

# smart village *in tour*

CAGLIARI, 7 marzo 2013

**IL PUNTO SULLA SISMICITA' (O NON SISMICITA') DELLA SARDEGNA E  
POSSIBILI ORIENTAMENTI RISPETTO ALLE NUOVE NTC**

**Roberto Balia e Barbara De Nicolo**



**DICAAR**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E ARCHITETTURA



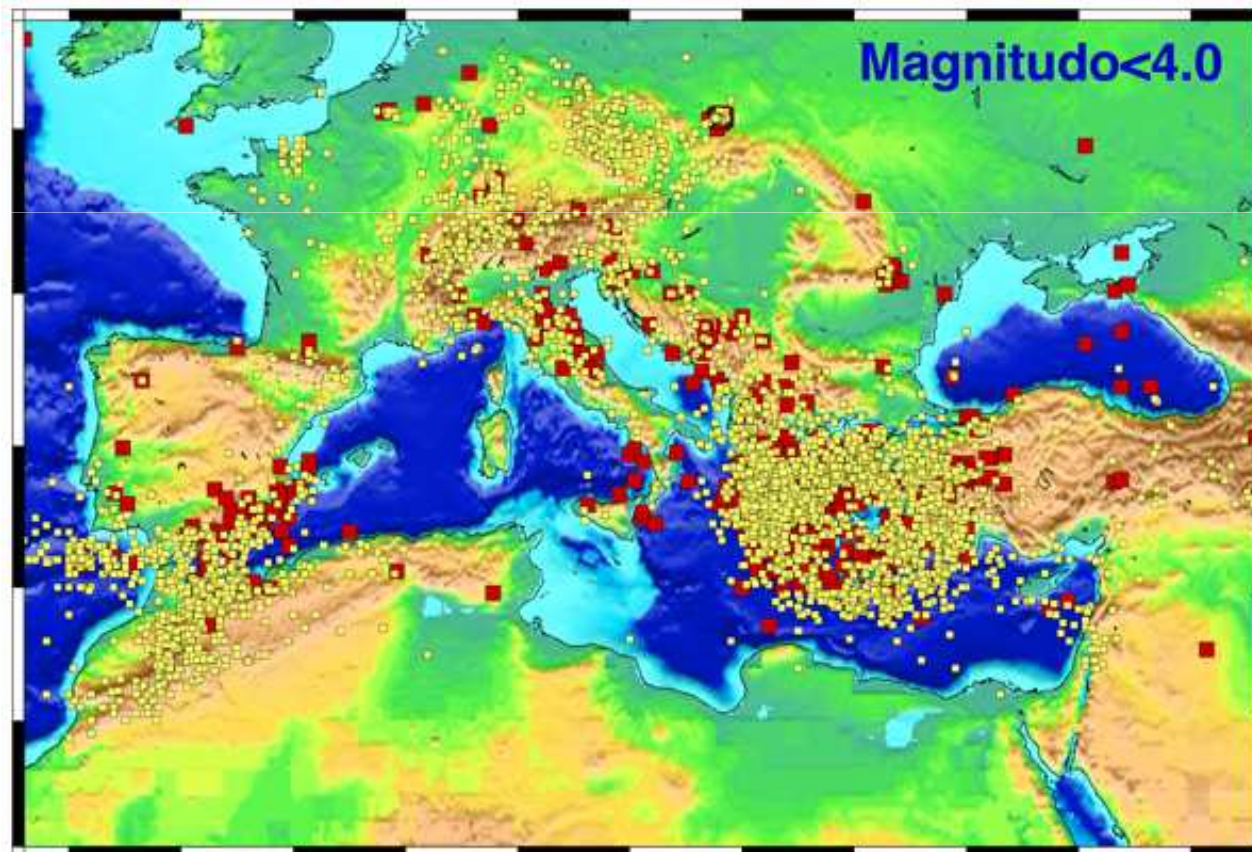
DICAAR

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E ARCHITETTURA

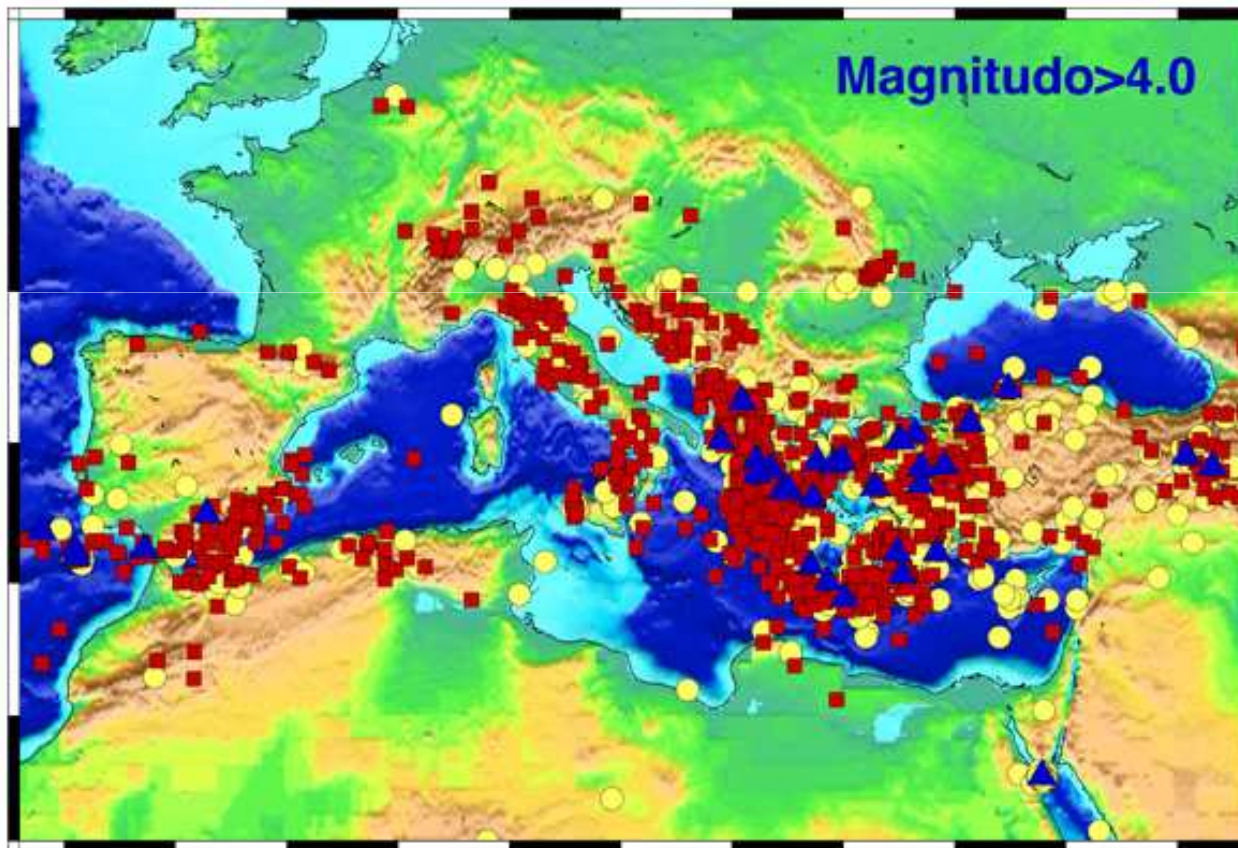
## Progetto RAS Legge 7/2007

“L'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni nella Regione Sardegna con riferimento all'obbligatorietà dell'impiego dei criteri antisismici e al quadro normativo esistente, sotto l'aspetto scientifico, tecnico ed economico. “

Terremoti nell'area del Mediterraneo nel periodo 1964-1992

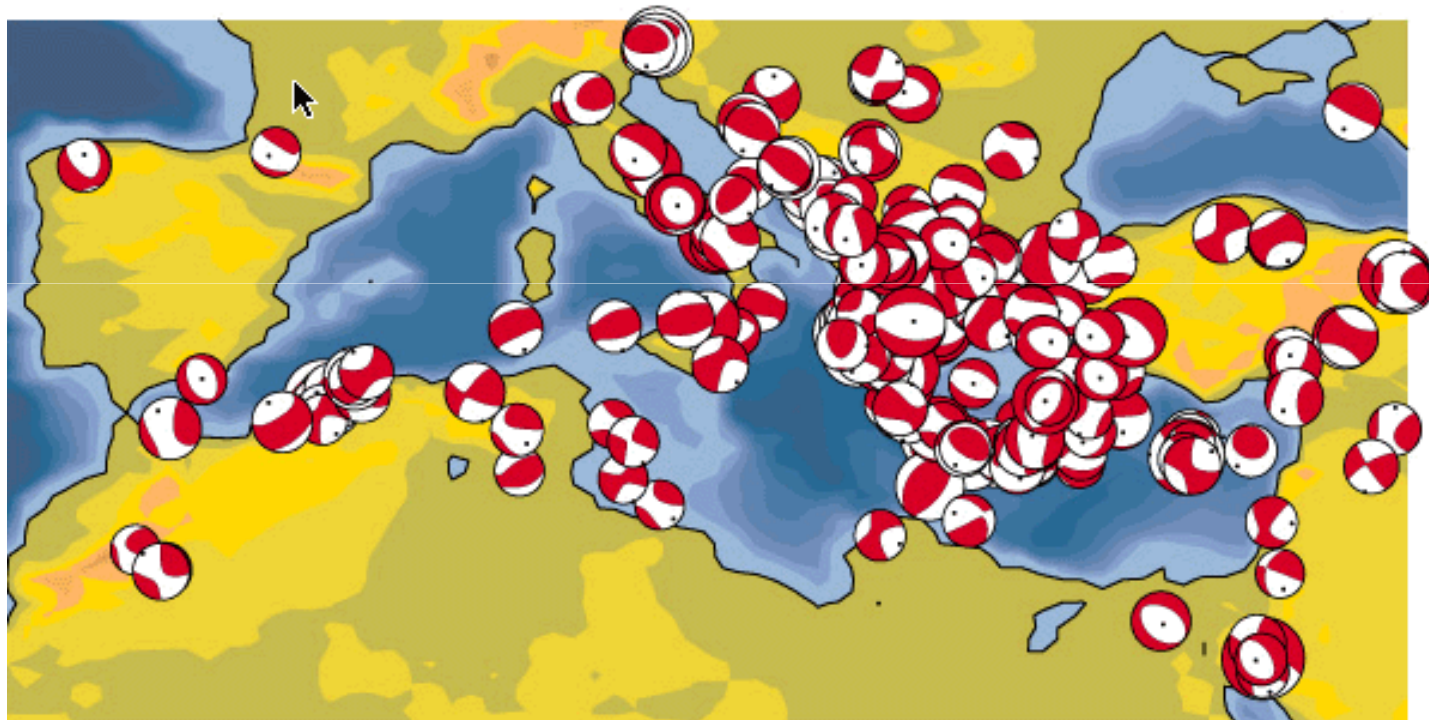


Terremoti nell'area del Mediterraneo nel periodo 1964-1992



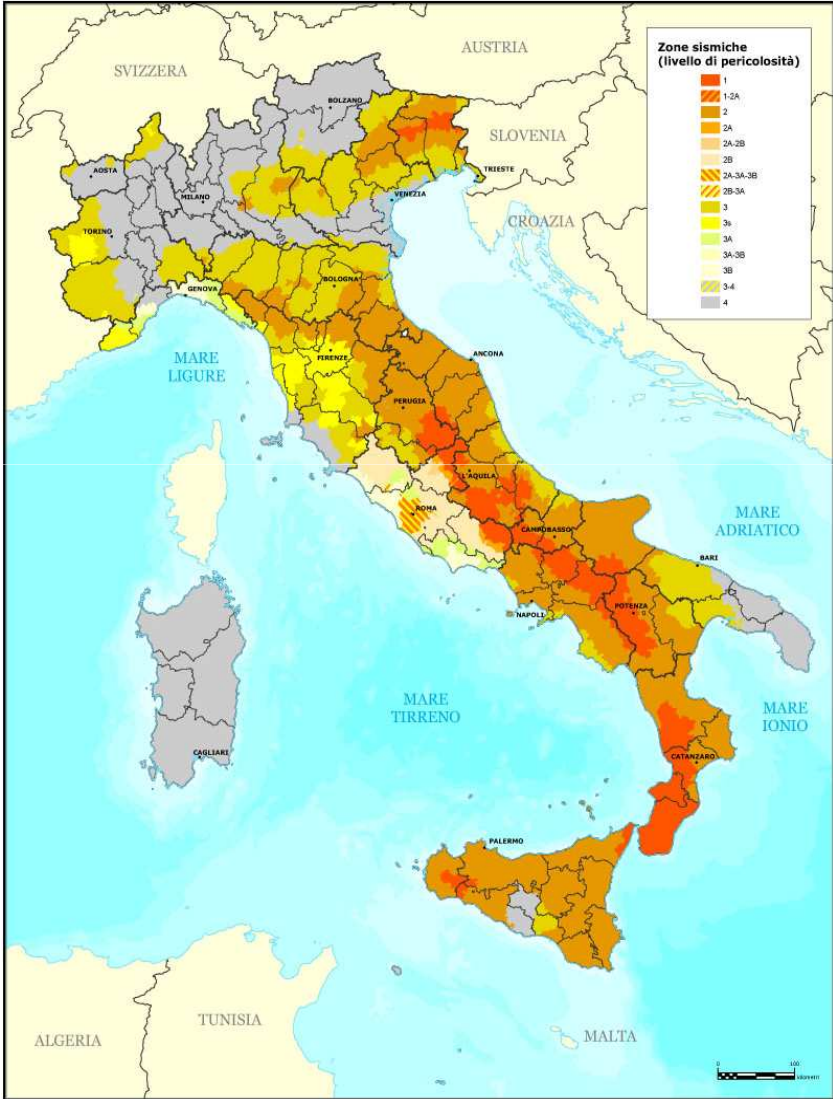


Meccanismi focali nell'area del Mediterraneo




 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
**Dipartimento della protezione civile**  
 Ufficio rischio sismico e vulcanico  
**Classificazione sismica al 2012**  
 Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.  

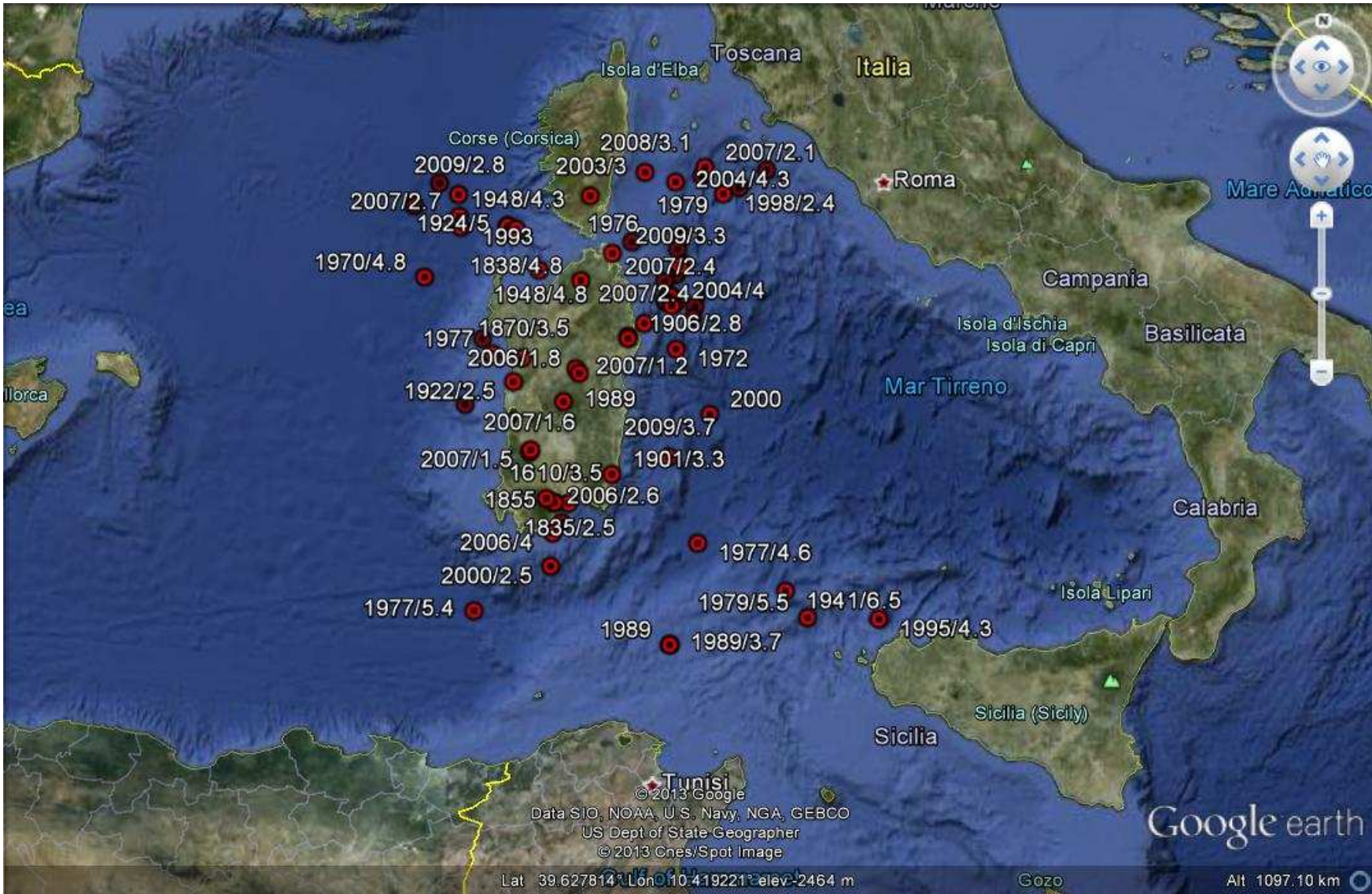
 Atto di recepimento al 31 marzo 2010: Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 436. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447.  
 Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 0/5/2010, n. 845. Lazio: DGR 22/6/09, n. 387. Liguria: DGR 24/10/08, n. 1308. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964.  
 Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 19/01/10, n. 13058-790. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31.  
 Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813. Umbria: DGR 18/6/03, n. 852.  
 Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5130.



**DICAAR - UNICA**



DICAAR - UNICA



» Magnitudo	Equivalente in esplosivo TNT	Esempio
»		
» -1.5	0.08 gr	Rottura di un provino di roccia
» 0.2	30 gr	Bomba a mano di grosse dimensioni
» 1.0	477 gr	
» 1.5	2.68 kg	
» 2.0	15 kg	Esplosione per scavi in edilizia
» 2.5	85 kg	
» 3.0	477 kg	Esplosione di cava
» 3.5	2.68 ton	
» 4.0	15.1 ton	Esplosione Chernobyl (circa 9.5 ton)
» 4.5	84.8 ton	
» 5.0	477 ton	Terremoto del 2000 nel Monferrato



Nelle tabelle che seguono sono riportati tutti gli eventi in un intorno relativamente ampio rispetto all'Isola, presenti nei vari cataloghi

In **rosso** gli eventi con magnitudo  $M_w \geq 3.0$

## DICAAR - UNICA

»	Anno	Mese	Giorno	Ora	Prof. Km	Magnit.(Mw)	Località	Lat.	Long.
»	1610	6	4			3,5	Capoterra	39,15	9
»	1827	10	30	4,20			Corsica		
»	1835	3	6			2,5	Sant Isidoro	39,15	9,15
»	1838	2	2	22,30		4,8	S.Antonio	41,000	9,250
»	1855	6	11				Cagliari	39,150	9,100
»	1870	6	20	8,22		3,5	Mores	40,330	8,560
»	1901	3	22	13,00		3,3	Isili	39,410	9,600
»	1906	4	3	16,20		2,8	Tempio Paus.	40,540	9,700
»	1919	8	24	1,46		3,5	Corsica	41,420	8,300
»	1922	7	18	20,30		2,5	Borore	40,130	8,480
»	1922	7	18	22,30			Borore	40,130	8,480
»	1924	1	24	2,22		5,0	N-W Sardegna	41,700	8,500
»	1941	3	16	16,35	100,00	6,5		38,5	11,5
»	1948	11	13	9,52		4,8	m. Sardegna	41,067	8,683
»	1948	11	16	21,57	13,00	4,1	m. Sardegna	41,400	8,410
»	1948	11	21	21,50	13,00	4,3	m. Sardegna	41,400	8,410
»	1948	12	8	4,30	13,00	3,3	m. Sardegna	41,400	8,410
»	1948	12	8	13,15	13,00	3,3	m. Sardegna	41,400	8,410
»	1948	12	8	13,45	13,00	4,1	m. Sardegna	41,400	8,410
»	1948	12	8	23,00	13,00	3,5	m. Sardegna	41,400	8,410
»	1960	5	25	22,00		3,5	Calangianus	40,560	9,700
»	1970	6	18	9,03		4,8	m. Sardegna	40,95	7,42
»	1972	6	14	19,21	18,30		med. Tirreno	40,470	10,230
»	1976	7	15	9,18	3,30		med.Tirreno	41,240	9,480

DICAAR - UNICA

»	1977	5	29	16,19			Biancareddu	40,470	8,110
»	1977	6	27	19,36			Valverde	40,350	8,230
»	1977	8	21	22,09			m . Sardegna	41,540	7,240
»	1977	8	28	9,45	10 (7)	5,4	can. Sardegna	38,21	8,21
»	1977	9	30	16,41		4,6	b. Tirreno	38,873	10,548
»	1979	1	29	10,54	5,00		med. Tirreno	41,42	10,23
»	1979	12	8	4,06	33,00	5,5		38,284	11,741
»	1989	1	25	13,12	10,00			39,99	9,036
»	1989	8	22	14,50	10,00	3,7		38,021	10,297
»	1992	1	13	13,12	16,60	3,4		41,834	10,855
»	1993	3	18	8,47	10,00			41,745	7,501
»	1993	10	23	14,27	10,00			41,385	7,783
»	1995	3	16	6,52	2,00	4,3		38,2833	12,5
»	1997	12	5	12,53	6,90			39,915	7,971
»	1998	5	2	8,31	3,40	2,4		41,779	10,681

DICAAR - UNICA

»	2000	4	26	13,28	5,70	4,4		40,956	10,215
»	2000	4	26	13,37	52,70	4,8	cen. Tirreno	41,026	10,071
»	2000	6	27	4,07	10,00	4,3		40,831	10,414
»	2000	9	3	19,10	8,70	2,7		40,734	10,399
»	2000	11	10	22,10	5,00	2,5		38,622	8,998
»	2000	11	15	21,53	5,00			39,943	10,624
»	2001	3	3	1,54	11,00	4,0	cen. Tirreno	40,865	10,084
»	2001	4	21	17,31	33,50	3,8		41,092	10,19
»	2001	8	15	5,33	110,00			41,992	10,156
»	2001	11	7	9,40	10,00	4,5		41,3	10,2
»	2002	2	10	16,21	35,00	3,5		41,101	10,195
»	2002	6	28	17,56	0,04			41,177	10,281
»	2003	10	20	21,23	8,40	3,0		41,711	9,198
»	2004	12	12	11,52	6,00	4,0	cen. Tirreno	40,83	10,16
»	2004	12	12	0,49	10,00	4,3		41,861	10,142
»	2004	12	18	9,12	10,00	4,5	cen. Tirreno	40,89	10,15



DICAAR - UNICA

»	2006	2	3	11,39	5,00	1,8	40,232	9,19
»	2006	3	22	22,45	23,30	4,0	38,989	9,088
»	2006	3	24	10,43	8,60	4,0	38,898	9
»	2006	7	13	2,06	10,00	2,6	39,181	8,912
»	2007	1	21	11,10	0,50	2,4	40,672	9,879
»	2007	3	2	15,51	31,00	2,4	40,906	10,141
»	2007	3	15	11,10	5,00	1,2	40,268	9,151
»	2007	4	7	17,10	10,00	1,6	40,906	10,147
»	2007	4	23	9,47	10,00	1,6	39,557	8,701
»	2007	8	18	12,46	10,00	2,1	41,92	10,431
»	2007	8	18	14,19	10,00	2,1	41,996	10,464
»	2007	9	14	5,09	10,00	2,7	41,476	7,754
»	2007	10	2	8,51	10,00	1,5	39,575	8,714
»	2008	10	7	14,20	39,50	3,1	41,93	9,796
»	2008	12	21	7,39	36,00	2,3	41,343	9,687
»	2009	1	17	10,12	30,60	3,3	41,165	10,231
»	2009	2	5	16,02	43,00	3,7	40,856	10,203
»	2009	2	5	17,43	36,60	2,7	40,856	10,203
»	2009	5	4	22,56	10,00	2,8	41,659	7,725

In sintesi, nella nostra lista si hanno, considerando esclusivamente gli eventi con  $M_w \geq 3.0$  :

- 16 (11) eventi nel periodo 1610 - 1970
- 10 eventi nel periodo 1971-1995  
Tra questi vi è l'evento del 28 agosto 1977 con epicentro a circa 100 km a SW di Cagliari, profondità 7-10 km,  $M_w = 5,4$
- 10 eventi nel periodo 1996-

~~~~~

DICAAR - UNICA

| • | Anno | Mese | Giorno | Ora   | Prof. km | Magnit.(Mw) | Località     | Lat.   | Long. |
|---|------|------|--------|-------|----------|-------------|--------------|--------|-------|
| • | 1610 | 6    | 4      |       |          | 3,5         | Capoterra    | 39,15  | 9     |
| • | 1838 | 2    | 2      | 22,30 |          | 4,8         | S.Antonio    | 41,00  | 9,25  |
| • | 1855 | 6    | 11     |       |          |             | Cagliari     | 39,15  | 9,10  |
| • | 1870 | 6    | 20     | 8,22  |          | 3,5         | Mores        | 40,33  | 8,56  |
| • | 1901 | 3    | 22     | 13,00 |          | 3,3         | Isili        | 39,410 | 9,600 |
| • | 1919 | 8    | 24     | 1,46  |          | 3,5         | Corsica      | 41,420 | 8,300 |
| • | 1922 | 7    | 18     | 22,30 |          |             | Borore       | 40,130 | 8,480 |
| • | 1924 | 1    | 24     | 2,22  |          | 5,0         | N-W Sardegna | 41,700 | 8,500 |
| • | 1948 | 12   | 8      | 4,30  | 13,00    | 3,3         | m. Sardegna  | 41,400 | 8,410 |
| • | 1948 | 12   | 8      | 13,15 | 13,00    | 3,3         | m. Sardegna  | 41,400 | 8,410 |
| • | 1948 | 12   | 8      | 23,00 | 13,00    | 3,5         | m. Sardegna  | 41,400 | 8,410 |
| • | 1948 | 11   | 16     | 21,57 | 13,00    | 4,1         | m. Sardegna  | 41,400 | 8,410 |
| • | 1948 | 12   | 8      | 13,45 | 13,00    | 4,1         | m. Sardegna  | 41,400 | 8,410 |
| • | 1948 | 11   | 21     | 21,50 | 13,00    | 4,3         | m. Sardegna  | 41,400 | 8,410 |
| • | 1948 | 11   | 13     | 9,52  |          | 4,8         | m. Sardegna  | 41,067 | 8,683 |
| • | 1960 | 5    | 25     | 22,00 |          | 3,5         | Calangianus  | 40,560 | 9,700 |
| • | 1970 | 6    | 18     | 9,03  |          | 4,8         | m. Sardegna  | 40,95  | 7,42  |

DICAAR - UNICA

|   |      |    |    |       |        |     |               |        |       |
|---|------|----|----|-------|--------|-----|---------------|--------|-------|
| • | 1972 | 6  | 14 | 19,21 | 18,30  |     | Tirreno       | 40,470 | 10,23 |
| • | 1976 | 7  | 15 | 9,18  | 3,30   |     | Tirreno       | 41,240 | 9,48  |
| • | 1977 | 9  | 30 | 16,41 |        | 4,6 | Tirreno       | 38,873 | 10,55 |
| • | 1977 | 8  | 28 | 9,45  | 10 (7) | 5,4 | can. Sardegna | 38,21  | 8,21  |
| • | 1977 | 8  | 21 | 22,09 |        |     | m. Sardegna   | 41,540 | 7,24  |
| • | 1977 | 5  | 29 | 16,19 |        |     | Biancareddu   | 40,470 | 8,11  |
| • | 1977 | 6  | 27 | 19,36 |        |     | Valverde      | 40,350 | 8,23  |
| • | 1979 | 1  | 29 | 10,54 | 5,00   |     | Tirreno       | 41,42  | 10,23 |
| • | 1989 | 1  | 25 | 13,12 | 10,00  |     |               | 39,99  | 9,036 |
| • | 1992 | 1  | 13 | 13,12 | 16,60  | 3,4 |               | 41,834 | 10,86 |
| • | 1993 | 3  | 18 | 8,47  | 10,00  |     |               | 41,745 | 7,50  |
| • | 1993 | 10 | 23 | 14,27 | 10,00  |     |               | 41,385 | 7,78  |
| • | 1997 | 12 | 5  | 12,53 | 6,90   |     |               | 39,915 | 7,97  |
| • | 2000 | 6  | 27 | 4,07  | 10,00  | 4,3 |               | 40,831 | 10,41 |
| • | 2000 | 4  | 26 | 13,28 | 5,70   | 4,4 |               | 40,956 | 10,22 |
| • | 2000 | 4  | 26 | 13,37 | 52,70  | 4,8 | Tirreno       | 1,03   | 10,07 |
| • | 2000 | 11 | 15 | 21,53 | 5,00   |     |               | 39,943 | 10,62 |



DICAAR - UNICA

|   |      |    |    |       |        |     |         |        |        |
|---|------|----|----|-------|--------|-----|---------|--------|--------|
| • | 2001 | 4  | 21 | 17,31 | 33,50  | 3,8 |         | 41,092 | 10,19  |
| • | 2001 | 3  | 3  | 1,54  | 11,00  | 4,0 | Tirreno | 40,86  | 10,08  |
| • | 2001 | 11 | 7  | 9,40  | 10,00  | 4,5 |         | 41,3   | 10,2   |
| • | 2001 | 8  | 15 | 5,33  | 110,00 |     |         | 41,992 | 10,156 |
| • | 2002 | 2  | 10 | 16,21 | 35,00  | 3,5 |         | 41,101 | 10,195 |
| • | 2002 | 6  | 28 | 17,56 | 0,04   |     |         | 41,177 | 10,281 |
| • | 2003 | 10 | 20 | 21,23 | 8,40   | 3,0 |         | 41,711 | 9,198  |
| • | 2004 | 12 | 12 | 11,52 | 6,00   | 4,0 | Tirreno | 40,83  | 10,16  |
| • | 2004 | 12 | 12 | 0,49  | 10,00  | 4,3 |         | 41,861 | 10,142 |
| • | 2004 | 12 | 18 | 9,12  | 10,00  | 4,5 | Tirreno | 40,89  | 10,15  |
| • | 2006 | 3  | 24 | 10,43 | 8,60   | 4,0 |         | 38,898 | 9      |
| • | 2006 | 3  | 22 | 22,45 | 23,30  | 4,0 |         | 38,989 | 9,088  |
| • | 2008 | 10 | 7  | 14,20 | 39,50  | 3,1 |         | 41,93  | 9,796  |
| • | 2009 | 1  | 17 | 10,12 | 30,60  | 3,3 |         | 41,165 | 10,231 |
| • | 2009 | 2  | 5  | 16,02 | 43,00  | 3,7 |         | 40,856 | 10,203 |

Alla luce dei dati si può concludere che vi sono tre aree sismogenetiche in prossimità delle coste sarde: la prima un centinaio di km a SW dell'Isola, la seconda al largo della Gallura e la terza nel Golfo dell'Asinara, ma l'intensità degli eventi, quantomeno a giudicare dai dati di cui siamo in possesso, è sostanzialmente modesta.

## Progetto RAS Legge 7/2007

- Implicazioni della progettazione sismica nelle zone a bassa sismicità (Zona 4)
- Differente approccio progettuale per i nuovi edifici
- Adeguatezza delle tipologie strutturali standard (dettagli costruttivi)
- Vincoli nella progettazione di interventi sul patrimonio esistente
- Gestione del patrimonio edilizio e infrastrutturale (ed. “strategici e rilevanti”)
- Possibilità di procedure ad hoc per la Sardegna
- Gestione burocratica delle pratiche (ruolo del Genio Civile)
- Ricadute economiche (privati, imprese, professionisti e amministrazioni)

## LA PROGETTAZIONE DEI NUOVI EDIFICI RESIDENZIALI

### Un diverso approccio alla progettazione strutturale:

- Regolarità, semplicità e simmetria degli edifici
- Interazione tra le parti → analisi tridimensionali (risposta strutturale d'insieme/ giunti sismici)
- Gerarchia delle resistenze: pilastro forte/trave debole (!!!)
- Diverso dimensionamento degli elementi strutturali (non più travi in spessore) e piani rigidi
- Rigidezza e resistenza alle azioni orizzontali (elementi di controventamento, impiego di setti)
- Meccanismi duttili/fragili
- Classificazione sismica del terreno di fondazione
- Analisi semplificata



## LA PROGETTAZIONE DEI NUOVI EDIFICI INDUSTRIALI

Un diverso approccio alla progettazione strutturale:

- Regolarità, semplicità e simmetria degli edifici
- Diversa concezione strutturale (iperstaticità, robustezza)
- Rigidezza e resistenza alle azioni orizzontali → controventamento
- Dettagli costruttivi

## INTERVENTI SULL'ESISTENTE

- Interventi locali, miglioramento, adeguamento sismico
- Criticità di sopraelevazioni, incremento di carico/impalcati, cambio di destinazione d'uso
- Indagini sulle strutture esistenti (LIVELLI DI CONOSCENZA, FATTORI DI CONFIDENZA)
- Interventi di rinforzo (frp, microcalcestruzzi)
- ANALISI DI VULNERABILITA'

## L'ANALISI DI VULNERABILITA' SUGLI EDIFICI ESISTENTI

### Criticità:

- Insufficiente conoscenza della struttura e dei dettagli (soprattutto c.a. e muratura) e delle caratteristiche del terreno
- Necessità di accurate campagne d'indagine documentale e in situ per attribuzione del livello di conoscenza
- Inadeguatezza dei pilastri e dei nodi
- Mancanza di elementi di controvento
- Strutture con comportamento non duttile
- Edifici strategici ai fini della P.C. o rilevanti in caso di sisma (OPCM 3274/2003, art. 2 c. 3-4 e D.M. 14/01/2008)