



DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico



**A trent'anni dal terremoto del 1980 –**

**- La prevenzione del rischio sismico tra memoria e innovazione**

**Potenza 19 Novembre 2010**

## ***LE RETI ACCELEROMETRICHE DEL DPC***

***(agg.to al 15-11-10)***

***Mario Nicoletti***

*Servizio Monitoraggio del territorio e gestione delle banche dati (MOT)*

*mario.nicoletti@protezionecivile.it*

*http://www.protezionecivile.it*



## Il Progetto RAN del DPC

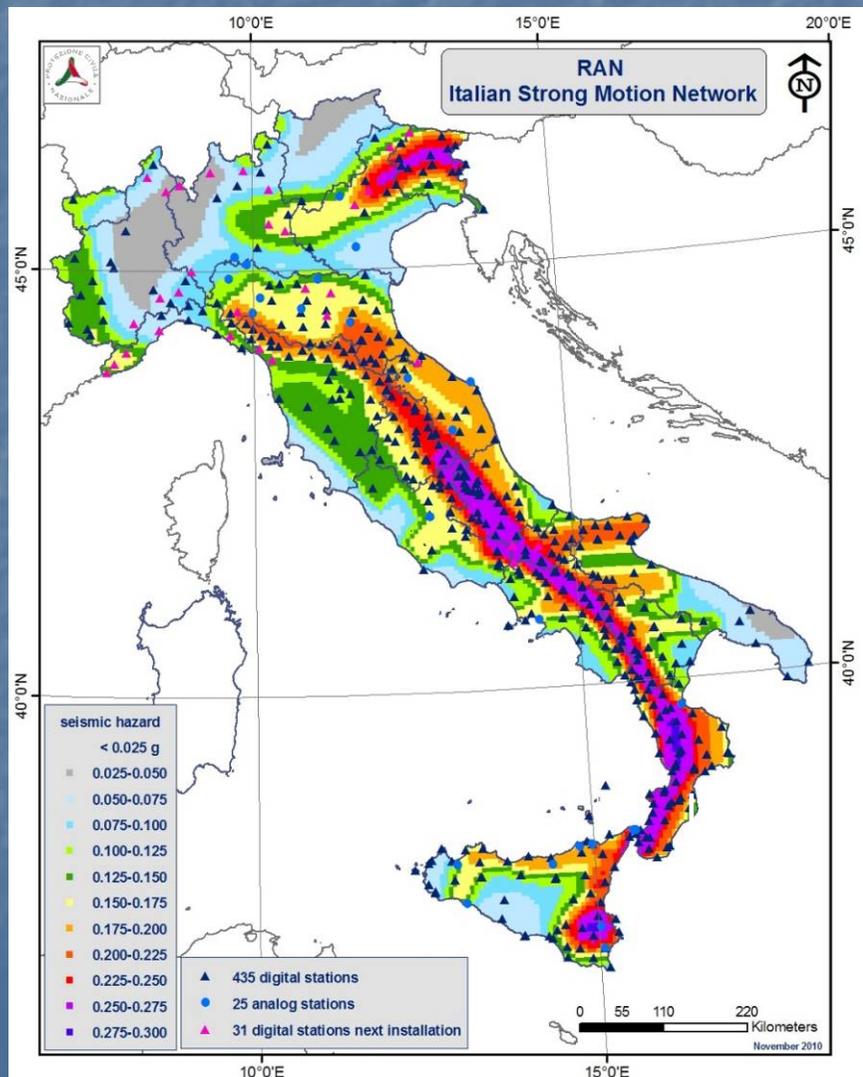
- 📌 La rete italiana di monitoraggio sismico in strong motion (Rete Accelerometrica Nazionale - RAN), è gestita dal Servizio MOT del DPC.
- 📌 La RAN rappresenta l'aggiornamento ed estensione con strumenti digitali della rete ENEL di 247 accelerometri analogici, acquistata nel luglio '98. La RAN comprende 435 stazioni digitali con modem GSM (272) o GPRS (164), e 16 analogiche, da sostituire a breve con digitali.
- 📌 Gli strumenti digitali della RAN mettono a disposizione del DPC dati in strong motion di alta qualità, utili per la valutazione dello scuotimento in area epicentrale e per studi di ingegneria sismica e sismologia.
- 📌 I miglioramenti tecnologici in corso nella RAN comprendono nuovi server centrali con SW "Antelope", il passaggio graduale al GPRS delle attuali stazioni con modem GSM, e il passaggio generale della trasmissione dati dalla modalità in dial-up a quella in continuo.



## DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico

# CONFIGURAZIONE ATTUALE DELLA RAN



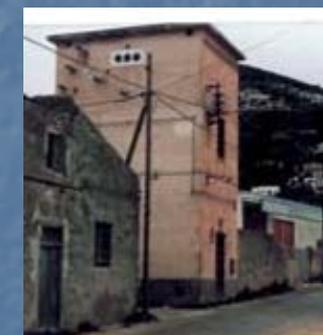
### STAZIONI IN FREE FIELD:

- ▲ 272 stazioni digitali con trasmissione GSM (253 Kinematics + 19 CESI)
- ▲ 31 siti pronti per l'installazione di strumenti digitali.



### STAZIONI IN CABINA ELETTRICA:

- ▲ 164 stazioni digitali Syscom / Reftek con trasmissione dati via GPRS
- ● 27 cabine pronte per l'installazione (2010) di strumenti digitali (16 ancora con strumento analogico Kinematics)



**Dimensione attuale della RAN: 435 stazioni digitali (463 entro il 2010)**



DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico



## **OBIETTIVI FUTURI DELLA RAN**

- ▣ Installazione strumenti nelle **31 postazioni f.field pronte**.
- ▣ Realizzazione di **30 nuove postazioni in f.field** per completare la RAN nel Nord e Centro Italia.
- ▣ Installazione strumenti in **ulteriori 10 cabine elettriche**.
- ▣ In tal modo entro il 2011 sarà raggiunta una **dimensione della rete di 534 stazioni digitali**, con passo maglia 20-30 km.
- ▣ Aggiornamento **trasmissione dati** da dial-up a **continua**.
- ▣ Miglioramento dell'**elaborazione dati in automatico**.
- ▣ Realizzazione dello **scambio dati automatico** con partner istituzionali.
- ▣ Progetto e realizzazione di ulteriori **array accelerometrici in aree urbane** soggette ad elevato rischio sismico.



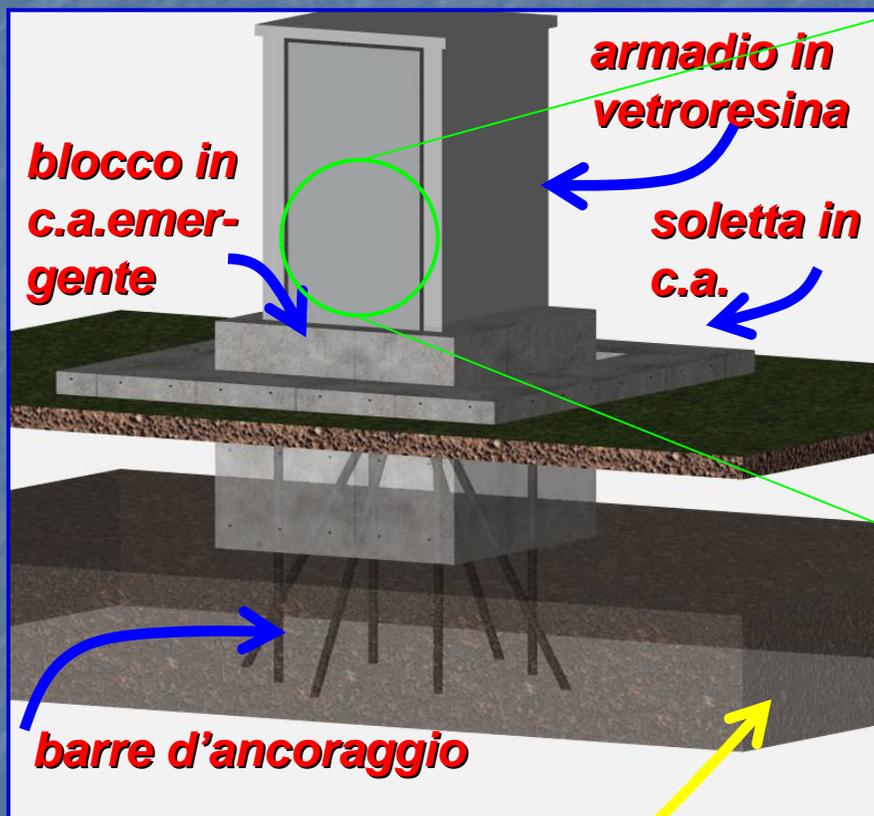
DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico



dettagli sulla RAN:

## LE POSTAZIONI DIGITALI DELLA RAN



**interno**



**esterno**

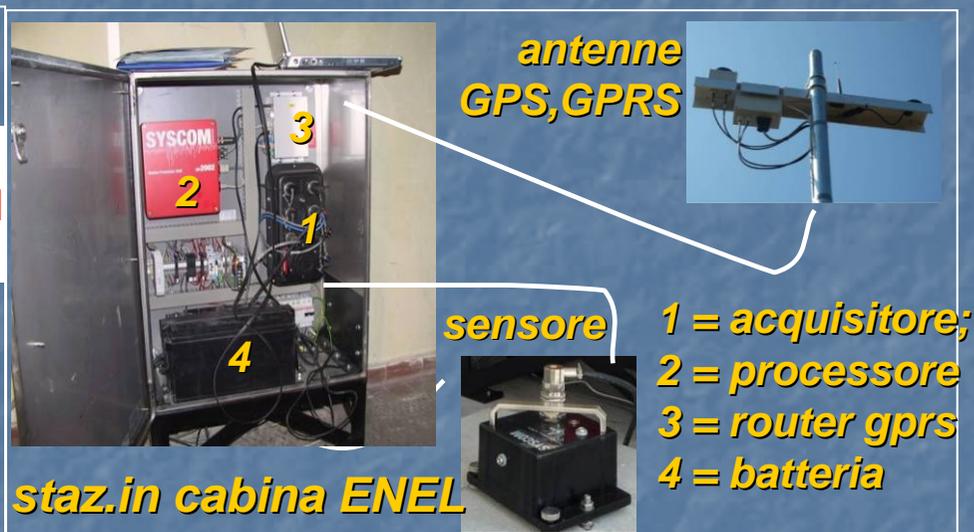


Stazione in free field

Stazione in cabina ENEL

dettagli sulla RAN:

## LAYOUT DEGLI STRUMENTI DIGITALI



- ✓ Fondo scala +/- 1 g;
- ✓ Freq. di campionamento: 200 Hz;
- ✓ Temporizzazione assoluta GPS;
- ✓ Registrazione pre- e post-evento;
- ✓ Trasmissione GSM o GPRS;
- ✓ Dati pronti senza preprocessamento.



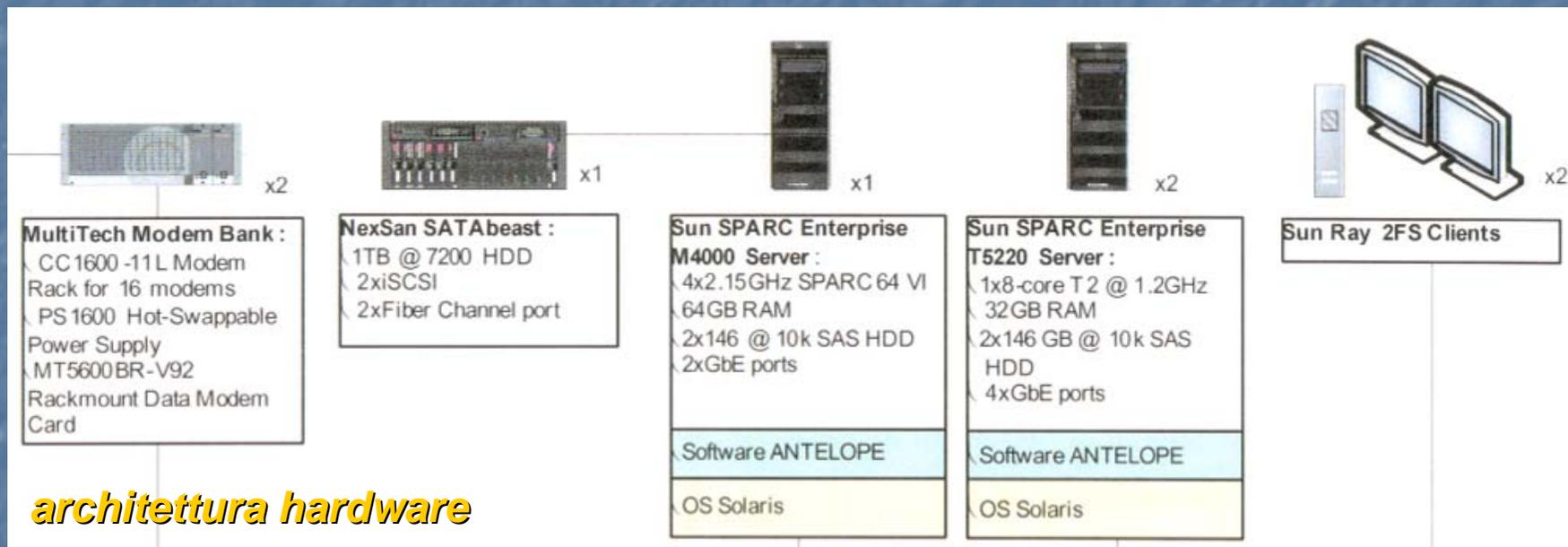
## DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico



dettagli sulla RAN:

### **IL NUOVO CENTRO DATI DELLA RAN (CDR)**



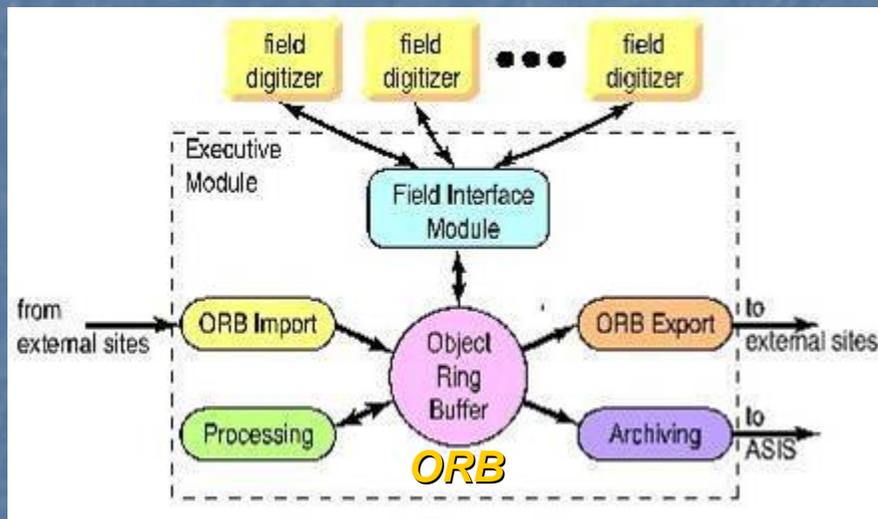
Il CDR è stato appena aggiornato con 1 server data per elaborazione/archiviazione e 2 server per acquisizione dati, 2 banche da 16 modem, un capiente disk array e la versione 5.0 del SW “Antelope” di gestione della RAN, coperto da un contratto di assistenza triennale.

Si stanno inoltre attivando consulenze per personalizzare “Antelope” per sfruttarne appieno le possibilità offerte da tale applicativo.



dettagli sulla RAN:

## IL SOFTWARE DI GESTIONE DELLA RAN



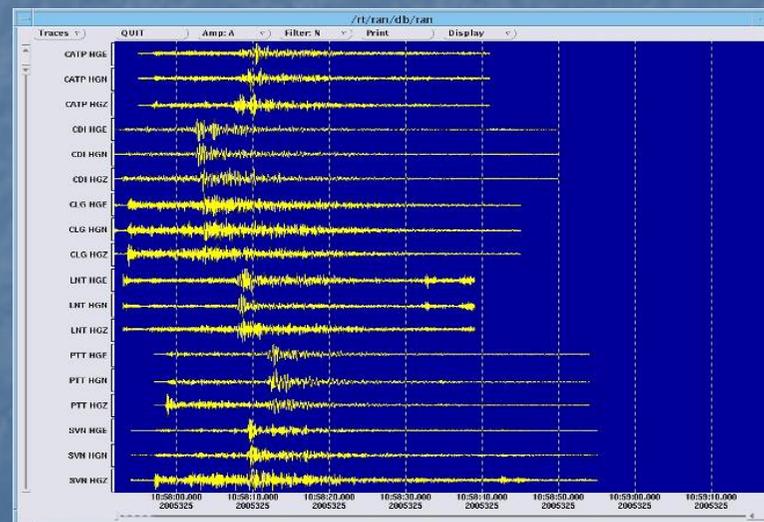
**sistema ARTS in real time**

Attraverso un ORB, ARTS memorizza, elabora, archivia ed esporta i dati ottenuti dalle stazioni RAN o importati da altre reti.

Un pannello operativo lista i nomi, lo SOH e le informazioni per tutte le stazioni della RAN.

Lo Antelope Seismic Information System (ASIS) gestisce ed elabora i dati facendo uso di un database relazionale.

La RAN è gestita mediante l'ambiente SW "Antelope" ver.5.0 della statunitense BRTT

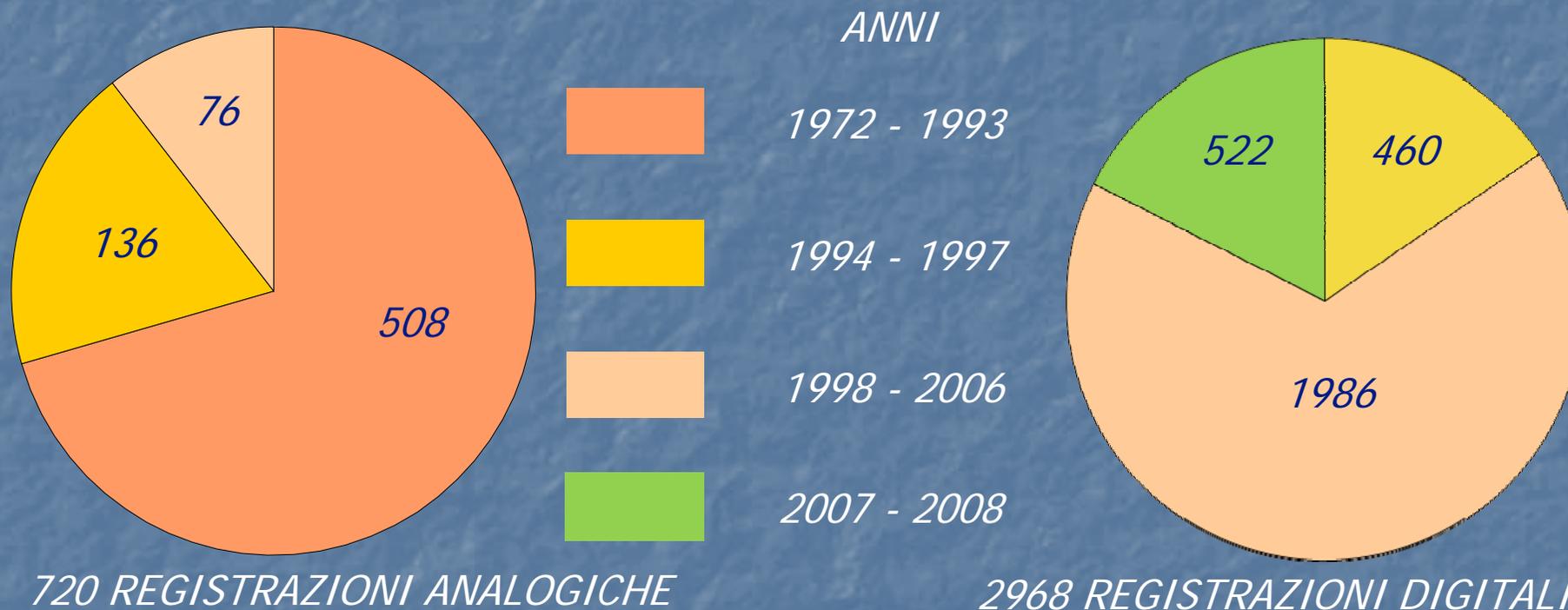


**grafico in real time delle forme d'onda**



dettagli sulla RAN:

## IL DATABASE DELLA RAN (1972-2008)

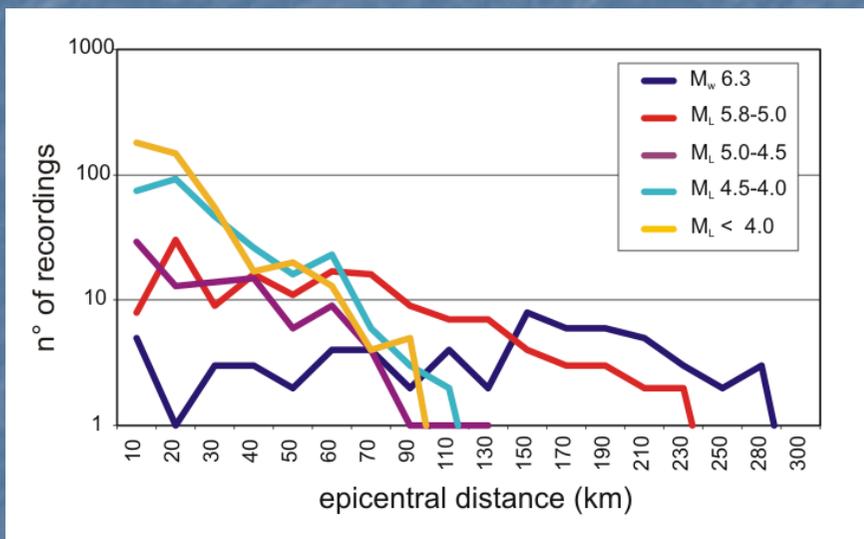


Il database della RAN alla fine del 2008 comprendeva 720 registrazioni analogiche (solo eventi strong motion), oltre a molto più numerose (2968) e più recenti registrazioni digitali.



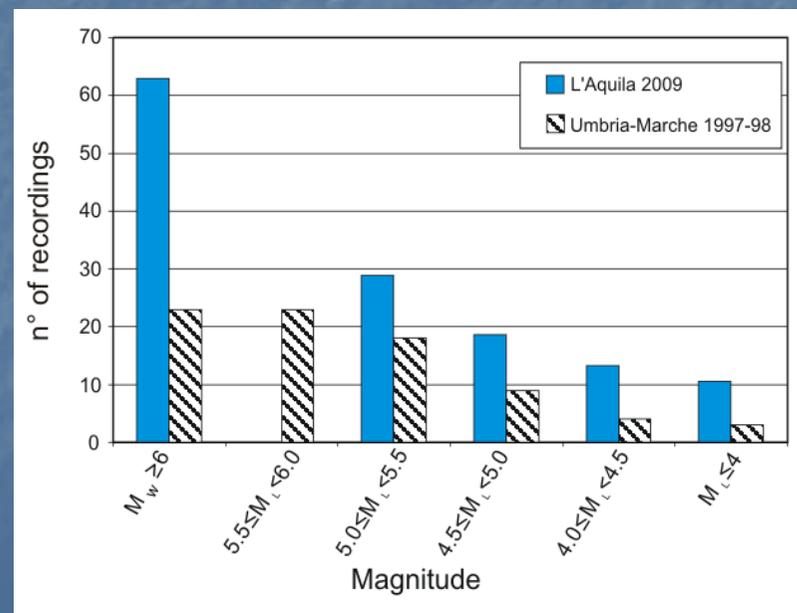
dettagli sulla RAN:

**LE REGISTRAZIONI DELLA SEQUENZA AQUILANA(1/2)**



La RAN ha registrato complessivamente 1175 forme d'onda a 3 componenti per eventi con  $M_L \geq 3.5$ , con un incremento del numero delle forme d'onda presenti in archivio dell'ordine del 70%.

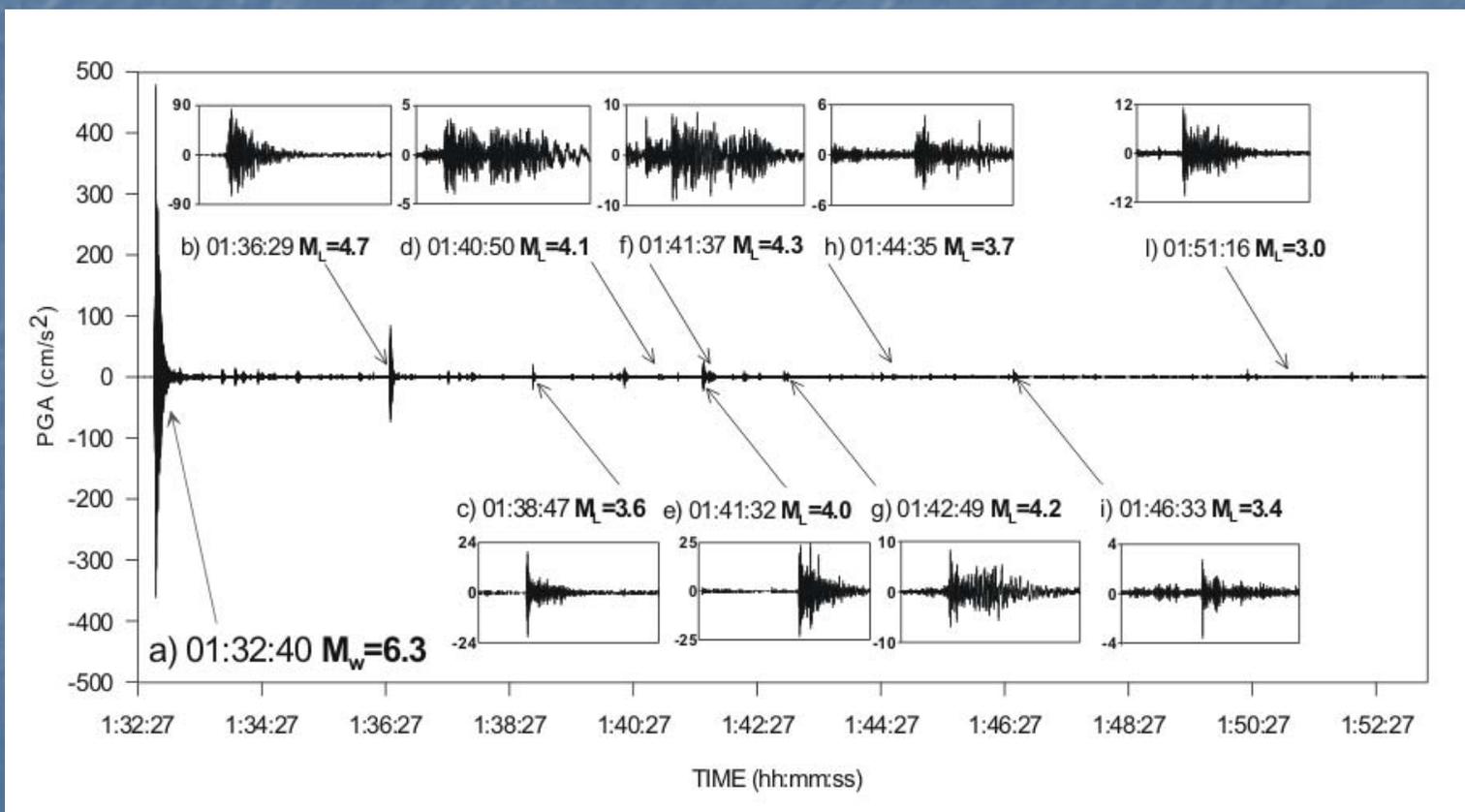
Il confronto con la sequenza sismica di Umbria – Marche evidenzia il notevole incremento della capacità di raccolta di accelerogrammi da parte della RAN, dovuto sia al miglioramento tecnologico, sia alla progressiva estensione della rete.



dettagli sulla RAN:

**LE REGISTRAZIONI DELLA SEQUENZA AQUILANA(2/2)**

**Un esempio di registrazione**



Nella registrazione continua di 21' della stazione RAN "AQA" (L'Aquila – fiume Aterno) si evidenziano 12 sismi, tra cui 9 di  $M_L \geq 3$ .



DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico

## **L'Osservatorio Sismico delle Strutture (OSS)**



L'OSS è la rete nazionale del DPC per il monitoraggio permanente della risposta sismica di 141 (ad oggi 130) edifici pubblici e 7 ponti, da completare entro il 2011.

I dati sono raccolti via ADSL, e diffusi alla comunità scientifica, a beneficio delle conoscenze scientifiche e delle norme tecniche.

Edifici di importanza per la collettività vengono tenuti sotto controllo, e si stima la capacità della struttura di resistere a ulteriori terremoti.

L'OSS comprende una rete fondamentale (RF) di 120 (117) sistemi con  $\approx 20$  misure ciascuno e una Rete Integrativa (RI) di 21 (14) sistemi con 7 misure ciascuno.

***La Rete Fondamentale dell'OSS  
con strumentazione completa***



**Scelta, studio e strumentazione delle strutture**

STRUTTURA	EDIFICI DI C.A.	EDIFICI DI MURATURA	PONTI	
%	60	34	6	
USO	SCUOLE	OSPE- DALI	MUNI- CIPI	ALTRO
%	48	12	22	15

**Studio preliminare di una struttura:**

- Raccolta documentazione
- Rilievo geometria, carichi, fessure
- Rilievo proprietà meccaniche (in situ e in laboratorio)
- Modellazione numerica
- Analisi numeriche

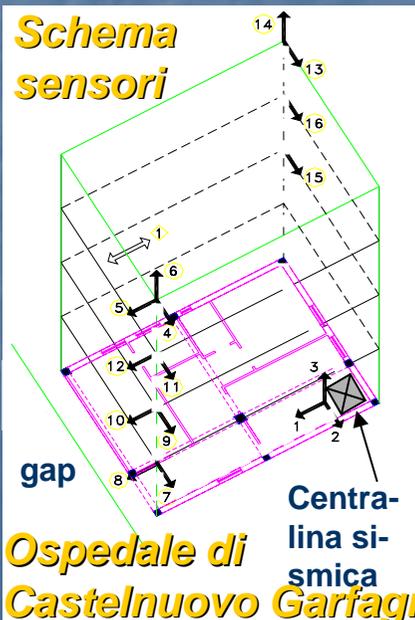
**Distribuzione per tipologia strutturale e d'uso**

**Strumentazione:**

3 accelerometri orizzontali (f.scala 1 o 2 g) per piano (nella RI solo al solaio più alto) per descrivere l'oscillazione dell'edificio.

1 triassiale a livello del terreno (f.scala 0.5 o 1 g) per misurare il terremoto in arrivo.

La centralina sismica digitalizza i segnali a 200 Hz con dinamica di 16/24 bit e li registra al superamento di una certa soglia (es. 1 mg a terra) - 13 -





## Modellazione ed analisi numerica

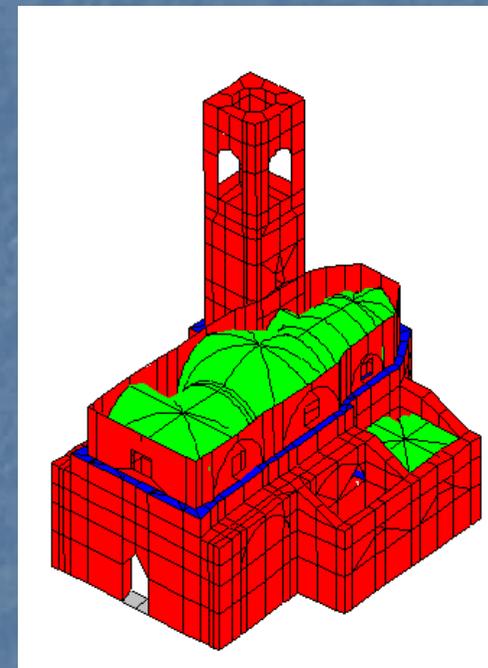
Applicando i dati registrati a un modello numerico agli E.F. si simula il comportamento dinamico, si correlano il danno e l'intensità sismica e si valutano gli effetti di giunti, interventi, etc.

Tutti i modelli sono lineari in 3D, con piani rigidi (c.a.) o flessibili (muratura). Le tamponature esterne sono modellate con bielle con la rigidezza di spunto o elementi di guscio spesso (muratura). Dei modelli si eseguono le analisi statica, modale e spettrale. Si sviluppano anche versioni non-lineari dei modelli.

I modelli sono ottimizzati minimizzando le differenze tra le proprietà dinamiche del modello e quelle effettive, determinate mediante prove di vibrazione artificiale.



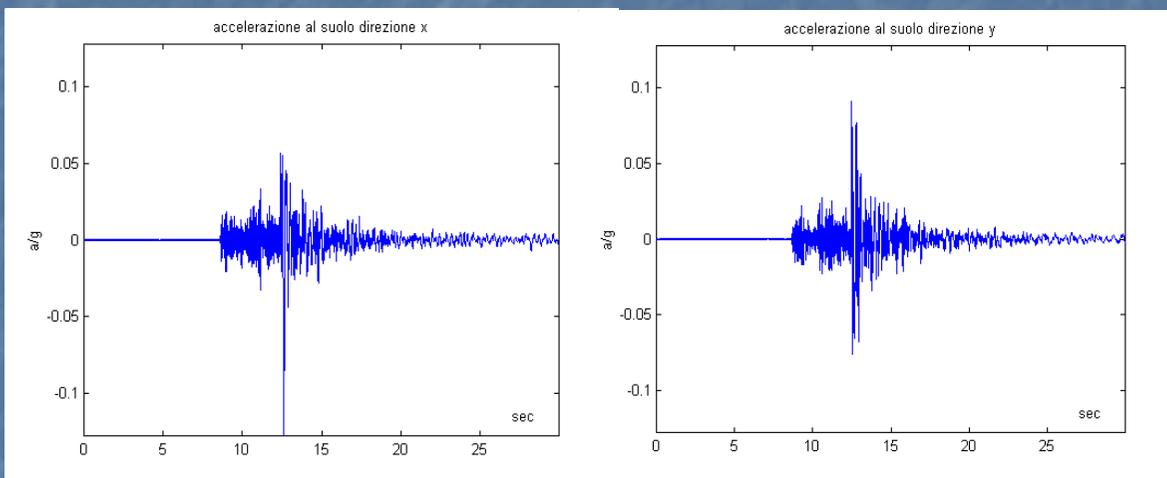
*Prove di vibrazione all'Osp.di Fivizzano*



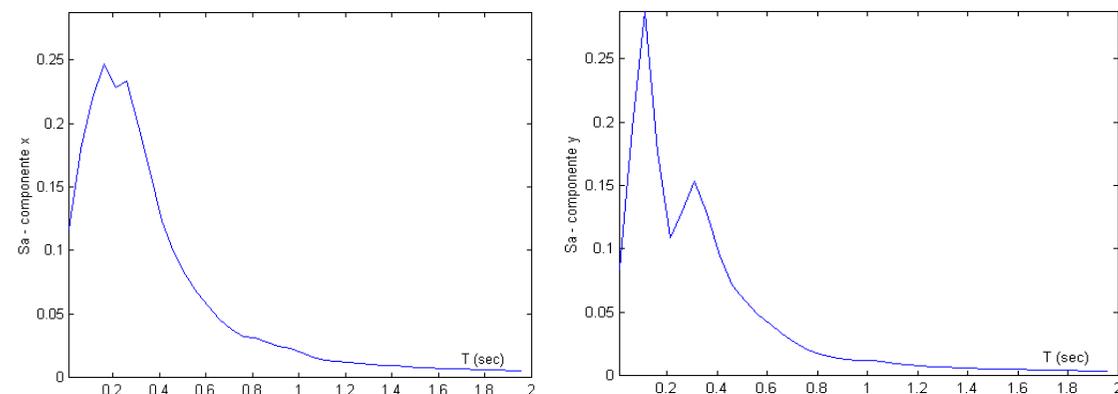
*Modello numerico per la chiesa di S.Caterina a Collegnago in Toscana*



## Elaborazione dati e reporting. Esempio (1)



**Acceleraz.longitudinale e trasversale nei sensori a terra**



**Spettri di risposta corrispondenti (smorzam.5%)**

Circa 70 sismi moderati sono stati registrati finora dalla Rete Fondamentale. Avvertito da un sistema della presenza di dati, il server centrale li recupera via modem e li elabora automaticamente, producendo un report con:

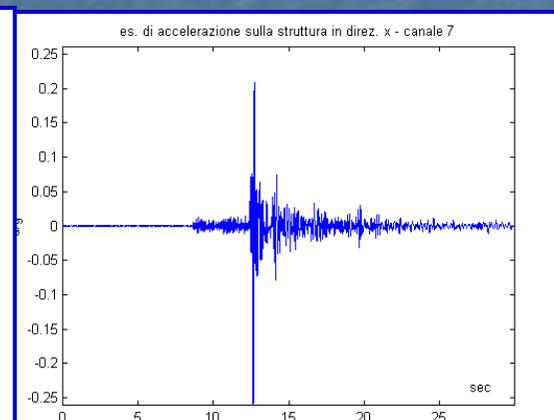
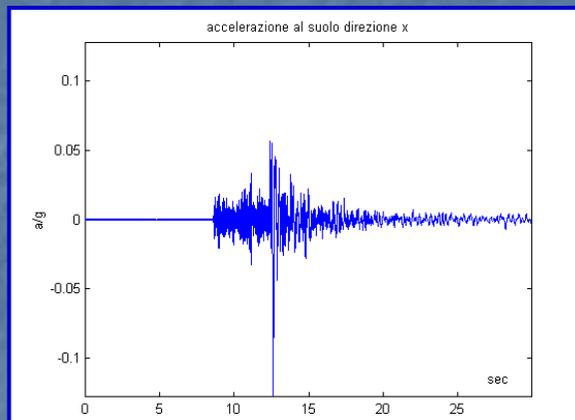
- descrizione struttura;
- = di sisma e risposta;
- stima danno, basata sull'interstorey drift calcolato

Ad es. si presenta il sisma del 10-5-00 h 16:52 registrato all'ITI di Forlì. - 15 -

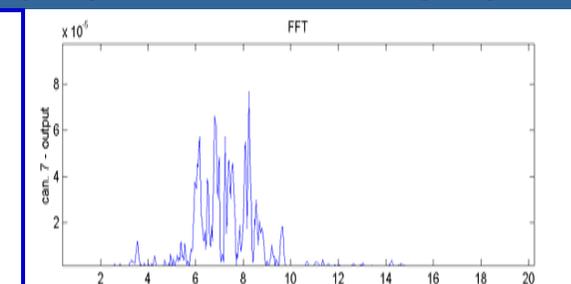
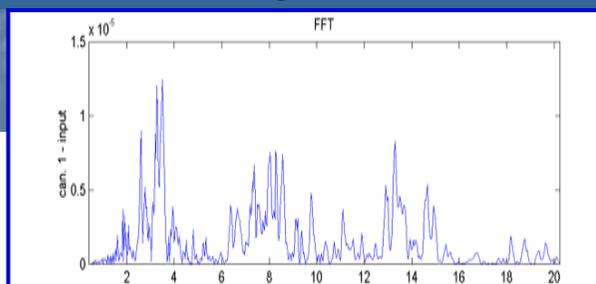


## Esempio (2)

La struttura attenua il sisma nell'intervallo [0,5] Hz e lo amplifica in [6,10].  
 Con un modello ARX si identificano 2 frequenze: 6,05 Hz (trasversale), e 7,95 Hz (longitudinale), strutturali, in quanto poco evidenti nell'input.

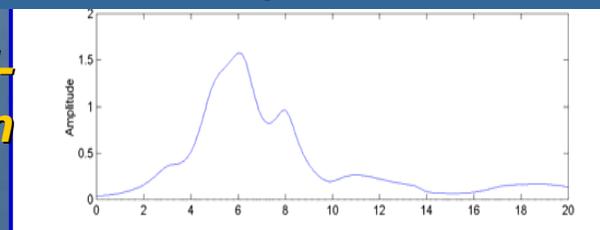


Acc. longitudinali a terra (s.1) ed in sommità (s.7)

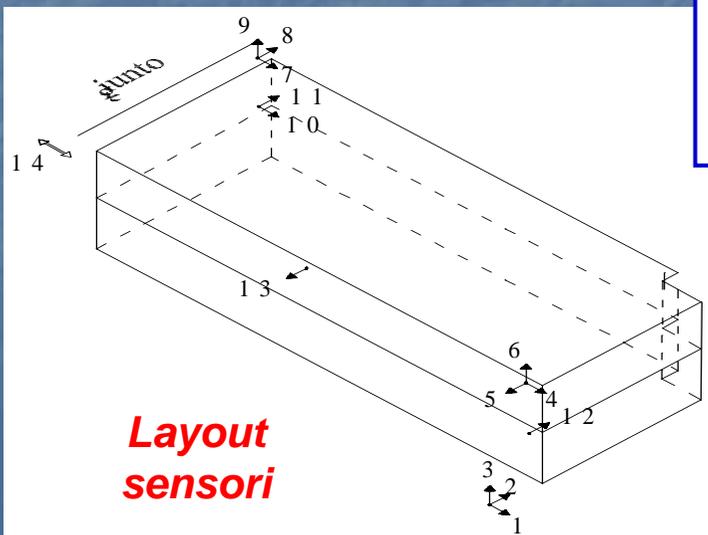


Identificazione (mod.ARX): FFT dei segnali dei s.1 e s.7

Uno dei corpi di fabbrica dell'ITI a Forlì, in Viale della Libertà



FRF identificata con un mod. ARX per il s.7



Layout sensori



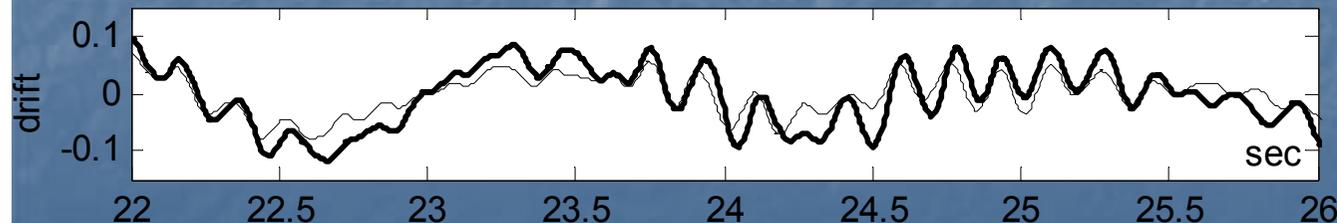
## Stima del danneggiamento sismico

- Calcolo parametri intensità sismica: valori di picco, durata, intensità Arias;
- Calcolo massime accelerazioni strutturali ed amplificazione dinamica;
- Calcolo max spostamenti dei punti di applicazione dei sensori;
- Calcolo degli *interstorey drift* → stima;
- Identificazione funz. di trasferimento con mod. ARX (autoregressivi d'ord. elevato) → parametri modali → *variaz. %* → stima.

drift (%)	danno elem. non strutt.	danno struttura
1	probabile	-
2	molto prob.	-
7	quasi certo	probabile
15	certo	molto prob.

**correlaz. danno - interstorey drift**

I modelli ARX si applicano a strutture lineari: identificano il danno iniziale. Però anche la vulnerabilità a ulteriori sismi può essere valutata.



**Confronto spost. relativi misurati (grassetto) e simulati con mod. ARX**

E' allo studio una nuova procedura che applica le storie di spost. dei sensori ai nodi di un modello non-lineare in un'analisi al passo.



*DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE*

*Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico*



## **PER MAGGIORI INFORMAZIONI**

E' allo studio un miglioramento generale delle informazioni fornite su RAN ed OSS nel sito web del DPC:

[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)

che al momento contiene solo un cenno descrittivo sulle reti, i bollettini mensili sintetici della RAN e gli ultimi report dell'OSS. Si prevede di rendere disponibili per download con password i dati registrati, i risultati delle elaborazioni e le informazioni sui siti RAN e sulle strutture OSS.

Per richiedere dati o informazioni scrivere a:

DPC – Ufficio III – Serv. MOT  
v.Vitorchiano 4, 00189 ROMA

o inviare una e-mail a:

[mario.nicoletti@protezionecivile.it](mailto:mario.nicoletti@protezionecivile.it)