

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/259569114>

2013 Il tornado di Taranto del 28 novembre 2012: percorso, orografia e vulnerabilità

Article · January 2013

CITATIONS

3

READS

506

7 authors, including:



Paola Fago

Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare

15 PUBLICATIONS 136 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Rocco Laviano

Università degli Studi di Bari Aldo Moro

225 PUBLICATIONS 1,605 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Giuseppe Mastronuzzi

Università degli Studi di Bari Aldo Moro

176 PUBLICATIONS 4,535 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Special Issue "Land-Ocean Interactions" [View project](#)



Italian Project RITMARE [View project](#)

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



4/2013

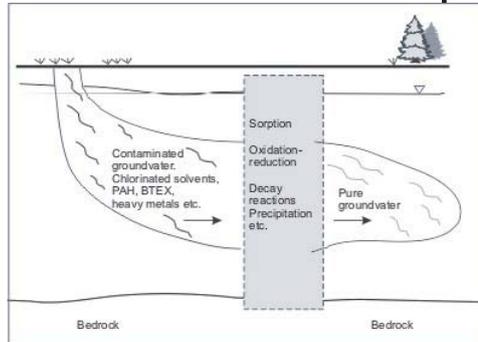
ISSN 1591-5352

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma





Sigea - Società Italiana di Geologia Ambientale
 organizza il corso di aggiornamento professionale
La Bonifica dei Siti Inquinati



Roma, Via Livenza, 6 (Aula "Medici" della FIDAF)

26/27/28 Marzo 2014

Con il Patrocinio di: CATAP, FIDAF. Chiesto il Patrocinio a: Consiglio Nazionale dei Geologi

Finalità

Il Corso si propone di informare e aggiornare i partecipanti sulla procedura della bonifica dei siti inquinati, secondo un approccio pratico/applicativo: dopo una introduzione inerente la normativa nazionale, saranno evidenziati gli aspetti relativi alla caratterizzazione e bonifica/messa in sicurezza d'emergenza dei Siti sia a livello regionale che nazionale (SIN), illustrando con casi di studio le esperienze dei docenti in diversi contesti.

Tale Corso è diventato un appuntamento per i professionisti interessati alla materia della bonifica, in quanto si tiene regolarmente ogni anno dal 1998.

Le lezioni si terranno per tre giorni consecutivi, dalle 09.00 alle 18.00.

Durata del corso: 24 ore.

Ai corsisti verrà fornito materiale didattico e, al termine del corso, un attestato di partecipazione.

Verrà richiesto l'accreditamento ai fini APC per le varie categorie professionali. Per i geologi iscritti all'Albo professionale, ai corsi svolti nelle precedenti edizioni sono stati riconosciuti **24 crediti formativi**.

Programma

Normativa italiana. Stato di attuazione del Programma Nazionale di Bonifica, Piani Regionali di Bonifica. Iter procedurale e tecnico per eseguire un intervento di messa in sicurezza d'emergenza. Messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale di siti inquinati da amianto. Interventi di bonifica della falda in presenza di agglomerati industriali attivi e dismessi. Inquinamento delle falde idriche: metodologie di indagine, caratterizzazione, modellistica numerica, metodi e tecniche di disinquinamento. Messa in sicurezza d'emergenza e bonifica delle discariche. Le barriere permeabili reattive (PRB). Tecnologie di bonifica standard e innovative: biorisanamento in situ degli idrocarburi clorurati. Problematiche nell'esecuzione del piano di caratterizzazione. Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati. Caratterizzazione e bonifica dei punti vendita carburanti. Casi di studio relativi ai siti di interesse nazionale. Aspetti procedurali nella gestione dei rifiuti all'interno dei siti contaminati.

Docenti

Esperti appartenenti ai seguenti enti pubblici e privati: Istituto Superiore di Sanità, Università di Milano, ARPA Lazio, Università "La Sapienza" Roma - Dipartimento Chimica, INAIL, ISPRA, IRSA, Invitalia Attività Produttive, Golder Associates, Earthwork Professionisti Associati.

Direzione scientifica del corso: Dr. Ing. Marco Giangrosso

Coordinamento didattico-scientifico: Dr. Geol. Daniele Baldi

IL CORSO È RIVOLTO AI SOCI SIGEA: LA QUOTA DI ISCRIZIONE AL CORSO È PARI A EURO 200,00. PER CHI NON È SOCIO SIGEA, È POSSIBILE ADERIRE ALLA ASSOCIAZIONE FACENDONE DOMANDA E PAGANDO LA QUOTA 2014, PARI A EURO 30,00. TALE QUOTA DI ADESIONE VA PAGATA A PARTE, PRIMA O CONTESTUALMENTE ALL'ISCRIZIONE AL CORSO

Informazioni: www.sigeaweb.it, info@sigeaweb.it; tel. 06/5943344

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare, con D.M. 24 maggio 2007, G.U. n. 127 del 4.6.2007

N. 4/2013

Anno XXI - ottobre-dicembre 2013

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Giovanni Bruno,
Felice Di Gregorio, Giuseppe Gisotti,
Giancarlo Guado, Gioacchino Lena,
Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2013-2016

Fatima Alagna, Federico Boccalaro (*Segretario*),
Antonello Fiore (*Tesoriere*), Daria Duranti,
Fabio Garbin, Sandro Gennaro, Francesco Geremia,
Giuseppe Gisotti (*Presidente*), Fabrizio Ioiò,
Gioacchino Lena, Vincent Ottaviani, Debora Perazzoli,
Angelo Sanzò, Andrea Vitturi (*Vicepresidente*),
Francesco Zarlenga

Comitato di redazione

Fatima Alagna, Federico Boccalaro,
Giorgio Cardinali, Francesco Cancellieri,
Fabio Garbin, Gioacchino Lena,
Maurizio Scardella, Andrea Vitturi

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più Referees.

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe
tel. 0774 554497 - fax 0774 2431193
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

Abbonamento annuale: Euro 30,00

Sommario

- Il tornado di Taranto del 28 novembre 2012:
percorso, orografia e vulnerabilità
MARIA VENERITO, PAOLA FAGO, CECILIA COLELLA,
ROCCO LAVIANO, MONTANARO FRANCESCO,
PAOLO SANSÒ, GIUSEPPE MASTRONUZZI 2
- Clima e città: un rapporto duale
TEO GEORGIADIS, SILVIA ROSSI 9
- Il patrimonio geologico in Italia:
conoscere e valorizzare per tutelare
MARIA CRISTINA GIOVAGNOLI 16
- Attualità e prospettive nei problemi delle acque
MARCELLO BENEDINI 20
- Leptis Magna, evoluzione di una città
GIUSEPPE GISOTTI 28

In copertina: Le antiche saline nello Stagnone di Marsala, che contiene l'isola di Mozia, con l'inse-
diamento punico. I mulini a vento forniscono l'energia per l'estrazione del sale.

Il tornado di Taranto del 28 novembre 2012: percorso, orografia e vulnerabilità

MARIA VENERITO⁽¹⁾
E-mail: mariavenerito@libero.it
PAOLA FAGO⁽¹⁾
E-mail: paola.fago@gmail.com
CECILIA COLELLA⁽²⁾
E-mail: cecilia.colella@uniba.it
ROCCO LAVIANO⁽³⁾
E-mail: rocco.laviano@uniba.it
MONTANARO FRANCESCO⁽⁴⁾
E-mail: meteo72@libero.it
PAOLO SANSÒ⁽⁵⁾
E-mail: paolo.sanso@unisalento.it
GIUSEPPE MASTRONUZZI^(1, 3)
E-mail: giuseppearantonio.mastronuzzi@uniba.it

⁽¹⁾ LaGAT-Ta, Laboratorio Gis geo-Ambientale e di Telerilevamento, Taranto

⁽²⁾ Università degli Studi "Aldo Moro" di Bari

⁽³⁾ Dip. di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi "Aldo Moro" di Bari

⁽⁴⁾ Servizio Meteo Aeronautica Militare, Ministero della Difesa

⁽⁵⁾ Dip. di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università degli Studi del Salento

RIASSUNTO

Il 28 novembre 2012 un tornado ha interessato le provincie di Taranto e Bari attraversando la Puglia dal Mare Jonio al Mare Adriatico. Il rilievo sul terreno ha permesso di ricostruirne il percorso, stimarne l'intensità ed individuare, in relazione all'orografia, la possibile vulnerabilità del territorio rispetto a fenomeni naturali di tale entità.

INTRODUZIONE

La tromba d'aria che la mattina del 28 novembre 2012 tra le ore 10h 45±1m e le ore 11h e 45±1m G.M.T. (*Greenwich Meridian Time*) ha interessato il territorio pugliese rappresenta un evento raro per la Puglia; recenti studi su base documentaristica affermano "...che almeno la parte meridionale della Puglia è stata molte volte attraversata da trombe d'aria catastrofiche durante gli ultimi cinque secoli..." (Gianfreda et al., 2006).

I danni rilevati lungo il percorso evidenziano la violenza con la quale essa si è abbattuta; per le sue caratteristiche generali di velocità e di estensione del fronte, si preferisce riferirsi a tale fenomeno con il termine americano *tornado*. Tale dicitura richiama chiaramente l'intensità che questi fenomeni atmosferici hanno sul territorio; nella fattispecie i danni provocati hanno interessato colture, edifici pubblici e privati di aree urbane e residenziali, aree portuali, aree industriali (dismesse o nel pieno delle loro attività) ed hanno causato la dolorosa perdita di una vita umana ed una decina di feriti non gravi.

Il tornado si è originato nel Mare Jonio e percorrendo un tratto rettilineo di circa 50 km si è riversato nel Mare Adriatico dopo circa 1 ora. Il percorso è stato ricostruito a partire dalla costa ionica in corrispondenza del III-IV

sporgente dell'area portuale del complesso siderurgico ILVA nella zona industriale di Taranto, sino in località Capitolo, subito a sud di Monopoli, dove ha danneggiato il villaggio turistico Torre Cintola (Fig. 1).

Nelle pagine seguenti si riportano i risultati di osservazioni sul terreno effettuate a partire dal giorno seguente l'evento lungo il percorso del tornado. I danni provocati a coltivazioni e fabbricati sono stati rilevati e caratterizzati; sono stati inoltre analizzati i dati registrati dalle stazioni meteorologiche prossime alle aree percorse. I dati ottenuti, supportati dall'uso di GPS, sono stati inseriti ed elaborati in ambiente *Open Source* QGIS ed hanno consentito di disegnare una mappa relativa al percorso compiuto dal tornado e di effettuare una stima dell'intensità.

MATERIALI E METODI

Nelle pagine a seguire si è ricostruito il percorso del tornado e si è stimata la sua vulnerabilità del territorio in funzione di: i - dati meteorologici, ii - dati orografici, iii - dati geochimici.

i - *Dati meteorologici*: della giornata del 28 novembre 2012 si sono raccolti ed analizzati i dati rilevati dalle stazioni meteorologiche site in prossimità dell'area di passaggio del tornado (Fig. 1):

- Nel centro storico della città di Taranto, presso l'Osservatorio Meteorologico e geofisico "Luigi Ferrajolo" (40°28'32.43"N - 17°13'47.30"E Gr; 17.0 m s.l.m.).
- In Statte (40°34'2"N - 17°13'22"E Gr; 145 m s.l.m.).

Quest'ultima stazione è a circa 150 metri dall'asse del tornado.

Si è prestata particolare attenzione alle variabili: Temperatura (°C), Pressione (hPa), Umidità (%), Direzione del vento (°N), Velocità del vento (km/h) e Precipitazioni (mm).

ii - *Dati orografici*: a partire dalla mattina seguente l'evento, sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nelle aree interessate dal tornado e durante i quali si è proceduto ad una attenta e puntuale osservazione e registrazione dei danni; utile a tal fine è stato l'utilizzo di due GPS per localizzare geograficamente il percorso.

Il percorso del tornado, per motivi di sintesi e chiarezza, è stato suddiviso in aree rappresentative denominate *siti* localizzate in Fig. 1 ed elencate in Tab. 1; per ciascuna area è stato quindi indicato il tipo di danni riscontrati ad abitazioni, scuole, strutture industriali, recinzioni (muri e/o cancelli), automezzi, segnaletica stradale e vegetazione.

In tre dei nove siti (Tab. 1), ovvero nell'area che è stata maggiormente danneggiata dal tornado, sono stati effettuati ulteriori rilievi al fine di verificare i danni subiti dalla vegetazione. Laddove si è constatata la presenza di alberi sradicati si è proceduto con il verificare l'orientazione di caduta di questi misurandone l'azimuth.

Utilizzando software ambientali *open source* come QGIS si è calcolato approssimativamente l'estensione areale dei tre siti (Tab. 1) nei quali i danni hanno la maggiore estensione:

- Sito 1: Taranto, area industriale seguendo la strada Statale 100 in direzione Bari, nei pressi del complesso industriale ILVA [40°29'23,10"N - 17°12'42,90"E]; l'area rilevata ha una ampiezza di circa 15ha; sono presenti alberi di eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill.*) e alberi di pino (*Pinus spp.*).
- Sito 2: Statte, area industriale seguendo la strada Provinciale 48 in direzione Statte, nei pressi della Mass. Felicciolla [40°32'34,26"N - 17°12'25,41"E]; l'area

rilevata ha una ampiezza di circa 30ha; sono presenti una coltivazione di olivi (*Olea europaea* L.) ed alberi di eucalipto.

- Sito 5: Statte, area urbana seguendo la strada Provinciale 48 in direzione Crispiano, nei pressi della zona Montetermiti [40°34'40,06"N - 17°12'17,55"E]; l'area rilevata ha una ampiezza di 20ha; sono presenti alberi di pino.

ii - *Dati geochimici*: in una estesa area compresa tra i *siti* 5 e 6 (Tab. 1, Fig. 1) sono stati rinvenuti frammenti più o meno grandi di coperture tipo onduline con apparente presenza di amianto provenienti da abitazioni e/o complessi industriali situati nelle zone interessate dal tornado. Il materiale è stato preso in carico e successivamente abbandonato sino a circa 1 km dal punto di asportazione. Su più di un centinaio di frammenti individuati e ubicati ognuno geograficamente con GPS, sono stati effettuati quattro campionamenti secondo un transetto di 300 m. Sui campioni sono state condotte analisi per diffrazione a raggi X su polveri (PXRD) ed indagini mediante microscopia elettronica a scansione corredata di microanalizzatore rx (SEM+EDS). I campioni, fissati su di un supporto di alluminio con colla di grafite, prima di essere sottoposti alle analisi sono stati ricoperti con uno strato di carbone di circa 30nm ed essiccati a 40°C per circa 12h.

Tutti i dati sono stati riportati ed elaborati in ambiente *open source* QuantumGIS. L'utilizzazione di strumenti di geo-localizzazione ambientale come il GPS ha permesso di tracciare su mappa il rilievo effettuato sul terreno, registrando lungo il percorso le coordinate geografiche espresse in latitudine, longitudine ed altitudine. I dati sono stati inseriti in formato CSV (*Comma Separated Value*), previa elaborazione, in ambiente *open source* QGIS, utilizzando come base cartografica l'ortofoto formato ECW (*Enhanced Compressed Wavelet*) della Puglia utilizzando il link WMS (*Web Map Service*) disponibile sul SIT Puglia, con sistema geografico di riferimento WGS84.

DATI E DISCUSSIONI

Le condizioni atmosferiche che consentono la formazione di un tornado sono le stesse di un temporale; è però necessario un alto gradiente termico verticale con temperature elevate al suolo, la presenza di fronti freddi negli strati inferiori dell'atmosfera ed un elevato grado di umidità.

I dati raccolti nella giornata del 28 novembre 2012 dalle stazioni meteorologiche prossime all'area interessata indicavano una temperatura media di 17°C ed una umidità relativa media del 90%, già nelle prime ore della giornata; questi valori erano sensibilmente superiori alla media stagionale.

Inoltre l'instabilità atmosferica che dalla Sila procedeva verso il Mare Jonio, esaltata dalla presenza di aria secca in quota e da moti turbolenti dei venti ai livelli superiori,

del tornado e la sua permanenza in un'area per non più di 15'.

I rilievi sul terreno mostrano come il tornado abbia lasciato una traccia lungo il suo

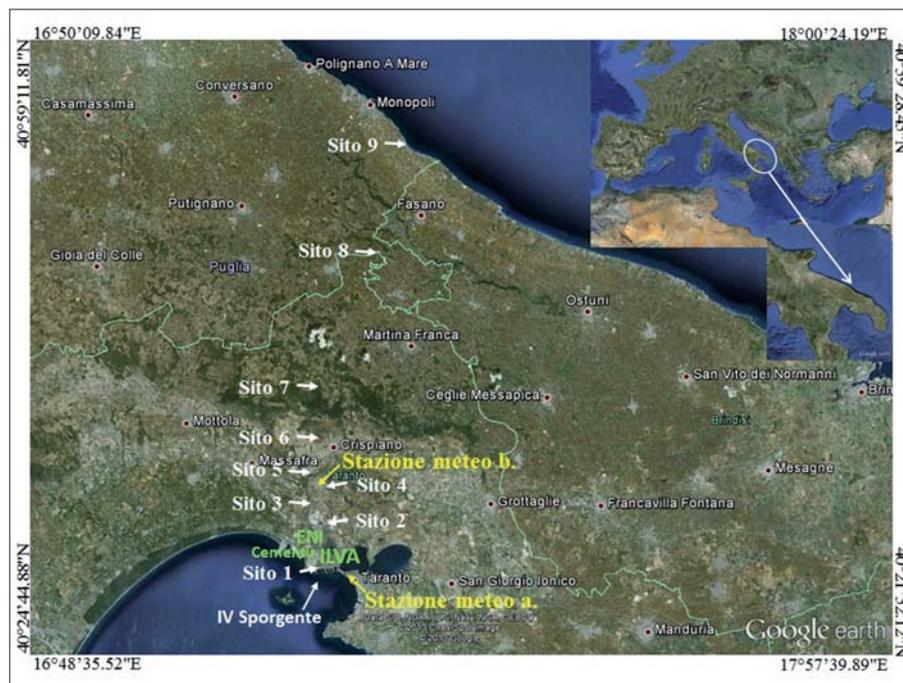


Figura 1 – Area oggetto di studio con ubicazione delle stazioni meteorologiche e delle aree industriali (ILVA, cementificio CEMENTIR, raffineria petrolifera ENI ed area portuale) di Taranto solo in parte, fortunatamente, toccate dall'evento

hanno favorito il formarsi di cumulonemi con rotazione antioraria; di conseguenza si è innescato un violento moto vorticoso, caratterizzato da forti correnti ascensionali di aria calda ed umida.

I dati registrati dalla stazione meteorologica "L. Ferrajolo" evidenziavano un cambiamento della direzione di provenienza del vento ed un aumento di precipitazione tra le ore 09h 30m e le 09h 50m (Tab. 2). Lo stesso fenomeno è evidente anche dalla lettura dei dati rilevati dalla stazione meteorologica

percorso (Fig. 2,3); i danni ad edifici quali case, scuole ed attività produttive (talvolta danneggiate anche nelle strutture portanti come i muri esterni e/o interni), auto rovesciate, alberi radicati e muretti crollati evidenziano l'intensità del tornado e il suo percorso leggermente ondulato. Il percorso inizialmente prossimo ad un andamento meridiano, dopo l'impatto sulla scarpata murgiana, probabilmente condizionato dalla locale orografia, ha assunto un andamento circa SW/NE (Fig. 4). Dopo essere entrato sulla terra ferma dall'a-

Tabella 1 - Elenco Siti lungo il percorso del tornado

Sito	Localizzazione geografica
1	Taranto: area industriale
2	Statte: c da Feliciolla
3	Statte: area industriale
4	Statte: area urbana
5	Statte: zona Montetermiti
6	Crispiano: zona Mesole
7	Martina F.: zona Pianelle
8	Locorotondo: loc. San Marco
9	Monopoli: zona Capitolo

sita in Statte, registrati con una cadenza di 5' (Tab. 3). Tali variazioni confermano la vorticosità ciclonica antioraria del fenomeno; il cambiamento di direzione avvenuto dalle ore 10h 55m da SE a ENE, seguito da un SSW alle ore 11h 00m e 11h 05m ed il ristabilirsi a SE alle ore 11h 10m, evidenzia la velocità

rea portuale del complesso siderurgico ILVA di Taranto, il tornado lo ha interessato causando danni alle aree produttive; quindi seguendo la SP 48 ha raggiunto l'area urbana di Statte ed ha proseguito attraversando le aree limitrofe dei comuni di Crispiano, Martina Franca, Locorotondo e Monopoli.

Tabella 2 – Dati estrapolati dalla registrazione del 28/11/2012 dell'Osservatorio Meteorologico "L. Ferrajolo"

Ora	T (°C)	Umidità (%)	Pressione (hPa)	Vento (km/h)	Direz. Vento (°N)	Pioggia (mm)
09:00	17.8	91.7	1003.7	44.28	147	0.1
09:10					144	0.6
09:20					144	0.9
09:30					140	2.6
09:40					96	3.6
09:50					91	0.4
10:00	17.6	95.5	1002.0	68.76	168	0.4
10:10					154	1.4
10:20					143	0.6
10:30					147	0.0
10:40					156	0.0
10:50					152	0.0
11:00	18.4	90.8	1000.9	63	156	0.3

Tabella 3 – Dati estrapolati dalla registrazione del 28/11/12 della stazione meteorologica di Statte (www.webalice.it/giovannipugliese/index.html)

Ora	T (°C)	Umidità (%)	Pressione (hPa)	Vento (km/h)	Direz. Vento	Pioggia (mm)
10:30	17.0	93	1004.0	37.1	SSE	1.1
10:35	16.9	93	1004.3	26.3	SSE	0.6
10:40	16.8	93	1003.7	31.0	SE	2.2
10:45	16.8	93	1003.5	24.1	SSE	3.9
10:50	16.6	93	1003.3	13.7	SE	6.6
10:55	16.6	93	1000.3	46.6	ENE	6.1
11:00	16.7	94	1001.9	59.8	SSW	2.8
11:05	16.9	94	1002.7	42.1	SSW	7.2
11:10	17.0	94	1002.7	34.9	SSE	0.0
11:15	17.0	94	1002.8	24.5	SSE	0.0
11:20	16.9	94	1002.1	39.6	S	2.2
11:25	17.0	94	1002.0	50.0	SSE	1.1
11:30	17.1	94	1001.9	41.8	SSE	2.8

I risultati dei rilievi sul campo sono riportati in Tab. 4, con riferimento alla Fig. 1 e alla Tab. 1. L'area che ha subito i maggiori danni è quella localizzata tra i siti 2 e 6, fra gli abitati di Statte e Crispiano, nell'area corrispondente

al primo salto di quota. Qui danni alle strutture, crolli e vetri rotti hanno reso molte abitazioni e unità industriali e/o commerciali inagibili; le utenze domestiche (luce, gas) sono state bloccate per diversi giorni. I risultati dei rilievi e delle

analisi (direttamente sul terreno ed in *post processing* con software QGIS) effettuate sui siti 1, 2, 5 mostrano caratteristiche comuni (Tab. 4):

- Il 100% di alberi che insistono sulla superficie presenta danni alla struttura o è divolto.



Figura 2 – Ubicazione geografica e danni riconosciuti nei siti 1, 2 e 5

- b. L'80 % di alberi che insistono sulla superficie presenta rami e tronchi spezzati, anche in più parti.
- c. Il 20% di alberi che insistono sulla superficie presenta l'apparato radicale tranciato e divolto.

In queste aree si è rilevata l'orientazione degli alberi divolti – angolo fra la direzione del tronco caduto e il N magnetico; quindi, si è suddivisa l'area dei siti in zone denominandole E, N, W, S:

- Zona E: l'80% degli alberi divolti presenta un'orientazione di caduta W ed il 20% N.

- Zona N: l'80% degli alberi divolti presenta un'orientazione di caduta W ed il 20% E.
- Zona W: il 100% degli alberi divolti presenta un'orientazione di caduta W-SW.
- Zona S: l'80% degli alberi divolti presenta un'orientazione di caduta S ed il 20% SE.



Figura 3 – Danni alle aree produttive, insediative e agricole

Tabella 4 – Danni registrati lungo l'intero percorso del tornado

Sito	Abitazioni	Scuole	Strutture industriali	Recinzioni (muri/cancelli)	Auto-mezzi	Segnaletica stradale	Alberi/piante
1 Taranto Area industriale			x	x	x	x	x
2 Statte C.da Feliciolla	x		x	x	x	x	x
3 Statte Area industriale	x		x	x	x	x	x
4 Statte area urbana	x	x	x	x	x	x	x
5 Statte Zona Montetermiti	x	x	x	x	x	x	x
6 Crispiano Zona Mesole				x		x	x
7 Martina F. Zona Pianelle				x		x	x
8 Locorotondo Loc. San Marco				x			x
9 Monopoli Zona Capitolo				x			x

Nella parte centrale dei siti in oggetto, lungo il passaggio del tornado, gli alberi sono in piedi, ma comunque distrutti nella parte aerea (fusti e chiome).

Dalle evidenze riscontrate sul campo del sito 5 (Tab. 4) osservando la distribuzione degli alberi danneggiati si presume che dal tornado, che procedeva in direzione N-E, si sia staccato una unità vorticoso che ha proseguito autonomamente in direzione E. Di essa si è persa traccia dopo un centinaio di metri.

In seguito alla stima dei danni osservati lungo il percorso è stato possibile classificare il tornado in un grado di intensità F della scala Fujita (Fujita, 1981). In base alla scala in Tab. 5. e in riferimento ai siti elencati in Tab. 4 il grado di intensità F stimato è: ì - F3 siti 1,

2, 3, 4 e 5; ìì - F2 siti 6, 7, 8 e 9. È evidente che il tornado ha mantenuto deciso il suo percorso e l'attenuazione durante l'attraversamento della intera Murgia ha condizionato poco l'intensità del fenomeno; esso pare avere risentito della locale topografia solo nell'area in cui ha incontrato il primo ostacolo orografico presso Statte (Fig. 5).

Dall'analisi in post processing mediante l'impiego del software QGIS si è stimata una lunghezza del percorso pari a circa 50 km. Essa va dal III-IV sporgente del porto a servizio del complesso industriale ILVA, area industriale di Taranto, sino alla fascia costiera di Monopoli dove sono stati rilevati gli ultimi danni arrecati dal tornado. Proprio nell'area portuale, il crollo in mare di una delle gru di carico/scarico ha provocato l'unica vittima

nella persona del suo operatore che non ha avuto modo e tempo di mettersi in salvo.

Dai dati sul terreno è evidente che, lungo il suo percorso il tornado ha avuto un'ampiezza del fronte variabile. Misurando le aree nella quale si è riscontrata la presenza di danni è stato possibile calcolarne l'ampiezza; in riferimento ai siti in Tab. 4 sono state stimate le seguenti ampiezze: ì 300m siti 1, 2, 3 e 4; ìì - 500m sito 5; ììì - 200-100m siti 6 e 7; iv - <50m siti 7 e 8.

In particolare per il sito 5 il contesto orografico ha probabilmente favorito l'ampliamento del fronte del tornado. È verosimile infatti, che l'innalzamento della quota topografica abbia contribuito ad una diminuzione di pressione alla base del vortice, facendo sì che esso collassasse su se stesso. Ne è derivato anche l'aumento della violenza con la quale il tornado si è abbattuto. L'analisi topografica effettuata con l'utilizzo del layer analisi altimetrica del programma Google Earth (Fig. 5) mostra il cambiamento di quota lungo il percorso del tornado. La parte iniziale del grafico mostra un'area poco rilevata corrispondente alla Piana di Taranto, costituita da superfici terrazzate digradanti verso mare che risalgono lungo la scarpata murgiana; il picco lungo il grafico, corrispondente al Monte Pianelle (470 m s.l.m.), segna il passaggio dalla scarpata murgiana all'altopiano delle Murge e verso il Mare Adriatico dove, appena affievolito, il tornado si è riversato. L'area urbana di Statte, quella che indubbiamente ha subito la maggior quantità di danni è ubicata proprio in corrispondenza del primo significativo salto di quota.

Poiché nel corso degli anni le tecniche di costruzione sono cambiate e data anche la differenza di tecniche di edificazione tra uno Stato ed un altro, è utile per la classificazione del tornado di Taranto utilizzare una scala basata sull'estensione areale di questo e non solo sui danni provocati. La scala utilizzata è

Tabella 5 – Scala Fujita

Grado F	Classificazione	Vento (km/h)	Effetti provocati
F0	Debole	64-116	Rami degli alberi spezzati, danneggiati segnaletica stradale e cartelloni, danni ai comignoli dei camini.
F1	Moderato	117-179	Superficie dei tetti delle case asportata, auto spinte fuori strada, piccoli stabili distrutti (box, garage).
F2	Intenso	180-253	Grossi alberi sradicati, oggetti scagliati a grande velocità, tetti sollevati dalle case, prefabbricati demoliti, lamiere trasportate a distanza.
F3	Forte	254-332	Boschi rasi al suolo, auto trascinate e sollevate da terra, crollo muri interni case, tetti scagliati in lontananza.
F4	Devastante	333-419	Automobili sollevate e scagliate per decine di metri, case demolite
F5	Catastrofico	420-512	Auto scagliate a centinaia di metri, sollevamento di autotreni di parecchie tonnellate, case con fondamenta trascinate e distrutte, alberi distrutti e scortecciati, danni seri anche ad edifici in cemento armato

la Thompson e Vescio (Thompson and Vescio, 1998) (Tab. 6).

L'elaborazione in ambiente QGIS mostra un'estensione areale di circa 15 kmq e permette di classificare il tornado secondo la scala in Tab. 6 in un grado di intensità A3.

L'INQUINAMENTO

Un aspetto molto importante derivante dalla ricostruzione del percorso del tornado è stato il rinvenimento di diffuse tracce della distribuzione di onduline in amianto. Queste sono state ritrovate a monte dell'area urbana di Statte. Già durante i primi soccorsi, unità specializzate dei Vigili del Fuoco e della Protezione Civile hanno provveduto a bonificare il sito urbano. Purtroppo la grande quantità di materiali con amianto presenti nelle civili abitazioni e nelle aree industriali, in parte abbandonate, colpite dal tornado è stata fonte di un esteso inquinamento dei suoli lungo il suo percorso.

Tra i siti 5 e 6 sono state campionate schegge di onduline, frammisti ad altri elementi provenienti dall'area urbana (lampade stradali, tegole, involucri di caldaie etc.) sino a circa 1km dalla possibile zona sorgente.

Già l'analisi ottica induceva a ritenere estesa la presenza di filamenti cristallini da attribuirsi a minerali di amianto. In quest'area sono stati raccolti quattro campioni lungo un transetto di circa 300 m. Le analisi condotte hanno messo in evidenza, per tutti i campioni, la presenza di fibre naturali attribuibili a fasi mineralogiche del gruppo degli asbesti: Crisotilo, Crocidolite e Riebeckite (Fig. 6).



Figura 4 – Ricostruzione percorso del tornado; nella foto in alto a destra sono riportati i punti GPS inseriti in QGIS nei quali sono stati riconosciuti danni

CONCLUSIONI

Il tornado che il 28 novembre 2012 ha interessato le provincie di Taranto e di Bari, attraversando in ordine temporale l'area portuale ed industriale di Taranto proseguendo verso l'area abitativa di Statte, le aree limitrofe di c.da Mesole in agro di Crispiano, c.da Pianelle in agro di Martina Franca, c.da San Marco in agro di Locorotondo e in zona Capitulo nel comune di Monopoli, ha avuto origine in seguito a particolari condizioni atmosferiche nel Mare Jonio. Esso ha percorso circa 50 km seguendo una direttrice inizialmente S/N e poi SW/NE si è dissolto in Mare Adriatico.

La lunghezza del percorso seguito, l'estensione del suo fronte, nonché l'intensità

definita in base al grado F3 della scala Fujita, con intensità A3 della scala Thompson e Vescio, attestano questo particolare evento meteorologico tra i più intensi fra quelli che si sono abbattuti sulla Puglia e su Taranto pur non estranea a questi eventi.

La presenza di aree industriali importanti come il complesso siderurgico ILVA, la raffineria ENI, il cementificio CEMENTIR, nonché la presenza di centri abitati vicini a tali realtà industriali contribuiscono ad aumentare la vulnerabilità del territorio; il possibile effetto domino provocato dall'impatto del tornado su un'area di raffineria è stato evitato solo per puro caso. Ciò nonostante i danni derivanti dal propagarsi del tornado non sono solo

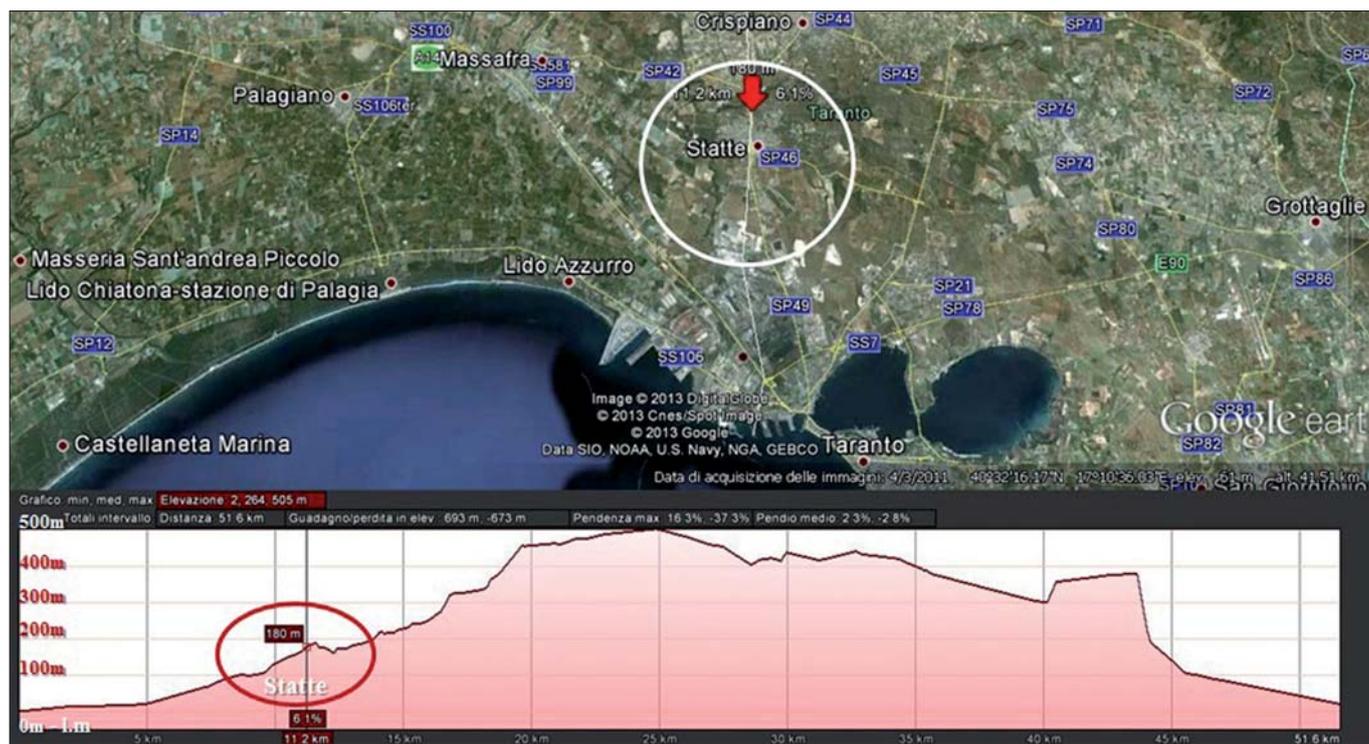


Figura 5 – Analisi altimetrica eseguita sul percorso riprodotto in Google Earth; il cerchio rosso individua l'area di Statte, quella nella quale maggiori sono stati l'estensione del fronte e i danni

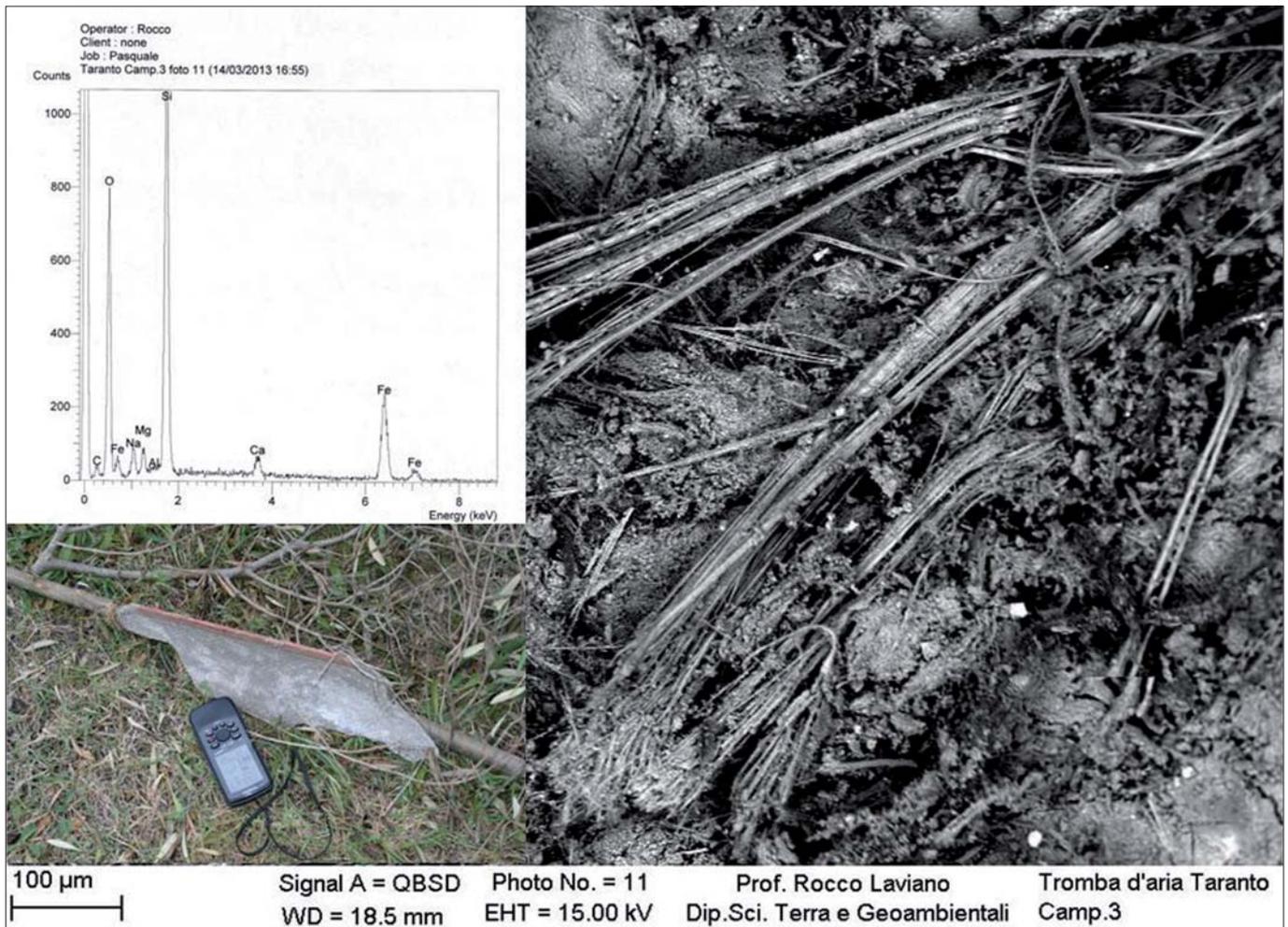


Figura 6 – Risultato delle analisi SEM-EDS condotte su un frammento di ondulina rinvenuta fra il sito 5 e il sito 6

Tabella 6 - Scala Thompson e Vescio

Classe d'intensità (A)	Estensione dell'area interessata dalla tromba d'aria (kmq)
A0	0-0.5
A1	0.5-0.75
A2	0.75-5
A3	5-20
A4	20-40
A5	>40

strettamente legati alla velocità del vento e ai danni provocati su strutture fisse. La dispersione sul suolo di componenti edilizie contenenti fibre naturali attribuibili alle fasi mineralogiche del gruppo degli asbesti, non adeguatamente bonificate e certamente dannose anche in piccole quantità, hanno materializzato quindi un rischio ambientale probabilmente mai previsto in fase di pianificazione territoriale la cui bonifica richiederà importanti interventi.

L'insieme dei dati raccolti e la loro analisi indica chiaramente che un tornado rappresenta anche nei nostri territori una situazione di pericolosità naturale non trascurabile in grado di materializzare il rischio; come tale la sua possibile - e probabile - manifestazione deve essere presa in considerazione dagli Enti responsabili della gestione del territorio.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il sig. G. Pugliese per aver permesso la consultazione dei dati meteorologici del 28 novembre 2012 e il prof. V. Semeraro per aver fornito i dati dell'Osservatorio Meteorologico "L. Ferrajolo" di Taranto.

Il lavoro è stato finanziato nell'ambito del Progetto di Ricerca COFIN MIUR 2010-2011 "Response of morphoclimatic system dynamics to global changes and related geomorphological hazard" (Coordinamento Nazionale: prof. C. Baroni, Università degli Studi di Pisa; Responsabile Unità Locale: prof. G. Mastronuzzi).

È un contributo all'IGCP 588 - International Geological Correlation Programme "Preparing for coastal change. A detailed response process framework for coastal change at different times" di UNESCO - IUGS.

BIBLIOGRAFIA

- BECH J., GAYÀ M., ARAN M., FIGUEROLA F., AMARO J., ARÚS J. (2009), *Tornado damage analysis of a forest area using site survey observations, radar data and a simple analytical vortex model*. Atmospheric Research. 93, 118-130.
- FUJITA T. T. (1981), *Tornadoes and downbursts in the context of the generalized planetary scales*. J. Atmos. Sci. 38, 1511-1534.
- GIANFREDA F., MIGLIETTA M., SANSÒ P. (2005), *Tornadoes in Southern Apulia (Italy)*. Natural Hazard. 34, 71-89.
- GIANFREDA F., MIGLIETTA M., SANSÒ P. (2006), *La Terra degli uragani*. Colibri edizioni, 206pp.
- GRÜNWARD S., BROOKS H.E. (2011), *Relationship between sounding derived parameters and the strength of tornadoes in Europe and the USA from reanalysis data*. Atmospheric Research. 100, 479-488.
- PETERSON R.E. (1998), *A historical review of tornadoes in Italy*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 76-77, 123-30.
- SIGEA, (2010), *Il patrimonio geologico della Puglia. Territori e geositi*. Supplemento al numero 4/2010 di Geologia dell'Ambiente periodico della SIGEA-Soc. It. di Geo. Amb.
- THOMPSON R. L. AND VESCIO M. D. (1998), *The destruct ion potential index-a method for comparing tornado days*, Preprints 19th Conf. Severe Local Storms, Minneapolis, MN.
- WESOLEK E., MAHIEU P. (2011), *The F4 tornado of August 3, 2008, in Northern France: Case study of a tornadic storm in a low CAPE environment*. 100, 649-656.