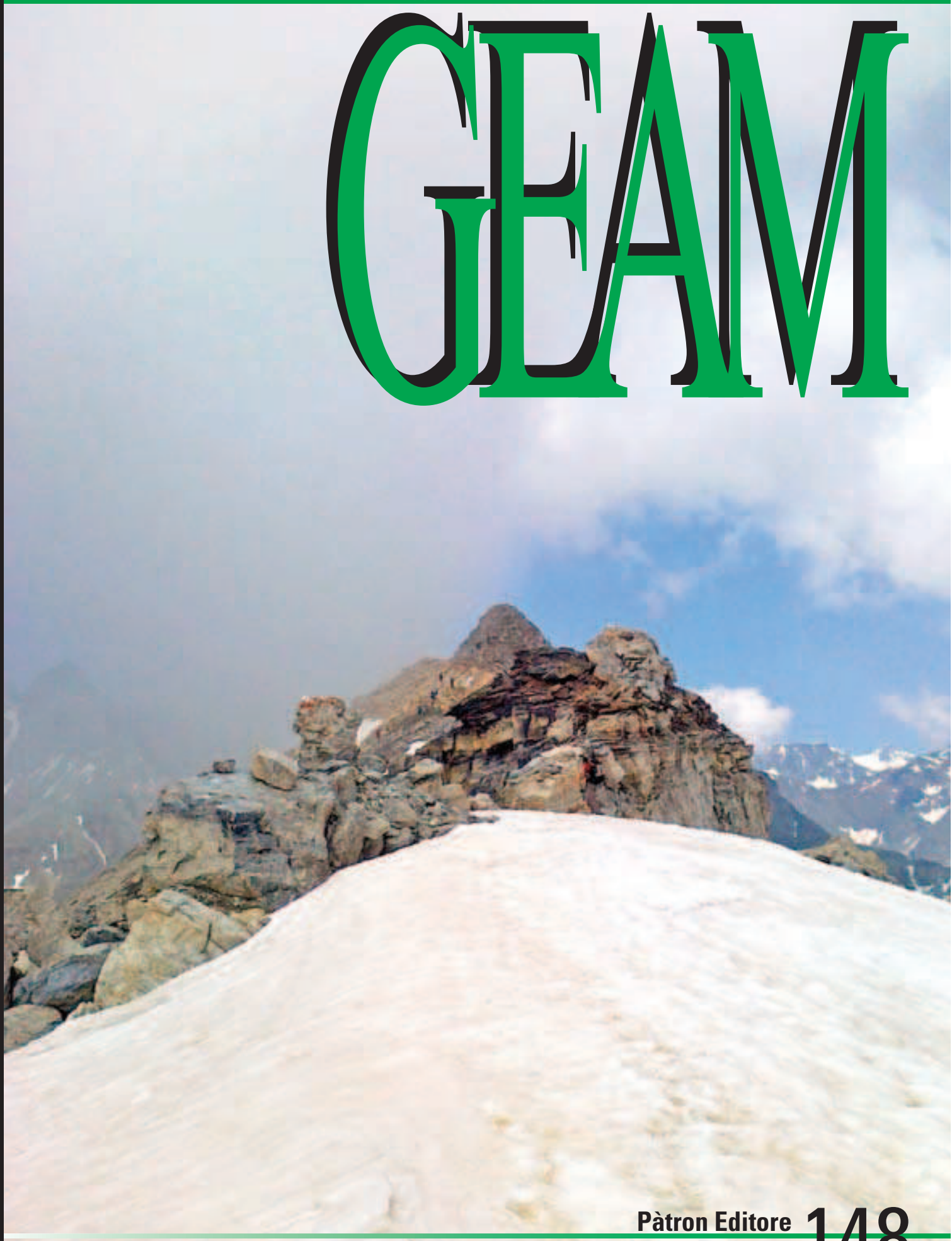
ISSN 1121-9041

Geoingegneria Ambientale e Mineraria

Geoengineering Environment and Mining

GEAM



GEAM - Anno LIII - n. 2 maggio-agosto 2016 - Quadrimestrale - Poste Italiane S.p.A. Sped. in Abb. Postale DL 353/2003 (conv. in Legge 27/02/2004 n. 46 Art. 1, Comma 1) - CN/BO
Pàtron Editore s.r.l. - Via Badini, 12 - Quarto Inferiore - 40057 Granarolo dell'Emilia (Bo)

Pàtron Editore 148

Rivista della **ASSOCIAZIONE GEORISORSE E AMBIENTE**

GEAM

ASSOCIAZIONE GEORISORSE E AMBIENTE

Visita il nostro nuovo sito web: www.geam.org

GEAM – Geoingegneria Ambientale e Mineraria
Rivista dell'Associazione Georisorse e Ambiente
Anno LIII, n. 2, agosto 2016 (148)

Direzione e redazione
Associazione Georisorse e Ambiente
c/o DIATI – Dip. Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio, e delle Infrastrutture - Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino
Tel.: 011 0907681 – Fax: 011 0907689
e-mail: geam@polito.it – www.geam.org

Direttore Responsabile
Daniele Peila

Vice Direttore
Daniele Martinelli

Comitato di Redazione
Gian Andrea Blengini - Politecnico di Torino; **Marta Bottero** - Politecnico di Torino; **Claudia Chiappino** - SET s.r.l., Torino; **Paolo Dabove** - Politecnico di Torino; **Marina De Maio** - Politecnico di Torino; **Cristina Gabriela Oñate Salazar** - Politecnico di Torino; **Pietro Salizzoni** - Ecole Centrale de Lyon; **Carmine Todaro** - Politecnico di Torino; **Laura Turconi** - CNR - IRPI di Torino.

Gestione editoriale affidata a:
Pàtron Editore – Via Badini, 12 – 40057 Quarto Inferiore – Granarolo dell'Emilia – Bologna
Tel. 051 767003 - Fax 051 768252

Singoli fascicoli: € 39,00 Italia – € 49,00 Estero
PDF articoli: € 14,00.

Per ordinare:
www.patroneditore.com
abbonamenti@patroneditore.com

Modalità di pagamento:
Versamento anticipato adottando una delle seguenti soluzioni:
- c.c.p. n. 000016141400 intestato a Pàtron editore – via Badini 12 – Quarto Inferiore – 40057 Granarolo dell'Emilia – Bologna – Italia
- bonifico bancario a CARISBO – Agenzia 68 – Via Pertini 8 – Quarto Inferiore – 40057 Granarolo dell'Emilia – Bologna – Italia – BIC IBSPIT2B; IBAN IT 03 M206385 36850 07400000782T
- carta di credito o carta prepagata a mezzo PAYPAL www.paypal.it specificando l'indirizzo e-mail: amministrazione@patroneditore.com nel modulo di compilazione per l'invio della conferma di pagamento all'Editore.

Per ricevere la rivista in abbonamento contattare:
Associazione Georisorse e Ambiente
Tel. 011/0907681 – geam@polito.it

I fascicoli cartacei, se non pervenuti, possono essere richiesti all'Editore.
Tel. 051/767003 – abbonamenti@patroneditore.com

Pubblicità
advertising@patroneditore.com

Grafica e impaginazione
Exegi Snc - Bologna

Stampa
Tipografia LI.PE. Litografia Persicetana - San Giovanni in Persiceto, Bologna, ottobre 2016

Riconosciuta dal C.N.R. quale rivista nazionale del settore Geo-Minerario, viene pubblicata sotto gli auspici del CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
Anagrafe Naz. Ricerche 518915NF – ISSN 1121 - 9041
Autorizzazione del Tribunale di Torino, n. 1682 del 20-11-1964

SOMMARIO

Ambiente
Environment

5 M. Bottero, I. Baudino, P. Antonelli

Valutazioni strategiche ed Analisi Multicriteri: un applicazione del metodo PROMETHEE per l'analisi di scenari di rigenerazione urbana

17 P. Dabove, A.M. Manzino

Accurate Real-time GNSS positioning assisted by tablets: an innovative method for positioning and mapping

Sicurezza sul lavoro
Occupational Safety and Health

23 P. Bisio, P. Fargione, L. Maida

The measuring processes and equipment setup in System Quality and Occupational Safety & Health Risk Assessment

Lavoro inerente la rubrica "Tips on Occupational Safety and Health"

33 R. Borchiellini, P. Fargione, L. Maida, M. Patrucco, P. Piantanida, E. Pira

Forensic Investigation techniques contribution in the Occupational Safety & Health Risk Assessment and Management

Lavoro inerente la rubrica "Tips on Occupational Safety and Health"

Geoingegneria e attività estrattiva
Georesources and Mining

43 M. Lavy, G. Amanzio, R. Ghione, S. Crepaldi, M. De Maio

Analisi delle colate detritiche mediante un modello geomorfometrico su base GIS. Il caso studio del Monte Zerbion (NE Valle d'Aosta)

53 S. Miliziano, A. de Lillis, D. Sebastiani

Approccio integrato alla gestione delle terre e delle rocce da scavo per il buon uso del territorio e per la prevenzione dei dissesti

61 D. Peila, D. Martinelli, A. Luciani

Uso delle gallerie per la stabilizzazione di versanti in frana

Le fotocopie per uso personale possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun fascicolo dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.
Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere realizzate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org

SOMMARIO

Note Tecniche

67 C.G. Oñate Salazar, D. Martinelli, C. Todaro, A. Luciani, A. Boscaro, D. Peila

Preliminary study of wear induced by granular soil on metallic parts of EPB tunnelling machines

Le rubriche di GEAM

71 ***Sicurezza e Salute sul Lavoro***
R. Moliterni, D. Labagnara, M. Patrucco

Annotazioni di Sicurezza e Salute sul Lavoro – OS&H

75 ***Energia e Ambiente***
R. Varvelli

Referendum NOTRIV: 3 tesi non dimostrate

76 ***Ricordo***

77 **Atti dell'Associazione**

In copertina:
Cima bianca – Torgnon (AO)

Foto:
Daniele Peila

Comitato Scientifico GEAM
Scientific Committee

Presidente/*Chairman*
Vanni Badino – Politecnico di Torino

George Anagnostou ETH – Swiss Federal Institute of Technology, Zurich (Switzerland)
André Assis Brasilia University (Brazil)
Guido Badino Università di Torino
Monica Barbero Politecnico di Torino
Giovanni Pietro Beretta Università di Milano
Paolo Berry
Nuh Bilgin Istanbul Technical University (Turkey)
Lorenzo Brino TELT, Torino
Marilena Cardu Politecnico di Torino
Bernardino Chiaia Politecnico di Torino
Raffaello Cossu Università di Padova
Masantonio Cravero
Riccardo Crivellari Rappresentante Ordine Ingegneri della Provincia di Torino
Valerio De Biagi Politecnico di Torino
Marina De Maio Politecnico di Torino
Anna Maria Ferrero Università di Torino
Mauro Fornaro
Gian Paolo Giani
Massimo Guarascio Università di Roma "Sapienza"
Pietro Jarre Global studio TCA
Vincent Labiouse Ecole Polytechnique Federal de Lausanne (Switzerland)
Annalisa Lantermo ASL TO1
Jakob Likar Lubiana University (Slovenia)
Andrea Lingua Politecnico di Torino
Stefano Lo Russo Politecnico di Torino
Francesco Luda di Cortemiglia
Fabio Luino IRPI - RUOS - Torino CNR
Paul G. Marinos National Technical University of Athens (Greece)
Daniele Martinelli Politecnico di Torino
Mario Patrucco Politecnico di Torino
Sebastiano Pelizza Politecnico di Torino
Mario Pinzari Università Roma 3
Enrico Pira Università di Torino
Marina Pirulli Politecnico di Torino
Raymond Sterling (USA)
Bartolomeo Vigna Politecnico di Torino
Mariachiara Zanetti Politecnico di Torino
Shu Lin Xu Geodata S.p.A. – Torino

GEAM
ASSOCIAZIONE GEORISORSE E AMBIENTE

Iniziative GEAM settembre – dicembre 2016

Corso di aggiornamento
Software specialistico uso ed abuso. Riflessioni, esperienze, raccomandazioni
Torino, 30 settembre 2016

II[a] edizione Corso di aggiornamento
Monitoraggi delle opere di geoingegneria anche in rapporto al collaudo strutturale
Torino, 6 e 7 ottobre 2016

in occasione di GEOFLUID 2016
Seminario
La protezione delle risorse idriche sotterranee: dalla scala locale a quella regionale
Piacenza, 7 ottobre 2016

IX[a] edizione del Corso di aggiornamento
La gestione industriale del contenzioso
Torino, 3-4 e 10-11 novembre 2016

Corso di aggiornamento
Valutazione, bonifica e recupero di siti industriali dismessi e siti contaminati
Torino, 7-14 e 21 novembre 2016

Giornata di aggiornamento
Sostenibilità delle infrastrutture. Progetto, costruzione, manutenzione
Torino, 18 novembre 2016

In occasione di Santa Barbara
Conferenza del *Prof. Gaetano Ranieri*
Giornata di celebrazione dell'ingegneria
Torino, 2 dicembre 2016

Corso su
Traffico urbano, simulazione di inquinamento atmosferico
Torino, dicembre 2016

CREDITI FORMATIVI per Geologi e Ingegneri

Per informazioni: ***www.geam.org*** ***geam@polito.it***

Valutazioni strategiche e Analisi Multicriteri: un'applicazione del metodo PROMETHEE per l'analisi di scenari di rigenerazione urbana

Marta Bottero*
Ilaria Baudino**
Paolo Antonelli***

* Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del territorio
** Politecnico di Torino
*** Politecnico di Torino, Dipartimento di Architettura e Design

Il paper illustra un'applicazione dell'Analisi Multicriteri per la definizione di un progetto di trasformazione territoriale, il cui obiettivo è la rigenerazione urbana di un borgo sull'isola di Gran Canaria (Spagna).
A partire da un'illustrazione del contesto in cui si inserisce l'intervento, l'articolo descrive il processo di definizione morfologica di tre scenari alternativi per l'area in esame, i quali vengono successivamente analizzati e classificati attraverso l'utilizzo del metodo Multicriteriale denominato PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Questo metodo permette di ottenere un ranking finale, che si basa sulle prestazioni dei tre scenari in relazione a determinati criteri, includendo nell'analisi il punto di vista dei diversi esperti intervistati. Per rendere la valutazione completa e utile dal punto di vista progettuale è stato utilizzato lo strumento GAIA plane, di tipo descrittivo, capace di individuare i punti di forza e di debolezza delle soluzioni progettuali proposte, attraverso la visualizzazione grafica del comportamento reciproco tra i criteri e le preferenze espresse. In questo senso il procedimento utilizzato, oltre a costituire una base per la comparazione tra ipotesi alternative, si configura come uno strumento di progettazione vero e proprio.
***Parole chiave**: trasformazioni territoriali, scenario building, processo decisionale, Analisi Multicriteri, pesatura dei criteri, valutazione strategica.*

Strategic Assessment and Multicriteria Analysis: an application of the PROMETHEE method for the analysis of urban regeneration scenarios. *The paper discusses an application of Multicriteria Analysis for the definition of a territorial transformation project, whose objective is the urban regeneration of a village on the island of Gran Canaria (Spain).*
Starting from a description of the context where the analysis is located, the article describes the morphological definition of three alternative scenarios for the studied area, which are then analyzed and classified through the use of the Multicriteria method named PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). This method allows to obtain a final ranking, which is based both on the performance of the three scenarios in relation to specified criteria, and on the point of view of the involved experts. To make the evaluation complete and useful from a design point of view, the GAIA plane tool was used; this tool was able to identify the strengths and weaknesses of the design solutions proposed, through the graphical representation of mutual dynamics between the criteria and expressed preferences. In this sense the method, in addition of being a basis to compare the alternative scenarios, takes the form of an effective design tool.
***Keywords**: territorial transformation, scenario building, decision-making process, Multicriteria Analysis, criteria weighting, strategic evaluation.*

1. Introduzione

Nell'ambito delle trasformazioni territoriali è fondamentale innanzitutto capire il contesto nel quale si opera per focalizzare l'attenzione sulle questioni più rilevanti e arrivare così alla formulazione del problema e alla scelta delle azioni di intervento più efficaci.

Nel caso specifico il tema affrontato è la rigenerazione urbana, intesa come occasione per intervenire in un tessuto consolidato, ripensando le funzioni del territorio a partire dal capitale fisso territoriale. Si tratta di una questione centrale quando si parla della città contemporanea, in cui il susseguirsi nel tempo di condizioni diverse ha determinato la stratificazione dei materiali e paesaggi oggi presenti, in parte emarginati o dimenticati. È a partire dal potenziale di questi elementi che si può immaginare la rigenerazione di un tessuto urbano, operazione che implica necessariamente un cambiamento che coinvolge non solo il territorio ma anche il sistema di persone e valori che lo abitano (Antonelli *et al.*, 2012).

Per giungere alla redazione di un progetto di trasformazione occorre quindi tenere in considerazione una molteplicità di aspetti e cercare di andare incontro alle esigenze di attori con obiettivi diversi e spesso contrastanti (Bottero *et al.*, 2008). Per definire delle strategie efficaci, una possibile soluzione è ricorrere a Modelli decisionali (Simon, 1960), definiti come costrutti analitici che guidano i decisori, offrendo loro alcuni strumenti in grado di razionalizzare i punti chiave e gli obiettivi del problema (Keeney e Raiffa, 1976).

L'applicazione discussa nel presente articolo si concentra sul Puertillo, un piccolo borgo situato sulla costa Nord dell'isola di Gran Canaria (Spagna). L'approccio utilizzato è quello della prefigurazione morfologica di scenari alternativi che

consiste nel delineare alcune ipotesi progettuali per l'area considerata, ognuna delle quali prende forma e si sviluppa a partire da un focus diverso rispetto al problema.

Una parte fondamentale del lavoro svolto fa riferimento alla comparazione delle ipotesi alternative di intervento attraverso l'utilizzo dell'Analisi Multicriteri (AMC, Belton e Stewart, 2002; Figueira *et al.* 2005). Tali analisi hanno permesso di introdurre nella valutazione dei processi di pianificazione territoriale una molteplicità di aspetti anche di carattere non economico, sia qualitativi che quantitativi, facendo emergere i diversi punti di vista degli attori coinvolti. Questi metodi si adattano ad uno sviluppo urbano sostenibile (Munda, 2005; Bottero *et al.*, 2009; Ferretti, 2012; Cinelli, 2014) in cui gli ambiti economico, sociale, istituzionale e ambientale si intrecciano continuamente generando un sistema complesso che non può essere risolto semplicemente con una soluzione tecnica, ma che al contrario implica l'inserimento nel processo di osservazioni empiriche e di elementi basati su valori sociali (Roscelli, 2014; Bottero, 2015) L'approccio generale dei metodi multicriteri è quello di utilizzare le informazioni note (*factual elements*) insieme ai giudizi espressi dal decisore (*value elements*) per determinare una soluzione di compromesso (*best compromise solution/decision*), e aiutare il decisore a selezionare l'alternativa maggiormente coerente con la sua struttura di preferenza (Roy e Bouyssou, 1993).

Il lavoro di valutazione illustrato nel presente articolo è stato strutturato in una prima parte di analisi sia del territorio, sia dei possibili attori implicati (Dente, 2011; Dente 2014). A partire da questo quadro generale sono stati poi individuati gli obiettivi principali della trasformazione e alcuni elementi morfologici invarianti, che strutturano il telaio insediativo sul quale si sono successivamente sviluppati i tre scenari progettuali alternativi. Lo step successivo del lavoro è focalizzato sulla valutazione dello scenario migliore; è a tale proposito che è stato applicato il metodo multicriteriale denominato PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), con il supporto di GAIA plane come strumento descrittivo di visualizzazione.

2. Metodologia

Il metodo PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) è uno tra le più recenti tecniche di AMC e appartiene alla famiglia di metodi *outranking* (Roy e Bouyssou, 1993). Tali metodi impiegano un sistema basato sulla costruzione di relazioni binarie tra coppie di elementi. I primi ad essere sviluppati sono stati i metodi ELECTRE (ELimination Et Choix Tradusiant la REalitè), a cura di Bernard Roy nel 1965, mentre tra i più recenti troviamo la tecnica PROMETHEE, elaborata da Brans (1982) e successivamente estesa da Vincke e Brans (1985). La logica di base dei metodi *outranking* consiste nella cosiddetta relazione di surclassamento (i metodi infatti vengono anche denominati "metodi di surclassamento"). Consideriamo la coppia di alternative (a, b). Si definisce la relazione binaria di surclassamento S tra a e b (aSb) se e solo se è possibile affermare che "a è almeno tanto buona quanto b".

L'applicazione del metodo PROMETHEE (Brans *et al.*, 1984; Brans *et al.*, 1986) come metodo a supporto del processo decisionale è molto vasta, tanto che gli articoli fin'ora pubblicati sono stati classificati in nove aree tematiche (Behzadian *et al.* 2010): gestione ambientale, idrologia e gestione delle acque, business e gestione finanziaria, chimica, logistica e gestione dei trasporti, produzione e assemblaggio, gestione dell'energia, scienze sociali e altri settori. Occorre mettere in evidenza che le applicazioni della tecnica PROMETHEE nel campo delle trasformazioni urbane e territoriali sono al momento molto limitate.

Dal punto di vista metodologico, l'applicazione completa del metodo PROMETHEE può essere riassunta in 5 passaggi (Mareshal 2008):

Step 1: Stabilire la matrice di impatto

In questa matrice si inserisce, per ogni alternativa, la sua prestazione in riferimento ad ogni criterio considerato per la valutazione, ottenendo un confronto diretto

Step 2: Applicare le funzioni di preferenza $P(a,b)$ rappresentate dalle equazioni (1) e (2):

$$a \, P \, b \text{ se } f(a) > f(b) \qquad (1)$$

$$a \, I \, b \text{ se } f(a) = f(b) \qquad (2)$$

in cui a e b sono due alternative, P indica una preferenza, I indica un'indifferenza tra le alternative. Le funzioni si definiscono nell'intervallo tra 0 e 1 e devono essere specificate per ciascun criterio. Più il valore della funzione è vicino a 0, maggiore sarà l'indifferenza del decisore, più è vicino a 1, maggiore sarà la sua preferenza.

Sono state teorizzate sei tipologie di funzioni di preferenza generiche (Vincke e Brans, 1985). Le funzioni di preferenza prevedono anche l'utilizzo delle soglie di indifferenza e preferenza proprie dei metodi outranking. In particolare, quando la differenza tra le performance delle due alternative è inferiore alla soglia q, il decisore non riesce a percepire la differenza tra le alternative che risultano quindi indifferenti. Quando invece la differenza tra le performance delle due alternative è maggiore della soglia p, il decisore ha una netta preferenza per un'alternativa. Quando, infine, la differenza tra le performance delle alternative è compresa tra le soglie q e p, il decisore ha una

preferenza debole per un'alternativa. Le funzioni di preferenza previste nel metodo PROMETHEE sono riportate in fig. 1 e possono essere descritte come segue:

- *Usual criterion*: non appena le performance si differenziano c'è una stretta preferenza per la migliore;
- *Quasi criterion* < *U Shape*>: la preferenza per una alternativa scatta immediatamente oltre la soglia di indifferenza *q*;
- *Criterion with linear preference* < *V Shape*>: l'intensità di preferenza cresce in modo lineare fino alla soglia di preferenza *p* oltre la quale diviene forte;
- *Level criterion*: fino alla soglia *q* due alternative sono indifferenti, nell'intervallo tra *q* e *q*+*p* c'è una preferenza debole, oltre *p* una preferenza netta;
- *Linear criterion*: è una funzione a preferenza lineare che, rispetto alla V Shape, ha un intervallo di indifferenza per differenze inferiori a *q*;
- *Gaussian criterion*: la funzione di preferenza è definita da una curva di distribuzione normale.

Step 3: Calcolare l'indice di preferenza generale rappresentato dall'equazione (3):

$$\Pi(a,b) = \sum_{j=1}^{k} w_j P_j(a,b) \qquad (3)$$

dove $\Pi(a, b)$ è la misura della preferenza dell'alternativa *a* rispetto a *b*, *k* è il numero di criteri, w_j è il peso del j-esimo criterio e $P_j(a, b)$ è la funzione di preferenza di *a* rispetto a *b*, rispetto al j-esimo criterio. Questo indice viene calcolato per ogni coppia di azioni, redigendo una matrice che riporta il confronto a coppie.

Step 4: calcolare i flussi di *outranking* per definire un pre-ordine parziale secondo le formule (4) e (5):

$$\Phi^{+}(a,b) = \frac{1}{n-1}\sum_{b}\Pi(a,b) \qquad (4)$$

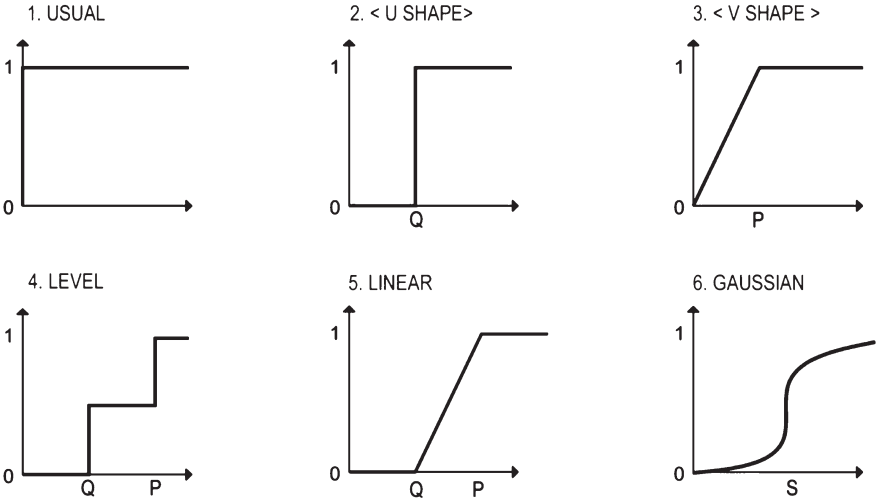


Fig. 1. Le sei funzioni di preferenza generiche previste nel metodo PROMETHEE (Vincke e Brans, 1985).
The six generic preference functions for the PROMETHEE method (Vincke and Brans, 1985).

$$\Phi^{-}(a) = \frac{1}{n-1}\sum_{b}\Pi(b,a) \qquad (5)$$

dove $\Phi^{+}(a)$ è il flusso in uscita e $\Phi^{-}(a)$ è il flusso in entrata e *n* è il numero delle alternative. Più grande è $\Phi^{+}(a)$, maggiore è la misura in cui *a* domina le altre alternative, più piccolo è $\Phi^{-}(a)$, minore è la misura in cui *a* è dominata dalle altre.

Step 5: Comparare i flussi di *outranking* per definire il *ranking* completo delle alternative come nella formula (6):

$$\Phi(a) = \Phi^{+}(a) - \Phi^{-}(a) \qquad (6)$$

3. Applicazione

3.1. Descrizione dell'area

Il Puertillo è una frazione appartenente al comune di Arucas, ed è situato sulla costa Nord di Gran Canaria, ad Ovest rispetto alla capitale Las Palmas (fig. 2). Il centro abitato si estende su un'area approssimativamente di 50.000 m², conta circa 1.400 abitanti e attualmente presenta alcune problematiche e mancanze, nate come conseguenza delle dinamiche verificatesi a partire dagli anni '70, di natura principal-

Fig. 2. Inquadramento territoriale.
Territorial framework.

mente economica. Alcuni elementi rilevanti sono la situazione di stallo demografico ed economico, la mancanza di servizi per la popolazione, il degrado di molti edifici sia abitati che abbandonati, la presenza di vuoti urbani e aree residuali che nel tempo hanno acquisito spontaneamente una funzione non appropriata alle loro caratteristiche, dichiarando così esplicitamente le necessità dei residenti.

In particolare, l'amministrazione locale sta attualmente riflettendo su un progetto di rigenerazione urbana del sito con l'obiettivo di rilanciare il Puertillo sfruttando le potenzialità del luogo e della sua posizione strategica rispetto alle dinamiche dell'isola. A questo proposito, l'intervento considerato nella presente ricerca è finalizzato innanzitutto a riqualificare il patrimonio edilizio ed ambientale esistente e, in secondo luogo, ad ampliare il centro abitato, generando un sistema integrato con il costruito di nuova realizzazione che sarà collocato nell'area adiacente (circa 70.000 m²), un tempo ad uso agricolo e ad oggi in stato di degrado (fig. 3).

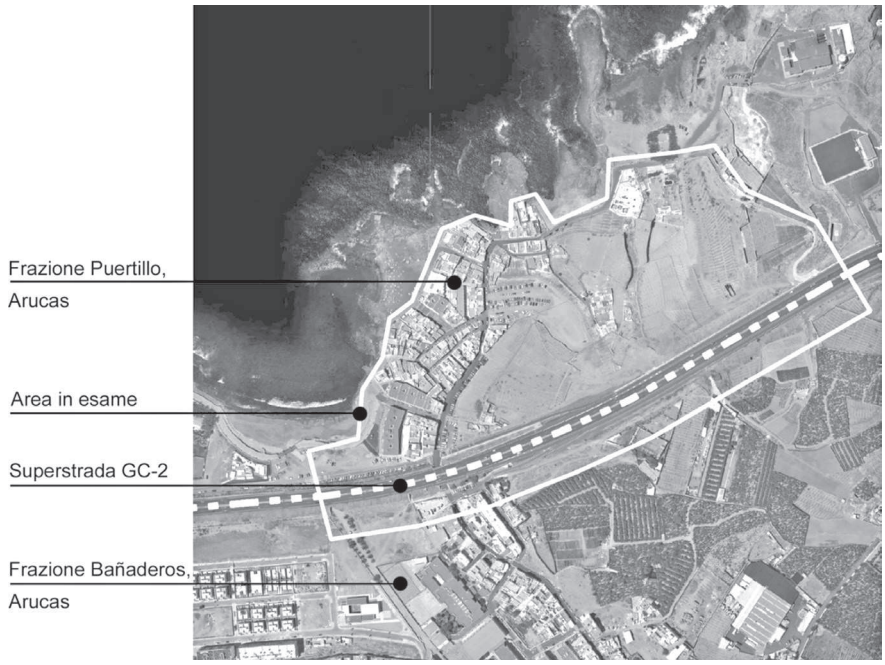


Fig. 3. Area d'intervento. Immagine da satellite, fonte: www.grafcan.es (consultato il 25/01/2016).
Project area, satellite view, source: www.grafcan.es (accessed on 25/01/2016).

3.2. Configurazione di scenari alternativi

Prima di procedere alla declinazione specifica degli scenari alternativi, finalizzati al raggiungimento degli obiettivi di rigenerazione urbana precedentemente descritti, si è ritenuto opportuno individuare alcune invarianti dettate dalle caratteristiche morfologiche del terreno, dal contesto e dalle finalità comuni. Le invarianti si riferiscono alle linee generali che segnano il territorio sia alla scala

Fig. 4. Foto dell'area. A: fronte costiero, orientamento Nord-Ovest. B: terreno agricolo abbandonato.
Photos of the area. A: seaside Front, North-West orientation. B: abandoned agricultural land.

urbana, sia alla scala edilizia.

In particolare, sono stati definiti tre progetti alternativi che nascono dalla volontà di assicurare sempre una mixité funzionale e la possibilità di usi diversificati, ritenendo questa una strategia fondamentale per ottenere un efficiente nucleo urbano. Ogni alternativa prevede la prevalenza di un settore sugli altri, andando a determinare le caratteristiche rappresentative di ciascuno scenario (tab. 1). In questo modo si definiscono tre facce diverse dello stesso territorio in cui, il primo scenario, a prevalenza residenziale, rappresenta un intervento di miglioramento della qualità urbana mantenendo inalterate le caratteristiche attuali del Puertillo; il secondo, prevalentemente turistico, cerca di valorizzare gli elementi attrattori locali per favorire la crescita economica e infine l'ultimo, di tipo terziario, scommette sul Puertillo come nuova sede universitaria e di scambio professionale (fig. 5).

Fig. 5. Prefigurazione morfologica dei tre scenari.
Morphological prefiguration of the three scenarios.

Tab. 1. Tabella riassuntiva delle caratteristiche dei tre scenari proposti.
Summary table of the features of the three proposed scenarios.

Alternativa	Usi	Descrizione
1) Abitare il Puertillo	50% residenziale, 20% turistico, 30% servizi e terziario	Questa soluzione propone di convertire parte del tracciato autostradale adiacente al centro abitato in un parco lineare che integri la nuova viabilità, il sistema degli spazi aperti e i parcheggi. È stata prevista la realizzazione dei servizi mancanti; inoltre, si mantiene l'identità agricola del luogo rigenerando parte dei campi dismessi per convertirli in orti urbani, assegnando loro anche la funzione di aggregatore sociale.
2) Turismo slow	30% residenziale, 40% turistico, 30% servizi e terziario	Questo scenario propone di rilanciare il Puertillo come meta turistica. Il modello sviluppato punta su strutture ricettive medio-piccole, in cui il visitatore viva a contatto con la popolazione locale. L'obiettivo principale è quindi valorizzare al meglio il territorio e creare un sistema di collegamenti che permettano agli stessi punti di interesse limitrofi di fungere da volano di sviluppo del turismo.
3) Nuovo slancio con il FabLab	30% residenziale, 20% turistico, 50% servizi e terziario	Questo scenario punta sul settore terziario, in particolare sull'università e su un sistema di spazi coworking distribuiti sul territorio. Si cerca quindi di rivalutare il Puertillo anche come polo attrattivo per piccole imprese, aziende o privati che vogliano utilizzare le strutture realizzate in collaborazioni con altri, entrando in un network culturale e professionale, che può interagire con gli altri centri FabLab.

3.3. Strutturazione del problema decisionale

Per supportare il problema con il metodo PROMETHEE è innanzi tutto importante definire i criteri su cui basare la valutazione; questo rappresenta un passaggio cruciale in quanto gli attributi *j* scelti, per essere efficaci, devono rappresentare gli interessi che muovono la trasformazione. Nel caso in esame si è deciso di considerare come clusters, o macrogruppi, di criteri le macrocategorie che descrivono la trasformazione: aspetti ambientali, aspetti sociali, aspetti urbani ed economici (fig. 6). Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, questi considerano la quantità di aree verdi, l'area di terreno adibito ad uso agricolo e il consumo di suolo (Cimnaghi e Rosasco, 2014); si tratta di tre criteri quantitativi misurati in metri quadrati. Gli aspetti sociali riguardano invece i nuovi servizi forniti, il rispetto per l'identità del luogo e la connessione con Bañaderos. Il primo criterio è tipo quantitativo ed è misurato in superficie destinata a servizi mentre gli altri hanno natura qualitativa e sono misurati su una scala a 5 punti in cui il punteggio 1 corrisponde ad un giudizio molto negativo e il punteggio 5 ad un giudizio molto positivo. Gli aspetti urbani considerano l'accessibilità, il miglioramento della viabilità e il mix funzionale (misurati sulla scala a 5 punti sopra definita) e i percorsi ciclopedonali, che vengono misurati in metri lineari. Infine si considerano gli aspetti economici del problema attraverso un calcolo di massima dell'investimento iniziale, una stima dei nuovi posti di lavoro che ogni scenario genererà e, a livello qualitativo, la sinergia con le attività economiche locali, misurando nuovamente le performance secondo la scala a 5 punti sopra descritta.

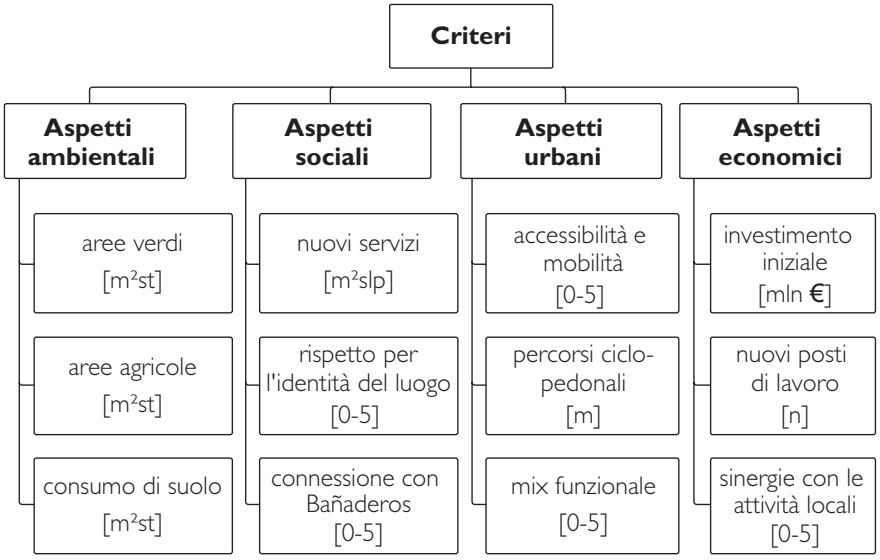


Fig. 6. Strutturazione del problema decisionale attraverso il metodo PROMETHEE.
Structuring the decision problem through the PROMETHEE method.

Il primo step del metodo, come specificato al paragrafo 2, è relativo alla redazione della matrice di impatto, in cui vengono riportate le prestazioni delle tre alternative progettuali per ogni criterio, ottenendo un confronto diretto (tab. 2). Successivamente deve essere specificato se ciascun criterio è da massimizzare o da minimizzare e devono essere definite le funzioni di preferenza previste dal metodo (fig. 7).

3.4. Pesatura dei criteri e aggregazione

Il risultato finale delle metodologie multicriteri è individuare l'alternativa che risulta migliore rispetto ai punteggi ottenuti, sulla base dei criteri predefiniti. Questi criteri devono essere però pesati per determinare il loro effettivo impatto sul ranking finale. Per questa ragione si tratta di una fase cruciale, soprattutto quando sono presenti più decisori con punti di vista differenti. Un aspetto fondamentale fa riferimento all'impiego

Tab. 2. Matrice di impatto.
Impact matrix.

	aspetti ambientali			aspetti sociali			aspetti urbani			aspetti economici		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	aree verdi	aree agricole	consumo di suolo	nuovi servizi	rispetto l'identità luogo	connessione con Bañaderos	accessibilità	percorsi slow	mix funzioni	investimento	posti lavoro	sinergie att. locali
	[m²st]	[m²st]	[m²st]	[m²slp]	[0÷5]	[0÷5]	[0÷5]	[m]	[0÷5]	[mln €]	[n]	[0÷5]
	max	max	min	max	max	max	max	max	max	min	max	max
Sc. 1	44.270	17.400	21.217	10.880	5	5	4	6.665	4	82	210	5
Sc. 2	35.000	14.260	24.525	12.160	4	5	3	7.005	5	105	355	5
Sc. 3	14.000	0	26.894	11.745	3	2	5	3.660	5	108	340	3

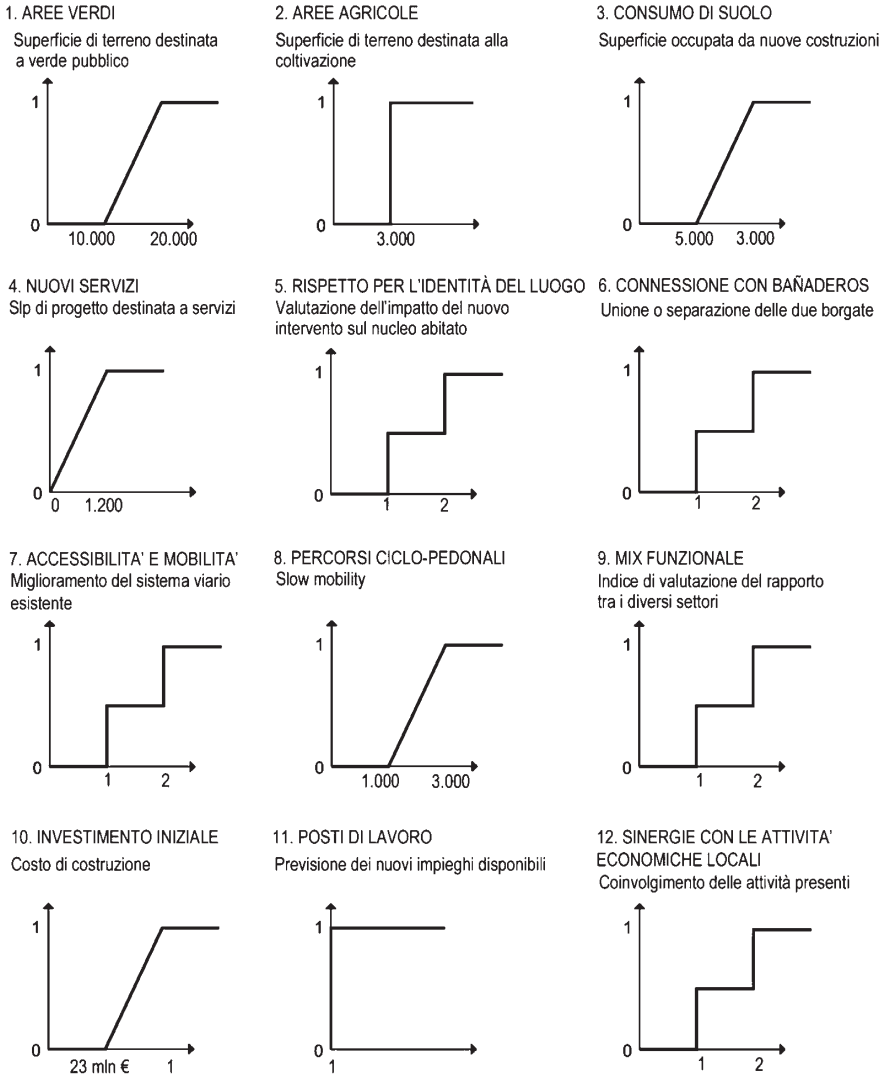


Fig. 7. Definizione delle funzioni di preferenza per i criteri.
Definition of preference functions for the criteria.

di un metodo di pesatura accettato e comprensibile da tutti i partecipanti al processo.

Così come evidenziato da Shukla e Auriol (2013), nell'ambito delle Analisi Multicriteri i metodi di pesatura affrontano quattro punti critici:
– evidenza della validità dei pesi assegnati;
– trasparenza del procedimento;
– adattabilità a un gran numero di criteri;
– carico cognitivo accettabile per il Decision Maker (DM).

In particolare l'ultimo punto risulta fondamentale considerando che più un metodo è facilmente comprensibile per il decisore, maggiori saranno certamente le chances di utilizzo nella valutazione. A questo proposito, per il caso in esame si è deciso di utilizzare un metodo introdotto da Simos nel 1990 e successivamente revisionato da Roy e Figueira nel 2002 e denominato SRF.

Secondo tale metodo, ad ogni DM viene assegnato un numero di carte pari al numero dei criteri, ognuna delle quali riporta il nome del criterio corrispondente e alcune informazioni aggiuntive di tipo esplicativo. Come precauzione per non indurre a livello inconscio nessuna risposta le carte non devono comunicare nessun numero. Ai partecipanti viene successivamente consegnato un ulteriore set di carte, bianche e della stessa dimensione delle precedenti, il cui numero dipenderà dalle loro esigenze. A questo punto si chiede loro di ordinare il primo set dal criterio che ritengono meno importante a quello più importante. Se due criteri saranno ritenuti di pari importanza allora saranno raggruppati insieme come ex aequo. Il secondo passaggio è invece mirato a far riflettere l'intervistato sulla differenza di importanza che hanno due criteri consecutivi, ad esempio il primo e il secondo possono avere per il decisore un peso molto simile, mentre tra il secondo e il terzo la differenza di importanza può essere molto più consistente. È necessario quindi quantificare questo aspetto chiedendo all'intervistato di inserire un numero n di carte bianche tra due carte di criteri consecutive, considerando che:
– nessuna carta bianca assume il valore u, usato come unità di misura per esprimere la differenza minima di peso tra due criteri consecutivi;
– una carta bianca è pari a $2u$;
– due carte bianche sono pari a $3u$ e così via (Figueira e Roy 2002).

Questa parte di raccolta delle informazioni è in comune tra la versione originaria di Simos e la revisione di Roy e Figueira, i quali però hanno ritenuto fondamentale aggiungere un'informazione in più: il rapporto tra il peso del criterio ritenuto più importante e il peso del criterio meno importante, denominato z. Per elaborare le informazioni raccolte, normalizzarle e giungere alla determinazione dei pesi è stato usato il software SRF, sviluppato dal laboratorio LAMSADE dell'Université Paris Dauphine, che applica la revisione operata da Roy e Figueira al metodo originale. I pesi saranno poi inseriti nel software PROMETHEE per procedere alla valutazione delle alternative.

Per l'applicazione al caso del Puertillo sono stati intervistati alcuni esperti specializzati in ambiti diversi, in modo da ottenere una visione il più possibile globale del problema (fig. 8). In particolare, sono stati coinvolti esperti nel campo

dell'ingegneria gestionale, della pianificazione paesaggistica, della progettazione urbana, delle valutazioni strategiche, dell'analisi economica, della progettazione architettonica, oltre che un esperto locale nell'ambito dell'urbanistica.

Osservando i risultati riportati in fig. 8 si nota che le aree verdi, il consumo di suolo, l'accessibilità e la creazione di nuovi posti di lavoro sono emersi generalmente come i più rilevanti. Inoltre è interessante porre a confronto la diversa linea di pensiero adottata da esperti appar-

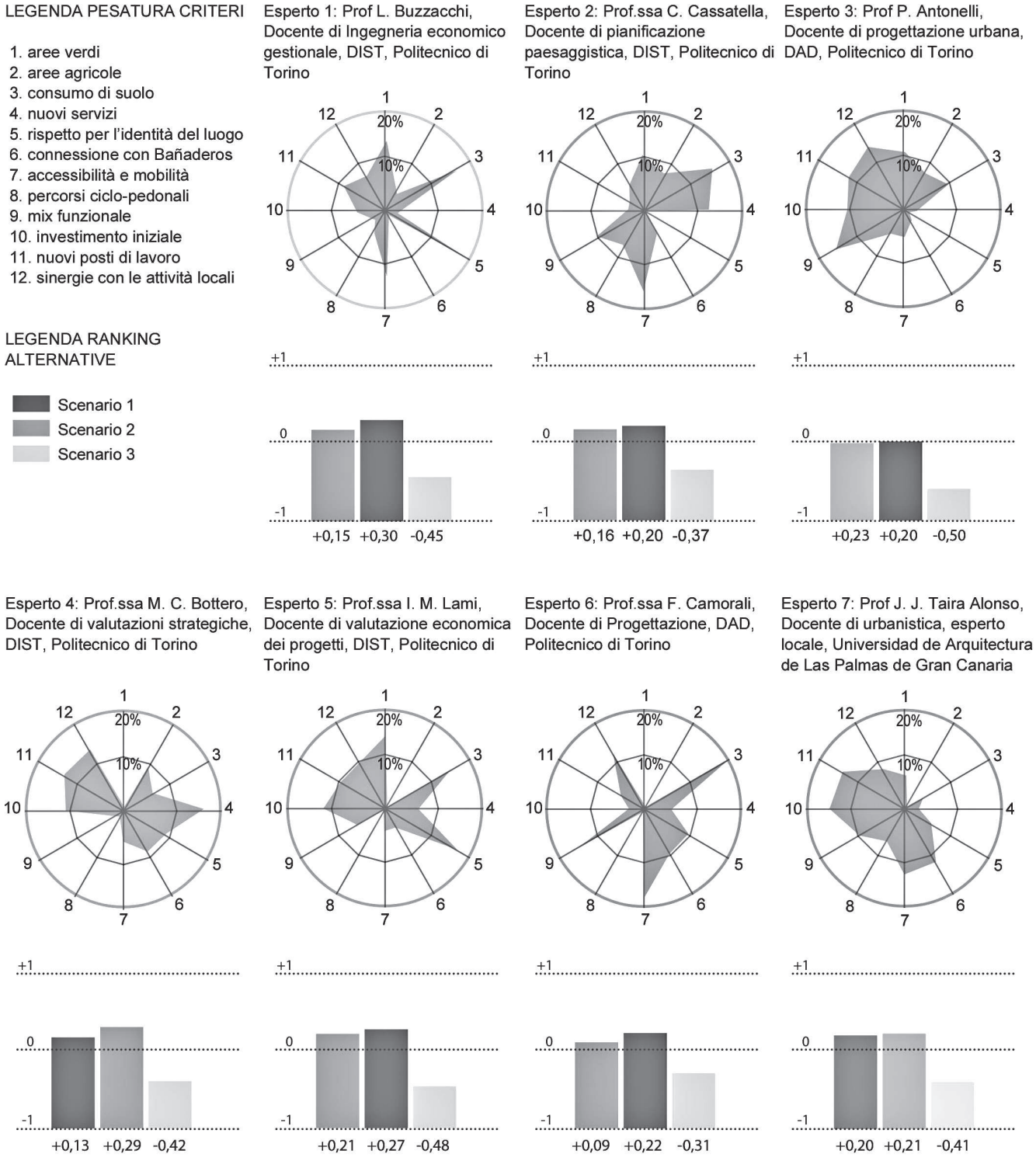
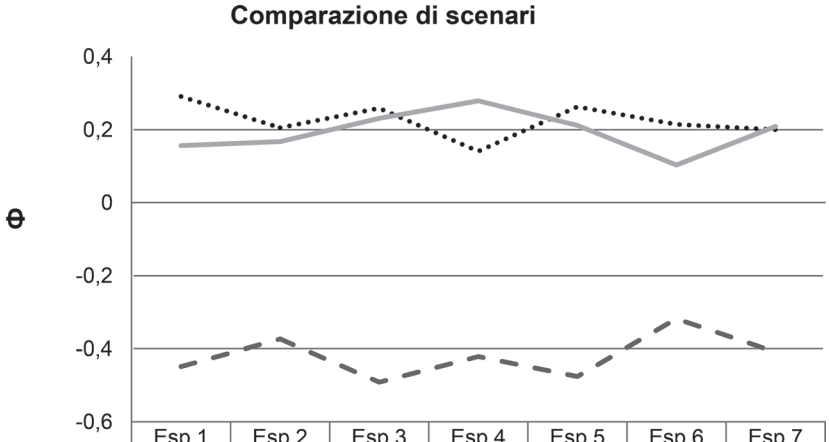


Fig. 8. La tavola riporta, per ogni esperto intervistato, il settore di specializzazione, un grafico radiale relativo ai pesi normalizzati ottenuti per i criteri e il ranking delle alternative ottenuto con il software PROMETHEE.
The table shows, for each expert interviewed, his specialization, a radial graph relative to the normalized weights and the ranking of the alternatives obtained with the PROMETHEE software.



	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5	Esp 6	Esp 7
Scenario 1	0,3	0,206	0,265	0,135	0,269	0,216	0,2
Scenario 2	0,152	0,164	0,234	0,287	0,213	0,094	0,21
Scenario 3	-0,453	-0,371	-0,5	-0,423	-0,483	-0,31	-0,41

Fig. 9. Grafico relativo alla comparazione degli scenari, attraverso la sovrapposizione dei ranking corrispondenti ai sette esperti intervistati.
Diagram of the scenarios comparison through the overlapping of the seven ranking.

tenenti allo stesso ramo, ad esempio tra l'esperto in pianificazione paesaggistica (2) e l'esperto in urbanistica (7), dove la differenza sostanziale è che il primo ha dato molta più importanza agli aspetti ambientali, mentre il secondo a quelli economici e urbani.

I pesi definiti sono stati poi inseriti all'interno del modello di valutazione al fine di calcolare le priorità finali delle alternative in esame (fig. 9). I ranking riportati per ciascun esperto si riferiscono al flusso Φ(a), ottenuto dalla differenza del $\Phi^{+}(a)$ e del $\Phi^{-}(a)$. Nella maggioranza dei casi (5 su 7) i pesi attribuiti dai decisori hanno decretato una preferenza maggiore per lo scenario 1, seguito dal 2 e infine dal 3. In due casi però (esperti 4 e 7) è stato invece lo scenario 2 quello con un flusso di preferenza più alto. Per l'elaborazione dei risultati è stato impiegato il software Visual PROMETHEE 1.4.

4. Discussione dei risultati

Il ranking completo delle alternative è stato ottenuto con una media dei pesi forniti dai sette esperti. Il risultato è stato, prevedibilmente, una preferenza per l'alternativa 1 (Φ = 0,227), immediatamente seguita dalla 2 (Φ = 0,193) e infine dalla 3 (Φ = – 0,421).

La soluzione al problema fornita dall'applicazione del metodo PROMETHEE è quindi di tipo prescrittivo nel senso che, fornendo una classificazione, rende nota la soluzione ritenuta migliore dai decisori. A questo risultato è utile accostare un metodo descrittivo che dia ai Decision Makers alcune informazioni aggiuntive per meglio comprendere la struttura del problema; è a tale proposito che si riporta una applicazione dello strumento GAIA plane associato al modello PROMETHEE (Hayez *et al.*, 2009). Tale strumento fornisce una rappresentazione grafica del problema, partendo dalla matrice del flusso netto (7):

$$\Phi = \begin{pmatrix} \Phi_1(a_1) & \cdots & \Phi_k(a_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_1(a_n) & \cdots & \Phi_k(a_n) \end{pmatrix} \quad (7)$$

in cui ogni riga rappresenta un'azione e ogni colonna un criterio. La matrice può essere vista come un set di *n* punti in uno spazio *k*-dimensionale, che risulta però di difficile comprensione; per questo motivo si opera una semplificazione proiettando gli *n* punti su un piano bidimensionale. Attraverso questa procedura, nonostante una perdita di informazioni dovuta alla proiezione, si ottengono i seguenti vantaggi:

- osservando la posizione reciproca delle azioni (rappresentate da punti) sul piano si possono dedurre clusters di azioni simili;
- i criteri sono rappresentati come assi sul piano. Dalla loro posizione reciproca si deducono eventuali conflitti nel sistema decisionale;
- la posizione reciproca di azioni e criteri permette di identificare forze e debolezze delle azioni;
- i pesi assegnati ai criteri sono rappresentati dal *decision stick*, che indica la posizione sul piano delle azioni classificate dal PROMETHEE. In questo modo esso costituisce una connessione diretta tra PROMETHEE e GAIA.

La fig. 10 rappresenta il GAIA plane relativo al progetto del Puertillo. In particolare, i criteri sono rappresentati come assi aventi origine nell'origine stessa del piano e la cui direzione indica verso quale alternativa progettuale è andato il loro contributo in termini di flusso positivo. Il cono rappresenta l'asse decisionale. L'imprecisione della visualizzazione è dovuta alla proiezione sul piano di punti appartenenti ad uno spazio k-dimensionale. Dall'esame della figura si può notare come i criteri che hanno contribuito ad una valutazione positiva dello scenario 1 siano l'investimento iniziale, il consumo di suolo, le aree agricole, aree verdi, la connessione con Bañaderos e il rispetto per l'identità del luogo. A favore dello scenario 2 i nuovi posti di lavoro e i servizi, mentre per lo scenario 3 solo l'accessibilità. Si riporta inoltre la visualizzazione relativa al posizionamento sul GAIA plane degli scenari, in relazione ai sette esperti (fig. 11), nel quale risulta chiara la distanza, in termini di preferenza, dell'alternativa 3 rispetto ai giudizi

Fig. 10. Proiezione dei risultati ottenuti con GAIA sul piano UV.
Projection of results obtained with GAIA on UV plane.

espressi. Le visualizzazioni relative allo strumento GAIA sono state ottenute attraverso il software Visual PROMETHEE 1.4.

5. Conclusioni

Lo studio presentato fa riferimento alla sperimentazione del metodo PROMETHEE nell'ambito di processi decisionali relativi a interventi di trasformazione urbana e territoriale. L'analisi è stata sviluppata nell'ambito del progetto per la rigenerazione urbana dell'area del Puertillo nell'Isola di Gran Canaria (Spagna).

L'applicazione del metodo PROMETHEE non solo ha permesso di definire la soluzione progettuale migliore tra quelle inizialmente delineate, considerando l'opinione degli esperti sui temi chiave del problema, ma è diventato uno strumento di progettazione vero e proprio. Questo perchè gli strumenti del meto-

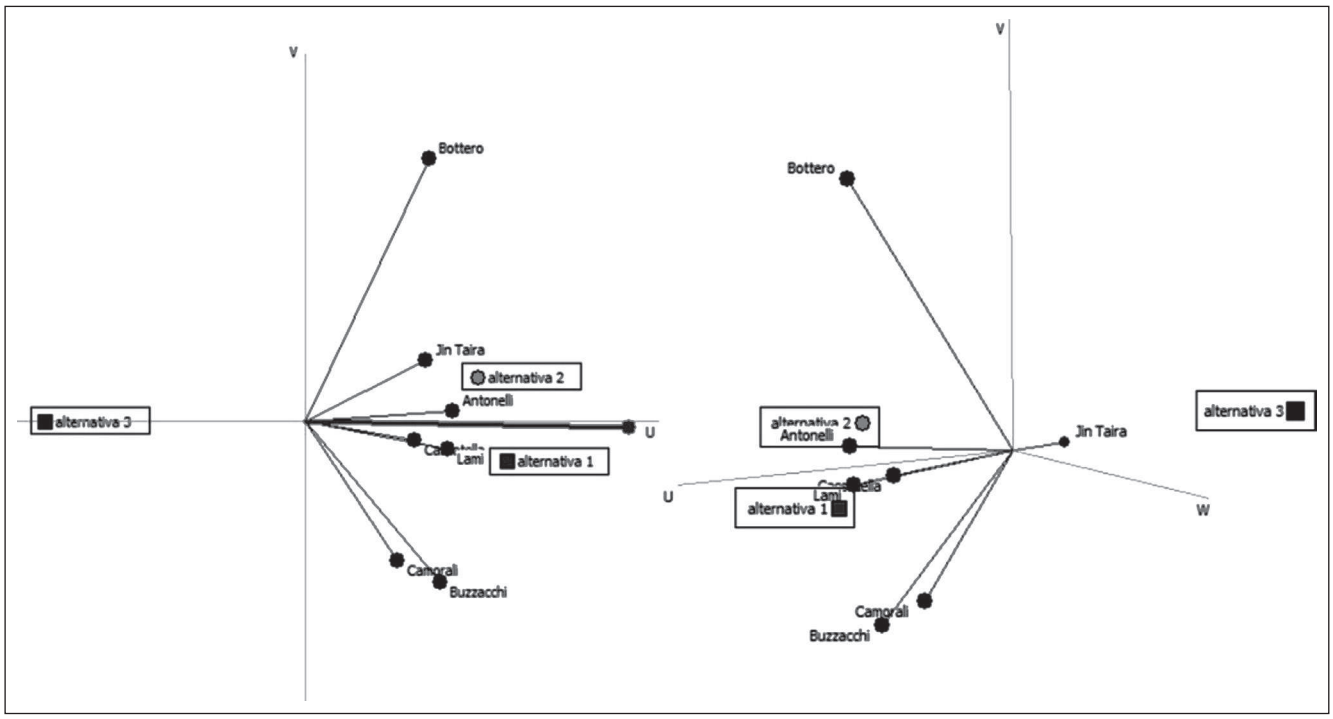


Fig. 11. A sinistra, proiezione sul piano UV degli scenari in relazione alle preferenze degli intervistati. A destra, visualizzazione tridimensionale dei medesimi dati.
To the left, the projection on the UV plane of the scenarios in relation to the respondents preferences. To the right, three-dimensional visualization of the data.

do PROMETHEE utilizzati insieme alle visualizzazioni offerte dal piano GAIA permettono di avere un controllo costante sugli elementi che collaborano alla valutazione. In questo modo è possibile eventualmente modificare le soluzioni iniziali tenendo conto del feedback ottenuto tramite l'attribuzione dei pesi, dando maggior rilevanza ai criteri ritenuti più importanti e riducendo gli altri.

Nel caso in esame la soluzione progettuale finale è nata da una fusione tra lo scenario vincente e gli elementi emersi positivamente nello scenario turistico, considerando che, così come risulta dagli esiti finali della valutazione, le priorità aggregate delle due alternative sono tra loro molto simili. Questo aspetto risulta cruciale all'interno dei processi decisionali in materia di trasformazioni del territorio, dove la possibilità di ragionare sui dati e le performance dei progetti alternativi e la capacità di giustificare in maniera trasparente la scelta finale assumono un'importanza fondamentale (Abastante *et al*. 2012).

Dal punto di vista degli sviluppi futuri dello studio, sarebbe interessante testare il modello attraverso specifiche analisi di robustezza (Roy, 2010) che potrebbero essere utili a comprendere nel dettaglio il ruolo dei pesi dei criteri nella determinazione delle priorità finali delle alternative.

Un ulteriore sviluppo della ricerca fa riferimento alla messa a punto di protocolli strutturati per lo svolgimento delle interviste nell'ambito delle operazioni di pesatura attraverso il metodo SRF. In particolare, potrebbe essere utile sviluppare schemi dettagliati con le diverse informazioni da fornire di volta in volta agli esperti così da garantire una maggiore uniformità tra i diversi questionari.

Da ultimo, appare interessante approfondire ulteriormente la valutazione dal punto di vista della quantificazione economica dei benefici indotti dai progetti di rigenerazione urbana nel caso in esame al fine di esplorare l'integrazione tra modelli di carattere multicriteri con valutazioni del tipo Costi Benefici (Tyler *et al.*, 2013)

Riferimenti bibliografici

Abastante, F., Bottero, M., Greco, S., Lami, I.M., 2012. *A Dominance-based rough set approach model for selecting the location for a municipal solid waste plant*, in *Geoingegneria Ambientale e Mineraria* 137 (3), pp. 45-56.

Antonelli, P., Camorali, F., Delpiano, A., Dini, R., 2012. *Di nuovo in gioco, il progetto di architettura a partire dal Capitale Fisso Territoriale*, Trento, LISt Lab.

Behzadian, M., Kazemzadeh, R., Albadvi, A., Aghdasi, M., 2010. *PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications*, in European Journal of Operational Research, 200, pp. 198-215.

Belton, V. & Stewart, T.J., 2002. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Boston, Kluwer Academic Press.

Bottero, M., 2015. *A multi-methodological approach for assessing sustainability of urban projects,* in Management of Environmental Quality, 26(1), pp. 138-154.

Bottero, M.C., Lami, I.M., Lombardi, P., 2008. *Analytic network process: la valutazione di scenari di trasformazione urbana e territoriale*, Firenze, Alinea.

Bottero, M.C., Mondini, G. (a cura di), 2009. *Valutazione e sostenibilità: piani, programmi, progetti*, Torino, Celid.

Brans, J.P., 1982. *L'ingénièrie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE*, in Nadeau R. and Landry M., *L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir, Instruments et Perspectives Davenir*, Université Laval, Quebec, Canada, pp. 183-214.

Brans, J.P., Vincke, PH., 1985. *A Preference Ranking Organisation Method*, in Management Science, 31(6), pp. 647-656.

Brans, J.P., Mareschal, B., Vincke, P., 1984. *PROMETHEE: a new family of outranking methods in multicriteria analysis*, Operational Research, 84, pp. 447-490.

Brans, J.P., Mareschal, B., Vincke, P., 1986. *How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method*, European Journal of Operational Research, 24(2), pp. 228-23.8

Capolongo, S., Bottero, M., Lettieri, E. & Buffoli, M., 2015. *Healthcare Sustainability Challenge*, in S. Capolongo, M. Bottero., M. Buffoli, E. Lettieri (eds.) *Improving Sustainability During Hospital Design and Operation*, Berlin, Springer, pp. 1-9.

Cinelli, M., Coles, S.R., Kirwan, K., 2014. *Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment*, in *Ecological Indicators*, 46, pp. 138-148.

Cimnaghi, E., Rosasco, P., 2014. *Tourism carrying capacity for the analysis and the management of tourism: The case study of the Vesuvius National Park, in Geoingegneria Ambientale e Mineraria* 142 (2), pp. 33-42.

Dente, B., 2011. *Le decisioni di policy, come si prendono, come si studiano*, S. Giov. Persiceto, il Mulino.

Dente, B., 2014. *Policy decisions*, Berlino, Springer.

Ferretti, V., 2012. *Verso la valutazione integrata di scenari strategici in ambito spaziale: i modelli MC-SDSS*, Torino, Celid.

Figueira, J., Roy B., *Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure*, in European Journal of Operational Research, 139, 2002, pp. 317-326.

Figueira, J., Greco, S., Ergoth, M., 2005. *Multiple Criteria Decision Aiding. State of the art surveys*, Springer, New York.

Hayez, Q., Mareshal, B., De Smet, Y., 2009. *New GAIA Visualization Methods*, in 13th International

Conference Information Visualisation.
Keeney, R.L., Raiffa, H., 1976. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*. New York, Wiley.
Mareshal, B., 2008. *Multicriteria decision aid. PROMETHEE & GAIA methods*, Decision Lab software.
Munda, G., 2005. *Multiple Criteria Decision Analysis and Sustainable Development*, in J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (eds) *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Survey*, New York, Springer.
Roscelli, R., 2014. *Manuale di estimo, Valutazioni economiche ed esercizio della professione*, Milano, UTET Universitaria.
Roy, B., Bouyssou, D., 1993. *Aide multicritére à la décision: méthodes et case*, Economica, Paris.
Roy, B., 2010. *Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue Article*, in European Journal of Operational Research, 200(3), pp. 629-638.
Simon, H.A., 1960. *The New Science of Management Decision*, New York, Harper and Brothers.
Skula, V., Auriol, G., 2013. *Methodology for Determining Stakeholders' Criteria Weights in Systems Engineering*, Toulouse, Université de Toulouse.
Tyler, P, Warnock, C., Provins, A. & Lanz, B., 2013. *Valuing the benefits of urban regeneration*, in *Urban studies*, 50(1), pp. 169-190.

Sitografia

http://www.promethee-gaia.net/ (consultato il 1/02/2016)
http://www.lamsade.dauphine.fr/ (consultato il 25/01/2016)

Accurate Real-time GNSS positioning assisted by tablets: an innovative method for positioning and mapping

Paolo Dabove*
Ambrogio Maria Manzino*

* Politecnico di Torino, Department of Environment, Land, and Infrastructure Engineering (DIATI)

Kinematic satellite positioning consists in estimating the trajectory of a moving receiver, by processing observations from Global Navigation Satellite Systems (GNSS). This is a well-known technique if geodetic or GIS receivers are considered but nowadays it is also possible to make a precise positioning with other devices, such as smartphones and tablets. This study shows the performances of an external mass-market GPS L1 receiver connected to a tablet in NRTK positioning for GIS purposes. Impressive performances of mass-market GNSS instruments coupled with tablets are shown: with this kind of configuration it is possible to reach a centimetric level of accuracy in real-time. This means that interesting future developments could arise for different purposes, such as mapping and navigation.

***Keywords**: open source programs, GNSS positioning, RTKLIB, tablet, OpenStreetMap.*

***Posizionamento GNSS in tempo reale tramite l'utilizzo di tablet: un innovativo metodo di posizionamento e mappatura.** Il posizionamento cinematico GNSS consiste nello stimare la traiettoria di un ricevitore in movimento, tramite il processamento di osservazioni provenienti da sistemi di navigazione satellitare (GNSS). Questa è una tecnica ben nota se si considerano ricevitori geodetici o GIS: tuttavia oggi è anche possibile realizzare un posizionamento di precisione con altri dispositivi, come smartphone o tablet. Questo studio mostra le prestazioni di un ricevitore ricevitore esterno GPS L1 di basso costo, collegato ad un tablet al fine di effettuare un posizionamento NRTK per scopi GIS. Le prestazioni ottenute da strumenti GNSS di basso costo accoppiati con tablet sono risultate impressionanti: con questo tipo di configurazione è possibile raggiungere un livello di accuratezza centimetrica in tempo reale. Ciò significa che interessanti sviluppi futuri potrebbero sorgere per diversi scopi, quali la navigazione e la mappatura.*

***Parole chiave**: programmi open source, posizionamento GNSS, RTKLIB, tablet, OpenStreetMap.*

1. Introduction

The Network Real-Time Kinematic (NRTK) positioning has got a great development in recent years, thanks to the appearance of GNSS Continuous Operating Reference Stations (CORSs) networks. With this architecture it is possible to perform real-time and post-processing positioning, obtaining high accuracy and precision (Hoffmann-Wellenhof *et al.*, 2008). Both geodetic and mass-market instruments were used in the past and many scientific papers are written: some of them have proved the performances of GNSS receivers in terms of measurements session length (Dabove and Manzino, 2014), others the precision obtainable considering different inter-station distances of CORSs (Wubbena *et al.*, 1996), other ones have showed some comparisons between mass-market and geodetic receivers (Cina *et al.*, 2014), others the importance of the antenna for a reliable solution (Manzino and Dabove, 2013).

For some applications, such as car navigation, hiking or for transport goods, stand-alone positioning is certainly sufficient but, if that is not enough, it is possible to use the augmentation provided by SBAS systems, which leads to an even better level of accuracy, which is currently around 2m in planimetry, with a 95% probability (Manzino and Dabove, 2013). These precisions are enough for some applications but not for precise positioning or topographic purposes, where a centimetric accuracy is needed. This can be reached considering geodetic or mass-market receivers with relative positioning (post-processing approach) or differential corrections provided by CORSs networks (real-time approach).

Since few years, mass-market instruments have had a great diffusion both in private and in the commercial world: the reasons for the widespread diffusion of these receivers is their low cost. The GPS chip is produced in millions of copies and costs only a few euros. The cost of these receivers assembled in 'evaluation kits' together with an antenna is about € 200-300. Moreover they have a dimension as a dollar, so they can also be found in mobile phones for pedestrian navigation.

In this context, the goal now is to demonstrate as mass-market receivers assisted by tablets give interesting results both for topographic and cartographic applications in real-time. After this brief introduction, the next section is dedicated to resume concepts about NRTK positioning, focusing the attention on the accuracies and precisions obtainable today. After that, Section 3 would like to give an overview about the instruments considered in this work, while Section 4 presents all test performed with the obtained results. Finally, conclusions and bibliography close the article.

2. NRTK positioning: basic concepts and obtainable accuracies

A network of permanent stations for real-time positioning is an infrastructure consisting of three parts

(Wang *et al.*, 2010): one part consists of all CORSs (with an inter-station distance more or less extended), with accurately known position, that transmit their data to a control center in real-time (Landau *et al.*, 1995). The second part consists of a control center which receives and processes the data of all stations in real-time, fixes the phase ambiguities for all satellites of each permanent station and calculates the GNSS biases (e.g. ionospheric and tropospheric delays, clock errors). The third part is the set of network products that can be provided from the control center to the user: these products consist or in raw measurement file of each permanent station that the user may require for post processing purposes (Euler *et al.*, 2001; Euler *et al.*, 2003) or in streams (called differential corrections) containing information related to the biases previous cited that allow the rover to make the real-time positioning (Manzino and Dabove, 2013). Moreover, the control centre is composed by a database that contains the calculated biases and the state of the network (i.e. the ambiguities, ionospheric and tropospheric delays for each station, …) for post-processing purposes, in order to be able to create the so called Virtual RINEX (Cina *et al.*, 2014; Dabove *et al.*, 2016). Real time approach is instead traditionally considered when we desire to obtain a better quality, in terms of accuracy, of our positioning with respect the stand-alone position (i.e. with Wide Area Augmentation System – WAAS – correction) or with a centimetric level of accuracy (Dabove and Manzino, 2014). The differential corrections which are generated by each GNSS permanent station are valid only in a limit area around the single site, considering a limited space: the main hypothesis is that if the bias remain almost the same in the base station and rover, they can be eliminated by a differential or relative approach (Fortes *et al.*, 2000). In general the control center provides five types of network products, summarized as follows:

– Virtual Reference Station (VRS);
– Multi-Reference Station (MRS);
– Master Auxiliary (MAC or MAX);
– Flächen Korrektur Parameter (FKP);
– Nearest station (NRT).

While in the second, third and fourth case it is necessary to have a dual frequency GNSS receiver as rover (Wubbena *et al.*, 2002), in the first (Landau *et al.*, 2002) and last case it is possible to use also a single frequency receiver: this factor allows to perform an NRTK positioning also with mass-market receivers or with sensors that are able to track both the pseudorange and carrier phase measurements on GPS L1 frequency.

Before performing a NRTK positioning it is necessary that the network software has fixed the phase ambiguities for visible satellites: after that, a generic user can perform the positioning. From 1990 to 1995, the carrier-phase differential positioning has had an enormous evolution due to phase ambiguity fixing method named "On The Fly" Ambiguity Resolution (Landau and Euler, 1992). Using this technique, a cycle slip recovery, also for moving items, was not more problematic, but positioning problems when distances between master and rover exceed 10-15 km were not solved. To do this, other methods for the ambiguity resolution are investigated and developed (Feng, 2008; Teunissen *et al.*, 2002; Verhagen *et al.*, 2013).

Many articles are written to demonstrate precision and accuracy obtainable if geodetic receivers (Retscher, 2002) are used for NRTK positioning. In previous works also the employment of mass-market in CORSs network is investigated: in this context, the maximum error in the case of 'fix' positioning is always less than 5 cm. As described in Manzino and Dabove (2013), almost 40% of the 'float' epochs have a planimetric error of less than 20 cm and, however, the maximum error is 42 cm and in general almost 90% of the positions have a planimetric error of smaller than 20 cm.

The goal now is to test new devices, such as smartphones and tablets, for real-time positioning for GIS purposes: if internal sensors of smartphones are considered, the accuracy obtainable is more or less some meters (Dabove, 2014) while if they are assisted by external instruments they could give interesting results.

3. New instruments for GNSS positioning: smartphones and tablets

Nowadays, thanks to new technologies, the information about our position is available in almost every moment and almost everywhere thanks to smartphones or tablets, for example. These devices may include GPS/GNSS chipset that enable users to plan their activities (for example to know the time that it is necessary to wait a bus) or to share their location on social networks (e.g. Facebook). The accuracy of these sensors are quite bad: in some previous study (Bauer, 2013; Dabove, 2014) was demonstrated that these internal sensors provide an accuracy greater than 5 m and it is not possible to extract any raw data from their internal sensors. This fact is the necessary requirement to obtain accuracies useful for GIS applications (about 10 cm). Moreover these devices are not equipped with external antenna connections, so it is not possible to perform a precise positioning also because it is unknown the measurement point. For these reasons we have decided to connect the considered device to an external GNSS mass-market instruments to obtain better results.

A Samsung Galaxy 10.4 tablet was considered in this paper, in order to show what are the performances obtainable if an external GPS instrument (u-blox LEA-8P) is connected.

In fig. 1 are shown all instruments used: we have considered this GPS

Fig. 1. Instruments used in this work: the Samsung Galaxy 10.4 tablet (left), the u-blox LEA-8P GNSS receiver (center), the Garmin GA-29F antenna (right).
Strumenti usati in questo lavoro: il tablet Samsung Galaxy 10.4 (a sinistra), il ricevitore GNSS u-blox LEA-8P (al centro) e l'antenna Garmin GA-29F (a destra).

receiver because is one of those that is able to provide in output the raw measurements described in the previous section. On the Samsung tablet, the RTKGPS+ app was installed: this free app, available at https://play.google.com/store/apps/details?id=gpsplus.rtkgps, can compute precise GPS positions using RTKLIB algorithms (RTK or PPP) and it supports external GPS with raw carrier phase output, such as the u-blox one. So, with these instruments it is possible to perform an NRTK positioning obtaining accuracies of 5-10 cm and it is also possible to display the real-time position on some maps coming from IGN Geoportail (cadastral parcels, satellite, roads), OpenStreetMap Mapnik, Bing (satellite, roads).

These instruments are connected as shown in fig. 2. There is no needs to have particular connectors: the only trick is to have a connector between the mini-USB of the tablet and the USB of the u-blox receiver. The cost of this connector is more or less 5 €, while the total amount of the other instruments is about 600 € (280 € for the tablet, 300 for the u-blox receiver, 50 € for the Garmin antenna, 50 € for the pole).

Fig. 2. Connection schema between tablet, GNSS receiver and Garmin antenna.
Schema della connessione tra il tablet, il ricevitore GNSS e l'antenna Garmin.

4. *Tests performed and results*

Some tests were made: in order to compute a better positioning, the Garmin GA-29F external mass-market antenna was considered. These instruments are assembled as shown in fig. 3, in order to perform both static surveys and trajectories, as it is possible to see in fig. 4 (right): this image is captured directly by the software RTKGPS+, installed on the tablet.

For these real-time experiments, we have considered the NRTK Regione Piemonte network shown in fig. 4 (left). This network has a typical Italian mean inter-station distance (about 60 km) and can be used as a representative network in order to evaluate the performances of the receivers previously cited. In order to make the analysis more complete, different inter-station distances between the rover and the nearest CORS were analysed (fig. 5): this choice is made because one of the limits of these kind of instruments is the problem to provide a feasible solution with distances greater than

Fig. 3. The assembled instruments during a survey.
L'assemblamento degli strumenti durante un rilievo.

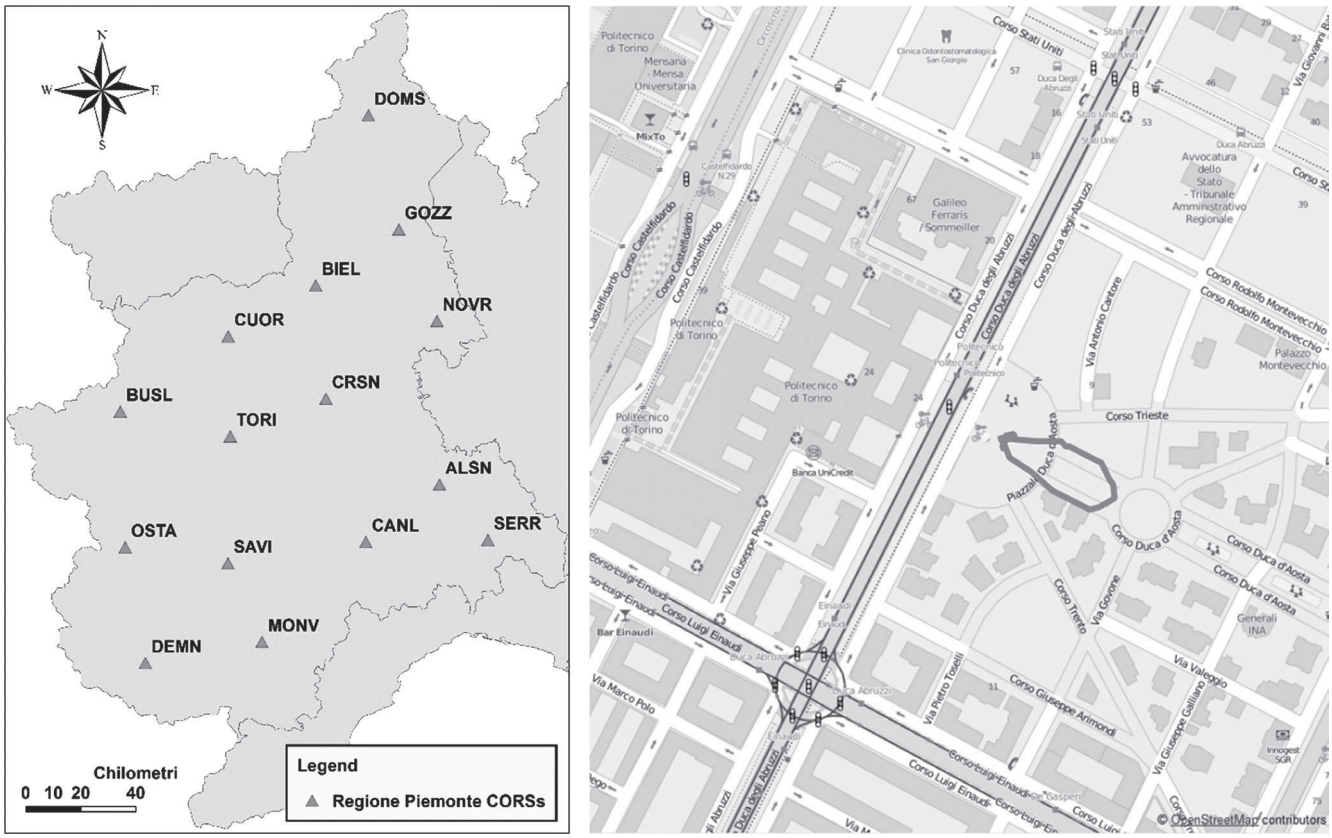


Fig. 4. The Regione Piemonte CORSs network (left) and one of the trajectories performed by the rover (right).
La rete GNSS della Regione Piemonte (a sinistra) ed una traiettoria ottenuta dal rover (a destra).

Fig. 5. Distances of user from the nearest CORS.
Distanze del rover dalla stazione permanente più vicina.

10 km. Moreover we have decided to test also the accuracy obtainable with different environmental conditions: for each site two different scenarios are considered. The first one is the "best" possible solution: an open-sky area where there is a good satellite visibility without obstructions, where these instruments should provide the best results in terms of precision and accuracy. The second one is a typical urban environment, with trees, buildings and obstructions that reduce the satellite visibility; this case represents the "worst" case, where these instruments provide results with low accuracies and precisions due to multipath and a difficult to fix the phase ambiguities.

For each site and scenario, the considered session length is about 10 mins after the initialization phase, where the software try to fix the phase ambiguities. To determine the accuracy obtainable, the static positioning approach is considered: with this kind of positioning it is possible to analyse both mean and standard deviation of the acquired points, remembering that the interval of acquisition is equal to 1 s.

In tabs. 1, 2, 3 and 4 are summarized the results obtained with the static positioning.

Considering the shortest baseline (2.5 km), the results show that both the accuracy and precision are comparable with those obtainable with geodetic GNSS receivers (tab. 1), almost for open-sky areas: in this case the errors are less than 5 cm while they increase up to 30 cm in plan if an harsh environment is considered. The same results can be obtained with a baseline of 5 km (tab. 2): in the open-sky area the results do not change while in urban environment the accuracy decreases (the standard deviations increase from 15 cm to 30 cm). If the baseline length increases the results became obviously worse: if the distance between the nearest CORS and rover increase to 10 km (tab. 3) the precision is two order of magnitude less than those obtained in tab. 1; over 10 km (tab. 4) these kind of instruments became not useful for precise positioning but can be only used for mapping or cartographic purposes.

Also the percentage of epochs with fixed phase ambiguities changes

Tab. 1. Results of performed test 2.5 km far from the nearest CORS.
Risultati dei test considerando la stazione permanente ad una distanza di 2.5 km dal rover.

Environment	Mean (m)			Standard Deviation (m)			Ambiguity status
	E	N	V	E	N	V	
open area	-0.04	0.03	0.05	0.02	0.02	0.05	98% fix – 2% float
harsh environment	0.29	0.35	0.56	0.15	0.12	0.18	39% fix – 68% float

Tab. 2. Results of performed test 5km far from the nearest CORS.
Risultati dei test considerando la stazione permanente ad una distanza di 5 km dal rover.

Environment	Mean (m)			Standard Deviation (m)			Ambiguity status
	E	N	V	E	N	V	
open area	0.02	-0.05	0.06	0.03	0.03	0.04	96% fix – 4% float
harsh environment	0.35	0.32	0.81	0.26	0.35	0.36	25% fix – 75% float

Tab. 3. Results of performed test 10 km far from the nearest CORS.
Risultati dei test considerando la stazione permanente ad una distanza di 10 km dal rover.

Environment	Mean (m)			Standard Deviation (m)			Ambiguity status
	E	N	V	E	N	V	
open area	0.26	-0.33	0.54	0.19	0.38	0.35	91% fix – 9% float
harsh environment	0.51	0.38	0.93	0.36	0.34	0.69	7% fix – 93% float

Tab. 4. Results of performed test 15 km far from the nearest CORS.
Risultati dei test considerando la stazione permanente ad una distanza di 15 km dal rover.

Environment	Mean (m)			Standard Deviation (m)			Ambiguity status
	E	N	V	E	N	V	
open area	-0.35	0.38	0.61	0.33	0.35	0.41	85% fix – 15% float
harsh environment	1.23	1.13	1.51	0.42	0.35	0.77	5% fix – 95% float

dramatically: even if in open-sky area the percentage is high in all cases (it starts from 95% at 2.5 km to 85% at 15 km), when a harsh environment is considered the behavior is very different: in the best case the ambiguities in 39% of epochs are declared as fixed, while in the worst case this percentage decrease up to 5%. This means that for topographic applications, the NRTK positioning with this kind of instruments became useless if the distance between master and rover is greater than 10 km. Despite that, the obtained results have proved that these instruments are useful for many other applications, such as navigation purposes and mapping, where the requested precision and accuracy are less than 2 m.

Particular attention was paid also for the so called time-to-fix (TTF): this is the time that a generic user must to wait before to have a fixed positioning in real-time. Considering all experiments made (tab. 5), the phase ambiguities are fixed in a time interval less than 3 min, even if in some cases some problems arise, especially if the distance between rover and master increase up to 10-15 km. Despite that, this time interval remains small and it is therefore acceptable for professional applications.

Tab. 5. Time-to-fix analysis.
Analisi del tempo di fissaggio.

Distance from nearest CORS	Mean TTF [s]	Max TTF [s]
2.5 km	45	110
5 km	73	182
10 km	156	273
15 km	192	> 300

5. *Conclusions*

Nowadays GNSS positioning is a common practice thanks to the diffusion of GNSS chipset in many devices, such as smartphones and tablets. With these kind of instruments it is possible to know the position almost everywhere, obviously if an outdoor scenario is considered. The problem is the precision and the accuracy of these positions: previous works (Manzino and Dabove, 2013; Dabove, 2014) have shown that considering sensors settled into these devices it is very difficult to reach accuracies less than 5 m, that are useful for low-precision applications, such as car navigation, but not for cartographic purposes. In this context, the present work has shown the impressive performances of mass-market GNSS instruments coupled with tablets. Thanks to their graphical display, they are preferable respect to smartphones, even if these last kind of instruments are more portable.

Considering short distances between the rover and the nearest CORS (2.5 and 5 km), the obtained results are very interesting: in open-sky area, the errors are less than 5 cm while they increase up to 30 cm in plan if an harsh environment is considered. If the baseline length increases up to 10-15 km the results became obviously worse: in these cases the obtained results have shown that these kind of instruments are not useful for precise positioning but, at the same time, they are still being used for mapping or cartographic purposes.

Summing up, this approach guarantee and accuracy less than 2 m even the nearest CORS is 15 km far from the rover but if this inter-station distance decreases the accuracy and precision are comparable with those obtainable with geodetic GNSS receivers almost for open-sky areas: in this case. This could be very interesting for mapping, cartographic and geographic purposes for the future.

Abbreviations

GIS: Geographic Information System
GNSS: Global Navigation Satellite Systems
NRTK: Network Real-Time Kinematic
L1: GPS single frequency
CORSs: Continuous Operating Reference Stations
SBAS: Satellite-Based Augmentation System
GPS: Global Positioning System
WAAS : Wide Area Augmentation System
RINEX: Receiver Independent Exchange Format
VRS: Virtual Reference Station
MRS: Multi-Reference Station
MAC: Master Auxiliary
FKP: Flächen Korrektur Parameter
NRT: Nearest station
IGN: Institut national de l'information géographique et forestière
TTF: time-to-fix

References

Bauer, C., 2013. On the (In-)*Accuracy of GPS Measures of Smartphones: A Study of Running Tracking Applications*, *Proceedings of 11th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM 2013)*, pp. 335-340.

Cina, A., Dabove, P., Manzino, A.M., Piras, M., 2014. Augmented Positioning with CORSs Network Services Using GNSS Mass-market Receivers. *2014 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*, 359-366.

Dabove, P., 2014. What are the actual performances of GNSS positioning using smartphone technology? *Inside GNSS*, 9 (6), 34-37.

Dabove, P., Cina, A., Manzino, A.M., 2016. *How is reliable a Virtual RINEX?* In 2016 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium, PLANS 2016; Savannah, GA; United States; 11 April 2016 through 14 April 2016; in press.

Dabove, P., Manzino, A.M., 2014. GPS & GLONASS Mass-Market Receivers: Positioning Performances and Peculiarities. *Sensors*, 14 (12), 22159-22179.

Euler, H.-J., Keenan, C.R., Zebhauser, B.E., Wübbena, G., 2001. Study of a simplified approach in utilizing information from permanent reference station arrays. *Proceedings ION GPS 2001,* 379-391.

Euler, H.J., Zelzer, O., Takac, F., Zebhauser, B.E., 2003. Applicability of Standardized Network RTK Messages for Surveying Rovers. *Proceedings ION GPS/GNSS 2003*.

Feng, Y., 2008. GNSS three carrier ambiguity resolution using ionosphere-reduced virtual signals. *Journal of Geodesy*, *82*(12), 847-862.

Fortes, L.P., Lachapelle, G., Cannon, M.E., Ryan, S., Marceau, G., Wee, S., Raquet, J., 2000. Use of a Multi-Reference GPS Station Network For Precise 3D Positioning in Constricted Waterways. *International Hydrographic Review*, 1 (1), 15-29.

Hoffmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E., 2008. *GNSS-GPS, GLONASS, Galileo and more*. SpringerWienNewYork. ISBN: 978-3-211-73012-6, 2008.

Landau, H., Euler, H.J., 1992. On-the-fly ambiguity resolution for precise differential positioning, *Proceedings of the 5th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 1992)*, 607-613.

Landau, H., Pagels, C., Vollath, U., 1995. Development and Implementation of a Centimeter-Accurate Real-Time-Kinematic Positioning System. *Proceeding ION-GPS-1995*.

Landau, H., Vollath, U., Chen, X., 2002. Virtual Reference Station Systems. *Journal of Global Positioning Systems*, 1 (2), 137-143. Retrieved October 25, 2011, from http://www.gnss.com.au/JoGPS/v1n2/v1n2pH.pdf.

Manzino, A.M., Dabove, P., 2013. Quality control of the NRTK positioning with mass-market receivers. *Global Positioning Systems: Signal Structure, Applications and Sources of Error and Biases*. Ya-Hui Hsueh, Hauppauge NY, U.S.A. , 17-40.

Retscher, G., 2002. *Accuracy Performance of Virtual Reference Station (VRS) Networks*, Journal of Global Positioning Systems, vol. 1, no. 1, pp. 40-47.

Teunissen, P., Joosten, P., & Tiberius, C.C.J.M. 2002. A comparison of TCAR, CIR and LAMBDA GNSS ambiguity resolution. In ION GPS, Vol. 2002, pp. 2799-2808.

Verhagen, S., Teunissen, P.J., 2013. The ratio test for future GNSS ambiguity resolution. GPS solutions, 17(4), 535-548.

Vollath, U., Landau, H., Chen, X., Doucet, K., Pagels, C., 2001. *Network RTK versus single base RTK-understanding the error characteristics*, in Proceedings of the 15th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Portland, Oregon, USA (pp. 24-27).

Wang, C., Feng, Y., Higgins, M., Cowie, B., 2010. *Assessment of commercial Network RTK user positioning performance over long inter-station distances*, Journal of Global Positioning Systems 9(2): 78-89.

Wübbena, G., Bagge, A., 2002. RTCM Message Type 59-FKP for trasmissine of FKP. Version 1. *GEO++ White paper n. 2002.01*. Retrieved from: http://www.geopp.de/download/geopp-rtcm-fkp59.pdf.

Wübbena, G., Bagge, A., Seeber, G., Böder, V., Hankemeier, P., 1996. *Reducing distance dependent errors for real-time precise DGPS applications by establishing reference station networks*, in Proceedings of the 9th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 1996), Kansas City, KS-USA.

These authors contributed equally to this work and should be considered co-first authors.

The authors would like to thank Ing. Emanuele Frisullo for his contribution to this work.

The measuring processes and equipment setup in System Quality and Occupational Safety & Health Risk Assessment

Paolo Bisio*
Paolo Fargione**
Luisa Maida**

* ASL AL – Servizio Prevenzione e Protezione – Di.S.Sal, Dip. Scienze della Salute, Università degli Studi di Genova, Italia
** DIATI, Dip. Ingegneria Ambiente, Territorio e Infrastrutture, Politecnico di Torino, Italia

*The result of any analytical process depends on input variables, which could have a critical impact on the result of the measurement; only a preventive management of such parameters can reduce the influence on the result of the measuring process. The "*Quality Assurance activities of Analytical Results*" covers all the activities aimed to grant the representativeness of the analytical result of the measured parameter, the equipment management and preliminary activities necessary to confirm the equipment adequacy to the intended use. The paper focuses on the setup and management of the measuring equipment, and, in the second part, on its pivotal importance for Occupational Safety & Health (OS&H) Risk Assessment. The main goal is the definition of a rigorous approach, to grant both maximum "data accuracy", and economic sustainability. The suitability of the equipment should result from a metrological confirmation process, involving the identification, with a frequency of monitoring adequate to every special situation, of Key Performance Indicators of the equipment operative conditions effectiveness and efficiency, taken into account the OS&H criticalities and the overall management costs.*

***Keywords**: Measuring Equipment Management, OS&H Risk Assessment, Worker's exposure measurements, metrological confirmation process, statistical control of process.*

***I processi di misurazione e il settaggio delle attrezzature in qualità di sistema e nella valutazione dei rischi per la sicurezza e salute occupazionali.** Il risultato di un processo analitico dipende da parametri di ingresso, che potrebbero inficiare il risultato della misurazione; solo una gestione preventiva di tali parametri può ridurne l'influenza sul risultato del processo di misurazione. Le "Attività di Garanzia della Qualità dei Risultati Analitici" coprono tutte le operazioni volte a garantire la rappresentatività del risultato analitico del parametro misurato, la gestione delle attrezzature e le operazioni preliminari necessarie per confermarne l'adeguatezza all'uso previsto. La nota pone l'attenzione sul settaggio e la gestione delle attrezzature di misura, e nella seconda parte, sulla loro importanza fondamentale nella Valutazione dei Rischi per la Sicurezza e Salute Occupazionali. L'obiettivo principale è la definizione di un approccio rigoroso, che garantisca sia la massima "accuratezza dei dati", sia la sostenibilità economica. L'idoneità delle attrezzature deriva da un processo di conferma metrologica, che prevede l'identificazione, con una frequenza di monitoraggio adeguata ad ogni situazione particolare, di Indicatori Essenziali di Prestazione di efficacia ed efficienza delle attrezzature nelle condizioni operative, tenuto conto delle criticità sulla Sicurezza e Salute Occupazionali e dei costi complessivi di gestione.*

***Parole chiave**: gestione delle attrezzature di misura, Valutazione del Rischio in OS&H, misurazioni per la valutazione dell'esposizione occupazionale, processo di conferma metrologica, controllo statistico di processo.*

1. System Quality and OS&H Risk Assessment

The assessment of the Quality Management Systems, according to the UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005 standard for "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories", requires a systematic examination of the information officially provided by laboratories, which should comply with both the basics of the management systems approach, and with the reference sub-standards special for each situation. In addition to the technical standards, some particular regulations standardize the interpretations and management/systemic behaviors, with an important direct impact on the cross competences.

The UNI EN ISO 10012:2004 standard for the "Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment" belongs to the above-mentioned category of regulations. The document is an important reference point for the rationalization in the management of equipment, covering the effectiveness (equipment suitability for the use) and efficiency (time & money savings in equipment management).

Where the definition of workers exposure conditions are involved, the measuring processes quality lays at the very base of an effective OS&H Risk Assessment, upon which correct decision making processes can lead to an effective Prevention. As shown in fig. 1, the Sampling and Analysis "bones" of the *Cause and Effect diagram* include the main causes conditioning the result quality in the measurement of an air dispersed pollutant concentration at a workplace.

2. Some metrological aspects[1]

A measuring system can consist of one or more components, more or

[1] The terminology is drawn from International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (ISO/IEC Guide 99:2007).

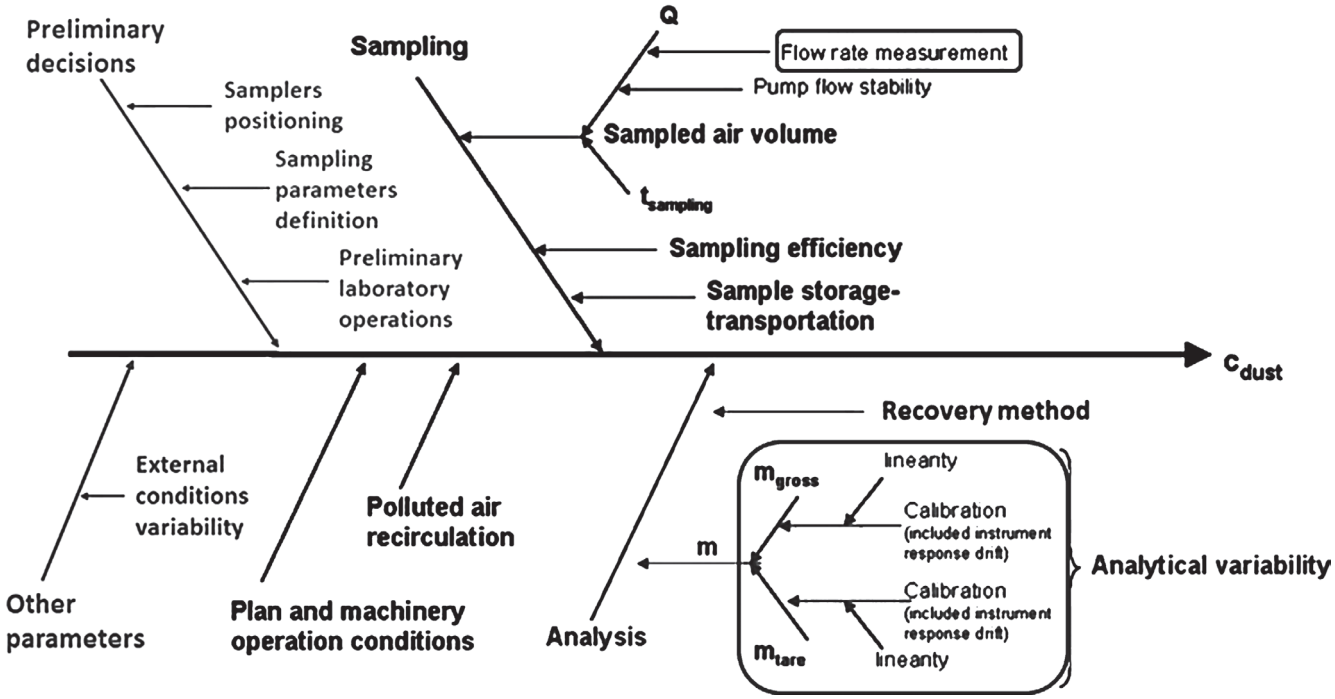


Fig. 1. The cause effect Ishikawa diagram on the causes of the uncertainties affecting the measure of the concentration of airborne dust in a working environment.
Diagramma causa/effetto di Ishikawa sulle cause di incertezza che influenzano la misura di concentrazione di polvere aerodispersa in ambiente di lavoro.

less complex, generally simplified as a measurement chain from the sensor to the transducer. Each element in the chain provides a measure of a particular *quantity* by the sensor, which measures the *measurand* (the quantity to be measured) up to the transducer, which shows to the operator, or records, the measured value.

Both the *measurand* and each *influence quantity* (measured by the components of the measurement chain and potentially affecting the relation between the indication and the measurement result) should have a specific calibration[2] and metrological traceability (Barbato, 2002). To grant the traceability of the final result, the calibration of every single quantity in the measurement chain would be necessary, with measurement standards of known values, traceable and with an uncertainty negligible with respect to the measurand uncertainty (Bo *et al.*, 2015). Usually, the manufacturer performs these calibrations and traceability tests during the initial set-up and check of the measuring system.

Measuring equipment calibration is the first step to achieve a metrological confirmation: to grant the suitability of a Measuring Equipment of known Metrological Characteristics – MCME for the intended use, in particular when the equipment condition can influence the final results, it is necessary to prove, through a confirmation procedure, the fulfillment of the Customer Metrological Requirements – CMRs.

The definition of a proper confirmation interval, ensuring also the approach efficiency, can take advantage of the concepts of the process statistical control, through the monitoring, with an adequate frequency and use of quality indexes, of some significant parameters, identified on the basis of a preliminary Risk Assessment.

The frequency of calibration and calibration checks should be based upon experience and literature suggestions (e.g. UNICHIM manuals series 177, covering the calibration of some influence quantities, usually monitored by the manufacturer in the initial installation phase, or during the Instrument Performance Verification (IPV) inspections).

A different approach to calibration and traceability is of common use in testing laboratories, which often adopt indirect methods. There, the calibration of a measuring system is carried out recording the relation between the transducer indications in correspondence of known values of the measurand, specified by *primary measurement standards* or otherwise determined by means of a measuring procedure with negligible uncertainty.

In the practice the verification

[2] Equipment calibration: the operation that, under specified conditions, establishes a relation between the quantity values with measurement uncertainties provided by measurement standards and corresponding indications with associated measurement uncertainties, and, in a second step, uses this information to establish a relation for obtaining a measurement result from an indication.

of calibration effectiveness for the influence quantities in the measuring chain, can however be of difficult implementation, mainly due to costs, use, maintenance and conservation problems.

3. Preliminary decisions

The following aspects should be preliminarily considered:

3.1. Customer Requirement

The Customer Metrological Requirements (CMR) are conditioned by the special target and context of the measurement (tab. 1).

Tab. 1. General aspects of Customer Metrological Requirements.
Aspetti generali dei Requisiti Metrologici Richiesti.

Measurement typologies	Control method	Example
Qualitative measurement (presence/absence)	Validation of the actual measurement on a product, providing information on the process quality	Drawings with values, dimensions and tolerances
Quantitative measurement (numerical verification)	Verification of the method used for the measurement (testing process/method)	– information on the testing method – measurements of known characteristics on reference materials during the different testing process phases

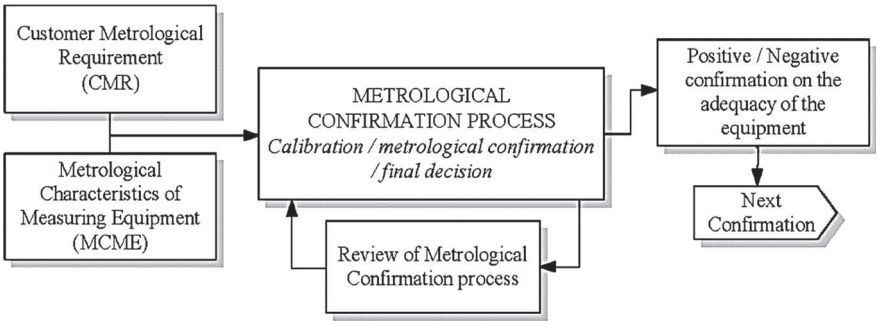


Fig. 2. Flow chart of a metrological confirmation process.
Diagramma di flusso del processo di conferma metrologica.

3.2. Characteristics of the measuring equipment

The Metrological Characteristics of the Measuring Equipment (MCME) are intrinsic of the measuring equipment, in terms of:
– architectural features, typical of the system and conditioning the achievable performances (e.g. readiness, resolution, sensitivity, etc.);
– characteristics, derived from the equipment architectural features, which make possible the use for measurements on objects external to the system itself (testing object or measurement standard).

4. Confirmation process

4.1. Confirmation process basics

The metrological confirmation process (fig. 2) deals with the measuring systems suitability for each intended use, and consist of:
– verification of the Metrological Characteristics of the Measuring Equipment;
– calibration of the measuring equipment;
– comparison of the calibration results with the necessary metrological requirements;
– final decision on the metrological confirmation (positive/negative).

The *measuring systems management* should comply with the ISO 10012:2003 Standard in terms of:
1. preliminary definition of a process aimed to grant the equipment suitability for the intended use and time span (*metrological confirmation interval*);
2. review of the measuring process to grant: a) constant performance quality of the measuring systems along the time, and b) progressive reduction of required resources (*measuring process efficiency*).

4.2. The traceability in the confirmation process

The metrological traceability derives from a documented uninterrupted chain of comparisons providing an appropriate connection between the measurement result and an official measurement standard.

Reference can be made to:
– a Calibration Accredited Laboratory, typically in the case of common laboratory equipment (scales, thermostats, flow meters, etc.). This can be the case of the analytical scale used for the gravimetric analysis of collected air dispersed particulates: a Calibration Accredited Laboratory calibrates the scale by means of different measurement standard mass, calibrated to certify the metrological traceability to the national measurement standard.
– to measurement standards or certified reference materials. In the case of complex chemical equipment, the traceability concept is more labile, anyhow bound to the use of Certified Reference Materials – CRMs.

4.3. Metrological confirmation interval and process efficiency

The Metrological confirmation interval is the time between two consecutive confirmations, established taking into account the following aspects:

1. the measuring systems should provide performances adequate to the measuring requirements along the time;
2. the risk related to inadequate results should always be kept to acceptable levels (Risk Analysis);
3. qualified personnel should periodically verify the activity;
4. the overall management costs should be acceptable.

The selection of the metrological confirmation interval depends essentially on the intrinsic features of the measuring instruments, and on the typology/frequency of their calibration. In the case of equipment requiring periodic calibration, the monitoring of significant instrumental parameters (MCME) vs control charts can provide intermediate calibration checks and grant the metrological confirmation. Hence, the identification and regular monitoring of the MCME can grant the correct functioning of the equipment, and reduce the necessary resources, thus improving the *process efficiency*. Such "indicators" should be easily measurable even by personnel not particularly qualified, but familiar with the equipment.

4.4. Risks analysis in the measuring and confirmation process

Nowadays, a limited number of guidelines are available to support laboratories to grant a proper condition of metrological confirmation (e.g. *ILAC G24 / OIML D10 (2007)* guide a general qualitative approach; *EA 4/10 – Annex D* guide recommends quantitative indications for particular equipment).

In wider terms, the selection of the characteristics to be monitored and the related monitoring frequencies should be based on the preventive assessment of the criticality of such characteristics and on their impact on the final result, a task which necessitates of a thorough Risk Analyses.

The basics on Risk Assessment and Management – RAM, refined for the OS&H analysis are summarized in tab. 2 (Borchiellini and Patrucco, 2013; Borchiellini *et al.*, 2015). The approach can be conveniently adapted to the Risks Analysis for any measuring and metrological confirmation process.

Tab. 2. Definition of Risk in OS&H.
Definizione di Rischio in ambito OS&H.

$R = M \cdot P = ED \cdot FC \cdot P \cdot n$

M =	potential loss consequent to the Unwanted Event occurrence expressed in general terms (e.g. m^2 of polluted areas, etc.);
ED =	seriousness of the possible damage (e.g. lost days from fatalities, etc.);
FC =	the possibility of interference (or contact factor), depending on the percentage duration of exposure to potentially dangerous situations or operations within the working cycle (e.g. % of a work shift, etc.);
P =	likelihood of occurrence of the Unwanted Event, which can be expressed in terms of probability;
n =	number of workers involved.

In particular, in the case of measuring processes, the method for the analysis of the Risks compromising the quality of measures should mainly consider:

– *Hazard Identification*: identification of factors which, taking advantage of a system vulnerability, could potentially cause alteration both on the intrinsic characteristics of equipment (MCME) and on the calibration, resulting in loss of metrological confirmation of the measuring system, and consequent non-compliance of the CMR;
– *Vulnerability*: Hazard Factors impacting on the measuring process through a system vulnerability can compromise the results quality. It is fundamental to eliminate/minimize every vulnerability of the system to impede disturbances on the measuring process;
– *Likelihood*: this concept is strictly linked to each Hazard Factor in terms of measurement scenarios and typology of hazard. In the case of the measuring devices architectural features, the components failure rates can be useful to evaluate the frequency of occurrence of the unwanted event (component failure);
– *Damage severity*: in the case, inadequacy of the equipment to comply with the CMR (due to loss of metrological confirmation of the measuring equipment). A measuring process, out of the metrological requirements, could cause "*tangible*" damages (e.g. economic losses) or "*intangible*" (e.g. Organization's image damage). In the case of measurements aimed to define the workers exposure to air dispersed pollutants in workplaces, tangible damages become particularly critical; an under estimation of the actual pollutant concentration implies the ineffectiveness of the resulting RAM, whilst an over estimation of the pollutant concentration involves both critical errors in the Risk Assessment and misdirected investments.

The implementation of this approach to each specific measuring scenario makes possible an in-depth Risk Assessment and Risks hierarchy definition, related to each Hazard factor, stating the consequences on the result deriving from the occurrence of the specific unwanted event. The evident complexity to achieve an in-depth Risk Assessment, in the considered scenario, makes difficult the consequent Risk Management, focused on the evaluation of the most suitable prevention and pro-

tection solutions aimed to ensure the compliance of the measures to the CMR. In this phase, a thorough examination of corrective actions, economic and human resources, and financial (costs/benefits) analysis are of paramount importance on the base of Organization Policy.

With reference to metrological confirmation aspects, therefore, it is evident the very close link between Risk Management and Measuring Process Management. The implementation of Risk Analysis to measuring process concerns:

– *the operational Risk*: execution of an analytical process by means of a measuring equipment in incorrect state of metrological confirmation;
– *the final purpose of measuring process results*: impact on OS&H Risk Assessment and Management (e.g. measurement aimed to workers exposure models definition), impact on strategic risks, risks related to contracts and regulations, image damage, financial risks, etc.

The quality on the OS&H Risk Analysis is strictly bound to the different typology, complexity and criticality of the measuring equipment. Tab. 3 summarizes a possible classification in homogeneous groups of the measuring equipment in relation to the metrological confirmation.

5. Acceptability limits and statistical control of effectiveness of a measuring process

The possible Risks involved by a lacking or improper check of measuring equipment are:

– instability of the instrumental response resulting in an unacceptable variability of analytical results (the standard deviation of repeated measures is high, due to the excessive dispersion of results);
– substantial stability of the instrumental response, but inaccuracy of the obtained results, due to systematic errors, not directly proportional to the investigated quantity, that become noticeable only in specific operative conditions.

Tab. 3. Possible measuring equipment classification.
Possibile classificazione delle attrezzature di misura.

Group	Definition	Description
C	**Low** impact equipment	Standard equipment not used for measuring and consequently not subjected to metrological confirmation. Generally, their correct management could be set up on the observance of manufacturer specifications and their monitoring during the use (magnetic stirrers, homogenizers/mixers, centrifuges, ultrasonic baths, refrigerators, etc.)
B	**Medium** impact equipment	Equipment that measure or monitor physical quantities, and, therefore, require metrological confirmation. The user, to comply the laboratory demand, specifies the requirements. The compliance is defined within metrological confirmation procedures, which meet the intended uses (scales, pH-meters, variable volume pipettes, thermometers, pumps, thermostats, thermostatic baths…)
A	**High** impact equipment	Complex instruments and computerized systems that require the status of metrological confirmation process. It is necessary to consider the intended use and the required performances, according to the indication of testing methods. The complexity of the metrological confirmation activities could requires experts support (AA, HPLC, spectrometer, …)

The possibility to reveal these deviations depends on the correct selection of MCME, and on the acceptability criteria established during the validation procedure, taking into account that too wide acceptability limits can be ineffective to draw out changes in the instrumental behavior, due to low sensitivity. If the number of available data is sufficient for a statistical validation, this approach provides information on the presence of identifiable causes of variability.

Hence, an accurate definition of the variability limits of the measuring process for the most significant parameters describing the correct state of metrological confirmation of the equipment is essential**.**

When the same test method defines the acceptability limits of the calibration and metrological confirmations, it should refer to these "guide values"; if the measurement result falls outside the control limits, some correction on the cause becomes necessary, to bring again the measurement within the acceptability limits.

An adequate number of data on the control of the "guide" characteristic makes possible the systematic removal of the falling out of limits causes: a continuous improvement is then achievable, aimed at the removal of abnormal situations, to bring / keep the measuring process under statistical control (ISO 7870-2:2013 "Shewhart control charts").

The result is a process accomplishing the statistical control, predictable in terms of capability to comply with the specifications, and requiring a reduced number/frequency (i.e. total time) of verifications (Juran and Godfrey, 1999).

The statistical control of a measuring process characterized by a *natural variability* (i.e. after the removal of the abnormal variability causes) is possible through:

– preliminary analysis of trends: graphic identification of possible data outward of the confidence limits;

– graphical analysis of variations: assessment of the absolute deviation of measured data (*measured data bias* – VIM) from the expected value, to identify possible systematic errors;
– the analysis *capacity* (function of the confidence limits, MCME and dispersion) and *centering* of the corresponding Gauss diagrams: a process is defined under control when the data belong to a normal distribution characterized by an average value similar to the guide value (an excessive difference between the two values indicates a systematic error, and the process could be not centered). Tab. 4 summarizes the commonly used process quality indexes.

Tab. 4. Process quality indexes.
Indici di qualità del processo.

1. C_p – process capability
defines the ratio between the difference of the specification limits and 6 times the standard deviation of the process:

$$C_p = \frac{(ULS - LLS)}{6\sigma}$$

ULS = Upper Limit of Specification;
LLS = Lower Limit of Specification;
σ = standard deviation or natural capacity of the process.

2. C_{pk} – shifted capability index
defines the actual performance of the process since it takes into account the gap between the mean and the nominal value:

$$C_{pk} = \frac{\min(ULS - average)}{3\sigma}; \frac{(average - LLS)}{3\sigma}$$

The relation between C_p and C_{pk} is significant only in the case of symmetrical specification; when C_p is diverted the following relation is always valid:

$$C_p \leq C_{pk}$$

C_p can be equal to C_{pk} exclusively in the case of one symmetrical specification value and values, revealed by the process, centered on the nominal value.

The benefits of the method becomes clear in the metrological confirmation for High-Resolution Mass Spectrometry – HRMS – or High-Resolution Gas Chromatography – HRGC. Such complex measuring devices require long-lasting calibrations, on large classes of analytes and the use of expensive reference measurement standards. The instrumental responses of high-resolution organic mass, used for dioxins and furans analysis in biological matrices (serum), are the significant metrological characteristics, selected and monitored, as intermediate calibration check, to prove the metrological confirmation of measuring instruments. Tab. 5 summarizes the measurement results for 1pg/µl con-

Tab. 5. 2,3,7,8 TCDD monitoring results.
Monitoraggio del 2,3,7,8 TCDD.

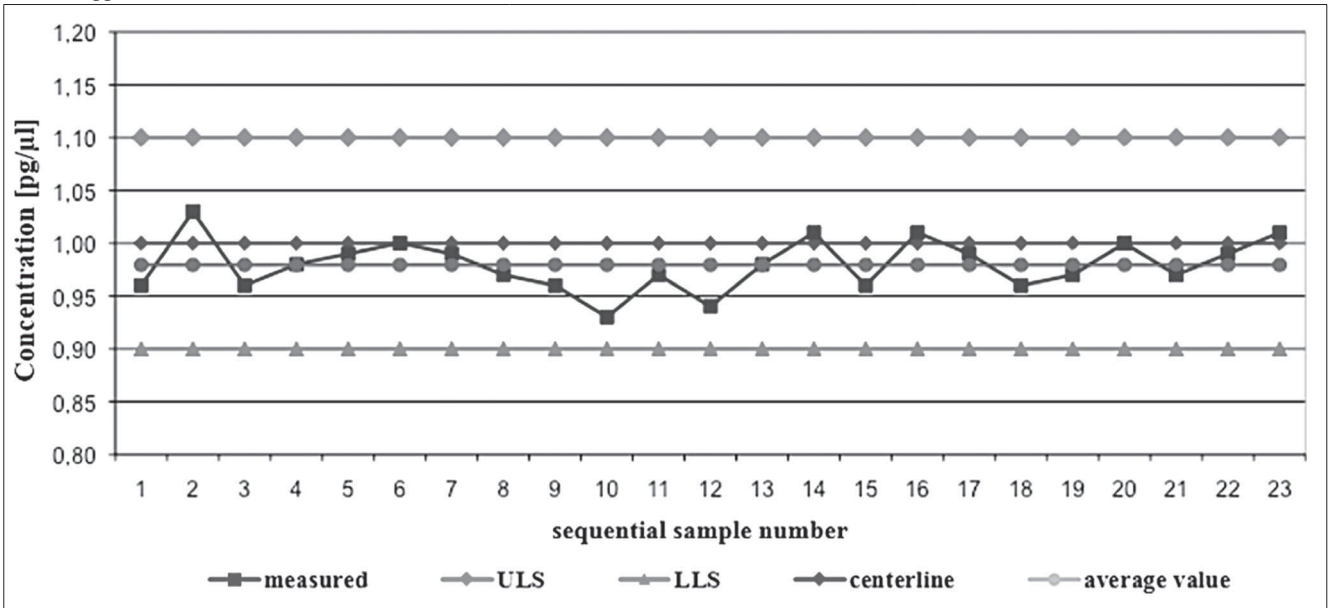


Fig. 3. 2,3,7,8 TCDD control charts.
Carta di controllo del 2,3,7,8 TCDD.

Statistical control parameters:

Average value = 0.9796 [pg/µl]	LLS = 0.90 [pg/µl]
standard deviation = 0.0242	C_p = 1.37
ULS = 1.10 [pg/µl]	C_{pk} = 1.65

centration of 2,3,7,8 TCDD (2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-dioxin). The value of Cp index (C_p >1.33) confirms the statistical control of the process. Since C_p and C_{pk} are different, process is not centered, however the contribution of bias is negligible compared to the Specification values defined (± 10%).

The implementation of the approach on the OS&H Risk Assessment is discussed below, where measuring systems, to define the workers exposure to air dispersed pollutants, are involved.

6. Relevance of the approach in the OS&H Risk Assessment and Management

The logical steps to achieve a thorough Occupational Risk Assessment and Management (drawn from *Group Ad Hoc – GAH*, European Commission) can be summarized as:

1. Risk Assessment strategy definition;
2. Hazard and Exposure Identification;
3. Risk Analysis;
4. Risk Assessment;
5. Risk Management;
6. Risk Assessment revision (in a quality approach).

The assessment of workers exposure to Hazard Factors (e.g. mechanical, physical, chemical, etc.) entails a careful definition of their exposure models (Carosso and Patrucco, 1994), usually based on the results of the measurement of critical parameters, and the definition of Contact Factors. This phase is particularly critical, since errors will inevitably lead to ineffective Risk Management.

To exemplify the discussed approach relevance, the Authors treat here the case of measurement operations aimed to quantify, through personal samplings, the airborne dust concentration, and to define the workers exposure model.

Tab. 6. Sampling and analysis instruments.
Strumentazione per campionamento ed analisi.

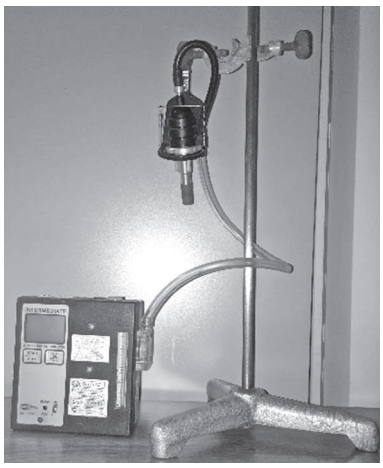


Fig. 4. Sampling line.
Linea di campionamento.

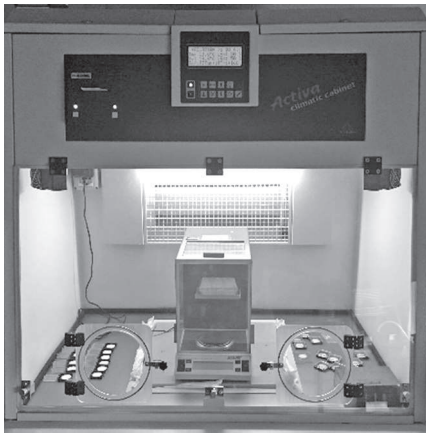


Fig. 5. Analytical scale in conditioning chamber.
Bilancia analitica in camera climatizzata.

The measurement devices characteristics and the sampling campaign organization are preliminarily defined with particular reference to the pollutant criticality (from no-fibrogenic reaction in the lungs, to carcinogenicity), the working activity pattern(s), and the boundary environmental parameters. The discussion of the measurement campaign results is then based on suitable techniques to ensure the representativeness of the final assumptions (Leidel *et al.*, 1977 & Tuggle, 1982), but obviously, the quality of the whole process depends on the quality of the input data.

Personal samplings consist of two main measuring operations:

– *Sampling*: by means of a sampling pump, the required air volume is drawn through a pre-selector containing a micro pore filter, which collects the dust;
– *Analysis*: to determine the quantity/nature of the collected pollutant. The filter is weighted before and after sampling by means of an analytical scale, to determine the mass of the collected dust. A preliminary conditioning of the filter in a special conditioning chamber makes comparable the humidity content of the filter before and after the sampling.

Considering in particular the sampling pump and the analytical scale (tab. 6), it becomes essential the definition of a proper *metrological confirmation interval*, to grant *metrological confirmation* state of measuring instruments during the use and *measuring process efficiency*. Consequently, the constant level of performance of the measuring systems, along the time, is proved, with also a progressive reduction of the involved resources and related costs.

Figs. 4 and 5 show the sampling line and the analytical scale in the conditioning chamber.

6.1. Analytical scale

The analytical scale for gravimetric analysis, belongs to the B Group (tab. 3), requires a metrological confirmation, arising from calibration and intermediate checks, possible by means of standard mass measurement. The mass measurement is the significant instrumental parameter to monitor (also due to its relation with measurements to be achieved and its steadiness along the time), verifying along the time that the measure remains inside the variability field suitable to measurement

Tab. 7. 2 mg mass monitoring results
Monitoraggio del campione standard da 2mg.

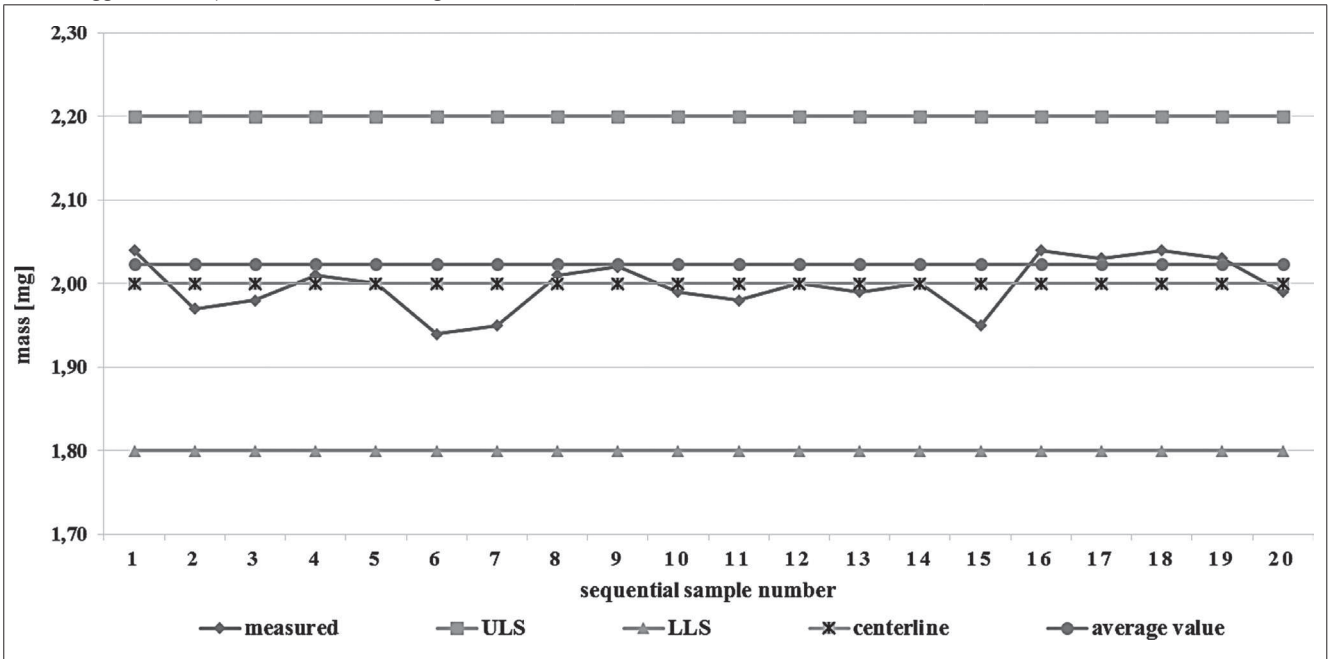


Fig. 6. 2 mg mass control chart.
Carta di controllo per il campione standard da 2 mg.

Statistical control parameters:

Average value = 1.99 [mg]
Standard deviation = 0.0305
ULS = 2.2 [mg]
LLS = 1.8 [mg]
C_p = 2.18
C_{pk} = 2.16

needs (Customer Metrological Requirement – CMR).

A gradual increase of the interval between two consecutive confirmations should take into account the critical OS&H purposes of measuring process results, in terms of potential under/over estimation of the actual pollutant concentration, in addition to the efficacy and efficiency of the process.

Hereinafter the variability of measurements of 2 mg mass (metrological characteristic "guide"), monitored by control chart (tab. 7), and the evaluation of quality indexes (C_p and C_{pk}), provides evidence of statistical control of process and metrological confirmation of the analytical scale.

The limits of specification are selected according to the analytical variability on gravimetric measurements, as suggested by UNICHIM Method 2010:2011 for the gravimetric analysis of respirable dust in workplaces.

From the intermediate calibration check results:

- quality index $C_p > 2$: the process is under statistical control (the process variability is lower than the variability allowed by specifications);
- since $C_p \approx C_{pk}$ the 99.9 % of data falls within the limits of specification;
- the analytical scale results in correct metrological confirmation condition and it is completely capable to ensure the required performances.

6.2. *Sampling pump*

The same procedure is applied to the sampling pump (B Group – tab. 3), where the airflow is the significant instrumental parameter to monitor; in particular, an airflow of 2.2 l/min represents the guide value. A primary flow meter, connected to the sampling pump, allows to collect a series of airflow measurements, being particularly careful to the boundary conditions on which the instruments guarantee the metrological requirements (humidity, pressure and pressure drop, temperature). The specification limits (± 5% of reference airflow) are suggested by specific Standards (UNICHIM 2010:2011). tab. 8 shows the measurement results and related indexes concerning the statistical control of the process.

The moderate variation of measured airflow is also due to the compensation flow system, into the sampling pump, giving constant flow (automatic adjustment range flow: ± 2%) in different backpressure conditions.

As for the analytical scale, some considerations result from the intermediate calibration check of sampling pump:

- quality index $C_p > 2$: the process is under statistical control (the airflow variability is lower than

Tab. 8. Airflow monitoring results.
Monitoraggio del flusso d'aria.

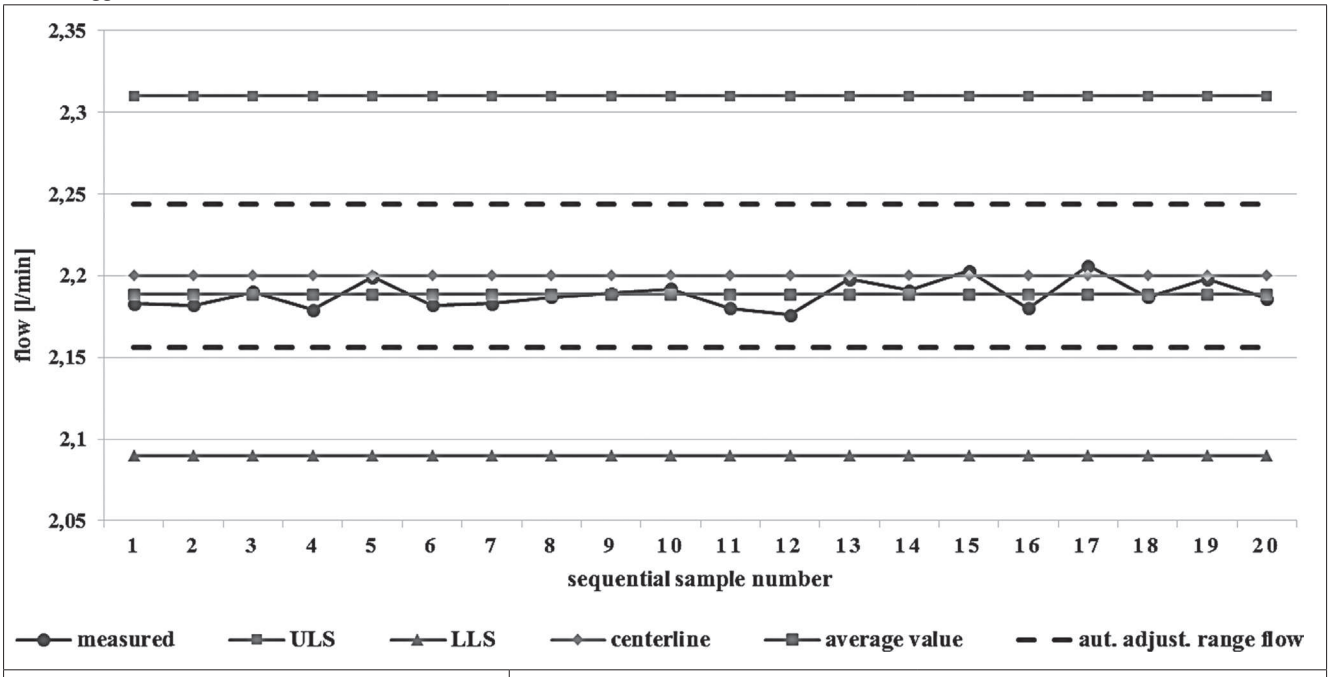


Fig. 7. Airflow control chart.
Carta di controllo del flusso d'aria.

Statistical control parameters:

Average value = 2.19 [l/min]
Standard deviation = 0.0085
ULS = 2.31 [l/min]
LLS = 2.09 [l/min]
C_p *= 4.31*
C_{pk} *= 3.86*

the variability allowed by specifications);
- $C_p \neq C_{pk}$: the process is not centered;
- the sampler is capable to ensure the required performances, being in metrological confirmation condition.

7. Conclusion

If a process remains under statistical control along the time, the equipment calibration could be postponed to important maintenance interventions, or when the equipment performances will no longer be adequate to the analytical requirements of the specific analysis. In such a condition, a compromise between the correct Risk Management and the process efficiency ensures the CMRs and then the regular performance quality of the measuring systems.

In the case of measurement systems involved in OS&H Risk Assessment, the quality of results is essential, since the measurement results are essential decision-making tools, both in the definition of workers exposure models and in the selection of technical and work organization prevention solutions. Therefore, the use of suitable measuring systems for the intended use, in terms of correct metrological confirmation condition, and the appropriate metrological confirmation interval become of pivotal importance.

References

Barbato, G., 2002. *Misurare per decidere – Misura e statistica di base.* Società Editrice Esculapio s.r.l., Bologna.

Bo, M., Clerico, M., Pognant, F., 2015. *Cone-calorimeter tests of rice dusts explosiveness.* Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 146, pp. 15-22. ISSN: 1121-9041.

Borchiellini, R., Maida, L., Patrucco, M., Pira, E., 2015. *Occupational S&H in the case of large public facilities: a specially designed and well-tested approach.* Chemical Engineering Transactions, 43, pp. 2155-2160. DOI: 10.3303/CET1543360.

Borchiellini, R., Patrucco, M., 2013. *The safety in the Universities: the specific aspects of the problem (in Italian),* in: International Forum on OS&H at industrial and construction sites, 11 May 2013, Turin, Italy.

Carosso, G., Patrucco, M., 1994. *Airborne dust pollution and workers exposure conditions at an Italian cement production unit: measurements results and analysis attempts*, in: 4th Symposium on Respirable Dust in the Mineral Industries, 8-10 novembre 1994, Pittsburgh (USA).

Group Ad Hoc – EEC Working Group – project 5196/94PA – 5/7/94.

Juran, J.M., Godfrey, A.B., 1999. *Juran's Quality Handbook,* McGraw-Hill.
Leidel, N.A., Busch, K.A., Lynch, J.R., 1997. *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual,* National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio.
Tuggle, R.M., 1982. *Assessment of occupational exposure using one-sided tolerance limits.* American Industrial Hygiene Association Journal, 43 (5), pp. 338 – 346. DOI: 10.1080/15298668291409839.

References to technical standards

ISO 7870-2:2013 "Shewhart control charts".
UNICHIM 2010:2011 "Ambienti di lavoro. Determinazione della frazione respirabile delle particelle aerodisperse. Metodo gravimetrico"
CEI UNI 70099: 2008. "International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)".
ISO/IEC Guide 99:2007(en) "International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)".
ILAC G24 / OIML D10:2007 "Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments".
UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories".
UNI EN ISO 10012:2004 "Sistemi di gestione della misurazione – Requisiti per i processi e le apparecchiature di misurazione.
ISO 10012:2003. "Measurement Management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment".
EA-4/02 European co-operation for Accreditation, 1999. "Expression of the uncertainty of measurement in calibration".

Sitography

NIOSH – National Institute on Occupation Safety and Health http://www.cdc.gov/niosh/topics/ptd/ accessed 01/07/2016
OSHA – Occupational Safety & Health Administration https://www.osha.gov accessed 01/07/2016
ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists http://www.acgih.org/ accessed 01/07/2016

Acknowledgments

The authors express their gratitude to Prof. Patrucco for his kind cooperation, patience and wise suggestions.

Forensic Investigation techniques contribution in the Occupational Safety & Health Risk Assessment and Management

Romano Borchiellini*
Paolo Fargione**
Luisa Maida**
Mario Patrucco**
Paolo Piantanida***
Enrico Pira****

* DENERG, Dip. Energia, Politecnico di Torino, Italia
** DIATI, Dip. Ingegneria Ambiente, Territorio e Infrastrutture, Politecnico di Torino, Italia
*** DISEG, Dip. Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino, Italia
**** DSSPP, Dip. Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, Università degli Studi di Torino, Italia

Occupational Safety and Health – OS&H – Risks Assessment and Management is a particularly demanding task: the European Directives – and the derived Italian laws and regulations – stress the importance of a pro-active approach, the one able to reach effective results.
To simply focus on localized situations, and carry out a bird's-eye survey cannot ensure a systematic evaluation of the operating contexts in complex settlements such as the Large Public Facilities, where the most serious criticalities are not of direct identification.
The paper – developed within The General Safety Issues and Goals in Turin Universities *research program, funded by Politecnico di Torino, discusses a special sub-part of the well-tested Guideline set up, for Large Public Facilities, in cooperation between Politecnico di Torino and Università degli Studi di Torino, aimed to grant a sufficient detail in the aforesaid situations. The approach is based on an original development for OS&H Risk Assessment and Management of some Forensic Investigations techniques for a thorough Hazard Identification on shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces, and on their not-operative content.*
The analysis of some case histories confirms the effectiveness of the approach in terms of completeness and repeatability, and makes possible to draw suggestions on the selection of the better investigation technique in different scenarios.
***Keywords**: Occupational Risk Assessment and Management, Occupational Safety and Health, Hazard Identification, shell, services and interior spaces analysis, Forensic Investigation techniques, Forensic Engineering, Canvassing techniques.*

***Il contributo delle tecniche di investigazione forense per la valorizzazione e gestione dei rischi per la sicurezza e salute occupazionali.** La Valutazione e Gestione dei Rischi per la Sicurezza e la Salute nei luoghi di lavoro è un compito particolarmente impegnativo: le Direttive Europee – e i relativi recepimenti italiani – sottolineano l'importanza di un approccio pro-attivo, in grado di raggiungere risultati efficaci.*
Concentrare gli sforzi su situazioni localizzate, con analisi speditive non può garantire una valutazione sistematica dei contesti operativi in scenari complessi come le Grandi Strutture Pubbliche, dove le criticità più gravi non sono di immediata identificazione.
La presente nota – che si inserisce nell'ambito delle attività di ricerca inquadrate nella tematica generale di ricerca Occupational Risk Assessment e Management in coerenza con la Linea Guida Condivisa PoliTo-UniTo – supportata dal Politecnico di Torino, focalizza l'attenzione su una sotto fase applicativa della Linea Guida, messa a punto e validata per le Grandi Strutture Pubbliche in collaborazione con il Politecnico di Torino e l'Università degli Studi di Torino, in grado di conferire un adeguato approfondimento di analisi nelle situazioni suddette. L'approccio si basa su un adattamento originale di alcune tecniche di Investigazione Forense a supporto dell'individuazione dei fattori di pericolo legati a unità tecnologiche, servizi, unità ambientali ed al loro contenuto in condizioni non operative.
La disamina di una serie di casi studio mostra l'efficacia dell'approccio in termini di completezza e ripetibilità e fornisce suggerimenti sulla scelta della tecnica di investigazione più idonea nei differenti scenari.
***Parole chiave**: Valutazione e gestione dei rischi occupazionali, sicurezza e salute occupazionali, identificazione dei fattori di pericolo, analisi delle unità ambientali e tecnologiche e servizi, tecniche di investigazione forense, ingegneria forense, tecniche di canvassing.*

Foreword

OS&H Risk Analysis involves the identification of hazards in a system and the evaluation of possible scenarios leading to unwanted consequences.

The research program *The General Safety Issues and Goals in Turin Universities* – TGSIGTU –, supported by Politecnico di Torino, was established with the specific aim to support, through a rigorous scientific approach, the improvement of knowledge on OS&H, and the diffusion of the Culture of Safety.

The hazard analysis phase is a very important part of the Risk Assessment and Management process: fig. 1 summarizes step by step (1 ÷ 6) the approach proposed by *Group Ad Hoc* (EEC-GAH, 1994).

1. The importance of an effective Hazard Identification

Risk analysis relies on a structured and systematic approach, starting from the Hazard and Exposure Identification phase, characterized by the largest potential for errors due

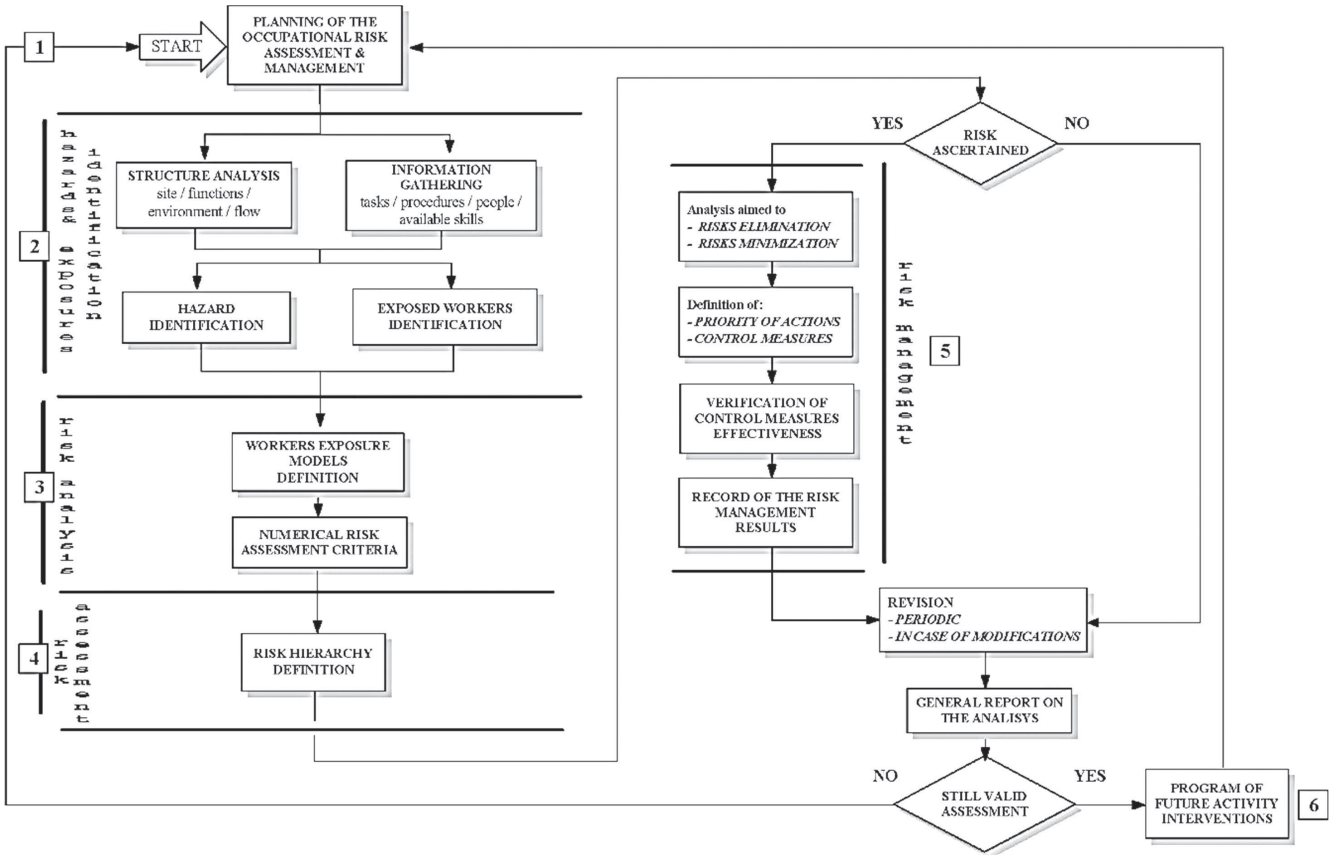


Fig. 1. Risk Assessment and Management phases according to the EC GAH document.
Fasi di Valutazione e Gestione del Rischio secondo l'approccio del EC GAH.

to a poor identification of hazardous agents/materials characterizing the process. The correct definition of the exposure model for each worker involved in the system depends firstly on a correct Hazard Identification: obviously, in the case of undetected or underestimated Hazard Factors (e.g. we identify the presence of airborne dust, but don't investigate its composition), the result is an incomplete Risk Analysis misleading the Risk Assessment and Management phases.

In order to develop an effective Hazard Identification, it is essential to investigate the following aspects:

1st: shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces and their not-operative content, obviously pre-conditioning both the OS&H conditions, and the selection of prevention measures for normal and emergency situations;

2nd: the productive activities at the workplaces, which should be designed and organized in coherence with the above.

The target of the Hazard Identification techniques is to identify potential Hazard Factors or events related to deviation conditions potentially leading to Risk scenarios, and reduce the chance of missing possible hazardous events.

This phase is also a basic part of the Quality Management of process and systems (hence, the revision of Hazard Identification process when system changes occur should never be underestimated).

In any case, the approach adopted should comply with the basic requirements of Hazard Identification, as suggested e.g. in *Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineering, 2008*. In particular:

a. the analysis of the process variables and deviations should lead to design tailored solutions also including the emergency aspects;
b. an analysis based on a logic sequence of functional discretization of the system in key points minimizes the risk of missing some Hazard Factors;
c. the logical breaking up of every complex operation into a number of basic ones enables a thorough understanding of the system criticalities;
d. finally, an unbiased, systematically updated documental/technical information sharing is of pivotal importance for "historical memory" of the analysis approach and results along the time, and to satisfy the exigence of a Systemic Information System, open to the decision makers and safety staff.

Points b. and c. cover both the technological aspects (e.g. a combination of machines constituting a production line), and the total duration of productive operations aimed to complete a complex operation (e.g. Work Breakdown Struc-

ture, tasks and sub-tasks in a Gantt Chart).

Moreover, where the target is the Safety analysis of shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces and their not-operative content, the approach suggested in point b. becomes of particular relevance.

2. Can Forensic Investigation techniques be useful for OS&H Hazards Identification?

The use of not repeatable and not formalized Risk Assessment approaches is a typical and somehow underestimated problem, the more in the present industrial and occupational context, characterized by dramatic technological and socio economic changes: even if at first glance this can appear a "simplification"[1] of the procedure, the consequences may become important in terms of:

– poor Risk Management, due to undetected leaks in the Hazard Identification completeness;
– difficulties in the comprehensiveness of the results deriving from a not systematic approach;
– impossibility to repeat and confirm the investigation, due to lack of information on the used criteria.

Moreover, this "simplification" often implies a total subjectivity in the survey, based at best on the analyst's experience and knowledge of the system, and not supported by objective data, i.e. to totally arbitrary risk matrices.

It is then clear that the only correct way to conduct an exhaustive Hazard Identification, coherent with a scientific approach, should start (fig. 2) from a thorough analysis – based on real evidences – on the Safety characteristics of shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces and their not-operative content, in absence of production and workers, to avoid interferences with the analysis (to discuss the OS&H operative aspects in a physical context of unverified safety is simply meaningless). The procedure and final result, including the possibility to derive checklists usable for subsequent checks on the state of conservation of the achieved Safety level by personnel not particularly skilled in OS&H, are summarized in the flowchart of fig. 3. The present paper provides a contribution to the development of Box 1 of fig. 2.

The aforesaid considerations led the Authors to evaluate the possible use of the techniques typical of the Forensic Science – known as "Canvassing" techniques – to improve the completeness of the analysis in this OS&H Hazard Investigation phase.

Forensic Science (Miller, 2011) covers many different fields of science, including engineering. Generally, the purpose of a forensic tech-

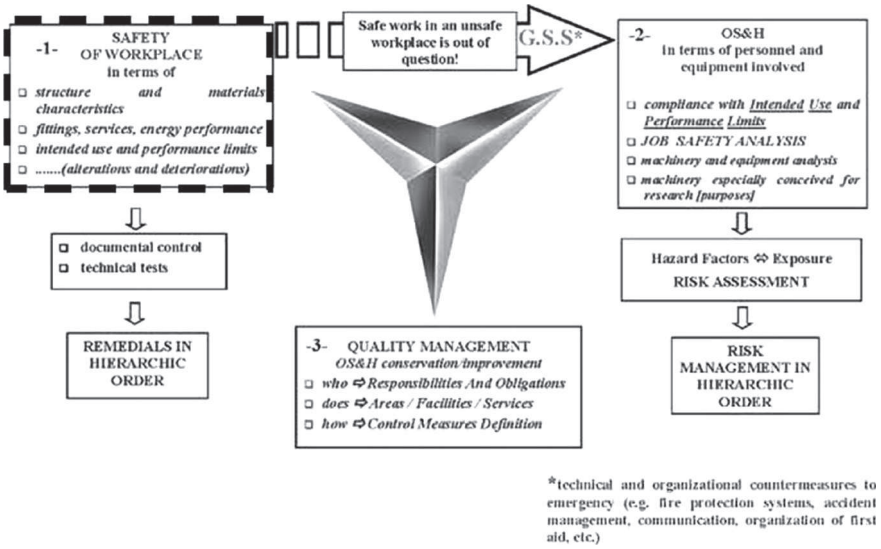


Fig. 2. A well-tested approach to the OS&H Risk Assessment and Management.
Un approccio consolidato per la valutazione e gestione dei rischi per la sicurezza e salute occupazionali.

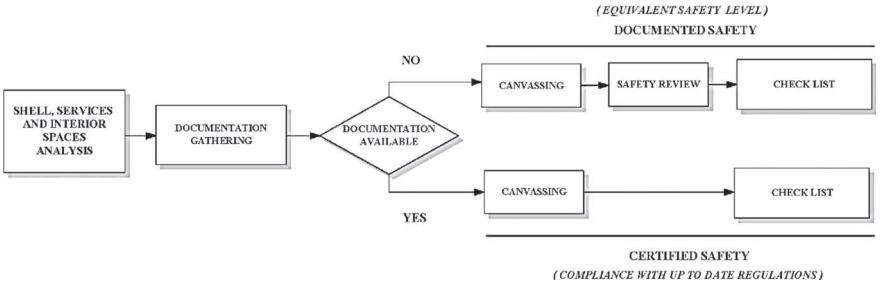


Fig. 3. Procedure and results of the analysis of shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces and their not-operative content.
Procedura e risultati dell'analisi di unità tecnologiche, servizi, unità ambientali ed del loro contenuto in condizioni non operative.

[1] The 89/391 EEC Directive, art.9, 2, stated *"Member States shall define, in the light of the nature of the activities and size of the undertakings, the obligations to be met by the different categories of undertakings in respect of the drawing-up of the documents provided for in paragraph 1 (a) and (b) and when preparing the documents provided for in paragraph 1 (c) and (d)"*. It is an obvious simplification of bureaucracy, sometimes misinterpreted to the detriment of the OS&H Risks Assessment and Management.

nical investigation is to find out the causes of failure, or to support courts in determining the Root Causes and responsibilities of an event, through a sound reconstruction of the intermediate events path.

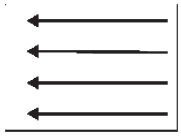
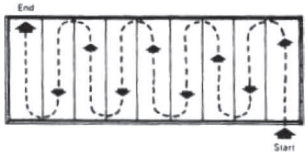
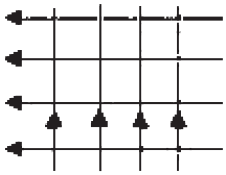
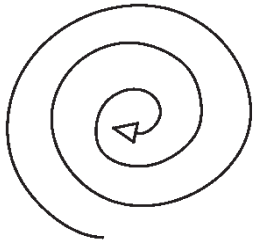
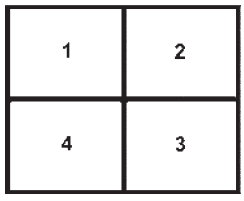
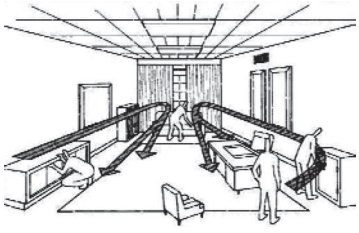
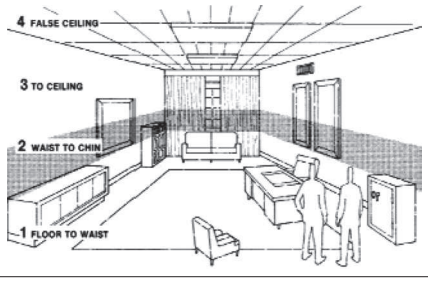
OS&H, a typically multidisciplinary science, can benefit from Forensic Science techniques to improve the workers Safety and Health conditions, through processes aimed to enhance the performance or life of critical components, or to interrupt the chain of events leading from the Root Causes to work related accidents. This obviously requires a preliminary thorough understanding of the event chain which led to the accident (Demichela *et al.*, 2011, Luzzi *et al.*, 2015 & De Cillis *et al.*, 2015).

3. *Main Forensic Investigation techniques and their special evolution to support OS&H Risk Assessment*

Tab. 1 summarizes the main search modes for evidence gathering typically used in the forensic investigations (International Association of Chiefs of Police and the Federal Law Enforcement Training Center, 2010). Some of the proposed techniques (lines d. and f.) suggest functional volumes discretization methods, others (lines a., b., c. and e.) provide guidance on how the site investigation should be performed: both the goals are clearly coherent with the basic requirements of Hazard Identification as afore discussed.

Having acknowledged the potential of Forensic Investigation techniques, the Authors started a preliminary study on special adjustments to make them fully fit to improve the completeness of the Hazard Identification phase on shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces and their

Tab. 1. Main search modes for evidence gathering.
Principali metodi di ricerca per la raccolta delle prove.

technique	geometric pattern	search mode
a. lane search	 strip  wavy line	Personnel will stand in one long line and move forward together to avoid missing areas. Stakes and string can also be used to create "lanes" for which each member of the team would be responsible. When a suspected piece of evidence is located, the Team Leader is informed before any action.
b. grid search		Similar to a strip search, the investigation is conducted by completing a lane search in one direction and then completing a lane search in the perpendicular direction. This is the most thorough search technique because the same area is searched twice by a grid pattern format.
c. spiral search		Spiral search involves a spiral into (inward) or out from (outward – as in figure) a crime scene. For crime scene, a practical disadvantage with outward spiral searches is the evidence may be destroyed as the searchers move to the center of the crime scene area to begin their outward search.
d. zone search		Area to be searched is divided into zones or sectors. Each person is assigned a sector to do a thorough search. The sectors can then be searched by another team member, if necessary.
e. overlapping search		The Team Leader should observe and supervise the search, while other team members perform the investigation of the area. With an overlapping search items are unlikely to be missed.
f. zone elevation search		This type of search is used where evidence may be on the walls or in the ceiling. Only one elevation zone should be checked at a time.

not-operative content (equipment included[2]).

The original adjustments covered in particular the following aspects:

1. our target is the Hazard Identification, not the reconstruction of the dynamic of unwanted events;
2. the search should start from available documentation[3];
3. the selection of the most suitable Canvassing technique depends on the typology of working environment also in terms of spatial configuration, furniture and operative context.

In the OS&H context, special combination of volume discretization and way-of-look-for techniques, taking advantage of the most useful peculiarities of each technique, can contribute to achieve an exhaustive analysis.

This concept becomes apparent in the case of the *Zone Elevation Search*: this method could be used as reference technique in each combination, since it allows extending the search to the volume in compliance with the investigation needs.

For OS&H applications, this technique was improved to:

– ***Zone Split 3D***, essential to distinguish in the same volume sub-zones characterized by parameters that require a homogeneous approach. A *Zone Split 3D* preliminary discretization based on well-founded assumptions can simplify each volume to be searched, and avoids errors due to subjectivity, slapdash or bureaucratic decisions. Correct results are for instance:
  – the division of a large settlement in independent modules, each of them in certified or equivalent safety for fire emergencies;
  – the division of each module in floors, and not by intended use (workshops, offices, etc.), the latter neglecting the layout and conditioning of general fittings and technical-organizational countermeasures to emergency, and the possible interference criticalities.
– ***Zone Elevation Split***, used for the discretization of the volume to be searched. The use of some reference points and landmarks is strongly recommended, since it facilitates both the spatial discretization and the record of points of interest. The availability of computer assisted georeferencing image processing techniques, based on image adjustment algorithms developped for images digitizing elaborations (Cina, 2015), can be very useful both for the investigation, the results record and the sharing phases.

Finally, the selection of the most suitable method to carry out the site investigation depends on a number of factors of difficult standardization, such as the geometrical characteristics of the investigated volume, the presence of fittings, equipment, furniture, etc. In the following pages, the Authors discuss the results achieved in a number of typical sites, and provide suggestions on the most efficient techniques combination. Special care is devoted to the case of Large Public Facilities, and in particular to the case of Universities.

4. In situ tests of Forensic Investigation techniques in Large Public Facilities

Large Public Facilities show various operative contexts and a variety of different hazardous scenarios, both in terms of working environments and performed activities. Hence, it is necessary to adopt special Risk Assessment and Analysis approaches to evaluate and manage the particular criticalities of such systems.

The cooperation of experts of Politecnico di Torino and Università degli Studi di Torino made available a special Guideline for the Occupational Risk Assessment and Management of employees and students (Borchiellini *et al.*, 2015): the present research work contributes to the improvement of a sub-part of the Guideline, specially devoted to the analysis of the shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces, and on their not-operative content (box 1 of fig. 2.).

The Authors carried out a series of tests in offices, classrooms, laboratories and workshops of Politecnico di Torino, selected as pilot sites representing typical environments, to practically verify the real user friendliness and the effectiveness of the proposed evolution of the Forensic Investigation techniques in the special case of Large Public Facilities.

Tabs. 2, 3, 4 and 5 summarize the results of the tests, and some considerations concerning the benefits/limits of each discretization and way-of-look-for technique.

5. Conclusion

The application tests of Forensic Investigation techniques to support the OS&H Hazard Identification make possible some suggestions

[2] In this particular case the term "equipment" includes any machine, apparatus, tool or system, forming complex machines, equipment and components necessary for the implementation of a production process, destined to be used at work (from the Italian enforcement of the EC Directives D.Lgs 81/08 s.m.s. art. 69 lett.a.) also including machinery specially designed and constructed for the purpose of research.

[3] In the case of settlements of old construction, for which no exhaustive documentation is available, the Hazard Identification can be supported e.g. by a Safety Review approach, in coherence with the suggestions of the PoliTo-UniTo Guideline for the Occupational Risk Assessment and Management.

Tab. 2. In situ test 1.
Test in situ 1.

Site: **Offices**

Fig. 4. Panoramic image of one of the investigated offices.
Panoramica di uno degli uffici esaminati.

Discretization: the *Zone Elevation Split* proved to be of simple application, but the *Zone Split 3D* did not give special advantages, since the reduction of an homogeneous and limited volume into sub-volumes provided no more information.
Suggested discretization: ***Zone Elevation Split.***
Search modes: the *Grid Search* results excessive: the search patterns result too dense. The same problems occur with the use of *Spiral Search*, more difficult for the presence of furniture. Hence, the best technique is the Strip Search.
Suggested search modes: ***Strip Search.***

The method at a glance

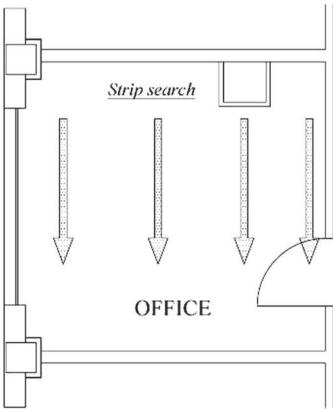


Fig. 5. Layout of the office.
Planimetria dell'ufficio.

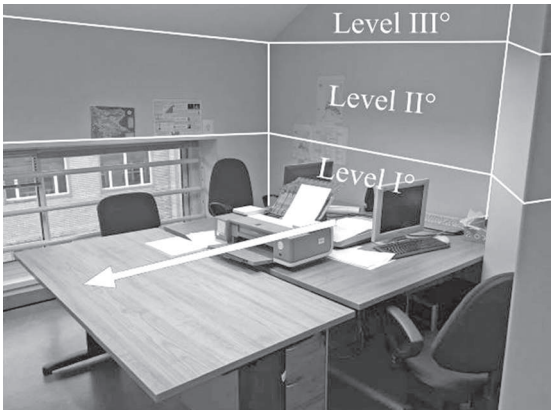


Fig. 6. Office discretization and search method.
Metodi di discretizzazione e ricerca per l'ufficio.

Special benefit of the method

Fig. 7. Point of interest.
Punto di interesse.

Considerations: the *Zone Elevation Split + Strip Search* combines simple application and in-depth analysis of the area in a systematic way. This approach permits an effective Hazard Identification of some potential hidden criticalities (fig. 7).

on their useful contribution in the workplaces Safety Analysis, and on the logistic and operative parameters somehow conditioning the selection of the most suitable technique.

Thanks to the good results achieved, these techniques can be considered effective, appreciably rigorous and useful to support the Hazard Identification activities.

The following positive aspects of the Canvassing techniques can be highlighted.

a. *for the use in OS&H field, the canvassing is essentially intended for the analysis of shell, services and interior spaces of settlements containing workplaces, and on their not-operative content in absence of production and workers, to avoid interferences and alteration of the boundary conditions;*
b. *the analysis is independent on the nature of the critical issues and their subsequent management, and therefore can be defined "aseptic";*
c. *the use of the Canvassing techniques avoids incurring errors due to the judgment subjectivity of the analyst, who may act in accordance with his own preconceived and possibly misleading Attention Index criteria;*
d. *the Canvassing techniques make possible a thorough referencing of the results, the detail depending on the quality and suitability of the storage and sharing systems available (in the case of Politecnico di Torino, which*

Tab. 3. In situ test 2.
Test in situ 2.

Site: **Research Laboratories**

Fig. 8. Panoramic image of one of the investigated laboratories.
Panoramica di uno dei laboratori esaminati.

Discretization: the application of *Zone Split 3D* is necessary to separate the zone assigned to measuring equipment preparation and results processing and archiving from the laboratory area, characterized by different intended uses and criticalities; for each sub-volume it is necessary a further discretization by means of the *Zone Elevation Split* technique.

Suggested discretization: ***Zone Split 3D + Zone Elevation Split.***

Search modes:

Zone for the measuring equipment preparation and results processing and archiving: this context results critical due to the presence of equipment, particular materials and tools. For these reasons:

– *Grid search* model is of difficult implementation due to some cramming of furniture;
– the application of *Wavy Line* search is problematic for encumbrance and tightness of the environment;
– *Overlapping Search* results too expensive also for the involved resources (the technique requires at least 3 operators).

In this context the *Spiral* or *Strip* searches allow to achieve a thorough analysis with good results.

Research Laboratory:

– the application of the *Grid* and *Strip* searches can lead to loss of important pieces of information, e.g. due to the presence of critical hidden zones behind the various equipment;
– the use of *Wavy Line* search is difficult due to encumbrance problems and the tightness of the environment;

The *Overlapping search* can be the most suitable technique in such a complex scenario, since more operators perform the investigation of the whole environment. In such a way, Hazard Factors are unlikely to be missed.

Suggested search modes: ***Spiral or Strip for the measuring equipment preparation and results processing and archiving zone; Overlapping search for laboratory.***

The method at a glance

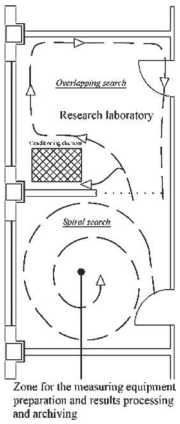


Fig. 9. Layout of the Lab.
Planimetria del laboratorio.

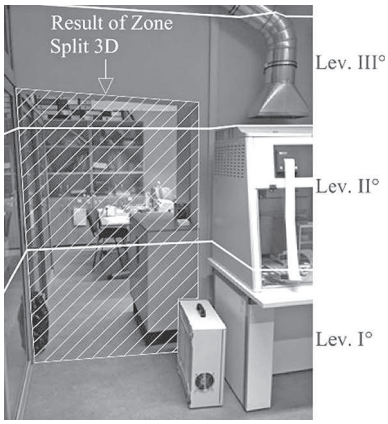


Fig. 10. Zone Split 3D result.
Risultati della Zone Split 3D.

Special benefit of the method

Fig. 11. Hidden zone.
Zona nascosta.

Fig. 12. Poor organization.
Scarsa organizzazione del lavoro.

Considerations: the combination of the *Zone Elevation Split* and the *Overlapping Search* in such a complex contest permits multiple analysis of the potential criticalities, and reduces the possibilities of incompleteness of results: e.g. to overlap the same area by more than one operator reduces the risk of skipping some Hazard Factors.

Tab. 4 In situ test 3.
Test in situ 3.

Site: **Classrooms**

Fig. 13. Layout of one of the investigated classrooms.
Panoramica di una delle aule esaminati.

Discretization: the *Zone Split 3D* results useful especially for the definition of homogenous volumes (desk zone, blackboard zone, etc.). In each identified volume the *Zone Elevation Split* is applied. This combination ensures the completeness of the analysis.
Suggested discretization: ***Zone Split 3D + Zone Elevation Split.***
Search modes:
The search method depends on the specific configuration of each sub-volume previously identified.
Students zone: the *Grid* and *Spiral* searches are poorly applicable due to particular desks layout. The *Strip Search* seems to be tailored for the students zone, thanks to its suitability to the linear layout of the desks.
Lecturer zone: as in the desk zone the *Strip Search* appears suitable. A good alternative could be the *Wavy Line Search,* due to the more complexity (in terms of devices and systems) of this volume if compared to the students one.
In order to ensure the continuity in the analysis of the fittings, a *Strip Search* in the border areas could be useful; for the devoted analysis of identified plants and fittings a special Hazard Identification technique will then be used.
Suggested search modes: ***Strip search for the students zone; Strip or Wavy Line search for the lecturer zone.***

The method at a glance

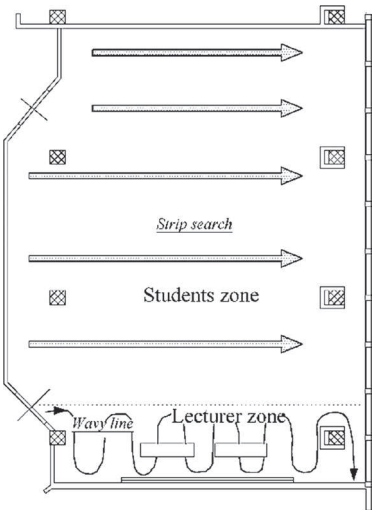


Fig. 14. Layout of the classroom.
Planimetria dell'aula.

Special benefit of the method

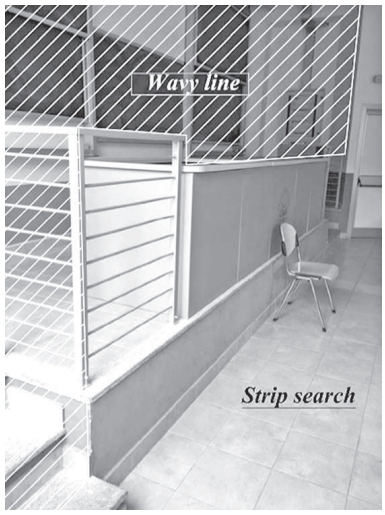


Fig. 15. Classroom discretization in different floor levels.
Discretizzazione dell'aula su livelli differenti.

Fig. 16. Point of interest.
Punto di interesse.

Considerations: the combination of *Zone Split 3D* and *Zone Elevation Split* permits to reduce the extent of the searched volume, and to select the investigation method, *Wavy line* or *Strip,* the most suitable to its characteristics.
It is of pivotal importance to consider the possible variability of the classroom in terms of dimension and configuration. These aspects could influence the choice of a technique rather than another (e.g. in a small classroom the *Wavy Line* and *Zone Split 3D* do not provide any improvement for the Hazard Identification, and the *Zone Elevation Split* results sufficient).

Tab. 5. In situ test 4.
Test in situ 4.

Site: **Workshops**

Fig. 17. Panoramic image of one of the investigated workshops.
Panoramica di una delle officine meccaniche esaminate.

Discretization: the *Zone Split 3D* results necessary both to reduce the extent of the investigation area, especially in crammed volumes, and to isolate, where possible, zone assigned to different uses (e.g. office, storage, etc.). The discretization of the search volume will be the more effective if the sub-volumes are identified according to pre-defined criteria based on their characteristics. Similarly to previous pilot sites, the analysis requires a *Zone Elevation Split.*

Suggested discretization: ***Zone Split 3D + Zone Elevation Split.***

Search modes: the well-organized layout of the different workstations suggests the application of the *Grid Search* in the machinery area and the *Strip Search* in the storage zone and in the office.

In presence of limited and clear spaces, resulting from *Zone Split 3D* application, it can become advantageous to substitute the *Grid Search*, too expensive for these situations with a *Strip Search*, simple and effective.

Suggested search modes: ***Grid and Strip searches.***

The method at a glance

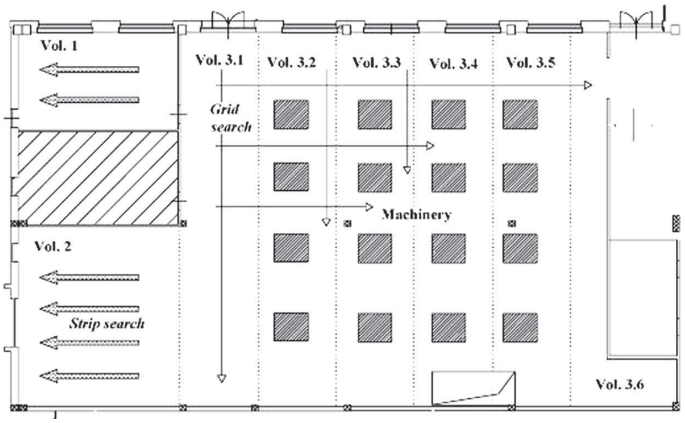


Fig. 18. Layout of the workshop.
Planimetria di un'officina.

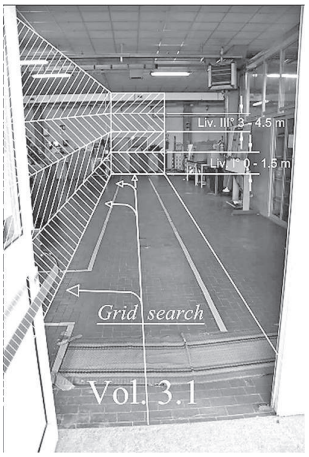
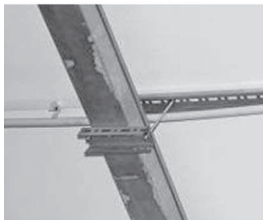


Fig. 19. Workshop discretization.
Discretizzazione dell'officina.

Special benefit of the method



Figs. 20-21. Points of interest.
Punti di interesse.

Considerations: Typically, the workshop shows a lot of criticalities related to special activities, machinery, fittings and tools, sometimes worsened if the working areas are narrow and crammed. As result of the in situ test a combination of *Zone Split 3D* and *Zone Elevation Split* becomes necessary to reduce the volume to be searched.

has efficient and constantly updated systems, this will provide a considerable advantage). Then, they ensure the repeatability of the analysis in controlled conditions.

e. *the Canvassing techniques make possible (an important economic advantage) to derive checklists usable for subsequent checks on the state of conservation of the achieved Safety level which can be carried out by not particularly expert operators (in the case of the Politecnico di Torino typically the safety advisors headed by the various Departments and Units).*

Finally, tab. 6. provides some suggestions on the most suitable Canvassing technique to be adopted in different scenarios, with reference to the main logistic and operative parameters which can condition the selection.

An interesting future research

Tab. 6. Main aspects conditioning the selection of the Canvassing technique.
Principali aspetti che condizionano la scelta della tecnica Canvassing.

Logistic Parameters		*Operative Parameters*		
Skills, Information and Resources	Tools	Working environment layout	Common services and fittings	Particular situations
– documented site layout; – skilled OS&H analysts; – analysts assistants; – experts in surveying techniques; – time spent on the analysis;	– support devices and tools (e.g. professional camera, markers, Electronic Distance Meter); – tools to delimit volumes (landmarks, stakes and strings);	– site dimensions and characteristics; – presence of machinery and furniture; – possibility of freely circulating the site;	– complex plants; – devoted fittings of machineries;	– false ceiling; – enclosures; – special volumes covered by security regulations.

study could be testing the effectiveness of the approach in special contexts where "concealed criticalities" can be present. Clearly, in these situations, a particularly detailed and accurate investigation becomes of paramount importance, and objective references are needed to assess any worsening of the situation the time passing.

The completeness and repeatability of the suggested approach contributes to enhance, from the very first step, the effectiveness of the special Guideline for the Occupational Risk Assessment and Management, providing a significant contribution to the diffusion of the Culture of Safety, in a synergic cooperation of all the involved people.

References

American Institute of Chemical Engineering – Center for Chemical Process Safety, 2008. *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures,* New York, ISBN 0-8169-0491-X.

Borchiellini, R., Maida, L., Patrucco, M., Pira, E., 2015. *Occupational S&H in the case of large public facilities: a specially designed and well-tested approach,* in International Conference on Chemical & Process Engineering, 19-22 Maggio, Milano, AIDIC, Chemical Engineering Transactions Vol. 43, pp. 2155-2160.

Cina, A., Manzino, A.M., Manzino, G., 2015. *Recovery of cadastral boundaries with GNSS equipment.* Survey Review, pp 1-9. ISSN 0039-6265

Demichela, M., Monai, L., Patrucco, M., 2011. *La analisi approfondita degli eventi infortunistici quale essenziale strumento di prevenzione: un protocollo di indagine post-evento messo a punto a supporto dell'attività degli analisti* in Chiaia, B., Ingegneria forense: metodologie, protocolli e casi di studio, Dario Flaccovio Ed., Palermo, Ottobre 2011, ISBN 9788857901015, pp. 231-246.

De Cillis, E., Maida, L., Patrucco, M., 2015. *Computer-aided Advanced Technique for the Analysis of Occupational Accidents*, 8th edition of International Conference WOS.net Smart Prevention for Sustainable Safety – Porto, 23-25 September, University of Minho pp. 404-414.

International Association of Chiefs of Police and the Federal Law Enforcement Training Center, 2010. *Crime Scene Search Study Guide Part II.*

Luzzi, R., Passannanti, S., Patrucco, M., 2015. *Advanced Technique for the In-Depth Analysis of Occupational Accidents* in International Conference on Chemical & Process Engineering, 19-22 Maggio, Milano, AIDIC, Chemical Engineering Transactions Vol. 43, pp. 1219-1224.

Miller, M.T., 2011. *An Introduction to Crime Scene Investigation*. Aric W. Dutelle. In Investigative Sciences Journal, Vol. 3 (2).

Regulations

Council of the European Communities, 1989, Directive 89/391/EEC, – OSH "Framework Directive.

Council of the European Communities, EC Working Group Ad Hoc, 1994 – project 5196/94PA 5/7/94.

Acknowledgment

The authors are sincerely grateful to SPP and EDILOG of Politecnico di Torino for their valuable cooperation, and to the chiefs of the research laboratories and workshops who made possible the various validation phases of the original adjustments to the Forensic Investigation techniques.

Analisi delle colate detritiche mediante un modello geomorfometrico su base GIS Il caso studio del Monte Zerbion (NE Valle d'Aosta)

Muriel Lavy*
Gianpiero Amanzio**
Raffaella Ghione*
Stefano Crepaldi*
Marina De Maio*

* Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), Politecnico di Torino
** Ise-Net S.r.l.

I fenomeni di dissesto idrogeologico sono eventi che ciclicamente interessano il territorio alpino, con conseguenti danni alle infrastrutture e pericoli per gli abitanti che lo popolano. Una corretta valutazione preventiva sulla dinamica delle colate detritiche risulta, pertanto, fondamentale alla comprensione di questi fenomeni ed allo sviluppo di adeguati modelli di gestione del territorio. In tal senso, i modelli digitali del terreno rappresentano uno strumento molto efficace per l'analisi numerica e la simulazione speditiva di fenomeni legati al movimento di massa. Nel presente lavoro viene applicato un modello di analisi speditiva delle colate detritiche dove la componente idrica gioca un ruolo dominante. Il modello è implementato all'interno di un applicativo GIS in modo da essere facilmente applicabile alle diverse aree di studio. Dai risultati ottenuti si evince come l'utilizzo di un accurato modello digitale del terreno permetta di ottenere simulazioni affidabili ed aiuti a caratterizzare in via preliminare il fenomeno indagato fornendo i primi elementi utili alla generazione di Cartografia tematica, quali Carte di Pericolosità e di Rischio, necessarie al fine di supportare una gestione del territorio adeguata.

***Parole chiave**: GIS, modelli digitali del terreno, analisi idrologiche, colate detritiche, geomorfometria.*

***Debris flow analysis through a geomorphometric model based on GIS. The case study of Monte Zerbion (Valle d'Aosta).** The hydrogeological instability phenomena are crucial events that periodically affect the Alpine territory. This is not without several damages to infrastructures and dangers affecting people who lives in there. For these reasons, is important to make proper analysis to evaluate and understand the evolution of these phenomena in order to take the necessary precaution on the territory. The Digital terrain models are an efficient instrument to perform numeric analysis and run simulations based on mass movements. In this paper, we use a fast method for the preliminary analysis of debris flow where the hydrogeological component is determinant. The model is implemented in GIS, in order to be easily applied to several study locations. Results show how the DTM accuracy returns reliable results and helps to identify the model analysis aspect that need to be implemented. They represent the primary element to generate thematic cartography, as Hazardous and Risk maps, which are necessary to define an efficient territory management.*

Keywords: *GIS, digital terrains models, hydrologic analysis, debris flow, geomorphometry.*

Introduzione

Negli ultimi anni diversi eventi di colate detritiche hanno interessato il territorio valdostano che, come è noto, è classificato ad elevato rischio idrogeologico.

Le colate detritiche sono fenomeni che nella maggior parte dei casi vengono innescati in seguito ad eventi pluviometrici intensi. Questi traggono origine da dissesti superficiali che si innescano nella parte medio-alta dei versanti, dotati di una certa acclività, e si trasformano rapidamente in flussi di sedimenti misti ad acqua. Tali fenomeni comportano un notevole pericolo per una serie di fattori, che possono individuarsi nella carenza di chiari segni premonitori; nell'alta capacità erosiva e distruttiva e, soprattutto, nell'elevata mobilità delle colate, spesso in grado di trascinare blocchi di roccia e di materiale vario di medio-grandi dimensioni, in grado di percorrere notevoli distanze in tempi brevissimi (Crepaldi, 2015).

Tali considerazioni, pertanto, portano in evidenza il problema di come attuare un efficace prevenzione e protezione dei centri abitati dal rischio idrologico, ossia dal rischio di eventi calamitosi riconducibili agli effetti prodotti dall'azione dell'acqua sul territorio, quali le colate detritiche. Per quanto concerne la previsione, tra gli strumenti fondamentali vi sono le mappe di pericolosità e di rischio, spesso redatte anche grazie all'uso di modelli di propagazione di colate detritiche. Nella letteratura scientifica esistono numerosi metodi numerici basati sulla meccanica del continuo per la modellazione delle colate (Tropeano, 1994; Deangeli, 1998; Deangeli, 1999; Pirulli *et al.*, 2014). Essi differiscono tra loro per le differenti relazioni reologiche implementate e per la descrizione del comportamento che caratterizza la miscela di acqua e di sedimenti di cui si compone la colata. La morfologia del terreno ricopre un ruolo fondamentale nella conoscenza, modellazione ed analisi della superficie terrestre e dei processi naturali ad essa connessi. Questo legame è così forte che la conoscenza della morfologia superficiale può direttamente condurre alla comprensione di questi processi (Hutchinson *et al.*, 2000). Si deduce che la rappresentazione

digitale del terreno può essere considerata l'informazione fondamentale per la comprensione e lo studio di processi geomorfologici e idrologici, specialmente nelle aree montane, dove la morfologia gioca un ruolo predominante per la risposta idrologica. A partire dall'informazione di base fornita dalla topografia digitale, è possibile derivare mappe di sintesi che costituiscono indicatori dei processi idrologici connessi alla morfometria del terreno, o, più correttamente, di potenzialità di tali processi (Cazorzi *et al.*, 2000).

L'obiettivo del presente lavoro è quello di contribuire alla comprensione e modellizzazione speditiva dei fenomeni di colate detritiche applicando un modello geomorfometrico per la valutazione speditiva delle pericolosità, analizzando specificamente le aree d'innesco, la zona di propagazione e la zona di deposito sulla base della banca dati disponibile presso l'ufficio cartografico della Regione Autonoma Valle d' Aosta.

1. Caso studio

1.1. Inquadramento geografico

Il Comune di Saint-Vincent, posto a 575 m s.l.m., è ubicato nella parte centrale della Regione Automa Valle d'Aosta ed in particolare alla base del settore Sud-Ovest del Monte Zerbion (2730 m s.l.m.). Nel presente lavoro si studiano i fenomeni di colate detritiche che si manifestano in due incisioni, la prima relativa al torrente Saint-Vincent, la seconda relativa al torrente Saint-Valentine, entrambe poste sul versante rivolto a Sud del Monte Zerbion (fig. 1).

1.2. Inquadramento geologico e climatico

La Valle d'Aosta è caratterizzata da un clima alpino con inverni freddi ed estati fresche. Annualmente le precipitazioni raggiungono i valori di picco in primavera ed autunno, mentre, i valori minimi sono registrati in estate e inverno. Nello specifico, il valore medio mensile di precipitazione liquida è circa 140 mm, mentre, il valore minimo è di 30 mm (Mercalli *et al.*, 2003).

Dal punto di vista geologico il massiccio del Monte Zerbion, situato nelle Alpi Pennine, è interamente compreso nell'area di affioramento dell'unità strutturale della Zona Piemontese ed in particolare in corrispondenza di rocce ascrivibili alla Zona del Combin. Quest'ultima costituisce il substrato tettonico dei lembi austroalpini settentrionali del Pillonet (Gabbri del Mont Tantanè), del Mont Mary, delle serie di Arolla e di Valpelline, mentre si sovrappone al margine esterno della Zona Sesia-Lanzo. Il Combin è un sistema composito formato da ofioliti, con impronta in facies scisti blu/sciti verdi e potenti successioni di flysch cretacei (AA. VV., 1992). In particolare nell'area in esame affio-

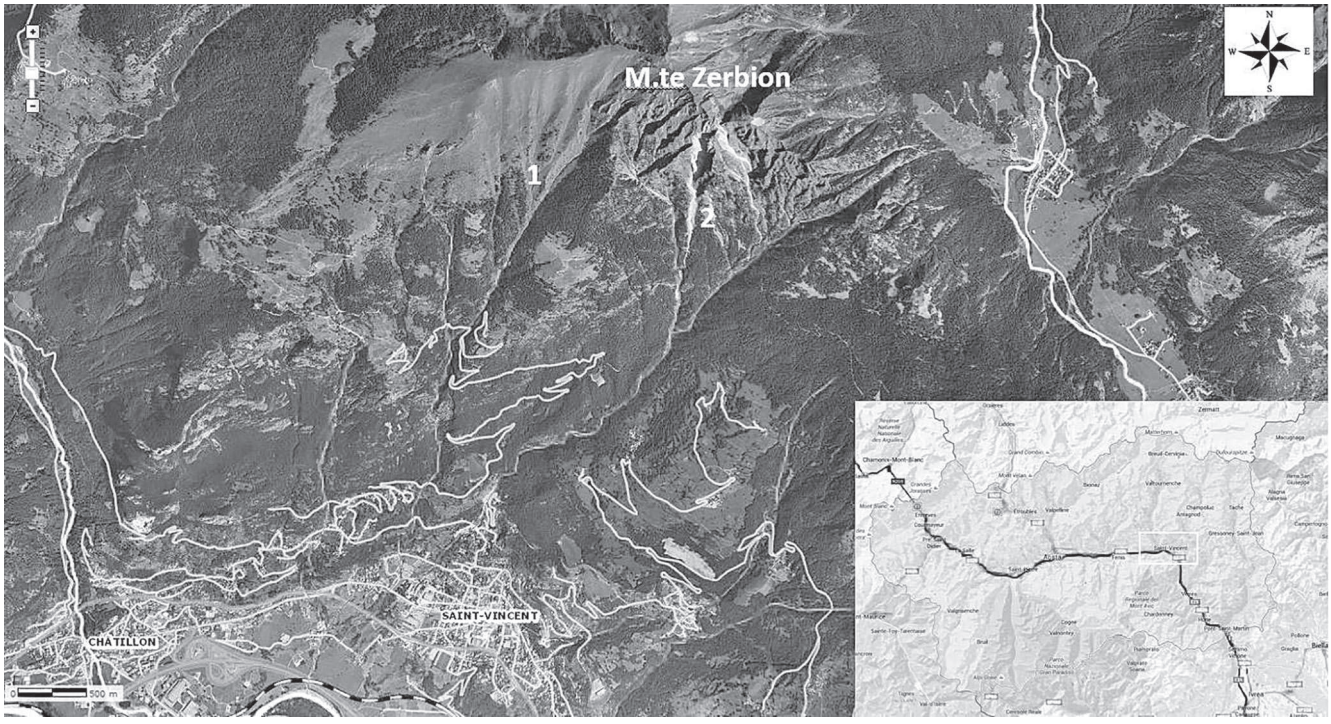


Fig. 1. Inquadramento area di studio (Rettangolo: Comune Saint Vincent; 1 – Canale torrente Saint Valentine; 2 – Canale torrente Saint Vincent) (Fonte: Geoportale Partout Valle d'Aosta).
Geographic framework of the test sites (Rectangle: Saint Vincent Municipality; 1 – Stream Channel Saint Valentine; 2 – Stream Channel Saint Vincent) (Source: Geoportale Partout Valle d'Aosta).

rano calcescisti, scisti quarzoso micacei, metabasalti (prevalenti prasiniti e prasiniti ricche in epidoto), metagabbri a grana grossa e serpentiniti. Si evidenzia che a nord dell'abitato di S. Vincent, nei pressi della Fraz. Domianaz (versante meridionale del M. Zerbion) è affiorante un lembo di basamento australpino costituito da micascisti eclogitici, delimitato da sovrascorrimenti orientati circa NE-SO (fig. 2) (Bonetto F. *et al.*, 2010).

Per quanto riguarda le formazioni superficiali in Valle d'Aosta, i depositi quaternari (glaciali, alluvionali e gravitativi) hanno età molto recenti, se rapportati all'intera durata del Quaternario: questi risalgono in massima parte all'ultimo episodio glaciale del Pleistocene superiore ed al successivo periodo Postglaciale (Olocene), che comprende il Presente (Apat e Regione Autonoma Valle D'Aosta, 2008). Nell'area in esame i depositi quaternari sono rappresentati da depositi alluvionali, prossimi al fondovalle, depositi di origine glaciale (depositi morenici indifferenziati) e detrito di versante.

Dal punto di vista tettonico-strutturale si rileva che nell'area in esame è presente un sistema di faglie normali minori con orientazione NE-SO, associate al sistema Oligocenico Aosta – Ranzola. La faglia Aosta-Ranzola è l'elemento strutturale principale della Regione, diretto E-W, che da Aosta segue la valle della Dora Baltea, per 32 km, sino al Colle di Joux e da quest'ultimo prosegue per altri 7 km sino al Passo della Ranzola (Apat e Regione Autonoma Valle D'Aosta, 2008).

2. Metodi

Nel presente lavoro si è scelto di utilizzare un modello a parametri distribuiti facilmente implementabile in GIS: Modified Single Flow Direction (MSF) (Huggel *et al.*, 2003) per la previsione dei movimenti di massa. Quest'ultimo è un modello di valutazione speditiva di fenomeni geologici, legati al movimento di massa (es. colate detritiche, valanghe), che si basa sull'innesco puntuale di questi fenomeni e sulla previsione probabilistica del movimento della colata.

Il principio base del MSF considera ogni movimento di massa come un fenomeno di propagazione verso valle a partire da uno specifico punto d'innesco, la cui linea centrale di deflusso segue la direzione di massima pendenza secondo l'algoritmo

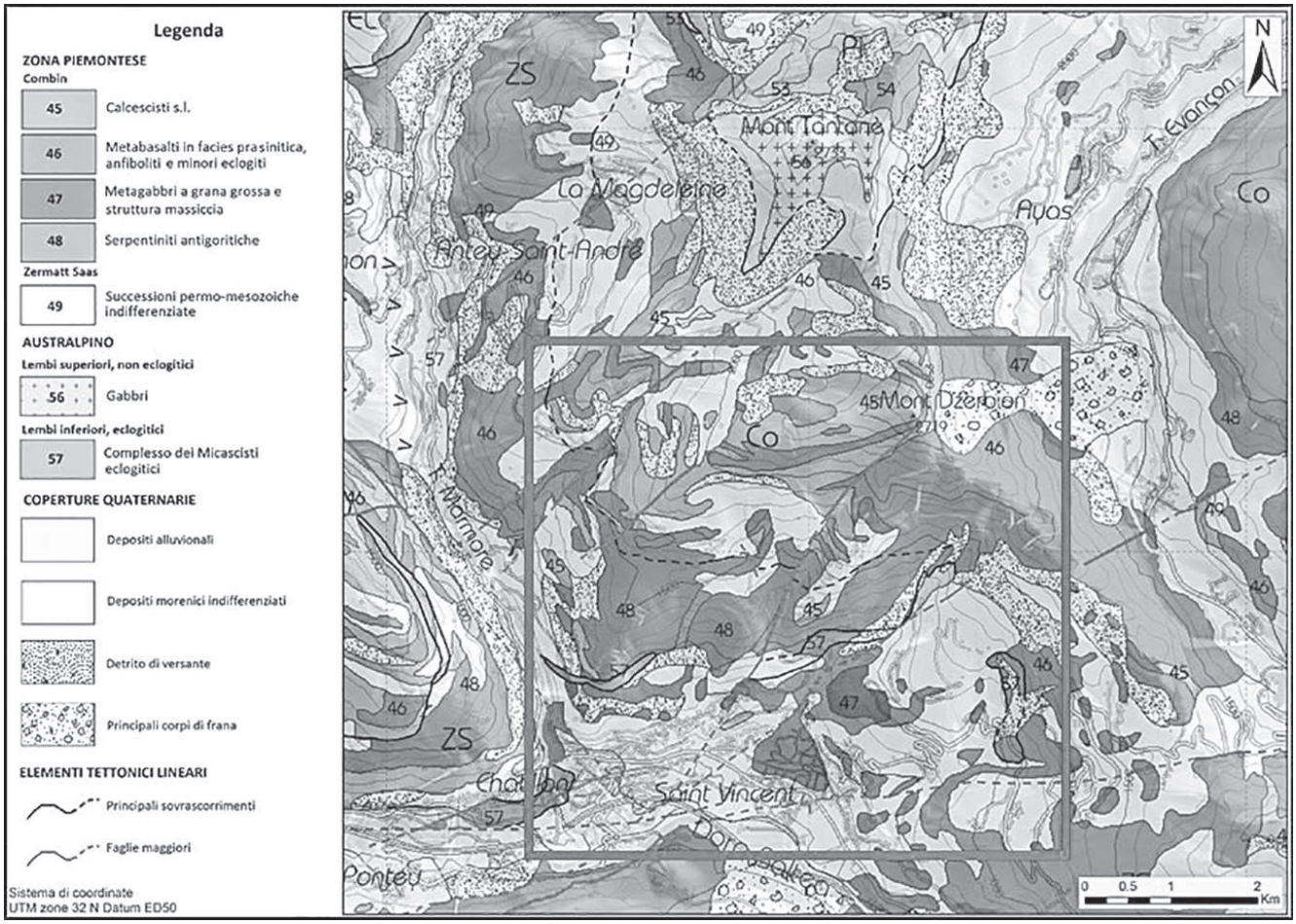


Fig. 2. Stralcio della Carta geologica della Valle d'Aosta in scala 1:100.000 con indicazione dell'area in esame (Bonetto F. et al., 2010).
Slice of the Geological map of Valle d'Aosta, scale of 1: 100,000 with the trace of the study area (Bonetto F. et al., 2010).

D8 Single Flow (O'Callaghan and Mark, 1984). Questo algoritmo è implementato nel software ArcGIS (Esri) ed utilizza come funzione standard, per la modellazione idrologica, la "Flow Direction" (Jenson and Domingue, 1988) la quale è tuttora una delle più utilizzate a livello internazionale (Marks *et al.*, 1984; Jenson and Domingue, 1988; Tarboton *et al.*, 1991; Martz and Garbrecht, 1992).

2.1. Dati di Input

Il MSF è stato applicato a partire dal Modello Digitale del Terreno, della Regione Autonoma Valle d'Aosta (DTM derivante da un'acquisizione Lidar) avente una risoluzione planimetrica di 2 m x 2 m ed una accuratezza in quota di 30 cm.

Il DTM viene utilizzato come dato di base per la simulazione, sul quale vengono derivate le direzioni di deflusso superficiale. Per poter derivare questa informazione in modo che le direzioni di flusso siano il più possibile fedeli alla realtà è necessario ricondizionare il DTM nelle aree non coerenti e correggere idrologicamente lo stesso.

La creazione del DTM idrologicamente condizionato presuppone che il DTM originario sia sottoposto ad un filtraggio (depittaggio) per eliminare le depressioni locali (celle la cui quota è inferiore alla quota delle otto celle circostanti). Il condizionamento idrologico di un DTM genera pertanto un DTM sul quale la direzione di flusso è sempre definita, seguendo la pendenza della superficie del terreno. Questa operazione è stata effettuata utilizzando il tool riempimento "Fill" presente nella Spatial Analyst Toolbox di ArcGIS, il cui algoritmo è stato ampiamente testato ai fini idrologici (Tarboton *et al.*, 1991). Questo tool permette di creare, a partire dal raster DTM di base, un'area senza depressioni locali. La presenza di pit (cella o gruppo di celle che non hanno un'uscita per via superficiale) o picchi (peak) genererebbero, altrimenti, errori nel calcolo della direzione del fenomeno. Queste anomalie locali vengono quindi rispettivamente riempite o livellate alla quota delle celle adiacenti.

Bisogna tener presente che l'obiettivo finale di questo tipo di analisi è ricavare i percorsi di flusso risultanti, e non mantenere l'esatta elevazione del DTM.

Una volta ottenuto un DTM privo di depressioni, è possibile ricavare i percorsi del deflusso superficiale e, conseguentemente, individuare il raster dell'area drenata contribuente che rappresenta la superficie drenata contribuente a monte di ogni pixel.

L'altro dato di input necessario al modello è dato dal punto sorgente del fenomeno, inteso come zona in cui la colata detritica può innescarsi. Esso rappresenta la zona sommitale di un accumulo detritico dal quale può potenzialmente scaturirsi la colata a seguito di un apporto idrico significativo e relativamente rapido. La scelta del potenziale punto di innesco va fatta sulla base di un'attenta analisi fotogrammetrica, dall'esame della Carta geologica dell'area e dal rilevamento di materiale depositato e trasportabile a valle. Questa informazione può essere stimata in maniera semiautomatica andando ad analizzare la rugosità del terreno, attraverso indici di analisi geomorfometrica specifici, come l'indice di scabrezza (Cavalli *et al.*, 2008; Cavalli *et al.*, 2012). L'accentuata rugosità di un'area, rappresentata da un DTM sufficientemente risoluto, è, appunto, indice di potenziale presenza di sedimento accumulato che può, pertanto, essere trasportato a valle sotto l'azione dell'acqua.

Per semplicità di modello, la zona di innesco viene individuata e rappresentata in maniera puntuale. In fase di preparazione dei dati di input, il punto sorgente viene convertito in raster al quale viene assegnata la quota topografica di partenza, dopodiché esso viene shiftato nella nicchia di distacco laddove l'apporto idrico è maggiore attraverso il tool "Snap pour point" di ArcGIS, il quale esegue una ricerca nell'intorno del punto iniziale specificato e individua la cella avente maggiore accumulo di flusso, sfruttando l'informazione generata dal tool "flow accumulation" di ArcGIS. La "flow accumulation" rappresenta l'area drenata contribuente che costituisce la porzione planimetrica di area a monte di un elemento topografico discreto (upslope area), estesa sino allo spartiacque, che contribuisce alla formazione di deflusso nell'elemento considerato. Attraverso questo passaggio si va, quindi, ad individuare il punto che ha una area drenata maggiore e che, pertanto, ha maggiore probabilità di avere un apporto idrico relativamente rapido e abbondante, dal quale scaturisce la conseguente colata.

Nel presente caso studio i punti di innesco sono stati individuati a seguito di un'attenta valutazione fotografica basata sull'Ortofoto 1:5.000 (anno 2012) della Regione Valle d'Aosta e tenendo conto delle informazioni storiche reperite sulle aree che in passato hanno subito fenomeni simili e che possono rappresentare una potenziale zona di innesco delle colate detritiche (rugosità del terreno accentuata, presenza di materiale detritico, forte pendenza, canali precedentemente coinvolti).

I punti di innesco sono stati individuati all'interno di due canali che sovrastano l'abitato di Saint Vincent lungo il versante Sud del Monte Zerbion, posti ad una quota tale da permettere la formazione di deflusso superficiale ed il conseguente il trasporto verso valle. Il punto di innesco relativo all'impluvio che origina il torrente Saint-Vincent è posto ad una quota di 1962 m s.l.m. Il punto di innesco relativo all'impluvio che origina il torrente Saint-Valentine è posto ad una quota di 2079 m s.l.m.

2.2. Componente di direzione di deflusso e traiettoria

Il modello MSF è stato sviluppato in modo da permettere di calcolare più direzioni di deflusso a partire dalla "Flow Direction" di ArcGIS, che ammette una singola direzione di deflusso delle 8 previste dall'algoritmo. È importante evidenziare come sui pendii meno ripidi e lungo impluvi meno acclivi, una colata detritica può deviare dalla linea di massima pendenza e si può disperdere/depositare nelle aree adiacenti. Quindi, un percorso di flusso "single flow" non può riprodurre questo processo. Pertanto, nel modello è stata incorporata una particolare funzione di diversione o frizione (Fr), la quale permette al flusso di deviare dalla direzione di massima pendenza. Questa funzione sfrutta il tool "Path Distance Allocation" presente nella toolbox dello Spatial Analyst di ArcGIS, ed è implementata per calcolare il costo-pesato per lo spostamento tra 2 punti (o un set di punti) in funzione di una data resistenza. Il modello MSF introduce una modifica alla funzione originale, permettendo al flusso di divergere dalla direzione di massima pendenza fino a 45° di apertura su entrambi i lati.

Una volta identificate le aree potenzialmente interessate dalla colata, una funzione (Pq) assegna ad ogni i-esima cella della griglia una probabilità relativa. La probabilità, descritta dalla funzione Fr, indica che quanto più il flusso devia dalla direzione di massima pendenza tanto maggiore è la sua resistenza. Il valore di Fr aumenta verso valle all'aumentare della distanza dal punto d'innesco, e aumenta lateralmente all'aumentare della resistenza al flusso con un angolo di 45° dalla direzione di massima pendenza.

$$Pq = L/Fr \qquad (1)$$

Il rapporto tra la distanza orizzontale tra ogni cella ed il punto d'innesco (L) ed il valore di Fr rappresenta il valore di probabilità che la cella venga interessata dal processo di colata detrica (Pq).

2.3. Componente di condizione d'arresto

Il rapporto H/L (dove H è la differenza di quota, L la lunghezza del percorso lungo il percorso di flusso individuato) rappresenta quindi una pendenza effettiva lungo la direzione di flusso e risulta pertanto più significativa per questo tipo di applicazione rispetto alla pendenza classica determinabile attraverso lo "slope". Il valore limite imposto per H/L definisce come una condizione di arresto per la fase finale del flusso delimitando quindi la distanza di run-out totale. Un ragionevole valore di questo rapporto è stimabile sulla base di dati empirici ottenuti simulando particolari tipi di movimenti di massa per i quali il modello è stato creato (Gruber *et al.*, 2008). Per quanto riguarda le colate detritiche nelle Alpi, è stato individuato un valore minimo di 0,19 (corrispondente ad 11° di pendenza) (Rickenmann, 1999; Huggel *et al.*, 2003).

Applicando la condizione d'arresto alla probabilità totale di invasione ottenuta nello step precedente, si ottiene un risultato realistico per il trasporto solido delle colate detritiche.

2.4. Implementazione del modello in ArcGIS Model Builder

L'utilizzo di sistemi informativi geografici (GIS), oltre a permettere la gestione dell'insieme delle informazioni relative allo studio, rende possibili elaborazioni geomorfometriche, che vanno dalla determinazione dei parametri morfometrici tradizionali, quali pendenza, esposizione e curvatura (parametri morfometrici primari), allo sviluppo di modelli o indici geomorfometrici più articolati (parametri morfometrici secondari), relativi all'erosione ed al trasporto di sedimento ed alle colate detritiche (Borselli *et al.* 2008, Cavalli *et al.*, 2012).

Il modello di analisi MSF è stato implementato utilizzando l'applicativo Model Builder del software Esri ArcGIS.

Il modello MSF ha bisogno di alcuni dati di input per poter determinare la zona di pericolosità:

- Il DTM idrologicamente corretto della zona;
- I punti d'innesco del fenomeno (sorgente);
- La condizione di arresto.

Per avere maggiori informazioni sullo sviluppo teorico e l'implementazione delle funzioni sopra menzionate in ArcGIS all'interno del Model Builder si rimanda alla sezione della Spatial Analyst Tollbox di ArcGIS che si può trovare nella descrizione dei Tools su desktop. arcgis.com (Esri), e alla sezione relativa dell'articolo di Huggel (Huggel, 2003) dove si spiega, in particolare, la scelta di utilizzare la funzione "path distance" all'interno del modello.

Risultati

Nelle pagine seguenti si riportano le mappe di invasione ricavate applicando il modello MSF a partire dalle due zone d'innesco individuate nell'area di studio.

La fig. 3 mostra i risultati della simulazione di una colata detritica ottenuta a partire dal punto sorgente posto a quota 1962 m s.l.m. situato nel bacino del torrente Saint-Valentine.

Nella parte finale della simulazione della colata, in corrispondenza dell'area di invasione prossima al centro abitato di Saint Vincent (fig. 3), si può notare la diversità tra la probabilità di invasione totale e la probabilità limitata dalla condizione d'arresto imposta.

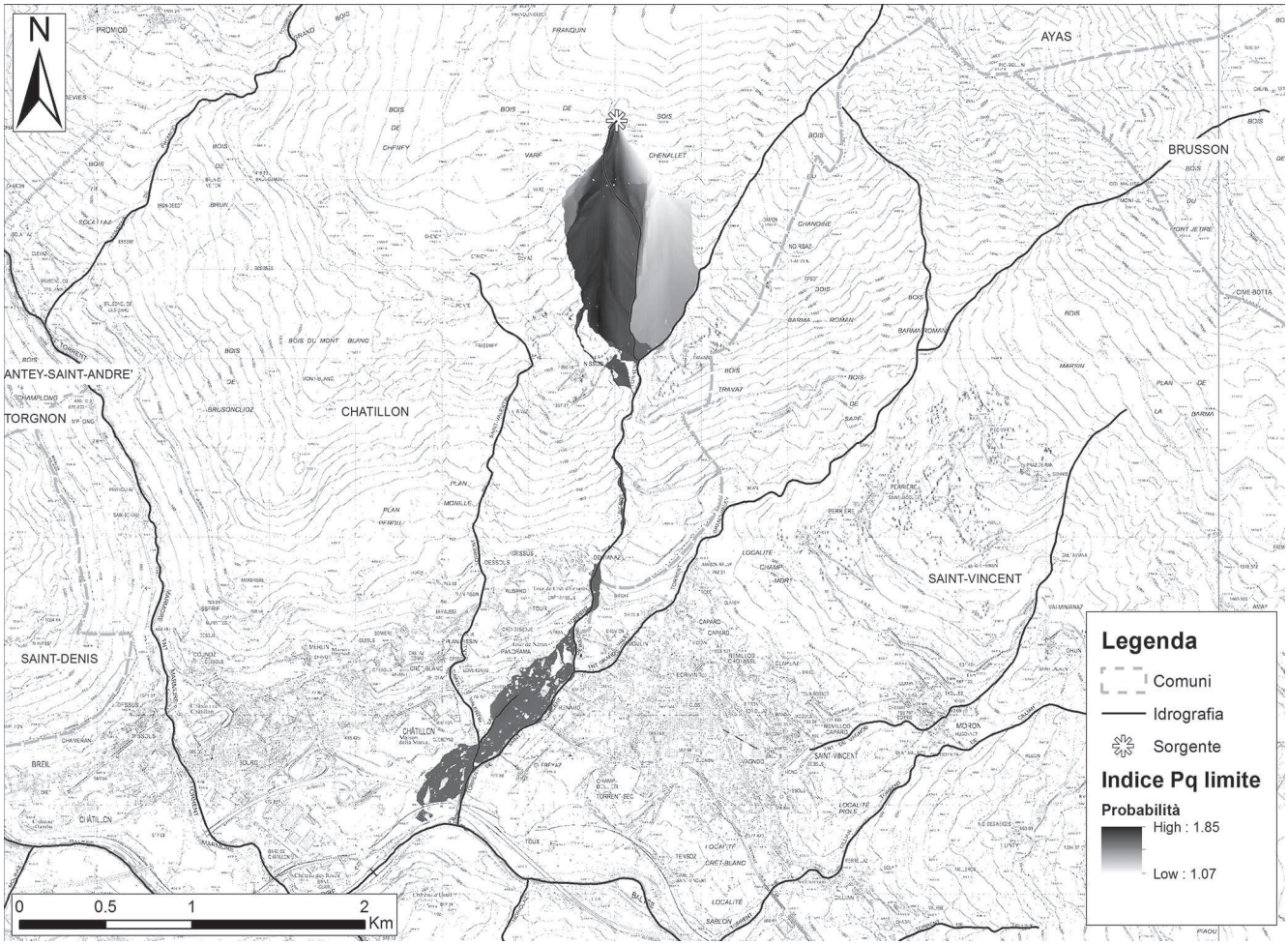


Fig. 3. Simulazione di colata di detrito nel torrente Saint-Vincent dal punto sorgente 1 posto a quota 1962 m s.l.m.
Simulation of a debris flow from point source 1 at 1962 m a.s.l. in the torrent Saint-Vincent.

Analizzando l'altra simulazione effettuata, relativa al punto sorgente posto a quota 2079 m s.l.m. nel bacino del torrente Saint-Vincent (fig. 4), si può notare come la probabile area di invasione è molto più ampia nella fase iniziale di propagazione (a monte dell'abitato) rispetto alla fase terminale dove rimane incanalata nel alveo naturale, fino in corrispondenza di un ponte lungo strada regionale. La struttura artificiale, ben visibile dal DTM, infatti, impone un restringimento di sezione dell'alveo che genera la conseguente fuoriuscita della colata.

Nella parte terminale della simulazione della colata (fig. 5) si può notare, anche in questo caso, come la probabilità di invasione totale si propaghi fino a raggiungere l'alveo della Dora Baltea, mentre il run-out limitato dalla condizione d'arresto imposta fa terminare la simulazione a monte della strada regionale SR33 che attraversa l'abitato, le basse pendenze di quel tratto infatti incidono sull'esaurirsi del fenomeno di propagazione, rendendo la simulazione più realistica.

In generale, si evince come la simulazione risponda in maniera presumibilmente accurata nelle zone di impluvio naturale, mentre ciò non accade nelle aree urbanizzate. Infatti, in tale aree, il dato Lidar originario da cui si ricava sia il DSM che il DTM utilizzato per questo modello, viene sottoposto ad operazioni di filtraggio per poter eliminare gli elementi urbanizzati e generare il modello relativo al solo andamento del terreno. Tanto più un'area è urbanizzata, pertanto, tanto più il DTM estratto sarà approssimativo rispetto alle aree di impluvio naturale dove il dato originario viene solo filtrato dalla vegetazione.

Conclusioni

I limiti legati alla modellazione numerica di eventi naturali sono molteplici. A partire dalle leggi reologiche elencate in letteratura, è noto che esse sono state ricavate sperimentalmente dunque, come tutte le leggi empiriche, sono soggette ad errori relativi alla scelta delle condizioni al contorno imposte negli esperimenti di taratura. Infatti, questa incertezza è spesso causa di errori nei risultati finali, e richiede prove di calibrazione, pri-

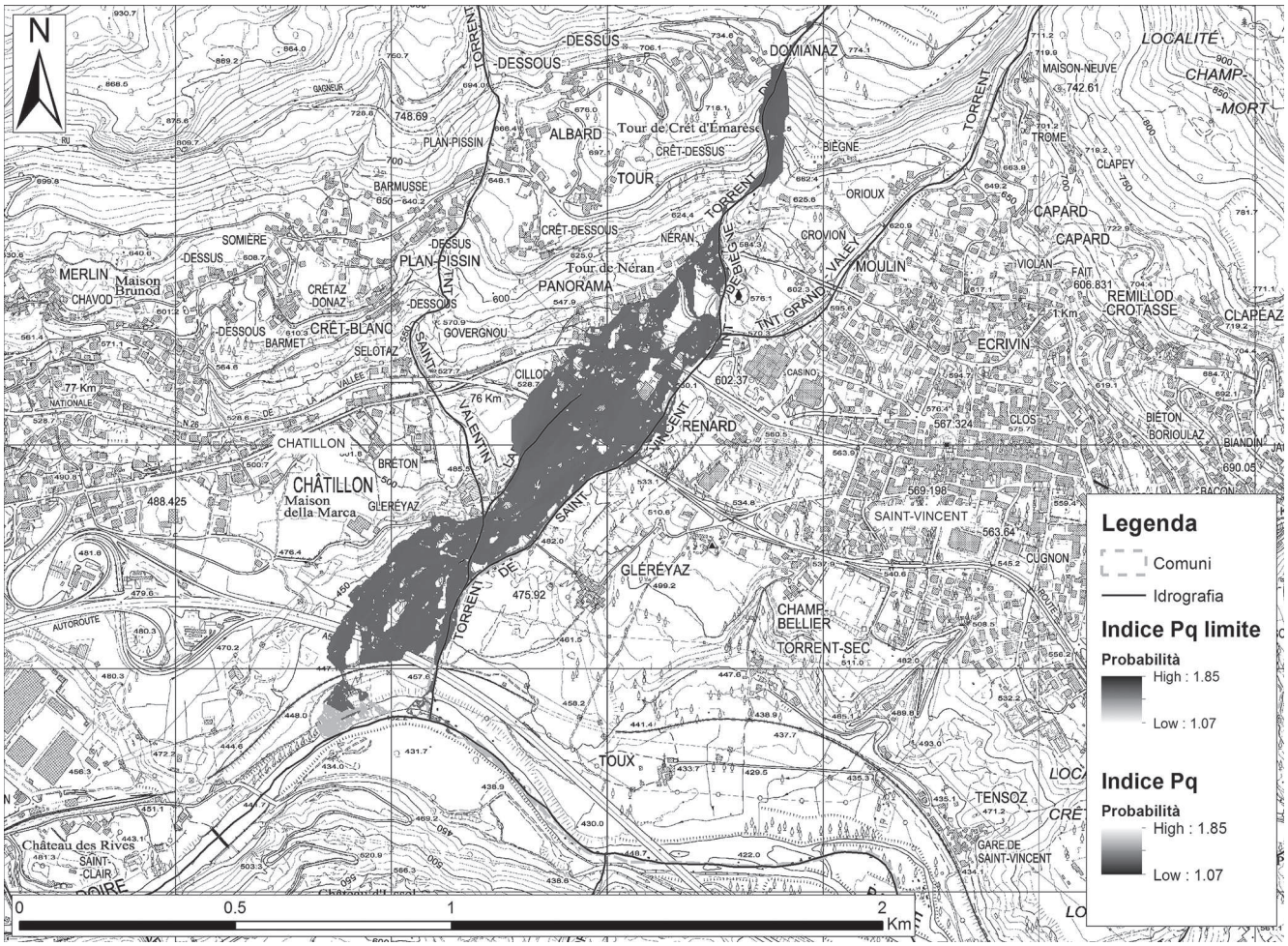


Fig. 4. Area finale di invasione della colata simulata nel torrente Saint-Vincent (punto di origine 1).
Detail of the deposition zone of the debris flow in the torrent Saint-Vincent (point source 1).

ma di ottenere una buona riproduzione del fenomeno indagato. Ulteriore problematica è legata alla risoluzione del modello digitale del terreno, in quanto nulla può essere infinitesimo, perciò qualsiasi componente geometrica viene suddivisa in elementi di dimensioni finite, caratterizzati da valori medi delle grandezze dell'elemento stesso. È intuitivo dunque capire che le caratteristiche medie sono rappresentative della zona, ma non esatte e quindi potrebbero comportare a loro volta degli errori di perturbazione del fenomeno indagato.

I risultati ottenuti attraverso l'applicazione del Modified Single Flow Model implementato su ArcGIS hanno permesso, di individuare una metodologia speditiva, facilmente utilizzabile in ambiente GIS, per la valutazione qualitativa della pericolosità connessa alle colate detritiche. Questi fenomeni, ma non solo, sono infatti all'attenzione di diversi Enti territoriali che operano sulla prevenzione e protezione dei rischi naturali che periodicamente interessano il territorio alpino. Riferendosi ai dati risultanti, si può affermare che con le simulazioni ottenute è possibile definire l'area di propagazione di un debris-flow in maniera rapida ed intuitiva. In funzione dei parametri utilizzati, si ottengono risultati diversi, ma in tutti i casi, comprese diverse applicazioni riportate in letteratura (Allen *et al.*, 2009), si nota la tendenza a sovrastimare la probabilità di invasione. Oltre al limite del modello concettuale stesso, anche la risoluzione del DTM utilizzato come base di partenza costituisce un fattore fondamentale sui risultati dell'analisi, in particolare nell'applicazione di modelli di natura idrologica-idraulica maggiore è la risoluzione adottata minore è la sovrastima dei risultati (Miralbella *et al.*, 2008; Stolz e Huggel 2008). Bisogna, però, tener presente che un'alta risoluzione di un DTM deve essere accompagnata da un'altrettanta qualità del dato (in termini di accuratezza e precisione), (Dabove *et al.*, 2015) più il modello è vicino alla realtà, infatti, più le analisi risultanti saranno corrette.

Sono, pertanto, diverse le possibilità di miglioramento del modello, a partire dalla risoluzione spaziale del modello DTM impiegato, alle condizioni al contorno, come ad esempio la condizione d'arresto del fenomeno o alle condizioni iniziali.

La possibilità di definire diverse aree di innesco, apre una nuova

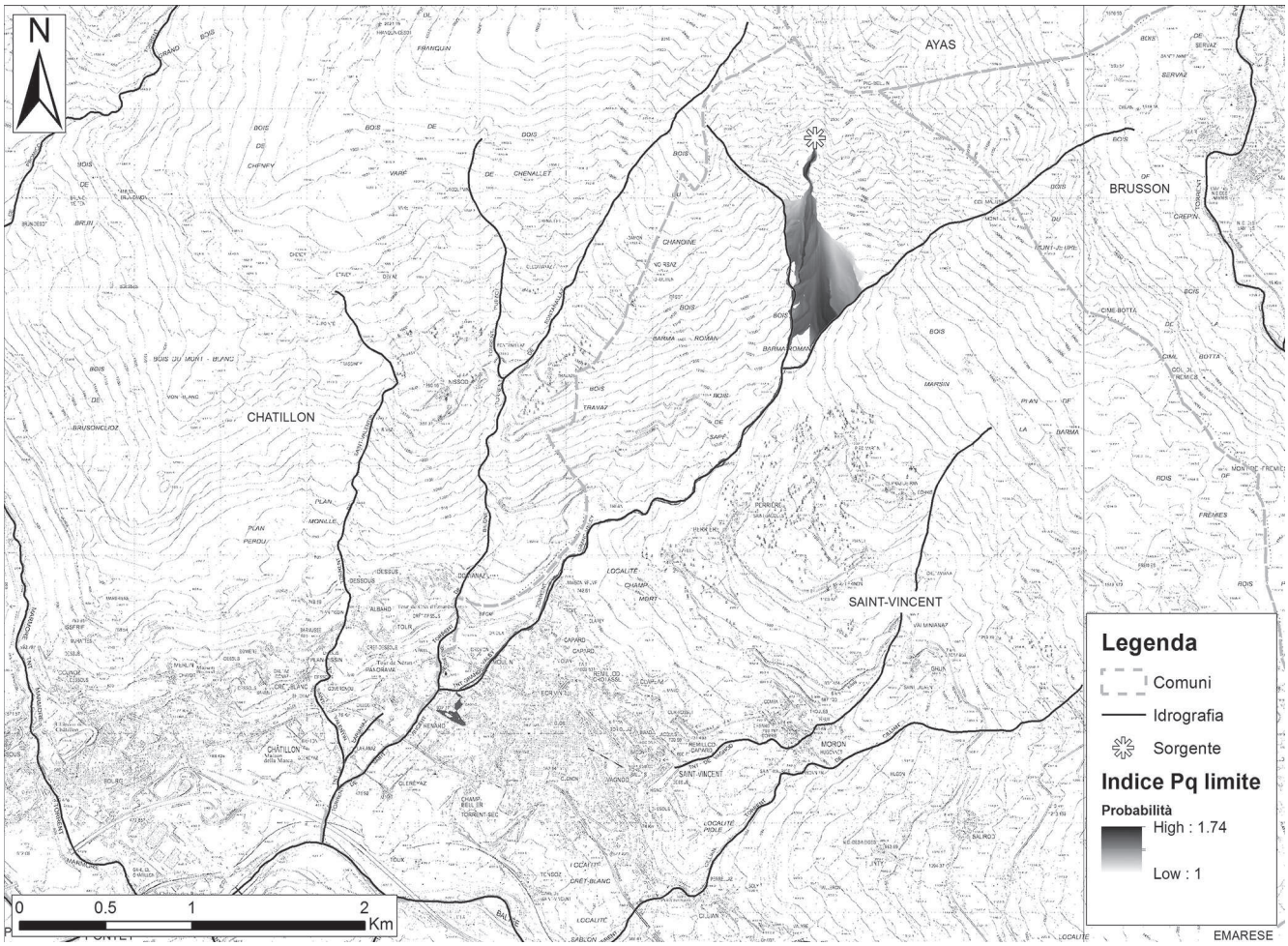


Fig. 5. Simulazione di colata di detrito nel torrente Saint-Valentine dal punto sorgente 2 posto a quota 2079 m s.l.m.
Simulation of a debris flow from point source 2 at 2079 m a.s.l. in the torrent Saint-Valentine.

strada per la definizione speditiva delle aree di propagazione dei debris flow. In questo modo si è in grado di raccogliere tutta una serie di dati ed informazioni utili agli Enti gestori del territorio per definire una linea programmatica di interventi, al fine di una corretta gestione delle risorse economiche da destinare alla mitigazione del rischio mediante interventi strutturali e non.

Le aree di invasione, ottenute attraverso l'applicazione del modello MSF, potrebbero essere confrontate con le aree di invasione catalogate da eventi alluvionali precedenti. Questo confronto permetterebbe, oltre che di verificare la validità dei parametri stimati, di tarare il modello, ed in particolare le condizioni di arresto, sulla base di eventi reali avvenuti nelle aree oggetto di studio.

Bibliografia

AA.VV., 1992, *Le Alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore. Guide geologiche regionali.* BE-MA editrice, n. 3, v. 1.

Allen, S.K., Schneider, D., Owens, I.F., 2009, *First approaches towards modelling glacial hazards in the Mount Cook region of New Zealand's Southern Alps,* Natural Hazards and earth system sciences, vol. 9, pp. 481-499.

Apat e Regione Autonoma Valle D'Aosta, 2008, *Note illustrative della Carta geologica d'Italia, Scala 1:50.000, Foglio 091 Châtillon.*

Bonetto, F., Dal Piaz, G.V., De Giusti, F., Massironi, M., Monopoli, B., Schiavo, A., 2010, *Carta geologica della Valle d'Aosta* scala 1:100.000 *con note illustrative.*

Borselli, L., Cassi, P. e Torri, D., 2008, *Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment*, Catena, vol. 75, pp. 268-277.

Cavalli, M., Trevisani, S., Comiti, F., Marchi, L., 2012, *Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments,* Geomorphometry, Vol. 188, pp. 31-41.

Cavalli, M., Marchi, L., 2008, *Characterisation of the surface morphology of an alpine alluvial fan using airborne LiDAR*, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 8, pp. 323-333.

Cazorzi, F., Dalla Fontana, G. e Fattorelli, S., 2000, *GIS capabilities in hydrological studies,* Terr@ in brief., Hydraulic Research Centre for the Environment, pp. 14-17.

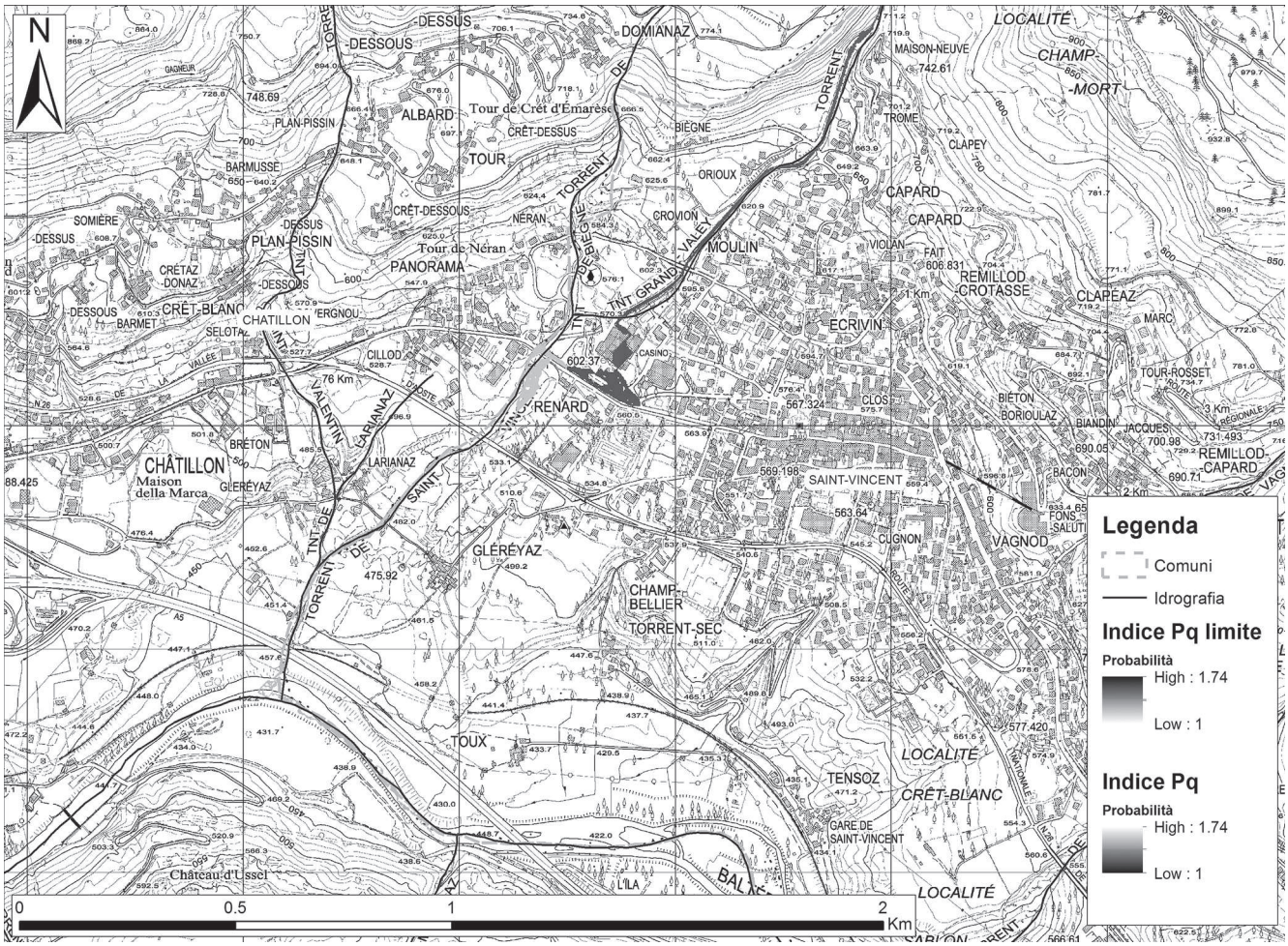


Fig. 6. Area finale di invasione della colata simulata nel torrente Saint-Valentine (punto di origine 2).
Detail of the deposition zone of the debris flow in the torrent Saint-Valentine (point source 2).

Crepaldi, S., 2015, *Morphometric dynamic analysis, distribution and topographic features of landslide in north-western region of Italian Alps (Valle D'Aosta),* Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino.

Dabove, P., Manzino, A.M., Taglioretti, C., 2015, *L'accuratezza dei DTM per analisi idrologiche*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, pp. 15-22.

Deangeli, C., 1998. *Modellazione numerica di colate di detrito*. Convegno su il rischio idreogeologico nel Canavese, GEAM, Ivrea. pp. 59-68.

Deangeli, C., 1999. *Modellazione dei debris flow*. Convegno su previsione e prevenzione dei movimenti franosi rapidi, Trento, GEAM. pp. 151-162.

Gruber, S., Huggel, C., Pike, R., 2008. *Modelling mass movements and landslide susceptibility*, Hengl, T.

Huggel, C., Kääb, A., Haeberli, W., e Krummenacher B., 2003. *Regional-scale GIS-models for assessment of hazards from glacier lake outbursts: evaluation and application in the Swiss Alps*, Natural Hazards and Earth System Sciences (2003) 3: 647-662.

Hutchinson, M.F. e Gallant, J.C., 2000, *Digital Elevation Models And Representation Of Terrain Shape*, Terrain Analysis: Principles and Applications – Book: Wilson John P. e Gallant John C.

Jenson, S.K. e Domingue, J.O., 1988. *Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 54, 1593-1600.

Marks, D., Dozier, J., Frew, J., 1984. *Automated basin delineation from digital elevation data.* Geo Processing 2, 299-311, 1984.

Martz, L.W. e Garbrecht, J., 1992. *Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models*. Computers & Geosciences., 18 (6), 747-761.

Mercalli, L., Cat Berro, D., Montuschi, S., 2003. *Atlante climatico della Valle d'Aosta*. Società Meteorologica Subalpina, Torino.

Miralbella, C., Noto, L.V., La Loggia, G., 2008, *Analisi dell'influenza della risoluzione del dem e dell'area di soglia sulla risposta idrologica a scala di bacino*. Atti 12° conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21-24 Ottobre 2008.

O'Callaghan, J.F., e Mark., D.M., 1984.

The extraction of drainage networks from digital elevation data. Comput. Vision Graphics Image Processing, 28, 328-344.

Pirulli, M., Barbero, M., Barpi, F., Borri-Brunetto M., Pallara O., 2014. *The contribution of continuum-mechanics based numerical models to the design of debris flow barriers*. 7th WSEAS International Conference on Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology (EMESEG '14), Salerno, 3-5 Giugno 2014. 13-21. ISBN: 978-960-474-376-6.

Rickenmann, D., 1999. *Empirical Relationships for Debris Flows*. Natural Hazards 19: 47-77.

Stolz A., Huggel C., 2008, Debris *flows in the Swiss National Park: the influence of different flow models and varying DEM grid size on modeling results*, Landslides, vol. 5, pp. 311-319, DOI 10.1007/s10346-008-0125-4

Tarboton, D.G., Bras, R.L., e Rodriguez-Iturbe, I., 1991. *On the extraction of channel networks from digital elevation data*. Hydrological Processes, 5 (1), 81-100.

Tropeano, D., Mortara, G., Arattano, M., Mariani L., Dutto, F., Godone, F., (1994). *L'evento alluvionale del 1° giugno 1992 nei bacini del F. Olona e del T. Arno (Varese)*. Quaderni di studi e di documentazione 17, Suppl. GEAM, pp. 3-23.

Sitografia

www.esri.com
http://desktop.arcgis.com/en/desktop
http://geoportale.partout.it/
I siti web utilizzati in questo lavoro sono stati verificati a Marzo 2016.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Regione Autonoma Valle d'Aosta per il supporto fornito.

Approccio integrato alla gestione delle terre e delle rocce da scavo per il buon uso del territorio e per la prevenzione dei dissesti

Salvatore Miliziano*
Armando de Lillis*
Diego Sebastiani*

* Dipartimento Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Sapienza Università di Roma

La fragilità del territorio del nostro Paese assieme alla localizzazione spesso poco felice di città e infrastrutture, mette a rischio frane, inondazioni, terremoti le nostre strutture e infrastrutture. La corretta gestione del territorio passa attraverso una attenta attività di pianificazione e la salvaguardia dell'esistente impone un'efficace attività manutentiva e una pianificazione degli interventi di presidio per la mitigazione dei rischi. Con questi obiettivi, la disponibilità dei sempre crescenti volumi di terreno provenienti da scavi non impiegati o non impiegabili nell'ambito dello stesso progetto, può essere considerata come un'opportunità per la realizzazione di opere di mitigazione dei rischi connessi con il verificarsi dei fenomeni naturali prima citati. Si tratta di un obiettivo ambizioso che può essere conseguito creando le condizioni normative e organizzative per facilitare l'incontro tra l'offerta e la richiesta di terra.

***Parole chiave**: terre e rocce da scavo, gestione del territorio, pianificazione, mitigazione del rischio, riutilizzo dello smarino.*

***An integrated approach to the management of soils and rocks from excavations for a proper use of the territory and for landslides prevention.** Structures and infrastructures, in our country, are often put in serious danger, concerning landslides, floods and earthquakes, by the brittleness of the territory and by an often inappropriate localization. A proper land management can be achieved through a careful planning, and the preservation of the existing structures imposes effective maintenance activities and a design of protection structures to mitigate the risks. With these objectives, the availability of ever-increasing volumes of soil from excavations, not used or which cannot be used within the same project, can be seen as an opportunity for the realization of projects in order to mitigate risks associated with the occurrence of natural phenomena described above. It is an ambitious target that can be achieved by creating the regulatory and organizational conditions to facilitate the matching of supply and demand for soil.*

***Keywords**: soils and rocks from excavation, land management, urban planning, risk mitigation, reuse of spoil.*

1. Introduzione

Troppo spesso il territorio in cui viviamo, vuoi delle nostre città, vuoi delle zone sub urbane, patisce le conseguenze di inondazioni, terremoti e fenomeni franosi. È una conseguenza della fragilità del territorio del nostro Paese, dell'ubicazione a volte inopportuna degli elementi a rischio, della generale carenza di attività manutentiva e di una politica di prevenzione spesso poco efficace. Una corretta gestione del territorio necessita, in prima istanza, di una attenta pianificazione dell'uso del territorio, dello studio e del controllo dello sviluppo delle aree urbane e della scelta ponderata della localizzazione delle strutture di importanza strategica e delle infrastrutture; a tal proposito alcune moderne metodologie di analisi sono state descritte da Bottero e Ferretti (2010) e da Ferretti (2013).

In ogni caso, inevitabilmente, è necessario gestire l'esistente promuovendo e diffondendo a tutti i livelli la cultura della manutenzione del territorio e la cultura della programmazione degli interventi finalizzati alla prevenzione/mitigazione dei rischi. Si tratta di una prospettiva che ha l'evidente pregio di portare a interventi mirati, efficaci e spesso molto meno costosi degli interventi di messa in sicurezza o di ripristino realizzati in seguito al verificarsi dei fenomeni di dissesto.

Questo percorso logico è tanto valido a larga scala quanto nella piccola dimensione del singolo progetto: una attenta progettazione, una accurata indagine del contesto nel quale si interviene e una politica di prevenzione di possibili fenomeni di dissesto possono portare alla realizzazione di opere efficienti, perfettamente armonizzate con l'ambiente circostante e adeguatamente sicure (con rischio residuo minimizzato).

Si tratta di un tema vasto e complesso che coinvolge in diversi modi le differenti figure che operano nel mondo dell'ingegneria civile e ambientale. In questa memoria, l'attenzione è circoscritta al buon uso del territorio mediante la corretta e intelligente gestione dello smarino per la prevenzione dei dissesti. Lo scopo è quello di evidenziare come la gestione delle terre e rocce da scavo, attualmente percepita come un problema a causa delle difficoltà e dei costi di smaltimento – fatte salve le situazioni in cui lo smarino è inquinato e dovrà essere avviato verso discariche in grado di gestirlo

Lavoro presentato al Convegno SIG "Il buon uso del suolo e del sottosuolo nella prevenzione dei dissesti ambientali", Milano 8-9 ottobre 2015.

in modo adeguato – possa e debba essere vista come un'opportunità (Patrucco, 2011). Tra le altre forme di impiego, la disponibilità di rilevanti volumi di materiale può consentire di sviluppare progetti mirati alla stabilizzazione del territorio all'interno di un processo di riutilizzo virtuoso. La nota evidenzia la carenza di strutture in grado di operare a scala regionale che essendo a conoscenza delle problematiche del territorio e dei progetti e delle opere in corso di realizzazione possa favorire l'impiego dei volumi di terra eccedenti per la realizzazione di opere che di quei volumi di terra necessitano. Inoltre, nella nota si auspica un'evoluzione normativa, le cui caratteristiche principali sono esaustivamente illustrate da Sertorio (2011), che consenta una più agevole e flessibile gestione di questi materiali.

2. Gestione attuale delle terre e rocce da scavo

La produzione di smarino è strettamente connessa a molteplici attività antropiche. Le principali, oltre a quelle legate all'estrazione mineraria, sono gli scavi, a cielo aperto e in sotterraneo, e gli escavi dei fondali antistanti le opere portuali. Le operazioni di dragaggio in particolare, a causa del crescente fenomeno del gigantismo navale e della conseguente necessità di approfondire i fondali marini, sono destinate a produrre nel prossimo futuro crescenti volumi di smarino.

Nella progettazione di opere di grande estensione lineare è ormai consolidato il concetto di bilanciamento delle materie: il progetto viene sviluppato cercando di reimpiegare le terre prodotte dagli scavi nell'ambito della stessa opera, ad esempio, per il confezionamento di calcestruzzi o per la formazione di rilevati (Croce e Russo, 2002). Questo obiettivo viene perseguito mediante la scelta del tracciato e delle livellette. Il concetto di bilanciamento dei volumi di terra è spesso applicato anche nei casi in cui la natura e la qualità del terreno scavato non risulti idonea allo specifico riutilizzo, prevedendone il miglioramento della caratteristiche fisico-meccaniche attraverso le tecniche di posa in opera, l'adozione di trattamenti di miglioramento e/o rinforzo. Una disanima dei metodi classici di trattamento può essere trovata in Burghignoli (1995) mentre alcune interessanti metodologie innovative per il consolidamento di terreni a grana grossa sono state descritte da Chieregato *et al*. (2014).

Analoghi concetti di bilanciamento dei materiali sono abitualmente perseguiti nella progettazione degli escavi, nell'ambito dei quali il materiale dragato può essere impiegato per recuperare terra al mare (*land reclamation*), conferendolo in apposite casse di colmata. Come illustrato da Mengé (2012), anche in questo ambito si tende a impiegare i terreni di scadenti caratteristiche meccaniche (limi, argille) provvedendo, dopo lo sversamento in cassa, a eseguire i consolidamenti necessari a conferire al terreno le caratteristiche meccaniche di rigidezza e resistenza compatibili con l'uso dei sovrastanti piazzali (in genere destinati a stoccaggio materiali, deposito *containers*, aree di parcheggio, realizzazione di edifici, etc.).

Non sempre, tuttavia, è possibile conseguire il completo bilanciamento delle materie nell'ambito di uno stesso progetto e, fatta eccezione di casi fortunati ma assolutamente sporadici, ingenti volumi di smarino sono abitualmente conferiti a discarica. Si tratta, peraltro, di un fenomeno in rapido aumento in quanto i volumi di rocce e terre da scavo prodotti crescono anno dopo anno in conseguenza del crescente utilizzo del sottosuolo e della crescente domanda di fondali di esercizio sempre maggiori nelle opere portuali.

3. Gestione dello smarino nell'ambito di uno stesso progetto

Come già accennato, nell'ambito di uno stesso progetto viene ormai usualmente perseguito il bilancio delle materie. Un caso nel quale il tracciato e la livelletta sono stati scelti perseguendo questo obiettivo è quello di alcuni lotti della nuova strada statale S.S. 106 Jonica. Il progetto dell'infrastruttura si sviluppa all'interno della fascia litoranea ionica della Calabria ed è caratterizzato, in conseguenza della particolare morfologia, dalla sequenza di gallerie e viadotti raccordati da tratti più o meno ampi in rilevato (fig. 1). Tenuto conto che la gran parte delle gallerie è scavata in terreni argillosi non adatti alla costituzione dei rilevati, il bilancio dei volumi è stato ottenuto prevedendo un massiccio trattamento a calce e specifiche modalità di posa in opera (fig. 2).

Un passo in avanti nell'ottica del buon uso dello smarino con riferimento alla prevenzione dei dissesti, è ben rappresentato dal progetto dell'imbocco Nord della Galleria

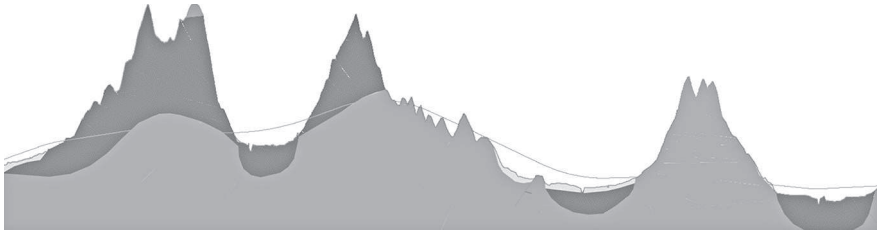


Fig. 1. Progetto S.S. 106. Scelta della livelletta finalizzata al bilancio delle materie.
S.S. 106 Project. Balance of materials trough the choice of steady road gradients.

Fig. 2. Cantiere S.S. 106. Impiego dell'argilla stabilizzata a calce per la formazione dei rilevati.
S.S. 106 Construction yard. Use of lime stabilized clay to build the road embankments.

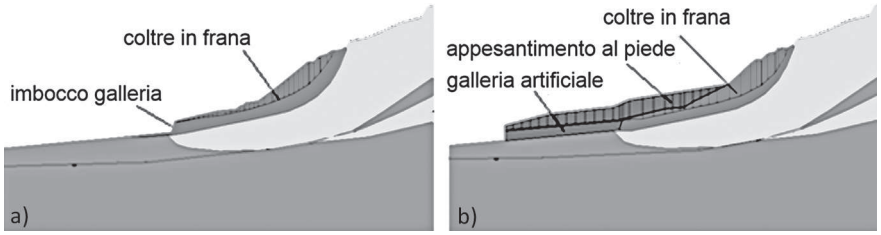


Fig. 3. a) Sezione pendio ante-operam; b) Sezione pendio post-operam.
a) Ante-operam slope section; b) Post-operam slope section.

Casal di Pari nell'ambito dei lavori di adeguamento a 4 corsie della Strada Statale Siena-Grosseto (S.S. 223 del Paganico), attualmente in costruzione. Nell'ambito del bilanciamento complessivo dei materiali, un volume rilevante di terreno derivante dallo scavo delle gallerie è stato collocato in corrispondenza dell'imbocco Nord allo scopo di stabilizzare un movimento franoso pre-esistente mediante appesantimento al piede (fig. 3). Rispetto alle geometrie che si sarebbero adottate qualora non fosse stata presente la frana, l'intervento di stabilizzazione ha comportato il prolungamento di circa 100 m del tratto iniziale della galleria artificiale.

Restando ancora nell'ambito di uno stesso progetto, l'approfondimento dei fondali antistanti il porto commerciale di Gaeta è un esempio nel quale il bilanciamento dei volumi è stato ottenuto reimpiegando terreni argillosi opportunamente consolidati e gestendo le fasi costruttive in maniera da contenere tutto il materiale dragato in una vasca di piccole dimensioni, limitando gli apporti di materiale da cava allo stretto necessario.

Gli importanti volumi di dragaggio (circa 1 milione di metri cubi) generati dall'approfondimento dei fondali sino alla quota di –12.5 m s.l.m., necessario per consentire alla nuova banchina Cicconardi del Porto di Gaeta di accogliere navi di stazza maggiore, sono stati gestiti mediante la progettazione di una vasca di colmata *near shore* che al termine dei lavori consentirà di poter disporre di circa 6 ettari di nuovi piazzali, funzionali al programma di sviluppo dell'infrastruttura portuale, destinati allo stoccaggio di materiali e al deposito di *containers* (fig. 4).

Al fine di raggiungere questo obiettivo il progetto è sviluppato intorno a due elementi principali: la realizzazione di argini di sovralzo provvisori e l'utilizzo della tecnica del *vacuum consolidation* (Leong *et al.*, 2000).

Gli argini di sovralzo assolvono alla funzione di incrementare il volume nominale della vasca innalzando la quota massima al di sopra di quella finale di progetto. Nella fattispecie del dragaggio di terreni a grana fine, tale aspetto assume primaria importanza in quanto durante il refluimento, il volume di terreno sperimenta un significativo aumen-

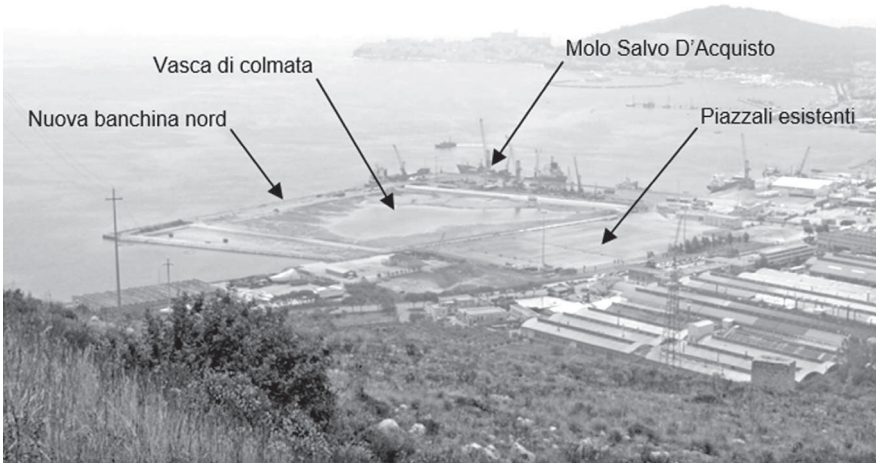


Fig. 4. Porto commerciale di Gaeta. Vasca di colmata.
Port of Gaeta. Land reclamation.

to per poi andare a ridursi, in modo altrettanto significativo, sia per il naturale decorso dei processi di consolidazione sotto il peso proprio sia per le attività di consolidamento dei terreni (fig. 5). La corretta progettazione degli argini di sovralzo, congiuntamente all'impiego di tecniche di consolidamento, permette di rendere la superficie della vasca idonea al riutilizzo minimizzando la necessità di approvvigionamento di materiale esterno.

La tecnica del *vacuum consolidation*, diffusasi nel corso degli ultimi vent'anni (Chu *et al.*, 2000; Shang *et al.*, 1998) è una tecnica che permette di ottenere mediante la generazione di pressioni interstiziali negative all'interno del terreno, sia un aumento delle tensioni efficaci (consolidamento) che un effetto di precarica, fondamentale per minimizzare le deformazioni indotte dall'esercizio (fig. 6). In tal modo è possibile ridurre drasticamente il volume di materiale di cava necessario alla realizzazione di un rilevato di precarica che rappresenta l'unica realistica alternativa al conseguimento del consolidamento del terreno indotto da fenomeni di consolidazione.

L'iter autorizzativo del progetto ha previsto l'esecuzione di una campagna di indagini da parte dell'ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – volta alla caratterizzazione ambientale dei sedimenti marini oggetto di dragaggio al fine di stabilirne le possibili opzioni di gestione. In accordo con il Manuale per la Movimentazione di Sedimenti Marini (APAT-ICRAM, 2007), il 78% del materiale è risultato appartenente alla classe A2 mentre il restante 22% alla classe B2 a causa di concentrazioni di Nichel superiori al valore del Livello Chimico Limite (75 mg/kg s.s.). Il materiale di classe A2 può essere refluito in bacini di contenimento senza particolari accorgimenti. Diversamente, secondo le disposizioni generali contenute nel citato manuale APAT-ICRAM, il materiale di classe B2 può essere depositato, *esclusivamente*, in casse di colmata dotate di adeguati sistemi di impermeabilizzazione sia laterale sia del fondo.

Nel caso in esame la completa impermeabilizzazione della vasca sarebbe risultata incompatibile con il conseguimento degli obiettivi progettuali che, al contrario, richiedevano l'impiego di dreni verticali profondi necessari ad accelerare i processi di consolidazione già durante le fasi di refluimento dei sedimenti, per incrementare la capacità ricettiva della vasca. Ulteriori approfondimenti relativi al comportamento degli inquinanti riscontrati nel fondale marino antistante il porto di Gaeta hanno permesso di stabilire come, nel caso in esame, il Nichel sia legato stabilmente alla matrice solida e i trattamenti di tipo fisico-meccanico previsti in progetto e l'ambiente chimico in cui tali processi avvengono (pH e potenziale redox) non possono produrne la solubilizzazione. I risultati di questi approfondimenti hanno consentito di andare in deroga a quanto inizialmente imposto dall'ISPRA sulla base di quanto previsto dal citato manuale, ottenendo l'autorizzazione a non impermeabilizzare la vasca e a impiegare il sistema drenante previsto in progetto. Poiché l'unica possibile fonte di inquinamento sarebbe stata la fuoriuscita di particelle di terreno, alle quali è legato il nichel, veicolate dalle acque filtranti attraverso gli argini e dal fondo, nonché dall'acqua che ritorna a mare attraverso gli sfioratori, sono stati adottati i seguenti accorgimenti progettuali: *I)* gli argini e i dreni verticali sono rivestiti da teli di geotessile con funzione filtrante con porosimetria tale da trattenere anche le porzioni solide più fini; *II)* la vasca è stata dotata di un doppio sistema di sfioratori, in grado di garantire la deposizione anche delle frazioni più fini di terreno mediante l'allungamento dei tempi di residenza idraulici. A garanzia del risultato, infine, nell'ambito del

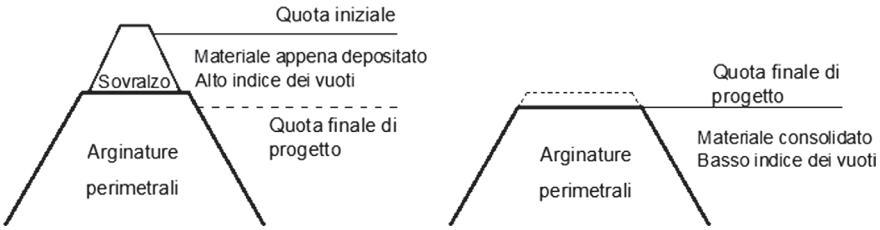


Fig. 5. Argini di sovralzo. Schema concettuale di funzionamento.
Dike raising. Conceptual working scheme.

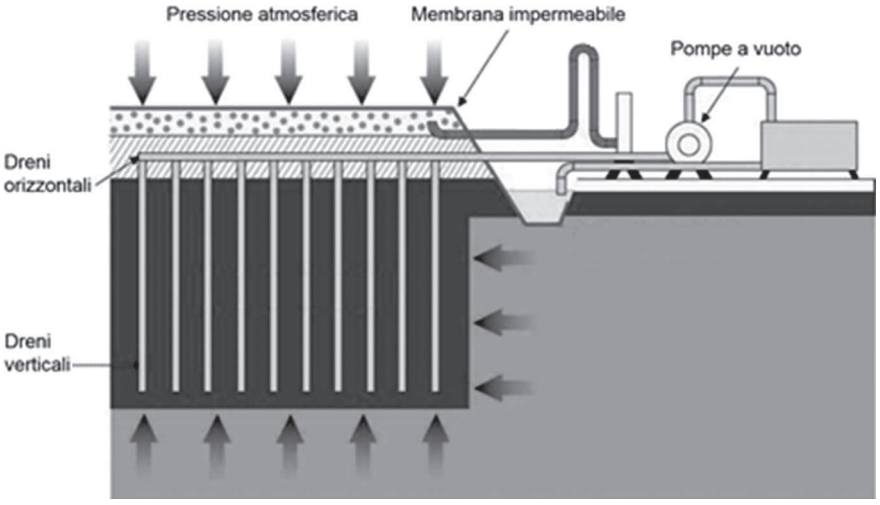


Fig. 6. Vacuum Consolidation. Schema di funzionamento.
Vacuum Consolidation. Working scheme.

piano di monitoraggio ambientale, in prossimità dell'area di restituzione a mare dell'acqua sfiorata è stato posizionato un torbidimetro in grado di rilevare in continuo la quantità di solido presente in sospensione.

4. Gestione integrata dello smarino

I casi fin qui citati costituiscono esempi di progettazione razionale volta ad un proficuo utilizzo, all'interno dello stesso progetto, dei volumi di terreno prodotti dagli scavi. Tuttavia, non sono infrequenti i progetti nei quali, per via delle caratteristiche intrinseche delle stesse opere da realizzare, il riutilizzo è precluso: opere interrate (scavi e gallerie in ambiente urbano) e trafori di grandi catene montuose sono comuni esempi di questa categoria di opere.

D'altra parte, nel panorama delle opere civili esiste una categoria altrettanto nutrita di interventi per la cui realizzazione si ha la necessità di reperire rilevanti volumi di terreno: la costruzione di argini e rilevati, le opere di difesa costiera, gli interventi di stabilizzazione dei versanti in frana mediante appesantimento al piede sono esempi di progetti di questo tipo che spesso vengono realizzati attingendo a materiale di cava con i costi e le ripercussioni sull'ambiente ben note.

Non potendo riutilizzare sempre e completamente i volumi di terreno prodotti dalla realizzazione di alcuni progetti, occorre pensare concretamente alla possibilità di impiegare lo smarino nell'ambito di progetti differenti da quello in cui lo smarino stesso è prodotto favorendo l'incontro tra la domanda e l'offerta di terra.

Un celebre esempio di gestione integrata dello smarino è costituito dal progetto inglese del *CrossRail*, ampiamente descritto da De Silva e Paris (2014) e inserito nel quadro generale delle trasformazioni antropogeniche del territorio britannico da Price *et al.* (2011), nell'ambito del quale più di 3 degli oltre 7 milioni di tonnellate di terreno scavati per realizzare gli oltre 21 km in doppia canna della linea metropolitana di Londra sono stati impiegati per rialzare gli argini verso l'oceano nella vicina isola di Wallasea nell'Essex.

L'isola, per effetto delle importanti maree, era soggetta a intensi fenomeni erosivi che nel tempo ne avevano messo a repentaglio innanzitutto l'esistenza e con essa anche l'integrità dell'ecosistema marino particolarmente ricco che l'isola ospitava (fig. 7a).

L'intera area, completamente bonificata e adeguatamente protetta dalle maree, è diventata una riserva naturale con un ricco ecosistema e un centro di ricerca finalizzato alla diffusione della conoscenza delle biodiversità e della cultura della protezione del territorio (fig. 7b). Il progetto è stato realizzato in partnership con la Royal Society for the Protection of Birds (RSPB).

I restanti 4 milioni di tonnellate di terreno scavato sono stati riutilizzati in altri 9 differenti progetti tra i quali la realizzazione di un centro commerciale (Kingsworth), il recupero di discariche (discariche di Rainham e Calvert), la creazione, sempre in partnership con la Royal Society for the Protection of Birds (RSPB), di riserve naturali (Ockendon e East Tilbury Quarry) e la realizzazione di un campo da golf (Ingrebourne). Oltre il 98% del terreno di smarino è stato reimpiegato mentre il restante 2%, una percentuale alquanto esigua, è stato conferito a discarica.

Il riutilizzo del terreno scavato per la sistemazione dell'isola di Wallasea, oltre alle normali analisi chimiche , ha richiesto specifiche analisi eco-tossicologiche sui microrganismi acquatici presenti nell'isola (Davis e Russell, 2014). I risultati di questi studi hanno permesso di individuare i quantitativi di ciascun inquinante in grado di causare danni alla crescita e alla riproduzione degli organismi acquatici e, quindi, di scartare i terreni provenienti dallo scavo della gallerie ambientalmente non compatibili.

Al fine di mantenere un'elevata compatibilità ambientale dello smarino, anche laddove per l'esecuzio-

Fig. 7. Vista aerea dell'isola di Wallasea: a) ante-operam; b) post-operam.
Aerial view of Wallasea Island: a) ante-operam; b) post-operam.

ne dello scavo meccanizzato è stato necessario l'utilizzo di schiume per il condizionamento del terreno, sono stati testati differenti prodotti disponibili sul mercato, portando alla scelta dei prodotti il cui impiego è in grado di limitare il quantitativo residuale nel terreno di composti chimici potenzialmente dannosi per lo specifico utilizzo (Merritt, 2014).

Va infine precisato che, a causa del livello di idrocarburi presente nel terreno naturale, solamente i 3 milioni di tonnellate di smarino effettivamente impiegati per la sistemazione dell'isola di Wallasea sono risultati idonei ad essere utilizzati in questo specifico progetto.

Un piccolo ma significativo esempio, viceversa, delle aberrazioni cui può portare la mancanza di collaborazione tra Amministrazioni, l'inefficienza interna a una stesso Ente, una burocrazia farraginosa e una normativa complessa e controversa, è fornito dagli esiti dell'esecuzione di scavi archeologici eseguiti all'interno di una area adibita a parcheggio della Facoltà di Ingegneria dell'Università *Sapienza*, nel pieno centro di Roma: la buca di San Pietro in Vincoli (fig. 8).

Nel 1984 la Soprintendenza per i beni archeologici di Roma ha eseguito uno scavo finalizzato a portare alla luce alcuni resti risalenti all'età augustea (*Porticus Liviae*). Gli scavi hanno interessato una superficie di circa 1000 metri quadrati e prodotto circa 3000 metri cubi di smarino che è stato conferito in una discarica ubicata fuori città.

Terminati gli scavi, eseguiti i rilievi del caso e giudicato il sito di non grande rilevanza archeologica, l'area è stata recintata e ancora oggi si trova in questo stato (fig. 9). Nel 2009 in seguito all'ennesima richieste dell'Ateneo con la quale si chiedeva di conoscere il destino dell'area, la Soprintendenza comunicava che la *buca* poteva essere ritombata.

Infine, si arriva al 2014 quando la stessa Soprintendenza, nell'ambito del progetto di recupero dell'area della *Domus Aurea*, nella stessa area di colle Oppio ad una distanza di circa 100 m dal luogo della *buca*, intraprende ulteriori scavi archeologici (fig. 8). Una buona gestione del progetto avrebbe suggerito di utilizzare lo smarino per sanare la "ferita" prodotta con gli scavi di 30 anni prima, colmando la *buca* di San Pietro in Vincoli; tuttavia, incredibilmente, le terre prodotte dagli scavi sono state conferite a discarica sostenendo i relativi costi di trasporto e conferimento e lasciando irrisolto il problema.

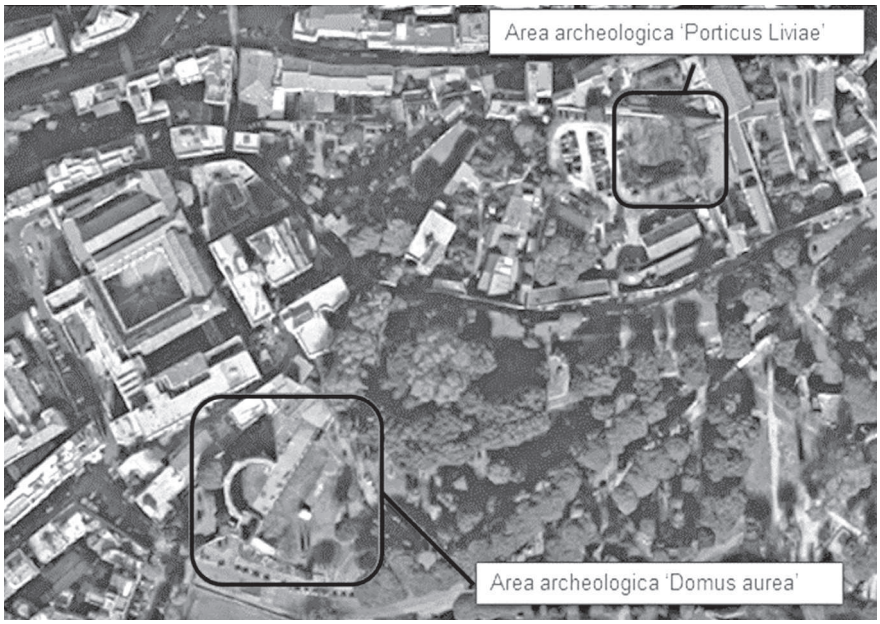


Fig. 8. Aree interessate dagli scavi archeologici.
Archeological sites.

Avendo la necessità di utilizzare le aree interessate dalla *buca* e allo stesso tempo di minimizzare i costi dell'intervento, la *Sapienza* ha dato la disponibilità ad accogliere parte dei volumi di terreno che saranno prodotti dallo scavo delle gallerie di stazione della nuova stazione di Piazzale Flaminio della Linea ferroviaria Roma Nord (fig. 10), la cui realiza-

Fig. 9. Situazione attuale, scavo archeologico Porticus Liviae.
Current state of the Porticus Liviae archeological site.

Fig. 10. Scavi di Piazzale Flaminio.
Excavations of Piazzale Flaminio.

zione è prevista per l'ormai prossimo 2016 e il cui smarino di natura calcarenitica, ottimo materiale da costruzione, non inquinato, è attualmente destinato a discarica.

Nel tentativo di rendere possibile il trasferimento dello smarino a San Pietro in Vincoli per il tombamento dell'area di scavo, si sta sperimentando direttamente la complessità della normativa attuale in merito al riutilizzo delle terre e rocce da scavo; soprattutto la difficoltà di modificare in un cantiere aperto il piano di gestione delle terre già approvato. A questo si aggiunge la difficoltà di far cooperare efficacemente le differenti Amministrazioni pubbliche interessate e la difficoltà a ottenere tutte le autorizzazioni necessarie. Ad oggi, non c'è ancora la certezza di riuscire nell'intento, benché sia a tutti chiaro che ciò porterebbe risparmi all'amministrazione che gestisce il progetto di piazzale Flaminio e all'Università che risparmierebbe i costi dell'acquisto del materiale da cava, senza contare i benefici a livello ambientale legati alla riduzione dei trasporti e dall'assenza di consumo di territorio (non si cava e non si riempie una discarica).

Affinché l'esempio positivo del *CrossRail* possa diventare non l'eccezione ma la regola, mentre casi negativi come quello della *buca* di San Pietro in Vincoli non abbiano più a verificarsi, appare necessaria l'istituzione di una apposita struttura di coordinamento che possa operare su scala regionale e possa agevolare una gestione integrata dello smarino.

Si tratta di una struttura che deve essere a conoscenza delle esigenze di opere per la stabilizzazione del territorio e allo stesso tempo delle lavorazioni previste nei vari cantieri e nei differenti progetti con specifico riferimento all'esigenza di acquisire terra o alla necessità di liberarsi della terra prodotta in eccesso. La struttura deve avere il compito di individuare occasioni di scambio di smarino nella progettazione e realizzazione di opere mettendo in contatto le amministrazioni che potrebbero trarre mutuo beneficio dalla gestione integrata dello smarino.

Appare inoltre chiaro che, al fine di rendere possibile questo processo, è anche necessario dotarsi di una chiara normativa di gestione delle terre e rocce da scavo che, nel pieno rispetto dell'ambiente, renda possibile e persino favorisca, il riutilizzo dello smarino consentendo rapide modifiche del piano di gestione delle terre anche con i cantieri aperti, allo scopo di non perdere occasioni non previste che tuttavia possono presentarsi durante i lavori.

5. Considerazioni conclusive

La gestione intelligente e integrata nel territorio delle terre e delle rocce prodotte dalle attività costruttive che non si riescono a gestire nell'ambito dello stesso progetto, può trasformare il problema dello smarino, che attualmente viene frequentemente conferito a discarica, in una risorsa.

L'entità dei volumi di terra prodotti rende necessario trovare il modo di gestire lo smarino in maniera razionale, sfruttando l'opportunità fornita dalla disponibilità di materiale. Il riutilizzo delle terre e rocce prodotte da scavi ed escavi dovrebbe essere prevalentemente orientato alla difesa del territorio ma può anche essere uno strumento utile per agevolare professionisti e imprese che operano sul territorio e cercare di creare le condizioni affinché lo smarino non debba essere necessariamente conferito a discarica.

Al fine di raggiungere questo obiettivo è indispensabile l'istituzio-

ne di una struttura di coordinamento su scala regionale che possa agevolare i trasferimenti di terra tra diversi cantieri. Il processo deve essere accompagnato dallo snellimento dell'attuale quadro normativo.

In definitiva, la gestione virtuosa dello smarino è un obiettivo che può essere conseguito a condizione che tutti gli attori coinvolti nel processo seguano un approccio integrato e sinergico alla progettazione e alla gestione delle terre.

Bibliografia

Bottero, M., Ferretti, V. (2010). *Using the analytic network process in sustainability assessment of territorial transformations: An application of the environmental DPSIR indicators framework.* Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 129, pp. 9-24.

Burghignoli, A., (1995). *Il miglioramento e il rinforzo dei terreni e delle rocce*. XIX Convegno Nazionale di Geotecnica, Pavia, 1995, Patron Editore, pp. 103-121.

Chieregato, A. *et al.* (2014). *Laboratory grouting test for waterproofing and consolidation of granular soils by means of innovative materials*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 141, pp. 63-68.

Chu, J. *et al.* (2000). *Soil improvement by the vacuum preloading method for an oil storage station*. Géotechnique, 50, pp. 625-632.

Croce, P., Russo, G., (2002). *Reimpiego dei terreni di scavo mediante stabilizzazione a calce*. XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, L'Aquila, 2002, Patron Editore, pp. 387-394.

Davis, J., Russell, L., (2014). *The crossrail project, London. The transport and beneficial re-use of excavated material.* Terre e Rocce da Scavo nelle Opere in Sotterraneo: un Problema o una Opportunità?, SIG, pp. 29-38.

De Silva, M., Paris, R., (2014). *Building Crossrail – A holistic approach to sustainability*. International Conference of Sustainable Infrastructures, Long Beach, 2014, ASCE, pp. 898-879.

Ferretti, V. (2013). *Spatial multicriteria evaluation to support planning and evaluation procedures: A survey and classification of the literature*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 139, pp. 53-66.

ICRAM-APAT, (2007). *Manuale per la movimentazione di sedimenti marini*.

Leong, E. *et al.* (2000). *Soil improvement by surcharge and vacuum preloadings*. Géotechnique, 50, pp. 601-605.

Mengé, P., (2012). *Recent Advances and Execution Aspects in Ground Improvement in Dredging and Environmental Marine Engineering.* ISSMGE – TC211 International symposium on ground improvement.

Merritt, A., (2014). *Soil conditioning for EPB tunnelling: some examples of laboratory testing and field monitoring.* Terre e Rocce da Scavo nelle Opere in Sotterraneo: un Problema o una Opportunità?, SIG, pp. 79-89.

Patrucco, M. *et al.* (2011). *Aspects of risk assessment and management associated with the phases of generation and reuse of the tunnel muck*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 133, pp. 69-84.

Price, S. *et al.* (2011). *Humans as major geological and geomorphological agents in the anthropocene: The significance of artificial ground in great Britain.* Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 369, pp. 1056-1084.

Sertorio, M., (2011). *Earths and excavation rocks. Juridical profiles before and after the legislative decree December 3 rd 2010 n. 205: Administrative realization of their final destination*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 132, pp. 39-43.

Shang, J. *et al.* (1998). *Vacuum preloading consolidation of reclaimed land: a case study*. Canadian Geotechnical Journal, 35, pp. 740-749.

Uso delle gallerie per la stabilizzazione di versanti in frana

Daniele Peila*
Daniele Martinelli*
Andrea Luciani*

* DIATI, Politecnico di Torino, Italia

L'uso del sottosuolo per la gestione idrogeologica del territorio e per la bonifica delle frane è una soluzione efficace ed ampiamente utilizzata nel mondo. Nel lavoro dopo un inquadramento generale dell'argomento vengono illustrati alcuni casi studio di particolare interesse.
***Parole chiave**: frane, drenaggio profondo, gallerie.*

***Use of tunnels for landslide stabilization**. Underground space for hydrogeological management and for landslide stabilization is a feasible solution and it is widely used worldwide. In this work, after a preliminary overview of the problem, some particularly important case histories are presented and shortly discussed.*
***Keywords**: landslide, deep drainange, tunnels.*

1. Introduzione

I contributi al miglioramento della gestione sociale, economica e territoriale della comunità, che si possono ottenere dall'utilizzo dello spazio sotterraneo sono noti, come si può evincere dalle numerose applicazioni ingegneristiche, ma gli usi riguardanti la protezione idrogeologica dello spazio sotterraneo sono meno noti, anche in relazione al limitato numero di esempi. La tab. 1 sintetizza i principali usi dello spazio sotterraneo nel mondo mentre la tab. 2 sottolinea, invece, le applicazioni per la protezione idraulica, idrogeologica e, più in generale, per interventi per la protezione territoriale.

Due diversi tipi di intervento possono essere identificati, a seconda che essi siano dedicati al drenaggio delle acque sotterranee o alla deviazione di acque superficiali in presenza di eventi di piena. La necessità della loro costruzione in sotterraneo, inevitabile nel primo caso e spesso anche nel secondo, di solito per ragioni di sicurezza, per mancanza di spazio esterno, come per esempio si sta osservando nelle megalopoli dei paesi in via di sviluppo, per inconvenienti legati alle caratteristiche morfologiche del terreno e a causa di vincoli paesaggistici od ambientali (un lavoro sotterraneo ben fatto consente notevoli vantaggi in termini di mitigazione dell'impatto ambientale).

Un'analisi comparativa dei costi può mostrare come quelli riguardanti gallerie possono essere sostanzialmente abbattuti dato che, spesso, le opere idrauliche analizzate hanno lunghezza e diametro tali da giustificare l'utilizzo di macchine di scavo a piena sezione che possono consentire di eseguire le opere in tempi relativamente rapidi in particolare in condizioni di emergenza.

Lavoro presentato al Convegno SIG "Il buon uso del suolo e del sottosuolo nella prevenzione dei dissesti ambientali", Milano 8-9 ottobre 2015.

Tab. 1. Principali usi dello spazio sotterraneo per applicazioni di tipo civile.
Main uses of the underground spaces for civil engineering applications.

Grandi strutture tecnologiche	– Stazioni di telecomunicazione – Centri di ricerca – Impianti per lo stoccaggio e trattamento delle acque – Grandi depositi (magazzini a bassa temperatura di idrocarburi, archivi, magazzini di inerti, serbatoi per lo stoccaggio di aria compressa e acqua calda) – Gallerie ed opere sotterranee connesse a centrali idroelettriche – Strutture per la difesa territoriale – Depositi di scorie – Impianti industriali – Tunnel tecnologici, accessi di servizio e vuoti (per cavi elettrici, acquedotti, fognature, reti di cablaggio per la trasmissioni di dati e telecomunicazioni)
Infrastrutture di transito e trasporto	– Gallerie extra-urbane ad uso stradale e ferroviario – Gallerie urbane per strade, metropolitane e ferrovie, con relative infrastrutture e gallerie di servizio e stazioni – Parcheggi sotterranei – Passaggi pedonali sotterranei – Funicolari
Strutture civili ad uso abitativo, lavorativo, culturale e ricreativo	– Abitazioni – Laboratori e officine – Centri commerciali – Serre (parzialmente in sotterraneo) e cantine – Ospedali – Cinema, teatri, biblioteche, centri congressi e poli fieristici, auditorium, altre attività culturali e sociali d'incontro
Strutture militari	– Centri strategici – Depositi di munizioni e armi – Hangar per aeroplani, navi, sottomarini e altri mezzi di trasporto – Rifugi antiaerei e antiatomici
Miniere	– Miniere e relativi vuoti minerari

Tab. 2. Strutture sotterranee dedicate agli interventi di difesa territoriale e protezione da eventi catastrofici naturali come frane ed alluvioni.
Underground structures used as land and environment. Protection from natural catastrophic events as landslides and floods.

Tipo di opera	Uso
Gallerie	Interventi di stabilizzazione in profondità
Gallerie	Protezione caduta massi e valanghe
Canali di scolo, deviatori e gallerie di by-pass	Deviazione di acque superficiali
Gallerie di drenaggio	Drenaggio delle acque
Pozzi di drenaggio	Drenaggio delle acque

2. Uso delle gallerie per la stabilizzazione di frane

La soluzione ingegneristica per la stabilizzazione di una frana, soprattutto quando di grandi dimensioni, richiede da un lato la collaborazione tecnica multidisciplinare di ingegneri, geologi, idrogeologi, progettisti del territorio e paesaggio, dall'altro richiede che anche gli esperti ed i tecnici della pubblica amministrazione definiscano il livello di rischio accettabile, tenendo conto della disponibilità finanziaria necessaria per realizzare gli interventi. In questo settore lo sviluppo di un'analisi di rischio correttamente sviluppata è uno dei temi più importanti, e delicati, che deve essere affrontato.

Tra le cause più importanti che innescano e movimentano le frane quello fondamentale e sul quale è più facile intervenire è certamente la presenza di acqua, sia superficiale che sotterranea. Pertanto, in questo contesto, le opere in sotterraneo possono svolgere un ruolo importante, visto che consentono di intercettare e drenare facilmente l'acqua in profondità, spesso agendo al di sotto delle superfici di scivolamento.

2.1. Cause dell'instabilità dei versanti

Una sintesi delle cause fondamentali di instabilità dei versanti, suddivisi in fattori predisponenti, ovvero quei fattori intrinseci di stabilità fondamentalmente collegati alle caratteristiche litologiche, strutturali e meccaniche dei materiali geologici, e in fattori scatenanti che innescano il movimento franoso per esempio per precipitazioni intense e attività sismica. In questo quadro semplificato, si sono evidenziati (con il simbolo ⇐) gli ambiti dove è possibile ridurre le cause di instabilità mediante le opere sotterranee.

In linea generale, pertanto, i fattori che possono portare all'instabilità di un versante possono essere suddivisi in:

Fattori che rimuovono materiale dal corpo di frana
- erosione del piede del versante a causa dell'acqua; ⇐
- erosione prodotta da moti ondosi o correnti in corrispondenza di aree costiere;
- scioglimento di ghiacciai;
- attività di scavo (per edifici, strade, canali etc.) ai piedi di un versante; ⇐
- rottura di opere di sostegno al piede di un versante.

Fattori che sovraccaricano il corpo di frana
- sovraccarico del manto nevoso;
- formazione o accumulo di materiale sciolto sulla parte superiore del versante;
- nuove infrastrutture stradali, aree di discarica di inerti o rifiuti, edifici, vegetazione;
- carico idraulico dovuto a perdite da tubazioni, fognature, bacini o canali. ⇐

Fattori che introducono aree instabili in sotterraneo
- attività carsica in rocce carbonatiche;
- disgregazione di formazioni gessose;
- attività mineraria.

Fattori che inducono stati di sollecitazione anomali
- congelamento dell'acqua nelle fratture;
- fenomeno di rigonfiamento di terreni argillosi.

Fattori che esercitano forze transitorie in superficie
- attività vulcanica;
- attività sismica;
- esplosioni;
- traffico stradale e ferroviario; ⇐

Fattori che dipendono dalla geometria delle fratture nel sottosuolo e dalle caratteristiche degli strati presenti
- variazione del contenuto d'acqua nel terreno e del livello della falda; ⇐
- presenza di falde in pressione ⇐

2.2. Uso di strutture sotterranee per la stabilizzazione dei versanti

Nella stabilizzazione di un versante, gli interventi geotecnici che sono adottati per aumentare il fattore di sicurezza globale del fronte sono scelti in funzione delle caratteristiche geometriche dell'instabilità e dei fattori che inducono e attivano l'instabilità stessa. Inoltre, nella progettazione dell'intervento di stabilizzazione, è necessario tenere in considerazione la presenza e l'importanza di ogni infrastruttura (civile, industriale, ferroviaria etc.) che potrebbe essere presente in superficie e che deve essere protetta. Su queste basi, i tipi di strutture sotterranee che possono contribuire all'aumento del fattore di sicurezza di una frana o scivolamento su un pendio sono:
- *interventi che riducono l'erosione causata da flussi d'acqua alla base del pendio*
  Questi interventi hanno lo scopo di ridurre l'erosione al piede

di una pendenza causata da flussi d'acqua. La progettazione richiede un accurato studio preliminare delle dinamiche fluviali e dell'evoluzione geomorfologica del letto del fiume. In questo senso, le opere sotterranee possono portare notevoli vantaggi e possono permettere il totale o parziale superamento della zona interessata;

– *interventi che permettono la riduzione della pressione interstiziale all'interno del pendio (drenaggio profondo). In questo caso le principali opere che possiamo considerare sono le gallerie drenanti munite di dreni di piccolo diametro radiale ed i pozzi.*

a) gallerie drenanti

Questi interventi possono essere adottati per stabilizzare pendii di grandi dimensioni o in situazioni idrogeologiche che comportano la necessità di agire su flussi idrici concentrati lungo percorsi preferenziali (aree di faglia o ad intensa fratturazione, contatti tra ammasso roccioso e terreno superficiale) o in aree dove possono instaurarsi sovrapressioni idrauliche.

La loro costruzione richiede un'accurata indagine preliminare in modo da poter essere in grado di ricostruire il modello evolutivo-fisico e geometrico della frana e della circolazione idrica sotterranea. Lo studio idrogeologico è infatti fondamentale per posizionare e dimensionare le gallerie drenanti e la rete di drenaggio collegati ad essa in modo ottimale in base al flusso d'acqua che è necessario drenare. Inoltre nella progettazione di una galleria di drenaggio è necessario evitare il rischio di ulteriori movimenti del pendio indotti dallo scavo.

Questo tipo di gallerie sono di solito di sezioni modeste, e possono essere vuote all'interno o riempito di materiale drenante, seguendo gli stessi criteri che si utilizzano per le trincee. Il raggio d'influenza delle gallerie di drenaggio può essere aumentato grazie a dreni subverticali, tubi di drenaggio e pozzi

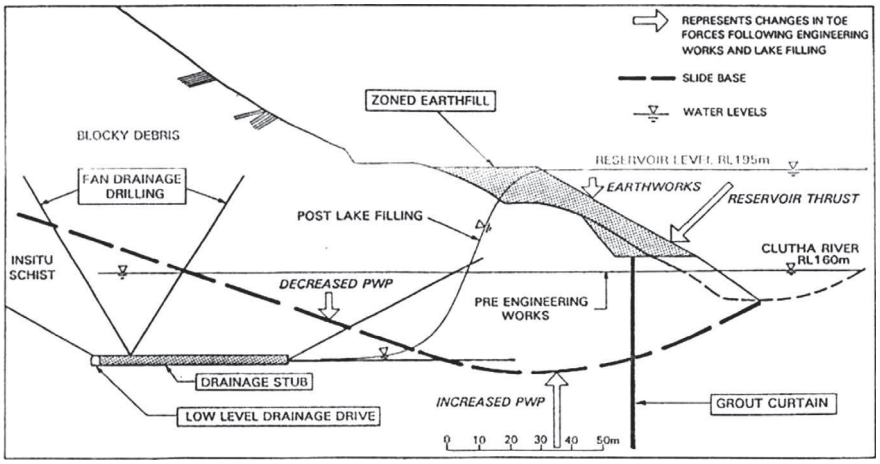


Fig. 1. Schema dell'intervento realizzato per stabilizzare il grande scivolamento di Brewery Creek (Nuova Zelanda), che ha un volume in movimento 150 milioni di m^3, una larghezza alla base di 2.4 km e una profondità del piano di scorrimento di 150 m dalla superficie.

Scheme of the intervention realized to stabilize the brewery creek landslide (New Zeland), which has a volume of 150 million cu. m., a width of 2.4 km and depth of the sliding plane of 150 m from the surface.

di drenaggio associati, come si può vedere nell'esempio di fig. 1, che si riferisce alla stabilizzazione della grande frana Brewery Creek in Nuova Zelanda localizzata sulle sponde del lago idroelettrico di Clyde con un volume di 150 milioni di m^3 ed una larghezza al piede di circa 2 km o alla frana di Taren nel Galles del sud nel quale il movimento franoso coinvolge oltre 8 milioni di m^3 di limo sabbioso ed arenaria fratturata in scivolamento su strati di marna debole (figs. 2 e 3).

In ambito mondiale queste applicazioni sono considerate insostituibili per interventi su grandi scivolamenti di versante infatti la galleria di drenaggio è il modo più semplice di per accedere in prossimità della superficie di scorrimento che può essere intercettata dai dreni radiali che vengono perforati dalla galleria. Uno dei vantaggi della galleria è che i dreni possono essere facilmente raggiunti per manutenzione ed eventualmente possono essere integrati e/o potenziati nel tempo.

Una galleria drenante presenta altri notevoli vantaggi rispetto ad altre opere innestate nel terreno (come ad esempio il drenaggio

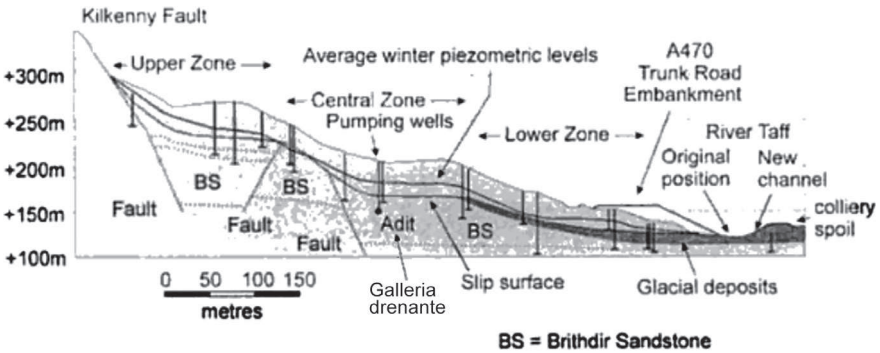


Fig. 2. Sezione trasversale della frana di Taren (Kelly e Martin, 1985) con indicazione della posizione della galleria drenante

Selection of the Taren landslide (Kelly e Martin, 1985) with the indication of the drainage tunnel.

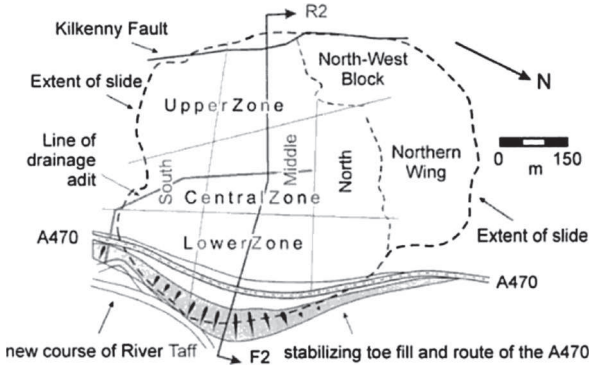


Fig. 3. Planimetria della frana di Taren (Kelly e Martin, 1985) con indicazione della posizione della galleria drenante.
Plan view of the Taren landslide (Kelly e Martin, 1985) with the indication of the drainage tunnel.

dall'esterno o pozzi):

- può essere costruita in terreno stabile sotto o in prossimità della massa in movimento, senza doverla intercettare e quindi riducendo il rischio di rottura o cedimenti in corrispondenza della superficie di scivolamento;
- permette di moltiplicare gli elementi drenanti senza intervenire sulla superficie del terreno;
- ha un solo ingresso (o al massimo due, uno per ciascuna estremità) e quindi il suo impatto ambientale è limitato.

b) pozzi di grande diametro

Si tratta di opere di drenaggio costose, che sono giustificabili per opere civili di grandi dimensioni. Questi sono scavi sostenuti con anelli di calcestruzzo armato, con diametri che variano tra i 3 e i 12 m e dotati di rivestimento drenante nella parte superiore eventualmente integrato da raggiere di dreni.

Lo scarico dell'acqua avviene per gravità attraverso derive o tubi di drenaggio sub-orizzontali. I pozzi vengono solitamente disposti ad intervalli lungo una fila perpendicolare alla direzione del movimento.

c) pozzi di drenaggio connessi al drenaggio di base

Questi sono pozzi di medie dimensioni (1-2 m di diametro) e sono collegati da una perforazione di drenaggio alla loro base. Una descrizione dettagliata di questi interventi può essere trovata in Bianco (1988) e in Peila *et al.* (1992).

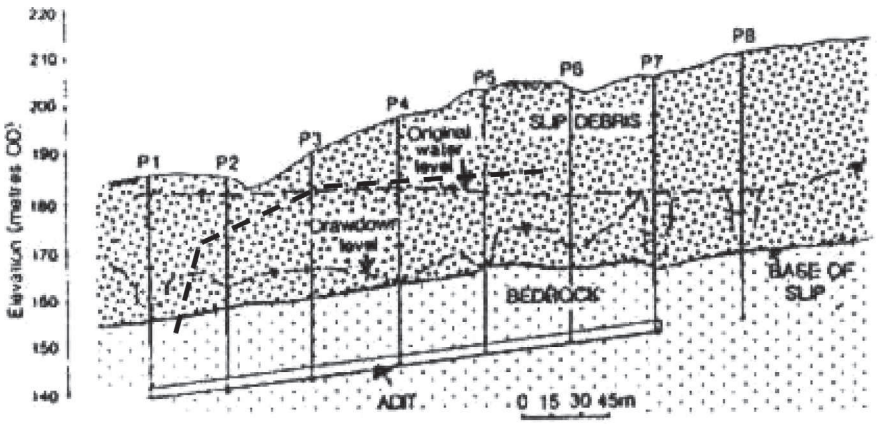


Fig. 4. Interventi di drenaggio installati per stabilizzare lo scivolamento di Taren (Galles del Sud, UK). La sezione è tracciata lungo la direzione dei pozzi drenanti. È possibile evidenziare l'abbassamento del livello della falda per effetto dell'azione dei pozzi.
Drainage interventions installed to stabilize the Taren landslide (south Wales). The section is traced along the direction of the drainage wells. Also the drop of the water table after the interventions is shown.

2.3. Esempi di uso di gallerie per la stabilizzazione di frane

Tra i numerosi esempi interessanti di drenaggio di pendii instabili utilizzando un tunnel di drenaggio si può citare l'intervento di protezione per l'autostrada Adriatica, lungo un pendio instabile vicino a Grottomare, tra Ancona e Porto d'Ascoli, Italia (Pigorini, 1973) (fig. 5). La presenza di uno strato di elevata permeabilità all'interno del pendio avente depositi alluvionali alla sua sommità aveva causato numerosi eventi di scivolamento, anche di notevole entità. In vista dello scavo attraverso il pendio di una galleria stradale, con lo scopo di migliorare la stabilità del pendio stesso, anche a lungo termine, sono stati preparati alcuni interventi finalizzati a stabilizzare il pendio. La galleria di drenaggio ha 2.3 m di diametro e una lunghezza di circa 260 m ed è stata scavata, in uno strato roccioso stabile.

Dal tetto della galleria tetto partono 44 drenaggi verticali che raggiungono la falda acquifera abbassando quindi la pressione interstiziale, fino a portare in condizioni di condizioni di stabilità la frana.

Un altro esempio interessante di stabilizzazione di una frana medie dimensioni con una galleria è il movimento franoso che interessa l'autostrada "dei Fiori" a Spotorno (SV), dove una galleria lunga 200 metri è stata scavata dietro la superficie di frana per drenare la falda (fig. 6) e quindi stabilizzare il pendio.

Molto significativo è l'esempio dello scivolamento di Campo Vallemaggia nel quale un volume di circa 400 milioni di m^3 di roccia metamorfica fratturata è in movimento per una profondità di circa 300 m

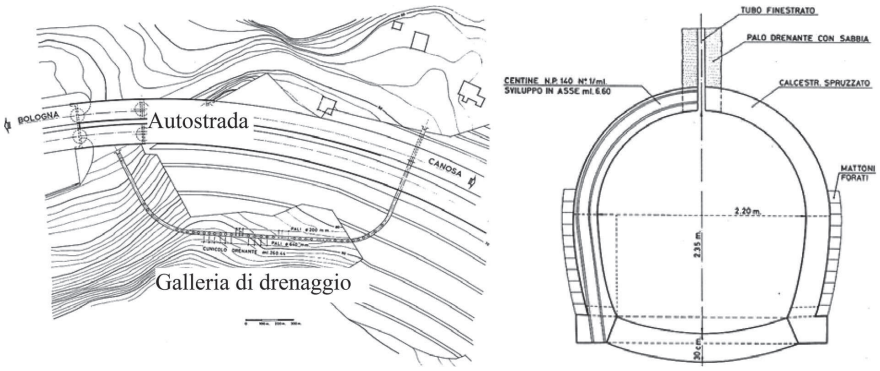


Fig. 5. Esempio di intervento di Grottamare (Pigorini, 1973).
Example of the Grottamare intervention (Pigorini, 1973).

(Beatrizzotti e Bertola , 1998). Attività di ricerca e monitoraggio hanno portato alla conclusione che la causa di questo fenomeno è rappresentata dall'acqua in pressione in uno strato geologico basale della massa in movimento. Per ovviare a questo problema è stata quindi scavata nella parte profonda, al di sotto dei volumi in movimento, in roccia stabile, una galleria di drenaggio, dalla quale sono stati praticati dreni verticali per abbassare la pressione interstiziale.

Analogamente interessante è l'intervento sulla frana di Po Shan a Hong Kong che si è manifestata nel 1972 ed ha causato oltre 67 morti in un'area estremamente urbanizzata (fig. 7).

L'intervento di scavo delle gallerie è stato realizzato mediante delle fresa TBM aperte con notevoli limitazione in relazione alla disponibilità dell'area di cantiere (estremamente limitata) ed alle tempistiche operative e lavorative.

3. Controllo per l'esondazione di fiumi e torrenti

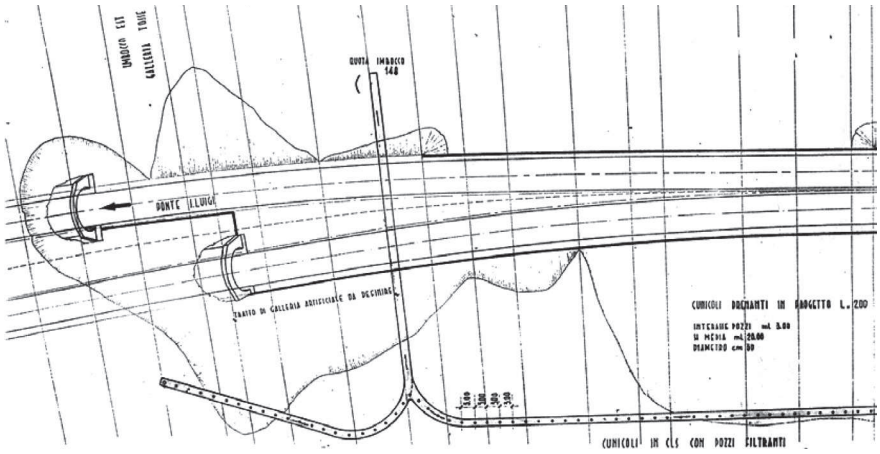


Fig. 6. Schema planimetrico del sistema di drenaggio adottato nei pressi dell'autostrada "dei fiori" presso Spotorno (SV).
Plan view of the drainage system used in the vicinity of the "dei fiori" highway near Spotorno (SV).

L'uso di opere in sotterraneo per il controllo dell'esondazione di fiumi e torrenti permette di:
- realizzare dei by-pass per laminare le portate di piena;
- svuotare bacini potenzialmente inondabili.

Tra questi interventi, si può ricordare in Italia la galleria di quasi 10 km di lunghezza in sezioni nette di 50 m^2 (costruita nella seconda metà degli anni Cinquanta) che collega il fiume Adige con il lago di Garda (Nord Italia), con lo scopo di scaricare i picchi di piena del fiume Adige consentendo un flusso di 5000 m^3/s (Da Deppo *et al.*, 1995). Si può an-

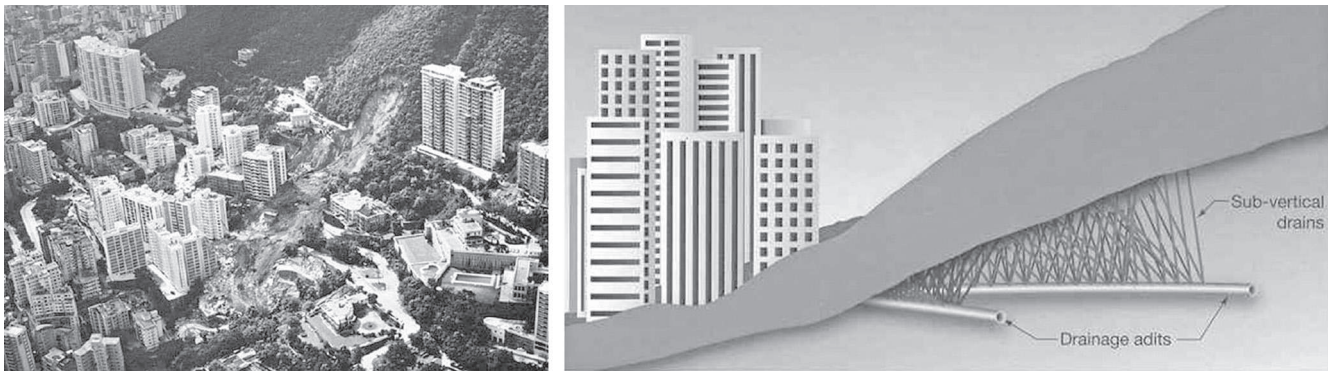


Fig. 7. Vista della frana di Po Shan ad Hong Kong (www.transportscotland.gov.uk/report/j10107-22.htm) e vista tridimensionale dell'intervento drenante mediante due gallerie drenanti (www.tunnelsonline.info) realizzate per il drenaggio della coltre alterata in occasione di eventi piovosi intensi.
View of the Po shan landslide in Hong Kong (www.transportscotland.gov.uk/report/j10107-22.htm) and 3d view of the drainage intervention through the use of two drainage tunnels (www.tunnelsonline.info), realized for the drainage of the weathered layer during intense rainfalls .

che menzionare l'esempio di Pizzo Coppetto, uno scivolamento in Valtellina, dove, nel 1987, 40 milioni di metri cubi di roccia hanno formato un cumulo di materiale per una lunghezza di circa 2.5 km. Questo evento ha interrotto il flusso del fiume Adda ed ha provocato uno straripamento di 18 milioni di metri cubi. Lo svuotamento del bacino (che una volta rinforzato è diventato una cassa di laminazione per controllare eventuali piene del fiume Adda) è stato quindi effettuato tramite due gallerie (con diametro rispettivamente di 4.2 e 6 m, interasse circa 15 m e lunghezza di circa 3 km ciascuna) le quali possono garantire un deflusso fino a 400 metri cubi al secondo.

Spettacolare, per importanza e dimensioni, risulta essere il Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel a Tokyo che è la maggiore opera di controllo delle acque superficiali al mondo per controllare il rischio di alluvioni durante le piogge intense ed la stagione dei tifoni. Il progetto che è stato completato nel 2009 consiste di 5 pozzi cilindrici di 32 m di diametro e 65 m di altezza collegati da 6.4 km di gallerie scavate a 50 m di profondità. Opere analoghe sono in costruzione od in progetto in molte megalopoli asiatiche soggette al rischio di alluvioni ma anche la città di Calgary in Canada per esempio sta studiando, dopo l'alluvione del 2012, una galleria scolamatore per proteggere la città.

4. Conclusioni

L'utilizzo di opere sotterranee per la protezione idrogeologica è un estremamente interessante ed efficace, come dimostrato dal alcuni esempi significativi nel mondo ed è interessante osservare come il numero e l'importanza di queste opere stai crescendo sempre di più per aumentare la resilienza delle aree urbane agli eventi estremi.

Le gallerie e altre opere in sotterraneo hanno sicuramente costi e difficoltà di pianificazione maggiori rispetto ad altri tipi di interventi ma, in presenza di grandi instabilità idrogeologiche, in aree molto popolate o di importanza paesaggistica, offrono una soluzione ottimale in termini di efficienza e di qualità del risultato finale.

Bibliografia

Beatrizzotti, G., Bertola, P.F., 1998. La stabilizzazione dello scivolamento di Campo Vallemaggia: risultati e modelli interpretativi, Convegno su: rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel canavese, GEAM, Ivrea, pp. 79-88

Carmody, J. Sterling, R., 1993. Underground Space Design, Van Nostrand Reinhold.

Cotecchia, V., 1993. Opere in sotterraneo: rapporto con l'ambiente, Atti del XVIII Congresso di Geotecnica, AGI, Rimini, 11-13 maggio, Vol. II, pp. 145-190.

Da Deppo, L., Datei, C., Salandrin, P., 1995. Sistemazione dei corsi d'acqua, Edizioni Libreria Cortina, Padova, pp. 366-376.

Eberhardt, E, Bonzanigo, L, Loew, S., 2007. Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock. Part II. Mitigation measures and numerical modelling of deep drainage at Campo Vallemaggia. Canadian Geotechnical Journal, 44, 1181-1199.

Jennings, D.N., Newton, C.J., Beetham, R.D., Smith, G., 1991. Stabilization of the Nine Mile Creek shist landslide complex, Sixth Int. Cong. on Landslides,Christchurch, New Zealand.

Gillon, M.D., Graham, C.J., Grocott, G.G., 1991. Low level drainage works at the Brewery Creek Slide, 6th Int. Cong. on Landslides,Christchurch, New Zealand.

Holtz, R.D., Schuster, R.L., 1996. Stabilization of soil slopes, in. Landslides, TRB, Special Report 247, National Research Council, National Academy Press, Washington,

Martin, P.L. e Waren, C.D., 1991. The design and performance of drainage measures installed for the stabilization of Talren Landslide, South Wales, UK; 6th Int. Cong. on Landslides,Christchurch.

Matti, B., Tacher, L., Commend, S., 2012. Modelling the efficiency of a drainage gallery work for a large landslide with respect to hydrogeological heterogeneity www.ingentaconnect.com/content/nrc/cgj;jsessionid=4op7o6p5m7d2a.alexandra, Volume 49, Number 8, pp. 968-985.

Newton, C.J. e Smith, G., 1991. Dewatering of the Nine mile Creek Landslide, 6th Int. Cong. on Landslides,Christchurch, New Zealand.

Peila, D., Lombardi, F., Manassero, V., 1992. Stabilization of landslides using large diameter wells, 6th Int. Symp. on Lanslides, Christchurch, pp. 813-819.

Pelizza, S., 1997. L'utilizzo di opere in sotterraneo per interventi di sistemazione idrogeologica, Atti del IX congresso Nazionale dei Geologi, Roma 17-20 Aprile, pp. 410-415.

Pigorini, B., 1973. Consolidamento di una pendice franosa a Grottamare fra Ancona e Porto d'Ascoli, Autostrade, pp. 22-25.

Popescu, M.E., 2001. A suggested method for reporting landslide remedial measures. IAEG Bulletin 60(1), pp. 69-74.

Saotome, T., 1988. Influence of water inflow for tunnelling and contermeasures. Proc. Cong. Tunnels and water, pp. 597-598.

TRB – Transportation Research Board (1996) – "Special Report – Landslides Investigation and Mitigation", National Academy of Sciences, Washington DC

Kolev, T., Tzonev, A., 1991. Le galerie de drainage comme la solution générale contre le glissement profonds de la ville de Balchik, 6th Int. Cong. on Landslides,Christchurch, New Zealand.

Preliminary study of wear induced by granular soil on metallic parts of EPB tunnelling machines

Cristina Gabriela Oñate Salazar*
Daniele Martinelli*
Carmine Todaro*
Andrea Luciani *
Alessandro Boscaro **
Daniele Peila*

* DIATI, Politecnico di Torino, Italy
** UTT, Mapei S.p.A., Milano, Italy

1. Introduction

The wear phenomenona of the metallic parts of soil EPB TBMs is playing both an important role at the design stage of a tunnel and for the global evaluation of the projects.

Concerning EPB excavation technology, one main issue is the wear of parts of the machine (mainly tools, cutterhead and screw conveyor) (Peila *et al.*, 2012; Peila, 2014), which increases the number of stoppages and therefore the time and cost of the tunnel project.

The study of this topic, in granular soils is very complex, as it regards not only the properties of the excavation tools and machine parts (shape and material) but also both the characteristics of the ground to be excavated (hardness, mineralogy, shape and size of the particles and moisture content) and the content and characteristics of conditioning agents.

Nilsen *et al.* (2006a, 2006b and 2007) and Jakobsen and Dahl (2010) proposed some modifications to the standard NTNU test used for rock masses, in order to make them suitable for the study of granular soils while Thuro *et al.* (2007) adapted to soil LCPC abrasivity test. Nevertheless in these tests the water content was not taken into account as discussed by Gharahbagh *et al.* (2011), Barbero *et al.*(2012), Jakobsen *et al.* (2012) and Rostami *et al.* (2012). Furthermore, these authors did not take the effect of conditioning, that is an essential part of EPB process, into due account.

Gharahabagh and Rostami (2010), Rostami *et al.* (2012), Barbero *et al.* (2012) and Hedayatzadeh *et al.* (2015) have developed new test procedures with the purpose of simulating the interactions between soil particle sand excavation tools when conditioning is used.

The aim of the present research is to show the influence of water content on the wear phenomenon using the test procedure proposed by Barbero *et al.* (2012) and to study the positive effect of a new anti wear agent.

2. Testing procedure

Fig. 1 shows the cross section of the used apparatus while the test procedure is the following (Barbero *et al.*, 2012):

- sample preparation: 20-25 kg of granular soil is mixed with water, foam and/or other chemical additives depending on the set of conditioning to be tested ;
- weighing of the disc before the test;
- assembly of disc on drive shaft;
- filling of the first layer of ground: the tank is filled from the bottom to the height of disc, in order to ensure the right contact between the particles of the ground and the lower surface of the disc;
- filling the test chamber and application of a confinement pressure of 2 kPa;

Studio preliminare dell'usura indotta da terreno granuale sulle parti metalliche di macchine di scavo a piena sezione. Il fenomeno dell'usura nelle macchine da scavo di gallerie a piena sezione non è di semplice descrizione in quanto vi sono molti i parametri che entrano in gioco durante il processo di usura che può estrinsecarsi sugli utensili di scavo, sulla testa di scavo, sullo scudo, nella camera di scavo e sulla coclea di estrazione. Nel presente lavoro viene descritta una prova sperimentale finalizzata a quantificare questo effetto e che cerca di riprodurre l'interazione tra utensili e materiale scavato, simulando le condizioni di scavo in termini sia di contenuto d'acqua sia di condizionamento del terreno. Inoltre vengono presentati i risultati preliminari dell'utilizzo di un nuovo agente antiusura per la riduzione dell'usura stessa in termini di peso perso dell'elemento metallico usato per la prova.
***Parole chiave**: usura, prove di laboratorio, macchine EPB.*

The wear phenomena in EPB shield machines is not a simple issue as many parameters are playing an important role on it.The action of the wear due to the contact with the soil can occur on the excavation tools, on the cutterhead, in the excavating chamber and on the screw conveyor.
In this paper a test procedure is presented and discussed aimed to reproduce the interaction between the tools and the excavated material, simulating the excavation conditions in terms of soil conditioning and water content. In the work, the preliminary study of the influence of a new anti wear agent is assessed in terms of reduction of metal weight loss
***Keywords**: wear, laboratory tests, EPB tunnelling.*

– development of the test with the rotation of the disc for 10 minutes;
– measurement of the disk weight loss after the test.

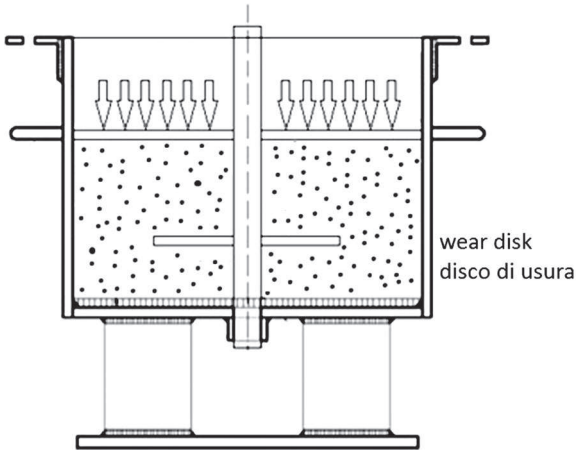


Fig. 1. Scheme of the proposed test (Barbero *et al.*, 2012).
Schema della prova proposta (Barbero et al., *2012).*

2.1. Used soil

Tests were carried out using like wear material a quartz coarse sand which has a natural water content of 2% (by weight) with the grain size distribution showed in fig. 2 and d_{10} = 0,9 mm, d_{60} = 6,5 mm and U = 7,22 mm. The mineralogy analysis of the sand obtained through microscopic analysis shows that quartz is the main component: 98%, while the remaining 2% consists of feldspars and iron impurities.

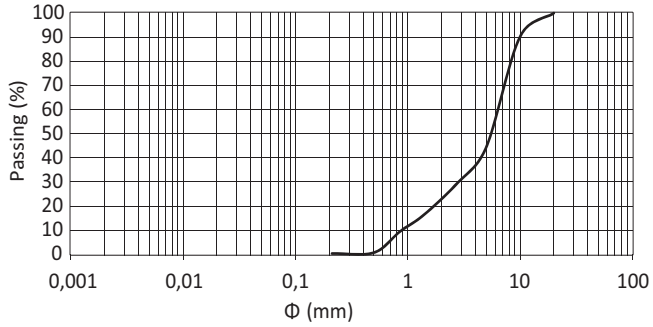


Fig. 2. Grain size distribution of the used quartz sand.
Distribuzione granulometrica della sabbia quarzosa utilizzata per le prove.

2.2. Used wear element

Tests were carried out using two discs made of aluminum and steel with diameter of 120 mm and a thickness of 50 mm. Vickers hardness (HV) was measured for both discs, obtaining an average values of 189 and 116 for the steel and the aluminum respectively.

3. Performed tests

As a first step of the research, the wear phenomena was studied by using both steel and aluminum discs, with different percentage of water in the soil.

The used range of water was set between 2% and 15% (between the natural water content and the saturation limit). The results of the tests are summarized in figs. 3 and 4.

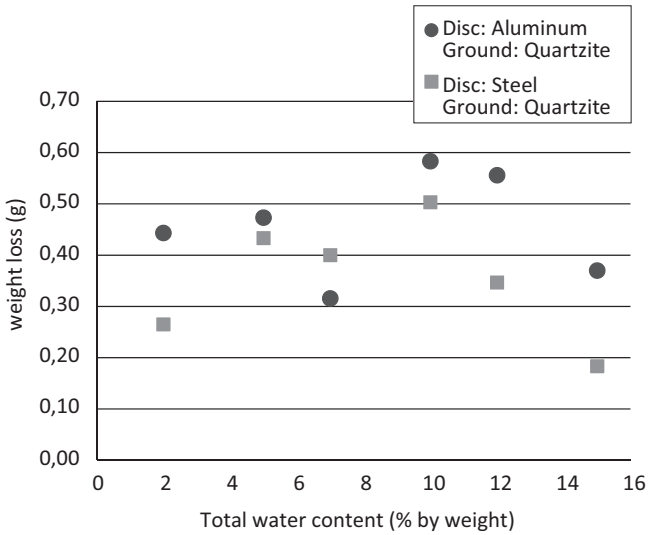


Fig. 3. Loss weight diagram for quartz sand conditioned with different percentage of water obtained by using aluminum and steel discs.
Diagramma dell'usura per la sabbia quarzosa usata nella sperimentazione al variare del contenuto d'acqua sia per il disco in alluminio che per il disco in acciaio.

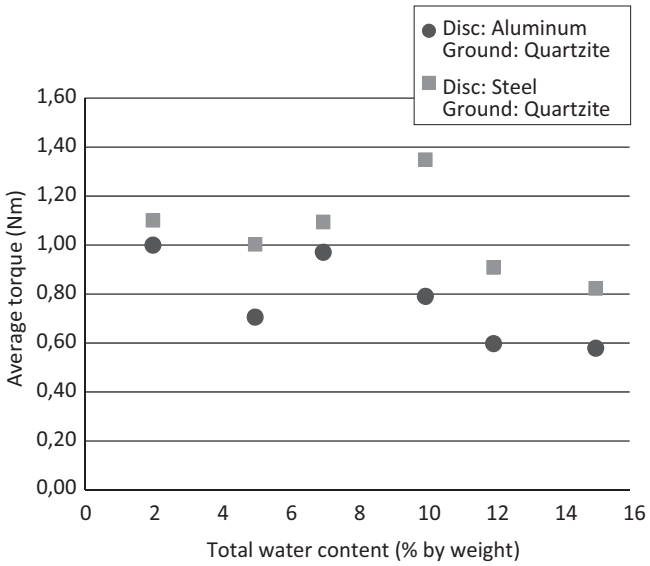


Fig. 4. Torque diagram for quartz sand conditioned with different percentage of water obtained by using aluminum and steel discs.
Diagramma della coppia per la sabbia quarzosa usata nella sperimentazione al variare del contenuto d'acqua sia per il disco in alluminio che per il disco in acciaio.

In the second step, at the percentage of water corresponding to the highest value of weight loss, it was studied the effect of a new anti-wear agent in reducing the wear effect.

The diagram of fig. 5 describes the reduction of weight lost due using the anti-wear agent. This agent has the property to cover the soil particles by a thin layer of polymer that allow to decrease the friction between ground and steel tools (fig. 6) .

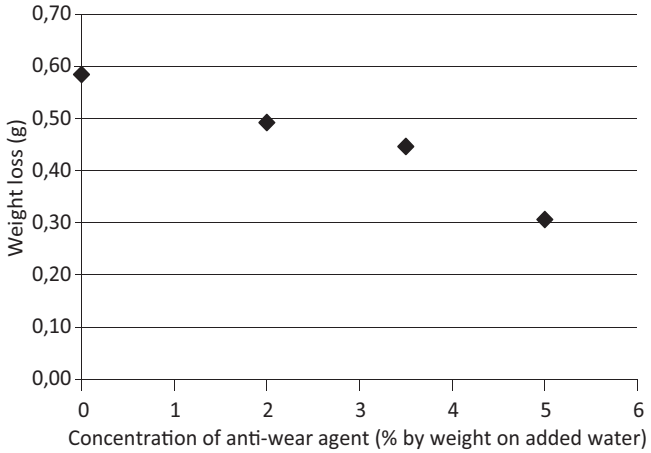


Fig. 5. Weight loss vs different percentage of used anti wear agent. The amount of this additive was calculated at a constant total water content of 10%. Test campaign performed by using aluminum disc.

Andamento della perdita di peso al variare del contenuto dell'agente anti usura nell'acqua aggiunta al terreno. Le prove sono state eseguite per un contenuto totale di acqua del 10%. Le prove sono state realizzate con disco in alluminio.

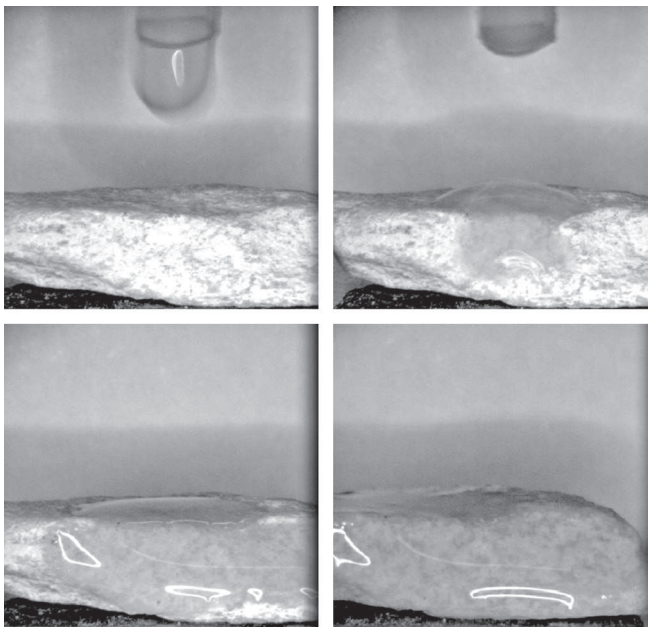


Fig. 6. Effect of a drop of water and anti wear agent (2% by the weight of water) on quartz grain.

Effetto di una goccia di acqua contenente il 2% in peso di agente antiusura su un grano di sabbia quarzosa.

4. Conclusions

The understanding of the wear phenomena in EPB soil tunnelling is a complex task. Using an experimental device, it was observed the great importance of the moisture content in the soil on the observed wear of the tools. Furthermore some tests performed by adding an experimental anti wear agent to the added water, show an important reduction on the wear when using this product.

References

Alavi Gharahbagh, E.,Rostami, J., 2010. *Tackling a new soil abrasivity index*. North American Tunneling Journal, Sep 2010, pp. 16-18.

Alavi Gharahbagh, E., Rostami, J., Gilbert, M., 2010.*Tool wear in soft ground tunnelling – Developing a reliable soil abrasivity index*, in: Proc North American Tunneling conference 2010, SME UCA, Colorado, USA.

Alavi Gharahbagh, E., Rostami, J., Palomino, A.M., 2011. *New soil abrasion testing method for soft ground tunneling application*. Tunneling and Underground Space Technology, 26, pp. 604-613.

Alavi Gharahbagh, E., Rostami, J., Palomino, A.M., Mosleh, M., 2012. *Developing of soil abrasivity testing for soft ground tunneling using shield machines*. Tunneling and Underground Space Technology, 28, pp. 245-256.

Barbero, M., Peila, D., Picchio, A., Chieregato, A., Bozza, F., Mignelli, C., 2012. *Procedura sperimentale per la valutazione dell'effetto del condizionamento del terreno sull'abrasione degli utensili nello scavo con EPB*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, n. 1, pp 13-19.

Chieregato, A., Oñate Salazar, C.G., Todaro, C., Martinelli, D., Peila, D., 2014. *Test di laboratorio di iniezione per l'impermeabilizzazione e consolidamento di terreni granulari per mezzo di materiali innovativi*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria. Volume 141 n. 1. pp. 63-68.

Hedayatzadeh, M., Rostami, J., Peila, D., 2015. *A device for assessing the tool wear in soft ground EPBS tunneling*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, n. 1, pp. 65-69.

Jakobsen, P.D., Dahl, F., 2010. *Soil abrasion in TBM Tunneling*. Proceeding of the Conference on Mechanized Tunneling, Korean Tunneling Association, Seoul.

Jakobsen, P.D., Langmaack, L., Dahl, F., Breivik, T., 2012. *Predicting the abrasivity of in-situ like soils*. Tunnels & Tunneling International, June, pp 41-44.

Martinelli, D., Peila, D., Campa, E., 2015. *Feasibility study of tar sands conditioning for earth pressure balance tunnelling*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Volume 7 n. 6. pp. 684-690.

Martinelli, D., Winderholler, R., Peila, D., 2016. *An expe-*

rimental apparatus to estimate the shear strength of conditioned soil for EPB. World Tunnel Congress 2016, 22-28 April 2016, San Francisco, USA.

Nilsen, B., Dahl, F., Holzhäuser, J., Raleigh, P., 2006a. *Abrasivity of soils in TBM tunneling*. Tunnels & Tunneling International, March, pp. 36-38.

Nilsen, B., Dahl, F., Holzhäuser, J., Raleigh, P., 2006a. *Abrasivity testing for rock and soils*. Tunnels & Tunneling International, April, pp. 47-49.

Nilsen, B., Dahl, F., Holzhäuser, J., Raleigh, P., 2006b. *SAT: NTNU's new soils abrasion test*. Tunnels & Tunneling International, May, 43-45.

Nilsen, B., Dahl, F., Holzhäuser, J., Raleigh, P., 2007. *New test methodology for estimating the abrasiveness of soils for TBM tunneling*. Proc. Rapid Excavation and Tunnelling Conference 2007; Toronto.

Oñate Salazar, C. G., Martinelli, D., Todaro, C., Peila, D., Boscaro, A., 2016. *Study of wear in conditioned granular soil by using a new test device*. World Tunnel Congress 2016, 22-28 April 2016, San Francisco, USA.

Peila, D., Picchio, A., Chieregato, A., Barbero, M., Dal Negro, E., Boscaro, A., 2012. *Test procedure for assessing the influence of soil conditioning for EPB tunnelling on the tool wear*. Proc. World Tunnel Congress 2012, Bangkok, 21-23 May 2012.

Peila, D., 2014. *Soil Conditioning for EPB Shield Tunnelling*. KSCE Journal of Civil Engineering , vol. 18 n. 3, pp. 831-836.

Peila, D., Picchio, A., Martinelli, D., Dal Negro, E., 2015. *Laboratory tests on soil conditioning of clayey soil*. Acta Geotechnica. DOI: 10.1007/s11440-015-0406-8.

Thuro, K., Singer, J., Kasling, H., Bauer, M., 2007. *Determining abrasivity with the LCPC test*. Proc. 1st Canada-US Rock Mechanics Symposium, pp. 827-834.

Annotazioni di Sicurezza e Salute sul Lavoro – OS&H

Rocco Moliterni, Giornalista, già capo servizio cultura de *La Stampa*
Davide Labagnara, PhD Metrologia: scienza e tecnica delle misure – indirizzo "Sicurezza industriale e Analisi di Rischio"
Mario Patrucco, docente di Valutazione e Gestione dei Rischi nell'industria e nei cantieri

"A sentire questi discorsi ho cominciato a preoccuparmi io e mi è sembrato di capire che quello era uno di quei posti dove uno della prudenza degli altri è meglio che non se ne fidi e ci metta la sua propria": queste parole che Primo Levi fa dire nel 1978 a Libertino Faussone ne "La Chiave a stella" suonano ancora di straordinaria attualità per chi si occupi o voglia occuparsi di Sicurezza sul lavoro. Faussone è un operaio specializzato che dopo una lunga esperienza alle catene di montaggio della Lancia gira il mondo per cantieri a installare gru, impianti petroliferi e ponti sospesi. Dal 1978 sono passati quasi quarant'anni, la legislazione e il modo di vedere la sicurezza hanno fatto passi da gigante, ma la questione di cui parla Faussone è ancora sul tappeto.

E lo è stata fin dagli albori della rivoluzione industriale, come per i minatori francesi falcidiati dalla silicosi di cui narra Emile Zola nel suo capolavoro "Germinal".

Ed è evidente che in molti casi la "prudenza degli altri" e la "prudenza sua propria" non sono servite ad evitare tragedie, esempio singolare il crollo del ponte Québec Bridge nel fiume San Lorenzo in Canada nel 1907 in cui morirono 75 operai. Di questi 35 erano indiani Mohawks della riserva di Kahnawake, assunti potremmo dire "per prudenza", nel senso che la compagnia costruttrice aveva scoperto che gli indiani di questa tribù sembravano non soffrire di vertigini e si muovevano con agilità su travi larghe anche pochi centimetri (nasce da loro la leggenda degli indiani "funamboli" dei grattacieli newyorchesi). Quindi rispetto ad altri operai "correvano meno rischi" di cadere dai ponteggi. Peccato che la commissione tecnica chiamata a verificare le condizioni statiche della struttura di cui gli operai avevano avvertito i primi segnali di cedimento arrivò quando il ponte in costruzione era ormai già crollato.

Oggi potremmo vedere la "prudenza" degli altri nel piano di valutazione dei rischi che per legge ogni azienda deve approntare, e la prudenza "sua propria" nell'attenzione che ogni lavoratore deve mettere per ridurre quando può i rischi cui è esposto. Complice una crisi economica di cui ancora non si vede la fine, molte aziende finiscono per scaricare sulla prudenza "sua propria" dei lavoratori anche parte di quella responsabilità che loro competerebbe.

Ma se nel 1978 era ancora possibile pensare alla Sicurezza sul lavoro come un insieme di regole, una precettistica da rispettare, ora non è più così. Oggi non si può prescindere da una "Cultura della Sicurezza" che deve (dovrebbe) permeare ogni fase della progettazione e della realizzazione di un impianto o di un luogo di lavoro, e deve (dovrebbe) coinvolgere tutti i livelli dell'azienda, dai manager responsabili delle disponibilità finanziarie, fino a chi si trova ad operare ai livelli più bassi. Una Cultura della Sicurezza in cui è centrale la Valutazione e la Gestione dei Rischi, una valutazione che non può essere fissata una volta per tutte, ma evolve secondo l'evoluzione e la dinamicità della produzione e dell'azienda.

In un recente convegno il vice-rettore del Politecnico Prof. Romano Borchiellini spiegava come oggi affrontare i problemi della sicurezza e della tutela della salute dei lavoratori significa fare i conti con tre concetti: la complessità, il tempo e la multidisciplinarietà. I sistemi di cui oggi ci si occupa sono infatti sempre più complessi, ed in questa complessità ci si trova a muoversi e trovare risposte adeguate, risposte per forza di cose anch'esse complesse e non riducibili alla semplice precettistica di un passato nemmeno tanto remoto. Il tempo incalza le decisioni e la progettazione deve avvenire nel minor tempo possibile, ma ciò significa che bisogna essere ancora più veloci nell'affrontare e prevenire le situazioni di rischio. Infine oggi non si può limitare l'approccio ai problemi della sicurezza in un'ottica monoculturale: gli indispensabili apporti delle varie conoscenze devono mirare ad un risultato efficace proprio in quanto sinergico.

E pure, non ostanti le difficoltà generali e contingenti, quando ci si occupa della tutela della sicurezza e salute "degli altri", può essere di qualche aiuto ricordare quanto scritto da Luciano Bianciardi in un suo pezzo sulla rivista Belfagor: "*se in qualche modo la mia poca cultura può giovare al loro lavoro, alla loro esistenza, stimerò questa*

cultura, perché mi permette di restituire, almeno in parte, lavoro che è stato speso anche per me…".

Le note tecniche in materia di OS&H proposte su questo numero di Geam affrontano entrambe uno degli aspetti più critici della Valutazione e Gestione dei Rischi lavoro correlati, ovvero una corretta Identificazione dei Fattori di Pericolo.

È infatti dimostrabile, sulla scorta di vasta esperienza maturata nella analisi approfondita delle cause di infortunio o malattia mortale nell'industria e nella cantieristica basata su una ultra trentennale attività di Perito o C.T.P.M., che in circa il 90% dei casi il Fattore di Pericolo non era stato affatto identificato o lo era stato in termini sconsolatamente generici, con conseguente inadeguata Gestione dei Rischi associati.

Ad esemplificazione di quanto precede basta citare:

– la tipica e ricorrente dinamica di infortunio da impigliamento nelle attivita' che prevedono diffuso impiego di trasporti continui a nastro, specie in presenza di anche modeste variazioni di percorso (e' tra l'altro il caso di nastri su TBM), con conseguente alterazione della capacità di risposta dei sistemi automatici di protezione collettiva a fune. In alcuni casi il documento di sicurezza, seppur sovente molto corposo e talora ridondante, si libera da queste problematiche con le 8 (otto) parole "*non operare in prossimità di organi in movimento*", con buona pace pure di quanto stabilito nei Requisiti Essenziali di Sicurezza macchine del Decreto 17/10 (recepimento nazionale della Direttiva 06/42);
– la speditiva gestione del problema "polveri risollevate" derivante da operazioni di sbancamento e realizzazione di piste e rilevati, che prescinde sovente da una accurata determinazione strumentale del contenuto nelle polveri stesse di minerali e sostanze – di origine naturale od antropica – potenzialmente ad elevata criticità, il che può inoltre comportare inaspettate e non gestite esposizioni anche per i manutentori del parco macchine.
– più in generale l'utilizzo acritico dei risultati dei rilevamenti di concentrazione e criticità di particolati aerodispersi: la prevenzione è sovente fondata sulle misure ricavate da un esiguo numero di campionamenti, neppure integrati con un completo accertamento dei dati al contorno. Ciò comporta una gestione a volte non esaustiva dei valori rilevati, tanto in termini di incertezza quanto di rappresentatività statistica, e di conseguenza dei modelli di esposizione dei lavoratori coinvolti, con la loro ascrizione a gruppi omogenei soltanto sulla carta.

In tutti i casi esemplificati la corretta Identificazione dei fattori di pericolo avrebbe consentito soluzioni di prevenzione di migliore efficacia, ed in particolare con riferimento all'ultimo caso, trova conferma che un ruolo determinante giocano anzitutto le fasi di laboratorio e di messa a punto della strumentazione prima di intraprendere le attività sul campo.

Le note: **"Forensic Investigation techniques contribution in the Occupational Safety & Health Risk Assessment and Management"** e **"The measuring processes and equipment setup in System Quality and Occupational Safety & Health Risk Assessment"** costituiscono esempi di argomentazione tecnica mirata all'approfondimento degli aspetti di Identificazione dei Fattori di Pericolo, nell'ambito dell'obiettivo generale della diffusione della Cultura della Sicurezza.

Tips on Occupational Safety and Health – OS&H

Rocco Moliterni, Journalist, formerly Culture senior editor of the *La Stampa* newspaper
Davide Labagnara, PhD Metrology: measuring science and tecnique – course curricula "Industrial Safety and Risk Analysis"
Mario Patrucco, Full professor of Occupational Risk Assessment and Management at industrial and construction sites

Libertino Faussone, the main character of the Primo Levi's novel "The Monkey's Wrench" (1978), says that when he heard some assertions at a construction site, he began to worry, having well understood that was a place where not to trust the prudence of others, and you really needed to use your own.

Even today this describes some current situations, and these words are of extraordinary relevance for people charged of the OS&H task.

Faussone is a skilled worker who, after a long activity at the Lancia assembly line, travels around the world from yard to yard installing cranes, oil plants and overhead cranes. Almost 40 passed years from 1978, regulations and OS&H approaches made great strides, but Faussone's issue is still unresolved, as it was from the beginning of the industrial revolution, when silicosis caused the death of French miners, as Emile Zola narrated in his masterpiece "Germinal" (1885).

In many cases, it is obvious that the "prudence of others" and the "prudence of every worker for himself" were not sufficient to avoid tragedies. A wacky example is the Quèbec Bridge collapse (Saint Lawrence river, 1907), causing 75 fatalities. 35 of them were Mohawks Indians from the Kahnawake reserve, employed "for prudence", since the construction Companies found out that Natives did not seem to be afraid of heights. They walked nimbly on few centimeters large beams, so they were supposed to be safer than other workers (hence the legend of Natives, acrobats in the sky, ironworkers on New York skyscrapers). Unfortunately, the commission called to verify the static conditions of the bridge structure, since the workers reported cracks, arrived when the bridge had already collapsed.

Today we could intend the "prudence of others" like the Risk Assessment document, required by law, that every Company has to draw up, and "self care" the individual caution to minimize the exposure to risks.

Due to the current economic crisis, many Companies tend today to transfer in the "self care and correct behavior of workers" part of their responsibilities.

However, if in 1978 OS&H was only a set of laws, regulations and standards, today everything has changed. The "Culture of Safety" has a pivotal role, and it should permeate every design and execution phase of industrial plants and workplaces, involving all levels of the organization, from the management to every worker. The Culture of Safety should be based on a dynamic Risk Assessment and Management, and it cannot be set once and for all, but evolves according to the evolution and dynamics of the production and of the company.

In a recent conference the assistant Rector of Politecnico di Torino, Prof. Romano Borchiellini, clearly explained that, today, OS&H involves three concepts: complexity, time and multidisciplinary.

The systems we have to analyze nowadays are in fact more and more complex, and in this complexity we must find out suitable answers, answers inevitably complex and not reducible to simple precepts. The time presses the decisions and the design should be completed as quickly as possible: this means that we should be even faster in identifying and preventing OS&H risks. Finally, we cannot any more consider OS&H in a monoculture approach: different expertise are necessary to reach an effective and synergic result.

That said, when we propose to deal with the OS&H problems, despite general and specific difficulties, it could be useful to remember what Luciano Bianciardi wrote in 1952 in the Belfagor Journal: *"if somehow my scant culture can bring benefit to their work and existence, I consider my culture important, because it allows me to return, at least in part, the work which was spent also for me …"*

Both the OS&H technical notes in this volume of GEAM draw attention to one of the most critical phases of Risk Assessment and Management, a correct Hazard Identification.

On an extensive experience gained in 30 years of thorough analyses of the causes of work related injuries,

fatalities and health impairments in industries and yards as expert appointed by the public prosecutor, it is clear that the Hazard factor was not recognized (90% of the cases), or was identified with a too generic description, so that the following Risk Assessment and Management was inadequate.

To exemplify the above-mentioned issue, it is possible to mention:

– the common dynamic of work-related accidents due to "entanglement" in activities involving a widespread use of conveyor belts. Modest bends jeopardize the efficiency of sensor cable based automatic protection systems (a common example can be the TBM's conveyor belts). In a number of investigated cases the Risk Assessment document – often many pages long – faced this problem with seven (7!) words: "do not operate close to moving parts", disregarding the EHSR – Essential Health and Safety Requirements relating to the design construction of machinery of the EU Directive 06/42;
– the sketchy management of the airborne dust in excavations and tracks / embankments construction, often decided in absence of investigation on the content of potentially hazardous minerals and substances of natural/anthropic origin, this leading also to unexpected and not managed exposure of the maintenance crews;
– the misuse of the concentration values of airborne dust resulting from measurement campaigns: prevention is sometimes based on the results of sampling campaigns carried out without the complete analysis of the boundary data, and neglecting even the uncertainty of the measured value, and the statistical representativeness tests. This causes inadequate management of the results and the adoption of incorrect exposure models for the involved workers.

In the mentioned situations, a correct Hazard Identification could have made possible the implementation of more efficient prevention measures; with special reference to the last example, it is significant to stress the important role of the set up phase of the measurement equipment in the laboratory, preliminary to the field measurement campaigns.

The technical notes: **"Forensic Investigation techniques contribution in the Occupational Safety & Health Risk Assessment and Management"** and **"The measuring processes and equipment setup in System Quality and Occupational Safety & Health Risk Assessment"** are examples of topics aimed to deepen the knowledge of the Hazard Factors Identification, within the general objective of promoting the Culture of Safety.

Referendum NOTRIV: 3 tesi non dimostrate

Riccardo Varvelli, Politecnico di Torino

Fra le tesi oggetto di commento nei media e che hanno generato il Referendum "NO TRIV" dell'Aprile scorso c'era e c'è l'opinione che l'estrazione di olio greggio e di gas naturale dalle viscere della terra faccia sprofondare il suolo e nel caso delle spiagge, che esse siano invase progressivamente dalle acque marine. Qualcosa già si era scritto e detto in occasione dell'esondazione del Po nel Polesine nell'anno 1951 e nell'anno 1956, attribuendo la causa del fenomeno alla estrazione di gas naturale (200-300 milioni di metri cubi all'anno) nel delta del fiume da un centinaio di pozzi di modesta profondità.

A quell'epoca fu calcolato che l'abbassamento del suolo negli ultimi 30 anni fu di circa due metri e ciò portò all'esondazione e alla conseguente Direttiva del Governo circa la sospensione di qualunque attività estrattiva nel delta supponendo che essa ne fosse la causa.

Malgrado ciò, a dimostrazione che gli idrocarburi nulla o poco c'entravano con il fenomeno alluvionale, l'abbassamento del suolo continuò inesorabilmente a realizzarsi per gli anni successivi all'interruzione delle estrazioni e per contro si evidenziò che la causa era l'innalzamento del letto del fiume per l'accumularsi nel tempo di detriti non dragati.

Fin da allora si iniziò comunque a parlare del fenomeno della "subsidenza" in corrispondenza di giacimenti petroliferi e cioè del progressivo abbassamento del piano campagna o del fondo marino conseguente alla compattazione dei sedimenti ed alla riduzione della porosità naturale del terreno per effetto del carico sovrastante.

Un'altra tesi recepita dai promotori del Referendum affermava invece che la riduzione della porosità di giacimento e la conseguente compattazione della roccia era dovuta alla riduzione della pressione di strato per effetto della produzione degli idrocarburi e di una non rapida sostituzione dei suddetti fluidi portati in superficie attraverso i pozzi perforati, da parte del cosiddetto: acquifero circostante al giacimento. A questa tesi, suffragata da qualche fenomeno locale di subsidenza, la industria petrolifera da anni ha reagito con l'iniezione in giacimento di acqua salata mediante dei pozzi di servizio e con il mantenimento grazie ad essi della pressione di strato ai valori originali.

Laddove ciò è stato fatto come nel giacimento di Ekofisk nell'off-shore norvegese il fenomeno della subsidenza locale (da non confondersi con quella tettonica che nulla ha da vedere con l'industria petrolifera) è stato arrestato. Qualora fosse dimostrato (ma finora non lo è stato) che nei giacimenti di gas e di petrolio dell'Adriatico, dello Jonio e del mare di Sicilia avvenissero fenomeni di subsidenza non ci sarebbero difficoltà a realizzare interventi analoghi senza bisogno di porre veti alla ricerca petrolifera (come voleva il Referendum).

Una terza tesi all'origine del Referendum "NO TRIV" è quella relativa al possibile inquinamento marino e delle spiagge costiere conseguente alla presenza nelle acque territoriali italiane di strutture petrolifere attive (per un totale di 362 pozzi). Ciò che non è stato detto dai fautori del Referendum è che l'85% dei suddetti pozzi sono di gas naturale e non di petrolio e che l'eventuale inquinamento delle acque e delle coste conseguente all'eruzione e all'incendio di uno di essi è praticamente uguale a zero.

Il problema sussiste per i restanti 56 pozzi ad olio che nel caso di eruzione potrebbero inquinare con il loro sversamento le acque del mare e le spiagge ad essi adiacenti. Qui a creare timori è la cronaca, mentre ad alleviarla ci sono le statistiche. La cronaca racconta dell'incidente del pozzo Macondo della piattaforma petrolifera Deepwater Horizon avvenuto nel Golfo del Messico nell'Aprile 2010 su un fondale profondo 400 metri al largo della Lousiana con uno sversamento in mare di oltre tre milioni di barili di petrolio lungo un arco di tempo di 106 giorni e che causò la morte di 11 persone. Questo incidente, il più grave della storia petrolifera dal punto di vista ambientale è di gran lunga superiore a quello della petroliera Exxon Valdez del 1989 in Alaska ed ha contaminato 235 chilometri di spiagge statunitensi del tutto risanate dopo cinque anni. Le statistiche dicono invece che nella storia petrolifera italiana nelle acque che bagnano le coste non è mai avvenuto un incidente con relativo danneggiamento della battigia.

Estrapolando il dato al futuro possiamo dire che siamo vicino al rischio zero (su terraferma negli ultimi venti anni si è avuta una unica eruzione di un pozzo petrolifero nel giacimento di Trecate nei pressi di Novara nel 1994 con il danneggiamento, subito riparato, di 13 ettari di terreno e senza vittime umane). Con questo stato dell'arte e malgrado la sua alta positività e sicurezza i propositori del Referendum hanno voluto chiedere agli italiani: "Volete voi che quando scadranno le concessioni vengano fermati i giacimenti di idrocarburi in attività nelle acque territoriali italiane?".

Soltanto il 26,8% ha detto "Sì". Un flop scontato per delle tesi non dimostrate.

UN RICORDO PER STEFANO

Cari lettori, soci e colleghi

come molti di voi avranno saputo il collega Stefano Rigatelli è recentemente scomparso in modo improvviso. Conoscevo personalmente Stefano essendo praticamente coetanei e ne apprezzavo non solo la competenza ma anche la sua grande umanità e professionalità. La sua improvvisa scomparsa mi ha profondamente toccato.

Per ricordarlo a tutti noi pubblico con commozione, il pensiero che la moglie Roberta ha scritto per la nostra rivista.

Il Direttore

Un ricordo per Stefano

A tre mesi dalla scomparsa di mio marito, l'ing. Stefano Rigatelli, mi è stato chiesto di ricordarlo nelle pagine della vostra rivista. Il professor Fornaro è stato una figura presente nel suo percorso: dagli anni universitari come suo docente presso il politecnico di Torino, al primo progetto per il ripristino del patrimonio minerario, a fini turistico-culturali, della ex miniera di talco in val Germanasca, sino al suo incarico in Regione. Mi ha confidato di averlo contattato proprio poco tempo prima della sua morte, per coinvolgerlo nell'attività di GEAM, ma che a malincuore aveva risposto che non sarebbe riuscito ad aggiungere altro ai suoi attuali impegni. Da poco più di un anno e mezzo guidava la direzione Ambiente, Governo e Tutela del territorio, della Regione Piemonte, incarico al quale dedicava tutto se stesso.

Era una persona non solo competente e scrupolosa, ma anche consapevole del proprio ruolo e delle responsabilità che ne derivavano. Nel 1996 quando iniziò il suo incarico in Regione, a seguito dell'alluvione che colpì il Piemonte alla fine del 1994, provava una certa frustrazione poiché le sue aspettative inizialmente erano state altre. Ma in breve tempo si appassionò al ruolo che un funzionario pubblico può svolgere per il bene della comunità e per l'ambiente. Il senso del servizio verso gli altri, maturato nel nostro comune lungo percorso come scout nell'AGESCI, trovava compimento nel suo lavoro. Ai temi ambientali così cruciali per il mondo attuale e per il futuro, ha lavorato con capacità e fermezza.

Le materie di cui si è occupato come Direttore sono state molte: dalla programmazione e pianificazione urbanistica e paesaggistica, alla gestione dei rifiuti e dei grandi rischi ambientali, dalla tutela delle acque alla bonifica dei siti contaminati, dalla qualità dell'aria alle aree naturali protette, per citare solo alcune delle competenze di una Direzione tra le più grandi dell'intera organizzazione regionale.

Sin dall'inizio del suo incarico in Regione si era occupato, in particolare e con grande intraprendenza, della bonifica dei siti inquinati di interesse nazionale di Balangero e Corio – sede della più grande miniera di amianto d'Europa – e di Casale Monferrato. Questo forse ritengo sia il frutto più importante del suo impegno professionale che a quelle comunità ha apportato i migliori benefici. Come moglie ho sempre condiviso il suo lavoro con partecipazione, ma anche con quel distacco dovuto dalla differenza tra vita famigliare e professionale, che a mio marito stava così a cuore. Per me e per le sue figlie la sua perdita rimane una ferita profonda, ma sono sicura che anche nello svolgimento delle sue funzioni professionali Stefano abbia lasciato impostata una strada da percorrere, per chi ne prenderà l'eredità.

A noi rimane l'onore di avergli camminato accanto e il rimpianto per tutto quello che la sua vita avrebbe potuto ancora donarci.

Roberta

Assemblea generale ordinaria 18 marzo 2016

(indetta per le ore 16,30 in prima convocazione e per le ore 17,45 in seconda convocazione)

Ordine del Giorno

1. Comunicazioni; nuovi Soci, altre variazioni nella composizione sociale
2. Relazione del Presidente e presentazione del Consuntivo 2015 e del Preventivo 2016
3. Relazione del Collegio dei Revisori dei conti
4. Approvazione dei Conti Consuntivo 2015 e Preventivo 2016
5. Rilancio della Associazione
6. Chiusura della Sezione Acque
7. Varie ed eventuali.

1. Comunicazioni; nuovi Soci; altre variazioni nella composizione sociale

A norma dell'Art. 5 dello Statuto si leggono i nominativi dei 19 Soci iscritti dopo l'Assemblea del 23 aprile 2015: **4** Ordinari Collettivi Ridotti, 13 Ordinari Individuali Ridotti, 1 Junior, 1 reinserimento negli Ordinari Individuali, 1 passaggio di categoria da Junior a Ordinario Individuale 1 passaggio da Ordinari Individuali a Ordinari Individuali Ridotto per Anzianità.

Soci Ordinari Collettivi Ridotti (4): Henesis srl, Monaco S.p.A., S.p.A. Autovie Venete, Fassa s.r.l.

Soci Ordinari Individuali Ridotti (13): Dott. Brino Gabriele, Dott. Chiaves Carlo, Ing. Coletta Lavinia, Ing. Cretier Luca, Geol. De Vita Pantaleone, Ing. Galasso Giuseppe, Geol. Mazzaglia Domenico, Ing. Colaiacomo David Vittorio Antonio, Ing. Fassi Giorgio, Ing. Peila Lorenzo, Ing. D'Amato Alessandro, Dott. Morra Lorenzo, Ing. Martelli Tullia Ing. Pederzani Alessandro

Soci Junior: Portè Richard

Reinserimento del Socio Ordinario Individuale Dott. Geol. Pautasso Massimiliano,

Passaggi di categoria: socio Junior Bethaz Alberto è passato alla categoria Ordinario Individuale e i soci Laureti Lamberto e Clerici Carlo passano da Ordinari Individuali a Ordinari Individuali Ridotti per Anzianità.

38 perdite della consistenza sociale: 36 Soci dimissionari, 2 Soci deceduti: *Avvocato Marco Sertorio* e *Prof. Piero Zuffardi*.

La consistenza sociale pertanto ad oggi è la seguente: 8 Soci Onorari, 8 Sostenitori Collettivi, 37 Ordinari Collettivi, 252 Ordinari Individuali, 5 Ordinari Individuali Ridotti, 5 Ordinari Individuali Ridotto Anzianità e 15 Juniores, per un totale di 330 Soci.

2. Relazione del Presidente e presentazione del Consuntivo 2015 e del Preventivo 2016

"Cari soci, il bilancio dell'anno passato, il 2015, si è chiuso ancora in passivo, anche se con perdite decisamente inferiori a quelle del 2014.

Le numerose manifestazioni tenutesi nel 2015 hanno permesso di limitare il passivo, che è fondamentalmente legato all'entrate delle quote associative che rappresentano non più del 50% delle entrate totali.

La situazione debitoria dell'Associazione ci costringe a un piano di rilancio che comprende un rifinanziamento delle perdite che verrà sostenuto dai 3 presidenti, dal consiglio direttivo e dai soci sostenitori.

Un ulteriore riduzione delle spese è stato programmato con risparmi sulla nostra rivista, che ci si sta orientando a portare on line e purtroppo sulla riduzione di ore del personale di segreteria e di redazione.

Confido che questa riduzione di ore del personale sia un provvedimento transitorio e che, grazie alle iniziative sempre più intense che vengono proposte dai nostri passati presidenti e vicepresidenti, il prossimo bilancio sia in attivo o quanto meno in sostanziale pareggio.

Nel nostro desiderio di diffondere cultura nella difesa del suolo, nel rispetto dell'ambiente e nel proporre nuovi metodi e tecnologie nelle opera che interagiscono con i terreni abbiamo anche continuato a organizzare manifestazioni gratuite, che hanno avuto notevoli partecipazioni di soci e non soci.

Anche se questi seminari e conferenza gratuite non portano un diretto vantaggio economico all'Associazione, confido che la nostra attività sia apprezzata in tutta Italia e permetta finalmente di incrementare il numero di soci, che dopo anni di riduzioni ha cominciato già nell'anno passato a essere meno preoccupante.

Attività culturale dell'associazione:

Conferenza tenuta in occasione della scorsa Assemblea dei Soci, del 23 aprile 2015, su *Schermi profondi per il controllo delle filtrazioni nella fondazione di dighe nuove ed in esercizio*, Pietro Groppo Sembenelli.

18-19 maggio VII[a] edizione del corso su *Opere di protezione contro la caduta massi, IVREA (Polo Formativo Officine H)*.

25-26 giugno Corso, *Monitoraggi delle opere di geoingegneria anche in rapporto al collaudo strutturale*.

17-18 e 24-25 settembre VIII[a] edizione del Corso di aggiornamento, *La gestione industriale del contenzioso*.

29 settembre Visita tecnica per i Soci GEAM, *Visita tecnica ai nuovi impianti della Skyway Monte Bianco, la spettacolare funivia completamente rinnovata che sale da Pontal D'Entreves (1300mt) alla Punta Elbronner (3466mt)*.

15 ottobre Corso di 4 ore, *Gestione costruzione e progettazione delle infrastrutture BiM e CiM. Nuovi approcci e nuove opportunità per l'ingegnere di domani*.

20 novembre Corso su *Il monitoraggio ambientale. Modelli concettuali, piani, operatori, strumenti, reporting: esperienze concrete. Aggiornamenti normativi attesi*.

27 novembre Corso *Bonifiche sostenibili per approcci ragionevoli*.

04 dicembre II a edizione del Seminario *Il recepimento della Direttiva IED nell'ambito dell'Autorizzazione Integrata Ambientale*.

Il programma culturale di quest'anno è, molto ricco di nuove e interessanti Iniziative.

Vorrei segnalare ancora la collaborazione avviata con l'Ordine degli Ingegneri che è diventata negli ultimi mesi molto fattiva e che ci consente di dare agli iscritti alle nostre iniziative anche un servizio di formazione professionale in base alle nuove norme vigenti in materia di obblighi per gli iscritti agli ordini professionali.

Siamo riusciti ad entrare a far parte anche dell'EFA (ente formatori autorizzati) del consiglio Nazionale dei Geologi per la Formazione continua dei Geologi e quindi ottenere potere dare i crediti per la partecipazione degli iscritti all'Ordine dei Geologi alle nostre manifestazioni.

L'***Attività dei primi mesi del 2016*** ha avuto inizio con l'organizzazione del Corso di aggiornamento del 25 febbraio scorso *Dalla competenza tecnica alla competenza relazionale. Riflessioni ed esperienze*.

Venerdì 4 marzo scorso Workshop di aggiornamento *Modifiche normative e approcci innovativi nella manutenzione delle pavimentazioni stradali*.

Oggi il Seminario *Analisi dell'interazione roccia – rivestimenti provvisori nella modellazione numerica di gallerie*.

Attività dei prossimi mesi:

15 aprile Corso di aggiornamento *Architetti geologi ingegneri imprese professionali ed internazionalizzazione al giorno d'oggi*.

Martedì 19 e mercoledì 20 aprile IV edizione del corso *Indagini e misure geomeccaniche per la stima dei parametri di progetti di opere a cielo aperto ed in sotterraneo*.

Sempre ad aprile e poi maggio 2 Visite tecniche Metrotorino ***La prima:*** *Prolungamento Lingotto – Bengasi. Costruzione della Stazione Bengasi e del pozzo terminale di estrazione della TBM: Strutture e scavi.* ***La seconda:*** *Avanzamento lavori con TBM installata*

Giovedì 12 maggio Corso *Perforazioni direzionate e microtunnelling per indagini, studi geotecnici drenaggi e consolidamenti*.

Il 20 e 21 maggio a Chiavenna Convegno su *Metodi di rilievo di pareti rocciose per il monitoraggio e la progettazione di interventi*.

Tante sono ancora le iniziative in via di organizzazione che il nuovo Consiglio direttivo che entrerà in carica, porterà avanti e di cui vi daremo pronta informazione."

L'attività editoriale ha compreso:
Rivista GEAM
- n. 144, gennaio-aprile 2015
- n. 145, maggio-agosto 2015
- n. 146, settembre-dicembre 2015

3. Relazione del Collegio dei Revisori dei conti

"Il Collegio dei Revisori dei conti dell'Associazione GEAM ha esaminato le risultanze del Conto Consuntivo 2015 e del Preventivo 2016 così come licenziati dal Consiglio Direttivo nella riunione del 26 febbraio 2016, alla quale hanno partecipato i Revisori V. Badino, F. Luda di Cortemiglia e M. Barbero, e, presa visione degli atti contabili in conformità al mandato statutario, ha provveduto a redigere la presente Relazione.

Il ***Conto consuntivo*** *della gestione economica dell'anno 2015, impostato con il criterio del bilancio di competenza, rispetto all'anno precedente espone ricavi di esercizio superiori del 9,7 % e costi di esercizio inferiori del 7%. Sono, questi, dati che dimostrano una gestione economica corretta e coerente con le raccomandazioni fornite in occasione dell'Assemblea dello scorso anno. Questo però non è stato sufficiente a impedire che i costi, pari a 99084 €, abbiano superato i ricavi, pari a 90.227 €, determinando un risultato di gestione in disavanzo di esercizio per 8.818 €.*

È un risultato che purtroppo ripropone la situazione di perdita di gestione che si è già verificata nei tre anni precedenti, a dimostrazione di una preoccupante, persistente precarietà economica. Esaminando nel dettaglio le due voci sostanziali di entrata, si registra un dato positivo per quanto riguarda gli incassi da iniziative remunerative di Convegni, Corsi e Seminari, superiori di quasi il 30% rispetto al 2014; ma un aspetto negativo riguarda le entrate per quote sociali, diminuite del 5% rispetto allo scorso anno, per le quali non si vorrebe sia ripresa l'emorragia che si era apparentemente fermata nei due anni precedenti.

L'analisi dettagliata delle voci di costo documenta come sia proseguita la "spending review" avviata fin dall'esercizio 2014 per quanto riguarda le spese minori, ordinarie e ricorrenti, per servizi, risultate inferiori alle rispettive voci a preventivo e ridotte al minimo indispensabile. Sono però rimaste costanti, o sono leggermente variate, le voci principali di costo ordinario: quella della Rivista, rimasta costante a 9.000 €, e quella del personale, in diminuzione, da 61.300 a 57.400 €. È invece aumentato il costo delle manifestazioni remunerative, salito del 20 %, a 15.700 € rispetto ai 13.000 del 2014.

In base a questi risultati del Conto consuntivo, risulta necessario applicare anche quest'anno la perdita che penalizza, anche se meno dello scorso anno (8.000 €, contro 24.000), ***lo Stato Patrimoniale****. Questo presenta una situazione che, peggiorata costantemente negli ultimi anni, è giunta ormai a un limite preoccupante di precarietà economico-finanziaria. Le crescenti passività correnti e gli elevati debiti a lungo termine, non compensati dalle attività, comportano problemi di liquidità e compromettono le prospettive di solvibilità dell'Associazione, per cui appare non più sostenibile la prosecuzione dell'attività della stessa senza un'ulteriore modificazione delle condizioni strutturali che determinano costi e ricavi.*

Per questo motivo il Consiglio Direttivo ha predisposto molto opportunamente un piano a medio termine di ristrutturazione dell'Associazione che prevede per il prossimo anno una fase transitoria che richiederà temporanei sacrifici da parte del personale dipendente e contributi straordinari da parte di Consiglieri e altri soci, per consentire, nel breve periodo, sia di raggiungere il pareggio di bilancio, sia di far fronte a esigenze di liquidità non più differibili.

In tale ottica, il ***Preventivo 2016*** *è stato predisposto con criteri precauzionali e conservativi, operando essenzialmente sull'unica voce di costo immediatamente riducibile: il costo del personale. Questo potrà diminuire, temporaneamente, con l'ulteriore riduzione del part time, senza arrivare al licenziamento, del personale di segreteria, la cui attività di conseguenza dovrà essere integrata con volontariato da parte di soci.*

In particolare sono previsti a preventivo ricavi complessivi solo leggermente superiori a quelli del 2015 (92.000 rispetto a 90.000 €) nell'ipotesi di mantenere invariate le entrate per quote sociali e solo poco superiori quelle per le dodici iniziative remunerative già in calendario.

Quanto ai costi diversi da quelli del personale, le voci a preventivo sono tutte prudenzialmente stimate, non inferiori e in qualche caso superiori alle corrispondenti voci del 2015 (in particolare quelle per attività e manifestazioni sono aumentate a 22.000 € contro 17.500 €.

Considerazioni generali per l'Assemblea

Tutto quanto sopra considerato, questo Collegio non può che elogiare e sottoscrivere l'iniziativa in corso in seno al Consiglio Direttivo, di procedere ad una ristrutturazione dell'Associazione che non solo porti a risanarne e consolidarne la situazione economico-finanziaria, ma auspicabilmente a rilanciarne l'immagine e il rilevante ruolo culturale e socio-economico a cui può e deve ambire.

Il Collegio auspica quindi che il Consiglio Direttivo, con l'essenziale apporto del Personale di Segreteria, possa portare avanti e concludere con successo la sua iniziativa, e, rilevata la sostanziale correttezza della contabilità per quanto è dato in esame, unanimemente propone all'Assemblea dei Soci di approvare il rendiconto economico 2015 e il preventivo 2016 dell'Associazione Georisorse e Ambiente".

4. Approvazione dei conti Consuntivo 2015 e preventivo 2016

L'Assemblea approva il conto Consuntivo 2015 e il Bilancio Preventivo 2016.

5. Rilancio della Associazione 2016-2020

Situazione attuale e azioni urgenti

La crisi economica, l'abbandono di imprese e studi professionali, ed il ridotto impegno di molti docenti del Dipartimento che fondò e promosse l'Associazione in origine ha accompagnato una importante riduzione della consistenza sociale, passata da circa 600 soci nel 2010 a circa 330 soci nel gennaio 2016.

I costi sono levitati di poco, ma i ricavi si sono ridotti: i corsi di aggiornamento hanno avuto spesso un buon riscontro, anche aiutati dalla necessità dei crediti formativi, ma sono stati ridotti in numero, e non più accompagnati da convegni di respiro nazionale o internazionale… sono urgenti delle azioni che mirino a ridurre drasticamente i costi … ed è necessario al contempo un maggiore impegno da parte di soci e consiglieri nel fornire la propria prestazione volontaria, e un rinnovato impegno da parte del Dipar-

timento di fornire aiuto nella organizzazione dei corsi. Si devono considerare due serie di azioni congiunte:

1. Riduzione dei costi e semplificazione. I costi di sede e segreteria vengono ridotti drasticamente.

2. Rinnovo e rilancio della Associazione. La associazione viene rinnovata da parte della assemblea dei soci in modo che GEAM sia attraente per diversi gruppi di interesse, anche nuovi, e possa tornare ad essere molto utile al Dipartimento DIATI e ad altri dipartimenti.

Il Consiglio Direttivo ha approvato alla unanimità le decisioni necessarie alla riduzione dei costi e dato mandato operativo per la effettuazione di tali riduzioni, appoggiato anche dal DIATI. Per quanto riguarda il piano di rinnovo e rilancio, si prospetta quanto segue.

Piano di rilancio. Elementi generali

1. **I soci attuali** si impegnano ad un contributo attivo, confermando il loro interesse nella Associazione rinnovata. GEAM razionalizza le proprie spese per praticare un contatto più costante con i soci, informandoli tramite il sito e/o bollettini di informazione.
2. **Il fondatore di riferimento** della Associazione rimane il Dipartimento DIATI Politecnico di Torino, ed il Dipartimento si impegna ad operare in modo proattivo ed anche in modo da aprire GEAM al contributo di altri dipartimenti nel Politecnico e ad altri dipartimenti Universitari, individuando in **Geologia** un primo dipartimento da affiliare in GEAM.
3. **La missione e gli ambiti** vengono rinnovati. La missione attuale di GEAM come definita all'art. 1 dello statuto risulta: *scopo è di realizzare collegamenti tra Docenti, ricercatori, professionisti imprese ed enti italiani e stranieri che svolgono le loro attività nell'ambito delle risorse minerarie e altre geo risorse e dell'ambiente ed in ogni campo affine o si occupano delle scienze ad esso attinenti*. Su questa missione storica si deve innestare con più chiarezza una missione volta alla sostenibilità, alla geo ingegneria, alla formazione manageriale del professionista tecnico.
4. **La missione e le strutture operative da costruire**. Per conseguire la rinnovata missione GEAM dovrà poter promuovere più eventi non istituzionali, convegni nazionali e non solo, ed appoggiare in concreto diverse attività di informazione, formazione ed educazione permanente dei dipartimenti di Politecnico ed Università. Per questo alla Associazione si dovrà affiancare una struttura no profit di società commerciale, possibilmente supportata dall'incubatore del Politecnico.
5. **Struttura di governo di GEAM**. L'Assemblea dei soci, il presidente, il comitato esecutivo, il consiglio direttivo rimangono le strutture di governo. Ogni membro del Consiglio Direttivo sarà dedicato alla cura e gestione di un gruppo di stakeholder preciso, ed ognuno avrà un *compito specifico*, di cui essere responsabile nei confronti del Presidente e degli altri membri del Consiglio Direttivo oltre che dei soci.

6. *Chiusura della Sezione acque sotterranee*

A seguito di una forte riduzione dell'attività sociale della Sezione Acque Sotterranee e della difficoltà di trovare Consiglieri che possano occuparsi dello sviluppo sia Scientifico, sia associativo, il Consiglio Direttivo di GEAM ha deciso di proporre all'Assemblea dei Soci la chiusura della Sezione Italiana Acque Sotterranee; parte dell'attività che ha contraddistinto la

SIAS potrà essere ripresa all'interno di GEAM istituzionale. L'Assemblea approva.

Assemblea straordinaria 27 maggio 2016

(indetta per le ore 14,00 in prima convocazione e per le ore 15,30 in seconda convocazione)

Ordine del Giorno

1. Elezione del Consiglio Direttivo e del Collegio dei Revisori dei conti per il quadriennio 2016 – 2019

I risultati dello scrutinio dei voti, analiticamente indicati nel verbale redatto dalla Commissione elettorale composta da: Sig.ra Patrizia Appella, Sig.ra Laura Bianco, Prof. Otello Del Greco, sono di seguito riassunti:

Consiglio Direttivo:

Votanti	45
Schede valide	45
Schede nulle	0

Hanno riportato i voti, elencati in ordine di preferenze decrescenti:

Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (Politecnico di Torino)	45
Officine Maccaferri	45
Jarre Pietro	44
D'Amato Alessandro	43
Golder Associates s.r.l.	43
SWS Engineering	43
Basf S.p.A	42
Citiemme S.r.l.	42
Damosso Davide	42
Ferrero Annamaria	42
Geodata S.p.A.	42
Minova Carbotech	42
Dipartimento Scienze della Terra (Università di Torino)	41
Enviars S.r.l.	41

Collegio dei revisori dei conti

Votanti	45
Schede valide	45
Schede nulle	0

Hanno riportato voti, elencati in ordine di preferenze decrescenti:

Membri effettivi

Badino Vanni	43
Settis Massimo	43
Michelotti Enrica	42

Membri supplenti

Clerico Marina	43
Fiore Silvia	41

2. Variazioni dello Statuto e Regolamento

Il Consiglio Direttivo propone all'Assemblea qualche modifica e integrazione dello Statuto.

Le variazioni proposte hanno principalmente lo scopo di rendere più agevole l'attività del Consiglio Direttivo; la più importante consiste nell'integrazione del Comitato Esecutivo tra gli organi dell'Associazione (Art. 14).

Le modifiche, poste ai voti, sono approvata all'unanimità.

L'Associazione Georisorse e Ambiente *ha lo scopo istituzionale di realizzare – attraverso svariate iniziative culturali, ed eventuali studi e ricerche – collegamenti tra Persone ed Enti che svolgono la loro attività nell'ambito minerario ed in campi affini o si occupano delle scienze ad essi attinenti.*

Gli appartenenti all'Associazione si dividono in Soci Onorari, Sostenitori, Ordinari-collettivi, Ordinari-individuali e Juniores. I Soci Onorari sono nominati a seguito di referendum. Per essere ammesso a Socio (Sostenitore, Ordinario o Junior) è necessario rivolgere domanda scritta, corredata, di norma, dalla firma di presentazione di due Soci Ordinari. I Soci contribuiscono con una quota annuale alle spese di gestione dell'Associazione. L'ammontare della quota è fissato annualmente dal Consiglio Direttivo (vedi tabella seguente).

QUOTE ASSOCIATIVE 2016 - GEAM 1° anno di iscrizione 50% della quota (non ripetibile)		
TIPO DI SOCIO	Quota annua	
Ordinario Individuale - da diritto al solo Socio ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o convegni + Rivista GEAM	€	100
Ordinario Individuale con anzianità anagrafica superiore a 75 anni - da diritto al solo Socio ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o convegni + Rivista GEAM	€	25
Ordinario Collettivo - da diritto a 3 persone ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o convegni + Rivista GEAM	€	200
Sostenitore Individuale - da diritto al solo Socio ad iscriversi a quota ridotta corsi e/o convegni + Rivista GEAM	€	340
Sostenitore Collettivo - da diritto a 6 persone ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o convegni + **2** Riviste GEAM	€	450
Junior (Studente o Dottorando) – da diritto al solo Socio ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o Convegni + Rivista GEAM	€	25

I soci residenti all'estero dovranno corrispondere un contributo addizionale per le spese postali
di € 13 o di € 27 per spedizioni via aerea.
– bollettino postale premarcato su richiesta
– Bonifico Bancario a favore di Associazione Georisorse e Ambiente
IBAN: IT 23 U 02008 01160 000004478626
BIC SWIFT: UNCRITB1AG0
– Contanti o Assegno presso la nostra Associazione

L'Associazione cura la pubblicazione di GEAM, periodico tecnico scientifico su cui compaiono gli Atti dell'Associazione, inviato gratuitamente ai Soci.

Per scambi, come per ogni altra comunicazione, indirizzare a:
Associazione Georisorse e Ambiente
presso
DIATI – Dip. di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture – Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino
Tel. 011/0907681 – Fax 011/0907689
e mail:geam@polito.it
www.geam.org

Oltre agli Atti dell'Associazione, pubblica memorie, comunicazioni scientifiche e note di Soci o anche di Studiosi non associati: la pubblicazione di memorie, comunicazioni scientifiche e note è comunque subordinata al parere favorevole del Comitato Scientifico della rivista.

Le idee espresse dagli Autori non impegnano né la rivista né l'Associazione. GEAM si riserva tuttavia il diritto di non accettare quegli articoli che non appaiono consoni al suo carattere o ai fini dell'Associazione. La riproduzione degli articoli è consentita dietro permesso degli Autori ed a condizione che sia citata la fonte. Si accettano e sono graditi scambi con riviste e pubblicazioni analoghe.

Consiglio Direttivo dell'Associazione
(Quadriennio 2016-2019)

Presidente	Pietro Jarre
Past President	Gian Paolo Giani
Vice Presidente	Anna Maria Ferrero
Vice Presidente e Segretario Generale	Francesco Luda di Cortemiglia (membro cooptato)
Consiglieri	Stefano Airoldi (*rappr. Minova Carbotech GmbH*) Marilena Cardu (*rappr. Diati – Politecnico di Torino*) Alessandro D'amato Davide Damosso Jean Pierre Davit (*rappr. Golder Associates S.r.l*) Domenico De Luca (*rappr. Dst – Università di Torino*) Attilio Eusebio (*rappr. Geodata S.p.A.*) Massimo Ferrari (*rappr. Citiemme s.r.l.*) Costanzo Graffi (*rappr. Sws Engineering S.p.A.*) Pompeo Levanto (*rappr. Basf. S.p.A.*) Claudio Mattalia (*rappr. Enviars s.r.l*) Claudio scavia (*rappr. Diseg – Politecnico di Torino*) Marco Vicari (*rappr. Officine Maccaferri S.p.A.*)
Revisori dei conti	Giovanni Badino Enrica Michelotti Massimo Settis

Albo dei Presidenti

Prof. Lelio Stragiotti	1964-1990 (dal 1991 al 1999 Presidente Onorario)
Prof. Sebastiano Pelizza	1991-1993
Prof. Renato Mancini	1994-1996
Prof. Gian Paolo Giani	1997-2002
Ing. Francesco Luda di Cortemiglia	2003-2008
Prof. Gian Paolo Giani	2009-2015

Norme per la redazione di articoli per la rivista Geoingegneria Ambientale e Mineraria

Aspetti Generali

La collaborazione alla rivista "Geoingegneria Ambientale e Mineraria" è aperta ai soci e non soci dell'Associazione Georisorse e Ambiente.

La pubblicazione di memorie, comunicazioni scientifiche e note tecniche subordinata al parere favorevole di almeno due referee scelti tra i membri del Comitato Scientifico della rivista.

Le note tecniche, che sono usualmente più brevi di una memoria, devono essere configurate per illustrare casi applicativi, progetti o innovazioni tecnologiche di interesse per i lettori.

Le idee espresse dagli Autori non impegnano né la rivista né l'Associazione. L'Associazione si riserva tuttavia il diritto di non accettare quegli articoli che non appaiono consoni ai propri fini statutari.

La riproduzione degli articoli è consentita dietro permesso degli Autori ed a condizione che sia citata la fonte.

I testi, che possono essere proposti in Italiano, Inglese e Francese, devono essere inviati in via informatica al Direttore della rivista.

I testi accettati per la pubblicazione dopo la fase di "review" vengono inseriti nel primo fascicolo della rivista in cui si abbia disponibilità di spazio, nell'ordine conseguente alla data in cui sono pervenuti. Qualora l'autore sia un Socio dell'Associazione al lavoro verrà data priorità in relazione alla tempistica di pubblicazione.

Norme grafiche per la preparazione del manoscritto

I testi devono essere preparati e salvati con un editor di testo di uso comune e inviati in via informatica alla redazione della rivista (geam@polito.it) indirizzati al Direttore della rivista.

Le figure e tabelle devono essere inserite al termine del testo precedute dall'elenco delle didascalie corrispondenti.

L'estensione complessiva dei lavori non dovrà eccedere, di norma, le sei pagine a stampa comprensive delle figure e delle tabelle, si consiglia quindi che il testo senza figure non ecceda le 42.000 battute complessive per lavori senza figure oppure le 28.000 battute se l'articolo comprende due pagine di figure. Per lavori di particolare interesse scientifico e/o tecnico è facoltà del Direttore ammettere anche lavori di lunghezza maggiore.

La pubblicazione sulla rivista "Geoingegneria Ambientale e Mineraria" è di norma in bianco e nero. Se si rende necessaria la quadricromia, gli Autori lo segnaleranno al momento della presentazione al Direttore; l'Editore formulerà quindi un preventivo che verrà trasmesso all'Autore.

Struttura dell'articolo

Suddivisione – numerazione dei paragrafi

Il testo deve essere diviso in sezioni chiaramente definite e numerate in modo progressivo.

I paragrafi devono essere numerati 1.1 (poi 1.1.1, 1.1.2,), 1.2, ecc. (l'abstract non deve essere incluso nella numerazione). Si deve usare questa numerazione anche per i riferimenti all'interno del testo. Ogni paragrafo deve avere un breve titolo.

Informazioni essenziali

Il testo deve essere preceduto da una pagina iniziale che contenga le seguenti informazioni.

Titolo

Deve essere conciso e chiaramente riferibile agli argomenti trattati dal lavoro. Deve essere redatto in tre lingue: Italiano, Inglese e Francese.

Nomi degli autori ed enti di appartenenza

Per ogni autore deve essere indicato l'ente di appartenenza con l'indirizzo completo e l'e-mail di riferimento.

Corresponding author

Deve essere chiaramente indicato a chi deve essere indirizzata la corrispondenza in tutte le fasi del processo editoriale.

Riassunto

Il lavoro deve essere preceduto da un riassunto conciso e preciso, che deve indicare in modo chiaro gli obiettivi della ricerca, i risultati principali conseguiti, le conclusioni più rilevanti, e deve poter essere presentato separatamente dall'articolo. Nel riassunto si devono evitare riferimenti bibliografici. Il riassunto deve essere redatto in tre lingue: Italiano, Inglese e Francese.

Parole chiave

Immediatamente dopo ciascun testo del riassunto redatto nelle tre lingue di riferimento devono essere indicate non meno di cinque parole chiave.

Abbreviazioni

Le abbreviazioni effettuate in modo diverso dallo standard del settore trattato devono essere riportate in un elenco al termine del lavoro e ne deve essere chiarito il significato.

Ringraziamenti

I ringraziamenti devono essere riportati al termine del lavoro, prima della Bibliografia. Nei ringraziamenti devono essere indicati coloro che, a vario titolo, hanno fornito assistenza durante la ricerca nonchè gli enti finanziatori.

Unità di misura

Le unità di misura devono essere quelle del Sistema Internazionale (SI).

Figure e grafici

- usare sempre gli stessi caratteri (possibilmente: arial, courier, times, symbol) e le stesse dimensioni delle scritte;
- numerare le illustrazioni secondo la sequenza con la quale appaiono nel testo;
- riportare le didascalie delle figure e tabelle in una pagina a parte;
- fornire le immagini per quanto possibile delle dimensioni dell'immagine da riprodurre sul lavoro. Fare in modo che queste corrispondano alle dimensioni di una, due o tre colonne della rivista a stampa;
- fornire le figure separatamente, sia all'interno del testo che come files;
- gli autori sono pregati inoltre di tenere conto della riproducibilità delle figure in termini di dimensioni del tratto e delle caratteristiche grafiche delle figure.
- Gli autori devono disporre dei copy-rights delle figure eventualmente riprese da altri documenti.

Illustrazioni a colori

La rivista è stampata prevalentemente in bianco e nero. Per le illustrazioni a colori l'Editore contatterà l'Autore in merito ai relativi maggiori costi di stampa che saranno a carico dell'autore.

Tavole fuori testo (per esempio: carte geologiche, grandi illustrazioni, …)

Eventuali illustrazioni di dimensioni eccedenti la pagina normale della rivista possono essere pubblicate come tavole fuori testo, a carico dell'Autore. Anche in questo caso l'Editore contatterà l'Autore in merito ai relativi costi.

Tabelle

Le tabelle devono essere numerate consecutivamente secondo l'ordine con cui appaiono nel testo.

Didascalie delle figure e tabelle

- Ogni figura e tabella deve avere una didascalia che ne descriva chiaramente e in modo esaustivo il contenuto.
- Il titolo deve essere riportato nella didascalia e non sulla figura o nelle tabelle.
- Il testo della didascalia deve essere conciso ma vi devono essere spiegati tutti i simboli e le abbreviazioni usate.
- Le didascalie devono essere redatte in due lingue: Italiano e Inglese.

Citazioni bibliografiche

- Verificare che tutte le citazioni bibliografiche indicate sul testo siano presenti in bibliografia (e viceversa).
- Risultati non pubblicati e comunicazioni personali non devono, per quanto possibile, essere indicati nella bibliografia, ma solo citati nel testo.
- L'indicazione "in press" di un articolo implica che questo è già stato accettato per la pubblicazione.

Citazioni web

Si deve fornire l'URL completo di riferimento e la data alla quale si è fatto accesso al sito con la dicitura ("accesso in data xx/xx/xxxx"). Ogni ulteriore informazione, se conosciuta, deve essere fornita (DOI, nome dell'autore, data, ecc.).

Le citazioni web devono essere riportate in una lista separata al termine dei riferimenti bibliografici.

Stile delle citazioni bibliografiche

Tutte le pubblicazioni citate nel testo devono essere presentate in una lista in ordine alfabetico al termine del manoscritto.

Nel testo le citazioni vanno redatte come segue:

- Autore singolo: il cognome dell'Autore (senza le iniziali del nome di battesimo a meno che non ci siano ambiguità) e anno di pubblicazione;
- due Autori: entrambi i cognomi degli Autori e l'anno di pubblicazione;
- tre o più Autori: il cognome del primo Autore seguito da et al. e l'anno di pubblicazione.

Le citazioni nel testo possono essere fatte direttamente o tra parentesi.

Quando c'è una lista di citazioni, queste devono essere elencate facendo riferimento all'anno di pubblicazione.

Esempi:

1) *"Come dimostrato (Autore 1, 1999a,1999b, 2000; Autore 1 e Autore 2, 2001)".*
2) *"Come recentemente discusso da Autore 1 et al. (2000)".*

La lista dei riferimenti bibliografici deve essere fatta in ordine alfabetico e per lo stesso autore in ordine di anno di pubblicazione crescente. Lavori dello stesso autore pubblicati nello stesso anno devono essere specificati con una lettera alfabetica dopo l'anno di pubblicazione: " a", "b", "c", ecc.

Esempi della redazione della Bibliografia

Riferimento ad una rivista

Autore 1, N., Autore 2, N. e Autore 3, N., 2000. *Titolo del lavoro*. Nome della rivista per esteso. Volume. pp. xx-xx.

Riferimento ad un libro

Autore 1, N., 1999. *Titolo del libro*, Editore, luogo di stampa.

Riferimento a un capitolo in un libro

Autore 1, N., Autore 2, N. e Autore 3, N., 2000. *Titolo capitolo,* in: Autore libro 1, N., Autore libro 2 N. (Eds.), *Titolo libro*, Editore, Luogo di edizione, pp. xx-xx.

Riferimento ad un articolo pubblicato sugli atti di un convegno

Autore 1, N. e Autore 2, N., 2000. *Titolo articolo*, in: *titolo convegno per esteso*, data di svolgimento, Luogo di svolgimento, Editor 1, N., Editor 2 N. (Eds), Ente organizzatore convegno, pp. xx-xx.

La rivista "**Geoingegneria Ambientale e Mineraria**" va sempre indicata con il nome completo e per esteso, si devono evitare abbreviazioni.

Pubblicazioni monografiche

Atti del Convegno "Tecnologia dell'idrofresa per realizzare diaframmi profondi in terreni difficili", Torino, 16 settembre 2010.
Atti della Giornata di studio "Lo stato di attuazione delle carte di rischio da frana per la difesa preventiva del territorio italiano dalle catastrofi naturali" (CD Rom), Milano, 3 dicembre 2009.
Atti del Convegno su "Vuoti minerari: risorsa o problema?" (CD Rom), Torino, 5-6-7 giugno 2008.
Atti del Workshop su "Inquinamento atmosferico in ambiente urbano: Torino – Milano – Lyon – Londra", Torino, 7 novembre 2007.
Atti della Seminario su "Bonifiche dei siti contaminati: esperienze in campo e sviluppi della normativa attuale", Racconigi, 19 settembre 2007.
Atti del Seminario "Nanotecnologie e Ambiente: ferro nanoscopico per la bonifica di acquiferi contaminati", Torino, 27 marzo 2007.
Atti del Convegno "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in area mediterranea", Canosa, 25-27 settembre 2006, 1° volume – 2° volume.
Proceedings of the fifteenth International Symposium on "Mine planning and equipment selection", Torino, 20-22 settembre 2006 (2 Volumi o CD rom).
Atti del Convegno "Le cave in sotterraneo", Torino, 20-21 giugno 2006.
Atti del Convegno "L'ingegneria e la neve" (CD rom), Torino, 21 febbraio 2006.
Atti del Convegno "AVR 05 – Aquifer Vulnerability and Risk – 2nd Workhop and 4° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee (Riassunti + CD rom), Reggia di Colorno-Parma, 21-23 settembre 2005.
Atti del Convegno "Scavo Meccanizzato di Gallerie: challenging case histories", Torino , 16-19 novembre 2004.
Atti del Convegno "Bonifica dei versanti rocciosi per la protezione del territorio", Trento , 11-12 marzo 2004.
Atti del Convegno "I minerali per l'industria", Torino, 9-10 giugno 2003.
Atti del Convegno "Le acque sotterranee nella Pianura Padana: studi, gestione e tutela, Parma, 10 aprile 2003.
Atti del Convegno "ACUUS 2002 International Conference – Urban Underground Space: a Resource for Cities" (Riassunti + CD rom), Torino, 14-16 novembre 2002.
Atti del Convegno "Le indagini geologiche e geotecniche propedeutiche alla costruzione delle opere sotterranee sia civili che minerarie", Modena, 18 maggio 2002.
Atti del Convegno "L'innovazione tecnologica negli scavi verso lo sviluppo compatibile con l'ambiente" – Verona, 15 febbraio 2002.
Atti del Convegno "Biogas da discarica – problematiche ed opportunità", Torino, 8 aprile 2002.
Atti del Convegno "Controllo ambientale della attività di cava per lapidei ornamentali in importanti bacini estrattivi" – Trani (BA), 20 novembre 2001.
Atti del Convegno "Opere di difesa da caduta massi", Siusi (BZ), 18-19-20 ottobre 2001.
Atti del Seminario Internaz. "Le pietre ornamentali della montagna europea", Luserna San Giovanni – Torre Pellice, 10-12 giugno 2001.
Atti del Convegno "Le cave di pietre ornamentali", Torino, 28-29 novembre 2000.
Atti del Convegno su "Tecniche e metodologie avanzate di monitoraggio discreto e continuo delle acque sotterranee", Torino, 21 novembre 2000.
Atti del Convegno "Il DM 471 del 25 ottobre 1999 – Guida applicativa agli interventi di bonifica dei siti inquinati", Torino, 11 luglio 2000.
Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento, 17-18-19 giugno 1999.
Atti del Convegno "Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese", Ivrea, 8-9 maggio 1998.
Atti della Giornata di Studio "Aspetti tecnici e normativi nell'estrazione di inerti e pietre calcaree per uso industriale", Torino, 13 novembre 1997.
Atti del Workshop "La città sotterranea", Torino, 6 dicembre 1996.
Atti della Giornata di Studio "La protezione contro la caduta massi dai versanti rocciosi", Torino, 24 ottobre 1996.
Atti del Convegno "L'impatto dell'attività industriale sulle risorse idriche sotterranee", Cernobbio 22-24 /05/96.
Atti del Convegno "L'acqua nel sottosuolo: utilizzazione e salvaguardia-Aspetti geologici, idraulici, geotecnici e ambientali" (estratto rivista IGEA n. 4 1995), Taormina, 11 -12 -13 Maggio 1995.
Monografia "Vibrazioni" E&B-Torino, 1994.
Atti del IV Convegno di Geoingegneria "Difesa e valorizzazione del suolo e degli acquiferi", Torino, 10-11 marzo 1994 (3 Volumi).
Atti del Convegno "De Re Metallica-Miniere e materie prime alle soglie del 3° millennio", Torino, dicembre 1994.
Atti del III Convegno di Geoingegneria "Scavo in roccia: il futuro ed il futuribile", Torino, dicembre 1992.
Atti della Giornata di Studio su "Il futuro dell'approvvigionamento idrico in Italia", Torino, dicembre 1991.
Atti dell' Incontro di Studio su "La meccanica delle rocce a piccola profondità", Torino, ottobre 1991.
Atti del 1° Convegno Internazionale di Geoingegneria " Suolosottosuolo", Torino, settembre 1989 (3 Volumi) – solo 3° Volume.
Atti della Giornata di Studio su "Problemi ambientali delle attività di cava in Piemonte: gestione e programmazione" Torino, marzo 1985.
Atti del Convegno sui Trafori del Piemonte e della Valle d'Aosta, Torino, ottobre 1981-maggio 1983.
Final Report on the joint U.S. – Italy Workshop on "Characterizing and modeling rock mass for design and construction of underground cavities".
Atti del Convegno su "La coltivazione di cave per inerti: attualità e prospettive", Torino, ottobre 1981.
Dibattito su "Aspetti tecnici ed economici attuali dell'approvvigionamento dei metalli", Torino, dicembre 1978.
Atti della Giornata di Studio su "La bullonatura in sotterraneo"- Torino, ottobre 1978.
Atti della Giornata di Studio su "La Miniera di Salafossa", Salafossa, giugno 1978.
Atti della Giornata di Studio su "Scavo di gallerie in roccia con frese a piena sezione", Torino, aprile 1975.
Atti della Giornata di Studio su "Sgombero del marino in galleria", Torino, ottobre 1976.
Atti della Giornata di Studio su "La Miniera di Raibl", Torino, marzo 1976.
Atti del 1° Convegno Internazionale sulla coltivazione di pietre e minerali litoidi, Torino, ottobre 1974 (3 Volumi).
Atti della giornata di Studio su "Le fluoriti italiane", Torino, dicembre 1972 (2 Volumi, 5 Tomi).
Atti delle Giornate di Studio su Gli esplosivi nei lavori di abbattimento in campo civile e minerario: innovazioni e problemi", Torino, ottobre 1970.
Atti del 1° Convegno Internazionale sui problemi tecnici nella costruzione di gallerie, Torino, settembre 1969 (4 Volumi).

Quaderni di studi e di documentazione

QUADERNO N. 25 D. Peila – C. Oggeri – P. Baratono, "Barriere paramassi a rete – Interventi e dimensionamento".
QUADERNO N. 24 Studi conoscitivi sui bacini marmiferi industriali di Carrara: un contributo per la gestione pianificata dell'attività.
QUADERNO N. 23: a cura del CNR-IRPI, Torino, "Indagini geologico-morfologiche su aste torrentizie della Valtellina e della Valle di Susa ricorrentemente soggette a colate detritiche torrentizie (debris flow).
QUADERNO N. 22: M. Fornaro – L. Bosticco, "La coltivazione in sotterraneo delle rocce ornamentali".
QUADERNO N. 21: a cura del CNR – IRPI, Cosenza, "Problematiche di geologia applicata nella realizzazione della galleria ferroviaria Paola-Cosenza".
QUADERNO N. 20: a cura del CNR – IRPI, Torino, "Studi sui Debris flow".
QUADERNO N. 19: a cura del CNR – IRPI, Cosenza, "Il nubifragio del 13 marzo 1995 in Calabria meridionale e Sicilia Orientale. Le alluvioni in Calabria – Rapporto sull'evento del 13 e 14 marzo 1995: acquisizione dati ed analisi idrologica a scala regionale.".
QUADERNO N. 18: a cura del CNR – IRPI, Torino, "L'evento alluvionale del 23-25 settembre 1993 in Liguria e Valle d'Aosta. Aspetti idrologici e geomorfologici".
QUADERNO N. 17: a cura del CNR – IRPI, Torino, "Situazioni di rischio geologico e idraulico in aree fortemente antropizzate. Gli eventi alluvionali del 1° giugno 1992 in provincia di Varese e del 22 luglio 1992 nella conca di Bormio in Valtellina".
QUADERNO N. 16: M. Govi – O. Turitto, "Ricerche bibliografiche per un catalogo sulle inondazioni, piene torrentizie e frane in Valtellina e Valchiavenna".
QUADERNO N. 15: P. Manni, "La V.I.A. delle attività estrattive ed i criteri di recupero delle aree oggetto di coltivazione".
QUADERNO N. 14: "Esperienze europee di valorizzazione turistico culturale del patrimonio minerario" – Atti del Convegno Internazionale – Perosa Argentina, ottobre 1993.
QUADERNO N. 13: a cura del CNR – IRPI, Torino, "Eventi alluvionali in Liguria. Studio idrologico e geomorfologico".
QUADERNO N. 12: G. Gottardi, "L'applicazione dei metodi di calcolo delle perdite di carico per moto polifasico nelle condotte verticali di piccolo diametro".
QUADERNO N. 11: G. Charrier, "Documenti di paleoclimi del Pliocene terminale, Pleistocene ed Olocene nel territorio della Valle di Susa e sue adiacenze".
QUADERNO N. 10: D. Tropeano, "Eventi alluvionali e frane nel Bacino della Bormida. Studio retrospettivo".
QUADERNO N. 9: G. Baldini, "Pressione allo stand-pipe nell'appesantimento (e nell'alleggerimento) del fango di perforazione, eseguito con valori generici di volume, densità di massa e portata".
QUADERNO N. 8: G.P. Giani, "Analisi di stabilità dei pendii – Parte 1: Classificazione dei fenomeni di instabilità, pendii naturali e fronti di scavo in roccia".
QUADERNO N. 7: G. Gottardi et al., "CFEWO: Programma ad elementi finiti per la simulazione di giacimenti di idrocarburi bifasici".
QUADERNO N. 6: L. Musso et al., "La miniera di Funtana Raminosa".
QUADERNO N. 5: G. Ferrara et al., "Riorganizzazione del bacino estrattivo di sali potassici della Sicilia".
QUADERNO N. 4: G. Baldini, "Manovre idrauliche per la prevenzione della eruzione di gas nella perforazione petrolifera".
QUADERNO N. 3: A. Balossi Restelli et al., "Tecniche di congelamento del terreno per lo scavo di gallerie".
QUADERNO N. 2: G. Barla et al., "L'applicazione dei metodi dell'equilibrio limite nello studio dei pendii naturali e delle scarpate".
QUADERNO N. 1: G. Baldini et al. "Funzioni di diffusione per un declino uniforme, nella sezione di erogazione del potenziale o del gradiente del potenziale"