

Il progetto MAR VASTO e i disastri naturali e antropici 2010-2014 a Valparaiso, Cile: esempio di studio di prevenzione del rischio non applicato

Maurizio Indirli

(ENEA-UTSISM, via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna, tel. +39 051 6098727, fax +39 051 6098544
maurizio.indirli@enea.it

Riassunto

Il Progetto MAR VASTO (*Manejo de Riesgos en Valparaiso/Risk Management in Valparaiso*, 2007-2009, coordinato dall'ENEA con la partecipazione di partner Italiani e Cileni, e finanziato dal Banco InterAmericano de Desarrollo/InterAmerican Development Bank), vide lo sviluppo di mappe multi-hazard (terremoto, tsunami, frana, incendio) per tutta l'area urbana di Valparaiso (Cile), dichiarata patrimonio UNESCO nel luglio 2003, nonché valutazioni di vulnerabilità per un settore pilota del Cerro Cordillera (parzialmente all'interno del settore UNESCO) e per tre importanti chiese monumentali della città. Tutte le informazioni furono elaborate e strutturate in un "building inventory" digitale su base GIS e il materiale dello studio consegnato alle autorità competenti, con il suggerimento di approntare uno specifico Piano del Rischio strettamente collegato al Piano Regolatore Urbano. Purtroppo, le indicazioni del Progetto MAR VASTO sono state completamente inapplicate, mancando così qualsivoglia intervento di mitigazione. Infatti, questa preziosa città è stata recentemente colpita da: un'esplosione con relativo incendio (quartiere di Calle Serrano, all'interno del settore UNESCO, 14 Aprile 2007); un terremoto (27 Febbraio 2010) con relativa evacuazione per pericolo di tsunami (possibile hazard secondario collegato al terremoto citato), fortunatamente con moderate conseguenze; ma soprattutto il devastante incendio del 12 Aprile 2014, che ha ridotto in cenere una porzione rilevante del tessuto urbano. In aggiunta, una delle chiese oggetto della valutazione di vulnerabilità (San Francisco del Baron, che aveva già subito un primo gravissimo incendio il 4 Febbraio 1983) è stata distrutta altre due volte (2 Settembre 2010; 2 Agosto 2013) da eventi simili, nonché ulteriormente danneggiata dall'evento sismico del 2010. Questo lavoro mette in relazione i risultati del progetto MAR VASTO con il verificarsi dei successivi eventi disastrosi, facendo notare come l'assenza di un'adeguata prevenzione possa causare danni enormi in un ambiente ad elevato rischio.

Abstract

The project MAR VASTO (*Manejo de Riesgos en Valparaiso/Risk Management in Valparaiso*, 2007-2009, coordinated by ENEA with the participation of Italian e Chilean partners, and funded by the Banco InterAmericano de Desarrollo/InterAmerican Development Bank), saw the development of multi-hazard maps (earthquake, tsunami, landslide, fire) for all the urban area of Valparaiso (Chile), declared UNESCO patrimony in July 2003, in addition to a vulnerability assessment for a pilot building stock of Cerro Cordillera (partially inside the UNESCO sector) and for three important monumental churches of the city. All the information was elaborated and organised in a digital GIS-based "building inventory", and the output of the study entrusted to the competent authorities, with the suggestion to set up a specific Risk Assessment Plan strictly linked to the Valparaiso City Plan. Unfortunately, the guidelines of the MAR VASTO Project were totally unapplied, thereby lacking any action of mitigation. Therefore, this precious urban habitat suffered recently several disastrous events: an explosion with subsequent fire (Calle Serrano District, inside

the UNESCO sector, April 14, 2007); an earthquake (February 27, 2010) with related evacuation due to tsunami hazard (possible secondary hazard linked to the cited earthquake), fortunately with moderate consequences; but, above all, the devastating fire of April 12, 2014, which burned to ashes a relevant portion of the urban tissue. Moreover, one of the churches subjected to the vulnerability survey (San Francisco del Baron, struck by a first severe fire on February 4, 1983) has been destroyed other two times by similar events (September 2, 2010; August 2, 2013), in addition to the 2010 earthquake new damage. This paper links together the MAR VASTO results with the following catastrophes occurred, underlying how the absence of adequate prevention can cause enormous damage in a very risky environment.

1.0 Una breve descrizione del Progetto MAR VASTO e successive sviluppi

1.1 Un'importante collaborazione Italia-Cile

Il Progetto MAR VASTO (*Manejo de Riesgos en Valparaíso/Risk Management in Valparaíso*, 2007-2009, finanziato dal Banco InterAmericano de Desarrollo/InterAmerican Development Bank) (MAR VASTO 2007, Indirli et al. 2008; Indirli 2009; Indirli et al. 2010a, 2010b) iniziò nel Marzo 2007, a coordinamento ENEA e partecipazione di diversi partner (Italia: Università di Ferrara, Università di Padova, Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics - ICTP/Università di Trieste; Cile: Universidad Tecnica Federico Santa Maria di Valparaíso, Universidad de Chile di Santiago), e supporto di molte istituzioni locali, essendo Valparaíso stato inserito sin dal 2003 nella UNESCO World Heritage List dei siti tutelati.

Il Cile è una delle nazioni del mondo più soggette a terremoto, colpita dall'evento sismico più potente mai registrato (evento sismico di Valdivia, 22 Maggio 1960, Magnitudo Momento 9.5), con un impatto tremendo su popolazione, costruzioni, infrastrutture e paesaggio; lo tsunami originato dal sisma interessò, oltre il Sud del Cile, Hawaii, Giappone, Filippine, Nuova Zelanda Orientale, Isole Aleutine (United States Geological Survey [USGS] 2006). Anche se questo terremoto non colpì Valparaíso a causa della grande distanza (epicentro 800 km a Sud), la città ha subito altri forti eventi sismici nel passato (Tabella 1). In particolare, l'evento del 1906 fu il più distruttivo, associato ad un grande incendio (Figura 1 in basso a sinistra).

Tabella 1 - Forti terremoto che hanno colpito Valparaíso in passato.

Anno	Data		Epicentro	Magnitudo M
	Mese	Giorno		
1647	05	13	Santiago, Cile	8.50
1730	07	08	Valparaíso, Cile	8.75
1822	11	19	Illapel e Chiloé, Cile	8.50
1906	08	17	Valparaíso, Cile	8.20
1965	03	28	Dintorni di Santiago, Cile	7.10
1971	07	09	Regione di Valparaíso, Cile	7.50
1985	03	03	Offshore Valparaíso, Cile	7.80
2010	02	27	Cobquecura, Cile	8.80

1.2 Il database GIS

Il lavoro per il database GIS geo-referenziato (coordinato da ENEA, Figura 2) si è dapprima basato su un dettagliato Digital Elevation Model (DEM) dell'area di Valparaíso, generando orto-foto da utilissimi rilievi aerei forniti dal Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA). La cartografia digitale (strade, costruzioni e infrastrutture, punti quotati e altre informazioni), trasmessa dalla Municipalità di Valparaíso, si è però rivelata non molto accurata e poco coerente con le foto aeree appena citate. Per questa ragione, è stato indispensabile effettuare un rilievo in campo tramite DGPS (33 posizioni, a cura dell'ENEA), per eliminare le incertezze topografiche. La piattaforma GIS ha organizzato in mappe chiare e facilmente accessibili una grande quantità di informazioni: foto satellitari e aeree; cartografia e batimetria; piani urbani del

costruito, infrastrutture, spazi aperti e viabilità; mappe storiche geo-referenziate; dati relativi agli hazard studiati; infine, la building inventory di dettaglio del settore afferente al Cerro Cordillera.

1.3 Mappe di hazard

Nell'ambito del database, sono state sviluppate mappe di hazard per eventi naturali (terremoto, tsunami, frana) e antropici (incendio).

1.3.1. Hazard da terremoto Studi specifici sono stati effettuati dall'ICTP, seguendo l'approccio neo-deterministico (NDSHA, Neo-Deterministic Seismic Hazard Assessment, Panza et al. 2001), in modo da valutare l'input sismico con esattezza per gli scenari selezionati (Tabella 2). La descrizione completa della metodologia è riportata in bibliografia (Zuccolo et al. 2008). Infatti, le stime ottenute con il metodo probabilistico correntemente usato (PSHA, Probabilistic Seismic Hazard Assessment) si sono rivelate poco attendibili, analizzando quanto verificatosi realmente nel corso di recenti grandi terremoti. In MAR VASTO sono stati considerati quattro scenari e due tipologie di rottura di faglia (unilatera e bilatera). Il metodo NDSHA è stato testato sulle registrazioni disponibili dell'evento sismico del 1985 e quindi esteso agli altri scenari, ottenendo: time-histories sintetiche in spostamento, velocità, accelerazione per le due componenti orizzontali (N-S e E-O); una griglia densa di valori per l'area di Valparaiso, immagazzinando 96 mappe differenti nel database GIS (esempio in Figura 1); input sismici specifici elaborati per i siti delle tre chiese studiate, in modo da impiegare dati attendibili per analisi strutturali e di restauro, tenendo conto anche di possibili effetti di amplificazione locale causati dal suolo soffice. I risultati hanno portato alla conclusione che l'hazard sismico è certamente molto alto nella zona piana lungo la costa (suolo soffice reclamato al mare e su rovine di sismi anteriori), ma considerevole anche nella zona collinare, a causa della configurazione geologica e topografica. Effetti secondari del terremoto possono essere tsunami, frane e incendi.

Tabella 2 - Terremoti di scenario per Valparaiso.

Magnitudo			Periodo di Occorrenza	
7.5	evento di scenario	occasionale	≈ 120-140 anni	forte
7.8	sisma 1985	sporadico	≈ 200-250 anni	molto forte
8.3	sisma 1906	raro	≈ 500 anni	disastroso
8.5	evento di scenario	eccezionale	≈ anni	catastrofico

Tabella 3 - Tsunami di scenario per Valparaiso.

Magnitudo			Periodo di Occorrenza	
7.0	evento di scenario	frequente	≈ 70-80 anni	moderato/forte
7.5	evento di scenario	occasionale	≈ 120-140 anni	forte
7.8	sisma 1985	sporadico (*)	≈ 200-250 anni	molto forte
8.3	sisma 1906	raro (*)	≈ 500 anni	disastroso
8.5	evento di scenario	eccezionale	≈ 1000 anni	catastrofico

(*) da modelli e simulazioni del SHOA

1.3.2. Hazard da tsunami Partendo da modelli e simulazioni (1985 e 1906) dello SHOA, ICTP ha prodotto un dataset di segnali di tsunami (inclusendo studi parametrici) con tecniche analitiche (Panza et al., 2000) per i terremoti di scenario considerati (Tabella 3). E' stata definita una relazione tra massima altezza dell'onda marina e amplificazione (Figura 1), comparata con l'evento di riferimento (1985). Tutto il litorale costiero della zona portuale di Valparaiso è ad alto rischio.

1.3.3 Hazard da frana Grazie all'indispensabile supporto dello SHOA, della Municipalità di Valparaiso e delle università cilene partner del progetto, esperti dell' ENEA hanno realizzato mappe di pendenza, di inventario/suscettibilità di frane (Figura 1), attraverso campagne in sito, ricostruzione di eventi del passato da archivi storici, analisi pluviometriche ed elaborazione di foto aeree digitali/analogiche. Il potenziale geomorfologico può indurre principalmente i seguenti

processi: colate di fango o detriti (*mud o debris flow*), con una rapida evoluzione nel materiale di copertura; crolli (*fall*), con una rapida evoluzione nel bedrock. La pericolosità da frana è molto alta in tutto l'anfiteatro collinare di Valparaiso, anche indotta dallo scuotimento sismico.

1.3.4. Hazard da incendio Gli incendi sono sicuramente i disastri più frequenti e pericolosi a Valparaiso. Lo stato dell'arte fu fornito dal corpo dei Pompieri e dalla Municipalità di Valparaiso, con particolare riferimento alla tragedia di Calle Serrano appena successa (anno 2007, paragrafo 2.4). Nonostante l'esperienza dei Vigili del Fuoco locali, gli incendi si verificano puntualmente in area urbana (scarsa manutenzione dei sistemi elettrici, di illuminazione, del gas; tipologia e degrado dei materiali costruttivi; mancanza di educazione e vandalismo), ma anche nelle aree verdi all'interno dell'habitat urbano o nelle boscaglie circostanti (quasi sempre eventi di origine umana). In aggiunta, il rischio è aggravato dal frequente tempo ventoso, dalla tortuosità e strettezza delle strade collinari, dalla grande diffusione di edifici in legno, nonché dall'insufficiente pressione di acqua negli idranti. Numerosi monumenti importanti bruciarono non solo nel corso del terremoto del 1906, ma anche di recente (come la chiesa di San Francisco del Barón nel 1983, 2010, 2013). La Figura 1 mostra la mappa di pericolosità da incendio (coordinamento ENEA), localizzando i luoghi a maggior rischio, testata dal verificarsi di eventi successivi alla sua elaborazione.

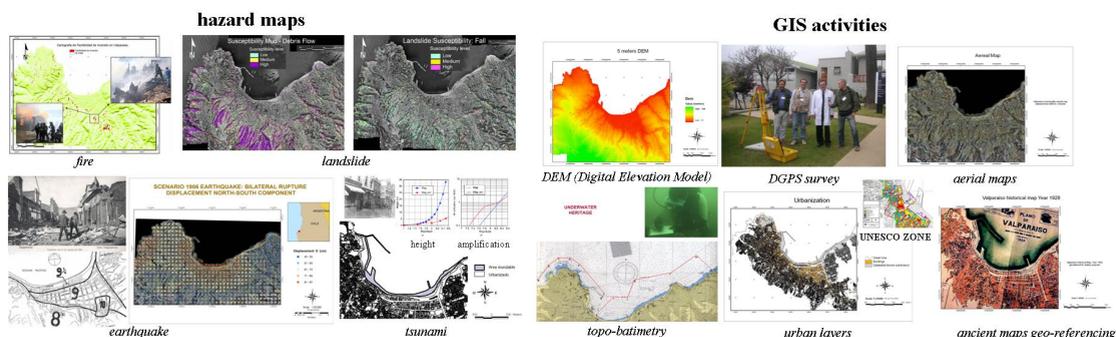


Figura 1 - Il Progetto MAR VASTO: mappe di hazard Per Valparaiso.

Figura 2 - Il Progetto MAR VASTO: il database GIS per Valparaiso.

1.4 L'indagine sullo stock edilizio pilota del Cerro Cordillera

Le mappe geo-referenziate di pericolosità devono interagire con la dettagliata inventory del territorio e del costruito, in modo che pianificazione urbana e tipologia di ogni singola costruzione o infrastruttura (architettura, caratteristiche strutturali, vulnerabilità, stato di fatto, demografia, ecc.) siano in relazione al contesto sociale e ambientale. La zona pilota del Cerro Cordillera, scelta in accordo con la Municipalità di Valparaiso, al momento della campagna in sito era storicamente "vergine", socialmente povera e complicata, parzialmente all'interno della zona UNESCO, delimitata da Calle Serrano (zona piana verso il mare), la stazione superiore dell'Ascensore (teleferica) di San Agustín (zona verso la collina), e dalle due opposte gole delle *quebradas* (strette e scoscese incisioni vallive) di San Francisco e San Agustín (Figura 3). L'indagine architettonico-urbanistica (con il coordinamento dell'Università di Ferrara) ha riguardato 230 costruzioni, 4 aree pubbliche e circa 50 tratti viari. Tutti i dati (età, funzione d'uso, stile architettonico, condizioni generali, qualità, ecc.) sono stati classificati, interrogati e sovrapposti nel database GIS (Figura 3), al fine di identificare le priorità di intervento e le proposte di restauro. Un sottoinsieme di edifici (70 unità, per le quali erano disponibili sufficienti dati catastali, quali piante, sezioni, prospetti, dettagli costruttivi, caratteristiche geotecniche, ecc.) è stato oggetto di un'ulteriore analisi di vulnerabilità strutturale (con il coordinamento dell'Università di Padova) tramite metodi speditivi (Scheda GNDT-INGV muratura 2010). I risultati sono riportati in Figura 3: almeno la metà delle unità investigate ha mostrato un indice di vulnerabilità I_V elevato ($22\% 0 < I_V < 30$ vulnerabilità bassa;

20% $30 < I_V < 45$ vulnerabilità media; 16% $45 < I_V < 60$ vulnerabilità alta; 42% $60 < I_V < 100$ vulnerabilità molto alta).

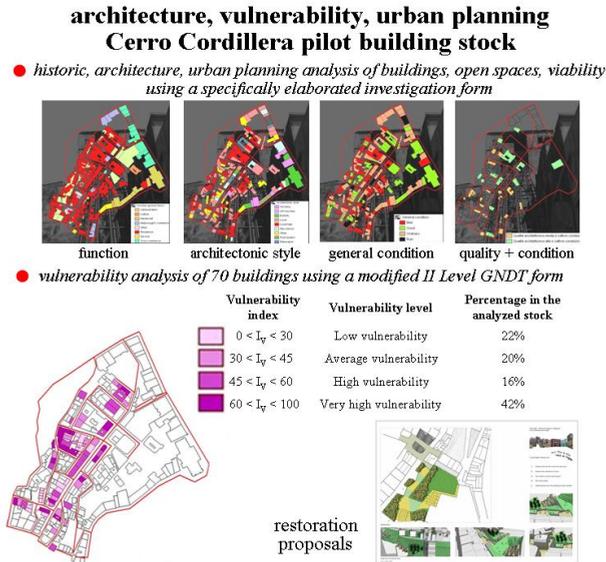


Figura 3 - Il Progetto MAR VASTO: indagine sullo stock edilizio pilota del Cerro Cordillera.

1.5 L'indagine su tre importanti chiese di Valparaiso

D'accordo con la Municipalità di Valparaiso, tre importanti chiese, situate in luoghi diversi e costruite con materiali differenti (San Francisco del Baron, Hermanas de la Divina Providencia, La Matriz), sono state oggetto di studio (coordinamento dell'Università di Padova; supporto dei Vigili del Fuoco di Valparaiso): raccolta dei dati storici, rilievo fotografico e laser scanner; valutazione della vulnerabilità strutturale; esecuzione di calcoli numerici preliminari; indicazione di azioni di riabilitazione e restauro. Danno e vulnerabilità sono stati valutati utilizzando una procedura speditiva ben conosciuta in Italia, concepita appositamente per le chiese (Scheda Chiese 2010). Per la chiesa di San Francisco del Baron, in condizioni molto critiche al tempo del rilievo e sempre frequentata in quanto sede di una comunità francescana molto amata dalla popolazione, ENEA, Università di Padova e Ferrara hanno consegnato nel 2009 all'Arcivescovado di Valparaiso, a titolo completamente gratuito, un progetto di intervento di urgenza (Indirli et al. 2010c).

2.0 I principali disastri naturali e antropici 2007-2014 a Valparaiso, Cile

2.1 Il terremoto/tsunami del 2010

Circa un mese dopo il terremoto/tsunami del 27 Febbraio 2010 (Tabella 4), una missione italiana (patrocinio dell'International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage-ISCARSAH, supporto dell'Ambasciata Italiana e dell'Istituto per il Commercio Estero-ICE, auspici dell'Azione Europea COST C26-Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events) visitò l'area colpita da Nord a Sud verso l'epicentro (Figura 4), analizzando varie tipologie di edifici (cemento armato, acciaio, muratura, adobe, legno). Tutta la linea costiera da Talcahuano a Constitucion fu indagata, per rendersi conto delle impressionanti conseguenze del maremoto (Figura 5). In generale, le strutture moderne (cemento armato e acciaio) si comportarono bene, eccetto un limitato numero di casi (pochi se rapportati all'estensione del sisma) con collasso/danno consistente. Gli edifici storici, invece, costruiti soprattutto in muratura, legno, adobe, soffrirono ovunque crolli e danneggiamenti severi, anche in località lontane

dall'epicentro (Santiago e Valparaiso). In quest'ultima, il team italiano effettuò un nuovo rilievo nelle tre chiese studiate in MAR VASTO. San Francisco del Baron evidenziò l'aggravamento delle fessurazioni preesistenti e nuove lesioni dovute all'evento del 2010, nonostante la moderata sollecitazione subita (accelerazione di Picco al Suolo-Peak Ground Acceleration pari a circa 0.2g). L'autore di questo articolo (rappresentante ENEA nella missione e coordinatore di MAR VASTO) ribadì, nel corso di un incontro con autorità e media, l'estrema urgenza dell'intervento di messa in sicurezza, essendo la stabilità del monumento gravemente compromessa (Indirli et al. 2010d).

Tabella 4 - Il terremoto del 27 Febbraio 2010 in Cile.

Principali caratteristiche del terremoto		Max. Intensità		Max. Accelerazione di Picco al Suolo (PGA, [g])	
Magnitudo	$M_w=8.8$				
Epicentro	43 km SW Cobquecura	Concepcion	IX	Concepcion	0.65
Profondità	35 km	Talca	VIII	Curico	0.47
Durata	2.5 minutes	Rancagua	VIII	Maipu	0.56
Intensità massima	IX (bassa Constitución)	Santiago	VIII	Santiago	0.24
Vittime	430	Viña del Mar	VI	Viña del Mar	0.35
Costi	dollari USD 30.000.000	Valparaiso	VI		

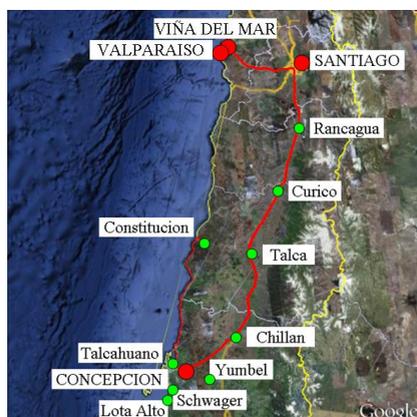


Figura 4 – Mappa delle città visitate.

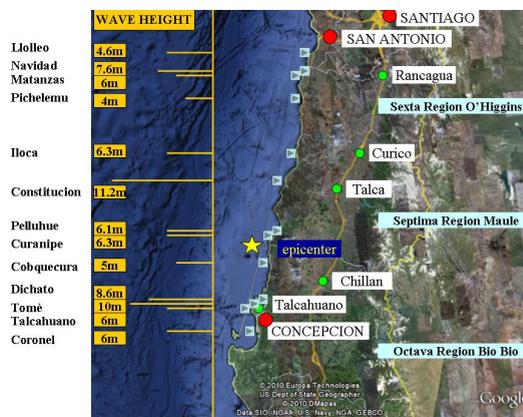


Figura 5 – Altezza delle onde di tsunami lungo la costa cilena.

2.2 L'incendio del 2014 a Valparaiso

Il 12 Aprile 2014 un devastante incendio (il più grande della storia cilena, sviluppatosi impetuosamente, grazie al vento e la siccità, dai due focolai iniziali siti in Camino La Polvora e Fundo Las Perales, Figura 6) ha causato 15 vittime, 500 feriti, incenerito circa 3000 abitazioni in un'area estesa su più di 1000 ettari di sette *cerros*, con almeno 15000 sfollati (El Mercurio 2014), con costi pari a circa 30 milioni di dollari statunitensi e l'impiego di migliaia di pompieri per combattere le fiamme. La catastrofe ha causato immani problemi ambientali, urbanistici, strutturali e sociali. Si tenga conto, inoltre, che un simile disastro si può innescare in tutto l'ambiente costruito di Valparaiso, date le simili caratteristiche dell'habitat, come dimostrato da una serie di eventi puntuali minori che hanno lasciato ampi vuoti nel tessuto cittadino. Il piano di ricostruzione, secondo quanto annunciato dalla presidente Michelle Bachelet, prevede un investimento di 510 milioni di dollari statunitensi dal 2014 al 2021.

2.3 La successione di incendi nella Chiesa di San Francisco del Baron

Il monumento, un simbolo per la città di Valparaiso, è stata distrutta dal fuoco tre volte (Figura 7): il 4 Febbraio 1983 (poi ricostruita); il 2 Settembre 2010 (con l'intervento di messa in sicurezza in corso; le fiamme sono partite dalle operazioni di saldatura connesse ai lavori); il 2 Agosto 2013 (con l'intervento di restauro in corso; l'incendio si è propagato dagli edifici adiacenti).



Figura 6 – Grande incendio di Valparaíso del 12 Aprile 2014.



Figura 7 – Serie di incendi nella Chiesa di San Francisco del Baron.



Figura 8 – Esplosione/incendio in Calle Serrano.



Figura 9 – Stato delle reti a Valparaíso.

2.4 L'esplosione a Calle Serrano nel 2007

Il 3 Febbraio 2007 una violenta esplosione, dovuta ad una fuga di gas in concomitanza con un corto circuito elettrico, provocò morte di quattro persone e distruzione/danno severo di numerosi edifici patrimoniali situati nel cuore della zona UNESCO (Figura 8). Lo stato delle reti a Valparaiso, infatti, al tempo di MAR VASTO era molto critico, ma non è cambiato molto da allora (Figura 9).

3.0 Conclusioni

Il grande rammarico dei partner di MAR VASTO è dovuto al fatto che le azioni di prevenzione delle catastrofi a Valparaiso, in primis il collegamento del piano urbanistico con analisi di rischio e provvedimenti di mitigazione, siano state disattese. Il database, forse uno dei primi esempi di approccio multi-hazard, è rimasto inutilizzato e dimenticato. Nel frattempo, l'ENEA ha incrementato il suo expertise sul tema dell'incremento della resilienza negli habitat urbani, grazie anche alla partecipazione ad importanti progetti e reti europee; un esempio: il Network ANDROID, coordinato dal britannico Centre for Disaster Resilience (ANDROID 2012).

Riferimenti bibliografici

ANDROID (2012). EU Project ANDROID ("Academic Network for Disaster Resilience to Optimise Educational Development", 2011-2014), Programme ERASMUS, Sub-programme LIFELONG LEARNING PROGRAMME, (<http://www.disaster-resilience.net/>).

El Mercurio (2014). *El Mercurio de Valparaiso*, quotidiano di Lunedì 14 Aprile 2014.

Indirli, M., Geremei, F., Puglisi, C., Screpanti, A., Bleresch, D., Lanzoni, L., Lopez Izquierdo, N., Milani, E., Miglioli, M., Simonini, G., Munari, M., Romanelli, F. (2008). A GIS platform on main natural hazards for Valparaiso City (Chile) and vulnerability studies for some historical constructions and urban sectors. In *Proceedings of the SAHC'08, 6th International Conference on Structural Analysis of Historic Construction*. Bath, United Kingdom, July 2-4, 2008.

Indirli, M. (2009). Organization of a Geographic Information System (GIS) database on natural hazards and structural vulnerability for the historical centre of San Giuliano di Puglia (Italy) and the City of Valparaiso (Chile). *International Journal of Architectural Heritage*, 3 (4): 276-315.

Indirli, M., Apablaza Minchel, S. (2010a). Heritage protection in Valparaiso (Chile): The "MAR VASTO" Project (Protección del Patrimonio en Valparaiso (Chile): Proyecto "MAR VASTO"), X Congreso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción, *CONPAT 2009*, Valparaiso, Chile, September 29-October 2, 2009; *Revista Ingeniería de Construcción*, ISSN-0716-2952 (print version), ISSN 0718-5073 (electronic version), Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, N. 1, vol. 25, April 2010.

Indirli, M., Razafindrakoto, H., Romanelli, F., Puglisi, C., Lanzoni, L., Milani, E., Munari, M., and Apablaza, S. (2010b). Hazard Evaluation in Valparaiso: the MAR VASTO Project. *Pure and Applied Geophysics*, 168 (3-4): 543-582.

Indirli, M., Munari, M., Milani, E., Tralli, A., Modena, C. (2010c). An antiseismic prompt safety intervention proposal on the San Francisco del Baron Church in Valparaiso (Chile), *Proc. 14th ECEE (European Conference on Earthquake Engineering)*, Ohrid, Former Republic of Macedonia, August 30th – September 3rd, 2010.

Indirli, M., Mazzolani, F.M., Tralli, A. (2010d). First considerations on the February 27, 2010 Chilean earthquake, *Proc. COST Action C26 "Urban Habitat Constructions Under Catastrophic Events", Final Conference*, Naples, Italy, September 16-18, 2010.

MAR VASTO (2007). *Risk Management in Valparaiso/Manejo de Riesgos en Valparaiso, Servicios Técnicos (MAR VASTO). Project ATN/II-9816-CH, BID/IDB-ENEA Contract PRM.7.035.00-C*. March 2007-June 2008, <http://www.marvasto.bologna.enea.it/>.

Panza, G.F., Romanelli F., and Yanovskaya, T. (2000). Synthetic Tsunami mareograms for realistic oceanic models, *Geophysical Journal International*, 141, 498-508.

Panza, G.F., Romanelli, F., and Vaccari, F. (2001). Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation. *Advances in Geophysics*, vol. 43. Academic Press, pp. 1-95.

Scheda Chiese (2010). Scheda per il rilievo del danno ai Beni Culturali: chiese. *Dipartimento Protezione Civile*, <http://www.protezionecivile.it/cms/attach/adc.pdf>.

Scheda GNDT-INGV muratura (2010). Scheda GNDT II Livello per gli edifici in muratura, adattata per le costruzioni di Valparaiso. *Dipartimento Protezione Civile*.

United States Geological Survey-USGS (2006). *Historic Earthquakes, Chile 1960 May 22 19:11:14 UTC Magnitude 9.5: The largest earthquake in the world*, http://earthquake.usgs.gov/regional/world/events/1960_05_22.php/.

Zuccolo, E., Vaccari, F., Peresan, A., Dusi, A., Martelli, A., and Panza, G. F. (2008). Neo-deterministic definition of seismic input for residential seismically isolated buildings. *Engineering Geology*, Vol. 101, 89-95.