
- l'identificazione degli eventi correlati al segnale proveniente dalle protezioni distanziometriche, segnale acquisito dal sistema di monitoraggio per l'individuazione di eventi originati da guasti che si manifestano nella rete in alta tensione;
- l'analisi con l'individuazione, mediante “ricerca di dettaglio”, degli eventi registrati in MT dal sistema di monitoraggio nel corso del 2009 che presentavano istanti di accadimento “correlabili” tra loro e relativi ad installazioni sottese da una comune rete in AT (istanti “coincidenti” di buchi di tensione nella rete MT sono evidenza dell'origine AT dell'evento).

L'analisi sul campione ridotto d'installazioni, per gli anni 2008 e 2009, ha evidenziato una stima percentuale media di circa il 30%¹⁹.

Tale percentuale media non ha tuttavia trovato riscontro in quella degli eventi correlati al segnale della protezione distanziometrica (9%), confermando la scarsa affidabilità del segnale della protezione nel garantire la corretta correlazione²⁰.

Alla luce di queste considerazioni per approfondire ulteriormente questi risultati si è dovuto ricorrere alla terza metodologia di analisi dei dati che ha portato a valutare in circa il 28% il numero di buchi di tensione provenienti dalla rete AT e registrati in MT, supportando il risultato della verifica sul campione ridotto di strumenti.

Nelle seguenti Figura 22 e Figura 23, si riportano le mappe nel piano tensione residua – durata rispettivamente degli eventi che hanno avuto origine AT e sono stati individuati dal segnale della protezione distanziometrica (Figura 22) e del totale dei buchi di origine AT che sono stati individuati dalla verifica “di dettaglio” (Figura 23). I buchi di tensione si localizzano principalmente in un intervallo di durata attorno ai 100 ms. Si osserva che per quanto riguarda la dislocazione degli eventi le mappe degli eventi sono tra loro “coerenti” a conferma della validità dei risultati prodotti con l'analisi di dettaglio.

¹⁸ I dati esaminati si riferiscono a un campione di 13 strumenti installati in 7 stazioni della rete di trasmissione nel Nord-Ovest e in 6 cabine primarie di diverse regioni del nord, centro, sud.

¹⁹ A fronte di questa valutazione media della propagazione dei disturbi corrispondono valutazioni locali che, per l'anno 2009, vanno dal 6 % al 50%.

²⁰ Alla luce di questi risultati si auspica che si possano innescare in futuro tutte le indispensabili sinergie tra i sistemi SCADA (Supervisione Controllo ed Acquisizione dei Dati) e il sistema di monitoraggio della qualità della tensione, in vista anche di possibili future estensioni di quest'ultimo, purché si risolvano i problemi di sincronizzazione dei diversi sistemi.

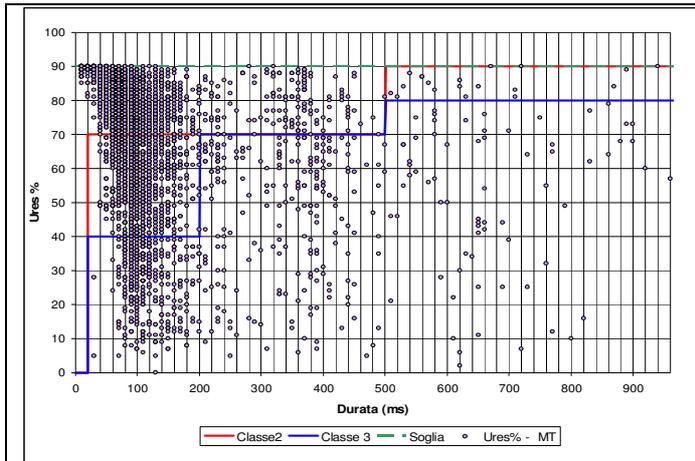


Figura 22: Eventi di tensione con origine in AT identificato dal segnale della protezione distanziometrica

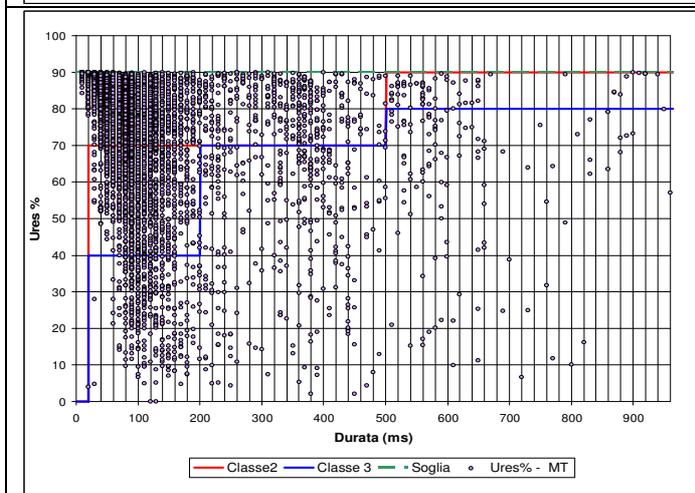


Figura 23: Eventi di tensione totali con origine in AT

Per quanto riguarda l'individuazione dei disturbi provenienti dagli impianti dei Clienti allacciati alla rete MT, non vi è sufficiente disponibilità di dati registrati all'interno degli impianti industriali correlabili con quelli di QuEEN per fornire una stima attendibile del loro numero. Inoltre per formulare delle ipotesi sull'eventuale origine di impianto dei buchi di tensione le sole misure di tensione non bastano ma è necessario procedere a:

- l'individuazione di possibili sequenze automatiche in rete a partire dall'analisi delle sequenze temporali degli eventi;
- la valutazione dei valori efficaci e degli andamenti della tensione e della corrente monitorate in impianto ed al punto di consegna;
- il reperimento di informazioni "aggiuntive" provenienti dagli impianti, e che non sono sempre disponibili²¹.

²¹ Queste considerazioni sono emerse dall'attività svolta da RSE in ambito di Ricerca di Sistema volta a caratterizzare l'immunità di apparecchiature/processi industriali sensibili ai buchi di tensione e alla correlazione tra eventi lato rete e impianto individuandone l'origine.

5 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il sistema sperimentale QuEEN realizzato nell'ambito della Ricerca di Sistema è costituito da ben 600 punti di misura di cui 400 sono installati in cabina primaria e gli altri 200 "lungo linea" presso le cabine secondarie di Clienti MT e dei Distributori. In particolare i punti di misura presso le cabine primarie utilizzano i trasformatori di misura già presenti con il secondario disponibile per il collegamento agli strumenti di misura per rilevare le tensioni concatenate. Il sistema sta acquisendo dati da ormai 5 anni e l'esperienza accumulata in questi anni permette di trarre alcune considerazioni generali sui sistemi di monitoraggio, e in particolare, sulle potenzialità che questi hanno di fornire dati statistici relativamente ai buchi di tensione.

Il sistema ha permesso di dare evidenza sperimentale dell'evoluzione della norma EN 50160 in termini sia di modalità di presentazione dei dati (buchi e sovraelevazioni di tensione) sia di rispondenza ai nuovi limiti (nel caso delle variazioni lente di tensione), nonché ha contribuito alla diffusione delle conoscenze sulle tematiche della qualità della tensione. Va inoltre ricordato che, benché valutazioni relative alla realizzazione e gestione di una campagna di monitoraggio sono, in generale, fortemente dipendenti dalle scelte adottate per la realizzazione del sistema e possono quindi variare da un sistema all'altro, il sistema sperimentale ha fornito utili indicazioni anche per quanto riguarda i costi di investimento, gestione, esercizio e manutenzione di un sistema di monitoraggio.

Per quanto riguarda i risultati delle analisi statistiche, principalmente rivolte ai buchi di tensione, si può concludere che:

- la misura dei buchi di tensione in cabina primaria fornisce una stima attendibile di quanto atteso lungo linea ai punti di consegna;
- la presentazione dei risultati statistici annuali in forma tabellare con una classificazione degli eventi che faccia riferimento a curve di immunità delle apparecchiature è da considerarsi adatta per verificare quale sia la numerosità degli eventi che potrebbero potenzialmente influenzare il funzionamento delle apparecchiature stesse. Analisi dei trend storici della prestazione della rete possono essere condotte ricorrendo ad opportuni indici della qualità della tensione, consentendo altresì il confronto tra prestazioni di siti o aree differenti;
- in generale qualunque sia la modalità scelta di rappresentazione della voltage dip performance questa dovrebbe essere corredata da informazioni aggiuntive che ne rendano possibile la comprensione in modo che non si generino interpretazioni incomplete e/o non completamente corrette (ad esempio informazioni sul campo di applicazione della modalità di presentazione scelta, sull'origine degli eventi registrati etc.);
- mediamente circa il 30% degli eventi registrati in MT hanno origine da eventi che interessano la rete di alta tensione AT come risulta da un'indagine su un campione di 13 strumenti relativa a dati 2008 e 2009. Per quanto riguarda l'individuazione dei disturbi provenienti dagli impianti dei Clienti allacciati alla rete MT, la campagna di monitoraggio non rende disponibili dati utili per fornirne una stima del loro numero e l'argomento ha bisogno di ulteriori approfondimenti;
- la comprensione dell'influenza dei diversi parametri di rete sulla statistica dei buchi di tensione può essere migliorata mediante l'impiego di modelli di Regressione Lineare Multipla (vedi Appendice).

Dai risultati ottenuti e dall'esperienza maturata in questi anni, emerge l'importanza che il sistema sperimentale prosegua nella campagna di monitoraggio al fine incrementare la base dati e, in particolare, RSE raccomanda l'approfondimento dell'analisi:

- dei risultati relativi alle prestazioni della rete rispetto agli eventi buchi di tensione sul lungo termine, vista la grande variabilità annuale della dip performance di sito;
- della correlazione tra gli eventi e le caratteristiche strutturali tra cui la presenza di generazione distribuita;
- della propagazione in rete del disturbo, con un'estensione del monitoraggio alla rete di bassa tensione, anche su un campione limitato di siti.

Inoltre nell'ottica di un'eventuale realizzazione di un sistema di monitoraggio di tutta la rete in media tensione, in qualsiasi forma si dovesse realizzare, il sistema sperimentale può essere assunto a riferimento e come ambiente di sviluppo per il nuovo sistema.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Carpinelli, "Power Quality - I vuoti di tensione: definizione, origini e grandezze caratteristiche", Conferenza AEIT, Politecnico di Bari, 11 aprile 2003
- [2] Rapporto CESI RICERCA 07000545 "Supporto scientifico alle attività regolatorie per la qualità del servizio", Ricerca di Sistema Elettrico, Progetto "Governo del Sistema Elettrico", WP 2.3, dicembre 2006, www.rse-web.it
- [3] Rapporto CESI RICERCA 07005533 "Sistema di monitoraggio della qualità della tensione: correlazione dei fenomeni elettrici nei diversi punti della rete", Ricerca di Sistema Elettrico, Area "Governo del Sistema Elettrico", Progetto "Supporto scientifico alle attività regolatorie per il mercato elettrico", Deliverable 4.2 - Febbraio 2008, www.rse-web.it
- [4] Rapporto ERSE 09004747 "Sistema di monitoraggio della qualità della tensione: evoluzione e supporto all'attività regolatoria", Ricerca di Sistema Elettrico, Progetto "Studi sullo sviluppo del Sistema Elettrico e della Rete Elettrica Nazionale", Linea di Ricerca "Qualità della fornitura elettrica" Deliverable 27 – Febbraio 2010, www.rse-web.it
- [5] Rapporto CESI RICERCA 06007744 "Sistemi di monitoraggio della qualità della tensione: stato dell'arte", Ricerca di Sistema Elettrico, Progetto "Governo del Sistema Elettrico", WP 5.1, dicembre 2006, www.rse-web.it
- [6] Council of European Energy Regulators (CEER), Electricity Working Group on Quality of Supply "Third Benchmarking Report On Quality Of Electricity Supply – 2005"
- [7] R. Chiumeo, M. de Nigris, C. Gandolfi, L. Garbero, L. Tenti, E. Carpaneto, "Implementation of a New Method for an Improved Voltage Dips Evaluation by the Italian Power Quality Monitoring System in Presence of VT Saturation Effects", ICREPQ'10 Granada 23÷25 Marzo 2010
- [8] G. Carpinelli, P. Caramia, P. Verde, P. Varilone, R. Chiumeo, I. Mastandrea, F. Tarsia, "A Global Index for Discrete Voltage Disturbances", 9th International Conference Electrical Power Quality and Utilization, Barcellona (Spagna), 9-11 Ottobre 2007
- [9] A. Dán, Z. Czira, G. Dobos, C. Farkas, "Evaluation of voltage dip severity (a proposal)", Electric Power Quality and Supply Reliability Conference (PQ), Estonia, 16÷18 Giugno 2010
- [10] R. Chiumeo, M. de Nigris, L. Garbero, L. Tenti, A. Porrino, "The Italian Power Quality Monitoring System of the MV Network: Results of the Measurements of Voltage Dips After 3 Years Campaign", CIRED 2009 Praga 8÷11 Giugno 2009
- [11] Rapporto CESI RICERCA 08005783 "Sistema di monitoraggio della qualità della tensione: evoluzione del sistema a supporto dell'attività regolatoria e delle proposte di revisione della normativa tecnica europea", Ricerca di Sistema Elettrico, Area "Governo del Sistema Elettrico", Progetto "Supporto scientifico alle attività regolatorie per il mercato elettrico", Deliverable 3.2 - Febbraio 2009, www.rse-web.it

APPENDICE: APPROFONDIMENTI TRAMITE METODI DI REGRESSIONE LINEARE MULTIPLA

Avendo acquisito, dall'inizio della campagna di monitoraggio, una mole ragguardevole di dati relativi ai buchi di tensione si è potuto analizzare questi eventi con delle tecniche di analisi statistica più avanzate come la regressione lineare multipla (RLM), analisi che sono state condotte "fuori linea" rispetto al sistema QuEEN ([11]). In generale l'analisi statistica di dati tramite RLM permette di:

- identificare la relazione esistente tra una "grandezza misurabile" o "risposta" ed alcuni parametri caratteristici che si presuppone abbiano effetto sulla risposta, detti "variabili esplicative", che sono scelti tra quelli ritenuti più significativi dagli esperti del settore (gli ingegneri elettrici)
- fare previsioni sul comportamento futuro della "grandezza misurabile" (ad es. la dip-performance)

La regressione lineare multipla, applicata ai dati del monitoraggio nel triennio 2006 ÷ 2008, è stata impiegata per evidenziare eventuali relazioni esistenti tra la *dip-performance della rete*, espressa per esempio come numero di buchi che cadono sotto ad una data curva di immunità (gli indici N2a e N3b o il numero totale di buchi N stesso definiti al § 4.1), e le *caratteristiche* di questa ultima (configurazione della rete, tipo di gestione del neutro, area geografica di appartenenza)²². Il valore aggiunto della RLM è quello di poter essere utilizzata per investigare l'influenza di ogni singola caratteristica di rete sul numero di buchi di tensione, indipendentemente da tutti gli altri parametri, risultato che non può essere raggiunto analizzando la qualità della tensione con delle semplici aggregazioni di reti MT, tipo di analisi comunque sempre attuabile in QuEEN²³. Tra le possibili "variabili esplicative" da prendere in considerazione nel modello di tipo lineare quelle considerate sono:

- ✓ la tensione nominale;
- ✓ la lunghezza delle linee aeree in conduttore nudo, sottese alle sbarre monitorate;
- ✓ la lunghezza delle linee in cavo (senza distinzione tra cavo aereo e interrato in quanto entrambi immuni a fattori ambientali);
- ✓ il tipo di gestione del neutro (isolato o compensato con bobina di Petersen);
- ✓ la densità dei fulmini al suolo (valori settimanali associati alle province italiane solo per il biennio 2006÷2007);
- ✓ la macroarea dove è sita la cabina primaria monitorata.

Non tutte le variabili esplicative assumono valori in un campo di definizione continuo ma alcune di esse sono state trattate come variabili dicotomiche. In particolare lo stato di messa a terra della rete è stato rappresentato con una variabile che assume il valore 0 per il neutro compensato NC e 1 per lo stato di neutro isolato (NI); lo stesso avviene per l'appartenenza alla macroarea se pure in una forma più complessa (matrice di uni e zeri).

I risultati dei modelli di regressione per essere più facilmente leggibili vengono presentati, dopo opportune elaborazioni, mostrando accanto a ciascuna variabile esplicativa il suo contributo percentuale sulla dip-performance totale del periodo analizzato. Di seguito sono descritti i principali risultati ottenuti con la RLM:

- ✓ la lunghezza delle linee aeree ha sempre un effetto significativo sul fenomeno (contributo percentuale tra il 25% ed il 30%);
- ✓ la lunghezza delle linee in cavo sembra avere un effetto trascurabile se confrontato a quello di altri parametri;

²² Un modello valido di RLM relativo ad una risposta molto variabile può dare poco in termini di previsione ma molto in termini di analisi dell'influenza dei parametri sulla variabile esaminata.

²³ Le aggregazioni effettuate in base alla tensione nominale mostrano dip performance peggiori per le reti a 20 kV rispetto a livelli di tensione più bassi ma non si può decidere da questa semplice aggregazione se si tratti di un problema di isolamento (design delle reti) o se le differenze dipendano da altri fattori correlati alla tensione.

- ✓ la compensazione del neutro con bobina di Petersen²⁴ ha in qualche modo un effetto positivo sulla voltage dip-performance anche se il contributo di questa variabile non risulta così significativo (contributo tra il 2% e l'11%);
- ✓ l'influenza dei fulmini sulla statistica dei buchi di tensione non sembra avere gli effetti attesi. E' un parametro significativo ma non come la lunghezza delle linee. Se il dato sui fulmini è disponibile il suo effetto è quello di ridurre il contributo delle costanti di area nel modello. Si può ipotizzare che, in assenza di informazioni sui fulmini molto più dettagliate di quelle sui livelli ceraunici delle province, la sola lunghezza delle linee aeree tenga adeguatamente conto sia dei fulmini, sia degli altri fattori che causano guasti (contatti con oggetti esterni, difettosità dei componenti, inquinamento degli isolatori etc.);
- ✓ la statistica dei buchi di tensione dipende in maniera non trascurabile dall'area geografica. Per tutti i modelli di regressione esaminati la introduzione nel modello della variabile di area al posto del vettore costante "Uno" usuale fa migliorare il coefficiente di determinazione R^2 . Il ranking tra le 4 costanti di area rimane invariato al variare degli indicatori di dip performance e al variare delle altre variabili esplicative introdotte nel modello. I valori delle variabili si traslano mantenendo in modo significativo le differenze tra i valori. Più in generale le differenze delle osservazioni della dip-performance nelle diverse macroaree sono indipendenti da tutti gli altri parametri esplicativi rappresentati nel modello (Un, La, Lc, Ng etc.) e devono probabilmente essere attribuite ad altri fattori non rappresentati attualmente nel modello;
- ✓ nei modelli di regressione implementati, la tensione nominale non contribuisce alla spiegazione della dip-performance delle reti, né usato come parametro di interazione, né usato da solo.

²⁴ L'inserimento della bobina di Petersen riduce il numero di buchi di tensione perché previene l'evoluzione dei guasti monofase in guasti che interessano più fasi.