La generazione distribuita nel sistema elettrico

Evoluzioni e sfide per la rete del XXI secolo

Di Nicolò Rossetto – IUSS

Sommario

- Introduzione: che cosa è la generazione distribuita (GD)?
- Lo sviluppo della GD in Italia
- Gli effetti della GD sul sistema elettrico: le criticità da affrontare
- Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti
- Conclusioni
- Riferimenti bibliografici

Che cosa è la generazione distribuita? (1)

Generalmente, col termine di generazione distribuita (GD) si intende l'insieme degli **impianti di generazione** di energia elettrica **di taglia medio – piccola**, tipicamente **connessi alle reti di distribuzione in media e bassa tensione**.

NB1: per taglia medio – piccola si intendono impianti aventi una potenza che può variare da pochi kW ad alcune decine di MW.

NB2: sebbene non ci sia una regola universale, sono considerate usualmente in media tensione (MT) le reti con tensioni comprese tra 1 kV e 35 kV, mentre sono in bassa tensione quelle con tensioni inferiori a 1 kV.

Che cosa è la generazione distribuita? (2)

Gli impianti di GD sono tendenzialmente **collocati vicino alle utenze finali o dove sono disponibili fonti di energia rinnovabile**.

Dal punto di vista tecnologico, economico e gestionale **gli impianti di GD sono molto vari**: turbine a gas, motori diesel, pannelli fotovoltaici, turbine eoliche, celle a combustibile, turbine idroelettriche, impianti a biomasse, ecc.

Frequente è il ricorso a impianti in **assetto cogenerativo** (produzione contestuale di elettricità e calore).

Che cosa è la generazione distribuita? (3)

Gli impianti di GD possono essere **sia di proprietà di imprese elettriche sia di utenti della rete**, che producono da sé almeno parte dell'energia di cui hanno bisogno (auto-produttori, *prosumer*).

Spesso il gestore della rete **non** monitora o controlla la produzione da impianti di GD.

Tra **le cause** della diffusione della GD abbiamo:

- la **promozione delle fonti rinnovabili** e dell'efficienza energetica garantita dalla cogenerazione;
- lo **sviluppo tecnologico**;
- la **liberalizzazione della generazione** elettrica.

Che cosa è la generazione distribuita? (4)

In Italia l'AEEG ha definito la **GD** come l'insieme degli impianti di generazione con potenza nominale inferiore ai 10 MVA, indipendentemente dalla tipologia di rete a cui sono connessi (delibera 160/2006).

Il d.lgs. 20 dell'8 febbraio 2007 ha poi definito a) gli impianti di **piccola generazione** (PG) come l'insieme degli impianti per la produzione di energia elettrica, anche in assetto cogenerativo, con capacità di generazione non superiore a 1 MW; b) gli **impianti di micro-generazione** (MG) come l'insieme degli impianti con capacità inferiore ai 50 kWe.

Che cosa è la generazione distribuita? (5)

Nell'UE la direttiva 2009/72/CE ha adottato invece una diversa definizione: per GD si intende **l'insieme degli impianti di generazione connessi al sistema di distribuzione**.

⇒ La normativa europea non adotta il criterio della potenza ma solo quello della connessione.

A partire dal 2014, l'AEEG segue anche questa definizione nel suo monitoraggio della GD.

Lo sviluppo della GD in Italia (1)

In Italia **il parco generazione** ha conosciuto dalla fine degli anni ’90 una **fase di profonda ristrutturazione ed espansione**.

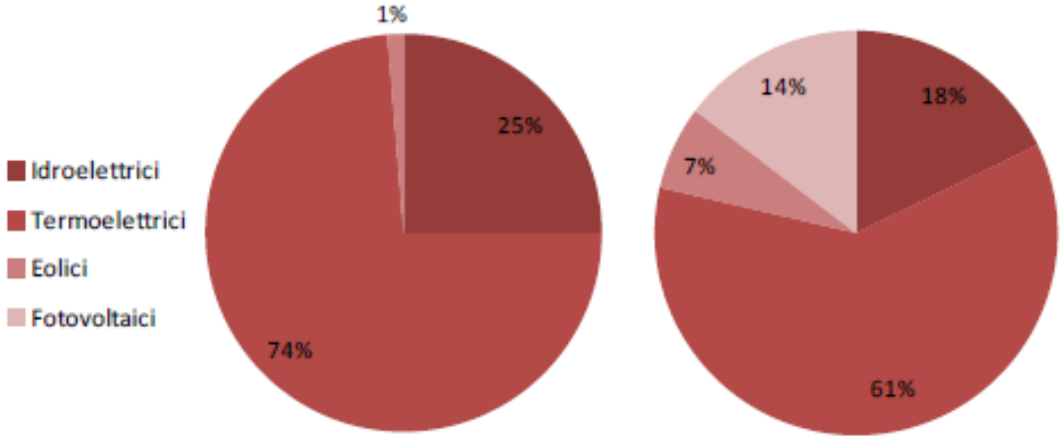
Molti impianti a olio combustibile sono stati convertiti a carbone o sono stati chiusi. Sono state create molte nuove centrali a gas naturale. A partire dal **2007-08** è infine iniziata a crescere tumultuosamente la potenza installata a fonti rinnovabili.

Questa ultima fase si è caratterizzata anche per l’esplosione della GD.

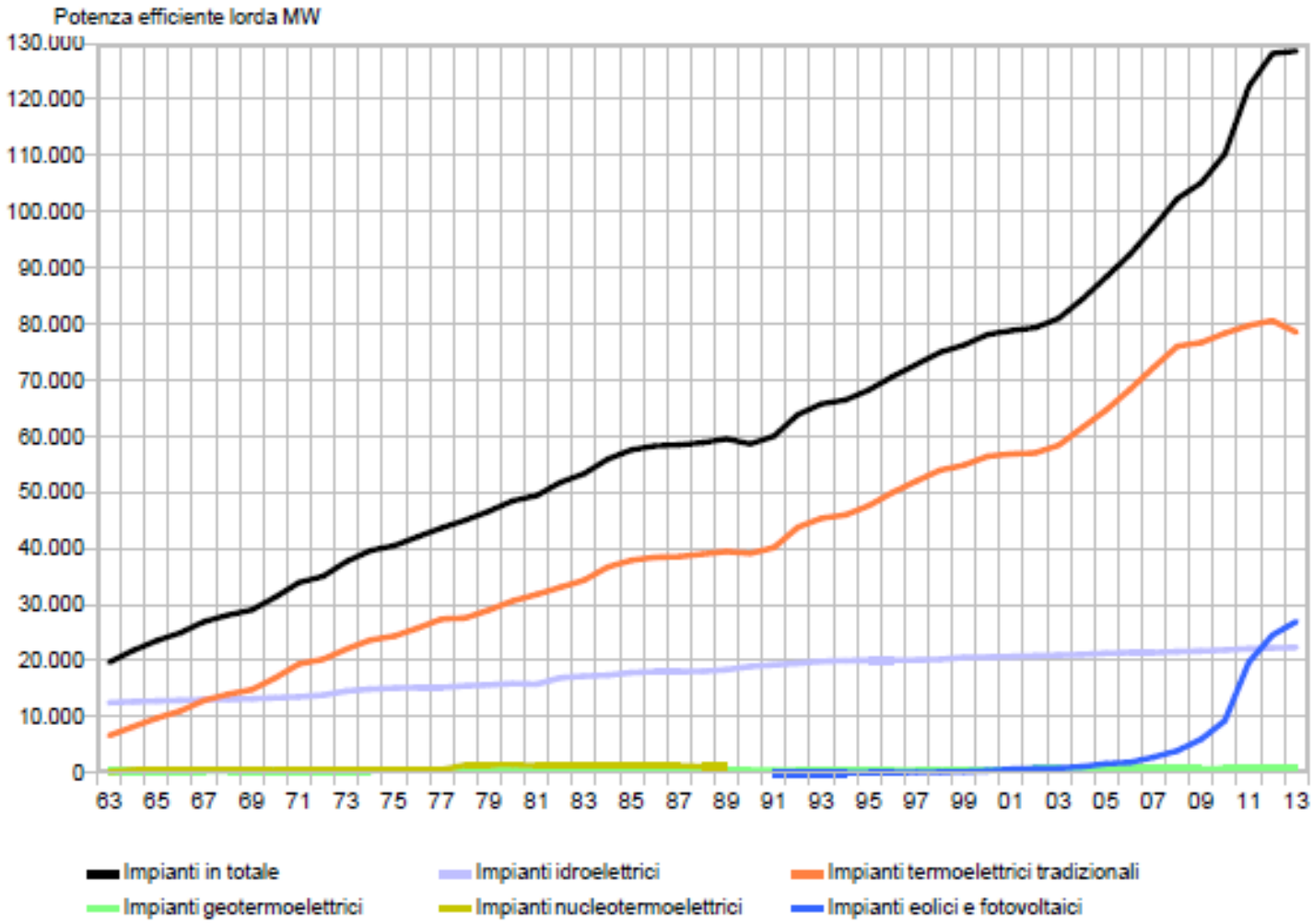
Lo sviluppo della GD in Italia (2)

Evoluzione del mix del parco di generazione

Tipologia	2004 Impianti (Migliaia)	2004 Potenza (GW)	2013 Impianti (Migliaia)	2013 Potenza (GW)
Idroelettrici	2	21,1	2,9	22,5
Termoelettrici	1,9	62,2	3,9	76,9
Eolici	0,1	1,1	1,4	8,5
Fotovoltaici	0	0	559,4	18,5
Totale	4	84,4	567,6	126,4



Lo sviluppo della GD in Italia (3)

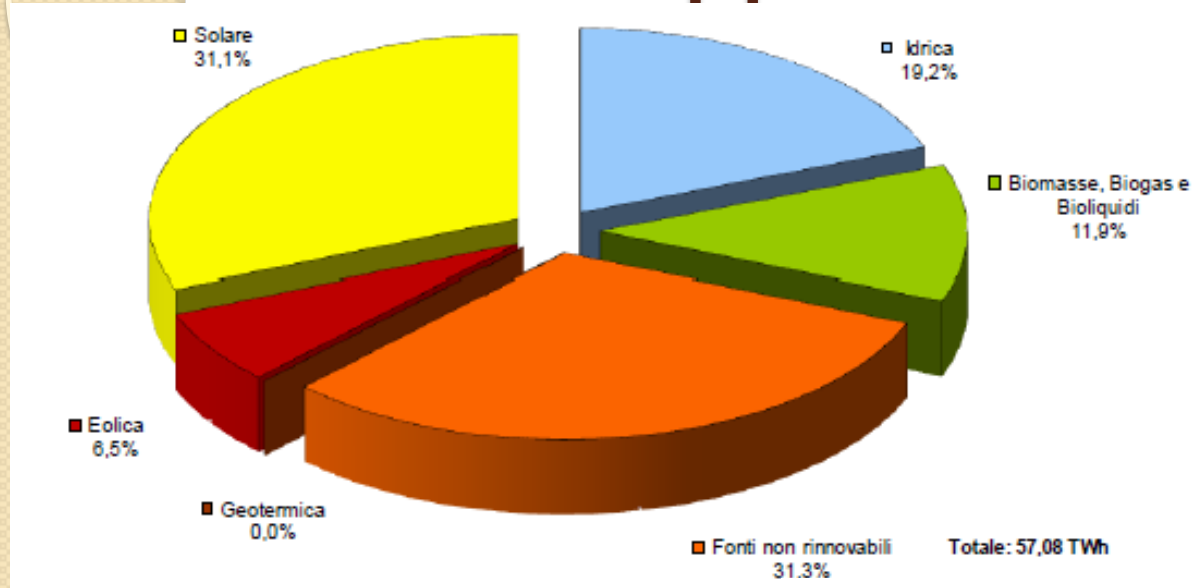


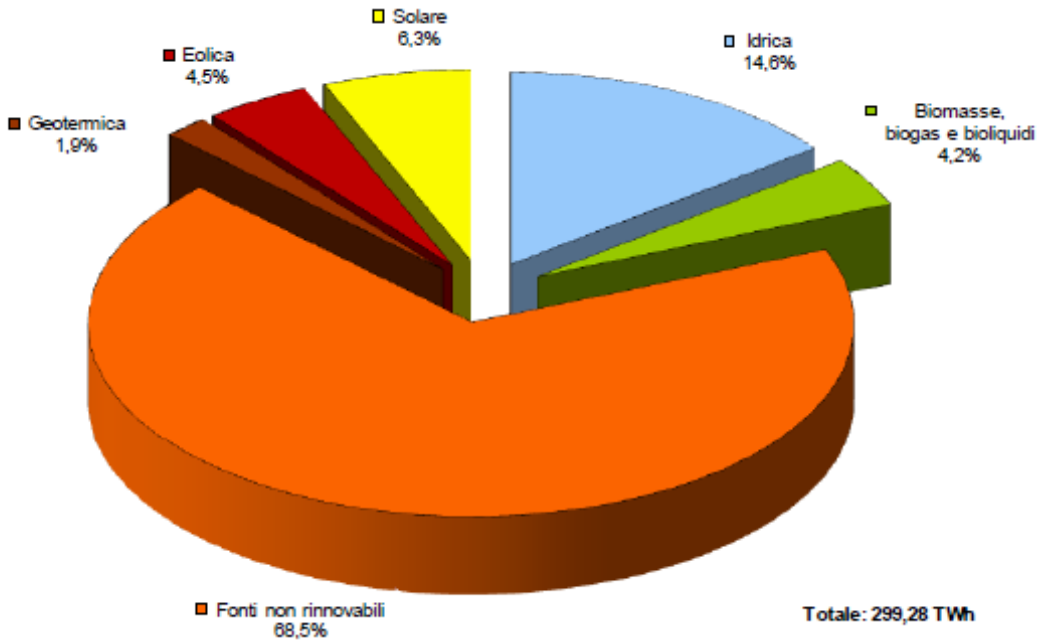
Lo sviluppo della GD in Italia (4)

	Numero impianti	Potenza efficiente lorda (MW)	Produzione lorda (MWh)	Produzione netta (MWh)	
				Consumata in loco	*Immessa in rete*
Idroelettrici	2.628	3.754	10.949.559	443.128	10.342.369
Biomasse, biogas e bioliquidi	*2.051*	*1.911*	*5.934.870*	*332.024*	*5.180.787*
Rifiuti solidi urbani	*55*	*344*	*1.469.926*	*226.974*	*1.136.271*
Fonti non rinnovabili	*1.023*	*6.325*	*17.036.617*	*6.460.273*	*10.084.785*
Ibridi	*37*	*75*	*205.907*	*100.956*	*95.050*
Totale termoelettrici	3.166	8.655	24.647.320	7.120.227	16.496.893
Geotermoelettrici	0	0	0	0	0
Eolici	841	2.283	3.720.109	110	3.695.700
Fotovoltaici	478.277	15.682	17.763.756	2.532.726	15.025.286
TOTALE	**484.912**	**30.374**	**57.080.744**	***10.096.191***	***45.560.248***

La situazione della GD (definizione UE) in Italia nel 2012.

Lo sviluppo della GD in Italia (5)





Il mix di fonti per la GD (sopra) e il settore elettrico nel suo complesso (a dx) nel 2012.

Lo sviluppo della GD in Italia (6)

I dati presentati suggeriscono che:

- la GD è costituita da impianti mediamente piccoli ma con dei distinguo a seconda delle fonti/tecnologie;
- la GD fa ampio ricorso alle fonti rinnovabili (68,7% contro 31,5% del settore elettrico nel suo complesso).

I dati sulla GD-10 MVA e sulla PG mostrano delle differenze significative rispetto alla GD-UE:

- taglie medie degli impianti ancora minori;
- ancora maggiore preponderanza delle fonti rinnovabili;
- maggiore autoconsumo.

Queste differenze sono da imputare al diverso ricorso al fotovoltaico e alla cogenerazione con impianti a gas.

Lo sviluppo della GD in Italia (7)

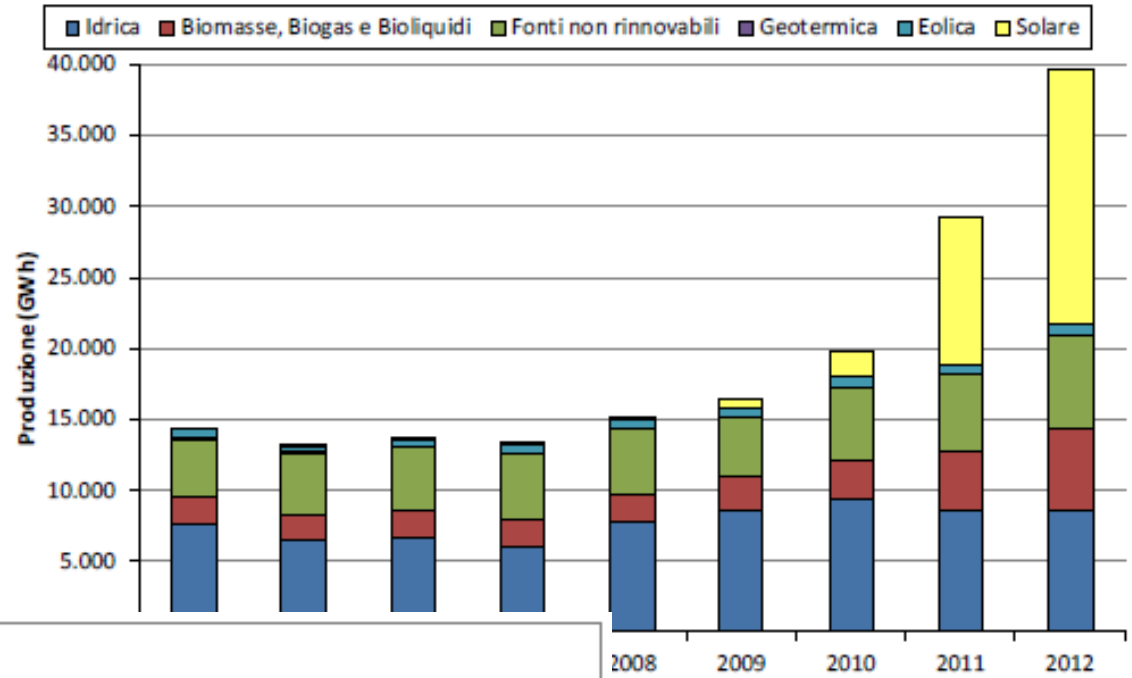
Nel 2012 circa l'80% dell'energia prodotta da GD è stata immessa in rete, il 45% ceduto direttamente sul mercato e il 35% ritirato dal GSE.
Per la produzione da GD-10 MVA il ruolo del GSE è stato molto maggiore (48%).
Il 66% della GD è stato immesso in reti a media tensione, mentre per la GD-10 MVA questo valore è stato dell' l'80%.

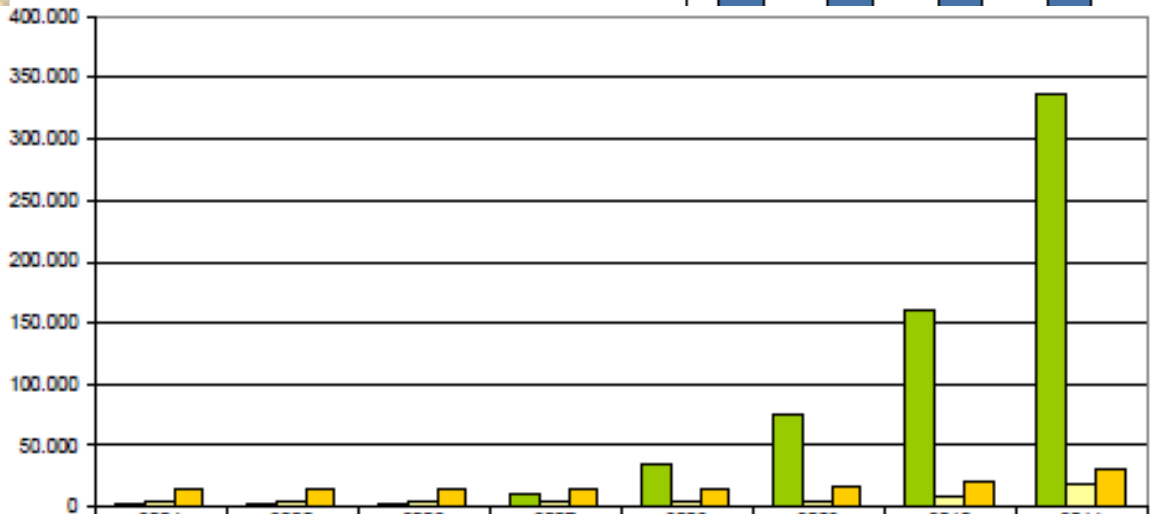
=> **La gran parte della produzione è immessa in reti a media tensione**.

Lo sviluppo della GD in Italia (8)

Negli ultimi anni il **numero di impianti** di GD-10 MVA è **cresciuto notevolmente**, così come la potenza installata e la produzione.
Centrale il ruolo del fotovoltaico e, in seconda battuta, delle biomasse/biogas. Minore l'apporto di eolico e idroelettrico.
=> riduzione della potenza e della produzione dell'impianto medio (48 kW e 82 MWh).
Tra il 2011 e il 2012:
n. impianti: +149.686 (+44,6%)
potenza installata: + 5,6 GW (+31,2%)
produzione lorda: + 10,5 TWh (+35,9%)

Lo sviluppo della GD in Italia (9)





	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Numero impianti	2.481	2.544	2.631	10.223	34.693	74.188	159.876	335.318
Potenza efficiente lorda (MW)	3.852	3.891	4.036	4.267	4.754	5.644	8.225	17.911
Produzione lorda (GWh)	14.271	13.146	13.493	13.220	15.192	16.445	19.837	29.238

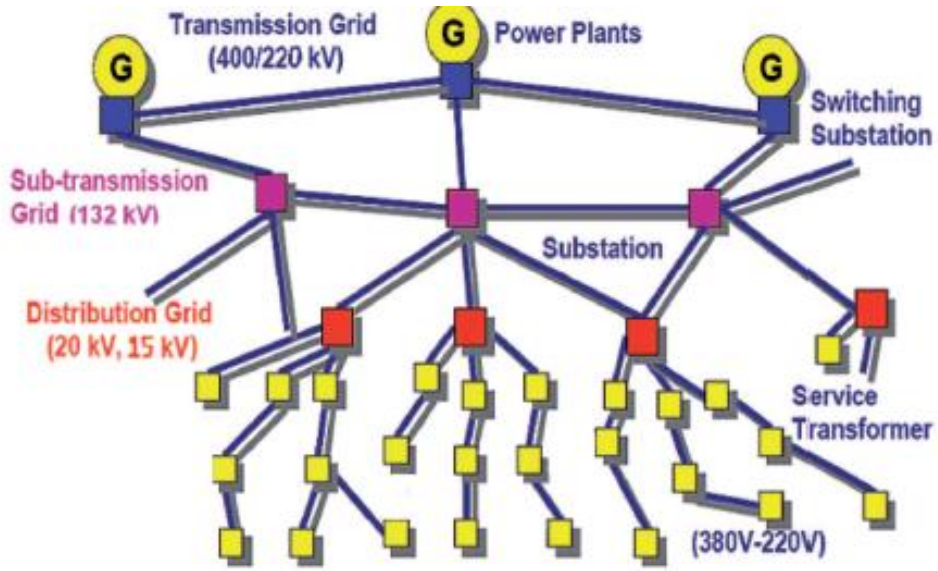
Gli effetti della GD sul sistema elettrico (1)

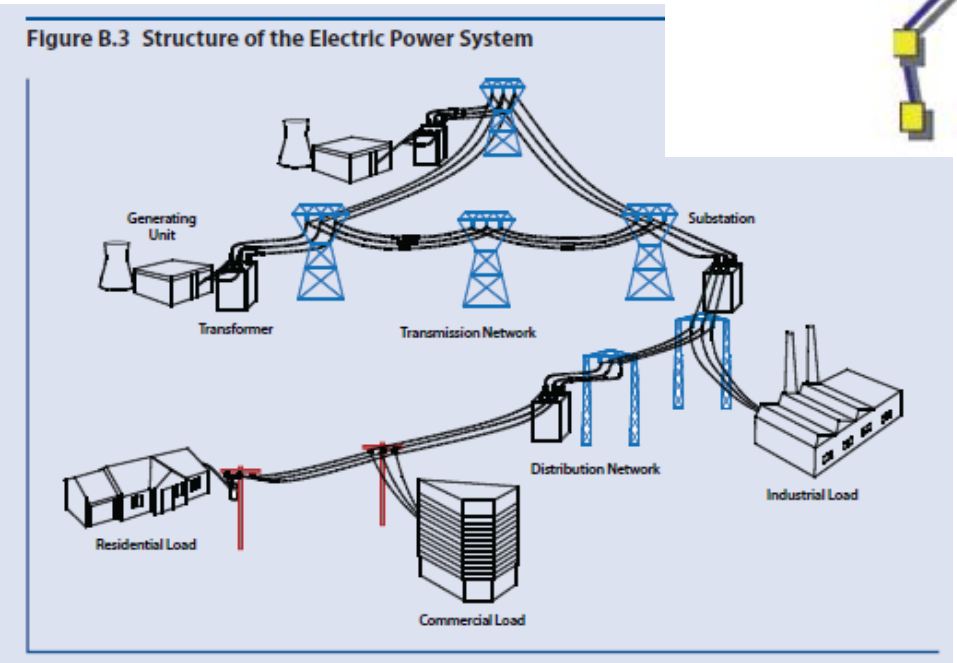
- Lo sviluppo della GD e la necessità di rendere più intelligenti le reti di distribuzione rappresentano per il sistema elettrico **una seconda rivoluzione**, che segue di pochi anni quella della liberalizzazione e de-verticalizzazione del settore.
- La GD pone una serie di sfide al sistema elettrico e ne impone un radicale ripensamento, se si vuole perseguire una **maggiore de-carbonizzazione** e **rendere ancora più aperta e facile la partecipazione degli utenti al mercato dell'elettricità**.

Gli effetti della GD sul sistema elettrico (2)

- Nel XX sec. le reti elettriche sono state sviluppate come una grande "macchina" in grado di trasportare l'energia prodotta da poche grandi centrali a un numero elevato di utenti distribuiti sul territorio.
- Il flusso di energia è pensato come monodirezionale dalle centrali in AT ai consumatori finali in MT/BT.
- La domanda è vista come una variabile stocastica che la produzione, gestita dall'operatore del sistema, deve seguire.
- Le reti di distribuzione e i carichi sono considerati passivi (non reagiscono ai diversi stati del sistema elettrico).

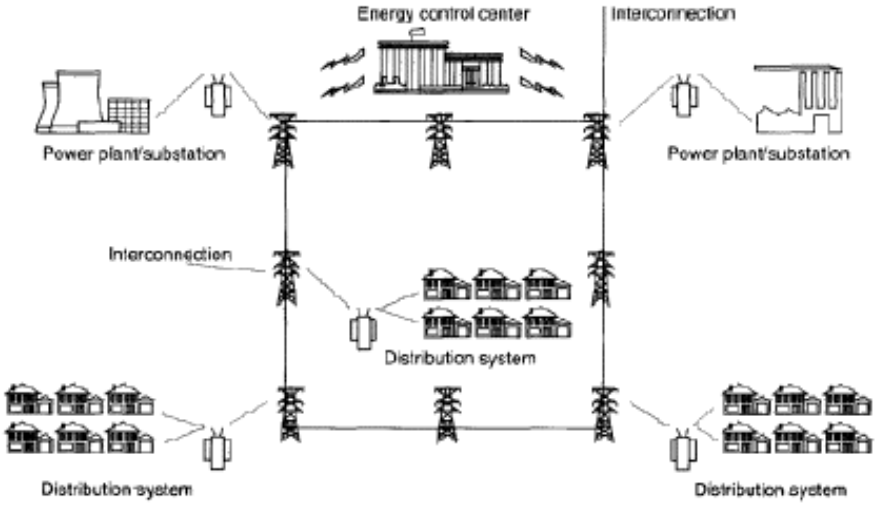
Gli effetti della GD sul sistema elettrico (3)





Gli effetti della GD sul sistema elettrico (4)

- Il modello tradizionale non cambia significativamente con l'introduzione della concorrenza negli anni '80 e '90.
- Se infatti da un lato la rete di trasmissione diventa più intelligente e viene affidata a un operatore di sistema indipendente, dall'altro nulla cambia per le reti di distribuzione.



Gli effetti della GD sul sistema elettrico (5)

Nel sistema tradizionale la GD rappresenta un fatto sporadico e i distributori tipicamente adottano un **approccio di *fit & forget***:

- la produzione non viene "gestita" dal distributore;
- la connessione è consentita solo se si verifica il rispetto di una serie di regole tecniche e se si determina che il funzionamento dell'impianto non determina problemi alla rete in qualsiasi situazione di carico questa si venga a trovare.

⇒ l'impianto, una volta connesso, è libero di produrre quando ritiene più opportuno (esigenze del produttore, disponibilità della fonte rinnovabile, ecc.), con il solo limite del rispetto del massimale di potenza.

Gli effetti della GD sul sistema elettrico (6)

Una volta connesso l'impianto, è come se l'operatore del sistema si dimenticasse della sua esistenza.

Questo approccio pone però **due ordini di problemi**:

- impone molta cautela nel connettere grossi volumi di GD => ostacola lo sfruttamento delle fonti rinnovabili disperse sul territorio;
- rende più facile l'emergere di criticità nel funzionamento della rete e non facilità la loro gestione => minaccia l'affidabilità del sistema elettrico.

NB: l'**affidabilità** del sistema è data dalla sua adeguatezza (= capacità di soddisfare la domanda) e dalla sua sicurezza (= capacità di gestire l'eventuale perdita di alcuni elementi del sistema).

Gli effetti della GD sul sistema elettrico (7)

La GD intacca l'affidabilità del sistema in vari modi:

- ha un **profilo di produzione fortemente aleatorio** e di **difficile/impossibile controllo da parte dell'operatore** di sistema (caratteristica accentuata dall'ampio sfruttamento di fonti rinnovabili non programmabili, FRNP);
- normalmente **non fornisce servizi di sistema** (ad esempio, poca inerzia rotante per il controllo della frequenza della corrente);
- risulta tipicamente **molto sensibile agli scostamenti di frequenza** per via della regolazione contro il funzionamento in isola, con possibilità di rapido distacco in caso di disservizio sia sulla rete di distribuzione che su quella di trasmissione.

Gli effetti della GD sul sistema elettrico (8)

Le caratteristiche sopra-indicate generano le **possibili conseguenze negative**:

- **inversione dei flussi di corrente**, in particolare in corrispondenza di domanda bassa e forte produzione (riduzione della qualità della rete, possibili danni alle apparecchiature e minori sistemi di protezione);
- cattiva gestione delle **congestioni**;
- **aumento del deficit di potenza** nel caso di sottotensioni registrate sulla linea;
- **necessità di procurarsi maggiori margini di riserva** da parte dell'operatore di sistema.

Gli effetti della GD sul sistema elettrico (9)

Questi problemi vengono accentuati nel momento in cui la domanda residua si riduce molto e tende, almeno in alcune ore, ad annullarsi.

⇒ La produzione termo-elettrica tradizionale non ha vantaggio a essere dispacciata e quindi non può fornire i suoi preziosi servizi di regolazione della frequenza e di potenza flessibile in aumento.

⇒ L'operatore di sistema è costretto ridurre la capacità di importazione o a distaccare alcune unità a fonti rinnovabili, per poter dispacciare almeno alcuni impianti termo-elettrici, che opereranno al minimo tecnico.

⇒ Inefficienze dinamiche significative.

Esempi: Germania 2006, Sicilia 2011.

Gli effetti della GD sul sistema elettrico (10)

Se ben gestita e ben integrata nel sistema, la GD può tuttavia fornire vari **benefici**:

- consentire lo sfruttamento delle fonti rinnovabili locali, riducendo le emissioni clima-alteranti e la dipendenza dalle importazioni;
- ridurre le perdite di energia dovute al trasporto su lunga distanza;
- ridurre la necessità di potenziare la rete di trasmissione;
- favorire la competizione nel settore elettrico;
- migliorare la qualità e continuità del servizio per alcuni utenti sensibili;
- aumentare l'efficienza energetica tramite cogenerazione.

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (1)

Dinnanzi all'aumento della GD **le opzioni disponibili sono due**:

A) Potenziare la capacità delle reti di distribuzione e i sistemi di protezione (più linee e più cabine);

B) Aumentare l'intelligenza della rete, fornendola degli strumenti sia *hardware* che *software* necessari a gestire in modo più efficiente i carichi e la generazione, a parità di capacità della rete.

La seconda opzione è quella più efficiente, soprattutto nell'ottica di un maggiore coinvolgimento dell'utenza alla gestione del sistema elettrico.

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (2)

=> La rete di distribuzione va ripensata dal punto di vista qualitativo e va resa più "intelligente", così come è stato fatto negli ultimi decenni per la rete di trasmissione.

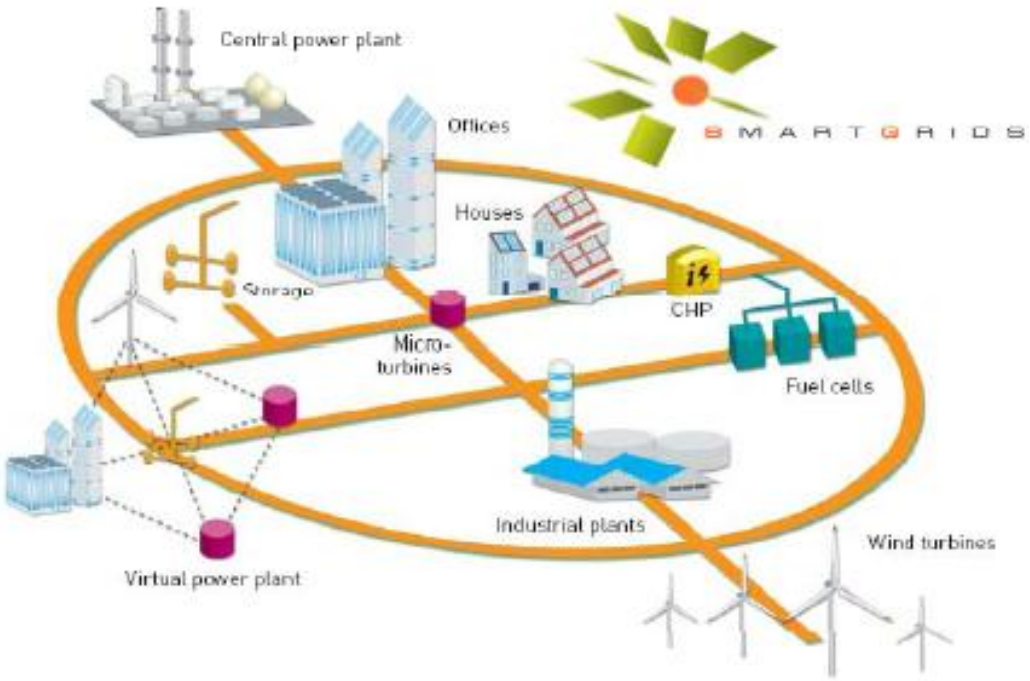
Col termine di **rete intelligente o attiva** (*smart grid*) si intende:

"una rete elettrica che **integra e gestisce in modo efficiente il comportamento** e le **azioni di tutti gli utenti connessi alla rete** (generatori, consumatori e coloro che svolgono entrambe le funzioni), con l'obiettivo di assicurare un sistema elettrico **economicamente efficiente**, **sostenibile**, con basse perdite e **elevati livelli di qualità e sicurezza delle forniture**" (definizione ERGEG).

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (3)

La creazione di una rete intelligente non è un processo semplice o univoco, ma richiede l'adozione di una serie di tecnologie e di regole, che modificano **radicalmente e globalmente** la **struttura** del sistema elettrico e il suo **funzionamento**.

Richiederà decenni per la sua completa realizzazione.



Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (4)

Caratteristiche principali di una rete intelligente:

- non è una tecnologia specifica ma un **insieme di tecnologie** (contatori intelligenti, ICT, accumuli, domotica, meccanismi di telecontrollo, ecc.);
- **bi-direzionalità dei flussi** di energia e informazione;
- **flessibilità** e adattabilità alle varie situazioni;
- **partecipazione attiva di tutti gli utenti** con la gestione in tempo reale non solo della generazione, ma anche dei carichi (essenziale se si diffondono mobilità elettrica e pompe di calore);
- **responsabilizzazione di tutti gli utenti** rispetto ai costi che essi generano al sistema.

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (5)

Il passaggio alle reti intelligenti richiede due tipi di intervento:

A) Meccanismi che promuovano e coordinino gli **investimenti** sulla rete;

B) Regole che inducano una **gestione** efficiente della rete, una volta che questa è stata dotata delle giuste tecnologie/elementi infrastrutturali.

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (6)

Il punto A) richiede la **riforma dei meccanismi di regolazione economica delle reti di distribuzione** e l'incentivazione della sperimentazione e realizzazione di progetti pilota.

Nuovi e più appropriati indicatori di risultato devono essere sviluppati per determinare la qualità del servizio offerto dai distributori e la loro remunerazione garantita in tariffa (*output-based regulation*).

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (7)

Il punto B) richiede una **ridefinizione dei diritti e doveri dei soggetti che partecipano al sistema elettrico**:

- introduzione di meccanismi tariffari (*real time pricing*) che incentivano la gestione della domanda;
- responsabilizzazione dei produttori relativamente ai programmi di immissione (oneri di sbilanciamento);
- possibilità per il gestore della rete di distribuzione di distaccare impianti in modo selettivo in caso di necessità;

Un approccio per integrare la GD: le reti intelligenti (8)

- possibilità anche per la GD di partecipare al mercato dei servizi di dispacciamento e offrire servizi al sistema (riserva a scendere, regolazione di frequenza);
- introduzione di obblighi tecnici che impongono alla GD di fornire alcuni servizi al sistema per ottenere il diritto alla connessione (minore sensibilità alle piccole fluttuazioni di frequenza);
- possibilità di servizi di intermediazione che aggregano i piccoli consumatori e i piccoli produttori per interfacciarsi in modo più efficiente con gli operatori delle reti e le borse elettriche (ad es. *virtual power plant*).

Conclusioni (1)

Il ruolo crescente della GD pone una serie di sfide al sistema elettrico, che ne impongono un ripensamento globale.

Per superare queste sfide e garantire un sistema elettrico sicuro, efficiente e sostenibile è necessario:

- **adottare nuove tecnologie**, non tutte ad oggi mature, **e costruire nuove infrastrutture**;
- **modificare la normativa**, sia primaria che secondaria, per renderla più adatta a un sistema che da centralizzato sta diventando "decentralizzato".

Conclusioni (2)

=> È necessario un nuovo "codice di rete" in base al quale:

- il **gestore della rete di distribuzione** diventa una sorta di operatore di sistema locale, che può intervenire sulle unità connesse alla sua rete di distribuzione, di concerto con il gestore della rete nazionale;
- al ***prosumer*** viene riconosciuto uno specifico ruolo nel modificare la propria domanda e offerta di energia così da reagire in maniera più efficiente alle mutevoli e in parte imprevedibili situazioni in cui viene a trovarsi il sistema elettrico.

Suggerimenti bibliografici (1)

- Fondazione Energy Lab, *Smart Grid. Le reti elettriche di domani*, Milano (2011);
- Ranci P. (a cura di), *Economia dell'energia*, il Mulino (2011);
- MIT, *The Future of the Electric Grid – An Interdisciplinary MIT Study*, MIT (2011);
- IEA, *Harnessing Variable Renewables – A Guide to the Balancing Challenge*, Paris (2011);
- IEA-ETSAP and IRENA, *Electricity Storage – Technology Brief*, Paris (2012);

Suggerimenti bibliografici (2)

- Energy&Strategy Group, *Smart Grid Report 2013 – Sistemi di storage e auto elettrica*, Politecnico di Milano (2013);
- IEA, *Technology Roadmap - Energy Storage*, Paris (2014);
- AEEG, *Monitoraggio dello sviluppo degli impianti di generazione distribuita per l'anno 2012*, allegato A, delibera 427/2014/I/eel (7 agosto 2014).

Per domande e commenti potete contattarmi a:

nicolo.rossetto@dottorandi.iusspavia.it

Grazie per l'attenzione.