

FLASH FORWARD

Liceo Scientifico Galileo Galilei, Trieste, 22 marzo 2013

Reti, sistemi e piattaforme per l'energia del futuro

Giorgio Sulligoi, Ph.D.

Università di Trieste

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

EPGC Lab.

gsulligoi@units.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

Nome del laboratorio	Lab. of Grid Connected & Marine ELECTRIC POWER GENERATION and CONTROL (EPGC_Lab)
Head	Giorgio Sulligoi
Research Directors	Vittorio Arcidiacono, Giovanni Giadrossi, Fabio Tosato
Post-Docs	Massimiliano Chiandone, Alessandro Massi Pavan
Phd Students	Aldo da Rin, Daniele Bosich, Andrea Vicenzutti, Riccardo Campaner
Staff	Paolo Pruni
Settori applicativi	Ingegneria elettrica; generazione e regolazione dell'energia elettrica in reti terrestri e navali
Descrizione delle attrezzature principali	<ul style="list-style-type: none"> • H/W: sistema di acquisizione NI + interfaccia adattamento segnali di potenza (uscite TA/TV) per acquisizione e registrazione di forma d'onda di transitori elettromeccanici di generatori elettrici (macchine rotanti e inverter-based, es. fotovoltaici); • Due postazioni PC multi-core per simulazioni avanzate dotati dei seguenti S/W: simulatori di reti elettriche navali AC e DC (MATLAB/Simulink-based); SESTECH grounding analysis per modellistica e simulazione di impianti di terra e di interconnessione terra/nave; MICROCAP per simulazione circuiti elettrici ed elettronici nel dominio del tempo; ABB DOC per calcoli di impiantistica elettrica; macchine virtuali Linux per generazione automatica di codici di controllo real-time (LINUX-RTAI); • Una postazione PC di servizio con normali applicativi + banca dati Antincendio INDICITALIA + banca dati Tuttonormel VIP; • Strumentazione di misura elettrica impiantistica varia.
Descrizione delle Attività Sperimentali	Modellistica e simulazione dei generatori elettrici; acquisizione ed elaborazione dati sperimentali di transitori elettromeccanici di generatori elettrici;
Descrizione delle attività di certificazione	Verifiche varie su generatori elettrici (macchine rotanti e inverter-based, es. fotovoltaici) presso centrali terrestri e a bordo nave.



OUTLINE

- Funzionamento del sistema elettrico: oggi.
- Gestione energia elettrica da nuove fonti/nuovi generatori: sostenibilità e issues.
- Reti di distribuzione e trasmissione (Italia/EU).
- Smart grids: basi, drivers, evoluzione, micro-grids, standard, ricerca, dimostratori.
- UniTS: RegV, SmartECS, NewSART, PV-EROEI...
- Progetti pilota in campo nazionale.
- DSO (distributore): nuovi ruoli e punti di vista.



www.terna.it

Domanda Elettrica Nazionale*



* fabbisogno nazionale composto per l'89% da rilevazioni in tempo reale e per il restante 11% da stime fuori linea.

Andamento del fabbisogno di energia elettrica in tempo reale



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

OUTLINE

- **Funzionamento del sistema elettrico: oggi.**
- Gestione energia elettrica da nuove fonti/nuovi generatori: sostenibilità e issues.
- Reti di distribuzione e trasmissione (Italia/EU).
- Smart grids: basi, drivers, evoluzione, micro-grids, standard, ricerca, dimostratori.
- UniTS: RegV, SmartECS, NewSART, PV-EROEI ...
- Progetti pilota in campo nazionale.
- DSO (distributore): nuovi ruoli e punti di vista.



IL SISTEMA ELETTRICO IERI

- Funzionamento “downstream”:
 - Generazione → R.Trasmissione → R.Distribuzione
→ Utenti **passivi** (= **carichi**).
- Livelli di tensione (Italia):
 - MT (Generazione): GenCOs.
 - AAT (Trasmissione) / AT (Subtrasmissione): TERNA.
 - MT/BT (Distribuzione): DSOs (es.: ENEL, A2A, AcegasAPS, Hera, Iren, SECAB, ...).



IL SISTEMA ELETTRICO OGGI (1/2)

- Funzionamento “downstream”:
 - Generazione → R.Trasmissione → R.Distribuzione
→ Utenti **passivi** (= **carichi**) e **attivi** (= **generatori**)
- Livelli di tensione (Italia):
 - MT (Generazione): GenCOs.
 - AAT (Trasmissione) / AT (Subtrasmissione): TERNA.
 - MT/BT (Distribuzione): DSOs (es.: ENEL, A2A, AcegasAPS, Hera, Iren, SECAB, ...).



IL SISTEMA ELETTRICO OGGI (2/2)

- Generazione dimensionata per i picchi.
- Regolazione gerarchica rete di trasmissione, controllo grandi centrali per soli utenti passivi):
 - Regolazione di frequenza (automatica)
 - Grandi centrali (“regolanti”), frequenza unica (sistema sincro), sfasamenti proporzionali ai flussi di P.
 - Regolazione di tensione (automatica)
 - Grandi centrali, regioni, aree, nodi pilota, tensione differisce da nodo a nodo, “DeltaV” proporzionali ai flussi di Q.
 - Regolazione gerarchica sia di f che di V (primaria, secondaria, terziaria).



OUTLINE

- Funzionamento del sistema elettrico: oggi.
- **Gestione energia elettrica da nuove fonti/nuovi generatori: sostenibilità e issues.**
- Reti di distribuzione e trasmissione (Italia/EU).
- Smart grids: basi, drivers, evoluzione, micro-grids, standard, ricerca, dimostratori.
- UniTS: RegV, SmartECS, NewSART, PV-EROEI ...
- Progetti pilota in campo nazionale.
- DSO (distributore): nuovi ruoli e punti di vista.



GESTIONE SOSTENIBILE (1/3)

- Aspetti di ingegneria elettrica (da “ieri” ad oggi):
 - Fonti rinnovabili.
 - GD: Generazione Distribuita (es. cogenerazione).
 - Localizzazione impianti di GD.
 - Limitata possibilità di immettere la potenza generata nelle reti di distribuzione.



GESTIONE SOSTENIBILE (2/3)

- Italia: dati ENEL Distribuzione

Le varie incentivazioni alla produzione da fonte rinnovabile, introdotte dal Ministero per lo Sviluppo Economico, a partire dal 2005, hanno determinato una evoluzione delle connessioni alla **rete di Enel Distribuzione** con un andamento di tipo esponenziale. Gli impianti connessi a metà novembre 2011 sono oltre 270.000 per complessivi 18 GW, con volumi che si sono raddoppiati di anno in anno.

Quasi la totalità delle connessioni è sulle reti a bassa tensione ma in termini di potenza installata il **30% è sull'AT**, il 15% in BT e il **55% in MT**.

In particolare, nel solo 2011 e fino al mese di novembre, sono stati connessi 140.000 impianti per **complessivi 8,7 GW di cui 7,8 GW di tipo FV**.

Gli impianti di tipo fotovoltaico sono numericamente quasi il 99% del totale e costituiscono quasi il 60 % della potenza installata.

[G.VALTORTA et al., *“Il ruolo del distributore”*, Giornata di Studio AEIT “Smart Grids”, Milano 19/4/12]



GESTIONE SOSTENIBILE (3/3)

- Sostenibilità (Pres. AEEG, Luglio 2011):
 - Tecnica, Economica, Industriale.
- Issues:
 - Sicurezza sistema (a giugno 2011: previsione per non più di ulteriori 6 GW PV + 6 GW Eolico!).
 - Necessario aumento capacità di trasporto.
 - Aumento volatilità prezzi energia elettrica.
 - Dispacciabilità impianti di GD.
 - Progetti pilota su Smart Grid per:
 - Evidenziare problematiche “sul campo”.
 - Calcolare possibile industrializzazione delle soluzioni.
- Italia (oggi/crisi): overcapacity.



OUTLINE

- Funzionamento del sistema elettrico: oggi.
- Gestione energia elettrica da nuove fonti/nuovi generatori: sostenibilità e issues.
- Reti di distribuzione e trasmissione (Italia/EU).
- Smart grids: basi, drivers, evoluzione, micro-grids, standard, ricerca, dimostratori.
- UniTS: RegV, SmartECS, NewSART, PV-EROEI ...
- Progetti pilota in campo nazionale.
- DSO (distributore): nuovi ruoli e punti di vista.



RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

Connessioni su rete Enel Distribuzione I volumi delle connessioni



10.4 GW
connessi in MT-BT
anni 2010-2011 ...

[G.VALTORTA et al., "Il ruolo del distributore", Giornata di Studio AEIT "Smart Grids", Milano 19/4/12]



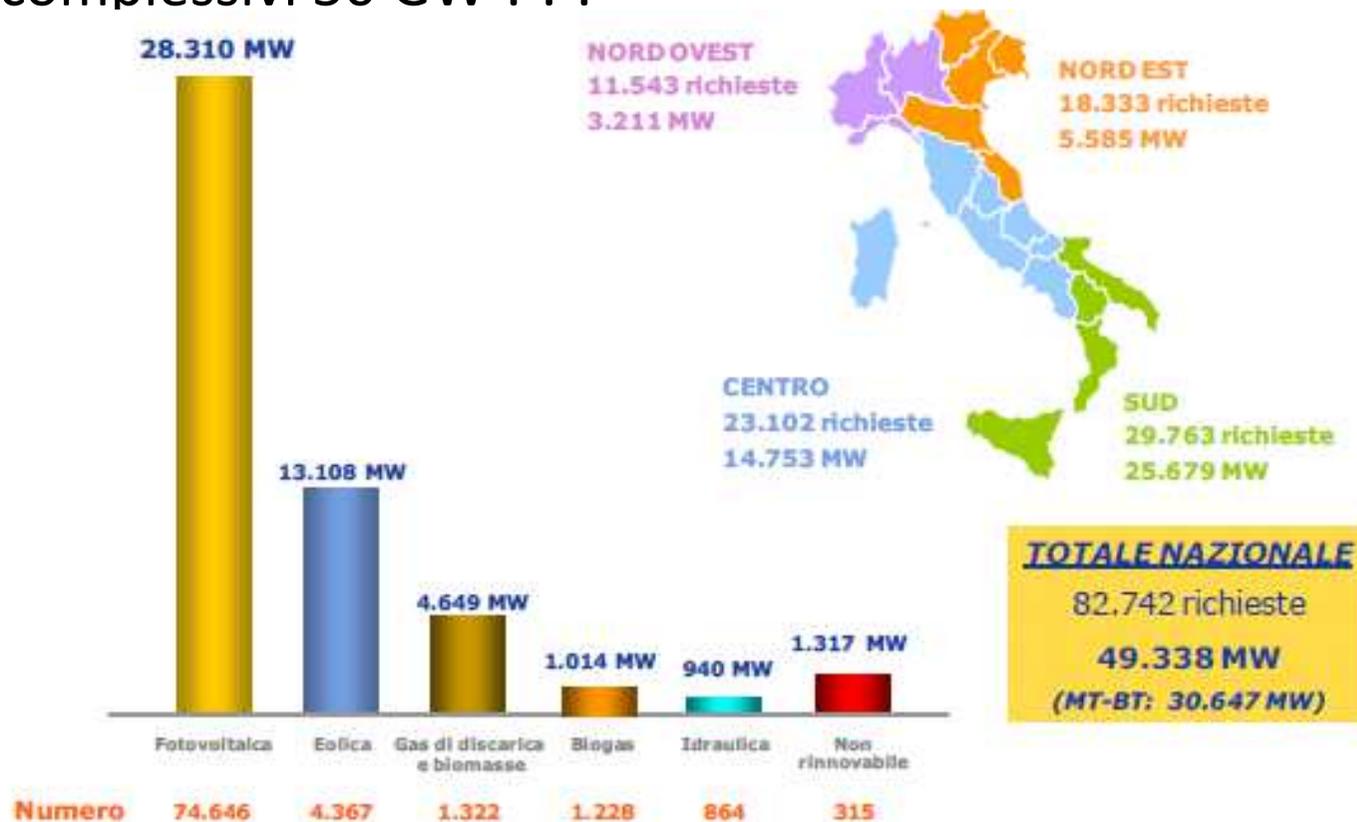
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- In corso per la sola rete di ENEL Distribuzione: ca. 80000 domande per complessivi 50 GW !!!



[G.VALTORTA et al., "Il ruolo del distributore", Giornata di Studio AEIT "Smart Grids", Milano 19/4/12]



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Saturazione virtuale della rete:

La figura seguente mette a confronto, a livello regionale, la potenza richiesta in corso e la potenza già connessa con l'assorbimento massimo delle reti MT e BT del 2007 ovvero prima della crisi economica.



Forti squilibri tra assorbimento massimo e potenza richiesta da produttori rinnovabili in alcune Regioni italiane

[G.VALTORTA et al., "Il ruolo del distributore", Giornata di Studio AEIT "Smart Grids", Milano 19/4/12]



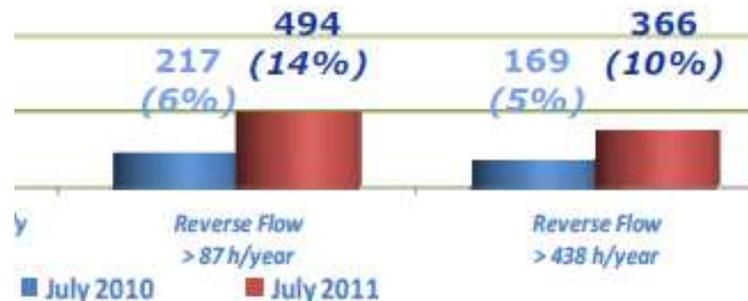
RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Saturazione virtuale della rete.

Si può notare che nel centro sud, se tutte le richieste dovessero andare a buon fine, nelle ore diurne ci sarebbe una generale inversione di flusso di energia dalla rete di distribuzione verso la RTN. La regione Puglia è già prossima alla parità fra potenza installata e massimo carico.

- Reti attive (def.: inversione flusso di P per almeno il 5% del tempo).

Per le ragioni sopra esposte molte reti stanno diventando attive. Nella figura seguente si può notare che, confrontando i dati di luglio 2011 con quelli dell'anno precedente, la percentuale di trasformatori AT/MT che vedono un flusso di energia in risalita verso RTN per almeno il 5% del tempo (più di un ora al giorno) è passata dal 5 al 10%



N. Totale trasformatori AT/MT di ENEL in Italia: 3400

[G.VALTORTA et al., "Il ruolo del distributore", Giornata di Studio AEIT "Smart Grids", Milano 19/4/12]



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



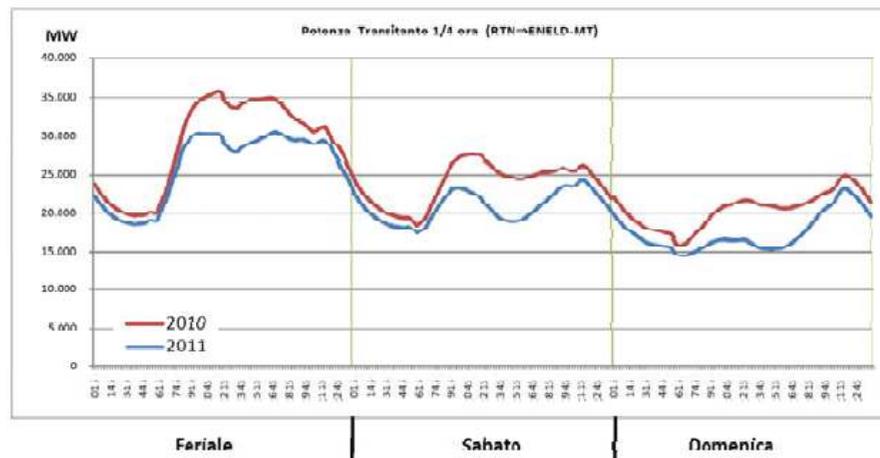
Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

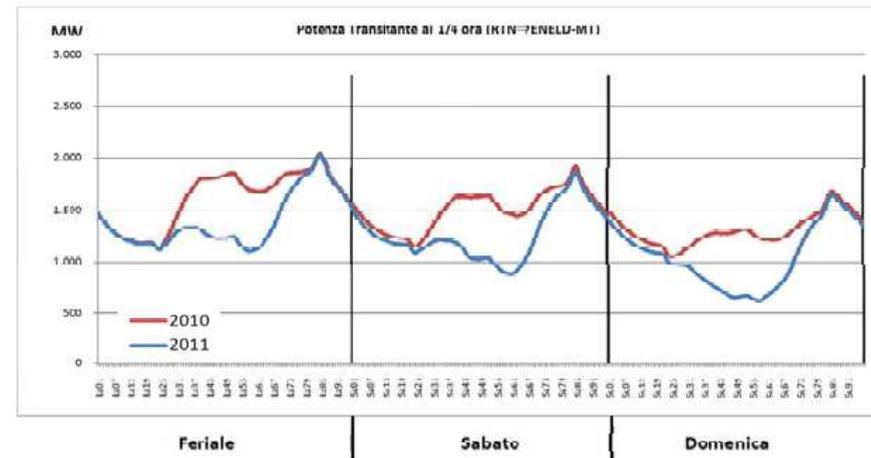
- Livellamento diagramma di carico:

La figura seguente mostra come in un anno si è modificato il diagramma di carico medio del mese di luglio nei giorni feriali, sabato e domenica, visto dalla RTN delle Cabine Primarie di Enel Distribuzione .

- Italia



- Puglia



Luglio 2010 vs Luglio 2011

[G.VALTORTA et al., “Il ruolo del distributore”, Giornata di Studio AEIT “Smart Grids”, Milano 19/4/12]



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Ref.:

The Distribution Networks and the Large Diffusion of Renewables Power Plants: the Situation of Italian Electric System

Simone Botton, *Enel Distribuzione SpA*, Fabio Cazzato, *Enel Distribuzione SpA*, Marco Di Clerico, *Enel Distribuzione SpA*

Enel Distribuzione SpA – Via Ombrone, 2 - Roma
simone.botton@enel.com

[Conv. Nazionale AEIT, Milano, Giugno 2011]



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Riferimenti:
 - Incentivi Fonti rinnovabili (solare: cto. Energia – GSE).
 - Rif. Normativo: TICA (del. AEEG 99/2008 e 125/2010).
 - Rif. Tecnico: CEI 0-16 (MT), CEI 0-21 (BT)
- Hanno portato ai seguenti livelli di sviluppo e penetrazione (ingente!).



CONNESSIONI MT/BT

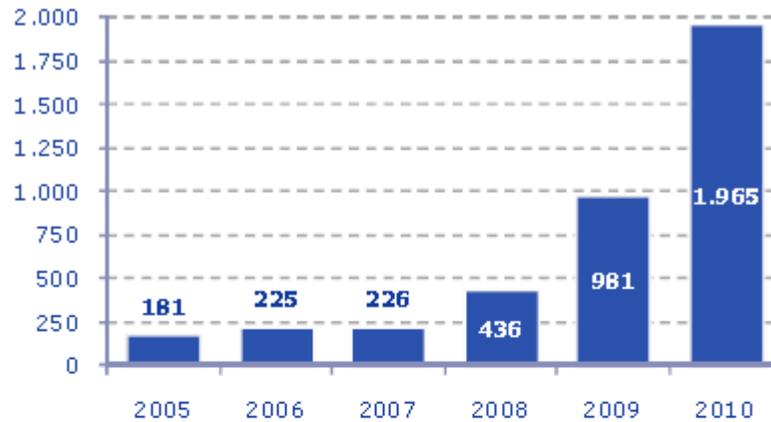


Fig 3: MV connections per year [No]

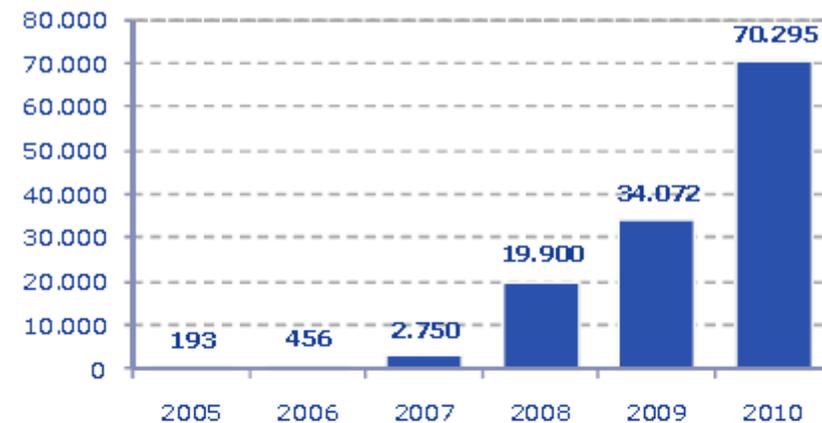


Fig 5: LV connections per year [No]

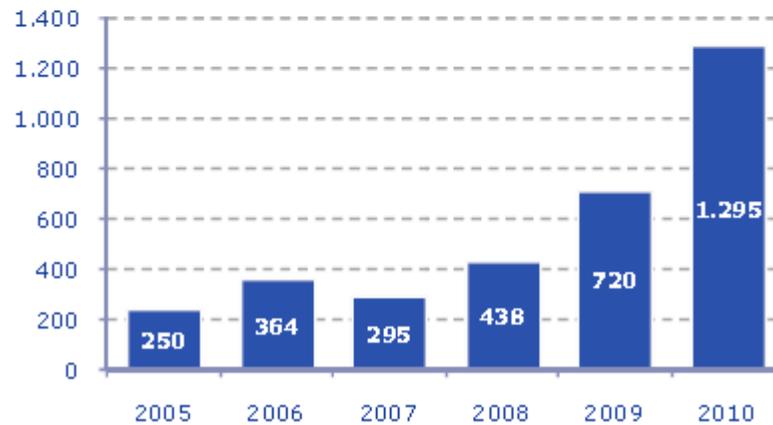


Fig 4: Connected generation power per year. MV network [MW]

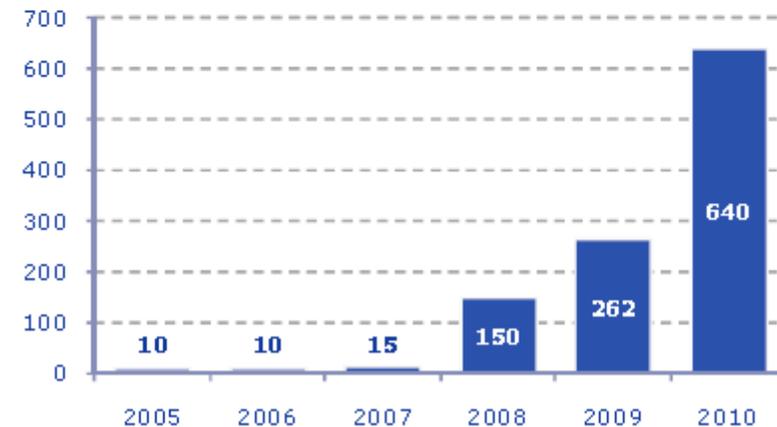


Fig 6: Connected generation power per year. LV network [MW]



TECHNICAL ISSUES (1/2)

- Inversione flusso di P
 - Condizioni non ottimali (o comunque non del tutto previste) di esercizio della rete di distribuzione (protezioni, automazione, ecc.).
- Sicurezza e stabilità
 - DG non dispacciabile (in generale).
 - Produttori vogliono sempre produrre la massima P.
 - Quando il flusso di P si inverte, le reti AT lo vedono come un generatore (anche grande) non dispacciabile (disturbi P/f ?).
- Pianificazione/organizzazione rete
 - Complessità previsioni di carico.
 - Generazione distribuita vs. dispersa !



TECHNICAL ISSUES (2/2)

- Necessario coordinamento tra DSO e TSO (anche in tempo reale ?).
- Collettori (DG Collectors).
 - Trasformatori MT/AT dedicati alla DG
 - Sottostazioni primarie MT/AT dedicate alla DG

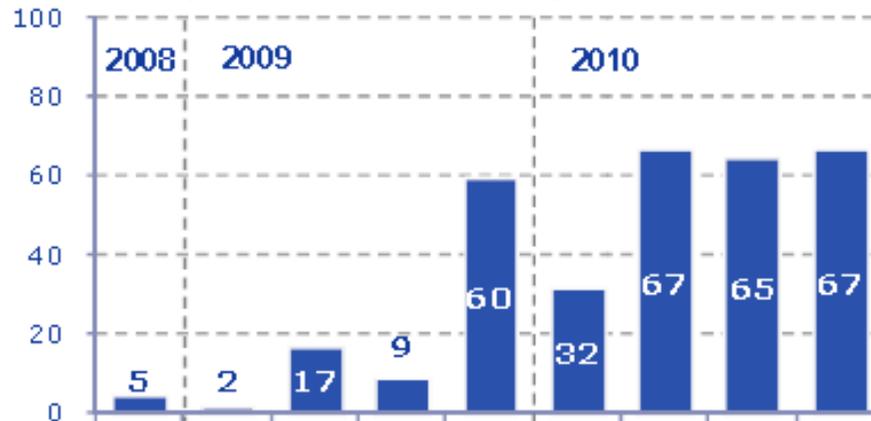


Fig 7: Connection requests to TSO for new MV/HV transformations necessary for DG [No vs. quarters of the year]



AREE CRITICHE

- Livelli di saturazione reti di distribuzione.
- “Open seasons” (moratorie trimestrali) per i DSO.



Fig 8: “Critical areas” for Enel’s network



RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Allegato A.70 al Codice di Rete (TERNA).

	Guida Tecnica	Codifica Allegato A. 70	
		Revisione N° 01	Pagina 1 di 13

REGOLAZIONE TECNICA DEI REQUISITI DI SISTEMA DELLA GENERAZIONE DISTRIBUITA

<i>Storia delle revisioni</i>		
01	13/03/2012	Prima emissione



RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Es.: allegato A.70 al Codice di Rete (TERNA)

	Guida Tecnica	Codifica	
		Allegato A. 70	
		Revisione	Pagina
		N° 01	3 di 13

1. SCOPO

La presente Guida regola i requisiti tecnici a cui gli impianti di produzione di energia elettrica connessi alle reti di distribuzione MT e BT (nel seguito: GD) devono rispondere ai fini della sicurezza del sistema elettrico nazionale interconnesso. In particolare, il presente documento ha lo scopo di prescrivere i requisiti minimi relativamente a:

- Campi di funzionamento in tensione e frequenza
- Controllo
- Esigenze di sistema per le protezioni
- Regolazioni



RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

	Guida Tecnica	Codifica	
		Allegato A. 70	
		Revisione	Pagina
		N° 01	2 di 13

INDICE

1.	SCOPO.....	3
2.	CAMPO DI APPLICAZIONE	3
3.	RIFERIMENTI	4
4.	DEFINIZIONI.....	4
5.	CAMPO DI FUNZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE	5
6.	TRASMISSIONE DEI DATI NECESSARI AI FINI DEL CONTROLLO DEL SEN	6
7.	REGOLAZIONI.....	6
7.1.	COMPORAMENTO DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE NEI TRANSITORI DI FREQUENZA.....	6
7.1.1.	RICONNESSIONE E REGOLAZIONE DELLA POTENZA ATTIVA IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA.....	6
7.1.2.	AVVIAMENTO E AUMENTO GRADUALE DELLA POTENZA IMMESA IN RETE	7
7.2.	COMPORAMENTO DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE NEI TRANSITORI DI TENSIONE	7
7.2.1.	INSENSIBILITA' AGLI ABBASSAMENTI DI TENSIONE	8
8.	COMPATIBILITA' DELLE PROTEZIONI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE CON LE ESIGENZE DI SISTEMA	8
8.1.	IMPIANTI DI PRODUZIONE CONNESSI ALLA RETE MT	9
8.1.1.	Regolazioni dei relè da adottare in via transitoria	11
8.2.	IMPIANTI DI PRODUZIONE CONNESSI ALLA RETE BT.....	12
9.	APPENDICE 1 - Ulteriori accorgimenti riportati a titolo informativo.....	13



RETI DI DISTRIBUZIONE (ITALIA)

- Es.: nuova norma CEI 0-21 (in arrivo anche nuova 0-16) in recepimento dell'allegato A.70.

N O R M A I T A L I A N A C E I	
<i>Norma Italiana</i>	<i>Data Pubblicazione</i>
CEI 0-21	2011-12
<hr/>	
<i>Titolo</i>	
Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica	
<hr/>	
<i>Title</i>	
Reference technical rules for the connection of active and passive users to the LV electrical Utilities	
<hr/>	
Allegato D (informativo, allo studio) Segnali su protocollo CEI EN 61850	119
Allegato E (normativo) Partecipazione delle unità GD al controllo della tensione	120
Allegato F (normativo) Limitazione della potenza attiva delle unità GD	126
Allegato G (normativo) Regolamento di esercizio in parallelo con rete BT "DISTRIBUTORE" di impianti di produzione (AUTOCERTIFICAZIONE)	128



RETI DI TRASMISSIONE (EU)

A Smart Transmission Grid for Europe: Research Challenges in Developing Grid Enabling Technologies

Luigi Vanfretti, *Member, IEEE*, Dirk Van Hertem *Senior Member, IEEE*,
Lars Nordström, *Member, IEEE*, and Jan Ove Gjerde, *Member, IEEE*

Abstract—Smart grids have attracted significant attention lately, and one can even speak of a hype. However, much of the attention is paid to the distribution side and consumer interaction. Nevertheless, also at the transmission level important improvements can be achieved through farsighted and careful intelligent grid design and implementation. This paper identifies different research areas and their respective boundary interactions in order to enable a practical “Smart Grid” implementation in the European power system. Emphasis is placed on three essential aspects of the Smart Transmission Grid.

First, the necessary evolution of synchrophasor measurement technology is discussed, as well as the limitations towards and its full integration into power system operation and control. An important aspect to achieve this full integration is the necessity to test and integrate any proposed solution in an open and transparent environment. Secondly, the IT, data and communications paradigm is critically discussed. And lastly, the key questions that are open to the transmission system operators are discussed, specifically regarding the coordination within the pan-European power system and its security.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

RETI DI TRASMISSIONE (EU)

- STG (Smart Transmission Grid):
 - Monitoring and control the STG.
 - ICT aspects (parole chiave):
modello di mercato, impatto ICT su osservabilità e controllabilità, scambio info, controlli distribuiti “agent based”, controlli real-time “wide-area”.
- Operatività internazionale:
recupero operatività TSO nazionali, dispacciamento nuovi impianti (o cluster di impianti), investimenti su infrastrutture “cross border”, coordinamento, anche dei flussi e anche real-time.



OUTLINE

- Funzionamento del sistema elettrico: oggi.
- Gestione energia elettrica da nuove fonti/nuovi generatori: sostenibilità e issues.
- Reti di distribuzione e trasmissione (Italia/EU).
- **Smart grids: basi, drivers, evoluzione, micro-grids, standard, ricerca, dimostratori.**
- UniTS: RegV, SmartECS, NewSART, PV-EROEI ...
- Progetti pilota in campo nazionale.
- DSO (distributore): nuovi ruoli e punti di vista.



SMART GRID

- Definizioni:
 - *A Smart Grid is an electricity network that can intelligently integrate the actions of all users connected to it – generators, consumers and those that do both – in order to efficiently deliver sustainable, economic and secure electricity supplies.*

[SmartGrids European Technology Platform, “Strategic deployment document for Europe’s electricity networks of the future,” SmartGrids ETP, Tech. Rep., 2010]



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

SMART GRID

- *A smart grid is therefore defined as a grid that accommodates a wide variety of generation options, e.g. central, distributed, intermittent, and mobile. It empowers consumers to interact with the energy management system to adjust their energy use and reduce their energy costs. A smart grid is also a self-healing system. It predicts looming failures and takes corrective actions to avoid or mitigate system problems. A smart grid uses IT to continually optimize the use of its capital assets while minimizing operational and maintenance costs ...*



SMART GRIDS

...

- *At its core, the smart grid is an ad hoc integration of complementary components, subsystems, and functions under the pervasive control of a highly intelligent and distributed command-and-control system.*
- → FIGURE ...

Definizione e figure seguenti tratte da :

[H. Farhangi, "The Path of the Smart Grid", IEEE Power & Energy Magazine, Jan/Feb 2010].



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control

SMART GRID BASIC

- Realizzabilità:
convergenza di sistemi di controllo e di ICT verso i sistemi elettrici
- Punti salienti
confronto con reti esistenti

Existing Grid	Intelligent Grid
Electromechanical	Digital
One-Way Communication	Two-Way Communication
Centralized Generation	Distributed Generation
Hierarchical	Network
Few Sensors	Sensors Throughout
Blind	Self-Monitoring
Manual Restoration	Self-Healing
Failures and Blackouts	Adaptive and Islanding
Manual Check/Test	Remote Check/Test
Limited Control	Pervasive Control
Few Customer Choices	Many Customer Choices

figure 1. The smart grid compared with the existing grid.



SMART GRID BASIC

- Utilities (DSO):
Ritengono che investire oggi in distribution automation conferirà loro nuove interessanti (=profitable) capacità di gestione del sistema.

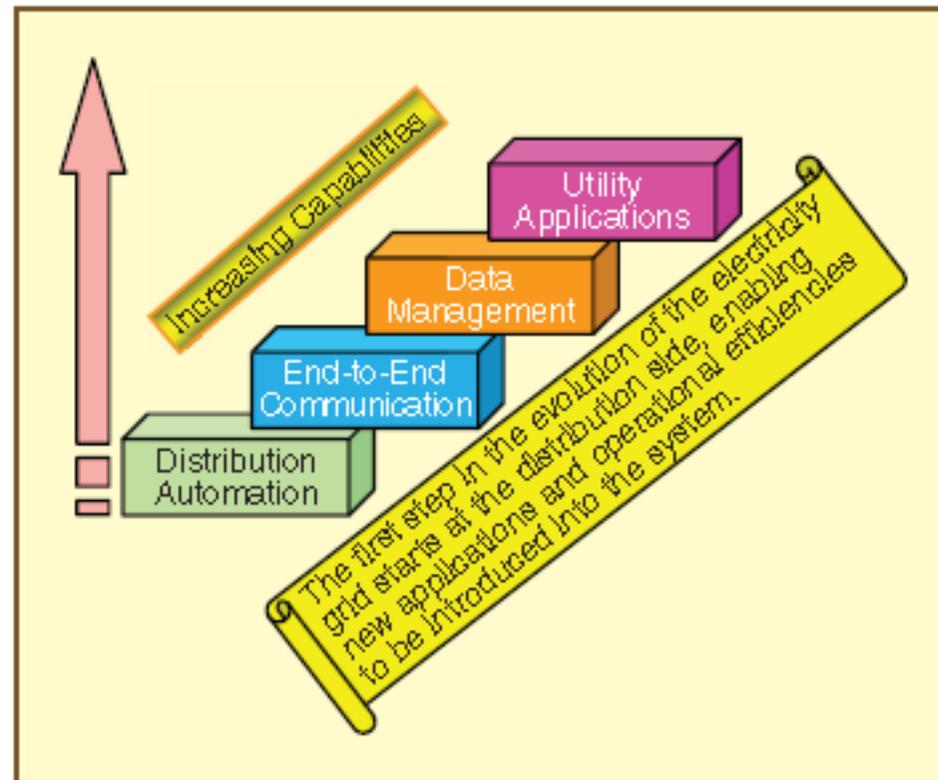


figure 2. Utility-desired capabilities.



SMART GRIDS BASIC

- **Convergenza:**
molti ingredienti da amalgamare;
nuova progettazione;
nuovi approcci;
nuove tecnologie;
nuovi standard.

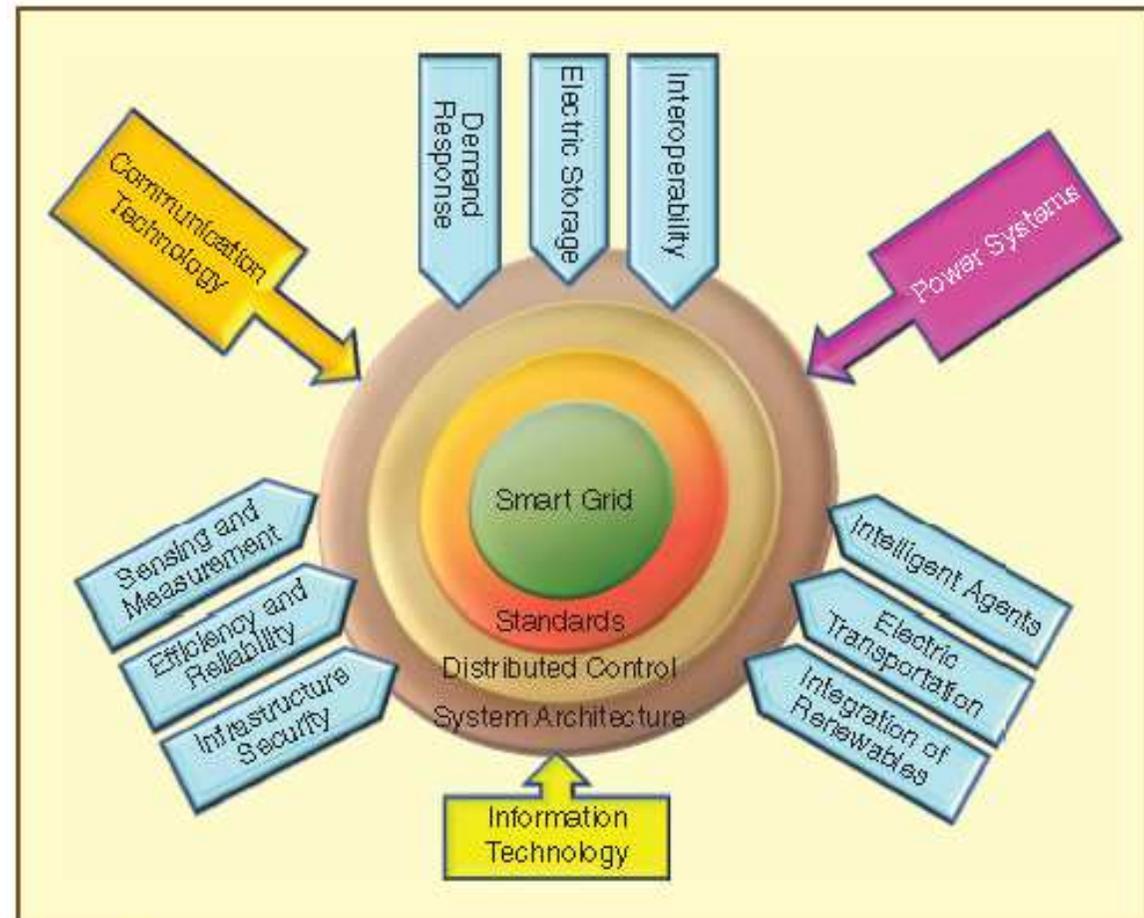
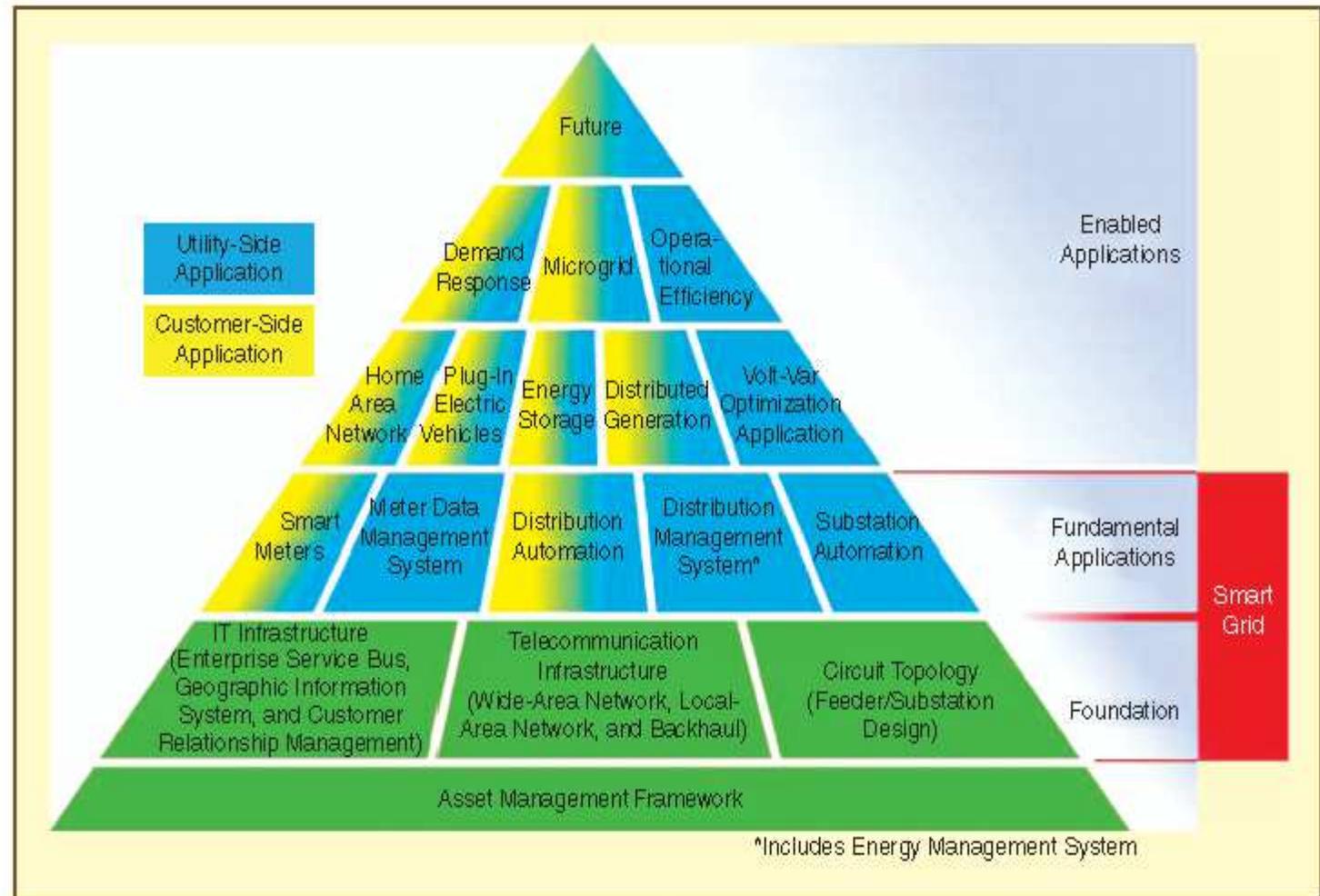


figure 3. Basic smart grid ingredients (source: Gridwise Alliance).



SMART GRID DRIVERS

win – win !
 devices
 knowledge /
 technologies



id (source: BC Hydro).



UNIVERSITÀ
 DEGLI STUDI DI TRIESTE
 Dipartimento di Ingegneria e Architettura



LAD. OT Grid Connected and Marine
 Electric Power
 Generation and Control

RETE ESISTENTE

- Gerarchica.
- “One-way pipeline”.
- I generatori non ricevono informazioni sul servizio dei carichi.
- Sovradimensionata (peak demand) e quindi inefficiente.
- Oggi: situazioni limite.

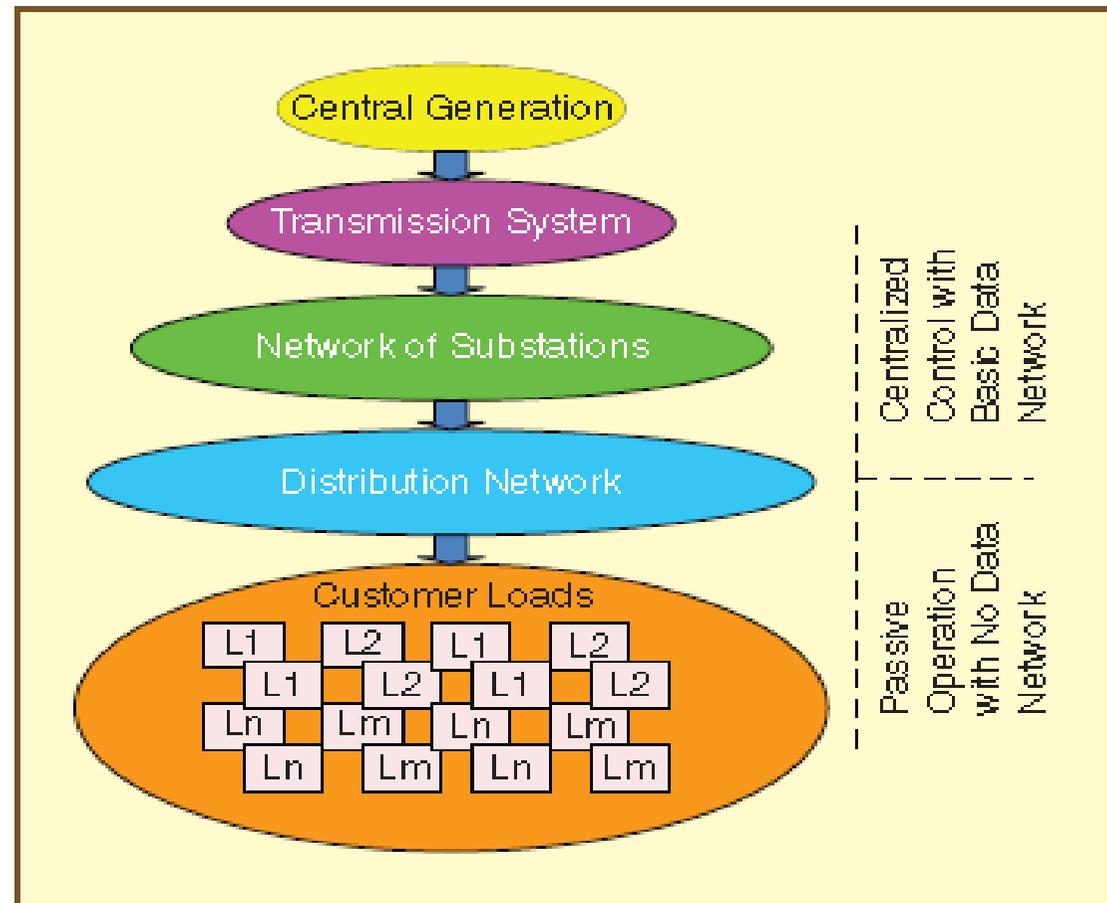


figure 5. The existing grid.



SMART GRID EVOLUTION

- Bottom-up:
90% outages/
disturbi originano
nella rete di
distribuzione.
- AMR (one-way).
- AMI (two-way).
- Load
management.
- Revenue
protection.

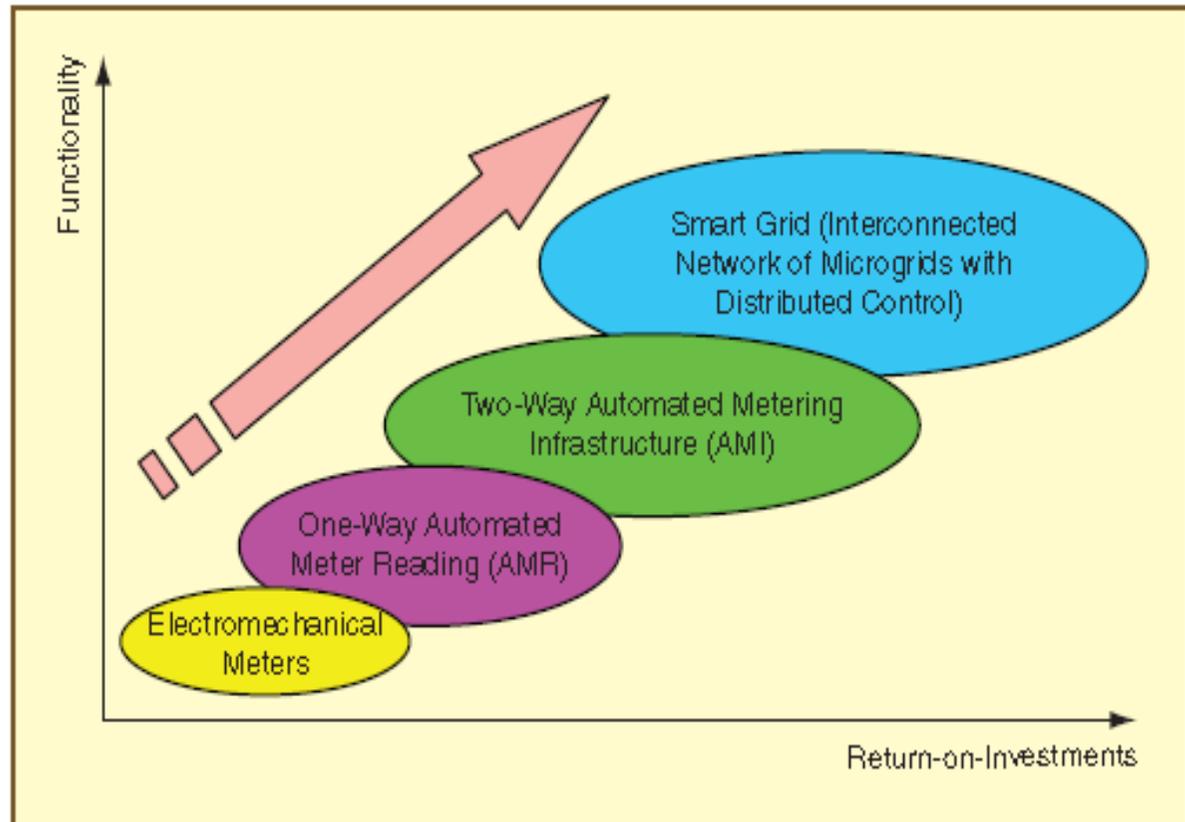


figure 6. The evolution of the smart grid.



SMART GRID EVOLUTION

- ROI

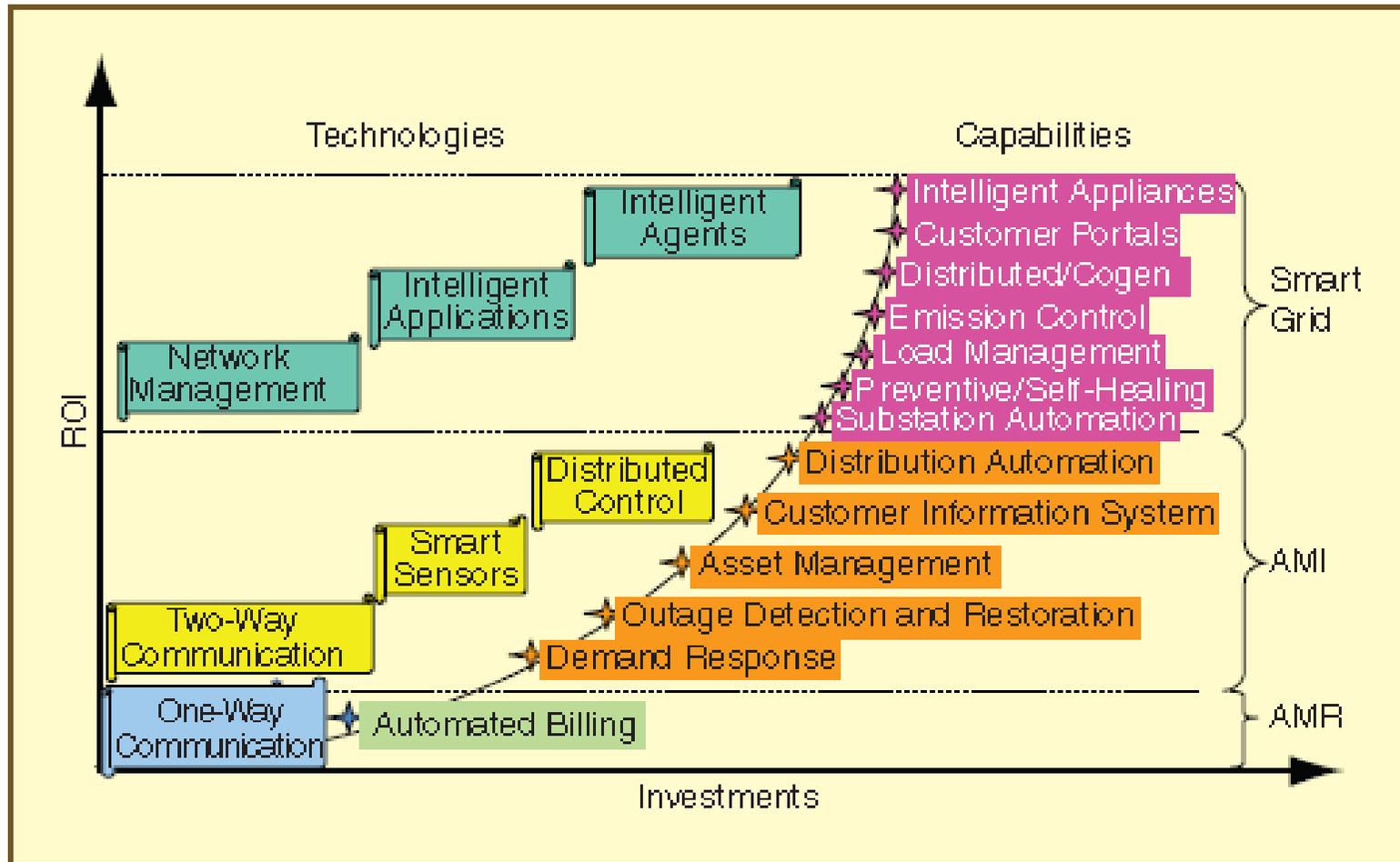


figure 7. Smart grid return on investments.



SMART MICROGRIDS

- Def: “interconnected networks of distributed energy systems (loads and resources) that can function whether they are connected to or separate from the electricity grid.”

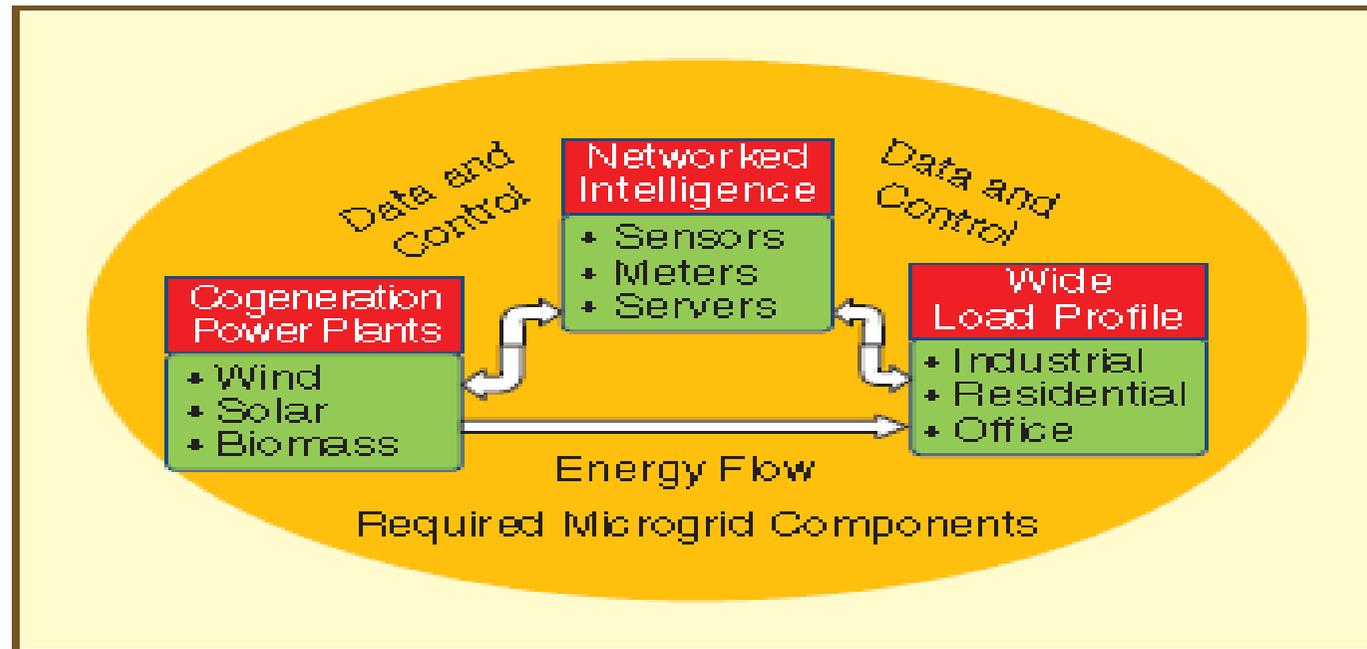


figure 3. The topology of a smart microgrid.



SMART MICROGRID

1. Contiene generatori (sodd. domanda locale, eccesso in rete): cogeneratori, solare, eolico, biomasse, geotermico.
2. Alimenta carichi (industriali, uffici, residenziali).
3. Utilizza sistemi di accumulo *[ref.]*
4. Incorpora smart meters e sensori.
5. Incorpora infrastruttura ICT.
6. Incorpora smart terminations (carichi intelligenti).
7. Incorpora sistemi di controllo.

- [E. TIRONI et al., “Contributo degli accumuli di energia e potenza al miglioramento della qualità e dell’efficienza delle reti di distribuzione”, Giornata di Studio AEIT “Smart Grids”, Milano 19/4/12]



SMART GRID TOPOLOGIES

Obiettivo



Transizione/coesistenza

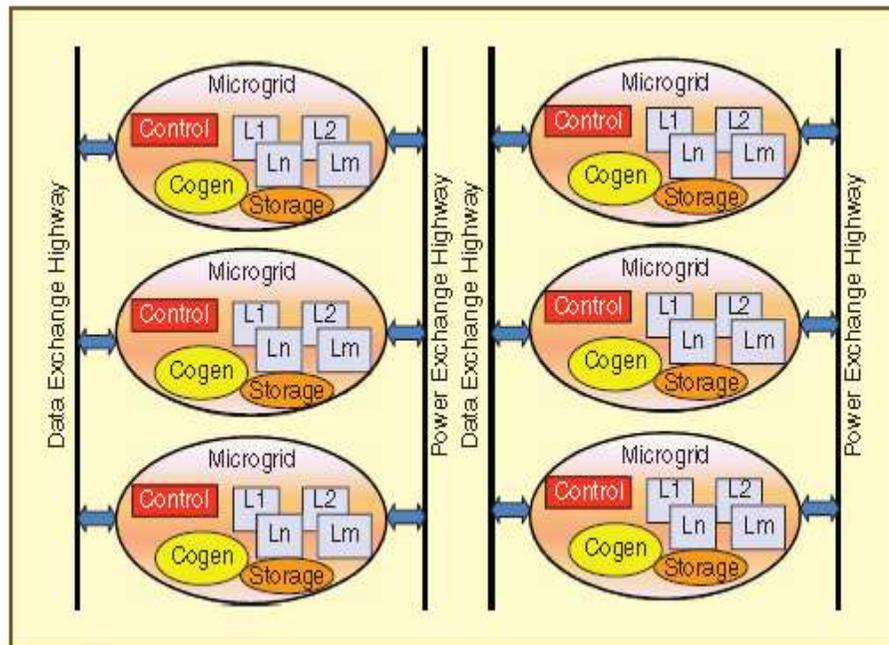


figure 9. The smart grid of the future.

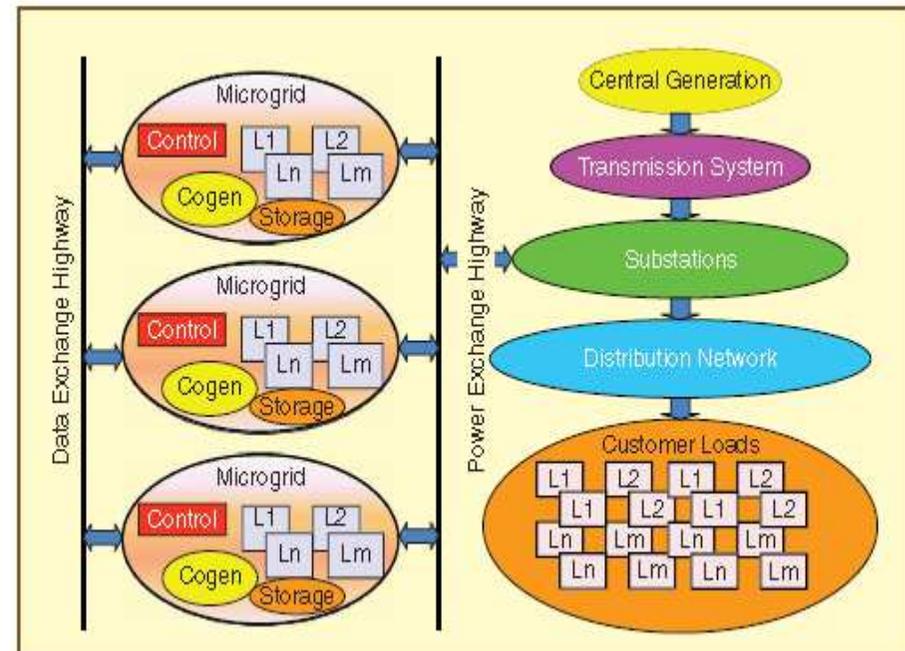


figure 10. System topology for the smart grid in transition.



SMART GRID

- Standards:
 - Protocolli per WAN-LAN-HAN

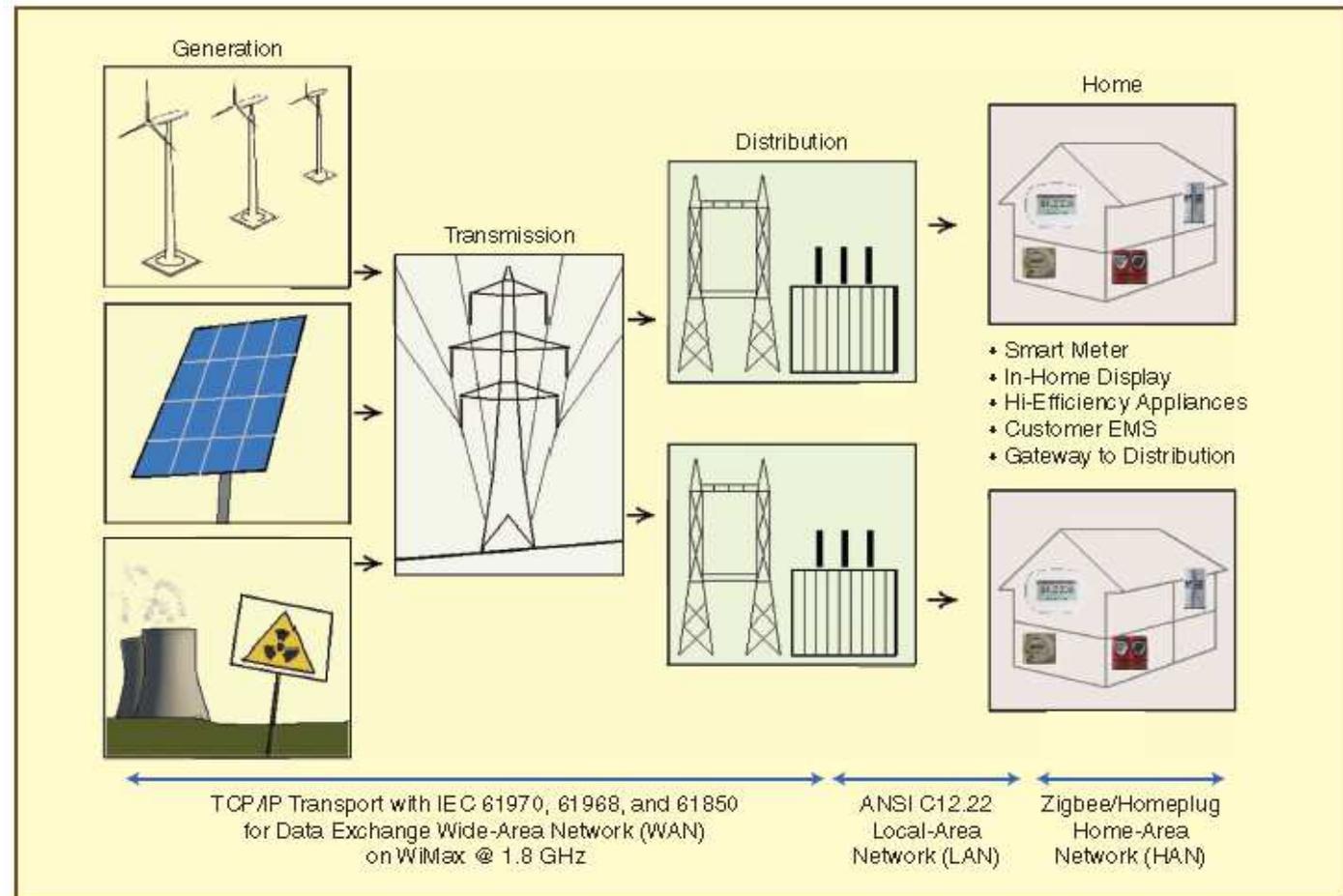


figure 11. Emerging standards for the smart grid.



Grazie per l'attenzione.

Giorgio Sulligoi

Università di Trieste

DI3 – Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

EPGC Lab.

gsulligoi@units.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Lab. of Grid Connected and Marine
Electric Power
Generation and Control