STUDIO DEGLI EFFETTI DERIVANTI DALLA RICADUTA DI PIROCLASTITI SU IMPIANTI INDUSTRIALI SITUATI IN AREA VESUVIANA.

A. Rinaldini*, S. Bellagamba*, R. Iorio*, U. Poli*, P. Addonizio°, C. Gariazzo*

* ISPESL-Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente, Via Urbana 167, Roma. Tel.: 06-46202302

° ISPESL-Dipartimento Insediamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente, Via Lomonaco 3, Napoli. Tel.: 081-4110509

SOMMARIO

Nell'area partenopea si registra una significativa presenza di siti industriali soggetti al D.Lgs. 334/99 (recepimento della Direttiva 96/82 CE "Seveso II") la cui attività si sviluppa nel trattamento e deposito di sostanze pericolose.

Scopo del presente lavoro è quello di simulare una eventuale ripresa dell'attività eruttiva da parte del Vesuvio ed analizzare quali possibili scenari incidentali si possono verificare su tali impianti a seguito di un fattore scatenante esterno, come la ricaduta di materiale piroclastico. Viene quindi proposto un approccio metodologico utile per le attività di pianificazione, di gestione dei rischi e di preparazione all'emergenza da parte di gestori di impianti e di organismi preposti, nell'eventualità di un accadimento di tale evento incidentale, peraltro non dipendente da cause interne alla conduzione delle attività produttive o di stabilimento.

Nel presente lavoro i risultati, rappresentati come mappe tematiche georiferite, vengono inseriti in un GIS dedicato gestito da un simulatore. La metodologia consente di effettuare la valutazione del rischio globale industriale con riferimento alle massime potenzialità di danno degli impianti che si determinano a causa della ricaduta di materiale piroclastico proveniente dall'eventuale ripresa dell'attività vulcanica.

INTRODUZIONE

L'attività sismica e vulcanica presente lungo la fascia tirrenica peninsulare è legata agli effetti di importanti processi geodinamici di tipo distensivo dovuti all'apertura del Mar Tirreno che esercitano su scala regionale la progressiva rotazione della penisola italiana in senso antiorario. Questo meccanismo è all'origine di un sistema di fosse tettoniche (graben) che si articola lungo tutta la cintura peritirrenica con faglie coniugate che si impostano secondo due direttrici, una principale ad andamento parallelo alla catena appenninica (NW-SE) e l'altra secondaria, con strutture fragili ad andamento NE-SW. In prossimità dell'intersezione delle faglie principali, si è localmente impostata a partire dal Pliocene superiore la risalita di magmi a chimismo potassico provenienti dal mantello che hanno dato origine ai numerosi vulcani presenti, la cui attività continua fino ai giorni nostri nelle aree di vulcanismo attivo dei Campi Flegrei e del Vesuvio.

Il Somma-Vesuvio è localizzato nel settore sud-orientale del graben della Piana Campana (fig. 1); il vulcano è delimitato a nord dalla Piana stessa, a est dai primi contrafforti dell'Appennino meridionale, e a sud dalla Baia di Napoli e dal Fiume Sarno. Il Somma-Vesuvio è un vulcano composito costituito dal più vecchio strato vulcano del Somma, la cui attività terminò con lo sprofondamento della caldera sommitale, e dal più recente Vesuvio, cresciuto all'interno dell'antica caldera. L'edificio vulcanico è alto approssimativamente 1200m e presenta all'interno della caldera un cono di modeste dimensioni profondo 330m e dal diametro di circa 450m dalla forma subcircolare.

Il Vesuvio dista circa 12 Km a sud-est dal capoluogo partenopeo. E' un vulcano attivo estremamente pericoloso a causa dell'alta vulnerabilità dell'area circostante dove si registra una fra le più elevate concentrazioni al mondo di insediamenti abitativi che si sviluppano fino alle pendici del vulcano. Inoltre, la presenza nelle sue vicinanze del polo industriale di Napoli e di numerosi altri impianti e depositi di cui al D. Lgs. 334/99 [1] distribuiti in tutto il territorio circumvesuviano, rende suscettibile quest'area ad un elevato rischio industriale. In questo lavoro vengono valutati i possibili scenari incidentali che si possono verificare su tali attività industriali a seguito di un fattore scatenante esterno come la ricaduta di materiale piroclastico derivante da una eventuale ripresa dell'attività eruttiva da parte del vulcano.



Figura 1. Mappa geologica schematica della Piana campana (da [2] modificata)

Come evento di riferimento si è considerata l'eruzione subpliniana del 1631, la quale è stata individuata sulla base della passata storia eruttiva del vulcano dalla Commissione sul rischio vesuviano istituita dal Dipartimento della Protezione Civile, come il massimo evento atteso a breve e medio termine. Dei vari fenomeni connessi a una tale tipologia eruttiva, vengono considerati gli effetti sugli impianti industriali indotti dalla ricaduta di materiale piroclastico il quale, seppur non potenzialmente distruttivo come altri fenomeni connessi alla fase relativa al collasso della colonna pliniana (surges e colate piroclastiche), costituisce l'evento che determina il maggior impatto su un territorio molto vasto.

Viene inoltre proposto un approccio metodologico utile per le attività di gestione e di pianificazione dei rischi da parte di Organismi preposti e di gestori di impianti, con particolare riferimento ai piani di emergenza interni ed esterni, nell'eventualità di un evento incidentale non dipendente da cause interne allo stabilimento.

L'esperienza accumulata in questi ultimi anni nel settore da parte dell'ISPESL, attraverso studi ed applicazioni in campo, ha consentito di sperimentare la potenzialità di "simulatori" per la determinazione di aree di vulnerabilità e di rischio ottenute mediante un sistema di supporto alle decisioni in analisi spazio-temporale. L'architettura di tale sistema è in grado di integrare mediante un sistema esperto database geografici ed alfanumerici, modelli matematici e sistemi informativi geografici.

Per lo svolgimento di tale lavoro è stato impostato un GIS dedicato, costituito da *layers* cartografici vettoriali, raster ed alfanumerici relativi alle industrie situate nell'area in studio, gestito da un simulatore contenente una banca dati di modelli incidentali. Le informazioni del territorio circumvesuviano sono state ricavate da banche dati informative territoriali, integrate da informazioni provenienti da immagini satellitari.

CICLI E TIPOLOGIE ERUTTIVE DEL VESUVIO

L'inizio dell'attività vulcanica nell'area vesuviana viene datata intorno ai 0.3 Ma sulla base di analisi isotopiche condotte su campioni di lava contenuti in carote prelevate ad una profondità di 1125 m dal pozzo "Trecase 1" in prossimità del versante sud-orientale del vulcano [3].

La storia più recente del vulcano, ricostruita sulla base di dati stratigrafici, comprende gli ultimi 25.000 anni di attività e viene suddivisa in 3 periodi principali, ma l'ultimo periodo, tra il 1631 ed il 1944, è quello maggiormente conosciuto grazie a numerosi manoscritti che ci sono giunti da testimoni oculari delle eruzioni passate. L'interpretazione critica della descrizione delle fenomenologie eruttive contenute in questi documenti storici e studi stratigrafici e vulcanologici hanno permesso una ricostruzione dettagliata del comportamento del vulcano [4].

Il periodo tra il 1631 ed il 1944 viene suddiviso in più cicli eruttivi minori alternati a brevi periodi di riposo che non sono mai durati più di sette anni. Ciascun ciclo si apre e si chiude con eruzioni piuttosto violente di

natura mista (esplosive ed effusive). L'attività vulcanica all'interno di questi cicli è invece di tipo stromboliano, con emissione continua o semipersistente di prodotti lavici.

L'attuale periodo di riposo, cominciato dopo l'eruzione del 1944 è molto più lungo dei precedenti, e ciò fa ipotizzare che il vulcano sia passato in una condizione di condotto ostruito. Tale stato indica la fine dell'ultimo periodo di attività.

Ricorrendo ad una classificazione schematica, le eruzioni del Vesuvio vengono ricondotte a tre principali categorie:

- Eruzioni stromboliane di intensità relativamente modesta, caratterizzate da una attività effusiva, con formazione di colate e di fontane di lava a cui si accompagnano ricadute circoscritte di blocchi, bombe, ceneri e lapilli. Tali eruzioni hanno una frequenza e durata molto elevata. Le lave emesse durante tali eruzioni sono petrologicamente poco evolute e povere in elementi volatili; ciò suggerisce una condizione del vulcano a condotto aperto, in cui si verifica una comunicazione diretta tra la camera magmatica e la superficie. Eruzioni miste (effusive-esplosive) aprono e chiudono ciascuno di tali cicli, la cui durata non è stata mai superiore ai sette anni..
- Violente eruzioni subpliniane i cui fenomeni eruttivi più frequenti consistono nell'abbondante ricaduta di blocchi, ceneri e lapilli e nello scorrimento di flussi piroclastici e colate di fango (lahar). Esempi storici di eruzioni di questo tipo sono dati dalle eruzioni del 472 d.C. e da quella del 1631. Tali eruzioni si verificano dopo periodi di quiescenza lunghi diverse centinaia di anni, e i prodotti vulcanici sono moderatamente evoluti, caratterizzati da un indice di esplosività medio. La camera magmatica si trova a basse profondità e l'attività ha inizio quando la pressione all'interna eguaglia le resistenze offerte dal condotto ostruito.
- Catastrofiche eruzioni pliniane caratterizzate dall'emissione parossistica di grandi volumi di pomici e ceneri, comunemente accompagnata e seguita dalla messa in posto di flussi piroclastici, con associati surges e colate di fango. Un esempio storico di questo tipo di eruzione è costituito da quella del 79 d.C. L'attività vulcanica riprende dopo periodi di riposo lunghi qualche migliaia di anni e i prodotti vulcanici sono fortemente evoluti con un alto contenuto in elementi volatili.

Il Vesuvio attualmente si trova in una condizione di momentanea quiescenza. Il camino vulcanico è ostruito da residui di lava solidificata dell'ultima eruzione e da brecce laviche franate dai bordi del cratere che impediscono la risalita di nuovo magma in superficie determinandone il progressivo accumulo nella camera magmatica. Periodi di quiescenza anche molto superiori a quello attuale si sono verificati innumerevoli volte e il risveglio del vulcano è stato tanto più violento quanto più lungo il periodo di riposo.

I periodi a condotto ostruito sono caratterizzati da assenza di attività eruttiva e si concludono generalmente con grandi eruzioni pliniane o subpliniane. Durante tali periodi il magma si accumula progressivamente in una camera magmatica, e si ritiene che la durata del periodo di riposo, in queste condizioni, dipende dalla profondità alla quale essa si trova.

SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE

Con le informazioni raccolte è stato costruito un SIT dedicato procedendo per strati informativi tematici realizzati mediante digitalizzazione su base cartografica IGM con dettaglio in scala 1:25.000 rasterizzata e georeferenziata, il tutto limitato all'area di studio, costituito da un reticolo di Km 80×60 .

Il software scelto nell'elaborazione del SIT è stato Arc-View[®] GIS vers.3.1 caratteristico per la sua flessibilità e modularità. Per la costruzione della mappa delle isopache sono stati utilizzati i dati di una campagna di campionamento e misura dei prodotti dell'eruzione del 1631 condotta su numerosi affioramenti presenti sul versante orientale del vulcano e nella pianura circostante [5]. La mappa è stata ottenuta elaborando le informazioni con il programma Surfer® della Golden Software e utilizzando il metodo kriging per l'interpolazione spaziale dei valori puntuali.

Per la simulazione della distribuzione delle isopache in diverse condizioni del campo di vento è stato utilizzato il software Autocad Map[®] R3.

Per l'analisi spazio-temporale delle modificazioni antropiche e dell'uso del suolo, in particolare legati all'evoluzione degli sviluppi industriale ed urbano, sono state utilizzate immagini da satellite Landsat TM 6 acquisite in tempi diversi; sulle quali sono state effettuate operazioni di stretching, classificazioni ed impiego di tecniche di elaborazione digitale dei dati opportunamente georiferiti ai fini della sovrapposizione dei layers informativi.

Per la definizione delle aree di ricaduta dei piroclastiti e delle ceneri nell'eruzione subpliniana sono state utilizzate le cartografie ufficiali IGM in scala 1:25.000 e le carte geologiche dei fogli 183–184 e 185 opportunamente scandite e georeferenziate.

Nel SIT sono stati inoltre inseriti i dati riguardanti i reticoli dei confini comunali e provinciali in scala 1:100.000, i reticoli autostradale, stradale e ferroviario in scala 1:100.000 e il reticolo idrografico in scala 1:25.000.

Alle informazioni territoriali è stato associato un database relazionale per le industrie soggette ad obbligo di notifica di cui al D. Lgs. 334/99 ricavato dalle banche dati del Ministero dell'Ambiente, della Protezione Civile e dell' I.S.P.E.S.L. Il database contiene informazioni sulla tipologia del processo produttivo delle industrie presenti nell'area esaminata, le caratteristiche impiantistiche, la loro localizzazione cartografica, e indicazioni qualitative e quantitative delle sostanze pericolose trattate. Per le industrie soggette all'obbligo della dichiarazione nel SIT sono stati inseriti i dati relativi alla localizzazione e alla tipologia dell'attività produttiva.

La caratterizzazione anemologica del sito in studio ha compreso l'analisi e l'elaborazione di serie meteorologiche storiche (1931–1991) acquisite da 5 centraline meteorologiche campane (Grazzanise, Trevico, Napoli Capodichino, Pontecagnano, Capri e Capo Palinuro). Per la ricostruzione di un campo di vento medio "tipo" è stata condotta l'analisi dei valori medi orari riguardanti la direzione e la velocità del vento riferite alle ore sinottiche giornaliere (dati ogni tre ore).

Metodologia

I parametri meteorologici raccolti dalle centraline sono stati inseriti in un data-base costruito con Access[®]; dall'elaborazione di tali dati sono stati prodotti gli andamenti relativi alla direzione, velocità e frequenza del vento, elementi che costituiscono l'input per la simulazione.

Le isopache, costruite con il software Surfer[®] sono state inserite in una simulazione che ha permesso di individuare nelle diverse direzioni del vento, le aree di vulnerabilità e di rischio, nelle quali sono ubicate le attività industriali.

Nella figura si riporta lo schema metodologico adottato.



ATTIVITÀ INDUSTRIALI NELL'AREA VESUVIANA

Le attività industriali a rischio di incidente rilevante sono attualmente soggette al D. Lgs. 334/99 (Seveso II), che recepisce la Direttiva 96/82/CE, relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose. Esse sono classificate in base alla quantità, pericolosità e presenza reale o prevista delle sostanze riportate nell'allegato I al citato decreto.

Dai dati a nostra disposizione le attività industriali soggette agli articoli 6 e 7 del citato D.Lgs. 334/99 nell'area vesuviana sono complessivamente 36, la maggior parte delle quali sono depositi di imbottigliamento GPL e alcuni impianti chimici e distillerie. Le attività industriali soggette all'art. 4 (notifica) del D.P.R. 175/88 o art. 8 del D.Lgs. 334/99 nell'area oggetto di studio, sono 11 e sono per lo più depositi di imbottigliamento di GPL.

Informazioni dettagliate su tali impianti sono contenute nei rapporti di sicurezza. Da alcune informazioni sul layout degli impianti, è stato possibile condurre uno studio sulla distribuzione degli elementi a rischio dell'impianto e, in particolare, delle aree e strutture maggiormente esposte ad una eventuale ricaduta di piroclastiti. Nella fig. 2 è riportata la distribuzione delle superfici degli impianti e depositi distinti come superficie coperta, superficie scoperta e, per i depositi, la superficie occupata dai serbatoi fuori terra. E' stata assunta come superficie scoperta dello stabilimento quella parte di superficie occupata da strade di accesso e parcheggi, e come superficie coperta, quella occupata dagli edifici, dagli elementi impiantistici, stazioni di travaso, carico/scarico, pipe–rack, pipe–line all'aperto ecc.

Per quanto riguarda i depositi, si è posta l'attenzione alle varie tipologie impiegate: infatti sono presenti serbatoi fuori terra, considerati come superficie scoperta, serbatoi interrati alla profondità di circa 1 metro dal piano campagna, e serbatoi tumulati cioè ricoperti da uno strato di inerti dello spessore di circa 75 cm considerati come superficie coperta. E' risultato che i serbatoi interrati o tumulati sono ubicati per lo più nei depositi soggetti all'obbligo di notifica; nei depositi soggetti all'obbligo della dichiarazione invece prevalgono i serbatoi fuori terra.





EFFETTI DELLA RICADUTA DI MATERIALE PIROCLASTICO SUGLI IMPIANTI

Un'attività industriale localizzata in un'area a rischio vulcanico può subire varie tipologie incidentali, le quali sono indotte sia dall'effetto diretto che indiretto della ricaduta dei proietti vulcanici. Si possono innescare incendi per l'impatto dei blocchi di maggiori dimensioni su parti dell'impianto; il progressivo accumulo delle particelle più fini e fredde può provocare sulle superfici coperte danni e cedimenti strutturali causati dal notevole carico a cui vengono sottoposte le strutture e le apparecchiature dell'impianto; inoltre l'infiltrazione delle ceneri nei componenti "sensibili" di un impianto può provocare gravi danni al sistema della gestione della sicurezza e dell'emergenza. Nel presente lavoro si è fatto riferimento solo a due tipologie di incidenti, quella dovuta all'innesco di incendi per la ricaduta di blocchi di maggiori dimensioni, e quella causata dal progressivo accumulo di ceneri vulcaniche sulle superfici coperte di un impianto.

I potenziali scenari incidentali che si verificano in una determinata attività industriale risultano quindi essere strettamente legati alla distanza dell'impianto dal centro di emissione. Nel caso di una ripresa dell'attività del Vesuvio, un'eruzione vulcanica di tipo esplosivo determina sui prodotti piroclastici una modalità di trasporto e di deposizione che è strettamente legata alle dimensioni dei prodotti vulcanici emessi.

Effetti causati dalla ricaduta di blocchi incandescenti

In un'eruzione vulcanica i frammenti di maggiori dimensioni come bombe e scorie vulcaniche ricoprono un tragitto che è influenzato principalmente dal grado di esplosività dell'eruzione e dalla forza di gravità. Il materiale, lanciato dal cratere secondo traiettorie balistiche, ricade al suolo dopo aver coperto distanze che possono raggiungere anche i 5 km dal centro di emissione. Il breve tempo impiegato nel percorrere il tragitto e le dimensioni di questi prodotti consentono al materiale vulcanico di conservare temperature molto elevate e rappresentano un grave pericolo per l'innesco di incendi sulle aree e negli edifici investiti dal fenomeno. In termini di sicurezza si propone quindi di considerare escluse dal fenomeno le aree aventi un raggio superiore ai 7 km.

Nell'area vesuviana gli impianti industriali sono tutti situati al di fuori dell'area di 5 km di raggio influenzata dalla ricaduta balistica dei prodotti piroclastici di maggiori dimensioni (fig. 3). Nell'ipotesi proposta, invece, risultano compresi nell'area di influenza di ricaduta dei blocchi incandescenti n. 5 impianti, depositi di GPL localizzati nei territori comunali di Torre del Greco, Boscotrecase, Terzigno Ottaviano e Sant'Anastasia,. Il rischio di incendi indotti da questa tipologia incidentale per tali impianti può essere quindi definita di "guardia".



Figura 3: Area di potenziale impatto di blocchi incandescenti

Effetti causati dalla ricaduta di ceneri e lapilli

A differenza dei prodotti di maggiori dimensioni, le frazioni più piccole del materiale piroclastico come le ceneri e i lapilli, durante l'eruzione vengono sospinti dalla colonna pliniana fino a quote di 15–20 km di altezza e permangono a lungo negli strati alti dell'atmosfera. La loro deposizione è condizionata quindi dal regime e dall'intensità del campo di vento presente nell'area durante l'eruzione; per tali caratteristiche le ceneri vulcaniche possono percorrere lunghe distanze e investire un territorio molto vasto. Cronache del tempo riportano che durante l'eruzione del Vesuvio del 1631, un sottile velo di ceneri finissime cominciò a cadere sulla città di Costantinopoli a circa 1250 km dal cratere, 24h dopo l'inizio dell'evento eruttivo [4]

La ricaduta di qualche decimetro di materiale piroclastico determina uno scenario in cui nell'area investita dal fenomeno risultano inutilizzabili le linee di comunicazione, l'approvvigionamento di acqua dalle reti idriche e le strade di accesso ai mezzi di soccorso. Inoltre il progressivo accumulo della pioggia di ceneri determina carichi limite sugli edifici e sulle superfici coperte degli impianti industriali.

Nel presente lavoro la determinazione dei carichi litostatici è stata eseguita utilizzando i principali parametri fisici delle varie classi granulometriche di piroclastiti campionate nell'area vesuviana, riportati nella tabella 1 (da [6] modificata).

Diametri delle	Passante	Peso specifico dei	Porosità
particelle Ø(mm	(%)	granuli Gs (g/cm ³)	n (%)
16	93	2,48	75
8	78	2,52	74
4	39	2,55	73
2	22	2,58	71
0.85	13	2,62	70

Tabella 1. Parametri fisico-volumetrici di pomici vesuviane.

Per il peso specifico dei granuli si è fatto riferimento a un valore medio dell'insieme degli elementi Gs di circa 2,51 g/cm³ e si è assunta una porosità media delle pomici del 74%. Per quantificare il peso dell'unità di volume γ_{nat} del materiale vulcanico è stata utilizzata l'equazione:

 $\gamma_{nat} = [Gs - n (Gs - 1)] \gamma_W (1)$

dove γ_W è il peso specifico unitario dell'acqua.

Il peso del materiale in condizioni naturali è risultato di circa 1,35 g /cm³. Per l'applicazione della (1) sono stati considerati gli spazi intergranulari del deposito in condizioni di saturazione completa sia per l'alta capacità di ritenzione dell'acqua da parte delle ceneri, sia perché durante l'attività eruttiva si accompagnano sempre intense precipitazioni a causa della condensazione del vapore d'acqua emesso dal vulcano.

Con questo parametro sono stati infine calcolati i carichi complessivi sulle strutture sottoposte a un accumulo di materiale piroclastico di 20 e 40 cm, risultanti rispettivamente a circa 270 Kg/m² e 540 Kg/m².

La mappa delle isopache relativa alla distribuzione delle piroclastiti dell'eruzione del 1631 (figura. 4) indica che la dispersione e la ricaduta dei prodotti piroclastici è stata condizionata da venti di alta quota e ha investito un'area complessiva di circa 200 km². Lo spessore massimo (110 cm) è stato rinvenuto in un affioramento localizzato sul ciglio della caldera del Somma, in prossimità della bocca eruttiva. Lungo l'asse di dispersione, ad una distanza di circa 3,5 km dal cratere, i prodotti vulcanici presentano uno spessore di circa 60 cm., mentre spessori di 5 cm di materiale cineritico si sono deposti fino a una distanza di 26 km dal vent. I valori degli spessori delle piroclastiti rappresentati nella mappa delle isopache sono da considerare tuttavia fortemente sottostimati poiché una parte non quantificabile, ma certamente non marginale, è stata sottoposta nel tempo a processi erosivi e/o di pedogenizzazione. I carichi esercitati sulle strutture e il rischio di incidenti indotti interessano quindi un'area molto più vasta rispetto a quella individuata dalle informazioni stratigrafiche attualmente disponibili.

Il campo di vento ricavato dai dati storici delle centraline meteorologiche campane indica che i venti spirano prevalentemente da sud sud-ovest durante le ore diurne (ore sinottiche 9-12-15) e da nord-ovest durante la notte (ore sinottiche 21-24-03). I periodi di transizione del campo di vento si registrano alle ore 06 e alle ore 18. Va considerato tuttavia che le ceneri vulcaniche emesse durante un'eruzione di tipo esplosivo

Fig. 4: Mappa delle isopache- Eruzione subpliniana del 1631. Direzione del vento: W. Ora sinottica: 18



Fig. 5: Mappa delle isopache – Scenario di eruzione subpliniana Direzione del vento: N-NW. Ore sinottiche: 21-24-03.

Fig. 6: Mappa delle isopache – Scenario di eruzione subpliniana Direzione del vento: N. Ora sinottica: 06.



Fig. 7: Mappa delle isopache – Scenario di eruzione subpliniana Direzione del vento: S-SW. Ore sinottiche: 09-12-15.

raggiungono in un periodo di 2–4 ore gli strati alti dell'atmosfera (fino a 25 km di altezza) dove il regime dei venti ad alta quota è caratterizzato da forti e persistenti venti occidentali.

Nell'area vesuviana gli impianti a notifica sono localizzati prevalentemente nel polo industriale, situato nella periferia orientale di Napoli. Dalla ricostruzione dell'andamento nell'area campo di vento medio si deduce che questi impianti difficilmente vengono investiti dalla ricaduta di materiale piroclastico. Le frequenze dei venti che spirano dalle direzioni est e sud-est verso il polo industriale sono molto basse per cui quest'area, sebbene caratterizzata da un elevato grado di vulnerabilità potenziale, risulta a basso rischio per la tipologia incidentale considerata.

Le aree ad alto rischio, individuate dall'analisi del campo di vento e dalla presenza di numerosi affioramenti piroclastici di eruzioni passate, comprende un ampio settore del territorio circumvesuviano che si estende dai comuni situati a nord-ovest dal vulcano fino alla penisola sorrentina a sud. In quest'area sono situate alcune attività industriali costituite da depositi di GPL soggette all'obbligo di dichiarazione. Le figure 5, 6 e 7 mostrano la potenziale area di ricaduta di ceneri e lapilli individuata dall'analisi del campo di vento alle varie ore sinottiche giornaliere, nello scenario che si verifichi un'eruzione subpliniana dalle caratteristiche di magnitudo e di intensità simili a quella che si è verificata nel 1631. Alcuni impianti possono essere investiti da una persistente ricaduta di materiale piroclastico a prescindere dall'ora considerata, in quanto la loro posizione li rende vulnerabili al fenomeno in qualsiasi ora sinottica.

La figura 7 mostra l'estensione delle aree di influenza potenziale della ricaduta di 40 e 20 cm di piroclastiti sul territorio circumvesuviano nello scenario in cui durante l'eruzione le condizioni del regime dei venti siano differenti dai valori medi individuati. Tali spessori, corrispondenti a carichi sulle strutture di 540 e 270 kg/m², si distribuiscono rispettivamente fino a distanze di 11 e 17 km dal vent. In particolare, l'area di impatto potenziale più distante dal cratere, in cui i carichi hanno valori compresi tra i 270 e i 540 kg/m², include un territorio di 2.110 km² su cui sono situati n° 2 impianti di tipo A (a notifica) e n° 6 impianti di tipo B (a dichiarazione), mentre nell'area interna di 1.520 km², dove i carichi esercitati sono superiori ai 540 kg/m², sono situati n. 6 impianti di tipo A e n. 11 di tipo B.

Tali valori, in particolare per le aree soggette a una ricaduta maggiore di 40 cm di ceneri sono superiori ai carichi previsti dalla normativa vigente [7]; questo comporta una riduzione del coefficiente di sicurezza previsto in fase di progettazione e, in casi limite, possono costituire dei carichi di collasso per le strutture.

In particolare, l'effetto di questi carichi sui serbatoi di GPL è strettamente legato alla geometria del deposito e alla modalità con cui le sostanze sono immagazzinate. Serbatoi sferici non vengono danneggiati dall'accumulo del materiale vulcanico, poiché le ceneri tendono progressivamente a scivolare dal deposito. Gli effetti sono inoltre trascurabili per i serbatoi interrati e tumulati, mentre per quelli fuori terra a geometria non sferica, deve essere considerato il rischio di rotture o cedimenti con conseguenze di incidenti rilevanti come incendi, esplosioni o fuoriuscita di sostanze pericolose difficilmente controllabili durante l'emergenza nello scenario ipotizzato.

Conclusioni

I due potenziali scenari incidentali ipotizzati, la caduta balistica di materiale piroclastico e la ricaduta di ceneri vulcaniche, possono interessare gli impianti situati nell'area vesuviana con riferimento alla variabilità delle condizioni meteorologiche e delle situazioni legate ai tempi e modalità di svolgimento della ripresa dell'attività del Vesuvio.

Le due simulazioni consentono di prevedere situazioni riferite a differenti valori di soglia. In particolare per il primo scenario si sono raffigurate due ipotesi aventi come valore d'impatto le distanze di 5 km e di 7 km dal centro di emissione dei blocchi piroclastici (Fig. 3). Nel primo settore non risulta ubicato alcun impianto, mentre nel secondo n°5 impianti di tipo B (con obbligo di dichiarazione) risultano soggetti ad eventuale ricaduta di proiettili incandescenti.

Nel secondo scenario, le aree soggette a una ricaduta di ceneri di 40 cm e 20 cm (corrispondenti a carichi di 540 Kg/m² e di 270 Kg/m²) si estendono per distanze di 11 Km e 17 Km dal centro del cratere (Fig. 7). Nelle due aree di riferimento entro gli 11 km ricadono n° 6 impianti di tipo A (con obbligo di notifica) e n° 11 di tipo B, mentre tra gli 11 e 17 Km ricadono n° 2 impianti di tipo A e n° 6 di tipo B.

Dall'analisi riportata sulla distribuzione della superficie degli impianti (Fig. 2) risulta che il 72 % è costituita da superficie scoperta ove i serbatoi e le strutture fuori terra ne occupano il 17%, per cui risulterebbe opportuno che i gestori degli impianti e le Autorità competenti tengano conto anche dell'ipotesi di ripresa dell'attività vulcanica del Vesuvio per la sicurezza strutturale degli impianti e per la sicurezza e salute dei lavoratori e della popolazione rientranti nelle aree di impatto dei due scenari.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Servizio I.A.R. del Ministero dell'Ambiente per l'accesso alle informazioni. Si ringraziano il dott. G. d'Errico e il geom. F .Schioppa del Centro Sismico della Regione Campania per il contributo fornito per l'analisi meteo.

ABBREVIAZIONI

- γ_{nat} peso specifico del terreno.
- γ_W peso specifico dell'acqua.
- n porosità.
- Gs peso specifico dei granuli.

BIBLIOGRAFIA

[1] Decreto Legislativo 17 agosto 1999, n. 334, Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 28 settembre 1999, N. 117/L.

[2] F. Ippolito, F. Ortolani, M.Russo, Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano: reinterpretazione di dati da antiche ricerche di idrocarburi, Mem. Soc. Geol. It., Vol. 12, pp. 227 – 250 (1973).

[3] A. Bernasconi, P. Bruni, L. Gorla, C. Principe, A. Sbrana, Risultati preliminari dell'esplorazione geotermica profonda nell'area vulcanica del Somma–Vesuvio, Rend. Soc. Geol. It., Vol.4, pp. 237 – 250 (1981).

[4] R. Santacroce, Somma–Vesuvius, Progetto finalizzato "Geodinamica" n°114, Vol. 8, Quad. "La ricerca scientifica" pp. 53-67 (1987).

[5] M. Rosi, C. Principe, R. Vecci, The 1631 Vesuvius eruption. A reconstruction based on historical and stratigraphical data, Journ. of Volc. and Geoth. Res., Vol. 58, pp. 151-182 (1993).

[6] P. Celico, F.M. Guadagno, L'instabilità delle coltri piroclastiche delle dorsali carbonatiche in Campania: attuali conoscenze. Quaderni di Geologia Applicata, Vol. 5, pp. 75-133 (1998).

[7] Decreto Ministeriale LL.PP. 16 gennaio 1996, "Norme tecniche relative ai criteri per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi", suppl. ord. alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 5 febbraio 1996.