

Provincia di Rimini

CONSIGLIO COMUNALE AD ADUNANZA APERTA

“Rischio Sismico: conoscerlo, affrontarlo e limitarlo”

***Conoscere il territorio, le caratteristiche e la qualità
dei terreni. Cartografia: cosa è stato fatto***

dr. geol. Samuel Sangiorgi

Martedì 15 novembre 2016

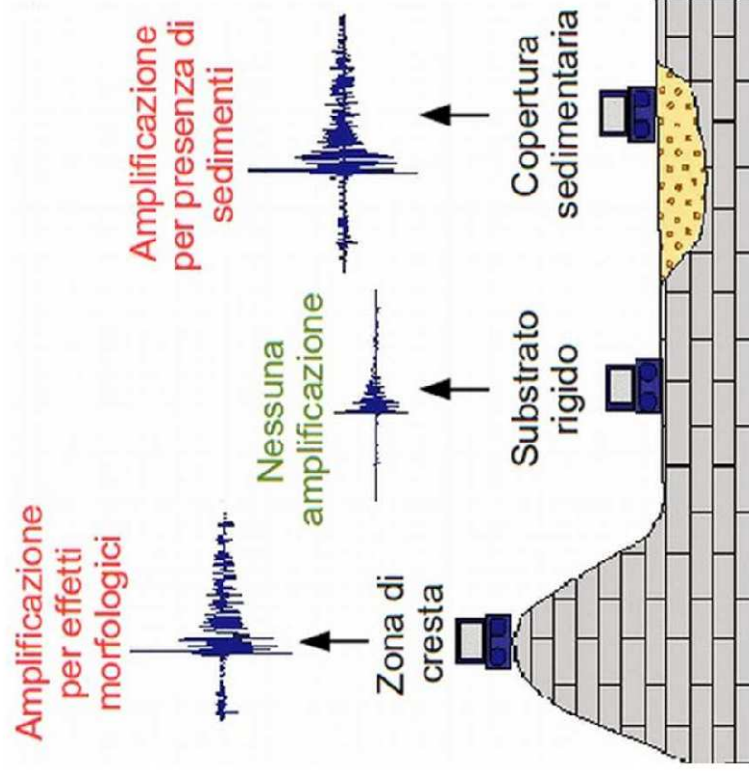
La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

Premessa:

[fonte:
Protezione Civile]

Dopo un terremoto, l'**osservazione dei danni** provocati alle costruzioni e alle infrastrutture spesso evidenzia **differenze sostanziali** in centri abitati anche a piccola distanza tra loro. In alcuni casi si osservano crolli e danni notevoli in località che si trovano a grandi distanze dall'epicentro.

Sicuramente la **qualità delle costruzioni** può influire sull'entità del danno, ma spesso le cause vanno ricercate in una **diversa pericolosità sismica locale**, determinata anche dalle differenti modalità di propagazione del terremoto o dall'instabilità del suolo (es.: faglie; fratture; frane; cedimenti post sisma; liquefazioni; ecc.)



La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

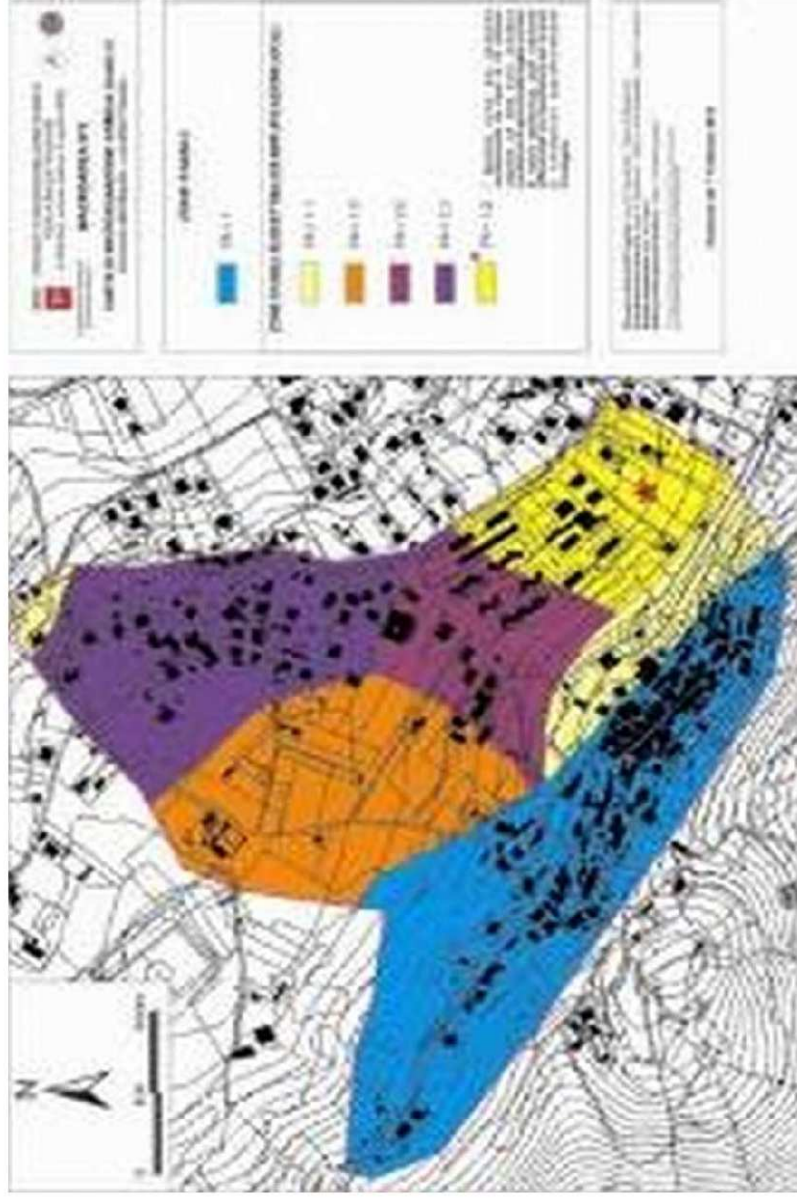
Cosa è?:

[fonti:
DGR 2193/2015
e Protezione Civile]

La **microzonazione sismica (MS)** è la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale e permette di **indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio sismico** e di **programmare interventi di mitigazione del rischio** nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.
È particolarmente efficace se applicata fino dalle prime fasi della pianificazione (PTCP e PSC).

È uno studio attraverso il quale è possibile individuare e caratterizzare:

- le zone **stabili**
- le zone **stabili suscettibili di amplificazione locale**
- le zone **soggette a instabilità per effetti cosismici** (frane, rotture della superficie per faglie, liquefazioni e cedimenti del terreno, etc...



La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

Quali obiettivi?

[fonte:

Protezione Civile]

Razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la pianificazione territoriale d'emergenza e per la progettazione.

Nella **pianificazione territoriale**, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di MS sono condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile. Gli studi di MS sono importanti per:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti
- definire gli interventi ammissibili in una data area
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate
- definire priorità di intervento

Nella **pianificazione d'emergenza**, gli studi di MS consentono:

- una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza
- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili
- individuare i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e delle opere rilevanti

La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

Quali obbiettivi?

[fonte:

Protezione Civile]

Razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma.

Nella **progettazione** di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di MS consentono di:

- evidenziare fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento per caratteristiche stratigrafiche e morfologiche locali
- evidenziare e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma
- offrire elementi conoscitivi utili per indirizzare la scelta delle indagini di dettaglio e il livello di approfondimenti anche in funzione delle caratteristiche delle opere previste
- offrire elementi conoscitivi per la progettazione delle opere

La Microzonazione Sismica (MS): aspetti generali

Le fasi di studio

Lo studio di MS si sviluppa attraverso tre successivi livelli di studio:

LIVELLO 3

- si eseguono e/o elaborano **specifiche indagini (geognostiche, geofisiche, di laboratorio) e analisi su tematiche o aree particolari (instabili o potenzialmente instabili)**
- si elaborano cartografie di MS che restituiscono gli esiti ottenuti dagli approfondimenti

LIVELLO 2

- si eseguono e/o elaborano indagini geognostiche e/o geofisiche (ove necessario)
- si introduce l'**elemento quantitativo** associato alle zone omogenee
- permette l'**elaborazione della cartografia di MS** (SEMPLIFICATA)

LIVELLO 1

- è una fase preliminare e propedeutica alla MS vera e propria consente la raccolta e l'elaborazione dei dati preesistenti (studi conoscitivi; indagini geognostiche/geofisiche)
- **si suddivide il territorio studiato in zone “omogenee” dal punto di vista sismico**

Studi di Microzonazione Sismica finanziati con OPCM 4007/2012 in Emilia-Romagna (DGR1302/2012)

**Ordinanza Presidenza
Consiglio dei Ministri
n. 4007/2012**

- disciplina i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico:
- indagini di microzonazione sismica
 - interventi su edifici strategici e opere infrastrutturali funzionali ai fini della protezione civile in caso di sisma
 - interventi su edifici privati
 - altri interventi urgenti (es. casi di elevata vulnerabilità/esposizione)



**Delibera Giunta
Regionale
n. 1302/2012**

contributi assegnati al
Comune di Cattolica per:

Studi di microzonazione di “livello 2”

**Approfondimenti sismici locali
di “livello 3”**

**Analisi della Condizione Limite
di Emergenza (CLE)**

Studi di Microzonazione Sismica finanziati con OPCM 4007/2012 in Emilia-Romagna (DGR1302/2012)

La normativa di riferimento

Le modalità tecniche di esecuzione e di applicazione della MS sul territorio dell'Emilia-Romagna sono definite dagli:

- **Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica** approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS - 2008)
- **Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica** approvati con Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna (DAL N. 112/2007)

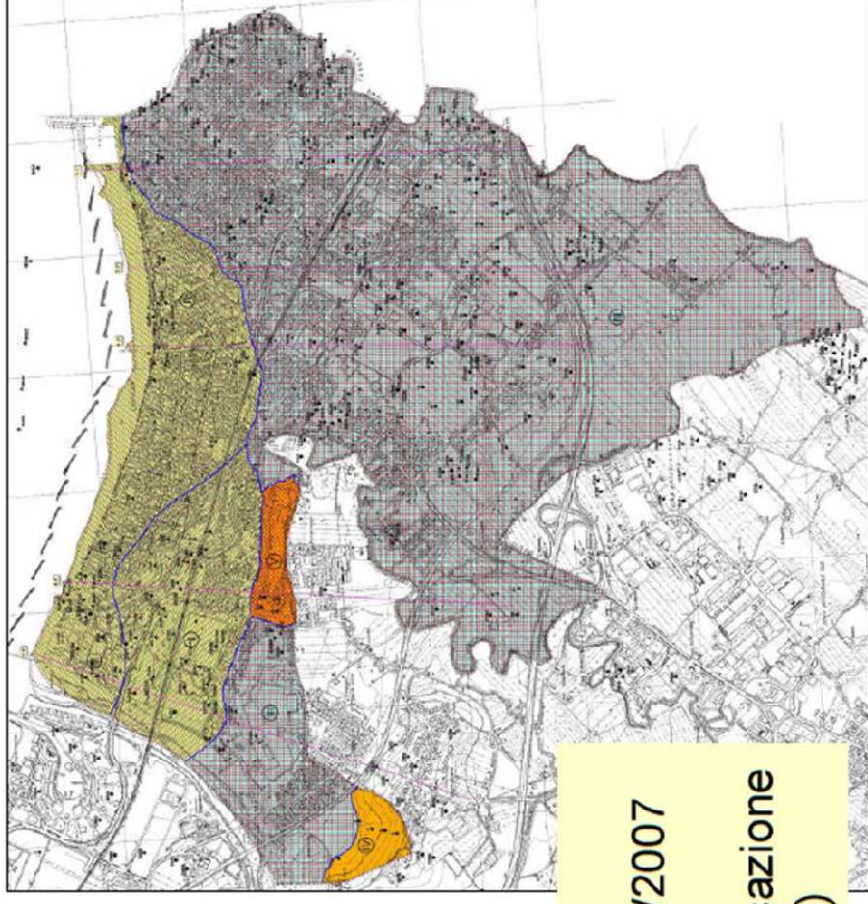
La MS 2013 di Cattolica: gli studi pregressi

PSC (2007)

PIANO STRUTTURALE COMUNALE

(approvazione: 30/07/2007)

- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE (Relazione Geologica)
- STUDIO IDROGEOLOGICO
(Tav. 5 - 1:5.000)
- ZONIZZAZIONE GEOTECNICA
- **PERICOLOSITA' SISMICA**
(Tav. 6 - 1:5.000)
- NORME DI ATTUAZIONE E RUE
(tutela acque sotterranee; rischio sismico)



NOTA:

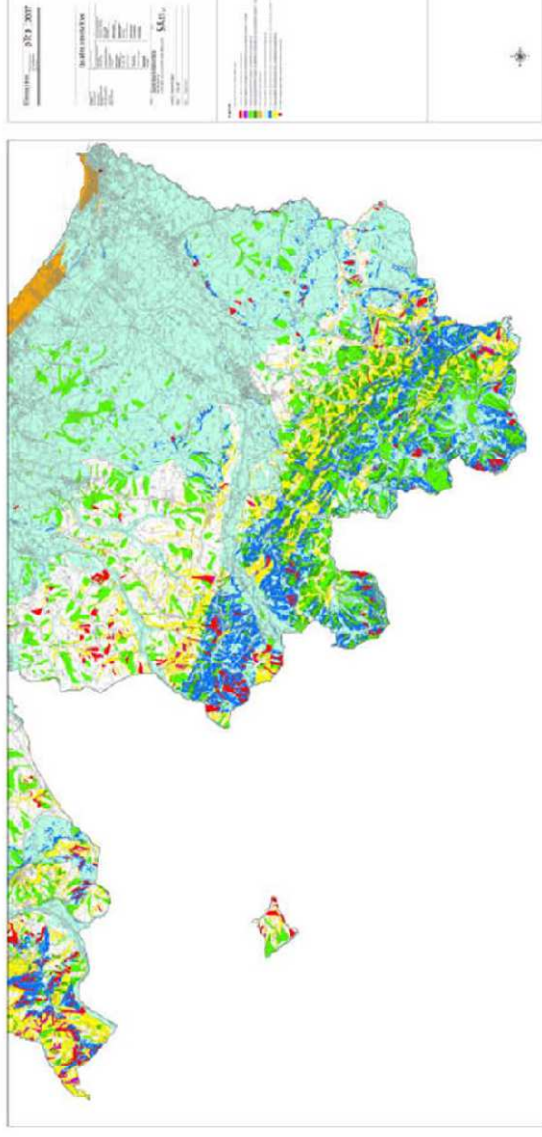
- Studio sismico antecedente la DAL 112/2007
- Propedeutico alla microzonazione
- Demanda alle successive fasi di pianificazione
gli approfondimenti sismici (norme RUE)

La MS 2013 di Cattolica: gli studi pregressi

PTCP (2008)

PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (approvazione: 23/10/2008)

- elaborazioni di cartografie relative al “RISCHIO SISMICO” (tutto il territorio provinciale - scala 1:25.000- 1:50.000):
 - Tavola SA.10 - Carta delle zone suscettibili di effetti di sito
 - Tavola SA.10a - Carta del tetto delle ghiaie e della base dei depositi alluvionali
 - Tavole SA.11.1 e SA.11.2 - Carta delle zone suscettibili degli effetti locali
- Norme tecniche di Attuazione (impone ai Comuni l’elaborazione degli approfondimenti di “primo livello”, della microzonazione sismica e delle analisi di “terzo livello”

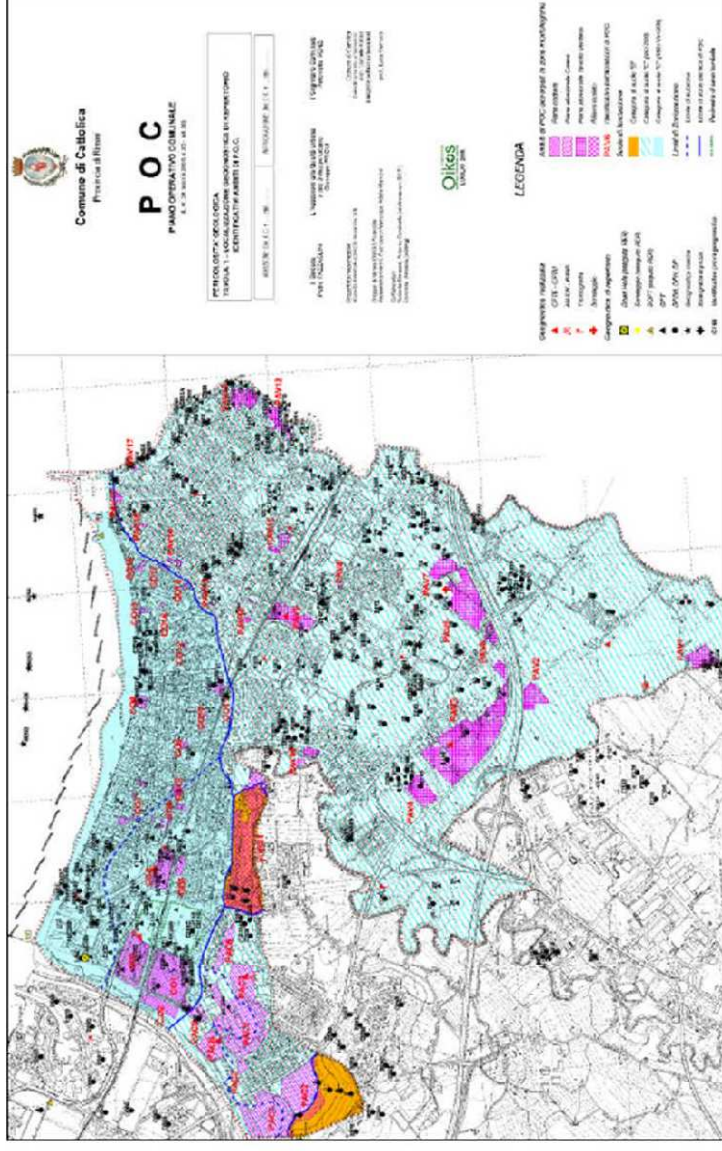


La MS 2013 di Cattolica: gli studi pregressi

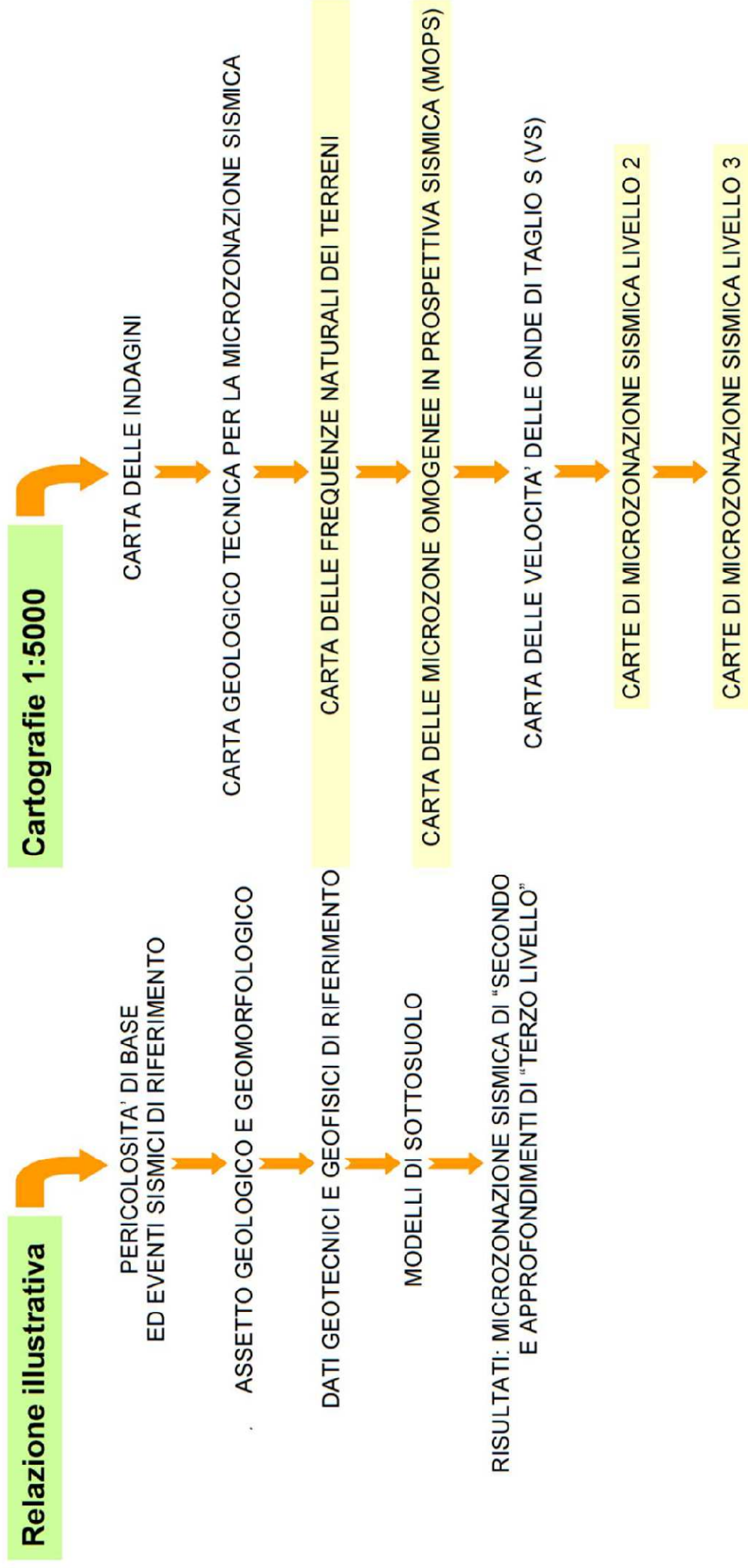
POC (2009)

PIANO OPERATIVO COMUNALE (approvazione: 21/04/2009)

- esecuzione di indagini geognostiche (prove CPTU/CPTe; sondaggi tipo "Geo-Probe")
- prove di laboratorio (fusi granulometrici; limiti di Atterberg)
- esecuzione di prove geofisiche (MASW/Re.Mi. e registrazioni HVSR)
- microzonazione sismica semplificata DAL 11/2/2007
- modellazione numerica di risposta sismica locale
- verifiche della liquefacibilità (laboratorio; prove CPTU e CPTe)



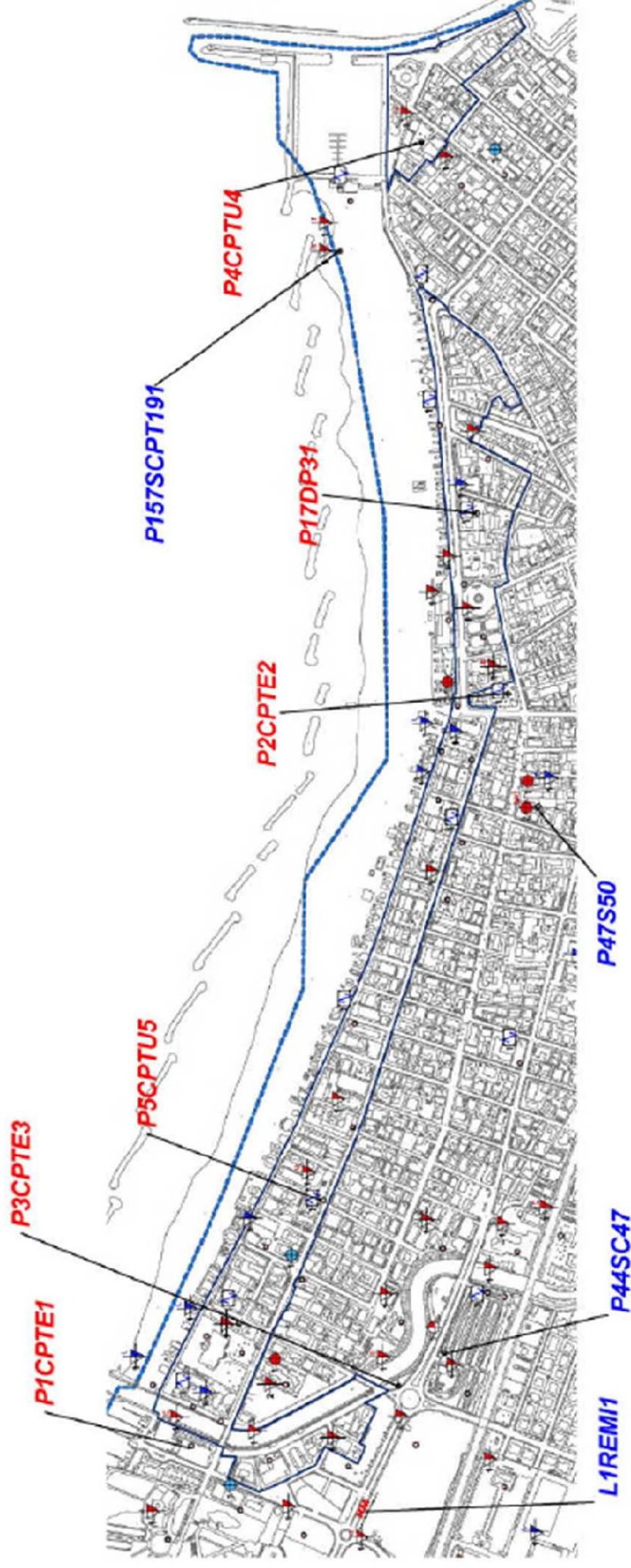
La MS 2013 di Cattolica: gli elaborati



NOTA:

Lo studio di microzonazione deve essere effettuata solo nelle aree urbanizzate e urbanizzabili

La MS 2013 di Cattolica: le indagini nell'«Area Mare»



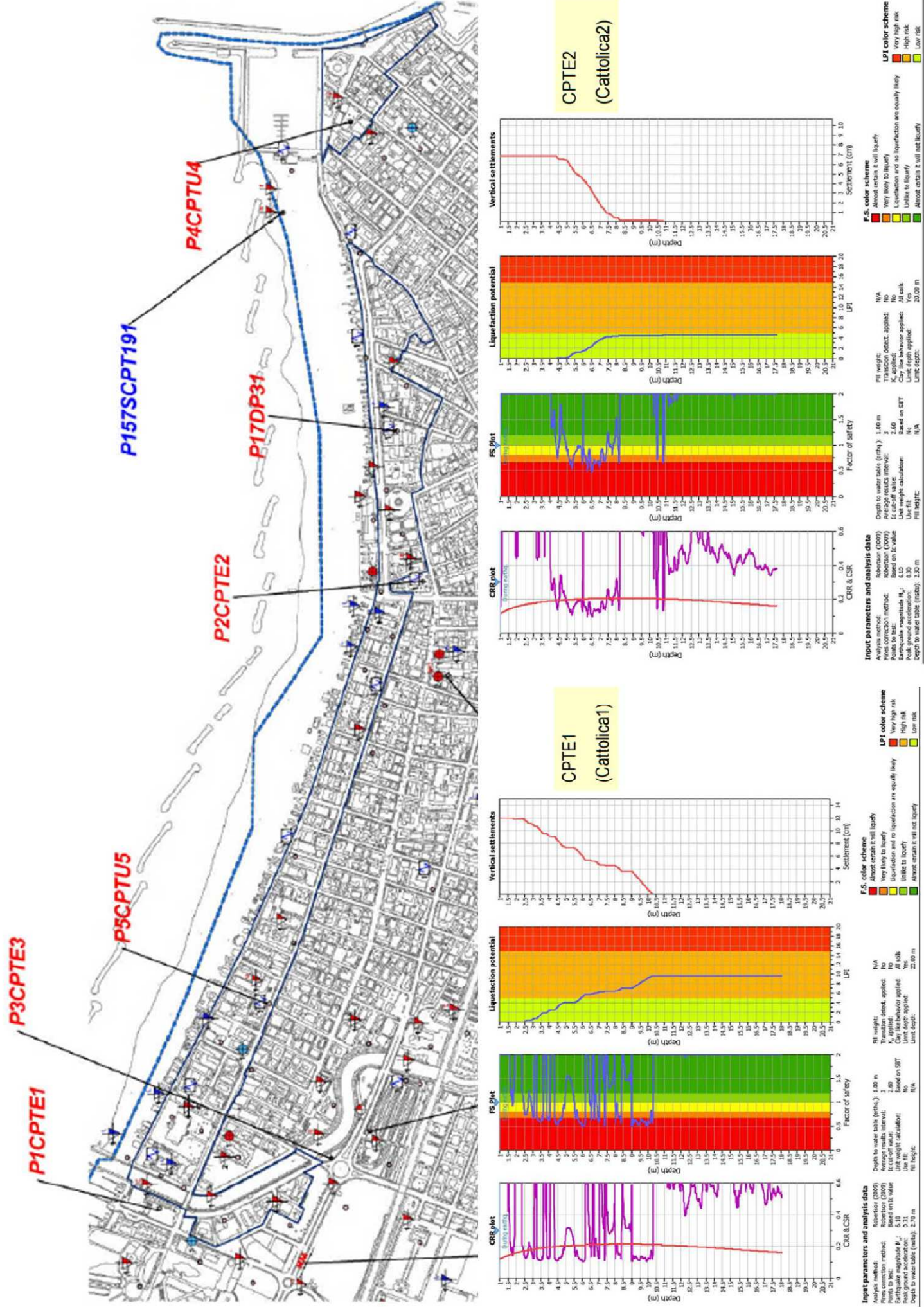
PROVE 2013:

- 5 CPTe/CPTU → tessiture; verifiche liquefazione; cedimenti post sisma
- 1 DPSH → stratigrafia
- 24 registrazioni sismiche HVSR → amplificazioni segnale sismico

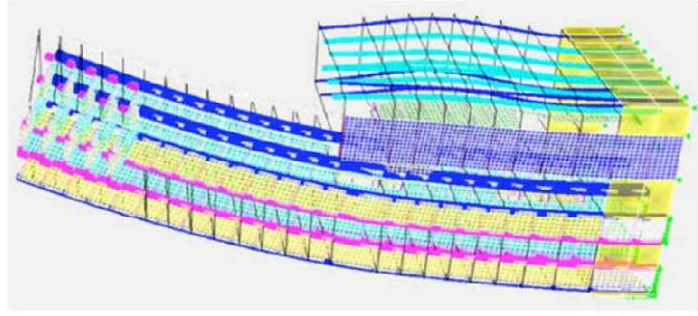
PROVE PREGRESSE:

- 1 DOWN HOLE (RER) → stratigrafia e Vs
- 2 SCPT (RER) → stratigrafia e Vs
- 2 SCPT (RER) → in Comune di Misano (Le Navi)
- 6 CPTe/CPTU (POC) → tessiture e verifiche liquefazione
- 2 sondaggi "GEOPROBE" (POC) → tessiture e prelievo campioni
- 3 MASW/Re.Mi. → distribuzione Vs
- registrazioni sismiche HVSR → amplificazioni segnale sismico
- penetrometrie archivio comunale (DPSH e CPT)

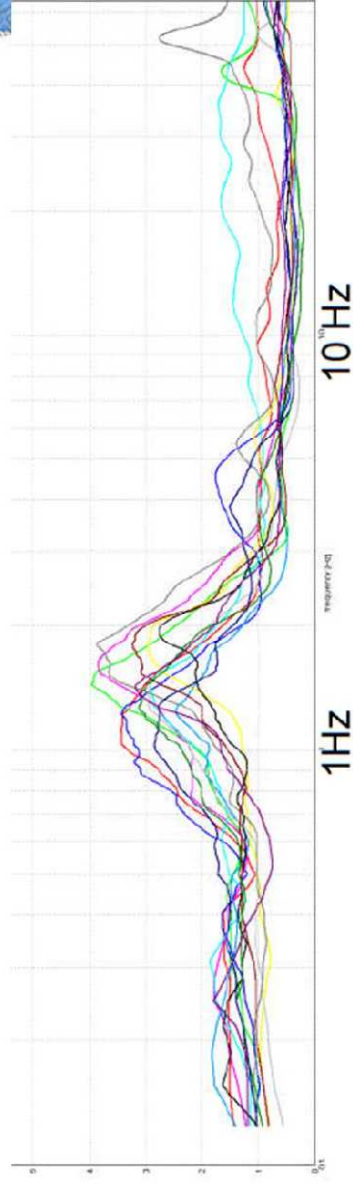
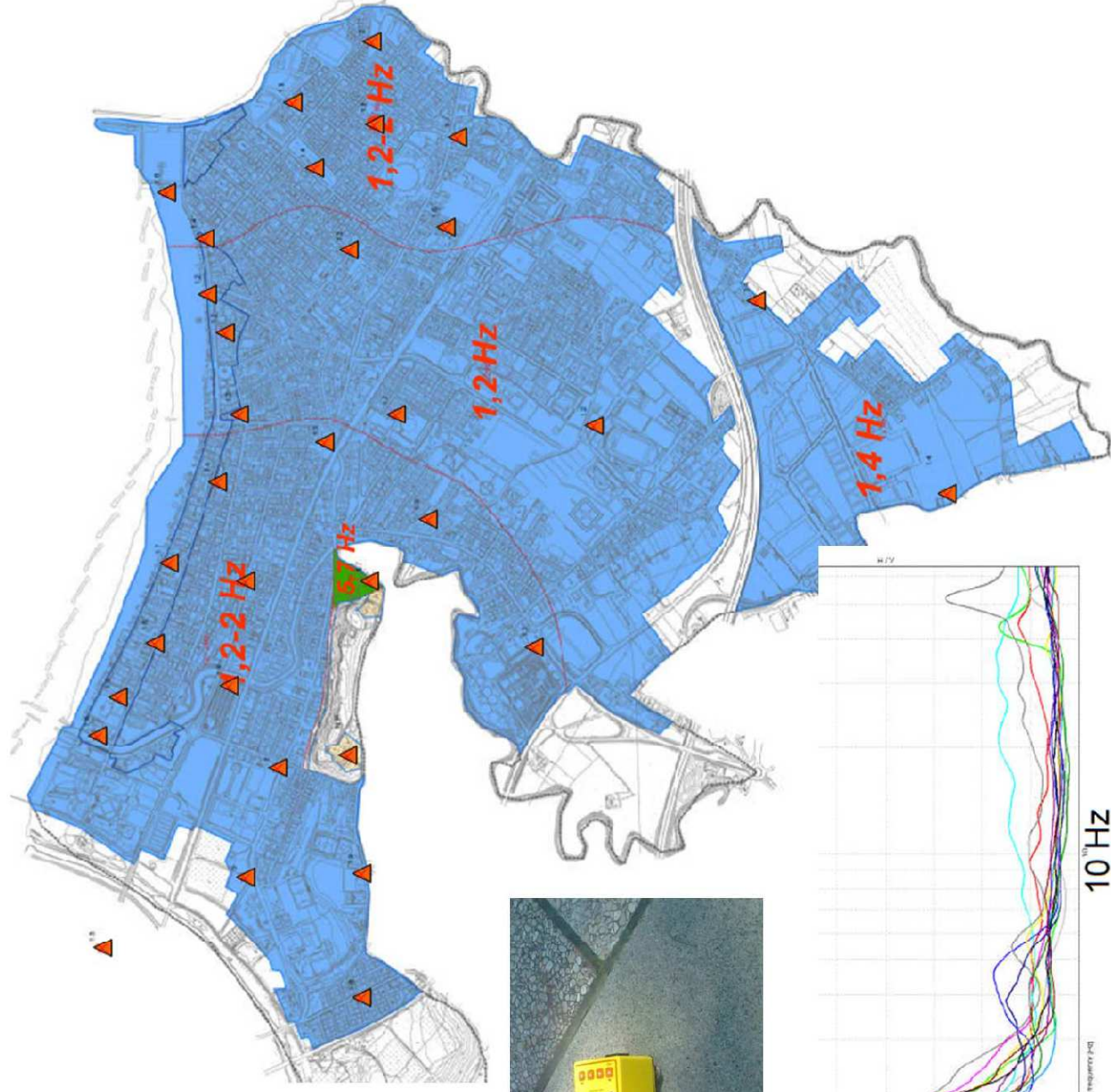
La MS 2013 di Cattolica: le indagini nell'«Area Mare»



La MS 2013 di Cattolica: Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni

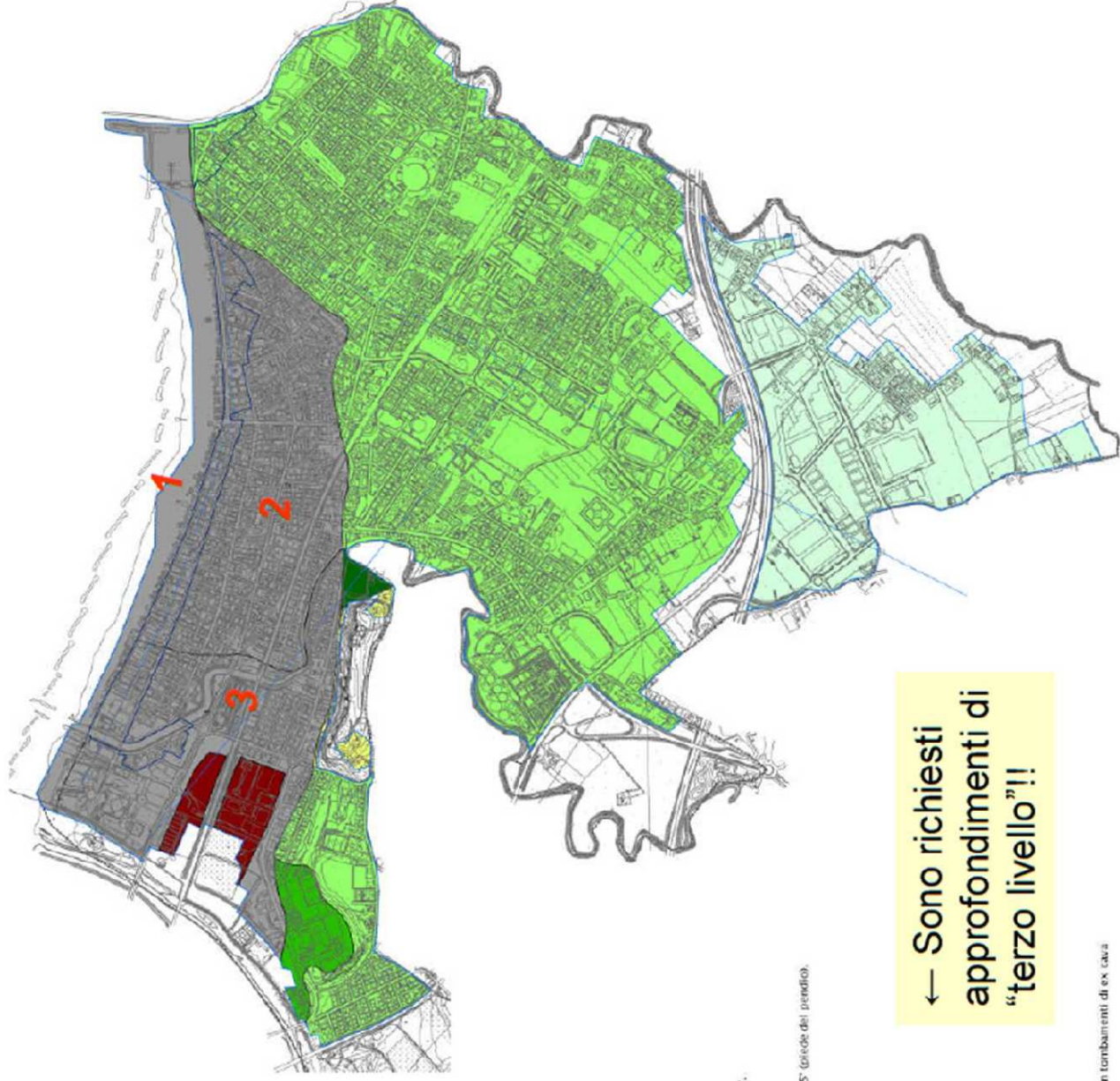


Se $f_{\text{terreno}} = f_{\text{edificio}}$
RISONANZA!



La MS 2013 di Cattolica: Carta delle «Microzone Omogenee in Prospettiva sismica» (MOPS)

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

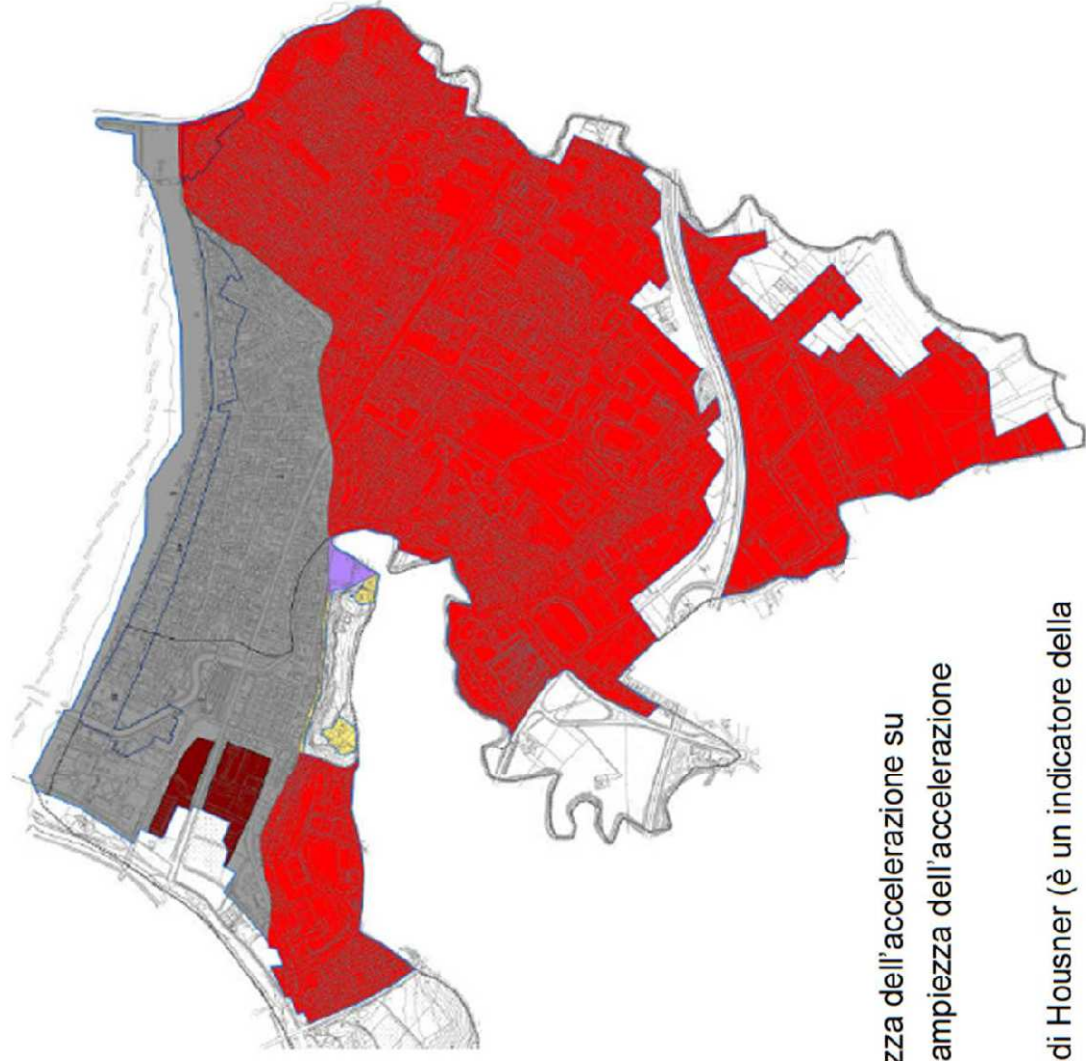
- Zone 1** – Coperture di conoidi alluvionali argilloso-limosi e argille ghiaiose o sabbiose. Profondità bedrock sismico: 50 m. Sono attese amplificazioni del moto sismico. E' sufficiente un approfondimento di livello 2.
- Zone 2** – Coperture di conoidi alluvionali argilloso-limosi e argille ghiaiose o sabbiose. Profondità bedrock sismico: 50-45 m. Sono attese amplificazioni del moto sismico. E' sufficiente un approfondimento di livello 2.
- Zone 3** – Coperture di conoidi alluvionali argilloso-limosi e argille ghiaiose o sabbiose. Profondità bedrock sismico: 40 m. Sono attese amplificazioni del moto sismico. E' sufficiente un approfondimento di livello 2.
- Zone 4** – Coperture di conoidi alluvionali argilloso-limosi e argille ghiaiose o sabbiose. Profondità bedrock sismico: 10 m. Sono attese amplificazioni del moto sismico. E' sufficiente un approfondimento di livello 2.
- Zone 5** – Substrato roccioso non rigido affiorante (formazione a Colombacci). Acclività 5°-10°. Sono attese amplificazioni del moto sismico. E' sufficiente un approfondimento di livello 2.
- Zone 6** – Substrato roccioso non rigido affiorante (formazione a Colombacci). Acclività 15°-25° (pende dei pendii). Sono attese amplificazioni del moto sismico. E' sufficiente un approfondimento di livello 2.

Zone suscettibili di instabilità

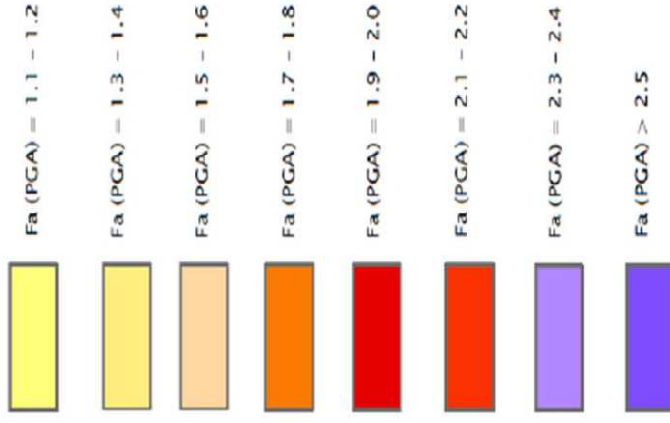
- 1** **Liquidezioni** – Sabbie pulite e sabbie-ghiaiose di spiaggia. Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (verifiche di liquefazione; densificazione; cedimenti post-sisma; risposta sismica locale)
- 2** **Liquidezioni** – Sabbie di cordone litoraneo e/o di spiaggia profonde fino a 8-10 m. Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (verifiche di liquefazione; densificazione; cedimenti post-sisma; risposta sismica locale)
- 3** **Liquidezioni** – Sabbie e sabbie-argillose di piana deltizia profonda 8-10 m. Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (verifiche di liquefazione; densificazione; cedimenti post-sisma; risposta sismica locale)
- Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti: aree suscettibili di liquefazioni con tombamenti di ex cava** Sono richiesti approfondimenti di livello 3 (verifiche di liquefazione; densificazione; cedimenti post-sisma; risposta sismica locale)

← Sono richiesti approfondimenti di “terzo livello”!!

La MS 2013 di Cattolica: Carta delle Amplificazioni (liv. 2)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



7

TAVOLA FA (Pga) → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido e massima ampiezza dell'accelerazione in superficie alla frequenza f

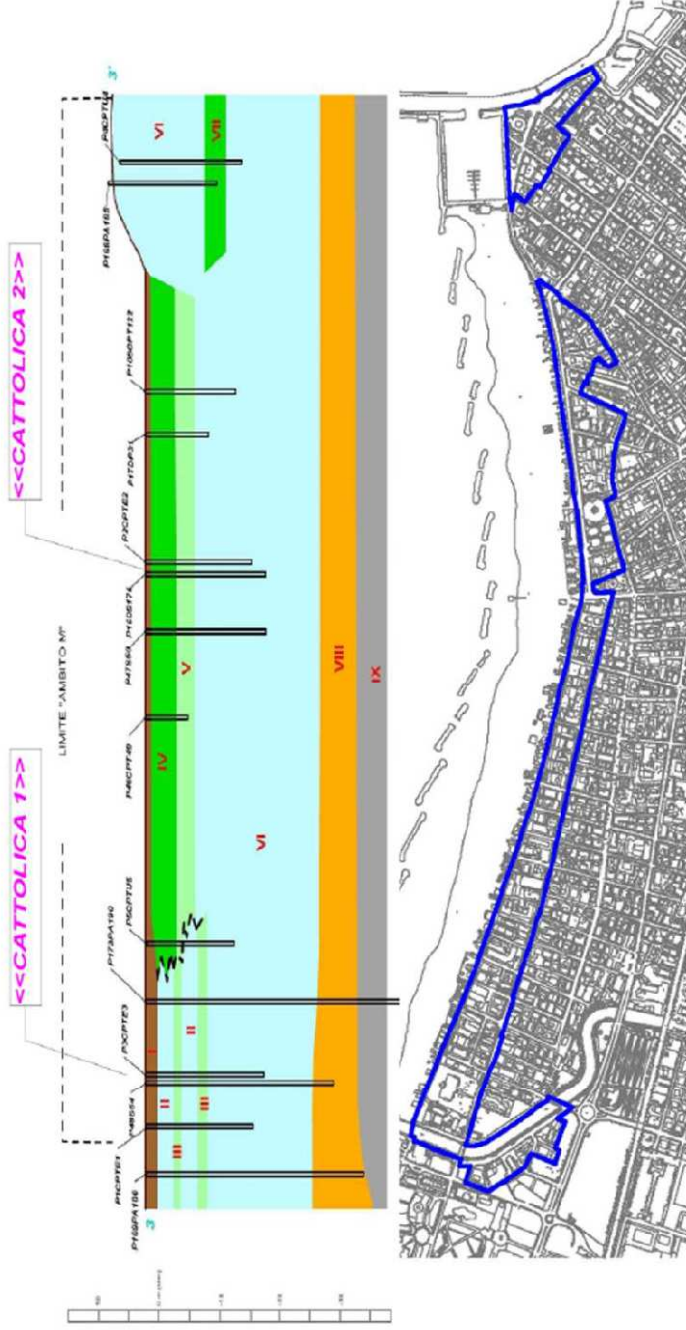
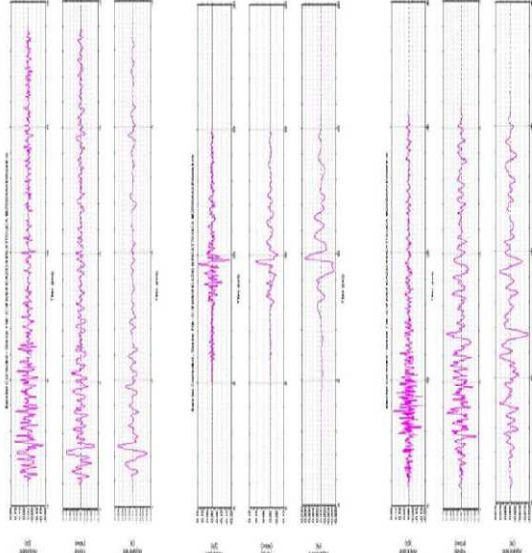
TAVOLA FA SI (0,1s<T0<0,5s) → intensità spettrale di Housner (è un indicatore della pericolosità sismica come l'area sotto dello spettro di risposta di pseudovelocità. È una grandezza correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto, quindi espressione del possibile grado di danneggiamento subito dagli edifici.

TAVOLA FA SI (0,5s<T0<1s) → come sopra

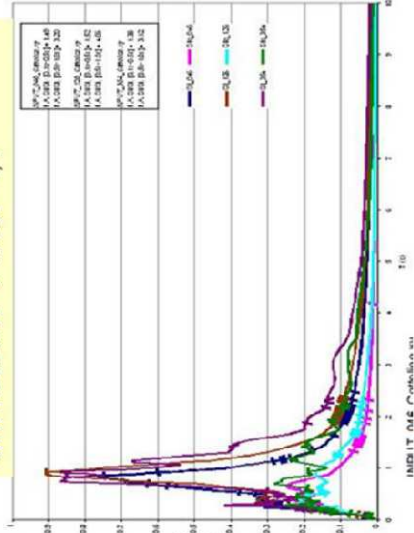
La MS 2013 di Cattolica: approfondimenti liv. 3 «Area Mare»

modellazione numerica della risposta sismica locale con software SHAKE 2000

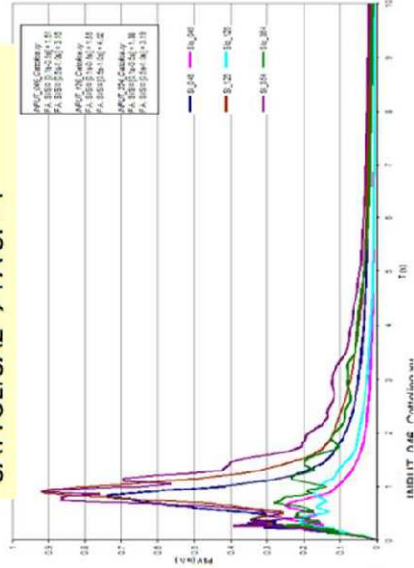
Accelerogrammi di riferimento (forniti dalla RER)



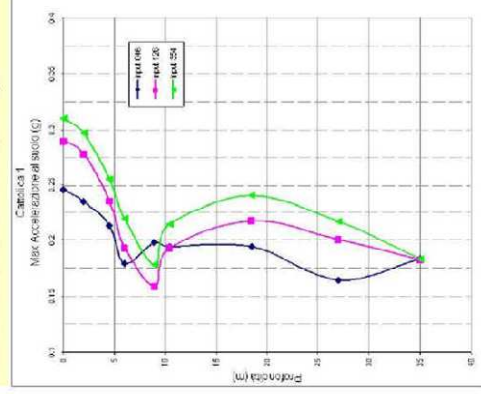
CATTOLICA1 → FA SI ≈4,1



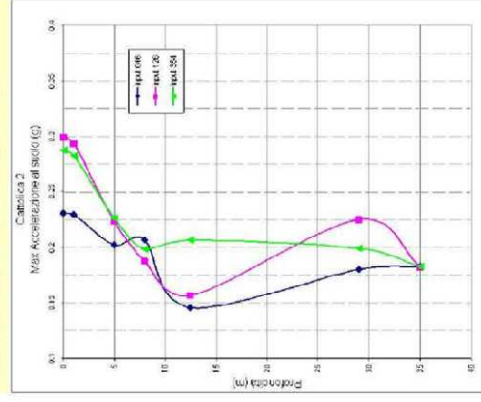
CATTOLICA2 → FA SI ≈4



CATTOLICA1 → FA PGA ≈1,7



CATTOLICA2 → FA PGA ≈1,6



La MS 2013 di Cattolica: approfondimenti liv. 3 «Area Mare»

Verifiche quantitative della liquefazione

2a

Liquefazioni – Sabbie di cordone litoraneo e/o di spiaggia profonde fino a 8–10 m.

ESITI INDICATIVI DEGLI APPROFONDIMENTI DI LIVELLO 3:

rischio di liquefazione "alto" (LI 5–10);

amplificazione FA (PGA) = 1,6;

amplificazione FA SI (0,1 s – 0,5 s) = 1,6;

amplificazione FA SI (0,5 s – 1,0 s) = 4,0;

frequenza fondamentale di amplificazione f_0 1,1 – 1,2 Hz

PROVE PENETROMETRICHE CPTC/CPTU:

- maggiore accuratezza e ripetibilità rispetto ad altre indagini
- profili continui con la profondità e informazioni dettagliate sulla stratigrafia
- relativa economicità

NOTE DI METODO:

- prove spinte fino a 20 metri dal p.c. o a "rifiuto strumentale"
- localizzazione condizionata dall'estrema urbanizzazione dell'Area Mare
- verifiche secondo il noto approccio di Robertson & Wride, 1998 aggiornato da Robertson (2009; 2010)
- parametri di input: Magnitudo 6,1; ag suolo calcolata con la modellazione numerica (SHAKE 2000) e cioè 0,31g (Cattolica 1) e 0,30g (Cattolica 2)
- quota piezometrica: soggiacenza pari a 1 metro

3a

Liquefazioni – Sabbie e sabbie-argillose di piana deltizia profonde 8–10 m

ESITI INDICATIVI DEGLI APPROFONDIMENTI DI LIVELLO 3:

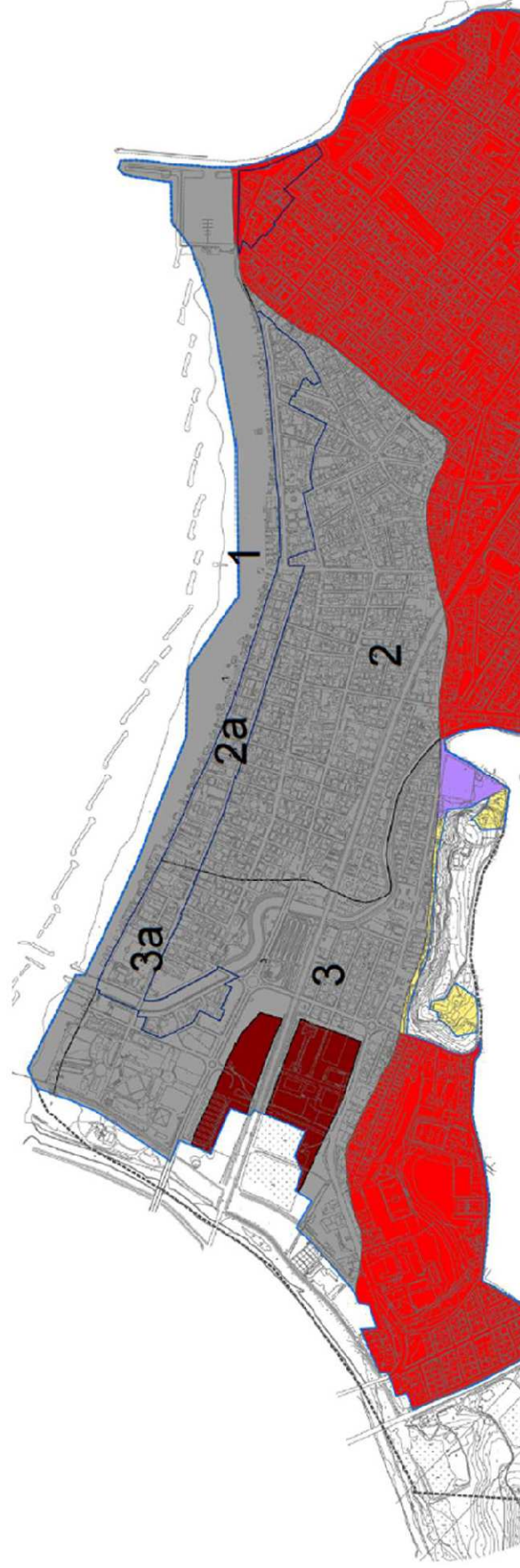
rischio di liquefazione "alto" (LI 10–15);

amplificazione FA (PGA) = 1,7;

amplificazione FA SI (0,1 s – 0,5 s) = 1,5;

amplificazione FA SI (0,5 s – 1,0 s) = 4,1;

frequenza fondamentale di amplificazione f_0 1,1 – 1,2 Hz



La MS 2013 di Cattolica: approfondimenti liv. 3 «Area Mare»

Verifiche quantitative della liquefazione

Con il sisma emiliano del maggio 2012, si sono riscontrati molti effetti di liquefazione

Tuttavia, non si sono riscontrati i fenomeni più critici (fluidificazione) e neppure scorrimenti significativi nelle scarpate degli argini

Anche i cedimenti rilevati degli edifici sono risultati complessivamente limitati e per lo più uniformi al di sotto delle costruzioni

LSN 0 - 20	Little or no expression of liquefaction, minor sand boils, minor damage to homes.		
LSN 20 - 40	Moderate expression of liquefaction, undulations and cracking of ground surface (there are occasional instances of severe damage.		
LSN 40+	Widespread severe damage, extension of liquefaction, severe settlement of buildings and damage to services.		

Un tentativo di classificazione degli effetti di liquefazione a Christchurch – Nuova Zelanda (da Tonkin & Taylor, 2013)

Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)

Cosa è?

[fonte:
Protezione Civile]

è quella condizione in cui a seguito di un **TERREMOTO**

l'insediamento urbano CONSERVA:

- L'operatività della maggior parte delle [*funzioni strategiche per l'emergenza*](#)

- La loro [accessibilità](#) e [connessione](#) con il contesto territoriale

(seppure in concomitanza con danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione della quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza)

Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)

Quali obiettivi?

[fonte:
Protezione Civile]

- Individuare gli **edifici** e le **aree** che garantiscono **funzioni strategiche** per l'emergenza
- individuare le **infrastrutture di accessibilità e di connessione** degli edifici e delle aree di cui sopra
- individuare gli eventuali **elementi critici**
- individuare gli **aggregati strutturali** e le singole **unità strutturali** che possono **interferire** con le infrastrutture di accessibilità e di connessione

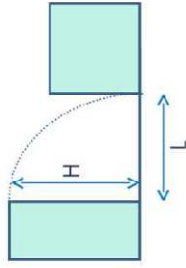
L'analisi della CLE è fondata su due principali fasi di lavoro:

DECISIONALE [in sinergia con l'Amministrazione comunale] → per individuare le Funzioni Strategiche essenziali e gli edifici dove sono svolte (Edifici Strategici - ES), le Aree di Emergenza (AE), le strade di connessione tra ES e AE [da: Piano di Protezione Civile preesistente]

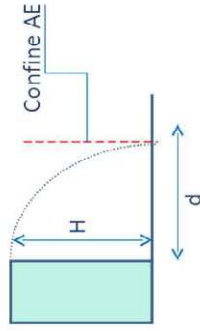
ANAGRAFICA [con rilievi anche specialistici] → rilievo e archiviazione dei dati mediante apposita modulistica (schede e “shapefile”)

La CLE è elaborata in concomitanza con gli studi microzonazione sismica a livello comunale

Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)



Aggregati
interferenti
viabilità

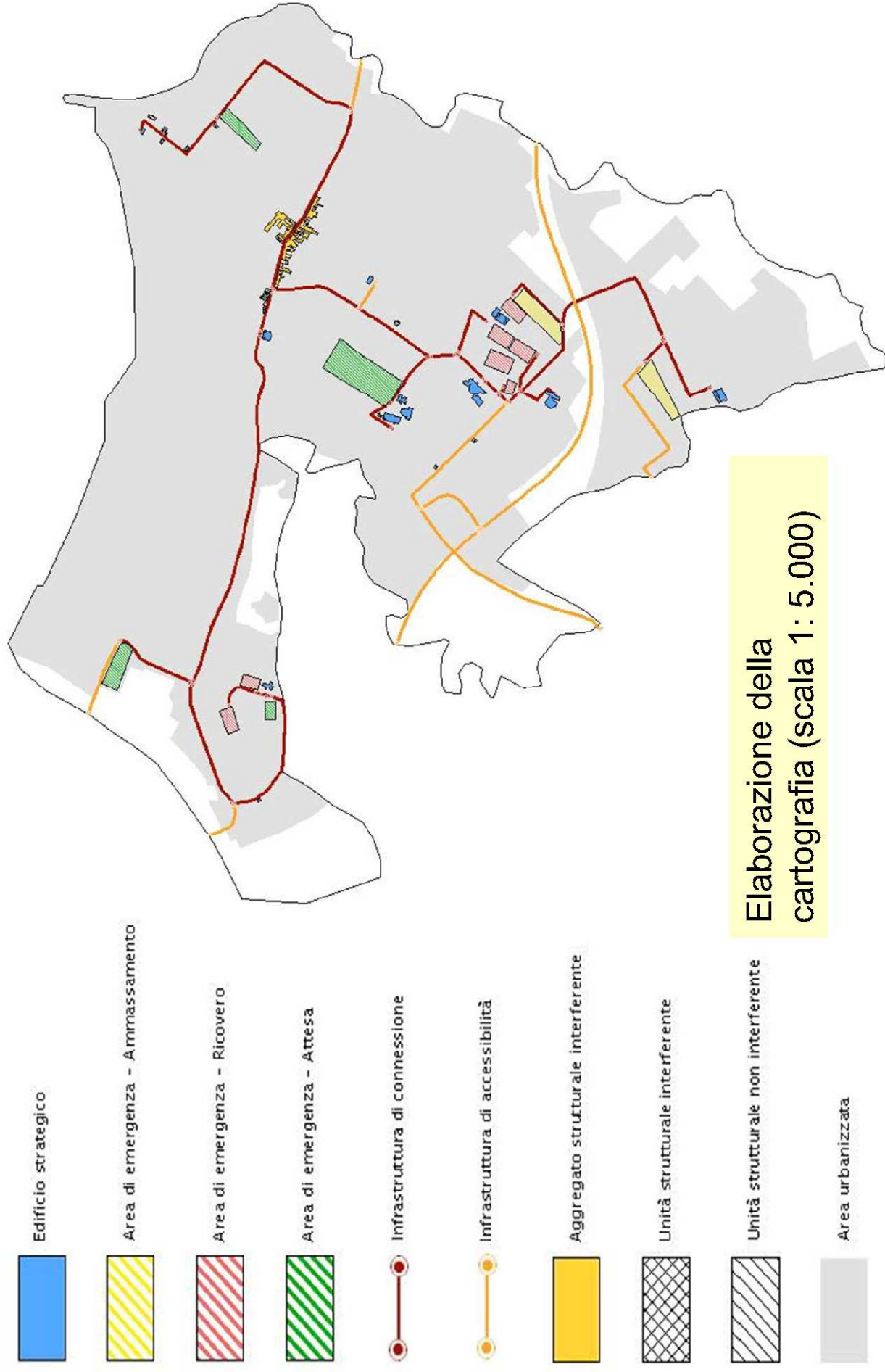


Aggregati
interferenti
aree



Esempio di situazione di “interferenza” di Unità/Aggregati Strutturali

Analisi della Condizione Limite di Emergenza (CLE)



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!!**