



GEAM

ASSOCIAZIONE GEORISORSE E AMBIENTE

L'Associazione Georisorse e Ambiente, l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino e l'Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione (SiTI), organizzano



Istituto Superiore sui
Sistemi Territoriali per l'Innovazione



**POLITECNICO
DI TORINO**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

CONVEGNO

DISSEMINAZIONE DELLA CULTURA DELLA SICUREZZA E SALUTE DEL LAVORO

DISSEMINATION OF THE CULTURE OF OS&H

Politecnico di Torino, 23 e 24 Maggio 2018

Aula Magna del Lingotto

Tematiche:

**Le ere della sicurezza e salute del lavoro:
evoluzione dall'approccio degli anni '50 ad industria 4.0**

Eras of OS&H Development from early '50 to industry 4.0

**Innovazione tecnologica nello scavo e nell'esercizio di gallerie:
aspetti di sicurezza e salute**

***Innovation in tunneling and tunnel use:
Improvements and criticalities in Safety and Health***



Segreteria logistica

GEAM – Associazione Georisorse e Ambiente
c/o DIATI – Politecnico di Torino C.so Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino
Tel. 011.0907681 e-mail: geam@polito.it www.geam.org

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
e-mail: geam@polito.it — www.geam.org

Editor in chief

Daniele Peila

Editors

Daniele Martinelli e Paolo Dabove

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** - Po-
litecnico di Torino; **Cristina Gabriela Oñate
Salazar** - Politecnico di Torino; **Carmine Toda-
ro** - Politecnico di Torino; **Laura Turconi** - CNR
- IRPI di Torino.

Gestione editoriale affidata a:

Patron 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 Patron 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 2018

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

SOMMARIO

GEAM – Geoingegneria Ambientale e Mineraria Rivista dell'Associazione Georisorse e Ambiente Anno LV, n. 2, agosto 2018 (154)

Numero speciale dedicato alla Sicurezza e Salute del Lavoro (OS&H)

Sicurezza e Salute sul lavoro Occupational Safety and Health

Prima parte

**Le ere della sicurezza e salute del
lavoro: evoluzione dall'approccio
degli anni '50 ad Industria 4.0**

Eras of OS&H

**Development from early '50 to
industry 4.0**

A. MARTINETTI, L.A.M. VAN DONGEN

**Evolution of safety in industry
4.0: future opportunities adopting
resilience and antifragility
engineering and virtual and
augmented reality**

Y. SHIMAZAKI

**Understanding the concept
of OSH management and the
promotion of innovation through
regulations**

E. PIRA, G. GARZARO, E. DE CILLIS,
F. DONATO, C. CIOCAN, M. PATRUCCO

**Evoluzione del concetto di OS&H
dal secondo dopoguerra ad oggi:
dal sistema prescrittivo alla
Valutazione e Gestione dei rischi
in qualità di sistema – il modello
esteso in collaborazione alle
grandi strutture. Evoluzione della
cultura multidisciplinare della
sicurezza e OS&H**

P. CHIABERT, G. D'ANTONIO, L. MAIDA

**Industry 4.0: technologies and
OS&H implications**

G. BALDISSONE, L. COMBERTI,
P. FARGIONE, L. MAIDA, R. NEBBIA

**The role of basic and applied
research activities for the
improvement of OS&H conditions
and the dissemination of the
Culture of Safety**

P. PIANTANIDA

**Advanced investigation criteria
for building encasements of
working spaces**

G.B. FERRO, F. SFERRAZZO

**Il ruolo della magistratura e
della vigilanza in materia di
OS&H, e la sua evoluzione: una
insuperabile contraddiction in
adiecto?**

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

E. CASOLARI

Aspetti legali ed assicurativi

P. BISIO

Evolution of management in the quality of OS&H up to ISO 45001

M. DEMICHELA, G. BALDISSONE,
M. CLERICO

Scenari di incidente rilevante e gestione S&H negli ambienti di vita e di lavoro. Vecchi problemi e nuove sfide

F. MOSCA, M. TEPPATI LOSÈ

Esperienze di evoluzione ad industria 4.0

Seconda parte Innovazione tecnologica nello scavo e nell'esercizio di gallerie: aspetti di Sicurezza e Salute

Innovation in tunnelling and tunnel use: improvements and criticalities in Safety and Health

M. PATRUCCO, A. SORLINI

Uno sguardo al futuro presente: nuove tecnologie per la sicurezza nei cantieri in sotterraneo

M. VIRANO

La Torino-Lione procede in sicurezza

M. COGGIOLA

The "Carcinogens and Mutagens Directive" and the crystalline silica exposure at work place

R. BORCHIELLINI, S. COSENTINO,
V. VERDA

Advanced modeling for the control of tunnel ventilation during excavation and operation

D. MARTINELLI, D. PEILA

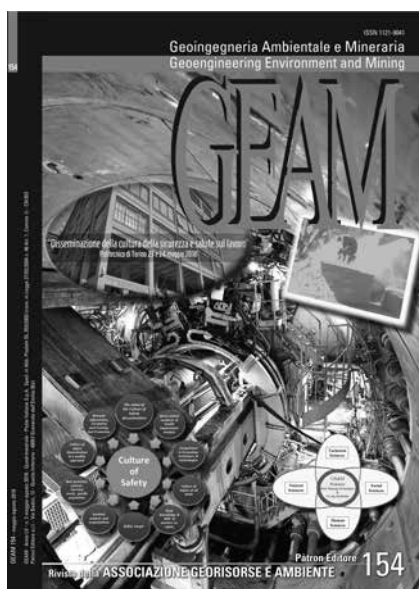
Innovative techniques and technologies for underground construction and implications of OS&H

S. MAUREDDU

Sistema di rilevamento dei pedoni

Note Tecniche

P. BISIO, P. FARGIONE, R. LUZZI, L. MAIDA, R. NEBBIA, M. PATRUCCO



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

Marina Clerico 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

Domenico De Luca Università di Torino

Marina De Maio Politecnico di Torino

Anna Maria Ferrero Università di Torino

Mauro Fornaro

Massimo Guarascio Università di Roma "Sapienza"

Pietro Jarre Global studio TCA

Vincent Labouse Ecole Polytechnique Federal de Lausanne (Switzerland)

Annalisa Lantermo ASL T01

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)

Luisa Teresa Maida Politecnico di Torino

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

In copertina:

45 anni di OS&H

Foto:

Patrucco, Sorlini — Telt

Cari Lettori Cari Soci,

è con piacere che mi accingo a scrivere queste poche righe di prefazione a questo numero di GEAM interamente dedicato alle problematiche della sicurezza del lavoro, i cui contributi sono stati redatti a seguito di un convegno internazionale organizzato da Geam, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino e Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'innovazione, con il patrocinio del Politecnico di Torino e dell'Università degli studi di Torino ed il supporto di AMMA, CSAO e TELT, che ha affrontato e sviluppato tali tematiche in approccio marcatamente multidisciplinare.

Le motivazioni del convegno e le sue conclusioni più importanti saranno meglio illustrate nel seguito nella introduzione sviluppata dal Prof. Mario Patrucco, che del convegno è stato "il motore e l'anima".

Da alcuni anni GEAM ospita una rubrica specificamente dedicata ai temi della Sicurezza e Salute del lavoro, Tips on OS&H, a cui sono sistematicamente abbinati lavori scientifici e note tecniche curati dal gruppo Sicurezza del lavoro del Politecnico di Torino o da qualificati relatori esterni.

Questo è un chiaro indicatore che la nostra Associazione ritiene fondamentale fornire come contributo alla disseminazione della Cultura della Sicurezza nei luoghi di lavoro, che talvolta viene sottovalutata, trascurata o peggio ignorata. Non possiamo più permetterlo ed è nostro dovere morale ed etico di tecnici essere non solo attenti a questi problemi, ma anzi proattivi nei vari ruoli in cui la nostra professione ci porta ad operare.

Buona Lettura

Il Direttore

Al momento di andare in stampa abbiamo appreso che è venuto a mancare l'Ing. Marco Vigone, uno dei relatori al convegno, che per molti anni ha operato nel campo della Sicurezza, e lascia certamente un vuoto ed un ricordo nel cuore di tutti noi.

Presentazione del Numero speciale dedicato alla Sicurezza e Salute del Lavoro (OS&H)



Mario Patrucco, Docente di Valutazione e Gestione dei Rischi nell'industria e nei cantieri, Politecnico di Torino

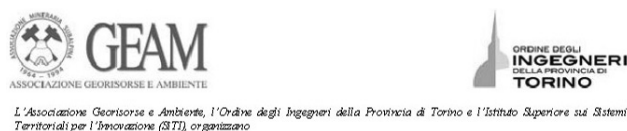
Achille Sorlini, Responsabile Sicurezza sul lavoro, TELT SAS Tunnel Euralpin Lyon Turin, Torino

Maurizio Teppati Losè, Segretario Generale CSAO Centro Sicurezza Applicata all'Organizzazione, Torino

Questo numero speciale 154 che la rivista Geam – Geoingegneria Ambientale e Mineraria – ha ritenuto dedicare alla Sicurezza e Salute del lavoro raccoglie anzitutto una evoluzione dei testi rivisitati degli interventi che molti relatori hanno presentato in occasione del convegno internazionale "DISSEMINAZIONE DELLA CULTURA DELLA SICUREZZA E SALUTE DEL LAVORO", tenutosi a Torino nei giorni 23 e 24 Maggio 2018, presso l'Aula Magna del Lingotto (fig. 1).

Il convegno, Organizzato da Geam – Associazione Georisorse e Ambiente, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino e Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'innovazione, con il patrocinio del Politecnico di Torino e dell'Università degli studi di Torino ed il supporto di AMMA, CSAO e Telt, è stato articolato nelle due sotto tematiche e corrispondenti giornate:

- Le ere della sicurezza e salute del lavoro: evoluzione dall'approccio degli anni '50 ad Industria 4.0
- Innovazione tecnologica nello scavo e nell'esercizio di gallerie: aspetti di Sicurezza e Salute



L'Associazione Georisorse e Ambiente, l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino e l'Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'innovazione (ISTI), organizzano

ISTI

Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'innovazione



POLITECNICO DI TORINO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

CONVEGNO

DISSEMINAZIONE DELLA CULTURA DELLA SICUREZZA E SALUTE DEL LAVORO

DISSEMINATION OF THE CULTURE OF OS&H

Politecnico di Torino, 23 e 24 Maggio 2018

Aula Magna del Lingotto

Tematiche:

Le ere della sicurezza e salute del lavoro:
evoluzione dall'approccio degli anni '50 ad Industria 4.0
Eras of OS&H Development from early '50 to industry 4.0

Innovazione tecnologica nello scavo e nell'esercizio di gallerie:
aspetti di Sicurezza e Salute

*Innovation in tunnelling and tunnel use:
improvements and criticalities in Safety and Health*



CSAO



Segreteria Logistica

GEAM – Associazione Georisorse e Ambiente
c/o DIATI – Politecnico di Torino C.so Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino
Tel. 011.0907681 e-mail: geam@polito.it www.geam.org



Fig. 1. Convegno "Disseminazione della Cultura della Sicurezza e Salute del lavoro", Torino, 23-24 Maggio 2018.

International Conference "Dissemination of the Culture of Safety and Occupational Health", Torino, 23-24 May 2018.

Ai relatori che hanno aderito anche a questa iniziativa va dunque anzitutto un ringraziamento per avere non solo voluto portare il loro qualificato contributo al convegno, ma anche per l'ulteriore impegno dedicato alla revisione delle presentazioni al fine di strutturarle come note a stampa.

Anche in questo numero della rivista Geam è inoltre presente, come è ormai consuetudine, una nota tecnica della serie dedicata alla valutazione della qualità dei risultati di indagini sulle condizioni igienico ambientali nei luoghi di lavoro, aspetto di primaria importanza in quanto fortemente condizionante le azioni di tutela della salute dei lavoratori, ed ancora oggi talora non compiutamente tradotto in pratica sul campo. Il lavoro riferisce sulla messa a punto di una tecnica originale computer assistita sviluppata per supportare i tecnici aziendali ed i responsabili degli audit esterni dalla impostazione dei rilevamenti e delle operazioni di laboratorio, alla verifica della conformità/non conformità rispetto ai valori tecnici di riferimento in rigoroso approccio statistico, così da permettere una valutazione in qualità metrologica ed esente da semplificazioni soggettive.

Il presente fascicolo si propone dunque nel suo insieme come una rassegna ragionata che può costituire un riferimento esteso sui vari aspetti della Sicurezza e Salute del lavoro in approccio moderno: basti al riguardo ricordare i recenti sviluppi della situazione, dalla evoluzione della normativa tecnica (introduzione della norma certificabile ISO 45001:2018 – “Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements with guidance for use”, aggiornamento della norma ISO 31000 – Risk Management – Guideline, emanazione dello standard ISO/IEC 31010:2009 – Risk management/Risk assessment techniques), alle sostanziali innovazioni tecnologiche in materia di automazione e controllo computerizzato o computer assistito di sistemi e processi, con evidente coinvolgimento di nuovi aspetti, nuove criticità, ma pure nuove prospettive di prevenzione in termini di “Sicurezza e Salute del lavoro”.

Il comparto industriale, con l'avvento della cosiddetta quarta rivoluzione industriale e grazie alla diffusione di nuove tecnologie (digitali e non), sta infatti vivendo una profonda trasformazione dei meccanismi attraverso cui ha storicamente prodotto valore, innovazione e benessere. La quarta rivoluzione industriale è resa possibile dalla disponibilità di sensori e di connessioni a basso costo e si associa a un impiego sempre più pervasivo di dati e informazioni, di tecnologie computazionali e di analisi dei dati, di nuovi materiali, macchine, componenti e sistemi automatizzati, digitalizzati e connessi. Con la trasformazione in chiave 4.0 è possibile gestire vere e proprie reti che incorporano, integrano e mettono in comunicazione macchinari, impianti e strutture produttive, sistemi di logistica e magazzino, canali di distribuzione. Uno dei vantaggi più evidenti della quarta rivoluzione industriale può essere anche una maggiore sicurezza attraverso una migliore interazione e agilità di interfaccia uomo-macchina, che rende possibile una significativa riduzione di errori e infortuni, ed un miglioramento della sicurezza e dell'ergonomia del luogo di lavoro. Inoltre sistemi di produzione che supportano e assistono gli operatori nello svolgimento delle loro mansioni portano a una riduzione dello stress lavoro-correlato e al superamento di alcuni limiti in termini di disponibilità di personale già adeguatamente formato, di invecchiamento della forza lavoro, di integrazione di lavoratori con disabilità, ecc.

È altresì fuor di dubbio che il risultato potrà essere tanto più efficace quanto maggiore sarà il successo degli sforzi per la disseminazione di una vera Cultura della Sicurezza, in un contesto ancora oggi purtroppo caratterizzato da dati sulla situazione infortunistica nazionale – seppur non sempre esaustivi ed aggiornati, ed in più sedi per varie ragioni discussi – tutt'altro che incoraggianti, sia in assoluto, sia come tendenza.

Nei numeri precedenti della rubrica OS&H di Geam si è già fatto cenno a questi aspetti, e si ritiene di qualche interesse riproporre qui (Fig. 2), a mo' di analessi, una recente sintesi sulla questione tratta da “The possible contribution of a well-tested Occupational Risk Assessment and Management technique to counter the recent unexpected rise in the work related accidents”, R. Borchellini, E. De Cillis, P. Fargione, L. Maida, R. Nebbia, M. Patrucco, convegno SHO 2018 – The Occupational Safety and Hygiene Symposium, Guimarães, 26 e 27 marzo 2018, Guimarães (Portugal):

Chiaramente, per far fronte a simili problematiche culturali, gli sforzi di innovazione tecnologica da soli non bastano, né bastano i risultati di studi e ricerche su modelli di riferimento ampiamente validati sul campo, che, proprio per ancora carente Cultura della sicurezza, faticano a trovare applicazione anche fra coloro che dovrebbero farsene primi proponenti.

Un cenno merita al riguardo anche lo scenario normativo nazionale e le varie evoluzioni che ancora oggi lo caratterizzano:

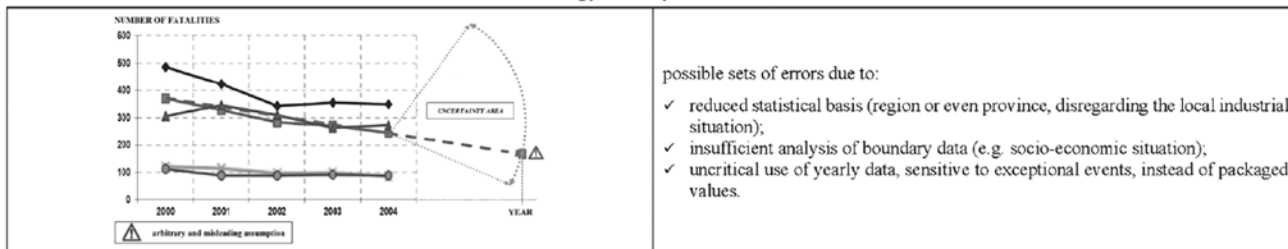
- inizialmente un approccio tipicamente prescrittivo adottato nel dopoguerra con i Decreti Presidenziali della seconda metà degli anni '50, che prescindeva dalla intrinseca sicurezza degli impianti e delle macchine, e seguiva la scelta primaria della protezione esterna dei macchinari, imponendo norme obbligatorie elaborate per impedire il contatto del lavoratore con gli organi in movimento e le parti pericolose, accompagnando i precetti a sanzioni penali in caso di omissioni di cautele doverose da parte dei soggetti responsabili. Da qui ad esempio l'elencazione analitica, nel DPR 547/55, di *dispositivi di sicurezza, protezioni, ripari, schermi, carter e dispositivi di blocco della macchina*. A tale scelta facevano da corollario i precetti sulla dotazione di *mezzi di protezione personale* (caschi, calzature, guanti da lavoro, occhiali di protezione) e sulle *condotte da far tenere ai dipendenti* (divieto di interventi sui macchinari in movimento, disciplina della manutenzione...). Tale approccio, seppur valido nell'immediato e di semplice applicazione e verifica anche da parte degli Organi di Vigilanza, ha dimostrato una limitata efficacia nel tempo, sino a fraporsi talvolta, a lungo termine, anche al progresso della tecnica;

We could conclude that a project is based on a correct Risk Assessment approach if it includes - through clear documentation - the proof of the attainment of Minimized Risk in relation to the latest advances in technology and scientific findings.

However, things often go differently. The blame must fall on “simplification”, which should be recommended in bureaucracy of OS&H, but misunderstanding often occurs on the term, with serious consequences of:

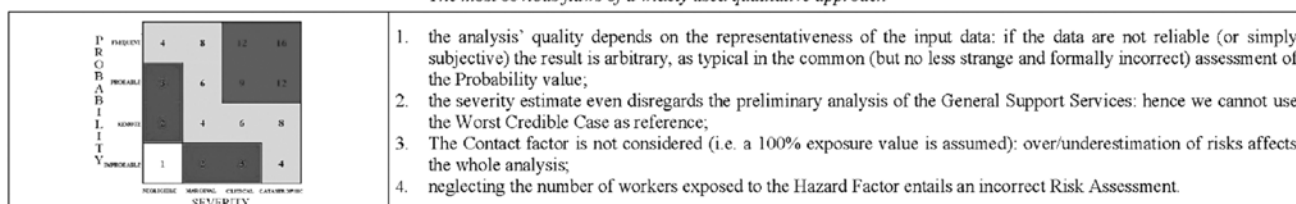
- ✓ *Excess of optimism*: arbitrary guess from statistics lead to incorrect forecasting of expectable accident rates, and unsubstantiated audits scheduling;

misleading forecast of statistical trends



- ✓ *Subjectivity*: from the use of qualitative or subjective approaches, typically within risk matrices;

The most obvious flaws of a widely used qualitative approach



- ✓ *Incompleteness*: general purpose check lists on a limited number of typical Hazard Factors, leading to neglect the provisions of target and definitions of 89/391/EEC Directive, or computer models assumptions leading to unacceptable underestimates of the safety issues (typically in the thickness of first phase shotcrete support in tunneling operations).

Fig. 2. Estratto da “The possible contribution of a well-tested Occupational Risk Assessment and Management technique to counter the recent unexpected rise in the work related accidents”.

From “The possible contribution of a well-tested Occupational Risk Assessment and Management technique to counter the recent unexpected rise in the work related accidents”.

- si è successivamente passati, seppur con ben 5 anni di ritardo¹, alla adozione del modello introdotto in modo generalizzato dalla Direttiva Sociale 89/391/CEE del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro (“Framework Directive”). La Direttiva stabilisce principi normativi comuni per tutte le tipologie di attività – ribaltando quindi il criterio precedente che ne escludeva esplicitamente alcune dal quadro generale – demandando a “Direttive Figlie” solo gli aspetti specifici, e prevedendo una costruzione della sicurezza basata sulla considerazione che i pericoli per l'incolumità e la salute dei lavoratori non dipendono solo dalla carenza di protezioni “oggettive” delle macchine, ma piuttosto dalle loro caratteristiche di sicurezza e dalle modalità della loro utilizzazione, e pertanto da una puntuale Valutazione e Gestione del rischio nell'ambiente di lavoro, con risultati certamente più efficaci purché correttamente seguita. Allo stato attuale quasi tutte le attività² contemplate nelle varie Direttive Figlie sono in Italia trattate nel D.lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 e s.m.i. – Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, che a seguito di varie rielaborazioni ed integrazioni ha raggiunto la rispettabile dimensione di 567 pagine nella versione più aggiornata (luglio 2018). Ad avviso degli scriventi è essenziale, nella ragguardevole mole del provvedimento, *tenere molto bene a mente* quanto nella premessa alla decina di pagine che nel loro insieme costituiscono la Direttiva 89/391, unitamente a quanto nei principi base dell'ordinamento nazionale (Fig. 3):

A fronte della chiarezza e provata efficacia dell'approccio introdotto col recepimento delle Direttive europee, che peraltro ovviamente richiede un considerevole sforzo di analisi nella identificazione dei Fattori di Pericolo nello specifico

¹ E peggior sorte ancora è toccata alla Direttiva Economica “gemella” 89/392/CEE, del 14 giugno 1989, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati Membri relative alle macchine - anch'essa prezioso riferimento per le valutazioni sulla Sicurezza e Salute nei luoghi di lavoro- recepita in Italia addirittura 7 anni dopo la sua emanazione.

² Merita rammentare che non sono state accorpate nel D.lgs. 9 Aprile 2008 n. 81/08 e s.m.i. le Direttive 92/91/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive per trivellazione e 92/104/CEE relativa alla sicurezza e salute dei lavoratori nelle industrie estrattive a cielo aperto o sotterranee, che rimangono recepite nel D.lgs. 624/96. Ciò, unitamente alla permanenza in vigore del DPR 128/56, dà talora luogo a qualche incomprensione di approccio, in particolare per quanto concerne la memoria storica dei principi della Direttiva “madre” 89/391, proprio in un settore particolarmente critico in termini di eventi infortunistici e malattie lavoro correlate.

Capisaldi della Direttiva 89/391/EEC e responsabilità penali in caso di inosservanza in Italia
Prefazione ... considerando che il miglioramento della sicurezza, dell'igiene e della salute dei lavoratori durante il lavoro rappresenta un obiettivo che non può dipendere da considerazioni di carattere puramente economico; ... considerando che i Datori di Lavoro sono tenuti a informarsi circa i progressi tecnici e le conoscenze scientifiche in materia di concezione dei posti di lavoro, tenendo conto dei rischi inerenti alla loro impresa, ed a informare i rappresentanti dei lavoratori i quali esercitano funzioni di partecipazione nel quadro della presente Direttiva, in modo da garantire un migliore livello di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori; ...
Obblighi generali in capo ai Datori di Lavoro per la scelta delle misure per preservare la sicurezza e salute dei lavoratori La scelta deve tener conto <i>del grado di evoluzione della tecnica e programmare la prevenzione, mirando ad un complesso coerente che integri nella medesima la tecnica, l'organizzazione del lavoro, le condizioni di lavoro, le relazioni sociali e l'influenza dei fattori dell'ambiente di lavoro.</i>
Responsabilità penali in caso di inosservanza Codice Penale, Art. 437 <i>"Rimozione od omissione dolosa di cautele contro infortuni sul lavoro"</i> NOTA: è appena ovvio che la responsabilità relativa alla omissione coinvolge non solo i datori di lavoro, ma anche coloro che rivestono formalmente un ruolo di supporto tecnico alle loro scelte in materia di azioni di prevenzione

Fig. 3. Principi della Direttiva 89/391 e richiami all'ordinamento nazionale.

Cornerstones of the 89/391/EEC Directive and Italy criminal charges in case of non-compliance in Italy.

contesto oggetto di indagine, e nelle successive fasi di Analisi e Gestione dei rischi, e responsabilizza tanto gli analisti quanto i datori di lavoro nelle scelte di prevenzione, e più in generale tutti i soggetti operanti nell'impresa ai vari livelli, nonché coloro cui sono affidati compiti di vigilanza, non sono mancati, e non mancano nemmeno oggi, tentativi di riportare l'impostazione e la gestione della Sicurezza e Salute del lavoro a schemi preconfezionati, sostanzialmente riconducibili al sistema prescrittivo.

Ciò al solito semplifica le cose sia per gli interventi (il sistema migliore per non avere problemi è notoriamente non porsi, ed il sistema prescrittivo raggiunge questo obiettivo affrancando dalla responsabilità di approfondire ad esempio la fase di Identificazione dei Fattori di Pericolo³), ma alla prova dei fatti lascia ampio spazio a scenari che possono presentare criticità non rilevate da check lists preconfezionate e quindi non dedicate al contesto specifico oggetto dell'indagine, e di conseguenza non correttamente gestite in termini di prevenzione. A ciò si aggiunga che queste forme di semplificazione non sempre rispondono nemmeno all'obiettivo primo della semplificazione burocratica, ma possono anzi talora lasciare spazio a perplessità interpretative negli analisti ed a possibili incomprensioni con gli Organi di Vigilanza stessi. Può essere citato ad esempio il caso delle regole che governano le attività in ambienti confinati, di per loro rigorose, ma di incerta applicazione in contesti in cui l'eccezionalità e sporadicità delle lavorazioni può costituire oggetto di valutazioni non univoche.

Talora inoltre tali semplificazioni possono indurre a strutturare il sistema sicurezza, ed identificare responsabilità in caso di incidente, trascurando *l'evoluzione della tecnica e l'obbligo di programmare la prevenzione mirando ad un complesso coerente che integri nella medesima la tecnica, l'organizzazione del lavoro, le condizioni di lavoro, le relazioni sociali e l'influenza dei fattori dell'ambiente di lavoro.* Si perviene per questa via ad una pseudo-gestione della sicurezza basata su qualificazioni del personale e procedure comportamentali (come risulta riprendendo l'esempio precedente dalla analisi ex post di alcuni eventi associati proprio a lavorazioni in ambienti confinati), anziché su un rigoroso approccio di sistema volto a eliminare o minimizzare attraverso la introduzione di soluzioni tecniche aggiornate anzitutto il rischio alla fonte, approccio certamente di maggiore efficacia anche nel caso di scenari articolati o nel caso di errore umano. In altre parole troppo poco parrebbe cambiato in termini di Cultura della sicurezza e valutazione preliminare dei rischi dai tempi del disastro di Marcinelle (8 Agosto 1956) in cui persero la vita 262 persone delle 275 presenti in miniera, di cui 136 immigrati italiani. Una delle conclusioni degli accertamenti, non confermata dato che gli interessati erano deceduti, fu il *"non rispetto delle procedure di manovra di pozzo"*, eppure anche all'epoca non mancavano sensori di posizione e sistemi elettromeccanici di consenso. Parimenti, per citare un esempio più recente, solo dopo l'esplosione di grisù nel Selimpasa Waste Water Tunneling Project (lato europeo di Istanbul, scavo meccanico con TBM-EPB) il 20 maggio 2010, che coinvolse 10 lavoratori, furono installati sistemi di monitoraggio gas ed adottate misure di prevenzione.

Non a caso gli esempi citati riguardano attività estrattive e cantieristica per infrastrutture in cui, secondo autorevoli

³ Pervenendo ad una situazione che, secondo la definizione di un collega che ebbi l'onore di incontrare da giovane assistente, comporta incidenti ed infortuni *"a perfetta regola d'arte"*.

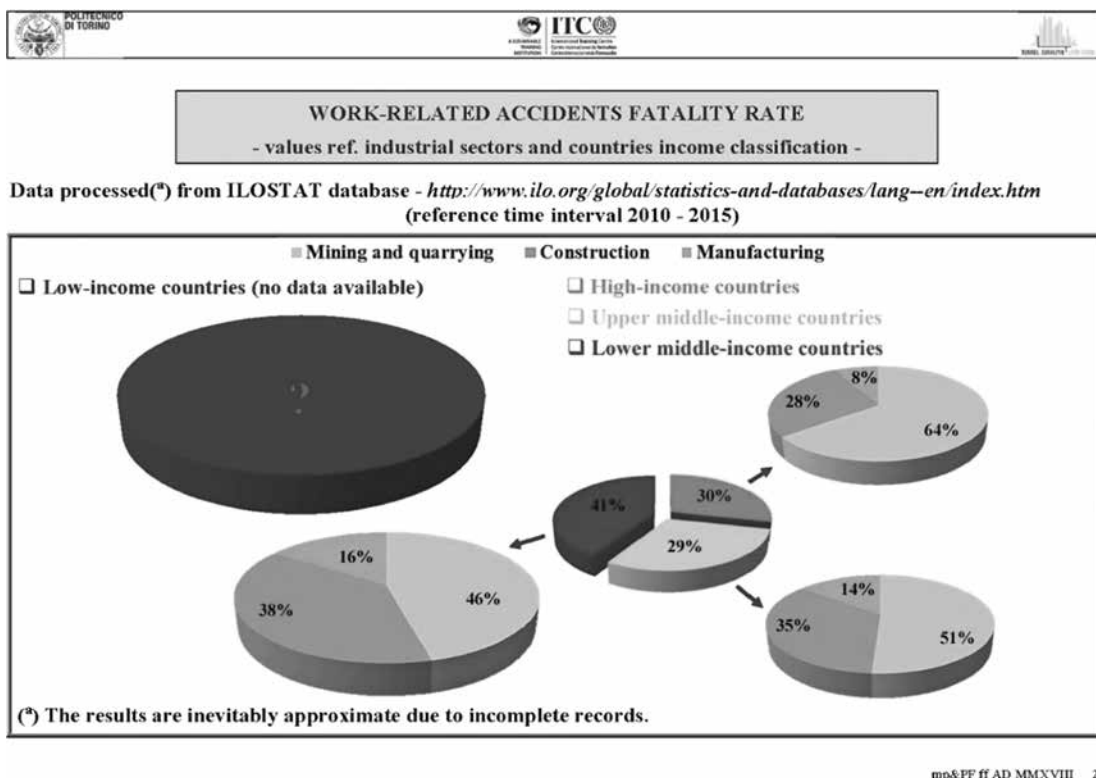


Fig. 4. Da materiale didattico messo a punto per il Master ITC ILO in Occupational Health and Safety.
From teaching material for ITC ILO Master in Occupational Health and Safety.

statistiche internazionali (e.g. database ILOSTAT) la situazione permane particolarmente critica. Lo schema di fig. 4 evidenzia ancora una volta la necessità di disseminazione della Cultura della Sicurezza sia nei paesi "ricchi", sia, a maggior ragione in quelli in via di sviluppo.

Un ruolo certamente essenziale rivestono in questo ambito le iniziative a livello universitario di ricerca applicata e trasferimento tecnologico di approcci innovativi alla OS&H, necessariamente strutturate in maniera adeguata alle esigenze dei potenziali fruitori ai vari livelli, e gli aspetti di formazione alla Valutazione e Gestione dei rischi lavoro correlati. E riprendendo infine quanto espresso da Patrucco nelle Conclusioni al convegno:

"ove tali obiettivi siano effettivamente finalizzati a contribuire al miglioramento delle condizioni di lavoro, nel rispetto di quanto nell'art. 41 della Costituzione della Repubblica Italiana, ovvero tenendo conto che la Sicurezza e Salute altrui possono dipendere dal nostro impegno, l'operazione può risultare poco redditizia in termini accademici ed economici, e tuttavia penso di poter compendiare gli oltre 45 anni di attività presso il nostro Politecnico dedicata a tali tematiche semplicemente facendo riferimento alla definizione di educazione come processo di trasmissione di conoscenze, valori e principi intellettuali e morali, in accordo con le esigenze dell'individuo e della società oltre che di mere nozioni tecniche: sotto questo punto di vista operare nel campo della sicurezza e salute del lavoro è certamente proprio anche degli ingegneri, ma non è un mestiere come gli altri. Obiettivo peraltro non sempre raggiunto con successo, per le ragioni discusse nel primo numero di Geam in cui sono state accolte le Annotazioni di Sicurezza e Salute sul Lavoro – OS&H (Geam, numero 147, 2016).

Questo è comunque ovviamente il percorso che mi propongo di proseguire in ambito viepiù multidisciplinare ed internazionale, come proprio della disseminazione della Cultura della Sicurezza, onorato della fiducia di chi ha voluto negli anni condividere il mio pensiero".

PRIMA PARTE

**Le ere della sicurezza e salute del lavoro:
evoluzione dall'approccio degli anni '50 ad Industria 4.0**

*Eras of OS&H
Development from early '50 to industry 4.0*

Premessa

Le tematiche trattate in questa giornata si propongono nel loro insieme di porre in risalto il cambiamento tutt'ora in atto verificatosi nell'arco di una generazione. L'evoluzione dall'approccio degli anni '50 ad Industria 4.0 presenta un andamento inizialmente a rilento, che ha visto di recente mutamenti sostanziali, e che certo riserverà per il prossimo futuro ulteriori incrementi in termini di tecnologie, organizzazione aziendale e competenze richieste agli operatori. Per stare al passo della cosiddetta "Quarta Rivoluzione Industriale", è necessario entrare nell'ottica di nuove e continue sfide "tecnologiche e di skills" che vedono una progressiva automazione e digitalizzazione dei processi industriali con conseguente rielaborazione della figura dell'operatore, "spodestato" delle sue mansioni ordinarie, e "catapultato" in una nuova era di cui non ha, o non crede possa acquisire neanche col tempo, piena contezza.

Il fenomeno Industria 4.0 sta cambiando profondamente il luogo di lavoro, riorganizzando processi e attività. La progressiva introduzione delle *Enabling Technologies* nell'ambito dei processi produttivi e nella gestione degli stessi è ritenuta fondamentale, poiché esse permettono di sviluppare soluzioni operative introducendo miglioramenti tecnologici capaci di rivitalizzare il sistema produttivo, ma richiedono, oltre ad ingenti investimenti, prestazioni di lavoro altamente qualificate. Ciò si ripercuote inevitabilmente sulla figura dell'operatore da cui ci si aspettano drastici mutamenti di atteggiamento e competenze specifiche, per gestire e sfruttare le nuove tecnologie interagendo con i dispositivi di automazione, così da poter comprendere in modo rapido ed efficace i dati di feedback e prendere decisioni complesse per garantire livelli di prestazioni elevati per l'impresa. Processi e operatori hanno dunque una rilevanza sistemica poiché alimentano il valore della catena del sistema produttivo e dei servizi in quasi tutti i settori economici delle attività di impresa.

Senza entrare nel merito dei temi specialistici affrontati dai vari relatori, ci si limita qui a far cenno a quanto segue:

- a. l'evoluzione tecnologica e organizzativa resa possibile dalle *Advanced Manufacturing Solutions* (macchine, robot, innovativi sistemi automatizzati, digitalizzati e connessi) si associa a un impiego sempre più pervasivo del *Cloud* e *Big Data Analytics* (tecnologie rivolte all'archiviazione, all'elaborazione e alla trasmissione di grandi quantità di dati a complessità variabile). Occorrerà quindi ridisegnare anche le caratteristiche culturali della forza lavoro, e necessariamente puntare a favorire l'adattamento dei lavoratori a questo nuovo mondo, col rischio oggettivo di emarginare chi per varie ragioni fatica ad adattarsi alle novità;
- b. con la trasformazione in chiave 4.0 è già oggi possibile attraverso la *Simulation* e l'*Industrial Internet* gestire vere e proprie reti anche attraverso interconnessione tra macchine per ottimizzare i processi e rendere possibile una comunicazione multi direzionale tra processi e prodotti, spingendo le capacità di autogestione a livelli impensabili ancora una decina di anni fa. È peraltro conoscenza comune nel mondo della Valutazione e Gestione dei rischi che quanto più un sistema si fa articolato e complesso, tanto più possono aumentare anche le possibilità che si verifichino deviazioni occulte (tra cui anche criticità di *Cyber Security*) difficilmente identificabili in fase di concepimento, che possono sfuggire quindi ai sistemi automatici di rilevamento e controllo, dando luogo a scenari, seppur affatto eccezionali, di criticità per le quali i processi di autodiagnosi e autocorrezione non sono stati attrezzati: il noto schema proposto da J.T. Reason (Reason J.T., 1997. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate Publishing Co., Aldershot, UK.) può costituire utile riferimento anche per situazioni di questo tipo;
- a. infine, il cambiamento tecnologico e culturale non può prescindere dall'esigenza del mantenimento e del miglioramento delle condizioni di Sicurezza e Salute del lavoro, la cui valutazione e gestione sono demandati ad analisi dedicate di ogni contesto produttivo. In questo ambito è a maggior ragione evidente la necessità di studio ed approfondimenti dedicati, come ad esempio il progetto di ricerca relativo al *Fitness lavorativo: integrazione delle risorse e adattamento alle nuove tecnologie nel lavoratore anziano o con disabilità* in corso di sviluppo presso il DSSPP dell'Università degli Studi di Torino, volti a contribuire sia dal punto di vista tecnico-tecnologico, sia per quanto concerne l'area relativa ai fattori umani che può assumere in questo senso importanza viepiù crescente.

In conclusione, le tematiche che i vari relatori tratteranno nella presente giornata sono certamente di grande attualità ed hanno rilevanti risvolti sulla tematica della OS&H, rientrando tutte a pieno diritto ed in termini innovativi anche nel più vasto tema della Disseminazione della Cultura della Sicurezza, che a comune avviso di tutti noi è strumento essenziale per assicurare una Prevenzione efficace ed un supporto credibile alla Gestione della Sicurezza e Salute del Lavoro in qualità di sistema.

Mario Patrucco
Luisa Maida

Understanding the concept of OSH management and the promotion of innovation through regulations

Yuki Shimazaki*

* International Training Centre
of the International Labour
Organization, Turin as of May 2018

The main purpose of developing OSH Management System is to create a sustainable system that does not rely solely on a specific person with OSH expertise. This concept is the core of the International Organization for Standardization – ISO standards which promote the creation of a sustainable system based on the assumption that humans make mistakes. Then, it is argued that government regulations may create inefficiency and hinder innovation, however, it has been shown that government regulations promoted innovation for some enterprises that tackled the regulations by overcoming the restriction to make it into the advantage in the market.

Keywords: OSH Management System, government regulations.

Il concetto di gestione della OSH e la promozione dell'innovazione attraverso le normative. Lo scopo principale dello sviluppo del Sistema di Gestione della SSL è quello di creare un sistema sostenibile che non faccia affidamento esclusivamente su una specifica persona con competenze in materia di SSL. Questo concetto è il nucleo degli standard Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione – ISO che promuovono la creazione di un sistema sostenibile basato sul presupposto che gli esseri umani possono commettere errori. Quindi, esiste dibattito sulla possibilità che le norme governative possano generare inefficienza e ostacolare l'innovazione; tuttavia, è stato dimostrato che le norme hanno invece promosso l'innovazione per alcune imprese che hanno aderito alle norme, superando le difficoltà in modo che l'azienda godesse poi di un vantaggio sul mercato.

Parole chiave: Sistema di Gestione della OSH, norme governative.

La gestion de la SST et la promotion de l'innovation par la réglementation. L'objectif principal du développement du Système de Gestion de la SST est de créer un système durable qui ne repose pas uniquement sur une personne spécifique ayant une expertise en SST. Ce concept est au cœur des normes Organisation internationale de normalisation – ISO qui favorisent la création d'un système durable basé sur l'hypothèse que les humains peuvent faire des erreurs. Ensuite, il y a un débat sur la possibilité que les réglementations officielles peuvent créer de l'inefficacité et entraver l'innovation ; au contraire, il a été démontré que les réglementations favorisaient l'innovation pour certaines entreprises qui s'attaquaient à la réglementation pour obtenir d'avantages de marché.

Mots clés: Système de Gestion de la SST, réglementations officielles.

1. Introduction of the International Training Centre of the ILO

The International Labour Organization (ILO) was founded in 1919 in Geneva, Switzerland, as part of the Treaty of Versailles that ended World War I, based on the premise that social justice is essential to universal and lasting peace. Since then, the ILO tripartitely (in collaboration with the govern-

ment, workers and employers) set international labour standards (ILS) including a large number of standards related with OSH and promoted its member States to fulfill the minimum standards through providing some member States with technical supports. The International Training Centre (ITC) was founded in 1964 in Turin, Italy, as a training arm of the ILO since it is crucial to improve the quality of human resources of the governments, workers and

employers in the member States. Now, ITC provides residential courses, tailor-made courses and online courses. From 2012, ITC in collaboration with the University of Turin provides Masters course on OSH that attracts practitioners, government officials and social partners around the world.

2. Why OSH Management System?

2.1. Global Estimates of Occupational Accidents and Work-related Diseases

Since most of the countries do not have reliable reporting and recording systems on occupational accidents and work-related diseases, the ILO makes a reasonable estimation of them considering the estimated rates of reporting, etc. According to the global estimate by the ILO in 2017, 380,000 fatal accidents occur and 2,400,000 fatal work-related diseases occur every year. The economic is also estimated to be as high as 3.94% of global Gross Domestic Product – GDP and especially it hinders developing countries from attaining social and economic development. In light of the situation, The 2030 Agenda with 17 Sustainable Development Goals (SDGs), adopted in September 2015 in New York, focuses on the impact of decent work on inclusive and sustainable economic growth highlighted by Goal 8 which aims to “promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive



Fig. 1. Overview of the ITC in Turin.
Panoramica dell'ITC a Torino.

employment and decent work for all". The ILO will be celebrating the 100th anniversary of the foundation in 2019. The founding mission of the ILO that social justice is essential to universal and lasting peace is never getting obsolete but it is getting more and more relevant in the present age that still lacks decent work for many people.

2.2. Latest Topic on OSH Management System

The latest topic on OSH in 2018 is the issue of ISO 45001, Occupational health and safety management systems – Requirements. Since ISO 45001 follows the generic management system approach of ISO 14001 (environmental management) and ISO 9001 (quality management), ISO 45001 is expected

to promote employers to reduce workplace injuries and illnesses through integrating other ISO management systems standards that businesses have already introduced.

It is true that some employers are fed up with the requirements for documentation when then introduced ISO 14001 and ISO 9001 and they might be reluctant to introduce ISO 45001. However, you may notice that many of the requirements for ISO 45001 are already being implemented in your workplace, so it is enough to fulfill the requirements through the daily business and OSH activities. OSH Management System is not a goal or requirements, but it gives you hints to improve OSH and make OSH activities sustainable in your workplace.



Fig. 2. Goal 8 in SDGs.
Obiettivo 8 dei SDG.

2.3. Roman Empire and the Management System

There is no other Countries except for the Roman Empire that had flourished for as long as one thousand years. Why has it succeeded in retaining its states? One of the reasons for their success is said that because they had a system that does not rely on a single person and makes up for human mistakes by regulating laws and rules. In the early years, instead of laws and rules, they relied on emperors with strong leadership and foresight and it is true that such emperors were crucial for the foundation of the empire as many research results tell us that socialistic societies have higher economic development rates in the early stages. However, even a good emperor may change as years goes by and the citizens cannot always expect a good emperor. Besides, the judge of an emperor may not be always constant, so the citizens were afraid of the capricious judges. Therefore, they created a system that appoints two consuls by election every year and governs the citizens by laws and rules.

The central idea of the Roman Empire's governance is exactly the same as that of management systems. The management systems approach does not rely on specific individuals but makes and revises the rules by themselves and strictly operates based on the rules to continuously improve the situa-



Fig. 3. Potential Synergy of Management Systems.

Potenziale Sinergia dei Sistemi di Gestione.



Fig. 4. Overview of Foro Romano in Rome (from Y. Shimazaki, 2018).
Panoramica del Foro Romano a Roma (Y. Shimazaki, 2018).

tion. So why don't you make the best use of the systems approach to improve OSH in your workplace that has proven to be effective over a long period of time from the age of Roman Empire?

3. Can Regulations Promote Innovation?

3.1 Honda CVCC engine and the Clean Air Act of U.S. in 1970s

Regulations are often thought to be a source of inefficiency through interfering the individual's free choice and discouraging innovation. However, some stories show

us that regulations can promote innovation, gain competitiveness and make the profits in the long run. Here is a story of Honda Motor Co. Ltd. In 1970s, air pollution was becoming one of the biggest global issues and many countries strengthened their regulations to mitigate air pollution. Reflecting this trend, U.S. amended their Clean Air Act in 1970 which required the reduction of CO, HC and NO_x from the engine of a car to one tenth compared with those in 1970. Most of the world's automakers opposed the revision saying that it's too high a hurdle to overcome in a short period of time. However, Honda Motor Co. Ltd, not a major automaker then yet, invented the "CVCC" (CVCC stands

for Compound Vortex Controlled Combustion) engine in October 1971 that satisfies the amended Clean Air Act. Since not only fulfilling the stricter regulations but also it improved the fuel efficiency as a by-product, although the enforcement of the amendment was postponed, Honda Motor Co. Ltd has gained its reputation which paved the way to becoming one of the automotive majors some decades later. This story tells us that good regulations can promote innovations, rather than discouraging it, and contribute to the society in the long run through providing enterprises with opportunities to invest in a field with potential growing demands in the future.



Fig. 5: The first Civic/CVCC in 1973, photo from the Home Page of Honda Motor Co., Ltd (<http://world.honda.com/history/challenge/1972introducingthecvcc/index.html>).
La prima Civic/CVCC in 1973, da pagina Web Honda Motor Co., Ltd.

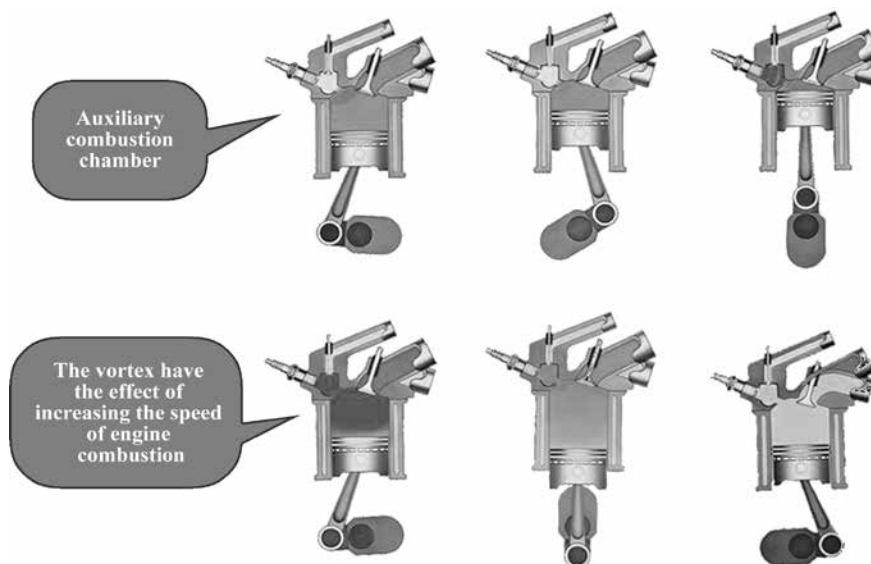


Fig. 6: The mechanism of CVCC engine, figure from the Home Page of Honda Motor Co., Ltd (<http://world.honda.com/history/challenge/1972introducingthecvcc/index.html>).
Il motore CVCC, figura da pagina web di Honda Motor Co., Ltd.

3.2. Potential Frontiers of OSH Research

Researches on OSH are always underinvested as the demand for OSH is not often recognized in the market economies. This is mainly because of the fact that negative impacts of occupational accidents and work-related diseases are regar-

ded that they should not be compensated by the employers although they should. It is called "negative externality" in the economic term. When the government finds any negative externalities, the government tries to mitigate the negative impact by creating new regulations to internalize the externalities and at the same time by subsidizing the

researches on the topics with such negative externalities.

The potential topics with strong negative externality on OSH might be nano-materials, psychosocial risks, musculoskeletal disorders – MSDs, risks for the elderly, behavioral economics on OSH and so on. The government needs to be always aware of the negative externalities on OSH and try to promote enterprises to invest in the potential areas by creating a new market through regulations.

4. Conclusion

The idea of management system comes from the wisdom of the ancient times to maintain an organization in an effective and efficient way. Therefore, why don't you make the best use of the wisdom to improve OSH in the workplace? Besides, the introduction of ISO 45001 gives us an opportunity to improve OSH in an organized way with other relevant ISO standards.

Regulations are not the obstructions to innovation, instead, good regulations promote innovation. Regulations can create a chance for researchers and engineers with innovative spirits by setting a goal that goes against the negative externalities for the society as a whole.

Bibliography

Development of low emission engine that went ahead of the world's the automotive majors, homepage of Honda Motor Co., Ltd, <https://www.honda.co.jp/50years-history/challenge/1972introducingthecvcc/index.html>, (15 May 2018).

Evoluzione del concetto di OS&H dal secondo dopoguerra ad oggi: dal sistema prescrittivo alla Valutazione e Gestione dei rischi in qualità di sistema – il modello esteso in collaborazione alle grandi strutture. Evoluzione della cultura multidisciplinare della sicurezza e OS&H

La gestione della salute e sicurezza sul lavoro è rappresentata dall'insieme delle misure preventive e protettive da adottare per ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori a rischi che possono comportare l'insorgenza di malattie o incremento del numero infortuni.

I dati relativi alla denuncia e al riconoscimento di infortuni e di malattie professionali all'ente assicurativo nazionale per gli infortuni e le malattie da lavoro dimostrano, negli ultimi 10 anni, un progressivo decremento del numero di infortuni riconosciuti, in particolar modo mortali, e un incremento delle denunce di malattia professionale, la cui percentuale di riconoscimento mostra una progressiva flessione.

Il calo degli infortuni è riconducibile solo parzialmente alla diffusione della cultura della sicurezza: concorre, infatti, alla spiegazione di questo trend anche una progressiva riduzione del numero di ore lavorate, in relazione a fenomeni quali l'automatizzazione della produzione, la crisi economica e la delocalizzazione. Anche gli infortuni in itinere risultano in calo, seppur in misura minore.

L'incremento del numero di denunce di malattia professionale, invece, risulta secondario all'attribuzione, da parte della popolazione lavorativa e sanitaria, di un sempre maggior numero di malattie ad eziologia multipla a concause lavorative.

Al fine di ridurre ulteriormente il numero di infortuni e malattie professionali è opportuno che il Medico Competente assuma un ruolo di "consulente globale" che, sulla base di nozioni specialistiche, collabori, nell'ambito delle proprie competenze, con le figure professionali di tipo tecnico presenti nelle aziende.

In ambito sicurezza è necessario che il professionista sanitario collabori all'implementazione di sistemi organizzati per la gestione dell'infortunio, in ambito salute, invece, è opportuno orientare efficacemente la sorveglianza sanitaria, grazie alla corretta interpretazione dei dati relativi alla valutazione dei rischi specifici e all'esecuzione delle indagini cliniche suggerite dalle evidenze scientifiche disponibili e dalla buona pratica.

Parole chiave: Medicina del Lavoro, Salute e Sicurezza, Infortuni Professionali, Infortuni in Itinere, Malattie Professionali, Sorveglianza Sanitaria, Valutazione dei Rischi.

Evolution of the concept OS&H from the second Post-war to today: from prescriptive system to Assessment and Management of Risks in system quality – The extended model in collaboration with large Facilities. Evolution of multidisciplinary culture of safety and OS&H. The management of health and safety at work is represented by the set of preventive and protective measures to minimize the exposure of workers to risks that may cause the onset of diseases or increase the number of accidents.

Enrico Pira*
Giacomo Garzaro*
Elisabetta De Cillis**
Francesca Donato*
Catalina Ciocan*
Mario Patrucco**

* DSSPP, Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, Università degli Studi di Torino

** DIATI, Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

La gestione della salute e sicurezza sul lavoro è rappresentata dall'insieme delle misure preventive e protettive da adottare per ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ad eventuali rischi connessi all'attività lavorativa che possano comportare l'insorgenza di malattie o un'aumentata probabilità di infortunio.

L'infortunio è un evento che si verifica, in un breve spazio temporale, in occasione di lavoro o durante il normale tragitto casa-lavoro: la causa scatenante l'infortunio dev'essere, pertanto, fortuita, violenta ed esterna, tale da produrre lesioni da cui derivino morte, inabilità permanente o un'inabilità temporanea che comporti l'astensione dal lavoro per più di tre giorni.

La malattia professionale è, invece, un evento che si verifica in un periodo di tempo diluito: si tratta, pertanto, di una causa "non violenta", connessa all'attività lavorativa, che provochi una compromissione dell'organismo.

Tra le malattie ad eziologia professionale si possono, inoltre, distinguere due macrogruppi: le malattie professionali, caratterizzate da una causa prevalentemente o esclusivamente occupazionale oppure ad eziologia multipla, ma con specifici indicatori strumentali o laboratoristici che permettano di

Data on occupational accidents and diseases reported and recognised by the national insurance agency for accidents and work-related illnesses show, in the last 10 years, a progressive decrease in the number of recognized injuries, especially mortal, and a increase in reports of occupational disease, whose percentage of recognition shows a progressive decline.

The decrease in the number of accidents is only partially related to the spread of the safety culture: in fact, the explanation of this trend also includes a progressive reduction in the number of hours worked, also due to the automation of production, the economic crisis and the relocation. Commuting accidents also decreased, albeit to a lesser extent.

The increase in the number of reports of occupational disease, on the other hand, is secondary to the attribution by the physicians and the working population of an ever-increasing number of multiple-etiology diseases to work-related causes.

In order to further reduce the number of accidents and occupational diseases the occupational physician should take on the role of a "global consultant" who, on the basis of specialized notions, collaborates with the technical company staff.

It is necessary that the healthcare professional collaborates to the implementation of systems for the accident management and investigation, and effectively orient the health surveillance: this goal can be achieved by using the risk assessment data in appropriate way and by executing the clinical investigations suggested by the available scientific evidence.

Keywords: Occupational Medicine, Health and Safety, Occupational Injuries, Commuting Accidents, Occupational Diseases, Health Surveillance, Risk Assessment.

Évolution du concept de OS&H de deuxième Après-guerre à aujourd'hui : du système prescriptif à L'Évaluation et Gestion des Risques en qualité du système – Le modèle développé en collaboration pour grands Installations. Évolution de Culture multidisciplinaire de Sécurité et Santé du travail OS&H.

La gestion de la Santé et de la Sécurité au travail est représentée par l'ensemble des mesures préventives et protectrices à prendre pour minimiser l'exposition des travailleurs à des risques pouvant entraîner l'apparition de maladies ou une augmentation du nombre d'accidents. Les données relatives à la plainte et à la reconnaissance des accidents et des maladies professionnelles à l'Agence nationale d'assurance contre les accidents et les maladies professionnelles montrent, au cours des dix dernières années, une diminution progressive du nombre de blessures reconnues, en particulier des accidents mortels. Augmentation des déclarations de maladies professionnelles, dont le pourcentage de reconnaissance montre un déclin progressif.

La baisse des accidents est imputable qu'en partie à la diffusion d'une culture de sécurité. Contribue, en fait, l'explication de cette tendance est aussi une réduction progressive du nombre d'heures travaillées, par rapport à des phénomènes tels que l'automatisation de la production, la crise économique et la délocalisation. Les accidents de blessures ont également diminué, mais dans une moindre mesure.

L'augmentation du nombre de demandes de maladies professionnelles, cependant, est l'attribution secondaire, par la population active et de la santé, un nombre croissant de maladies multiples étiologie à cause du travail.

Afin de réduire encore le nombre d'accidents et de maladies professionnelles est approprié que le médecin compétent pour se livrer à un « conseiller global » qui, sur la base des connaissances spécialisées, collaborer, au sein de leurs pouvoirs, avec des professionnels techniques présent dans les entreprises.

Dans le domaine de la sécurité, il est nécessaire que le professionnel de la santé coopèrent mise en œuvre des systèmes organisés pour la gestion des blessures, dans le domaine de la santé, cependant, il devrait guider efficacement la surveillance de la santé, grâce à l'interprétation correcte des données relatives à l'évaluation des risques spécifiques et à l'exécution des investigations cliniques suggérées par les preuves scientifiques disponibles et par les bonnes pratiques.

Mots clés: Médecine du Travail, Santé et Sécurité, Accident de Travail, Accident de Trajet, Maladies Professionnelles, Surveillance de la Santé, évaluation des risques.

individuare l'azione determinante dell'agente causale professionale, e le malattie correlate al lavoro, che hanno eziologia multipla, senza specifici indicatori strumentali o

laboratoristici per l'agente determinante (Fig. 1).

Le malattie correlate al lavoro, solitamente, pur colpendo tutta la popolazione, lavorativa e non, pre-

sentano un'incidenza significativamente più elevata in determinate categorie lavorative, in relazione ad un'esposizione professionale specifica.

I dati relativi alla denuncia e al riconoscimento di infortuni e di malattie professionali all'INAIL, l'ente assicurativo nazionale per gli infortuni e le malattie da lavoro, dimostrano, negli ultimi 10 anni [1] [2], un progressivo decremento del numero di infortuni riconosciuti, in particolar modo mortali (Tab. 1 e Fig. 2): questo dato appare in controtendenza con quello delle denunce di malattia professionale che, nello stesso periodo, ha mostrato un importante incremento (Fig. 3), soprattutto per quanto riguarda le patologie muscoloscheletriche (Tab. 2).

Questi dati impongono un'importante riflessione in merito all'andamento dei due fenomeni: per quanto concerne gli infortuni, infatti, il trend in diminuzione è attribuibile solo parzialmente ad una maggiore attenzione agli aspetti preventivi, di formazione e informazione e di diffusione della cultura della sicurezza, già riconducibili alla promulgazione del D.Lgs. 626/94. A spiegare tale fenomeno possono, infatti, concorrere anche altri fattori, principalmente riconducibili al decremento, negli ultimi anni, della forza lavoro, sia per la progressiva automatizzazione delle produzioni agricole e industriali, sia per il periodo di crisi economica, con conseguente riduzione della produzione, sia per fenomeno della delocalizzazione industriale. L'effetto comune di queste concause è stato quello di una riduzione del numero delle ore lavorate nei settori primario e secondario.

Il minor calo degli infortuni "in itinere" (Tab. 1, Fig. 4) rispetto a quelli totali giustifica, peraltro, la crescita pressoché costante dell'incidenza del rapporto percentuale tra i due tipi di evento (Fig. 5); lo stesso rapporto, invece, calcolato

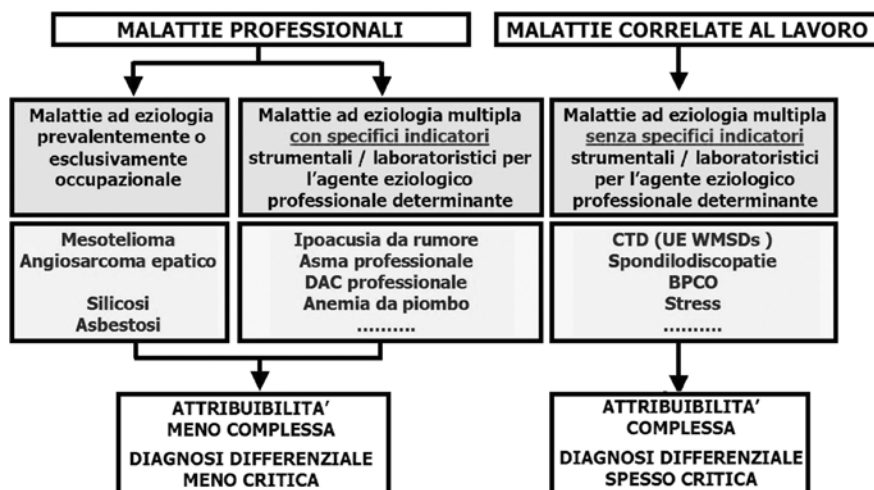


Fig. 1. Principali differenze tra malattie professionali e malattie correlate al lavoro.
Main differences between occupational diseases and work-related diseases.

sugli infortuni mortali, non mostra un *trend* univoco nel tempo (Fig. 6).

Per quanto concerne le malattie professionali l'aumento delle denunce all'istituto assicuratore non è indice di un peggioramento delle condizioni lavorative: suggerisce, semmai, una maggior sensibilizzazione sul tema da parte della popolazione lavorativa e sanitaria. Nell'ultimo decennio, infatti, si è osservato un netto incremento della denuncia di malattie correlate al lavoro, in cui il nesso causale risulta di complessa individuazione, come, ad esempio, i disturbi muscoloscheletrici a carico degli arti superiori, a discapito delle tradizionali patologie, quali ipoacusia e malattie neoplastiche, presenti nelle tabelle delle malattie professionali ex D.M. 9 aprile 2008 [3].

Anche per questo motivo la percentuale di patologie professionali riconosciute dall'istituto assicura-

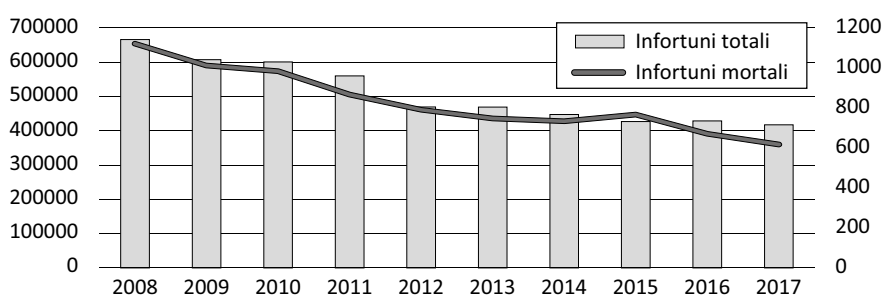


Fig. 2. Andamento degli infortuni totali e mortali nel decennio 2008-2017 (Scala sinistra: totali, scala destra: mortali).

Trends in total and mortal accidents in the 2008-2017 decade (left scale: total, right scale: mortal).

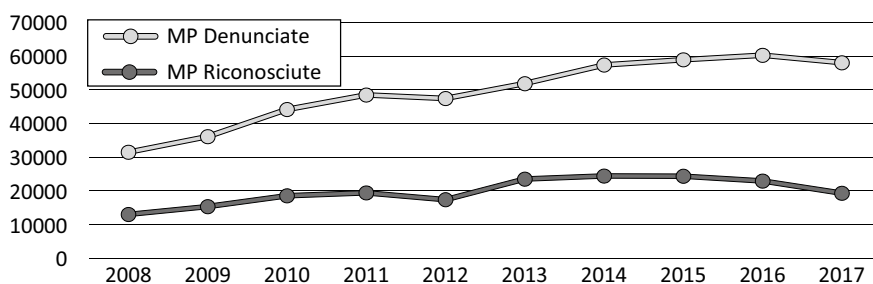


Fig. 3. Andamento delle malattie professionali denunciate e riconosciute nel decennio 2008-2017.

Trends in occupational diseases reported and recognized in the 2008-2017 decade.

Tab. 1 Infortuni totali, in itinere, mortali e mortali in itinere nel periodo 2008-2017 (Dati: * INAIL, Relazione Annuale del Presidente 2012 – Appendice Statistica [7]; ** INAIL, Relazione annuale del Presidente 2017 – Appendice Statistica [8]).

Total injuries, commuting accidents, mortal injuries and mortal commuting accidents in the period 2008-2017 (Source: *INAIL Relazione Annuale del Presidente 2012 - Appendice Statistica [7]; ** INAIL Relazione Annuale del Presidente 2017 - Appendice Statistica [8]).

Anno	2008*	2009*	2010*	2011*	2012*	2013**	2014**	2015**	2016**	2017**
Infortuni totali	665705	606873	600411	559504	469079	468669	447235	426639	428584	416986
Infortuni totali in itinere	83114	80835	80013	74574	67119	65892	62225	61106	63055	61989
Infortuni mortali	1120	1011	983	866	790	747	733	766	670	617
Infortuni mortali in itinere	299	283	233	234	201	209	190	195	180	167

si è giunti a 617 eventi mortali nel 2017. Ciononostante, i dati attuali sono da considerarsi comunque non accettabili nel loro complesso ed evidenziano la necessità di incrementare l'impegno nella diffusione della cultura della sicurezza.

È necessario, pertanto, che il Medico Competente, figura sanitaria che, ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., è incaricata di tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori partecipando alla valutazione dei rischi, elaborando e attuando

protocolli di sorveglianza sanitaria nelle aziende, assuma un ruolo di "consulente globale" che, sulla base di nozioni specialistiche, collabori, nell'ambito delle proprie competenze, con le figure professionali di tipo tecnico presenti nelle aziende.

Per quanto concerne l'aspetto della sicurezza è necessario che il professionista sanitario cooperi all'implementazione di sistemi organizzati per la gestione dell'infortunio. Oltre all'analisi dei singoli eventi infortunistici e dei *near misses*, eseguita in collaborazione con il personale afferente al Servizio di Prevenzione e Protezione, il Medico Competente può partecipare all'identificazione delle situazioni di maggior rischio infortunistico e, sulla base dei dati della Sorveglianza Sanitaria, può strutturare programmi di promozione della salute e di prevenzione di specifici rischi infortunistici, anche per quanto concerne l'ambito degli infortuni in itinere (ad esempio, una riduzione del rischio di addormentamento alla guida, prima causa di incidenti stradali, può essere ottenuta attraverso l'adozione di corretti stili di vita, adeguata igiene del sonno e l'identificazione e il trattamento dei lavoratori affetti da sindrome da apnee ostruttive del sonno).

Tra le possibili strategie per la riduzione degli infortuni, realizzabili grazie alla collaborazione tra i diversi attori della prevenzione in ambito aziendale, vi è l'adozione della metodologia Behavior Based Safety - BBS per lo studio del contesto lavorativo, quale insieme di comportamenti che concorrono al determinarsi di situazioni di rischio, e per l'adozione di adeguati accorgimenti comportamentali [4] [5].

In relazione all'ambito salute, invece, è opportuno ottimizzare le risorse, sia economiche, sia temporali, investite dall'azienda per identificare e prevenire quei rischi che concretamente possono cau-

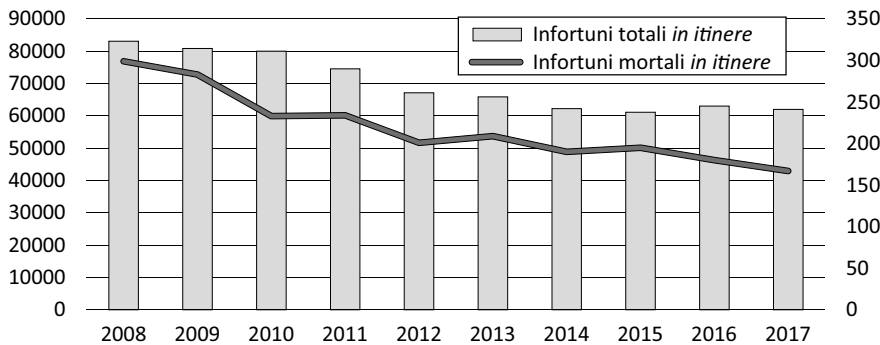


Fig. 4. Andamento degli infortuni in itinere nel decennio 2008-2017 (Scala sinistra: totali, scala destra: mortali).

Trends in total and mortal commuting accidents in the 2008-2017 decade (left scale: total, right scale: mortal).

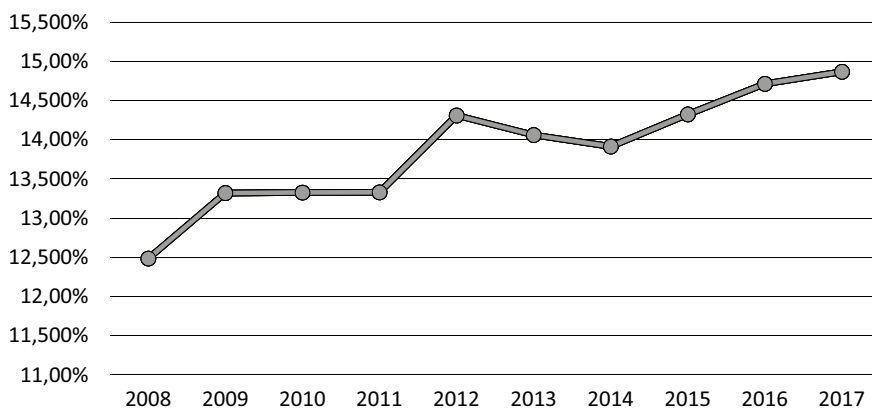


Fig. 5. Rapporto tra infortuni in itinere e totali nel decennio 2008-2017.

Ratio between commuting and total accidents in the 2008-2017 decade.

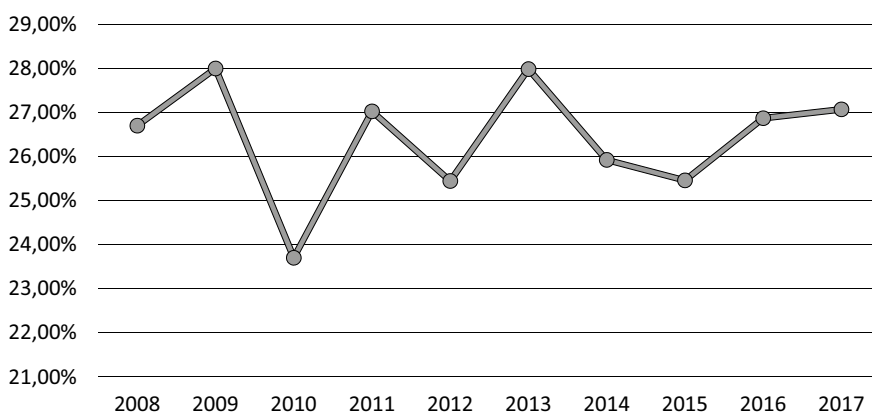


Fig. 6. Rapporto tra infortuni mortali in itinere e totali nel decennio 2008-2017.

Ratio between commuting mortal accidents and total accidents in the 2008-2017 decade.

Tab. 2 Malattie Professionali denunciate e riconosciute dall'INAIL nel periodo 2008-2017, analisi per settore ICD-10 nel periodo 2010-2017 (Dati: * INAIL, Relazione Annuale del Presidente 2012 – Appendice Statistica; ** INAIL, Relazione annuale del Presidente 2017 – Appendice Statistica).

Professional diseases reported and recognized by INAIL in the period 2008-2017, analysis by sector ICD-10 in the period 2010-2017. (Source: * INAIL, Relazione Annuale del Presidente 2012 – Appendice Statistica; ** INAIL, Relazione annuale del Presidente 2017 – Appendice Statistica).

Anno	2008*	2009*	2010*	2011*	2012*	2013**	2014**	2015**	2016**	2017**
M.P. denunciate	31473	36094	44154	48458	47417	51822	57370	58914	60248	58029
M.P. riconosciute	12996	15318	18536	19398	17384	23485	24399	24349	22908	19291
% di riconoscimento	41,3%	42,4%	42,0%	40,0%	36,7%	45,3%	42,5%	41,3%	38,0%	33,2%
Principali malattie professionali riconosciute (% sul numero di denunce) per settore ICD-10										
Malattie del sistema osteomuscolare e del tessuto connettivo (M00-M99)			9216 (46,1)	10422 (40,6)	10013 (37,6)	14043 (46,0)	15323 (43,1)	15879 (42,5)	14724 (38,1)	12683 (33,9)
Malattie del sistema nervoso (G00-G99)			3005 (61,8)	3328 (54,5)	2818 (49,3)	3610 (57,5)	3548 (52,5)	3418 (51,0)	3358 (47,4)	2786 (41,6)
Malattie dell'orecchio e dell'apofisi mastoide (H60-H95)			3103 (52,5)	2653 (45,3)	2060 (41,8)	2375 (46,8)	2253 (44,2)	2130 (41,1)	2064 (39,9)	1663 (34,1)
Malattie del sistema respiratorio (J00-J99)			1358 (41,7)	1319 (36,3)	1104 (33,6)	1627 (43,2)	1486 (42,3)	1303 (37,0)	1094 (33,7)	898 (29,8)
Tumori (C00-D48)			1147 (47,5)	1120 (41,9)	969 (38,0)	1306 (44,6)	1296 (42,9)	1177 (42,1)	1103 (39,6)	984 (36,8)
Malattie della cute e del tessuto sottocutaneo (L00-L99)			393 (58,4)	356 (53,1)	280 (47,6)	317 (59,6)	272 (48,7)	251 (47,8)	260 (52,4)	196 (49,1)

sare danno allo stato di salute e al benessere dei lavoratori.

Anche in questo caso è, dunque, fondamentale una fattiva collaborazione tra il personale tecnico, che si occupa dell'identificazione e della quantificazione dei singoli rischi e che trasmette le informazioni rilevate attraverso il Documento di Valutazione dei Rischi, e il personale sanitario, che interpreta le relazioni tecniche – la cui qualità si conferma dunque essenziale (v. e.g. [6]) – e le traduce in una quantificazione del rischio di malattia in relazione alle condizioni di salute e alle abilità residue dei singoli lavoratori.

La centralità del ruolo decisionale del Medico Competente è attestata dal passaggio da un sistema preventivo rigido, previsto dalla D.P.R. 303/56, con una sorveglianza sanitaria in cui la periodicità dei controlli era scandita automaticamente, all'attuale sistema, previsto dal D.Lgs. 81/08 e s.m.i., in cui è il professionista a valutare, caso per caso, i modi e le tempistiche degli accertamenti sanitari.

Nello svolgimento di questo compito, il Medico Competente può avvalersi, con approccio critico, dell'ausilio di linee guida, ai sensi dell'Art. 3 della L. 8 marzo 2017, n. 24: una corretta interpretazione dei dati relativi alla valutazione dei rischi specifici, unita all'esecuzione delle indagini cliniche suggerite dalle evidenze scientifiche disponibili e dalla buona pratica, rappresenta la miglior garanzia di tutela della salute dei lavoratori in relazione a quei rischi professionali non attualmente eliminabili con soluzioni tecnico-organizzative.

Bibliografia

- [1] <https://www.inail.it/cs/internet/docs/all-relazione-annuale-inail-2017-scheda-1-infortuni-mp.pdf>
- [2] https://www.inail.it/cs/internet/docs/rapportoannuale2012_relazionepresidente_appendi.pdf
- [3] Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Decreto 9 aprile

2008, Nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura. Gazzetta Ufficiale n 169 del 21 luglio 2008.

- [4] Choudhry, R.M. *Behavior-based safety on construction sites: a case study*. Accid Anal Prev. 2014 Sep;70:14-23. doi: 10.1016/j.aap.2014.03.007. Epub 2014 Mar 28.
- [5] Wang, X., Xing, Y., Luo, L., Yu, R., *Evaluating the effectiveness of Behavior-Based Safety education methods for commercial vehicle drivers*. Accid Anal Prev. 2018 Aug;117:114-120. doi: 10.1016/j.aap.2018.04.008. Epub 2018 Apr 23.
- [6] Bisio, P., Fargione, P., Maida, L., 2017. *Representativeness of the measurements results: a key issue for Occupational Risk Assessment and Management*. Discussion on air dispersed particulates, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 17(1), pp. 37-45, ISSN 1121-9041
- [7] https://www.inail.it/cs/internet/docs/rapportoannuale2012_relazionepresidente_appendi.pdf
- [8] <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-appendice-relazione-annuale-2017.pdf>

Industry 4.0: technologies and OS&H implications

The rapid spread of the Industry 4.0 technologies is deeply changing workplaces. In order to achieve the so-called Fourth Industrial Revolution, several open issues have to be faced, concerning technologies, enterprise organization and knowledge. Automation systems are already replacing men in manual, repetitive tasks: both shop-floor and office operations are experiencing this kind of transformation. Therefore, the role of human operators is shifting from manual work to knowledge work: people will be increasingly required to manage and exploit technologies by interacting with automation devices. In order to fulfill such requirements, operators will need to own appropriate knowledge and skills, enabling them to profitably understand the feedback data and take complex decisions to guarantee high performance levels for the enterprise. Obviously, this change cannot ignore the need to maintain and improve Occupational Safety and Health – OS&H conditions, whose assessment and management are entrusted to specific analyses of each production context.

The paper proposes some applications on innovative technologies involved in Industrial production scenarios, highlighting also how a different and tailored analysis on Occupational Safety and Health – OS&H aspects are essential to both ensure and preserve safety and health of workers in a continuous working environment changing.

Keywords: Industry 4.0, Collaborative robotics, Lean Manufacturing, new technologies, OS&H.

Industria 4.0: tecnologie e implicazioni sulla OS&H. La rapida diffusione delle tecnologie Industria 4.0 sta cambiando profondamente il luogo di lavoro. Per raggiungere la cosiddetta "Quarta Rivoluzione Industriale", devono essere affrontati diversi problemi aperti riguardanti tecnologie, organizzazione aziendale e conoscenza. I sistemi di automazione stanno già sostituendo gli uomini in attività manuali e ripetitive: sia le operazioni in officina che quelle in ufficio stanno vivendo questo tipo di trasformazione. Di conseguenza, il ruolo degli operatori umani si sta spostando dal lavoro manuale al lavoro di conoscenza: le persone saranno sempre più richieste per gestire e sfruttare le tecnologie interagendo con i dispositivi di automazione. Al fine di soddisfare tali requisiti, gli operatori dovranno possedere conoscenze e competenze appropriate, consentendo loro di comprendere proficuamente i dati di feedback e prendere decisioni complesse per garantire livelli di prestazioni elevati per l'impresa. Ovviamente questo cambiamento non può prescindere dall'esigenza del mantenimento e del miglioramento delle condizioni di Sicurezza e Salute del lavoro la cui valutazione e gestione sono demandati ad analisi dedicate di ogni contesto produttivo.

Il documento propone alcune applicazioni su tecnologie innovative coinvolte in scenari di produzione industriale evidenziando anche come un'analisi diversificata e dedicata in materia di sicurezza e salute del lavoro – OS&H siano essenziali per garantire e preservare la sicurezza e la salute dei lavoratori in un ambiente produttivo in costante cambiamento.

Parole chiave: Industria 4.0, Robotica collaborativa, Lean Manufacturing, Sicurezza e Salute del lavoro.

Industrie 4.0: technologies et implications sur OS&H. La diffusion rapide des technologies de l'industrie 4.0 modifie profondément le lieu de travail. Pour réaliser la "quatrième révolution industrielle", plusieurs problèmes concernant la technologie, l'organisation des entreprises et les connaissances ont été résolus. Les systèmes d'automatisation remplacent déjà les hommes dans des tâches manuelles et répétitives: l'atelier et les opérations de bureau connaissent ce type de transformation. En conséquence, le rôle des opérateurs humains passe du travail manuel au travail de la connaissance: les personnes seront de plus en plus obligées de gérer et d'exploiter les technologies interagissant avec les automates. Pour répondre à ces exigences, les opérateurs doivent posséder des connaissances et des compétences appropriées leur permettant de comprendre les données de retour de manière rentable et de prendre des décisions complexes pour garantir des niveaux de performance élevés à l'entreprise.

Paolo Chiabert*
Gianluca D'Antonio*
Luisa Maida**

* Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione, DIGEP, Politecnico di Torino

** Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, DIATI, Politecnico di Torino

1. Smart factory: the how and the why management's role changes

In a scenario characterized by increasingly aggressive international competition, small and medium-sized enterprises – SMEs – found themselves having to look for solutions to maintain a good level of competitiveness.

While many SMEs have decided to relocate production to countries with lower factor costs, other companies, on the contrary, have sought an internal response, questioning their organizational logic with a view to lean thinking. The Lean thinking is a new philosophy arisen from the Toyota Production System and defined in the 1990s as an approach supporting people development and continuous process improvement aimed to create value and growth with the minimum possible resources.

Womack, Jones e Roos, (1991) coined the term "Lean thinking" to make reference to a managerial model aimed at optimizing the company organization to obtain more and more using less and less resources: less human effort, less time, less space, less equipment and materials.

Move on to common management strategies to a Lean Management of the Company implies

Evidemment, ce changement ne peut ignorer la nécessité de maintenir et d'améliorer les conditions de santé et de sécurité sur le lieu de travail, dont l'évaluation et la gestion sont confiées à des analyses spécifiques de chaque contexte de production.

Le document propose des applications sur les technologies innovantes impliquées dans les scénarios de production industrielle, soulignant également comment une analyse diversifiée et dédiée sur la sécurité et la santé au travail - OS&H est essentielle pour garantir et préserver la sécurité et la santé des travailleurs dans un environnement productif en constante évolution.

Mots clé: Industrie 4.0, robotique collaborative, Lean Manufacturing, Sécurité et Santé du travail.

a profound change in the way of thinking and acting at different levels, from top management to workers, aligning the entire company organization on common projects and targets. Understanding the principles and applying them is not immediate: it is essential to analyze and mapping the flows of value, identifying the critical issues and setting up an operational action plan in the light of a continuous improvement.

This approach is often illustrated with the House of Lean (Fig. 1) showing key principles and how they work together as a complete system.

Management plays a very important role in the process and the presence of a close-knit leadership is a factor of success: the benefits of lean implementation in the organization are obtained only through an in depth analysis and a continuous revision of the system (Chiabert and D'antonio, 2018).

The Lean thinking allows organizing and managing an Organization on the base of a preliminary strategy based on the answer to three main questions:

1. *What problem are we trying to solve?*: it is essential to focus the Organization Commitment in order to achieve the targets as productivity increases, greater willingness to pay on the part of the customer and the reduction of operational and financial risks;
2. *How will we improve the work?*: this is the challenging task with the target to identify a set of

methods, techniques and tools aimed at optimization of materials and information management activities within a productive context;

3. *How will we develop the people?*: the full involvement of workers and operators is of pivotal importance to work within a framework of quality standards, principles, policies and guidelines, promoting training and capacity – building activities of the Organization.

The difficulty in implementing lean derives from the fact that there is no pre-established model or schemes to adapt mechanically but the principles must be adapted to the reference Company context.

Given the complexity of the revolution process, companies en-

counter many difficulties and the probability of failure is high. The time needed to implement Lean transformation varies above all according to the Organization's Commitment: the benefits of work can be obtained in a few months, but the extension of positive performances to the entire Company is achieved only after a few years.

The management must not be in a hurry to obtain the results, but it will be necessary to "focus the attention and the efforts first on the processes and then on the results.

This passage will allow starting the change of culture and preparing the employees to face the great future transformations: the new philosophy will have to become an integral part of the processes.

2. Smart factory: how changes the view of the work(place) and operators' role

The current trend of automation and data exchange in manufacturing technologies includes

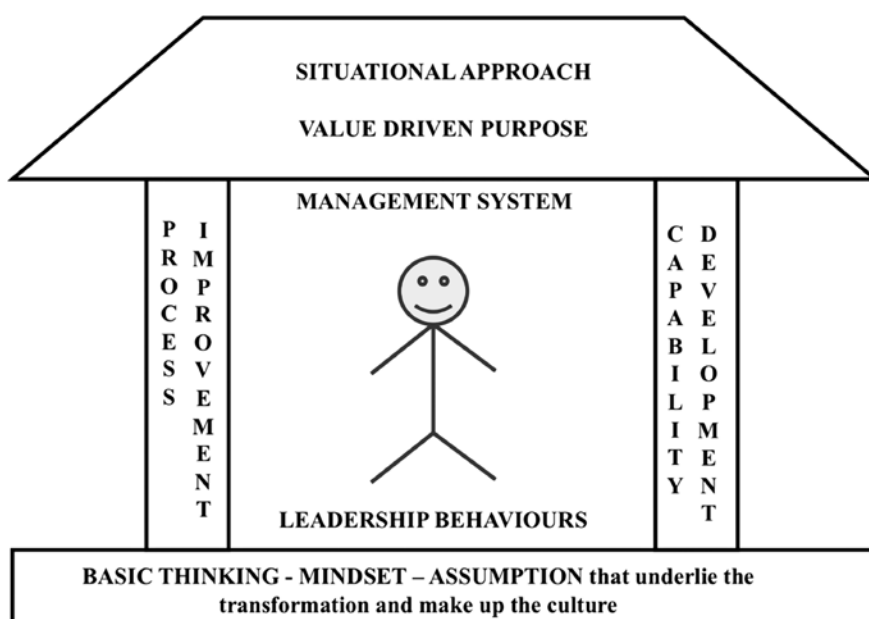


Fig. 1. House of Lean.
La casa del Lean.

integrated cyber-physical systems (i.e. cloud computing, and cognitive computing) supporting the companies in production and information management. The enabling technologies involved are designed and constructed to meet the main principles of Industry 4.0 scenarios:

- *Interoperability*: machines, devices, sensors, and people can collaborate and /or cooperate as a synergistic system;
- *Information sharing*: information systems are able to create a virtual copy of the physical world sharing output and feedback about processes in real time;
- *Technical facilitation*: assistance systems have a double role: first, they support humans for making informed decisions and solving urgent problems on short notice; second, they have also the physical ability to support humans by performing a range of tasks that are unpleasant, too exhausting, or unsafe for their human co-workers;
- *Decentralized decision power*: systems make possible decisions on their own carrying out their tasks as autonomously as possible. Only in the case of exceptions, interferences, or conflicting goals, the tasks are delegated to a higher level.

This change in the working environment – obviously affecting the production process – solves two typical problem of common activities:

- *Department separation*: Industry 4.0 is breaking down the typical discretization of line production in the different departments (from the entry of raw materials to the quality control of the final product) within a production system. Employees are able to work in different location but with real-time data of every step of production when they need it, bringing departments closer together. Such

data might include preliminary information about the status of a project, updates on a partner's requirements, or equipment maintenance schedules.

- *Customized production*: this is new age of an inversion of normal manufacturing. Manufacturers want to put their customers first, combining personalized manufacturing with the fast on-time delivery expectations of consumers. Intelligent and integrated systems play a pivotal role for delivering instructions to machines about specific customer orders as they progress along the production line.

This revolution implies scenarios that could become a “barrier” for a complete factory evolution, and insiders seem to be inclined to underestimate the implication of the reorganization of the operator's role and the related scale of the impact on those concerned. The operator continues to be functional for the production, but his role is shifted into another level because his tasks, his responsibilities, his skills and competences have to comply with the needs of the production. The main problem concerns the widespread lack of awareness of the leadership about using a 4.0 framework able to translate the global Vision into something that workers care about, encouraging a passive resistance to the transition. This is also due to the belief that their company will leave them because while the industry changes they are not getting a chance to follow newer technologies. Furthermore, the ageing of working population makes it necessary to re-evaluate the correlation between OS&H, work and job productivity by assessing the impact of the working life extension and the increasing number of workers affected by illness or disability. Recent studies are dealing with the assessment of how tech-

nical and technological changes can affect the response of workers, to the new workload from an ergonomic and psychological point of view. However, the nature of the problem is systemic: nowadays the major challenge is meeting all workforce generation needs: with an increasing number of older workers in the workplace is essential to take care about aspects such as eyesight, mobility, interactions, etc. together with the emerging importance of environmental and green design. Hence, the 4.0 revolution has to be global including Vision, OS&H, environmental and energy saving aspects in order to create a workplace for everyone, without physical and social barriers.

2. New technologies vs OSH aspects

Besides the workplaces, transformations are also undergoing in the way people are used to work, and safety management in industrial contexts needs to be updated as well.

Since, the cornerstones of European Directives on the protection and the improvement of Safety and Health at work (89/391 EEC and 89/392EEC, today 42/2006/CE) are still in force, the principia of Prevention through Design and System Quality Management have to be integrated both in the design and the management of working environment and new technologies involved by the development of Industry 4.0 innovations.

Among the enabling technologies of the Industry 4.0 paradigm, autonomous and cooperating industrial robots are playing a key role. Modern robots can be equipped with a variety of sensors to increase their awareness on the surrounding environment and to detect people close to the operative area.

This increased robot awareness enabled to lower the need of physical barriers: up to a few years ago, cages had to be installed around the robot to preserve the operators' safety. Cages had a twofold role. First, they enabled spatial separation: human operators and robots could be active at the same time in the shop-floor, with the cage sharply delimiting the space areas that could be used by each of them. Second, cages enabled temporal separation. The robot area, of course, could be accessed by operators, but the robot had to stop for safety reasons. Therefore, within the robot cell either the human or the robot could be active; they could not work at the same time in the same area. To fulfill with these requirement, appropriate sensors had to be installed in order to stop the robot operations as soon as the gate was opened (i.e. when a person was to enter the cage) (Unhelkar *et al.*, 2014).

The integration of sensors with-

in the robot and the development of advanced control systems led to novel paradigms for human-robot interaction: new safety standards for the application of industrial robots have been set in the specific standard (ISO 10218:2011). This standard defined collaboration as the "state in which purposely designed robots work in direct cooperation with a human within a defined workspace". Different kinds of collaborations can be defined (as shown in figure 2, and each of them is provided with appropriate rules for risk reduction in the design phase:

- Safety-rated monitored stop, e.g. when the operator has to load parts or to set the workstation; in this case, no robot motion is allowed when the operator is in the workspace. As risk reduction measure is essential, the collaboration is limited with a robot in a standstill position whenever a worker is in collaborative workspace. Power is still

enabled and the robot is ready to resume its activity.

- Hand guiding, e.g. when the device needs to be assisted or to coordinate manual and partially automated tasks; here, the robot motion can take place only through direct input of operator, and no active decisions are taken by the control system.
- Speed and separation monitoring, e.g. when the operator enters the workspace to replenish parts containers far enough from the robot; the robot cell must be equipped with sensors to detect human position, and is allowed to move (at a reduced speed) only when the mutual distance is higher than a given threshold. The minimum separation distance between worker and robot in collaborative workspace must also take into account the robot braking distance.
- Power and force limiting by inherent design or control; the robot itself must be equipped with sensors to detect contacts. When a contact is detected, the robot has to limit the applied force.

Robots compliant with the ISO 10218:2011 standard are flexible automation systems capable of reconfiguration in case of human proximity, but do not allow yet the temporary and spatial cooperation with operators. A step forward has been made by the standard on collaborative industrial robot systems and the work environment (ISO/TS 15066:2016). This document defined the requirements for human-robot cooperation through the following underlying idea: "Why a human-robot contact should be avoided if the result is no harm to the human?". The idea of cooperation must also take into account human factors: for example, when a contact – that is initially without pain or injury – becomes painful or no longer acceptable.

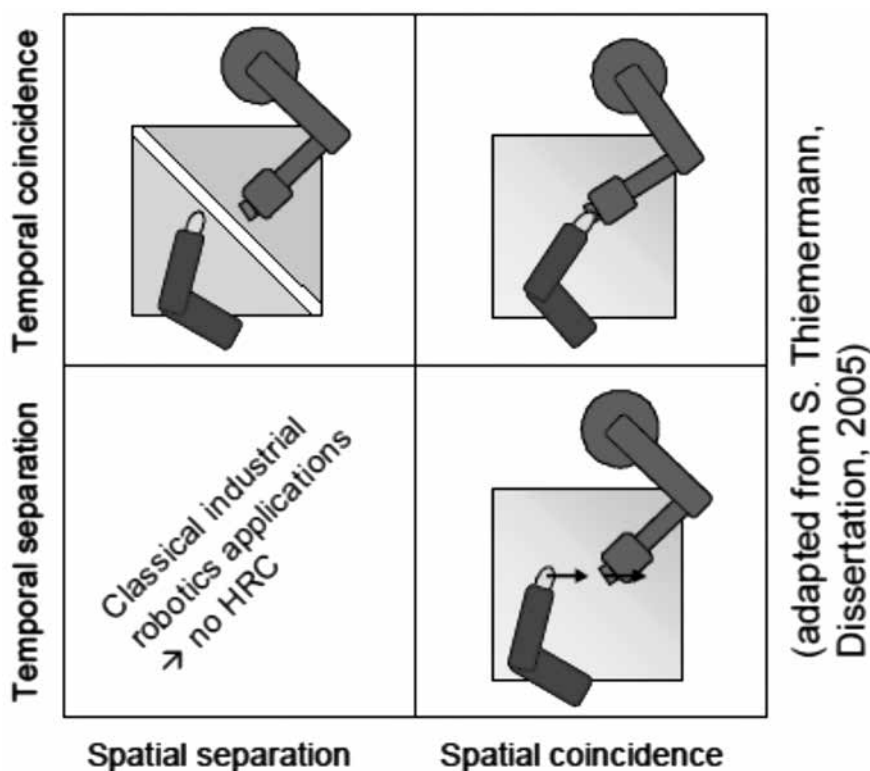


Fig. 2. Classification of human-robot cooperation (from S.Thiememann, dissertation, 2005).
Classificazione della cooperazione uomo-robot (da tesi S.Thiememann, 2005).

Further, the contact severity that can be accepted varies according to the involved body portion.

The possibility of exploiting both temporal and spatial cooperation promotes novel applications for robotics: besides being an automation system, collaborative robots can be used to support operators in reducing the complexity of their duties. Tasks can be shared, as well as the robot can be used to move heavy loads or pick the components necessary for the process – even from remote positions – and place them in a golden area for the operator. These applications can highly enhance the operators' safety and ergonomics, nonetheless the adoption of a collaborative robot does not ensure that the application is collaborative as well. The collaborative workspace is defined in the ISO/TS 15066:2016 as the “space within the operating space where the robot system (including the workpiece) and a human can perform tasks concurrently during production operation”. Therefore, a collaborative robot handling dangerous materials or equipped with a tool unable to preserve operators' safe-

ty leads to a non-collaborative operation.

Collaborative robotics is impacting processes (mainly, assembly processes) as well as logistics. In the last 30 years, great efforts have been spent in the development of Automated Guided Vehicles – AGV. Different technologies have been developed over time for vehicles guidance: initially, AGVs were used to travel on fixed paths. Magnetic sensors under the factory floor or colored bands glued on the ground were used to drive the vehicles. More recently, technologies for free navigation have approached the market: such AGVs are capable to map the available space and to autonomously choose the best route to achieve the targeted destination. The shop-floor portion traveled by the AGVs is of course shared with human operators; therefore, appropriate sensors for risk prevention and safe navigation must be adopted. AGVs are usually equipped with a laser scanner sensor capable to detect obstacles on the path to be traveled. In case the path is not free, the AGV reduces its speed

or stops and evaluates whether a different path may be convenient. Passive devices for risk mitigation are also adopted: audio beeper in motion, flashing lights, emergency stop button are adopted and, in some cases, bumpers are also used (Ullrich, 2015).

The interest in wearable robotics is also increasing: they mainly consist in wearable suits (either powered or unpowered) fitted with motorized muscles to multiply the wearer's strength (Fig. 3).

Such devices are increasingly adopted in manufacturing and construction industries, although not yet widespread. They enable to augment human motion and allow for more lifting strength and for improved production on repetitive tasks like squatting, bending, or walking. The workers wearing the suits will also be less prone to severe injuries from accidents or overwork. Besides this, exoskeletons may also provide an ergonomic support to reduce fatigue of workers that have to adopt uncomfortable postures for a long time (Kong *et al.*, 2018).

In order to identify the poten-



Fig. 3. Examples of exoskeletons supporting operators' ergonomics. Source: www.asme.org.
Esempi di esoscheletri che supportano l'ergonomia degli operatori.

tial occurrence of hazardous situations it is necessary to analyze the tasks that are to be carried out by operators of the robot system and its associated equipment. The integrator shall identify and document these tasks. The user shall be consulted to ensure that all reasonably foreseeable hazardous situations (task and hazard combinations) associated with the robot cell are identified, including also indirect interference (e.g. workers having no tasks associated with the system but having exposure to hazards associated with the system) in terms of volume and influence interferences (Labagnara *et al.*, 2016).

On this matter, it cannot be underestimated the inherent differences between operational characteristic of robots from other equipment. For example, robot are able to apply high energy movements through a large operating space, and these movements can vary, so it is difficult to predict different movements due to the change of operational requirements. The scenario can be more complicated by the potential interaction of more than one robot whose operational spaces overlap each other's.

4. Conclusions

Industry 4.0 has led to profound changes in the way people work. The most demanding task, however, is entrusted technologies man-

agement that requires a different approach for OS&H aspects.

Different problem is the evolution of the role of the operator that for youngsters is almost natural and intuitive, far from the workers almost retired, to those who are re-inserted as a result of job changes or even worse for workers with disabilities.

The robot is simply a component of a chain of collaborative robot systems. It is not enough for a safe collaborative operation. These applications are dynamic and will be determined by the risk assessment during the application system design. The crucial piece is the cooperation between Management and workers and the dissemination of the Culture of Safety at all level, in order to drive the continuous industrial change with a gradual process.

References

- D'Antonio G., Chiabert P., 2018. *How to manage people underutilization in an Industry 4.0 environment?* 15th International Conference on Product Lifecycle Management, Torino, Italy, 2018.
- Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on Machinery
- European Economic Community, 1989. *Directive 89/391/EEC* on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. Luxembourg
- European Commission, 2006,

- Kong, X., Luo, H., Huang, G., Yang, X., 2018. *Industrial wearable system: the human-centric empowering technology in Industry 4.0*. Journal of Intelligent Manufacturing, pp. 1-17, 2018.
- Labagnara, D., Maida, L., Patrucco, M., Sorlini, A., 2016. *Analysis and management of spatial interferences: a valuable tool for operations efficiency and safety*", GEAM 16(3), pp. 35-43, ISSN 1121-9041
- Osada, T., 1991. *The 5S's: Five keys to a Total Quality Environment*. Asian Productivity Organization.
- Unhelkar, V., Siu, H., Shah J., 2014. *Comparative performance of human and mobile robotic assistants in collaborative fetch-and-deliver tasks*. ACM/IEEE International Conference on Human-Robot interaction, Bielefeld, Germany, 2014.
- Ullrich, G., 2015. *Automated Guided Vehicle Systems. A Primer with Practical Applications*, Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Reference to technical standards

- ISO 10218, 2011. *Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots*, Geneva, Switzerland.
- ISO/TS 15066, 2016. *Robots and robotic devices – Collaborative robots*, Geneva, Switzerland.

References to websites

- www.asme.org, The American Society of Mechanical Engineers, accessed 15.07.2018

Evolution of safety in industry 4.0: future opportunities adopting resilience and antifragility engineering and virtual and augmented reality

Alberto Martinetti*
Leo A.M. van Dongen**

* University of Twente, Netherlands

** University of Twente, Netherlands
and Netherlands Railways

The paper offers a reflection on the evolution of Occupational Safety approaches through the ages until the Industry 4.0. A brief overview on the constant increase of the system complexity is discussed to introduce the problem. Later, the study shows how Safety can be approached in different ways discussing pros and cons. Then, the paper proposes two applications of Virtual Reality and Augmented Reality as new tools for addressing safety issues in Industry 4.0. Finally, some reflections and suggestions are pinpointed.

Keywords: Occupational Safety, Resilience Engineering, Antifragility Engineering, Industry 4.0, Virtual Reality, Augmented Reality.

Evoluzione della sicurezza nell'industria 4.0: opportunità future tra ingegneria della resilienza e dell'antifragilità e realtà virtuale ed aumentata. Il lavoro offre una riflessione sull'evoluzione degli approcci di Sicurezza Occupazionale adottati fino alla recente Industria 4.0. Un breve quadro d'insieme riguardo al costante aumento della complessità sistemica è offerto per introdurre il problema. Successivamente lo studio discute come tale complessità possa essere gestita attraverso nuovi approcci evidenziando benefici e svantaggi. Alcune applicazioni di Realtà Virtuale e Realtà Aumentata sono presentate come possibili strumenti per migliorare la sicurezza nell'Industria 4.0. Infine una riflessione e qualche suggerimento su come utilizzare gli strumenti citati sono proposti.

Parole chiave: sicurezza occupazionale, ingegneria della resilienza, ingegneria dell'antifragilità, industria 4.0, realtà virtuale, realtà aumentata.

Evolution de la sécurité au travail dans l'industrie 4.0: opportunités futures en intégrant l'ingénierie de la résilience et de l'antifragilité et la réalité virtuelle et augmentée. Auteurs offrent une réflexion sur l'évolution des approches de la sécurité au travail adoptées jusqu'à la récente Industrie 4.0. Un bref aperçu de l'augmentation constante de la complexité systémique est proposé pour introduire le problème. Par la suite, l'étude examine comment cette complexité peut être gérée par de nouvelles approches, en mettant en évidence les avantages et les inconvénients. Certaines applications de réalité virtuelle et de réalité augmentée sont présentées comme des outils possibles pour améliorer la sécurité dans l'Industrie 4.0. Enfin, une réflexion et des suggestions sur l'utilisation des outils mentionnés sont proposées.

Mots clé: sécurité au travail, ingénierie de la résilience, ingénierie de l'antifragilité, industrie 4.0, réalité virtuelle, réalité augmentée.

1. Introduction

1.1. Industry Evolution

The constant technology development offers the opportunity to the Industry to progress through the ages. This progress undoubtedly brings positive consequences but also many challenges to face,

especially in terms of safety and reliability.

Figure 1 resumes how the Industry evolved since the 18th century. According to some specific ground-breaking progresses, it is possible to identify four well-known steps in the industry evolution that generated societal revolutions:

- Mechanization and introduction of steam power (Industry 1.0);
- Mass production and assembly line (Industry 2.0);
- Digitalization and automation (Industry 3.0);
- Cyber Physical Systems and Internet of Things (Industry 4.0).

Nowadays, the industry is experiencing the very first effects of Industry 4.0 and Cyber-Physical Systems – CPS. As described by Lasi *et al.* (2014), Industry 4.0 is a general term to include a quite broad variety of concepts and new applications: from equipping machines with sensors to merging physical and digital levels for improving system performance, from decentralizing manufacturing to empowering human tasks adopting virtual and augmented reality solutions.

1.2. Increase of System Complexity

As result of the Industry evolution through the centuries, System Complexity is exponentially increased. As mentioned by Martinetti *et al.* (2017), this phenomenon can be observed at different levels (Fig. 2):

- at system of systems level. The infrastructures (i.e. urban metro lines) become larger and with more stations. It is no longer feasible to rely only on risk analysis based to identify what could go wrong.
- at system level. The number of components of a single machine

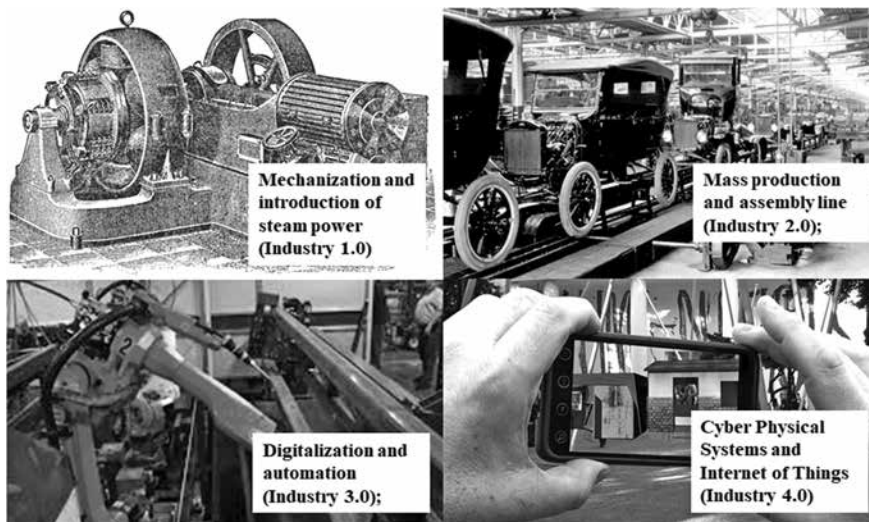


Fig. 1. Industrial Revolutions.
Rivoluzioni Industriali.

(i.e. tractor) moved from around 1800 components (1940) to more than 3500 nowadays. An increase of almost 100% in terms of components.

The mentioned complexity increase is partly related to a high

interaction between mechanical, electronic and IT components. On one hand, this innovation brought several advantages (i.e. real time monitoring with sensors), but on the other hand it has also created concerns regarding the reliability

of the all system. Coming back to the evolution of the “tractor”, a study conducted by Kecicioglu (2002) highlighted that, assuming an average component reliability of 99.99%, the tractor reliability (calculated on failures per year/1000 tractors) has been reduced of around 15% from 1940 to 1990. The relevant connection between need for simplicity, the number of components and reliability is also well pinpointed by the approach used for designing and building the aircraft Boeing 747 and the spacecraft Mariner/Mars 1964: 4.500.000 vs 138.000 components (Martinetti *et al.*, 2017). I highlight how important is the reduction of parts in critical scenarios.

2. Safety Approach Evolution: towards a more strategic approach

As suggested by several researches (Levenson, 2012; Mannan *et al.*, 2016), the Industry evolution forces engineers and professionals to consider new solutions in terms of safety to face challenges brought by technological innovations. As mentioned in the introduction, approaches only based on risk analysis to investigate possible faults are not sufficient to guarantee a full prediction of the behaviour of the system. Looking at how complexity is evolving, probably, striving for reaching this goal it is not a feasible way.

Tracking the evolution of Safety approaches, as proposed by Pillay (2015) and modified by Martinetti *et al.* (2018a), interesting developments can be identified.

The history line of Safety can be roughly divided in three main Eras (1920-1960, 1960-2000, 2000-present) characterised by specific mind-sets and objectives regarding risk reduction.

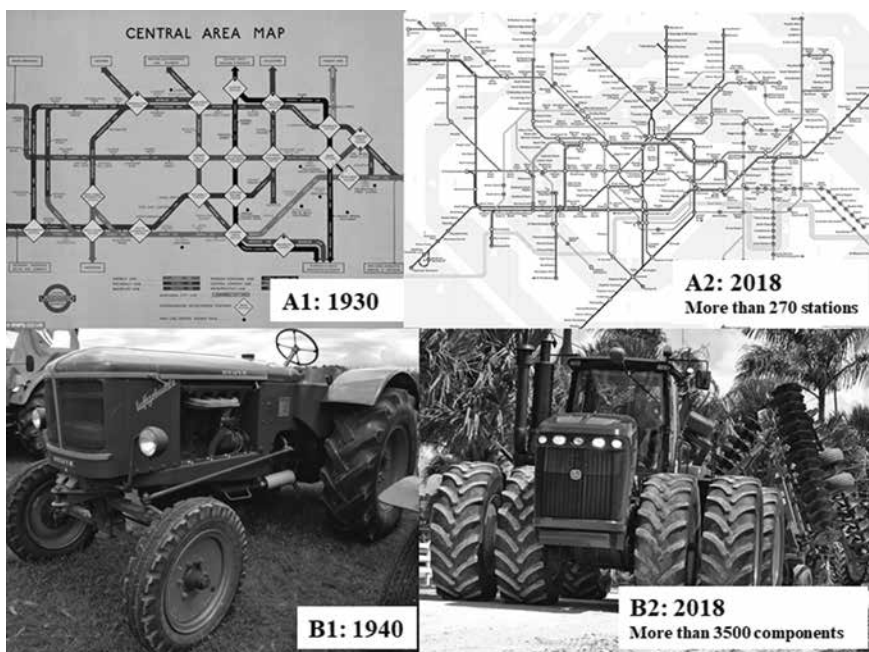


Fig. 2. Evolution of system complexity at different levels: A1 and A2 (Daily Mail, 2012) show the complexity increase in the London Metrolines System according to the number of stations. B1 and B2 show the complexity increase in tractors according to the number of components.

Evoluzione della complessità sistemica a differenti livelli: A1 e A2 (Daily Mail, 2012) mostrano l'aumento di complessità nella metropolitana di Londra in numero di stazioni. B1 e B2 mostrano l'aumento di complessità nelle macchine agricole in numero di componenti.

In the first Era, risk analysts focused their attention to understand how the system could fail from both technology and human behaviour perspectives. It is called "Safety I" Era.

In the second Era, with the introduction of so-called "Advanced Approaches", the focus has been oriented to understand the socio-technical and cultural complexity of a system, trying to emphasize the successful parts in order to learn from them. It is called "Safety II" Era. Understanding and getting benefit from what goes right.

However, a big change in approaching Occupational Safety (and more in general risk analysis) has been done with the studies performed by Hollnagel *et al.* (2006) shaping the concept of Resilience Engineering in the context of risk analysis and safety and by Taleb (2012) proposing the concept of Antifragility. If Resilience Engineering aims to build systems able to face unexpected events (robustness), Antifragility proposes to create systems not only able to resist, but also to gain from disorders, learning from failures and hazards. These innovative approaches undoubtedly will change the way to think about Safety, initiating the third Era marked by "Sophisticated Approaches"; the complexity of the systems (or of the system of systems), emphasised by Industry 4.0 and machine learning solutions, is fuelling the rapid diffusion of Resilience and Antifragility Engineering.

3. Industry 4.0 solutions for improving Occupational Safety in training and operations

As pinpointed by Gorecky *et al.* (2014) and by Zhou *et al.* (2015)

the Industry 4.0 brought several options for improving the human-machine interaction. Interfaces as Virtual Reality and Augmented Reality give the opportunity to workers to safely experience reaction of the CPS and to constantly be assisted and empowered by virtual objects.

The introduction of Virtual Reality, especially for training purposes and Augmented Reality, especially for operations, offer the opportunity to partially compensate for lack of specialised personnel and the distance between skilled personnel and product.

1.1. Virtual Reality in Rolling Stock Maintenance

The already mentioned complexity of the new systems, the increasing of asset variety and time constraints at the same time reduce the available time for a proper information, formation and training of the personnel and increase the number of information to remember. To tackle these issues some studies are already been carried on in different industrial sectors showing promising results.

Martinetti *et al.* (2018b) successfully created and tested a

Virtual Reality environment for the training of rolling stock maintenance technicians (Fig. 3). The 29 task procedure has been used to train technicians for correctly maintaining new rolling stocks. As stated: *"when correctly designed, the technician can train and study components of trains without the need for the asset, classrooms, or practice instructors. A complete virtual learning system can instruct and evaluate the technicians"*.

1.2 Augmented Reality for maintenance solutions

If Virtual Reality offers great benefits during the training of workers, the Augmented Reality offers several options when you need to increase the operator flexibility, to reduce operation time and to reduce errors in routine operations. Schiphorst (2018) has tested some valuable solutions (Fig. 4).

The development and testing of the prototypes verified that the system has high potential; however, it is questionable if the industries (and the employees) are ready for such a drastic change. There is a considerable difference between working from a paper manual and

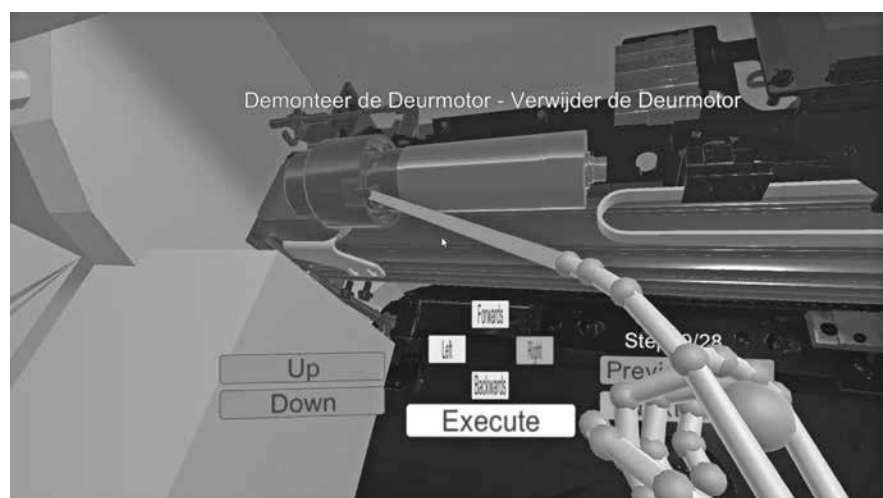


Fig. 3. Virtual Reality training environment (Martinetti *et al.*, 2018b).
Ambiente a Realtà Virtuale (Martinetti *et al.*, 2018b).

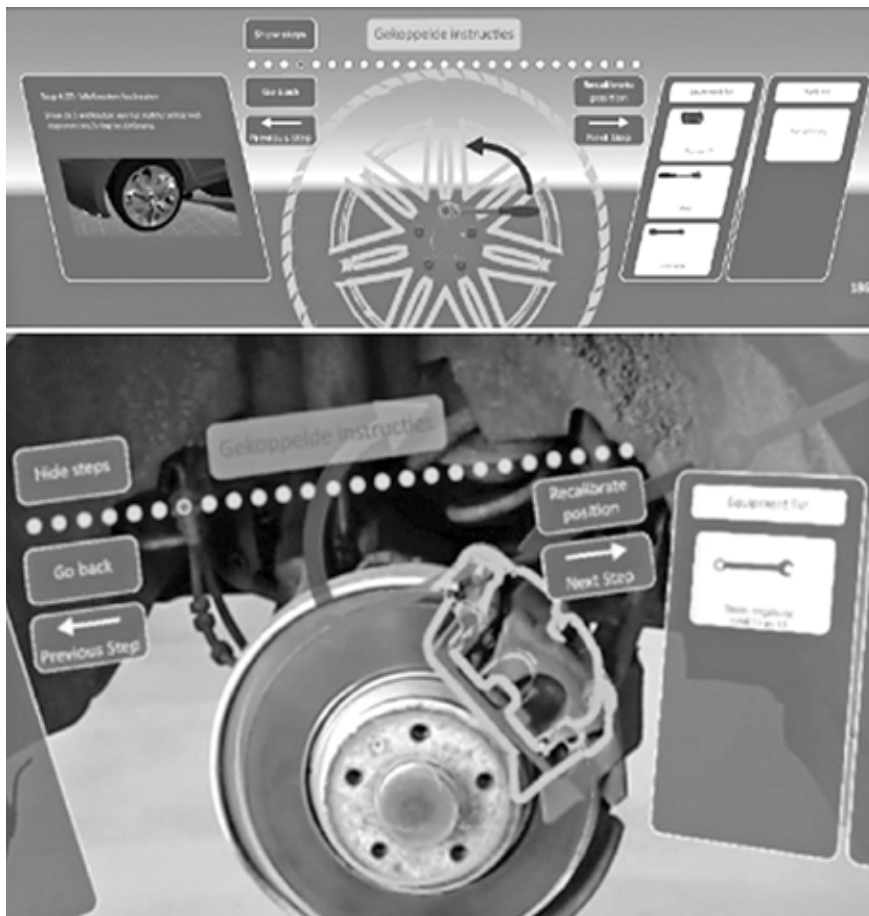


Fig. 4. Augmented Reality solutions for replacing brake pads (Schiphorst, 2018).
Realtà Aumentata come supporto per la sostituzione di pastiglie di freni a disco (Schiphorst, 2018).

working with holographic support from a cognitive perspective. It is interesting to mention that, according to the surveys provided during the research, the age of the workers is not always considered as a limitation. Otherwise, the trust that the workers need to place in the digital system can represent an obstacle to the deployment of this technology on the workplace; especially, when misunderstandings or mistakes can have drastic consequences.

4. Conclusions

Even if the novel approaches (Resilience and Antifragility Engineering) are very promising in terms of safety level improvements, they

have still some limitations that have to be taken into account.

Firstly, they need to be applied at a strategic and organizational level (system of systems) before than component-machine level (system) to provide better results. The implementation at a strategic level can offer a more heterogeneous benefit over all the system. A working solution on a component-machine level can be really interesting nevertheless, according to the authors experiences, it tackles a limited number of possible problems and it should be taken into account only after implementations at strategic level.

Secondly, the application of Virtual and Augmented Reality is, as said, one of the key points for the migration to an Industry 4.0 scenario. However, those in-

novative technological tools need to be applied firstly to the most critical situations, correctly identified by a thorough risk analysis. An incorrect evaluation of the most urgent problems could lead to unsatisfactory results in terms of risk reduction and to useless investments.

Finally, companies (and engineers and professionals as well) need to be prepared with adequate infrastructures and departments to support the ongoing changes both in technology and safety sides.

References

- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., Zuhlke, D., 2014. *Human-machine-interaction in the industry 4.0 era*, in *Industrial Informatics (INDIN)*, 12th IEEE International Conference on. IEEE, pp. 289-294. DOI: 10.1109/INDIN.2014.6945523
- Hollnagel, E., Woods, D.D. & Leveson, N.C. (Eds.), 2006. *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Kececioğlu, D., 2002. *Reliability Engineering Handbook*, Volume 1, Pennsylvania. ISBN: 1-932078-00-2.
- Lasi, H., Kemper, H.-G., Fottke, P., Feld, T., Hoffmann, M., 2014. *Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering*, Vol. 4. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.
- Leveson, N.G., 2012. *Engineering a safer world: systems thinking applied to safety*. Boston (MA): MIT Press.
- Mannan, M.S., Reyes-Valdes, O., Jain, P., Tamim, N., Ahammad, M., 2016. *The Evolution of Process Safety: Current Status and Future Direction*, *Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng.*, Vol. 7, pp. 135-62. DOI:10.1146/annurev-chembioeng-080615-033640.
- Martinetti, A., Braaksma, A.J.J., & van Dongen, L.A.M., 2017. *Beyond RAMS Design: Towards an Integral Asset and Process Approach*. In L. Redding, R. Roy, & A. Shaw (Eds.), *Advances in Through-life Engineering Services*

- (pp. 417-428). (Decision Engineering). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-49938-3_25
- Martinetti, A., Chatzimichailidou, M.M., Maida, L., van Dongen, L.A.M. (2018a). *Safety I-II, resilience and antifragility engineering: a debate explained through an accident occurring on a mobile elevating work platform*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, DOI: 10.1080/10803548.2018.1444724.
- Martinetti, A., 't Hart, K., Damgrave, R., van Dongen, L.A.M., Turkenburg, R., Nouwens, A. (2018b). *There is no spoon: applying virtual reality for maintenance training of rolling stock technicians*, International Journal of System of Systems Engineering, SI: Critical Success Factors for Public Transportation, In press.
- Pillay, M., 2015. *Accident causation, prevention and safety management: a review of the state-of-the-art*. Procedia Manu., Vol. 3, pp. 1838-1845. doi:10.1016/j.promfg.2015.07.224
- Schiphorst, J., 2018. *Development of a universally applicable framework designed for smart maintenance implementations*, MSc Thesis in Industrial Design Engineering, University of Twente.
- Taleb, N.N., 2012. *Antifragile: Things that gain from disorder*.
- Zhou, K., Liu, T., Zhou, L., 2015. *Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges*, 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), pp. 2147-2152. DOI 10.1109/FSKD.2015.7382284

Webography

- Daily Mail, 2012. Growing Underground! Remarkable maps show how London's Tube network has expanded and changed over the past century. Accessed on 12/07/2018: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2212174/Maps-Londons-Tube-network-expanded-changed-past-century.html>

Acknowledgements

The Authors want to thank GEAM – Geoingegneria Ambientale e Mineraria for including the presented research in this special issue.

The first author is also particularly grateful to the prof. Patrucco firstly for having organised the conference “Dissemination of Safety and Health Culture” at the Polytechnic of Turin and secondly, and above all, for all his never-ending efforts spent in these decades of high education teaching for creating cultural and technical awareness of safety in young engineers.

The role of basic and applied research activities for the improvement of OS&H conditions and the dissemination of the Culture of Safety

Gabriele Baldissone*
Lorenzo Comberti*
Paolo Fargione**
Luisa Maida**
Rebecca Nebbia**

* Dip. di Scienza Applicata e Tecnologia,
DISAT, Politecnico di Torino

** Dip. di Ingegneria dell'Ambiente,
del Territorio e delle Infrastrutture,
DIATI, Politecnico di Torino

Although the European panorama is experiencing a profound change in advance to the Industry 4.0, revolutionizing the world of work with technical, technological and information innovations, in Italy even today we have to deal with the "old" problem of work related injuries and fatalities. In particular, the accident indices of the last few years do not seem to differ much from those typical of the 1970s. The cultural effort matured with the enforcement of the European Directives, with the consequent passage from a rigid prescriptive approach to a flexible one based on risk analysis, is therefore not sufficient to face without "trauma" such rapid technological development accompanied by legislative, productive changes and increasingly widespread reassignment of tasks within the Companies.

In this context, the role of scientific research is essential to contribute to technological transfer and scientific knowledge by reconciling the essential aspects of Occupational Safety and Health, through a rigorous and devoted analysis of working scenarios. Furthermore, the dissemination of a Culture of Safety at all levels (Management and Staff roles) can encourage a bilateral synergy "Industry-University" from an OS&H point of view.

The present work discusses in more detail the results of the research carried out by the "young" OS&H researchers of the Polytechnic University of Turin presented on the second day of the Conference Dissemination of the Culture of Safety and Health at work – "Eras of OS&H Development from early '50 to industry 4.0".

Keywords: Occupational Safety and Health, Culture of Safety, Industry 4.0.

Il ruolo della ricerca di base ed applicata ai fini miglioramento di OS&H tramite disseminazione della cultura della sicurezza. Nonostante il panorama europeo stia vivendo un profondo cambiamento dovuto all'avvento della Industry 4.0, che rivoluziona il mondo del lavoro dal punto di vista tecnico, tecnologico e dell'informazione, in Italia ancora oggi si fanno i conti con un problema "datato" relativo alle vittime del lavoro: in particolare gli indici infortunistici degli ultimi anni sembrano non differire molto da quelli caratterizzanti gli anni '70. Lo sforzo culturale maturato con l'emanazione delle Direttive Europee con il conseguente passaggio da un rigido approccio prescrittivo ad un approccio flessibile basato sull'analisi di rischio, risulta dunque non sufficiente per fronteggiare senza "traumi" un così rapido sviluppo tecnologico accompagnato da cambiamenti legislativi di settore, produttivi o di mercato, e dall'incessante e sempre più diffusa riassegnazione dei compiti all'interno dell'azienda.

In tale ambito risulta dunque essenziale il ruolo della ricerca scientifica al fine di contribuire in modo concreto trasferimento tecnologico e delle conoscenze conciliando gli aspetti imprescindibili di Sicurezza ed Salute Occupazionali attraverso una rigorosa e dedicata analisi degli scenari lavorativi, oltre che alla disseminazione di una Cultura della Sicurezza a tutti i livelli aziendali che possa incentivare anche dal punto di vista securistico una sinergia bilaterale "Industria-Università".

Il presente lavoro discute in modo più approfondito i risultati delle ricerche condotte dai "giovani" securisti del Politecnico di Torino presentate in occasione della seconda giornata del Convegno Disseminazione della Cultura della Sicurezza e Salute del Lavoro intitolata "Le ere della sicurezza e salute del lavoro: evoluzione dall'approccio degli anni '50 ad Industria 4.0".

Parole chiave: Sicurezza e Salute Occupazionali, OS&H, Cultura della Sicurezza, Industria 4.0.

Introduction

Despite regulatory efforts, the problem of occupational injuries and health impairment remains a challenging task for researchers, due to three main aspects:

- *fast pace of technical and technological innovation vs common safety approaches:* advanced technologies can involve the introduction of new accident scenarios due to unforeseen events sometimes deriving from new Hazard Factors. In such a situation, it is essential to implement new approaches to the Occupational Risk Assessment and Management free from subjective judgement and general or personal experience but actually tailored to the specific situation (Borchiellini *et al.*, 2015).
- *current safety management models:* modern systems characterized by different forms of complexity and coupling affect the design and operational safety conditions: they make it difficult for designers to foresee all potential states of the system and for the operators to handle safely both routine and exceptional circumstances. The current situation is much worse if we take into account the progressive reassignment of tasks within the companies and the needs of customers who heavily influence production rates.
- *poor dissemination of culture of*

Le rôle de la recherche fondamentale et appliquée pour l'amélioration de l'OS&H par la diffusion de la Culture de la Sécurité. Malgré le panorama européen connaît un profond changement en raison de l'avènement de l'industrie 4.0, qui a révolutionné le monde du travail d'un point de vue technique, technologique et des informations, en Italie encore aujourd'hui, nous traitons d'un problème «périmé» lié aux victimes du travail: en particulier les indices d'accidents de ces dernières années semblent ne pas différer beaucoup de ceux qui caractérisent les années '70. L'effort culturel acquis avec la promulgation des directives européennes avec la transition d'une approche normative rigide à une approche flexible basée sur l'analyse des risques, n'est donc pas suffisante pour faire face sans «traumatisme» au développement technologique rapide accompagné de changements législatifs dans le secteur, la production et le marché, et par la réaffectation incessante et de plus en plus généralisée des tâches dans bureau. Dans ce contexte, le rôle de la recherche scientifique est essentiel pour contribuer à le transfert de technologie et de la connaissance selon les aspects essentiels Santé et Sécurité au travail grâce à une analyse rigoureuse des scénarios du travail ainsi que la diffusion d'une Culture de la Sécurité à tous les niveaux qui peut aussi stimuler une synergie bilatérale entre «Industrie - Université». Le présent travail examine les résultats des recherches menées par les «jeunes» du Politecnico di Torino présentée à l'occasion de la deuxième journée de la Conférence Diffusion de la Culture de la Sécurité et de la Santé au travail intitulée «les âges de la Sécurité et de la Santé au travail: évolution de l'approche des années 50 à l'industrie 4.0».

Mots clé: Sécurité et Santé au travail, OS&H, Culture de la Sécurité, Industrie 4.0.

safety: OS&H aspects often appears to be considered a nuisance interfering with production. This scenario involves the widespread use of all-purpose procedures and slapdash approaches resulting in a paper-based safety, denying the risk awareness at the basis of safety performances of a system (Borchiellini *et al.*, 2018, De Cillis *et al.*, 2017).

In the following sections, the Authors propose the result of research work carried out to provide a contribution to solve specific problems affecting industrial scenarios. The topics discussed in the Conference can be addressed to three main OS&H fields: equipment and operator's management, work-related injuries investigation and accident precursors, and special approaches as support to the Risk Assessment and Management.

1. Equipment and operator's management

Today, the correct management of equipment and human resourc-

es is essential in order to optimize production and obtain good safety standards. For this reason, in the metalworking field an analytical methodology was developed to optimize worker-workstation matching based on the measurement and comparison of the resources required by the workstation and the individual human capacity to be mobilized.

In addition, we can also evaluate and manage this problem by implementing a *Prevention through Design*¹ – PtD approach promoted by the National Institute of Occupational Safety and Health – NIOSH making possible the workplace and the working activities analyses. The approach includes also the operator/task interactions) before the activities are to be carried out, with the possibility to check and implement corrective measures early in the design phase.

In the correct plant management, is fundamental to manage all the equipment life-time (in particular the last part). In order

to manage the aging equipment the following paragraph proposes the Integrated Dynamic Decision Analysis – IDDA for maintenance optimization.

1.1. Optimization worker-workstation matching

Nowadays the majority of organizations operating in manufacturing field recognizes the importance of including the Human Factor – HF contribution into the industrial process optimization (Hong K. *et al.*, 2007). This work presents an operative model developed to quantify the potential impact of the HF into an assembly line of a manufacturing plant, with the aim of reducing operational errors and unsafe behaviour. This work adopted an operative approach based on Straeter (2000) results. The Human Performance – HP can be predicted with the assessment of two macro factors:

- Task Complexity – TC: that includes all factors contributing to physical and mental workload requirements to perform a specific operative task;
- Human Capability – HC: that summarises all the individual physical and cognitive abilities.

TC was quantified by a set of observable and measurable variables identified with a task and working-place analysis. HC was assessed by a set of ability tests performed by workers during the working activity. The comparison between HC and TC results allowed the HP assessment. The HP assessment repeated for the entire possible matching worker-working place led to the calculation of a matching-matrix. This matrix allowed the identification of the best matching worker-working places based on HP Assessment. In order to verify the effectiveness of theoretical and operative hypothesis the results obtained were used

¹ This approach was already encouraged by 89/391/EEC Directive.

to set a new configuration of the assembly line. A period of three months will be used to monitor the operative results of the new configuration workers-tasks and quality indicators will be collected.

The comparison of quality data (Human Errors) and safety data (injuries, medications, unsafe acts) ante and post re-configuration would allow the evaluation of the impact of the method.

1.2. Computer Image Generation for Job Simulation – CIGJS

In the OS&H field, the most important phase of the whole Risk Analysis process is the Hazard Identification: obviously, if a Hazard Factor is not detected (or underestimated), the result is an incomplete Risk Analysis and consequently a misleading Risk Assessment and Management.

In order to conduct an effective Hazard Identification a large number of techniques can support the analyst but the selection of the most suitable technique depends on the operative context and the expected results (Borchiellini *et al.*, 2016).

Among the techniques, the Job Safety Analysis – JSA, is widely used in industrial contexts where some difficulties arise in establishing the effective workers' exposure condition due to the variability of working conditions. The JSA technique focuses on the relationship among the worker, the task, the equipment, and the work environment, so that, systematically, the hazards involved, the associated risk, and the practically applicable technical and procedural counter-measures may be directly identified.

The Computer Image Generation for Job Simulation – CIGJS implements and improves the

analysis capabilities of the traditional JSA technique in routine conditions and, at a provisional stage based on virtual images, animation and 3D interactive environment specially developed for JSA purposes (Bersano *et al.*, 2010).

CIGJS can be considered as a helpful tool to support the application of the JSA technique, in the light of a wider Risk Assessment and Management: it allows an intuitive and complete Hazard Identification and, unlike traditional JSA, an Interference Definition, either between worker/machinery and worker/worker. The computer-aided tool makes it possible to simulate a 3D working scenario by means the rendering of the working environment with operative/not operative content allowing the real-time interaction (Fig. 1).

This is particularly important since it allows considering the features and the way of interact of the work environment, machinery, etc., in a realistic manner. These features may be useful to simulate the actions of a real worker in a real scenario, for instance, with the aim to investigate the possibility of a contact with harmful

parts of machinery or equipment, or to avoid overextension, etc. (Labagnara *et al.*, 2016). The proposed example clearly shows the safety conditions of the worker in a simulated real situation, and it highlights how an operator with notably different anthropometric characteristics may be exposed to different hazards.

For these reasons the CIGJS discloses new and interesting possibilities in the Risk Analysis and Management of new operating layouts at the very first design stage (both in normal and emergency situations), contributing effectively to a PtD approach.

1.3 Aging management with Integrated Dynamic Decision Analysis

Nowadays different plants have passed the expected lifetime defined during their design phase. This occurs because there are same difficulties for the plant re-vamping, related to economical, regulatory and environmental constraints.

Plant aging, when incorrectly managed, can bring to serious



Fig. 1. Application of the technique to a maintenance operation on the top of a silo.
Applicazione della tecnica ad un'operazione di manutenzione sul tetto di un silos.

accidents (Horrocks *et al.*, 2010). Moreover, the use of ageing equipment reduces the competitiveness of the company, since they usually require more energy, more maintenance and often-expensive raw materials. Instead the adoption of modern plants, developed with new philosophies, as process intensification (Baldissone *et al.*, 2016, 2017), or with an increased attention to the sustainability, can use less energy, and they can increase the plant flexibility both for the product quantity and for the type of production (Reay *et al.*, 2013).

But the adoption of the new technology and the plant revamping require high investment cost. In case the company could not afford the investment or could be bonded by other constraints, the solutions could be of increasing the plant lifetime, and in given condition also plant efficiency and energy saving (Darabnia and Demichela, 2013; Demichela *et al.*, 2018), through a correct maintenance.

A risk based approach to decide

between different alternatives of maintenance strategy is here presented. This approach is developed in project PROAGE financed by the INAIL, in the SAFERA framework. It analyses the risk associated to the different maintenance strategies, starting from the possible equipment condition at the moment of the maintenance.

The risk assessment is made through the Integrated Dynamic Decision Analysis – IDDA.

The IDDA methodology links a logical-probabilistic model and a phenomenological model; the analysis framework is shown in figure 2.

The logical-probabilistic model, based on the general logic theory, is built according to its own syntactic system to shape an enhanced event tree structure. IDDA can develop all the possible sequences of events that the plant could undergo. Each sequence of events is correlated with its probability of occurrence.

A phenomenological model, together with the logical modelling,

must be prepared to describe the physical behaviour of the system. The phenomenological model could influence the updating of the logical model generating a better description of the real behaviour of the system. The phenomenological model can provide a direct estimation of the consequences for each single sequence to obtain a risk estimation, the evaluation of the overall risk of the system and the expected value of the consequences. The latter is calculated as a weighted average of the consequences, according to their probability. In this way the plant management can define the maintenance strategy on the risk value.

2. Work-related injuries investigation and accident precursors

The study of the causes that lead to an accident is precious to avoid the recurrence of the same

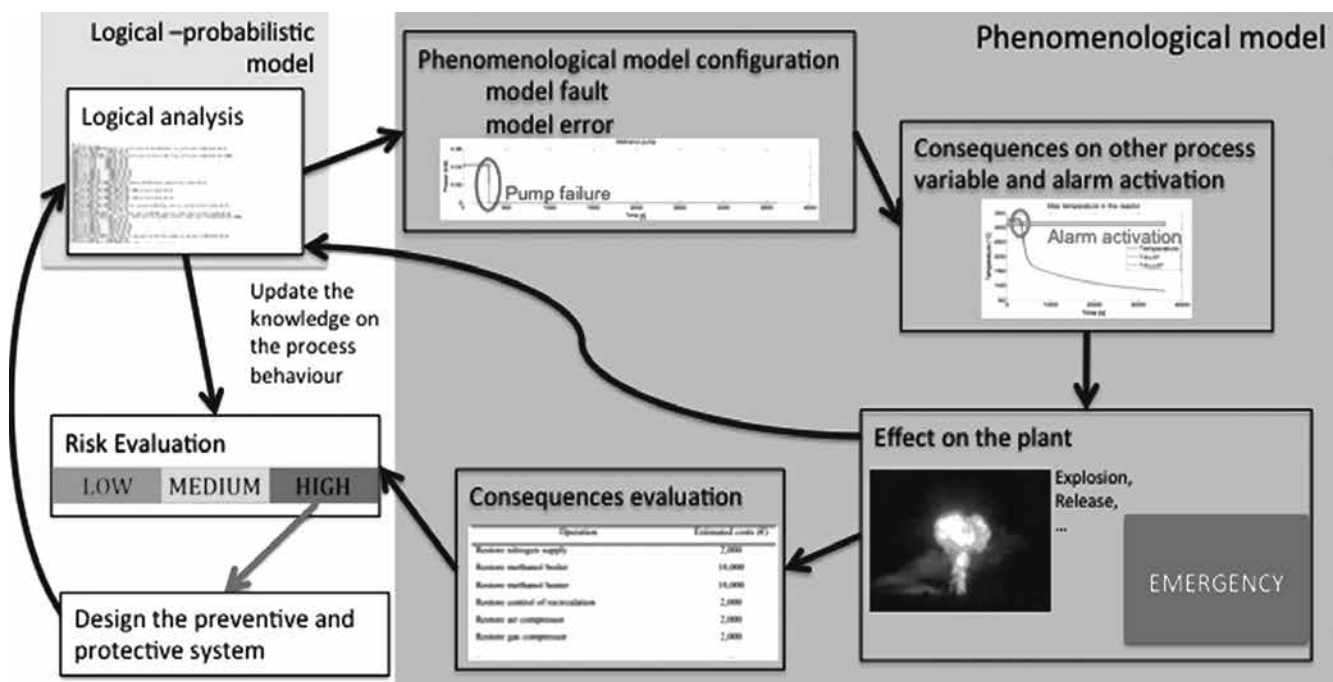


Fig. 2. The IDDA methodology framework.
Struttura della metodologia IDDA.

dynamic in a similar scenario and the resulting indications can help the analyst to understand the Root Causes of the event. This is one of the potentiality of a computer – assisted tool whose protocol is an original elaboration of the Cause Consequence Analysis – CCA that can be used to support analysis for the in-depth examination of accidents in a System Approach. This technique makes it possible to get Prevention information by means of a *bottom – up* path to break the chain of deviations that caused the event.

For work – related injuries' investigation, the analysis of accidental precursors allows to act even before the incident occurs, analyzing and correcting unsafe conditions and unsafe behaviors, that can lead to accidents without waiting for the consequences.

2.1. Computer-aided Cause Consequence for Prevention – CCCP technique

The use of the statistical data on work-related accidents derived from the Heinrich (1931) approach, suggests that Prevention can be implemented on information on the frequency of deviations from a correct working situation: this led to the development of very large databases on injuries and fatalities in many industrialized countries.

The Heinrich model is however based on a "Person Approach" (the misconduct of victims or colleagues is the main cause of deviation, in spite of the obvious consideration that they, and they only, are in direct contact with the Hazard Factor): the resulting accident analysis is often incorrect and useless for improvements of the safety system. Therefore, the Heinrich model is not free from criticism, both in itself (Reason, 2000), and in terms of representativeness

of the input data (Manuele, 2011), and hence at least obsolete for the modern safety science.

The identification of Prevention measures starting from accident databases therefore requires thorough critical and considerable caution in the selection and management of the input data, even if focused on comparable contexts, in order to ensure effective reliability. Even so, accident databases can still be of help for the inspector's attention towards the more common direct causes of the event making possible effective inspections actions.

Thanks to the analysis of fatal accidents occurred in critical NACE sectors, carried out for the Prosecutor assignment, the Authors developed an original approach based on a post-event investigation to identify the correlation between the intermediate and root causes leading to unwanted events. The focusing on a limited number of real events used as case histories and characterized by exhaustive and detailed information made possible an in depth analysis upon which it became possible both to identify the real causes of the event, and to draw effective Prevention measures, since "daughters" of a corrective actions identification.

In this area, the Computer-aided Cause Consequence for Prevention – CCCP technique, an original evolution from CCA (itself a combination of FTA – Fault Tree Analysis & ETA – Event Tree Analysis), represents a result of particular relevance. The CCCP technique is special for the in-depth examination of each single accident and countermeasures identification, and free from problems due to data availability and quality. In the final release (Tab. 1), after evolution and tests (Demichela *et al.*, 2011; Luzzi *et al.*, 2015), the CCCP approach can effectively contribute to un-

derstand the preconditions leading to the very Root Causes of work-related accidents.

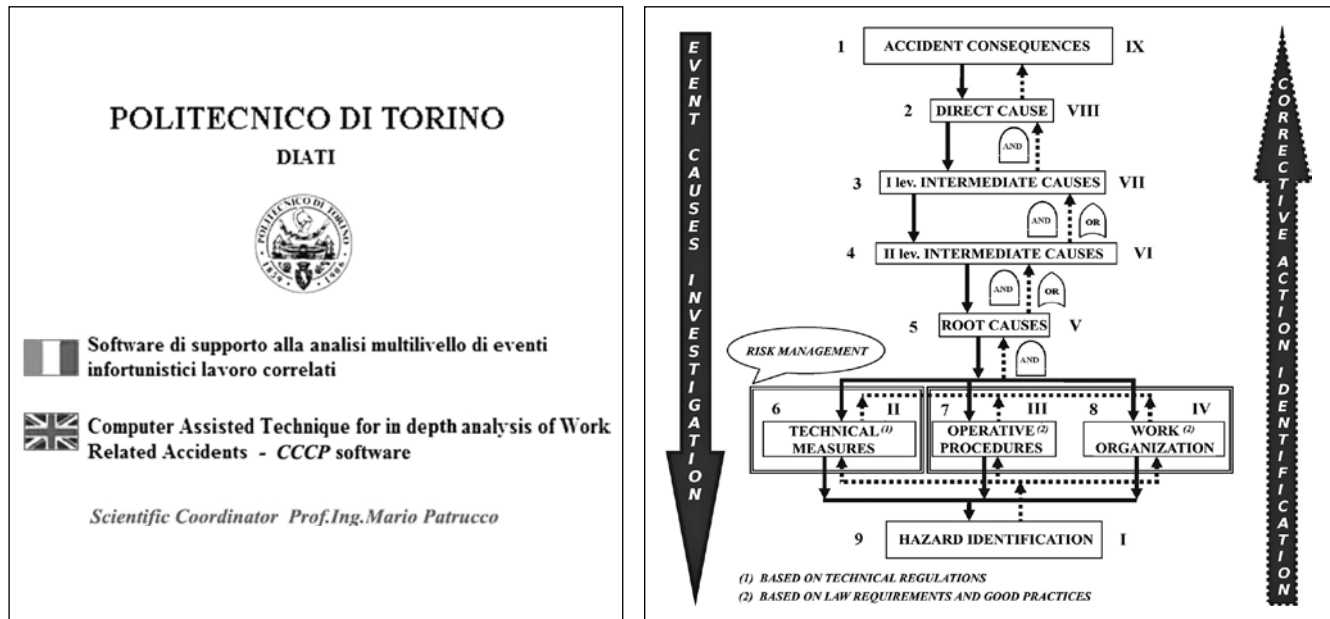
The computer aided technique is of valuable support, reduces the possibility of errors due to analyst's subjective judgment or hasty evaluation, leaving him however always free to make independent decisions, and makes possible to consider the too easy conclusion involving some victim's misbehavior as one of the possible causes.

The CCCP technique focuses on the Root Causes of work related accidents, the target of the analysis being a thorough investigation of the chain of indirect causes, which, in logically connected steps from the Top Event to the Root Causes, produced the accident.

Prevention countermeasures are then thought not only for each cause, but also for combinations of intermediate causes, so that a number of links can be developed correlating the possible indirect causes of the event to the corrective measures. A net of corrective measures is created, among which it is possible to select some of the cause-intervention connections, to ensure the safety of the whole system. The Root Causes adopted for the model grant the development of the analysis according to a System Approach.

The peculiarity of the technique is the capacity of modeling the system both in backward sense following a chain of Intermediate Events in order to identify the Root Causes of a Top Event, and in forward sense, starting from the Root Causes, and discussing the most suitable prevention measures. Tab. 1(right) shows a graphical demonstration: the two arrows depict the backward path of event causes investigation and the forward path of prevention. The construction of the tree is not a linear process, but may imply a number of iterations before reaching a final

Tab. I. home screen of the CCCP software (left), flow chart of the accidents analysis two-way approach (right).
Schermata iniziale del software CCCP(sx) e duplice flusso logico di analisi(dx).



configuration that adapts to the specific case.

The **integrate software environment** *Infortuni sul lavoro (Work-related accidents) & Root Causes* translates the theoretical model into a useful computer guide. All the occurrences are strictly codified to make the analysis objective and free from ambiguity.

In table 2 an application of the CCCP technique for an accident occurred in a steel mill.

2.1. Accidents precursors data classification and analysis with the fuzzy logic

The "Zero Accidents Vision", recently adopted especially in companies characterized by few occupational accidents, focused the attention on the identification, reporting and analysis of accident precursors, in order to prevent their occurrence and the consequent accidents. An accident precursor can be defined as a truncated accident sequence (Jones *et al.*, 1999; Saleh *et al.*, 2013); therefore, the concept of accident precursor can include Near Miss events, Un-

safe Acts and Unsafe Conditions. Unsafe Acts made by the personnel and Unsafe Conditions at the workplace (Phimister, *et al.*, 2004).

In this work, insert within the project CS&P financed by the INAIL Piedmont Direction, an Accident Precursors – AP management system has been developed, starting from the structure of the Near Miss management system, on the basis of a centralized approach (Gnoni and Lettera, 2012). The AP Management system has been developed as a general method for detecting, reporting and analyzing accident precursors in a wide range of working activities.

It has been designed as a decisional supporting tool for the Health Safety and Environment – HSE service, and it is based on the following structure:

1. Accident precursors identification and reporting (Unsafe Acts & Conditions and Near Misses);
2. Causes analysis;
3. Prevention measures planning and application.

The method used for the reporting of the Occupational Accident Precursors is based on the Human Factors Analysis and Classification

System – HFACS, originally developed for the accident analysis in the aeronautic sector (Darabnia and Demichela, 2015). Its taxonomy describes the active failures and the latent failures or conditions that may influence accident occurrence and dynamic (Wiegmann and Shappell, 2001).

A dedicated tool was developed for the data collection and classification: this module, is made of four sections – corresponding to the four levels of the HFACS taxonomy, namely Unsafe Acts, Preconditions for Unsafe Acts, Unsafe Supervision, Organizational Influence (Salmon *et al.*, 2012, Shappell and Wiegmann, 2003).

The proposed methodology requires to carry out a brief interview to the involved personnel, with the purpose of uncovering the specific causes of the observed event, and to deeply understand the motivations of the occurrence of the event. This step is particularly relevant for the identification of the preventive actions to be implemented to cope with the event observed.

The Data Analysis step is based on the Fuzzy Logic Approach

Tab. 2. Compendium forms on some accidents analyzed with the CCCP technique.
Form utilizzato per la presentazione dei risultati della tecnica CCCP.

Activity sector: C24.10-Steel Production		Notes: the overhead traveling crane velocity was increased from 3.5 m/s to 5.2 m/s. NO updated IFT of the operator	
Consequence → Fatal – Burns			
 tilted ladle area of the spill		 effects of the heat wave	– in a steel mill, a modification was introduced to improve the performances of an overhead traveling crane used for the 160 t ladles handling; – the IFT of the crane operator was not updated including the new crane performances; – due to the excessive descent velocity, the ladle interfered with an obstacle, tipped and spilled approx. 100t of molten steel; – the consequent thermal wave and steel droplets explosion caused impressive consequences and fatal burns to a worker operating in the area.
Accident causes chain		Possible corrective actions	
1	Fatal burns	n.a.	IX
2	Victim reached by the thermal wave from approx. 100 t of spilled steel	n.a.	VIII
3	Ladle tilt and molten steel spillage	n.a.	VII
4	Excessive velocity in the ladle handling	n.a.	VI
5	Modification of the operating parameters of the overhead traveling crane Procedures/organization of work, Operators IFT	see III	V
RM	Poor risk management	Resulting from II, III & IV	RM
6	Absence of plant tests after the changes	Supervising and IFT even for occasional /infrequent crane operators	IV
7	Operation not analyzed after changes. Absence of communication between operators	Revision of the modified plant conformity to the safety standards	III
8	Absence of supervision and IFT	Updated technologies for higher and safer crane performances and ladle handling. Performance and Safety tests on the plant	II
9	No revision of the Risk Assessment and Management after the crane operating parameters modification	Devoted Risk Assessment and Management applied to a plant modification proposal	I

(Murè *et al.*, 2015): the tool initially developed by Murè & Demichela (2007 and 2009) for the occupational accident risk assessment, was then modified to be used for the accident precursor analysis. It allows an aggregate approach to the accident precursor assessment and leads to the preventive measurement planning in accordance with the Health Safety and Environment – HSE service. Thus, the analysis is carried out on clusters of homogenous observed and catalogued events. This is particularly convenient when different observers collected the data; in fact, the

cluster construction allows decreasing the degree of relevance of the subjective part of the data, because of their low frequency of repetition.

In the fuzzy logic is necessary define the input variable, the output variable and the rules.

The sublevels in the HFACS taxonomy were used as input variables. The use of these variables is justified as they establish a sufficient level of detail in the description of the causes of the observed events. The input values are represented by the fraction of the presence of the taxonomy sub-

levels (causes) within the cluster of the data analysed (ranged between 0 and 1). Since the distribution of the data is unknown, as work hypothesis each variable was divided in 3 membership functions equally distributed with a trapezoidal shape. Preventive measures to be adopted to eliminate or reduce a certain type of event are used as the output variables. For the output variables, three membership functions were used, with trapezoidal shape.

The rules are used to correlate the input variables and the output variables. The rules cover the

The figure shows two screenshots of a software interface. The left screenshot is the home screen of the 'CAT-ReADS' software, featuring the Politecnico di Torino logo and the title 'COMPUTER ASSISTED TECHNIQUE FOR AIRBORNE DUST SAMPLING DATA REPRESENTATIVENESS AND WORKER'S EXPOSURE ASSESSMENT CAT-ReADS'. It includes a 'START' button and contact information for the research team. The right screenshot is a 'preliminary data collection sample sheet' for an 'ANEMOMETER'. It contains several data entry fields organized into sections: 'CONTROLLER DATA' (with fields for Testo 445, range, precision, and resolution), 'PROBE DATA' (with field for hot wire probe mod 9629E41), 'UNCERTAINTY' (with field 'Depending on air velocity'), 'CALIBRATION CERTIFICATE' (with field 'CALIBRATED ON 28/07/2016 BY ALLEMANO METROLOGY SRL'), 'CLIMATIC CABINET' (with fields for model, range, and environmental conditions), 'UNCERTAINTY' (with field '±1%, ±5%'), and 'GENERAL DATA' (with fields for serial number, tension, frequency, and power). A small 'report variation' dialog box is also visible in the top right corner of the right screenshot.

Fig. 3. Software home screen (left) and preliminary data collection sample sheet (right).
Schermata iniziale del software e foglio di acquisizione dati preliminari (destra).

$9.4 \cdot 10^{10}$ permutations of the input variables plus a batch of extra rules. The extra rules are developed to consider the cases where one or more input parameters are not present. In this way the total rules number is around of $7.0 \cdot 10^{13}$. The rules were defined in accord with the expert's opinion and the company experience.

In this way at the HSE Service is provided a series of possible preventive measure to reduce and eliminated the not wanted event, at each measure is couple a degree of effectiveness of the measure.

3. Special approaches as support to the risk assessment and management

The transformation of the working environment and the techniques and technologies employed leads to a greater difficulty in the definition of the workers' exposure models due to the activities 'variability strictly linked to customers' need. In this ontext, a tailored analysis to each specific working scenario is essential to achieve a truly representative assessment of the situation.

For this reason, a rigorous approach has been developed be-

tween Politecnico di Torino and Università degli Studi di Torino² (designed for airborne pollutants) to ensure both the correct design of the measuring campaigns and the statistical representativeness evaluation of the measures obtained in order to make it possible a correct comparison with the reference limit values. The approach was implemented also in a Computer - Assisted tool (Fig. 3) suitable for the storage, process and management of information, supporting the analyst during the preliminary survey *in situ*, the sampling, the laboratory analysis (as discussed in Bisio *et al.*, 2016) and the interpretation of results (Bisio *et al.*, 2017). This computer-assisted technique for airborne dust sampling reduces the probability of manual errors in data processing, allows storing directly all the data collected during the various sampling steps, creating a database of the various measurement campaigns for each scenario. In particular, this software guides the user on the calculation of expanded uncertainty and on the choice of the best analysis technique to estimate the compliance/noncompliance with the limit values.

² PoliTo-UniTo research project: "The General Safety Issues and Goals in Turin Universities-TGSIGTU".

The software can also produce, in a semi-automatic mode, final reports and it is structured to ensure the possibility of having anonymous information to which to associate, user by user, the individual keys of reading.

4. Conclusion

The paper stresses that only a close relationship between Research Universities and Industry can lead to identifying truly viable solutions for present OS&H criticalities pervading the industrial reality. Especially today, the technological evolution confronts Researcher Communities with new challenges, i.e. implications of the introduction of collaborative/co-operative robotics on workplace and working activities robots or the wide use of nanoparticles, etc. From this point of view, the relationship between Research and Industry must be of sound collaboration and osmosis, even if research by its nature try to look further, to prevent the future needs of companies. At the same time, it is of fundamental importance that the solutions developed in the research laboratories pervade the industrial reality, by evaluating first OS&H implications and economic and technical feasibility.

In addition the recent EU policy on the research, as shown in the H2020 framework, aimed at project based on an in-depth partnership between Industry and Academic Community, by promoting also the dissemination of the Culture of safety, able to ensure a quantifiable impact on occupational and economical terms.

References

- Baldissoni, G., Fissore, D., Demichela, M., 2016. *Catalytic after-treatment of lean VOC-air streams: Process intensification vs. plant reliability*, Process Safety and Environmental Protection, vol. 100, pp. 208-209, ISSN 0957-5820.
- Baldissoni, G., Demichela, M., Fissore, D., 2017. *Lean VOC-Air Mixtures Catalytic Treatment: Cost-Benefit Analysis of Competing Technologies*, Environments, vol. 4(3), pp. 1-18, ISSN 2076-3298.
- Bisio, P., Fargione, P., Maida, L., 2016. *The measuring processes and equipment setup in System Quality and Occupational Safety & Health Risk Assessment*, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, Anno LIII, vol. 16(2), pp. 23-32, ISSN 1121-9041
- Bisio, P., Fargione, P., Maida, L., 2017. *Representativeness of the measurements results: a key issue for Occupational Risk Assessment and Management. Discussion on air dispersed particulates*, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 17(1), pp. 37-45, 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 Vol. 43, pp. 2155-2160.
- Borchiellini, R., Fargione, P., Maida, L., Patrucco, M., Piantanida, P., Pira, E., 2017. *Forensic Investigation techniques contribution in the Occupational Safety & Health Risk Assessment and Management*, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 16(2), pp. 33-42, ISSN 1121-9041
- Borchiellini, R., De Cillis, E., Fargione, P., Maida, L., Nebbia, R., Patrucco, M., 2018. *The possible contribution of a well-tested Occupational Risk Assessment and Management technique to counter the recent unexpected rise in the work related accidents*, Proceedings book of SHO 2018, pp. 90-92, Guimarães, Portugal ISBN 978-989-98203-8-8.
- Darabnia, B., Demichela, M., 2013. *Data field for decision making in maintenance optimization: An opportunity for energy saving*, Chemical Engineering Transactions, vol. 33, pp. 259-264, ISSN 2283-9216
- Darabnia, B., Demichela, M., 2015. *Analysis and classification of occupational data: A practical comparison*, Chemical Engineering Transactions, vol. 43, pp. 1267-1272 ISSN 2283-9216.
- De Cillis, E., Fargione, P., Maida, L., 2017. *The dissemination of the Culture of Safety as an essential tool for the improvement of working conditions and production efficiency: discussion on the multidisciplinary approach and main sub-topics*, GEAM Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 17(2), pp. 109-117, ISSN 1121-9041
- 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*. Ingegneria forense: metodologie, protocolli e casi di studio. Dario Flaccovio Editore, pp. 231-246, ISBN 9788857901015.
- Demichela, M., Baldissoni, G., Darabnia, B., 2018. *Using Field Data for Energy Efficiency Based on Maintenance and Operational Optimisation. A Step towards PHM in Process Plants, Processes*, vol. 6(3), pp. 1-15, ISSN 2227-9717.
- Gnoni, M.G., Lettera, G., 2012. *Near-miss management systems: A methodological comparison*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 25, pp. 609-616, ISSN 0950-4230.
- Heinrich, H.W., 1931. *Industrial accident prevention*, McGrawHill, New York, USA.
- Hong, K., Nagaraja, R., Iovenitti, P., Dunn, M., 2007. *A socio-technical Approach to Achieve Zero Defect Manufacturing of Complex Manual Assembly*, Human Factor and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 17 (2), pp. 137-148.
- Horrocks, P., Mansfield, D., Thomson, J., Parker, K., Winter, P., 2010. *Plant Ageing Study. Phase 1 Report*, Health and Safety Executive, Warrington, UK.
- Jones, S., Kirchsteiger, C., Bjerke, W., 1999. *The importance of Near miss reporting to further improve safety performance*, Journal of Loss and Prevention in the Process Industries, vol. 12(1), pp. 59-67, ISSN 0950-4230.
- Labagnara, D., Maida, L., Patrucco, M., Sorlini, A., 2016. *Analysis and management of spatial interferences: a valuable tool for operations efficiency and safety*, GEAM Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 16(3), pp. 35-43, ISSN 1121-9041
- Luzzi, R., Passannanti, S., Patrucco, M., 2015. *Advanced Technique for the In-Depth Analysis of Occupational Accidents*, Chemical Engineering Transactions Vol. 43, pp. 1219-1224.
- Manuele, F.A., 2011. *Dislodging two myths from the practice of safety*, Professional Safety, October, pp. 52-61.
- Murè, S., Demichela, M., 2007. *Fuzzy Application Procedure (FAP) for the risk assessment of occupational accident*, Proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2007, ESREL 2007 – Risk, Reliability and Societal Safety, 1, pp. 731-737.
- Murè, S., & Demichela, M., 2009. *Fuzzy Application Procedure (FAP) for the risk assessment of occupational accident*, Journal of Loss Prevention in Process Industries, vol. 22, pp. 593-599, ISSN 0950-4230.
- Murè, S., Baldissoni, G., Demichela, M., Comberti, L., 2015. *The risk of occu-*

- pational accident: Updating the fuzzy application procedure.* Safety and Reliability of Complex Engineered Systems – Proceedings of the 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015, pp. 3291-3298.
- Patrucco, M., Bersano, D., Cigna, C., Fisore, F., 2010. *Computer image generation for job simulation: an effective approach for occupational Risk Analysis*, Safety Science, vol. 48(4), pp. 508-516, ISSN: 0925-7535.
- Phimister, J.R., Bier, V.M. & Kunreuther, H.C., 2004. *Accident precursor analysis and management: reducing technological risk through diligence*, The National Academies Press, Washington DC, USA.
- Reason, J., 2000. Human error: models and management, BMJ, vol. 320, pp. 768-770.
- Reay, D., Ramshaw, C., Harvey, A., 2013. *Process intensification. Engineering for efficiency, sustainability and flexibility*, Elsevier, Oxford, UK.
- Saleh, J.H., Saltmarsh, E., Favarò, F.M., Brevault, L., 2013. *Accident precursors, near misses, and warning signs: Critical review and formal definitions within the framework of Discrete Event Systems*, Reliability Engineering and System Safety, vol. 114, pp. 148-154, ISSN 0951-8320.
- Salmon, P.M., Cornelissen, M., Trotter, M.J., 2012. *System-based accident analysis methods: A comparison of Accimap, HFACS, and STAMP*, Safety Science, vol. 50(4), pp. 1158-1170, ISSN: 0925-7535.
- Shappell, S.A., Wiegmann, D.A., 2003. *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*, Ashgate Publishing Ltd Burlington, Vermont, USA.
- Straeter, O., 2000. *Evaluation of Human Reliability on the basis of Operational Experience*, GRS Cologne, Germany.
- Wiegmann, D.A., Shappell, S.A., 2001. *Human Error Analysis of commercial aviation accidents: Application of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*, Aviation, Space and Environmental Medicine, vol. 72(11), pp. 1000-1016, ISSN 0095-6562.

Acknowledgments

The Authors feel to thank prof. Patrucco for his kind invitation to the International Conference on the dissemination of the Culture of Safety and Health at work, and for his continuous encouragement in our research activities.

Advanced investigation criteria for building encasements of working spaces

Paolo Piantanida*

* Dipartimento di Ingegneria
strutturale, edile e geotecnica,
Politecnico di Torino

The role of working spaces in workers' safety is often neglected and reduced to the building final inspection report. Nevertheless plenty of dangers are originated by the building environment surrounding the working activity: wear and obsolescence of building elements, failure mends and vandalism make the original compliancy fade away. The investigation on the real condition of the rooms where work takes place is a keystone to manage workers' S&H properly. The wide compass of building heritage and construction systems is critical when considering any inquiry on their state. Advanced criteria driven from forensic canvassing are sketched to achieve a formalized and systemic full analysis on each room, revealing and recording any incompliance.

Keywords: OS&H management, working spaces, building encasement, canvassing.

Criteri avanzati di indagine per la progettazione di postazioni e luoghi di lavoro.

Il ruolo degli spazi di lavoro nella sicurezza dei lavoratori viene spesso trascurato e ridotto al rapporto di ispezione finale dell'edificio. Tuttavia, molti sono i pericoli originati dall'ambiente edilizio che circonda l'attività lavorativa: l'usura e l'obsolescenza degli elementi costruttivi, i rammenti e gli atti di vandalismo fanno svanire la conformità originale. L'indagine sulla reale condizione delle stanze in cui si svolge il lavoro è una chiave di volta per gestire correttamente la S&H dei lavoratori. L'ampia gamma di patrimonio edilizio e sistemi di costruzione è fondamentale quando si considera qualsiasi indagine sul loro stato. I criteri avanzati guidati dal sondaggio forense sono disegnati per ottenere un'analisi completa e sistematica completa su ogni stanza, rivelando e registrando qualsiasi incompletezza.

Parole chiave: gestione della sicurezza, ambienti di lavoro, analisi investigativa del contenitore edilizio.

Les critères avancés issus de l'enquête judiciaire pour définir les espaces de travail.

Le rôle des espaces de travail dans la sécurité des travailleurs est souvent négligé et réduit au rapport de test final du bâtiment. Néanmoins, la part du bâtiment qui entoure l'activité de travail génère de nombreux dangers: l'usure et l'obsolescence des éléments de construction, les défaillances et le vandalisme font disparaître la conformité initiale. L'étude sur l'état réel des pièces où le travail a lieu est la clé pour bien gérer la santé et la sécurité des travailleurs. La vaste gamme de systèmes de construction et d'âge des bâtiments est un point critique pour toute étude sur leur état. Les critères avancés issus de l'enquête judiciaire sont tracés pour réaliser un examen complet formalisé et systémique de chaque pièce, révélant et enregistrant toute non-conformité.

Mots clé: gestion de la sécurité, espaces de travail, critères pour l'investigation du bâtiment.

1. Defining what a building encasement is

When considering a working place's safety, we must consider the space is defined by its borders, and in ordinary constructions these borders materially constitute the building. The envelope of the working space cannot be unin-

fluent to the activity inside, nor it can be forgotten when safety is considered. Risks and hazards don't come from the working activity only, but also from the performance context: before considering the work's safety, we must consider if the place deputed is safe by itself and with respect to the activity it will host.

In this frame, the investigation of safety issues due to building spaces is prodromal to the workers' health and safety management: no safe work can be performed in an unsafe environment.

We intend to define as building encasement the system of building elements confining and outlining a determined working place: first of all structure, floor, ceiling and walls, then doors, windows, facilities etc. (e.g. electric & data network, fittings, plumbing, lighting systems, false ceilings and so on). So we can assume the working place's envelope impacts on the workers' safety as if the activity's S&H analysis were deputed of the activity specific contribution in itself (e.g. equipment, stuff etc.). For example, we have to check a room for sharp edges, rambling floor, unsafe glazing, electric safety, fall from height issues and so on. If we have any machinery in that room, we should consider how that room is hosting that equipment (e.g. weight, possible interference with the safety evacuation routes, electric connections etc.), pointing out any issue rising from the machinery-building interlocking.

2. Getting out the building knowledge

Italian building heritage is made of very different technologies (masonry, reinforced concrete frame, steel frame, wood etc.) covering a really long lapse of time. It spans from old monumental edifices with absolutely no data on the

starting performances of building components and on old and newer modifications, to quite recent constructions where the main part of datasheets and technical specifications has been lost through decades, to fresh buildings, where documentation may be confusing and difficult to identify due to its large quantity (sometimes the digital, paperless and liquid world could ever be worse than dusty files in a mouldy archive...).

Usually buildings' service life is managed to match the users' requirements and to fulfill mandatory standards, resulting in a series of maintenance duties, modifications, additions etc.: the knowledge goal is to focus technologically the history of the building up to the present and to manage the current decision makers' chain to avoid any unrecorded and/or unexpected behavior.

If after any accident the judi-

cial core is to fix the responsibility chain (and a S&H law compliant conduct can quicken the process), during the building service life the S&H managing core is to be always aware of the decision chain without any loss of records (and this will enhance the prevention impact of the S&H management).

The shift is to observe, record and make accessible the building situation in a four dimension context (time to be added) so to log

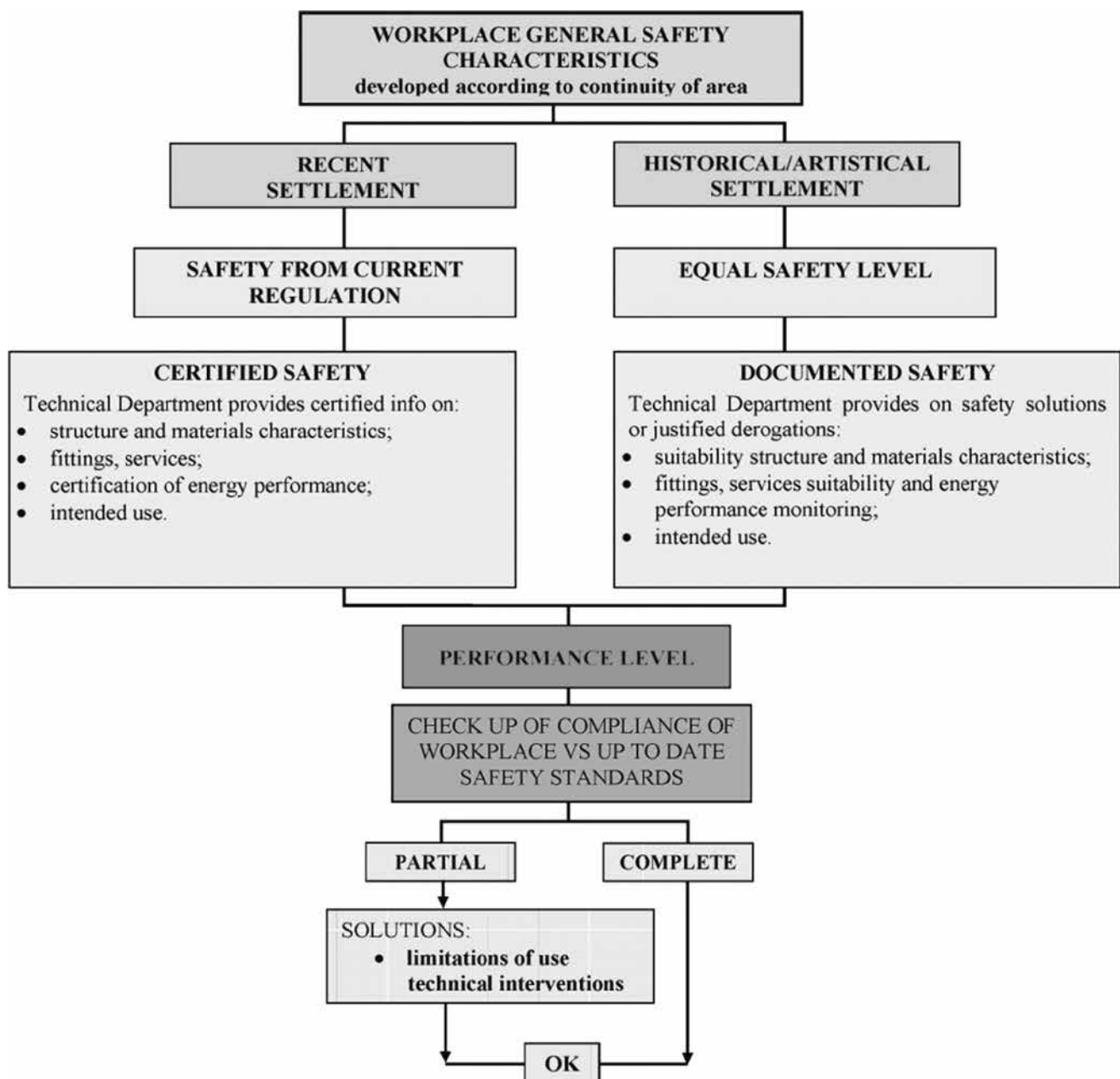


Fig. 1. Flow chart on the two proposed approaches on building encasement safety canvassing survey.

Diagramma di flusso sui due approcci proposti per la realizzazione di sondaggi sulla sicurezza del contenitore tramite il canvassing.

ITEM	HYCS	N.APPL	CERT	NOTE	IMAGE	LAW/REG. REF.
1.16.1 INTERNAL COMMON AREAS						
1.1. WINDOWS						
PERFORMANCE LIMIT		X				
1.1.1 DESCRIPTION: fixed and mobile wooden frame with hinged opening with double doors.				Condition: good		
1.1.2 They cannot be opened and / or adjusted safely or intact	X			In an office of the mezzanine level there is a window that cannot be not opened in safety conditions. In a laboratory there is a window with a broken glass		D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Fig. 2. Example of check list entry about windows (university buildings survey in Torino, 2017).

Esempio di lista di controllo applicata alle finestre (indagine condotta sugli edifici universitari a Torino, 2017).

real life for ordinary continuous deeds (obsolescence, wear etc.) and for ordinary random affairs (failures, vandalism etc.). Moreover, this will greatly improve the S&H modelling quality on extraordinary events (fire, quake, flood etc.) and then the model output accuracy also on the time-based results (event return period, building evacuation lapse etc.).

3. Two approaches to the building encasement analysis

In large (public) edifices the issues concerning safety from the “encasement” point of view, reach a critical point when we consider buildings that can be classified as heritage with high cultural and

historical value, and therefore subject to particular protection rules.

In addition, numerous and sometimes complex modifications (e.g. refurbishing, renewals, use changes etc.) and all those “traumatic” events (massive flooding, damages of various kind etc.) occurred over time. Besides we have to consider transformations to comply the legislative changes, both for buildings not considered “architectural assets” and for buildings of historical and artistic interest. However, for the latter, the respect of the current legislation, conceived for essentially different situations and uses, could sometimes entail distortions and alterations incompatible with the building characteristics: in these cases we have therefore to find alternatives leading us to a safety performance level substantially equivalent to the one stated by Law.

It is thus necessary to adopt two different approaches (Fig. 1) (Maida 2015).

The building safety approach “law compliant”, whenever applicable, raises concerns about the retroactivity of the law, also for recent constructions that should be modified each time a regulation updates: retroactivity shall be prudently appraised case by case, considering the performance level to be achieved and the reason why an update was issued.

On the other side, whenever regulations cannot be identified or applicable, the building shall be carefully inspected through on site surveys. Methods and criteria to survey must be strictly defined in a forensic based canvassing policy leading to an extensive safety review (Borchiellini *et al.*, 2014). In this building safety approach “canvassing tactic”, troubles depending on the present state and use of the

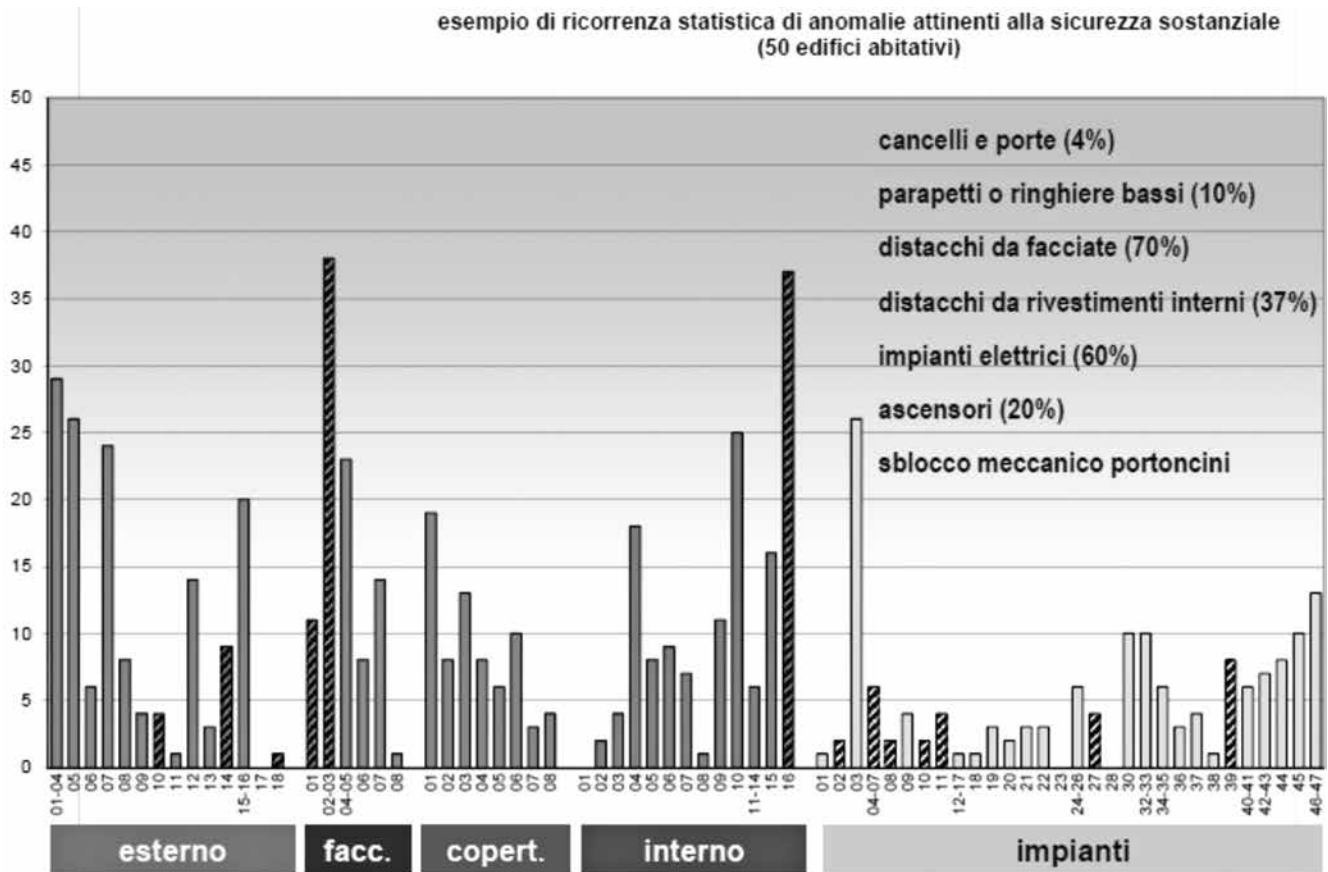


Fig. 3. Statistic occurrence of safety issues in 50 housing blocks (survey in Torino, 2004).
Ricorrenza statistica di problemi di sicurezza in 50 edifici abitativi (indagine svolta a Torino, 2004).

building should be pointed out (e.g. cracks, decay, fractures, detachments, plants and structure damage or overtime alteration).

4. Main steps for the investigation

The investigation first phase is based upon the documentation analysis. In the first step the whole updated regulatory frame shall be outlined; then all the documents concerning e.g. the designed activity allocation, the ceiling load, facilities and maintenance history, etc. shall be obtained and filed referring to each room. In these files we should find all the technical specifications and certificates about materials and components together with the testing outcomes of the building system. Structure

(ceiling, walls, etc.), facilities (fittings, plumbing, plants etc.) and windowing (doors, windows, etc.) must find their specifications and their history. In the third step, all these data must be verified on site to check whether they cope or not with the present staff position and room condition, as inferable via the on-site inspection: personnel belonging to appointed companies should also be considered as both an issue in itself and an interference source regarding the resident staff.

The second phase is based on forensic canvassing technique to inspect working spaces. Check list is used to achieve a complete formalized and systemic analysis on each room, revealing and recording any incompliance (Fig. 2). Each room should have its own check list, properly tailored to the situation and dynamically expanded,

depending on the overtime room and law modification. Anyway, the method must be always the same: each performance to be checked shall be described and determined, explicating besides all the legislative references.

The third phase is focused on handling the unforeseeable events in the everyday building life. Training of the rescue staff, running emergency communication, the emergency masterplan etc. should be verified and updated if necessary.

5. Conclusion

The systemic approach to S&H of the working spaces can greatly take advantage from the forensic technique of canvassing, especially when applied to the on-site in-

spection of the rooms. Past experiences about safety survey on over fifty housing blocks showed declarations and certificates of standard compliance are not enough: in the real service life, situations may vary a lot from the design, due to any use modification, accelerate wear, or even vandalism. In the housings mentioned, the great part of safety risks came from facades decay and electric fittings deterioration (Fig. 3). The former can be due to poor maintenance, but the latter should be ascribed to vandalism and manumission to which any certificate is vane.

The opportunity to apply again this method to large university buildings has enabled a further

validation of check lists and of the method to tailor them on the working space considered. In the very near future, all the information will be managed through building information modelling, leading to a permanent multi-point access to updated data and enhancing the power of this method greatly.

References

- 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.
- Borchiellini, R., Fargione P., Maida L., Patrucco M., Piantanida P., Pira E., 2016. "Forensic Investigation techniques contribution in the Occupational Safety & Health Risk Assessment and Management" GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, Anno LIII, vol. 1, Agosto 2016, pp. 33-42, ISSN 1121-9041
- Maida, L., 2015. PhD Thesis, "Strategic choices in safety systems of complex public institutions: from setting the risk analysis techniques to conservative and ameliorative quality management" Chapter 6 "PoliTo – UniTo Guideline".

Il ruolo della magistratura e della vigilanza in materia di OS&H, e la sua evoluzione: una insuperabile contradictio in adiecto?

Giovanni Battista Ferro*
Francesco Sferrazzo*

* Sost. Procuratore della Repubblica presso la Procura della Repubblica di Savona

** Direttore della S.C. Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (P.S.A.L.) della ASL nr. 2 Savonese – Regione Liguria

I relatori propongono un inquadramento critico delle attuali problematiche connesse con il ruolo della magistratura e della vigilanza in materia di OS&H, e la sua evoluzione.

Parole chiave: l'approccio giudiziario all' OS&H.

The role of the judiciary and vigilance bodies in the field of OS&H, and their evolution. Authors propose a critical overview of the current issues related to the evolution of the role of supervision and of Justice in the OS&H field.

Keywords: the judiciary approach to OS&H.

Le rôle du pouvoir judiciaire et de la supervision dans le domaine de l'OS&H et leur évolution. Les auteurs proposent un aperçu critique des problèmes actuels liés au rôle de la justice et de la supervision de la Sécurité et de la Santé Occupational et de leur évolution.

Mots clé: l'approche judiciaire aux d'OS&H.

Giovanni Battista Ferro

Processo penale e *safety*, difficile disambiguazione;

approccio provocatorio: *trolleyology* (Philippa FOOT) e dilemmi etici cc.dd. del "male minore":

1. dilemma del ramo deviato (versione classica);
2. *would you kill the fat man?* (cfr. EDMONDS, Princeton University press 2013), e dottrina del doppio effetto (DDE);

soluzioni differenti, a seconda che prevalga l'approccio deontologista o quello consequenzialista; a stilizzare e a esemplificare la vera ragione sottesa alla evidentissima (e bruciante, nella pratica) difficoltà di conciliare le esigenze di prevenzione (*safety*) e quelle di giustizia, in materia di inchieste in materia di incidenti (anche) sul lavoro; una impossibile conciliazione degli opposti?

la legislazione in materia di sicurezza sul lavoro nasce e si sviluppa irrefutabilmente sullo sfondo del deontologismo; responsabilità giuridica per la violazione delle sulla sicurezza: civile, penale e amministrativa; responsabilità penale: cfr. (*ex pluribus*) i delitti di cui agli artt. 437, 451, 589, 590 c.p. (codice penale Rocco del 1930); draconiani anche i principi universali rinvenibili nel codice civile del '42: cfr., su tutti, il disposto dell'art. 2087 cc, a scolpire l'obbligazione di sicurezza in capo al datore di lavoro, e la sua coerente evoluzione giurisprudenziale (cd. "principio della massima sicurezza tecnicamente attuabile"); ma anche le fattispecie di natura contravvenzionale (punibili *ex se*, e sanabili a seguito di onerosa procedura estintiva solo a partire dal D.Lgs. 758/94), nascono nell'universo della cultura della colpa, della punizione e del castigo (cd. *blame culture*);

quale lo sfondo di questa cultura, a tutela di "interessi" il cui equilibrio è cruciale per l'interesse pubblico generale?

questi interessi sono le esigenze della "buona amministrazione della giustizia", con le descritte ed arcinote caratteristiche: l'azione penale è obbligatoria, e anzi il concetto base è una immanente presenza statuale (dove a rappresentare lo Stato sta il P.M. prima e il Giudicante poi) volta ad allocare responsabilità e colpe in capo ad individui e (dal 2001) enti; ciò, in un regime di segretezza assoluta prima (durante le indagini preliminari, *dominus* il magistrato del Pubblico Ministero) e con insurrogabile *discovery* degli atti tutti a garanzia dell'imputato poi, secondo precise e progressive tempistiche condizionate – anche – dalle scelte insindacabili di quest'ultimo;

a seguire, la partita processuale fra Stato e imputato segue le sue regole, la cui logica di fondo in ultima analisi (e a prescindere dalla natura *adversary* del modello di dibattimento adottato nel 1988, non discutendosi ad evidenza delle scelte epistemiche del legislatore italiano in materia di formazione della prova) non può che essere che in tutto e per tutto specialpreventiva; necessariamente afflittive o interdittive, *lato sensu* comportanti comunque una *deminutio capitis*, gioco forza, le sanzioni finalmente irrogate al termine dell'incontro;

insomma, la buona amministrazione della giustizia ordinaria risponde alle regole di un modello improntato al (più o meno) puro deontologismo;

in tema, insuperabile la definizione che del concetto in discussione ci viene da ABBAGNANO (Dizionario di filosofia, Torino, 2011): "Deontologismo" è "l'indirizzo proprio delle etiche deontologiche, ossia delle morali che prescrivono il rispetto categorico di determinati principi e doveri, a prescindere dalla considerazione vincolante delle loro conseguenze";

storicamente, tipico esempio di etica deontologica è ovviamente quella kantiana, paradigma che sublima poi nei modelli aretistici puri, che prescrivono il dovere per il dovere, a cercare un bene morale a monte dell'azione umana oggetto del giudizio.

Agli antipodi, l'universo della sicurezza (*occupational safety and health*), e lo spirito che anima e presiede alla cd. indagine di sicurezza; è uno spirito che penetra anche nell'ordinamento giuridico, a partire dai DPR degli anni '50 (in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro, nelle costruzioni, e di igiene del lavoro), con la direttiva quadro 391/89 (cui si dà attuazione con il D.Lgs 626/94) fino – per ora, conclusivamente – al TU 81/08 (e s.mm.ii.); esemplificando al massimo: dall'art. 2087 cc, all'art. 2 c. 1 lettera n del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 e s.m.i.: "prevenzione: il complesso delle disposizioni o misure necessarie anche secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'integrità dell'ambiente esterno"

Qui la filosofia di fondo, ad evidenza, è di segno antitetico.

E se il fine è, espressamente, quello della "prevenzione" (nella logica della consecuzione della salute e della sicurezza del lavorato-

re), l'obiettivo è quello immanente alla cd. "just culture"; concetto – quest'ultimo – già recepito a livello delle fonti di diritto derivato comunitario (cfr., ad esempio il regolamento UE della Commissione n. 691/10), nei termini precisi di cui immediatamente *infra*: "una cultura nella quale gli operatori di prima linea od altri non vengano puniti per azioni, omissioni o decisioni da essi adottate, che siano proporzionali alla loro esperienza ed addestramento, ma nella quale non sono tollerate colpe gravi, violazioni intenzionali o atti dolosi"; in materia, per tutti, cfr. Dekker, *Just Culture, balancing safety and accountability*, Ashgate, Sidney, 2012;

molto semplicemente, secondo i dettami della *just culture*, e dunque nella logica della pura prevenzione, la possibilità della *criminalization of a human error* (dove *lato sensu* per *criminalization* deve intendersi tanto l'indagine, quanto il processo e la pena) è accettata e prevista solo se e nella misura in cui resti confinata ai casi di *gross negligence or willful misconduct*;

diversamente, la pretesa di allocare colpe e responsabilità a diverso titolo (ossia, per intenderci, per condotte intrinsecamente e mai più che colpose *tout court*), per infliggere di conseguenza punizioni o pene, o comunque per farne discendere conseguenze pregiudizievoli per lo *status* dei soggetti giudicati responsabili, ineluttabilmente e ontologicamente confligge con la necessità che l'indagine su cause e motivi di un incidente sul lavoro, esclusivamente, sia deputata a "creare sicurezza" (*safety*) per il futuro;

in altre parole, a "prevenire" altri errori, nuove condotte imperite, ulteriori infortuni;

quali le regole interne, allora, di questo paradigma di investigazione?

Ebbene, proprio quelle che oggi,

importate in alcuni campi in forza della primazia del diritto dell'unione (si pensi al Regolamento UE 996/2010 in materia di indagini su incidente e disastri aerei, o all'art. 16 della L. 24/17 in materia di colpa medica), si atteggiano alla stregua di un corpo affatto estraneo all'interno del nostro sistema penalprocessuale;

innanzitutto, vige la facoltà di accesso incondizionato alle evidenze tutte da parte dell'investigatore di sicurezza, dentro di sé vincolato all'utilizzo a fini istruttori solo prevenzionistici, da ultimo finalizzati al miglioramento della sicurezza;

nessun segreto, poi, in questa indagine, a garanzia dell'inquisitore, così come nessuna tutela dei soggetti coinvolti (e del dichiarante in particolare: nessuna garanzia, in particolare, contro la cd *self incrimination*);

questo perché alla attività investigativa non seguirà alcun processo, né – in ultima analisi – l'irrogazione di sanzione alcuna;

soltanto, al termine di una *root cause analysis* effettuata sulla base della messe di dati acquisiti, vi sarà l'elaborazione di nuovi modelli di condotta (modelli deontici, quindi, senza che però questo comporti alcuna sfumatura di "giudizio"), modelli magari alternativi rispetto a quelli viziati dalle *failures* o dai *mistakes* che hanno condotto all'incidente e/o al disastro;

logica di fondo, in una parola, la generalprevenzione;

e allora, conclusivamente: l'interesse pubblico diverso costituito dalla "prevenzione di incidenti futuri" risponde appieno ai postulati teorici del cd. "conseguenzialismo", ovvero all'indirizzo proprio delle etiche teleologiche, "ossia delle morali che valutano e prescrivono le azioni in vista dei loro effetti" (Abbagnano, op. cit.);

campione eccellente del paradigma consequenzialistico è l'utilitarismo (da Epicuro, a Bentham, a Stuart

Mill, e più recentemente, con interessanti implicazioni in filosofia del diritto, a Hare), declinato in tutte e in ciascuna delle sue versioni possibili, ma sempre riconducibile e riducibile, a ben guardare, al tentativo strenuo di trasformare l'etica in una scienza positiva della condotta umana, prescindendo da qualsiasi pretesa di universalizzazione del giudizio morale e avendo riguardo, viceversa ed esclusivamente, alle conseguenze e agli effetti finali nel sistema;

non che manchi il concetto di regola, di "norma", nel cosmo concettuale dell'etica consequenzialistica, ed in particolare nell'utilitarismo: "un'azione è buona o cattiva se si conforma alla regola"; solo che "una regola è buona o cattiva a seconda che contribuisca o meno all'utilità comune" (così Harsanyi, l'utilitarista-economista a tutti noto);
ebbene, e conclusivamente ai nostri fini:

dal principio di responsabilità (indagine penale) al principio di precauzione (indagine di sicurezza): cfr., a livello di fonti europee di diritto primario il dettato dell'art. 191 par. 2 TFUE);

dal deontologismo al consequenzialismo, dalla polizia giudiziaria delegata dal P.M. agli ispettori in-

caricati dell'inchiesta di sicurezza; insomma: una contraddizione insanabile, una impossibile conciliazione degli opposti, una frattura culturale dalle profondissime radici ideologiche e filosofiche; e allora?

resta il principio della leale collaborazione (sempre) tenendo sempre a mente il motto del grandissimo Albert Einstein:

"siamo tutti ignoranti, ma per fortuna ignoriamo cose diverse".

Francesco Sferrazzo

Autorità Giudiziaria e Organi di vigilanza condividono il quotidiano uso del termine *PREVENZIONE* con un accezione in base alla funzione istituzionale che si necessita attribuire: general-preventiva, special-preventiva o comunque quell'insieme di interventi volti a ridurre la possibilità dell'accadimento di eventi lesivi della salute e sicurezza dei lavoratori.

La chiara finalità è ormai stata definita lungo i decenni di ordinamento securistico che ha già avuto evoluzioni importanti: certamente nella metà degli anni '90, con l'emanazione del D.Lgs. 626/94 e s.m.i. si passava da un modello con misure di tutela tabellate alla necessaria contestualizzazione da

parte del datore di lavoro dei rischi presenti in ogni sito.

L'attuale Decreto Legislativo 81/2008 prosegue tale orientamento facendo emergere in modo più chiaro le responsabilità degli attori sia interni che esterni alle aziende.

L'Organo di Vigilanza delle Aziende Sanitarie Locali deve tener a mente sia le esigenze legate alle funzioni proprie della Autorità Giudiziaria sia della programmazione Nazionale e Regionale delle prestazioni da erogare da parte del Sistema Sanitario.

Infatti il Piano Nazionale della Prevenzione 2014-2018 richiama fin dal suo incipit che alla tematica *tutela della sicurezza e della salute sui posti di lavoro*, oltre alla rilevanza etica, istituzionale e normativa, si aggiunge l'ulteriore aspetto dell'importanza sociale dell'esistenza del lavoro.

Viene affermato chiaramente che il contrasto degli infortuni e delle patologie lavoro correlate assume una valenza economica e sociale ancora più ampia di quella finora tradizionalmente assegnata, attraverso gli strumenti del controllo, della promozione e del sostegno.

Strumenti che devono essere efficaci e sincroni con il contesto giuridico e sociale in cui sono calati.

Aspetti legali ed assicurativi

E. Casolari*

* Aon S.p.A. Insurance & Reinsurance
Broker, Torino

Le innovazioni tecnologiche e nuovi rischi stanno influenzando la salute e la sicurezza occupazionali sui luoghi di lavoro.

In Italia, i datori di lavoro si tutelano con due principali coperture assicurative: l'Inail (Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro) obbligatoria e la **Garanzia di responsabilità** del datore di lavoro fornita dal mercato assicurativo privato.

Oltre alle polizze assicurative, un sistema dedicato alla gestione della sicurezza e della perdita di Prevenzione è un modo efficace per ridurre o eliminare gli infortuni sul lavoro e può fornire un punto di riferimento completo all'Executive Management delle aziende.

Parole chiave: assicurazione, infortuni, prevenzione delle perdite.

Legal and insurance aspects. Technological innovations and new risks are affecting the occupational health and safety of workplaces.

In Italy, employers protect themselves with two main insurance coverages: the compulsory Inail (Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro) and the Employer's Liability guarantee provided by the private insurance market.

In addition to insurance protections, a dedicated Safety and Loss Prevention Management System is an effective way to reduce or eliminate work related injuries and can provide a complete benchmark to the Corporations' Executive Management.

Keywords: Insurance, injuries, Loss Prevention.

Aspects juridiques et assurances. Les innovations technologiques et les nouveaux risques affectent la Santé et la Sécurité sur les lieux de travail.

En Italie, les employeurs sont protégés par deux principales couvertures d'assurance: l'Inail (Institut national d'assurance responsabilité professionnelle) et la Garantie de l'employeur sur la responsabilité fournie par le marché de l'assurance privée.

Outre les contrats d'assurance, un système dédié à la gestion de la sécurité et à la perte de prévention constitue un moyen efficace pour réduire ou éliminer les accidents du travail et peut fournir une référence complète à la direction générale des entreprises.

Mots clé: assurance, accidents du travail, prévention des pertes.

1. Foreword

New technologies are strictly connected to new or emerging risks and are impacting in various ways on the health and safety related to working places.

- Exasperation of the concept of competitiveness, depersonalization of work and job insecurity are relating to stress;
- Consciousness of the damage that the electromagnetic fields can produce
- Use and cultivation of GMOs
- Climatic changes are impacting on the type of construction and on heating and cooling services
- Environmental pollution is referring to new diseases
- Scarcity of traditional fuels rela-

ted to alternative energy with risks related to new technologies (e.g. Biomasses)

- Migration flows and workers coming from very different countries can produce an interchange of endemic diseases

2. Discussion

2.1. Employer's insurance protections

2.1.1. Inail

The National Institute for Insurance against Accidents at Work, is a public non-profit entity safeguarding workers against physical

injuries and occupational diseases.

Inail is the compulsory insurance for all employers hiring workers in the risky activities defined by law.

Inail protects workers against damages due to work related accidents and occupational diseases. This insurance releases the employer from liability resulting from the damage caused by his employees

2.1.2. Private Insurance: Employer's Liability (Responsabilità Civile Prestatori di lavoro – RCO)

The responsibility of the entrepreneur resulting from accidents at work or occupational diseases to employees expose the company to damages that cannot be predicted in advance. It follows that if the company wants to avoid significant fund immobilizations to hedge potential severe risks and protect the corporate image, it is forced to resort to private insurance for Employer's liability.

The coverage for Employer's liability guarantee is generally provided by the insurance market together with the General Third Party liability insurance as a dedicated section of the policy.

The Employer's liability coverage is protecting the entrepreneur for:

- the subrogation action carried out by Inail;
- the autonomous claim for compensation of the employee (or his survivors) by way of compensation for the differential damage and for what not cove-

Grading Section	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14	4.15	4.16	Total score
Plant 1	18	95	45	47	2	0	32	12	20	6	55	80	49	52	47	-75	485
Plant 2	18	65	35	25	10	8	57	15	15	8	35	56	65	20	50	0	482
Plant 3	20	175	70	60	10	5	60	13	50	10	55	76	64	87	50	0	805
Plant 4	20	175	55	60	10	16	60	12	50	10	100	70	70	80	50	0	838

Fig. 1. Plants' benchmark example.
Esempio di raccolta dati di un impianto.

red by the statutory insurance (i.e. Inail)

Employer's Liability policy is provided on an "All Risks" basis i.e. it covers all the events except the risks listed in the Exclusion clause (e.g. war, terrorism, nuclear risks, etc.).

It is important to notice that direct (or measured) costs arising from injuries at work are just a component of all the expenses that a company suffer: the indirect (or unmeasured) related costs can increase the total loss by up to 7 times the direct costs.

2.2. Safety Management and Loss Prevention

Particularly for multinational corporations with multiple of manufacturing sites, in addition to the statutory Health and Safety activities, an effective Safety and Loss Prevention Management System based on a grading tool could contribute to reduce or eliminate occupational injuries/illnesses.

The base of the activity is (i) a strong commitment at the executive management level, (ii) an effective standard and methodology and (iii) the involvement of a third party consultant acting as an external auditor surveying production plants and facilities.

The output of this activity will produce an occupational risk analysis based on a customized protocol and a set of recommendations for the plant management.

This approach could provide the Executive Management with a rating for each facility and a benchmark of the risk throughout the group.

Furthermore, this approach enables the Executive Management to establishes an "Action Plan" to reduce risk exposures for each location and to have a more precise allocation of investments where upgrading is needed

In addition, the sites benchmark can pinpoint common weaknesses throughout the group.

In the table 1 is reported an example of a Grading Risk Assessment for Safety for a manufacturing group in the automotive industry. Each section of the audit is scored according to the corporation's guidelines at the end of the section. A maximum score of 1000 points is possible and each section is graded as Blue (excellent), Green, Yellow or Red (poor) according to the points allocated for each criterium.

Such a methodology can produce an effective and efficient overview of the health and safety risk in the various manufacturing plants (Fig. 1).

The Grading tool can be custom-

Tab. 1. Grading tool example.
Esempio di uno strumento di classificazione.

#	Grading Section	Points
4.1	Written Health & Safety Policy	20
4.2	Health & Safety Goals & Objectives	265
4.3	Safety Process Integration	100
4.4	Risk Assessment Process	60
4.5	Confined Space Entry	10
4.6	Control of Hazardous Energy	20
4.7	Communication of Chemical	15
4.8	Mechanical Safety	20
4.9	Ergonomics	50
4.10	Occupational Health	10
4.11	Employee Involvement	100
4.12	Safety Training	80
4.13	Inspections & Observations	100
4.14	Accident Investigations	100
4.15	Occupational Injury Management	50
4.16	H & S Legal Requirements	0
	Total Points	1000

ized according to the industry and the risk assessment that have to be conducted in advance together with the analysis of the claims history of the corporation.

Acknowledgements

Special thanks to avv. Giovanni Lageard and to Prof. Mario Patrucco.

Evolution of management in the quality of OS&H up to ISO 45001

Paolo Bisio*

* Dipartimento certificazione –
ispettore SCR, ASL AL – Servizio
Prevenzione e Protezione

Accidents and fatalities at work have always had a huge social and economic impact. In recent years the phenomenon in Italy does not seem to regress, indeed, the official data of fatality at work report a significant increase; this notwithstanding the widespread legislative activity both at European and national level.

An element of potential improvement is the adoption of a health and safety management system, cited by European and national legislative provisions and regulated by international standards; the recent publication of the UNI ISO 45001: 2018 "Management systems for health and safety at work – requirements for use" allows this opportunity to be developed.

The purpose of an OS&H management system is to provide a framework and a model for the management of injury prevention and health problems; as for all management systems, a cyclic model is adopted (based on the so-called Deming or PDCA cycle – Plan, Do, Check, Act) aimed at the continuous improvement of health and safety conditions in workplaces.

Furthermore, the management of the safety inserted and integrated into the overall management of the companies can generate a new model of sustainable competitiveness that must be sustained and pursued.

Keywords: management system, health and safety, ISO 45001.

Evoluzione della gestione in qualità della OS&H sino a ISO 45001. Infortuni ed incidenti nei luoghi di lavoro hanno da sempre un impatto sociale ed economico di grandissima entità. Negli ultimi anni il fenomeno in Italia non pare regredire, anzi, i dati ufficiali delle morti sul lavoro riportano un incremento significativo; ciò non ostante la diffusa attività legislativa sia a livello europeo che nazionale.

Un elemento di potenziale miglioramento è l'adozione di un sistema di gestione della salute e della sicurezza, citato da provvedimenti legislativi nazionali e regolamentato da norme internazionali; la recente pubblicazione della norma UNI ISO 45001:2018 "Sistemi di gestione per la salute e sicurezza sul lavoro – requisiti per l'uso" consente di sviluppare tale opportunità.

Lo scopo di un sistema di gestione OS&H è quello di fornire un quadro ed un modello per la gestione della prevenzione delle lesioni e dei problemi di salute; come per tutti i sistemi di gestione, viene adottato un modello ciclico (basato sul cosiddetto ciclo di Deming o PDCA – Plan, Do, Check, Act) indirizzato al miglioramento continuo delle condizioni di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

La gestione della sicurezza inserita e integrata nella gestione complessiva delle aziende può inoltre generare un nuovo modello di competitività sostenibile che occorre sostenere e perseguire.

Parole chiave: sistema di gestione, salute e sicurezza, ISO 45001.

Évolution de la gestion en qualité de l'OS&H jusqu'à ISO 45001. Les accidents et les décès sur le lieu de travail ont toujours eu un impact social et économique énorme. Ces dernières années, le phénomène en Italie ne semble pas régresser, en effet, ceci en dépit de l'activité législative généralisée tant au niveau européen qu'au niveau national.

Un élément d'amélioration potentielle est l'adoption d'un système de gestion de la santé et de la sécurité, cité par la législation nationale et réglementé par les normes internationales; la publication récente d'UNI ISO 45001: 2018 « Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail – Exigences et lignes directrices pour leur utilisation » permet de développer cette opportunité.

Le but d'un système de gestion OS&H est de fournir un cadre et un modèle pour la gestion de la prévention des blessures et des problèmes de santé; comme pour tous les systèmes de gestion, un modèle cyclique est adopté (basé sur le Cycle du Deming ou PDCA – Plan, Do, Check, Act) visant à l'amélioration continue des conditions de santé et de sécurité sur les lieux de travail.

En outre, la gestion de la sécurité insérée et intégrée dans la gestion globale des entreprises peut générer un nouveau modèle de compétitivité durable qui doit être soutenu et poursuivi.

Mots clés: système de management, santé et sécurité, ISO 45001.

1. The recent Italian situation

The official data of fatality at work for the year 2017 describe an increase of 1.1% compared to 2016, and 2018 began with a similar, dramatic trend.

The reasons, economic and social, are obviously complex:

- The workforce has increased as a result of the economic recovery, but the labor force has increased the level of provisionality and age, these aspects often translatable into poor and / or inadequate of training.
- Over 80% of accidents happen in small and medium-sized companies, where less investment is dedicated to prevention.
- Production is restarted using machines and plants that are not up-to-date, at least in smaller companies (the Industry 4.0 incentive plan for the replacement of obsolete machinery and the INAIL project for the replacement of machines and tractors, cause of many accidents in agriculture).
- Again, for small companies, safety investments are often seen as an unsustainable or even inappropriate cost.
- The monitoring actions (also due to fragmentation of skills and staff shortages) are not frequent, even if it is repeated that "2 companies out of 3 irregular consecutive inspection" (Ispettorato Nazionale del Lavoro, 2018).
- State and regional investments in prevention are increasingly reduced and there are few Regions that reach the prescribed 5% of expenditure legally requi-

red for prevention in the living and working environments.

2. The european union

The European Commission's strategic objective is "to grant a safe and healthy work environment for over 217 million workers in the EU": preventing risks and improving health and safety conditions in the workplace is essential not only to improve quality and working conditions, but also to promote competitiveness.

In this perspective, the EU has operated over the years both through its own laws (related the most critical professional risks and identifying common rules adopted by the Member States in relation to specific national situations) and through multi-annual action programs and European strategies. (to identify common priorities and objectives, provide a framework for coordinating national policies and promoting a holistic approach to the Culture of Prevention).

It is also important the contribution made by the technical standard, CEN and CENELEC, to support the European Product Directives (which identify in the harmonized standards the presumption of conformity to the essential safety, to reach health protection requirements) and support activities of the European social directives and the deriving national legislation, focusing on general and specific aspects of health and safety at work.

3. Organizational and management models in Italy

In 2001, the Legislative Decree n.231 regulated the "administrative liability of institutions"

(joint-stock companies, but also cooperative societies, associations with and without legal personality, public economic bodies, private bodies concessionaires of a public service, etc.).

The law provided heavy penalties, both pecuniary and interdiction from economic activity, for subjects (top or not) of the company committing crimes such as corruption, bribery and others.

They are listed in the law n. 123/2007 and the Legislative Decree 81/08 e s.m.i. to extend the scope of application of Legislative Decree 231/01 to the crimes of "culpable homicide and serious or very serious negligence, committed with violation of the rules on the protection of hygiene and safety on work" (Articles 689 and 690 of the Penal Code).

A necessary condition for the recognition of administrative responsibility is, among other prerequisites, that the offense has been committed in the interests of the institution or to its advantage.

In the case of crimes of negligent homicide and serious or very serious negligence, committed with violation of the rules for the protection of hygiene and safety at work, the opinion of the jurists identifies the "advantage or interest" in saving money avoiding to implement the Measures of prevention and protection.

In order to avoid injuries and resulting penalties envisaged in terms of administrative responsibility, the legislator suggests the adoption of an organizational, management and control model.

In the text of Legislative Decree 231/01 there are not indications about the elements constituting this model of organization and control (referring, rather, to future lines of direction issued by employers' associations and communicated to the Ministry of Justice).

More precise is the Legislative Decree 81/08 e s.m.i., which in art.

30 identifies some requirements of the models suitable for preventing crimes related to health and safety at work, explicitly mentioning the BS OHSAS 18001: 2007 standard and the UNI-INAIL guidelines (documents describing Occupational health and safety management systems – SGSL) as compliant, for the corresponding parties, in providing an organizational model that can claim "exemplary effectiveness", ie the non-application of sanctions of administrative responsibility to the entity in question.

The approach obviously can not be aimed at limiting the responsibilities of the top management and it is not possible to forget that the safety management systems have as their purpose the prevention of occupational accidents and illnesses, while the organizational models D Lgs. 231/01 are functional to the prevention of crimes, but the experience shows this organizational approach in the workplace is effective even for the safety.

The recent publication in March 2018 "Accredia Observatory, workplace safety and certification" (report on the administration of a questionnaire to the safety managers and management of 311 companies certified according to the OHSAS 18001 standard) highlights a greater effectiveness of the preventive policies, attested by a reduction in injuries and their severity, in companies that adopt certified management systems under accreditation.

4. Evolution of the SSL management systems and ISO 45001: 2018

According to the Guidelines for a management system of health and safety at work – SGSL published by UNI in 2001 "a management system of health and safety at work

integrates health and safety objectives and policies in the design and management of work and production chains of goods and services. The SGSL defines how to identify, within the corporate organizational structure, the responsibilities, procedures, processes and resources for the implementation of the company's prevention policy, in compliance with current health and safety regulations “.

Management systems adopt a cyclic model (based on the so-called Deming or PDCA cycle – Plan, Do, Check, Act) aimed at the continuous improvement of in workplaces and structured with the following steps:

- definition of a policy that defines the SSL objectives;
- identification of a functional organization chart, with assignment of tasks and responsibilities to personnel with adequate skills and training;
- risk assessment and consequent planning of activities;
- identification of quantified objectives and preparation of a program for implementation;
- drafting of operating procedures for the implementation of activities involving risks;
- systematic and continuous involvement of staff and workers' representatives;
- periodic control of the organizational system;
- systematic review of the system itself.

The purpose of a health and safety management system is to provide a framework for the management of injury and health problem prevention; its implementation can represent a strategic decision.

The first proposal of an ISO standard on occupational health and safety management systems is from the 1980s.

In Italy we start talking about the SSL management systems between 1996 (date of publication of the British standard BS 8800) and 2001

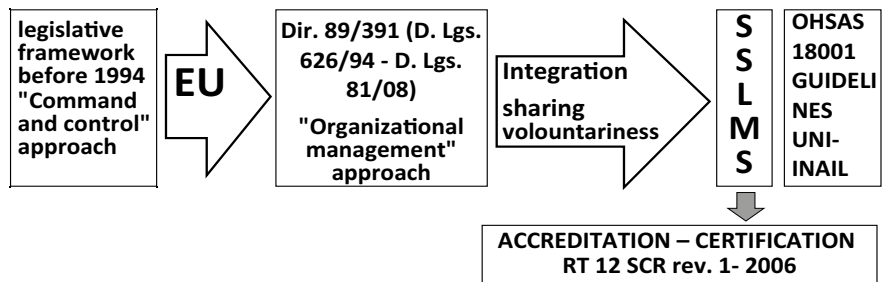


Fig. 1. Legislative evolution from the 50's to the OHSAS 18001.
Evoluzione legislativa dagli anni 50 alla OHSAS 18001.

(publication of the “Guidelines for a Health and Safety Management System at Work – SGSLs”) (Fig. 1).

The related certification takes place under the aegis of Accredia, the only Italian accreditation body deriving from the merger of SIN-CERT, and according to the technical regulation RT 12.

The evolution of BS OHSAS 18001 into a new globally shared standard has represented a long path, started in 2013 in ISO with the establishment of the Project Committee (ISO / PC 238) with the aim of drafting a standard on SGSL and concluded in February 2018 with the publication of the new ISO 45001 standard “Occupational Health & Safety Management Systems – Requirements with guidance for use” (implemented in Italy in March 2018 as UNI EN ISO 45001) (Fig. 2).

According to ACCREDIA data, in Italy there are 27 Conformity Assessment Bodies – CAB accredited for OHS & MS, which manage over 15,000 OHSAS 18001 certifications under ACCREDIA control; there are also a large number of certificates released by other national Accred-

itation Bodies – AB, which do not apply the additional requirements of the technical regulation RT-12. In order to ensure the uniformity at European level of the application of the certification rules by the Bodies, EA-3/13 M: 2016 was elaborated in EA (European Accreditation), that will lead to withdrawal of the RT-12 regulation (Fig. 3).

In January 2018, the IAF (International Accreditation Forum) also published two important documents:

- IAF MD 21: 2018, containing the indications for the migration to ISO 45001: 2018 from OHSAS 18001: 2007
- IAF MD 22: 2018, for the consistent application of ISO / IEC 17021-1 for the accreditation of Certification Bodies that provide certification of management systems for health and safety at work

ISO 45001 has the so-called “High-Level Structure” for reasons of standardization, ie it has the same structure as the other management systems (quality and environment), the same use of texts and terminology, more

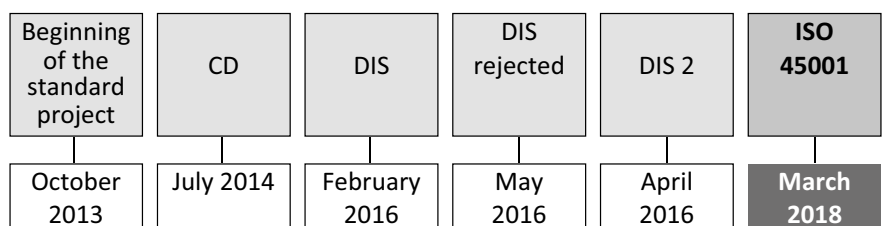


Fig. 2. Chronology of the drafting work of the standard ISO 45001.
Cronologia dei lavori di redazione della norma ISO 45001.

June 20 th , 2016	December 20 th , 2016	From December 15 th , 2016 to June 20 th , 2019	June 21 st , 2019
Posted the document EA 3/13 M:2016	Posted the circular ACCREDIA N. 34	The certifications issued according to both RT 12 and EA 3/13 are valid certificates issued by CABs, also on the date following the circular the reference to the Technical Regulation RT 12 can still be reported The certificates issued according to the rules of EA 3/13 must not bear the reference to the RT-12. The reference to the certificate at EA 3/13 M: 2016 is optional	Certificates with a later deadline as of 20 June 2019, must be reissued by deleting the reference at RT-12, or they will have to report a statement clarifying that, from 21 June 2019, RT12 is no longer applied Certifications accredited in accordance with Technical Regulation RT 12 will no longer be valid, and the RT-12 Regulation will be withdrawn

Fig. 3. Certification status according to ISO 45001 within Accredia.
Stato delle certificazioni secondo ISO 45001 in ambito ACCREDIA.

efficient application of integrated management systems; is structured according to the points:

1. Scope of application
2. Normative references
3. Terms and definitions
4. Context of the organization
5. Leadership

6. Planning
7. Support
8. Operations
9. Performance evaluation
10. Improvement

It is based on the "Plan-Do-Check-Act" model and, starting from the new ISO rules for the development

of international standards for management systems, assigns a significant importance to the so-called context of the organization.

Health and safety at work become central aspects of the entire management system and this requires a substantial commitment on the part of top management.

A news compared to the previous OHSAS 18001 is that the organization must clearly identify and describe the opportunities for improvement of health and safety at work in an autonomous process.

The management system complying with the ISO 45001 specifications must therefore be able to:

- establish, implement and maintain an occupational health and safety management system to improve health and safety at work, eliminate or minimize OH&S risks and address non-compliance of the H&S management system associated with his activities;
- continuously improve the performance of the H&S and the fulfillment of its OH&S objectives (Fig. 4).

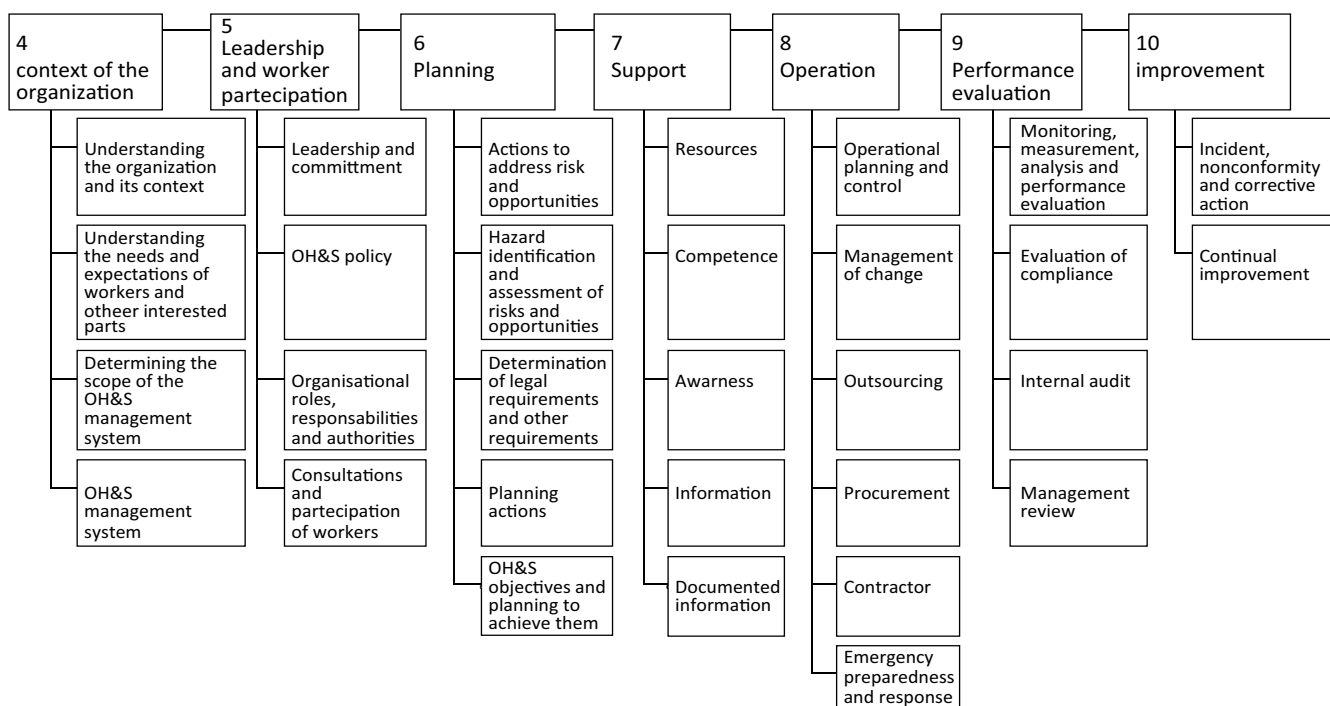


Fig. 4. Structure of ISO 45001 according to the PDCA model.
Struttura della ISO 45001 secondo il modello PDCA.

5. Main differences between BS OHSAS 18001:2007 and ISO 45001:2018

ISO 45001:2017		BS OHSAS 18001:2007	
1	Scope	1	Scope
2	Normative reference	2	Reference publications
3	Terms and definitions	3	Terms and definitions
4	Context of the organization		
4.1	Understanding the organization and its context		
4.2	Understanding the needs and expectations of workers and other interested parts		
4.3	Determining the scope of the OH&S management system		
4.4	OH&S management system		
5	Leadership and worker participation		
5.1	Leadership and commitment		
5.2	OH&S policy	4.2	Policy
5.3	Organizational roles, responsibilities and authorities	4.4.1	Resources, roles, responsibility, accountability and authority
5.4	Consultations and participation of workers	4.4.3	Communication, participation and consultation
6	Planning	4.3	Planning
6.1	Actions to address risk and opportunities – General – Hazard identification and assessment of risks and opportunities – Determination of legal requirements and other requirements – Planning actions	4.3.1	Hazard identifications, risk assessment and determining controls
6.2	OH&S objectives and planning to achieve them 6.2.1 OH&S objectives 6.2.2 Planning to achieve OH&S objectives	4.3.2	Legal and other requirements
		4.3.3	Objectives and program
7	Support		
7.1	Resources	4.4.1	Resources, roles responsibility
7.2	Competence	4.4.2	Competence, training and awareness
7.3	Awareness		
7.4	Communication	4.4.3	Communication, participation and consultation
7.5	Documented information – General – Creating and updating – Control of documented information	4.4.4	Documentation
		4.4.5	Control of documents
		4.5.4	Control of records
8	Operation		
8.1	Operational planning and control – General – Eliminating hazards and reducing OH&S risks – Management of change – Outsourcing – Procurement – Contractors	4.4.6	Operational control
		4.3.1	Hazard identifications, risk assessment and determining controls
8.2	Emergency preparedness and response	4.4.7	Emergency preparedness and response
9	Performance evaluation		
9.1	Monitoring, measurement, analysis and performance evaluation – General – Evaluation of compliance	4.5.1	Performance measurement and monitoring
		4.5.2	Evaluation of compliance
9.2	Internal audit – General – Internal audit program	4.5.5	Internal audit
9.3	Management review	4.6	Management review
10	Improvement		
10.1	General	4.3.3	Objectives and program
10.2	Incident, nonconformity and corrective action	4.5.3	Incident investigations, nonconformity, corrective action and preventive action
10.3	Continual improvement		

6. Industry 4.0

The Italian government, through the National Industry 4.0 plan, aimed to boost technological innovation to drive investments and productivity: "Industry 4.0" is an opportunity to develop enabling technologies and aimed at obtaining, as expected benefits, improvement in production flexibility, control on speed from prototype to mass production, reduction of set-up times, better quality and therefore expected waste, more competitiveness.

With Industry 4.0, a sort of "fourth industrial revolution", a process that is still going on and should lead to a fully automated and interconnected industrial production; the integration of information technology and communication with production processes and their advanced automation will have economic repercussions and consequences on a social level, but the effects of the protection of health and safety in the workplace will also be important.

The adoption of new technologies and their integration, also favored by tax benefits, will have to lead to an improvement in work not only in its various economic implications, but also in terms of health and safety.

In this sense, point 5 of ISO 45001 is aimed at implementing the objective of strengthening the relationship between health and safety management and the organization's core business.

The integration of the business strategies and priorities of the organization can not be achieved except through greater involvement and commitment of Top Management and the exercise of a strong leadership to support the rooting of the organization's health and safety commitments.

7. Conclusions

The expected innovations in terms of advantages for management systems following ISO 45001: 2018 are (Patrucco et al., 2018) therefore:

- Integration: the standard is structured to develop a true integrated management system among the company processes. This means slenderness, speed, integration of objectives, logic and decision-making and monitoring flows (effectiveness and efficiency merged together).
- Strategy: the analysis of the context of a company is unique (integrated with the 9001 and 14001) and reports all the scenarios in which the organization operates. It can be a strategic instrument of governance that allows to obtain the third characteristic element of management systems: sustainability.
- Risk management orientation: the standard is aligned with the structure of ISO 31000 for the 360-degree management.

For those already applying the current editions of the standards 9001 and 14001, the innovations introduced (context, leadership, risk analysis) are already known and in many cases already analyzed and managed; the analysis of the context made for the quality or the environment can not avoid considering the security elements linked to the context.

Author's hope is to use the models as a tool to improve the company's performance and not as simple compliance required or suggested by customers or marketing needs.

The economy rewards companies that are competitive in ideas and in process management: effectiveness, efficiency and sustainability. The rules help to put these principles into practice.

References

- Decreto legislativo 8 giugno 2001 n.231 Disciplina della responsabilità amministrativa delle persone giuridiche, delle società e delle associazioni anche prive di personalità giuridica, a norma dell'articolo 11 della legge 29 settembre 2000, n. 300. (GU Serie Generale n. 140 del 19/06/2001).
- Decreto legislativo 9 aprile 2008 n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. (GU Serie Generale n.101 del 30/04/2008 – S.O.n. 108).
- INAIL – Linee guida per un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro – settembre 2001.
- Ispettorato Nazionale del Lavoro – Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali: Rapporto Annuale dell'Attività di Vigilanza 2017 – 2018.
- Ministero dello Sviluppo Economico – Piano nazionale industria 4.0 – 2017.
- Patrucco M., Bisio P., Nebbia R., 2018. Tips on Occupational Safety and Health – OS&H, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 153, pp.88-89, ISSN 1121-9041.

Reference to technical standards

- SINCERT RT-12:2006 "Prescrizioni per l'accreditamento degli Organismi di Certificazione operanti la certificazione dei sistemi di gestione per la salute e la sicurezza dei lavoratori rev.01".
- UNI ISO 45001:2018 "Sistemi di gestione per la salute e sicurezza sul lavoro – Requisiti e guida per l'uso".
- EA European Accreditation EA – 3/13 M:2016 "Document on the Application of ISO/IEC 17021-1 for the Certification of Occupational Health and Safety Management Systems".
- IAF MD 21:2018 "Mandatory Doc-

ument Requirements for the Migration to ISO 45001:2018 from OHSAS 18001:2007".
IAF MD 22:2018 "Mandatory Document Application of ISO/IEC 17021-1 for the Certification of Occupational Health and Safety Management Systems (OH&SMS)".

Sitography

<https://www.inail.it/cs/internet/attivita/dati-e-statistiche.html> – accessed on 20/04/2018
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=LEGIS-SUM%3A170904_I – accessed on

20/04/2018
http://services.accredia.it/ppsearch/accredia_orgmask.jsp?ID_LINK=1733&area=310 - accessed on 20/04/2018

Scenari di incidente rilevante e gestione S&H negli ambienti di vita e di lavoro. Vecchi problemi e nuove sfide

Quando si prendono in considerazione gli scenari di incidenti rilevanti, si stanno considerando gli effetti di eventi di grande entità che diano luogo a un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o l'ambiente, all'interno o all'esterno dell'area produttiva o di deposito a causa della presenza in quantità elevate di una o più sostanze pericolose. Eventi di questo tipo, salvo casi eccezionali, hanno sempre avuto conseguenze importanti anche dal punto di vista della salute e sicurezza degli operatori d'impianto e dell'ambiente.

Nell'articolo si sono quindi discusse alcune annose carenze che caratterizzano l'applicazione della normativa alle attività a rischio di incidente rilevante, che possono portare alla sottovalutazione di alcuni fattori di rischio (leggi rischi di origine naturale) o all'incremento delle potenziali conseguenze degli incidenti (mancato controllo del territorio).

Sono inoltre state individuate nuove sfide e opportunità, che devono essere affrontate, quali l'invecchiamento della popolazione lavorativa e degli impianti e l'adattamento ai cambiamenti climatici e ai loro effetti sul territorio, nonché le opportunità derivanti dallo sviluppo tecnologico in atto, che possono supportare operatori e gestori d'impianto a esercire le proprie attività minimizzando gli impatti per la salute e sicurezza degli operatori e dell'ambiente circostante.

Parole chiave: Scenari di Incidente Rilevante; Valutazione e Gestione dei Rischi, Impatti sulla Salute e Sicurezza; Impatti sull'Ambiente.

Major risk accident scenarios and the related H&S management in living and working environments. Old problems and new challenges. When major accident scenarios are considered, the effects of major events which give rise to a serious, immediate or deferred danger to human health or the environment, inside or outside the production or storage area due to the presence in high quantities of one or more dangerous substances are being considered. Events of this type, except in exceptional cases, have always had important consequences also from the point of view of the health and safety of plant operators and the environment. The article then discussed some long-standing weaknesses that characterize the application of the legislation to activities at risk of a major accident, which may lead to the underestimation of some risk factors (natural hazards) or the increase in potential consequences of accidents (lack of control of the territory).

New challenges and opportunities have also been identified, which must be addressed, such as the aging of working population and facilities and the adaptation to climate change and its effects on the territory, as well as opportunities arising from ongoing technological development, which can support operators and managers to carry out their activities minimizing the impacts on the health and safety of operators and the surroundings.

Keywords: Major accident scenarios; Risk Assessment and Management; Impacts on Operators' Health and Safety; Impacts on the Environment.

Scénarios d'accidents majeurs et gestion S&H dans les milieux de vie et de travail. Anciens problèmes et nouveaux défis. Lorsque vous prenez en compte les scénarios d'incidents majeurs, vous envisagez les effets d'événements à grande échelle donnant lieu à un danger grave, immédiat ou retardé, pour la santé humaine ou l'environnement, soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone de production en raison de la présence d'une ou plusieurs substances dangereuses en grandes quantités. Événements de ce type, sauf pour les cas exceptionnels, ont toujours eu des conséquences importantes aussi du point de vue de la santé et de la sécurité des exploitants d'usines et de l'environnement. L'article aborde donc quelques lacunes de longue date qui caractérisent l'application de la législation aux activités à risque d'un accident majeur, ce qui peut conduire à une sous-évaluation de certains facteurs de risque (voir risques d'origine naturelle) ou l'augmentation du potentiel conséquences des

Micaela Demichela*
Gabriele Baldissone*
Marina Clerico**

* DISAT, Dip. Scienza Applicata e
Tecnologia, Politecnico di Torino,
Italia

** DIATI, Dip. Ingegneria Ambiente,
Territorio Infrastrutture, Politecnico
di Torino, Italia

1. Introduzione

Quando si prendono in considerazione gli scenari di incidenti rilevanti, si stanno considerando gli effetti di eventi di grande entità, dovuti a sviluppi incontrollati che si verifichino durante l'attività di uno stabilimento o un deposito soggetto alla cosiddetta Direttiva Seveso e che diano luogo a un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o l'ambiente, all'interno o all'esterno dell'area produttiva o di deposito a causa della presenza in quantità elevate di una o più sostanze pericolose. Eventi di questo tipo, salvo casi eccezionali, hanno sempre avuto conseguenze importanti anche dal punto di vista della salute e sicurezza degli operatori d'impianto.

Le attività in cui possano verificarsi gli incidenti rilevanti sono dunque assoggettate a una normativa dedicata, la cosiddetta Direttiva "Seveso", inizialmente introdotta nel 1982 (Direttiva 82/501/EEC), che si è sviluppata nel corso degli anni, includendo via via fattori di pericolo che emergevano a seguito di incidenti.

Ad esempio, come sintetizzato nella figura 1, a seguito dell'incidente di Baia Mare, in Romania del 30 gennaio 2000, ove, dopo 23 ore di piogge abbondanti, si verificò il cedimento di una diga di un bacino di decantazione di una miniera d'oro a seguito del quale oltre 100.000 m³ di materiale minerario com-

accidents (non-contrôle du territoire). De nouveaux défis et opportunités ont également été identifiés, qui doivent être abordés, comme le vieillissement de la population active et des plantes et l'adaptation aux changements et leurs effets sur le territoire ainsi que les opportunités découlant du développement technologique qui peuvent soutenir les opérateurs et les gestionnaires d'usine dans l'exploitation de leurs propres activités minimisant les impacts sur la santé et la sécurité des opérateurs et de l'environnement environnant.

Mots clé: Scénarios d'accidents majeurs; L'évaluation et la gestion des risques, les impacts sur Santé et Sécurité; Impacts sur l'environnement.

prendente metalli pesanti uniti a cianuro di sodio fuoriuscirono dal bacino di decantazione e confluirono nei corsi d'acqua confluenti nel Danubio provocando una catastrofe ambientale, la Direttiva Seveso fu emendata per introdurre anche le sostanze potenzialmente pericolose per l'ambiente nel novero di quelle da considerare ai fini della classificazione delle attività, nonché alcune attività minerarie dapprima escluse.

Il 4 luglio 2012 è stata emanata, dal Parlamento europeo e dal Consiglio dell'Unione europea, la direttiva 2012/18/UE ("Seveso III") sul controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose. Questo provvedimento sostituisce integralmente, a parti-

re dal 1° giugno 2015, le direttive precedenti (96/82/CE (cd. "Seveso II"), recepita in Italia con il D.Lgs 334/99, e direttiva 2003/105/CE, recepita con il D.Lgs. 238/05).

L'aggiornamento della normativa comunitaria è stato in questo caso indotto dalla necessità di adeguare la disciplina al recente cambiamento del sistema di classificazione delle sostanze chimiche. Tale cambiamento è stato introdotto con il regolamento CE n. 1272/2008, relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele, al fine di armonizzare il sistema di individuazione e catalogazione dei prodotti chimici all'interno dell'Unione europea con quello adottato a livello internazionale in

ambito ONU (GHS – Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals).

Oltre a quanto sopra, la "Seveso III" è stata promulgata con l'intenzione di:

- migliorare e aggiornare la direttiva in base alle esperienze acquisite con la Seveso II, in particolare per quanto riguarda le misure di controllo degli stabilimenti interessati e semplificarne l'attuazione;
- garantire ai cittadini coinvolti un migliore accesso all'informazione sui rischi dovuti alle attività dei vicini impianti industriali "Seveso" e su come comportarsi in caso di incidente;
- garantire la possibilità di partecipare alle decisioni relative agli insediamenti nelle aree a rischio di incidente rilevante e la possibilità di avviare azioni legali, per i cittadini ai quali non siano state fornite adeguate informazioni o possibilità di partecipazione, in applicazione della Convenzione di Aarhus del 1998.

Il 26 giugno 2015, con l'ema-

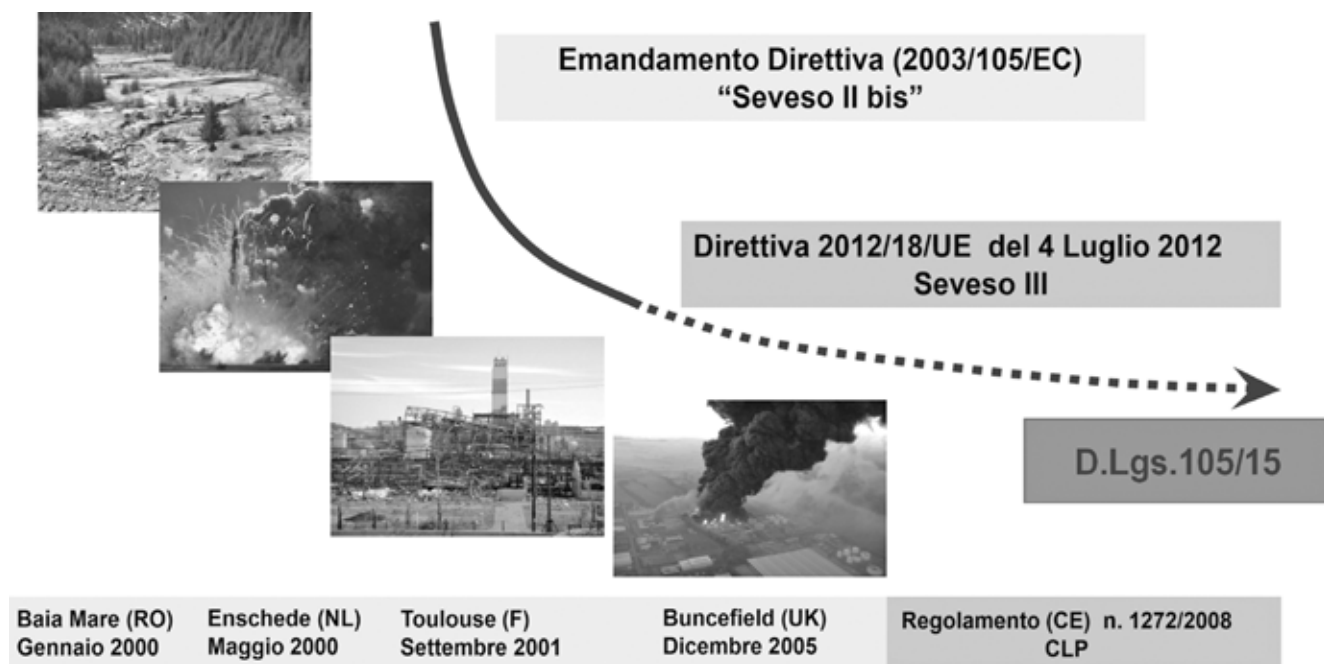


Fig. I. L'evoluzione recente della normativa Seveso.
Seveso Directive recent evolution.

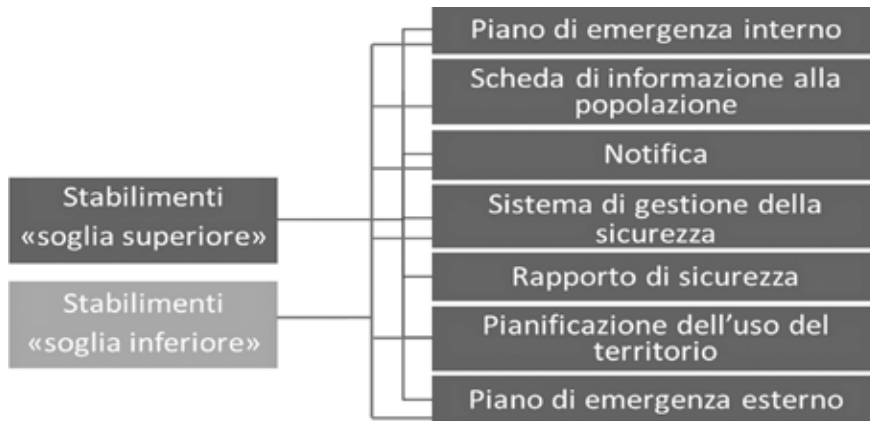


Fig. 2. Adempimenti per le attività classificate a pericolo di incidente rilevante.
Major risk activities obligations.

nazione del decreto legislativo n. 105, l'Italia ha recepito la direttiva 2012/18/UE.

Le attività che potenzialmente possono portare a scenari di incidente rilevante sono assoggettate a una serie di obblighi normativi che sono riassunti nella figura 2, più onerosi o meno a seconda dei quantitativi detenuti.

2. La valutazione dei rischi

Gli adempimenti di cui alla figura 2 costituiscono un importante obbligo di sviluppo analitico e documentale, che parte dall'analisi dei rischi e utilizza le risultanze

ai fini della gestione in sicurezza delle operazioni, delle emergenze e del territorio.

La valutazione dei rischi per le attività a rischio di incidente rilevante deve essere condotta in modo quantitativo, ovvero, partendo dalla definizione di "rischio tecnologico" come

$$R = F \times M$$

dove F è la frequenza attesa di un evento indesiderato e M la gravità dell'evento, secondo la definizione introdotta da Rasmussen (1974), sia F che M devono essere quantificati, per esempio in termini di incidenti attesi all'anno e vittime per incidente.

Come riassunto nella figura 3, la valutazione dei rischi è quindi

lo strumento a supporto delle decisioni e, il rischio, il criterio dimensionante, per tutti i processi coinvolti: la gestione operativa dell'attività; il sistema di gestione della sicurezza, come discusso in Demichela *et al.* (2004) e Demichela *et al.* (2018); la pianificazione dell'emergenza, come in Brown & Dunn (2007) e del territorio, come descritto in Pilone & Demichela (2018).

3. Vecchi problemi...

La valutazione dei rischi di cui al paragrafo precedente riguarda i potenziali incidenti rilevanti, che secondo la definizione stessa data dalla normativa, riportata di seguito come da Decreto (art. 3, comma 1, lett. "o" D.Lgs 105/2015), sono da intendersi:

o) «incidente rilevante»: un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verifichino durante l'attività di uno stabilimento soggetto al presente decreto e che dia luogo a un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose;

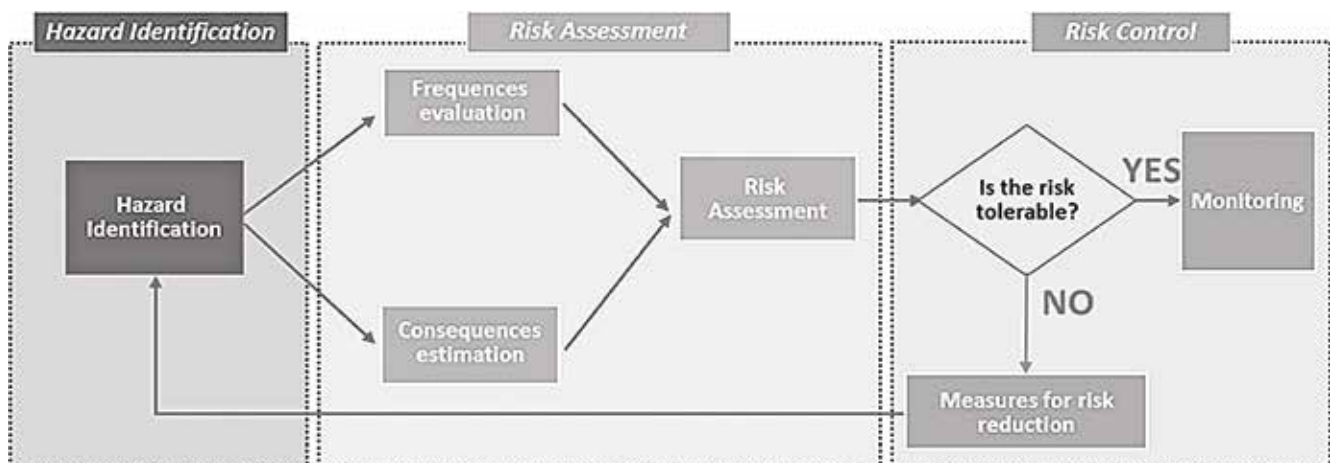


Fig. 3. Procedura per la valutazione e gestione del rischio tecnologico
Technological risk assessment procedure.

Gli eventi di grande entità sono spesso iniziati da eventi di entità minore, che ricadono usualmente nell'ambito della salute e sicurezza sul lavoro. Da qui emerge uno dei principali problemi nell'applicazione della Seveso, la sostanziale separazione tra la valutazione e gestione dei rischi occupazionali e quelli legati ai grandi rischi (Cavalero D. *et al.*, 2002).

Le conseguenze di tale separazione risultano in uno sdoppiamento delle attività di valutazione e gestione, spesso perdendo in coerenza e congruenza, nonché in efficacia nell'individuazione delle potenziali cause iniziatrici degli eventi incidentali.

Questo problema sarà probabilmente parzialmente superato con l'emissione della norma ISO 45001:2018, che dovrebbe permettere di gestire in sicurezza sia i rischi per la salute e sicurezza derivanti dalla normale operatività delle attività, sia i rischi potenziali di incidenti rilevanti.

Un altro problema non ancora risolto è legato alla localizzazione delle aziende a rischio di incidente rilevante. Numerosi incidenti occorsi avrebbero avuto impatti minori se l'azienda fosse stata localizzata in aree meno abitate. Con il D.M. 9 maggio 2001 "*Requisiti minimi in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante*", si è parzialmente affrontato questo problema per le nuove attività assoggettate alla Direttiva Seveso, o per l'utilizzo del territorio intorno ad aziende pre-esistenti. Resta comunque insoluto il problema per le aziende pre-esistenti e le costruzioni edificate prima che un controllo più attento del territorio fosse attuato.

Un problema del tutto analogo si può rilevare per la mutua interazione tra le aziende a rischio di incidente rilevante e le parti di territorio vulnerabili dal punto

di vista ambientale e tra i rischi naturali nelle aree ove le aziende sono localizzate e le aziende stesse, con lo sviluppo di incidenti tecnologici di origine naturale. Quest'ultimo aspetto è ormai preso in considerazione anche nella valutazione dei rischi per le aziende a rischio di incidente, con il nome di rischi "NaTech" per il quali sono stati sviluppati diversi metodi di analisi e approcci, a partire da Krausmann (Krausmann *et al.*, 2011).

4. ... e nuove sfide e opportunità

I rischi NaTech, di cui sopra, ricadono tra i cosiddetti "Rischi emergenti", poiché il cambiamento climatico in atto sta modificando i parametri sia climatici, sia ambientali sulla base dei quali gli impianti erano stati progettati, gestiti e mantenuti e gli scenari incidentali simulati nell'ambito delle valutazioni dei rischi per identificare le possibili conseguenze degli eventi incidentali.

Pertanto, una nuova sfida in questo senso è una sfida di adattamento delle attività alle mutate condizioni al contorno. Questa comporterà sicuramente un aggiornamento delle valutazioni dei rischi secondo le metodologie citate al paragrafo precedente, ma probabilmente richiederà anche un passaggio di paradigma, dall'idea di gestione dei rischi a una più ampia di gestione della resilienza. In questo modo, gli eventi indesiderati, anche critici, qualora si dovessero verificare, sarebbero gestiti per garantire la salute e sicurezza degli operatori, dell'ambiente, ma garantendo anche la ripresa dell'operatività dell'impianto, seppur parziale in tempi brevi.

Altra sfida è quella all'invecchiamento, non solo degli opera-

tori d'impianto, ma degli impianti stessi, che per diversi motivi sono ormai usualmente utilizzati ben oltre la loro vita utile. Per questi ultimi è lecito attendersi un funzionamento degradantesi nel tempo, con una maggiore propensione al guasto e quindi al potenziale incidente, a meno di una più accurata o frequente manutenzione. Questo problema si sta iniziando ad affrontare per le aziende a rischio di incidente rilevante mediante una parte del sistema di gestione della sicurezza dedicata all'invecchiamento di impianti e attrezzature, per la quale INAIL ha sviluppato delle linee guida dedicate, discusse per es. in Bragatto *et al.* (2017).

Un'opportunità deriva invece dall'adozione, anche nelle aziende a rischio di incidente rilevante, delle soluzioni tecnologiche che fanno parte del pacchetto "industria 4.0", che consentirebbero, grazie alla maggiore capacità di monitoraggio e di gestione delle informazioni ottenute dal campo, di migliorare il controllo di processi e impianti, di supportare il personale addetto al controllo, gestione e manutenzione, minimizzandone la possibilità di errore e/o di infortunio.

L'introduzione di questi strumenti e la disponibilità dei dati su piattaforme collegate alla rete introduce però anche una nuova sfida, legata alla cyber-security ovvero alla protezione da attacchi esterni dei sistemi di controllo, che potrebbero portare alla perdita di controllo dell'impianto con possibili incidenti indotti, e dei dati sensibili che potrebbero portare a danni di tipo economico/commerciale.

5. Conclusioni

In questo articolo si è affrontato sinteticamente il tema degli scenari di incidente rilevante, discuten-

do dei legami esistenti tra questa tipologia di incidenti, rara, ma molto critica, e gli effetti che possono avere sulla salute e sicurezza dei lavoratori e sull'ambiente.

Nell'articolo si sono discusse alcune annose carenze che caratterizzano l'applicazione della normativa alle attività a rischio di incidente rilevante, che possono portare alla sottovalutazione di alcuni fattori di rischio (leggi rischi di origine naturale) o all'incremento delle potenziali conseguenze degli incidenti (mancato controllo del territorio).

Sono inoltre state individuate nuove sfide che devono essere affrontate, quali l'invecchiamento della popolazione lavorativa e degli impianti e l'adattamento ai cambiamenti climatici e ai loro effetti sul territorio e le attività ivi presenti, che, in entrambi i casi possono incrementare frequenza e gravità degli incidenti. Ma sono anche state discusse delle opportunità, prevalentemente derivanti dallo sviluppo tecnologico in atto, che possono supportare operatori e gestori

d'impianto a esercire le proprie attività minimizzando gli impatti per la salute e sicurezza degli operatori e dell'ambiente circostante.

Bibliografia

- Bragatto, P., Delle Site, C., Milazzo, M.F., 2017. *Audit of ageing management in plants at major accident hazard* Conference: 2017 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS) DOI: 10.1109/ICSRS.2017.8272855
- Brown, D.F., Dunn, W.E., 2007. *Application of a quantitative risk assessment method to emergency response planning*, Computers & Operations Research, 34(5), 1243-1265, ISSN 0305-0548.
- Cavallero D., Marmo L., Patrucco M., 2002. *Sistema di Gestione della Sicurezza e verifiche di integrabilità con i sistemi qualità e ambiente: applicazione in un'azienda chimica a rischio di incendio rilevante*, Convegno Nazionale VGR 2002, Pisa, 15-17 ottobre, Proceeding su CD-ROM.
- Demichela, M., Piccinini, N., Romano A., 2004. *Risk analysis vs. Safety management system*, Journal of loss prevention in the process industries, 17(3), 179-185, ISSN 0950-4230.
- Demichela, M.; Baldissoni, G.; Maida, L., 2018. *Risk assessment as design criteria for safety management systems: Is it still valid for ISO 45001?*, GEAM, Geoingegneria ambientale e mineraria, 74-77, ISSN: 1121-9041
- Krausmann, E., Renni, E., Campedel, M., Cozzani, V., 2011. *Industrial accidents triggered by earthquakes, floods and lightning: lessons learned from a database analysis*, Nat Hazards 59: 285.
- ISO 45001:2018 Standard Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use
- Pilone, E., Demichela, M., 2018. *A semi-quantitative methodology to evaluate the main local territorial risks and their interactions*, Land use Policy, 143-154, ISSN: 0264-837
- Rasmussen, N.C., 1974. *The AEC study on the estimation of risks to the public from potential accidents in nuclear power plants*. Nucl. Saf. 15, 375.

Esperienze di evoluzione ad industria 4.0

Con l'avvento della cosiddetta quarta rivoluzione industriale, grazie alla diffusione di nuove tecnologie (digitali e non), il comparto industriale sta vivendo una profonda trasformazione dei meccanismi attraverso cui ha storicamente prodotto valore, innovazione e benessere. La quarta rivoluzione industriale, resa possibile dalla disponibilità di sensori e di connessioni a basso costo, si associa a un impiego sempre più pervasivo di dati e informazioni, di tecnologie computazionali e di analisi dei dati, di nuovi materiali, macchine, componenti e sistemi automatizzati, digitalizzati e connessi. Con la trasformazione in chiave 4.0 è possibile gestire vere e proprie reti che incorporano, integrano e mettono in comunicazione macchinari, impianti e strutture produttive, sistemi di logistica e magazzinaggio, canali di distribuzione. Uno dei vantaggi più evidenti della quarta rivoluzione industriale è una maggiore sicurezza attraverso una migliore interazione e agilità di interfaccia uomo-macchina che rende possibile una significativa riduzione di errori e infortuni, un miglioramento della sicurezza e dell'ergonomia del luogo di lavoro. Sistemi di produzione che supportano e assistono gli operatori nello svolgimento delle loro mansioni portano a una riduzione dello stress lavoro-correlato e al superamento di alcuni limiti in termini di disponibilità di personale già adeguatamente formato, di invecchiamento della forza lavoro, di integrazione di lavoratori con disabilità, ecc.

In quest'ottica, con il Piano Nazionale Industria 4.0, il Governo ha elaborato una normativa specifica che intende sostenere il processo di trasformazione delle imprese italiane che vogliono cogliere le opportunità legate alla quarta rivoluzione industriale. Possono beneficiare di facilitazioni specifiche i dispositivi per l'interazione uomo macchina finalizzati al miglioramento dell'ergonomia e i dispositivi per l'interazione uomo macchina finalizzati al miglioramento della sicurezza del posto di lavoro.

Nell'articolo vengono presentati alcuni dei vantaggi per sicurezza e salute sul lavoro e le relative possibilità per beneficiare di facilitazioni economiche, vengono inoltre fatti brevi esempi di progetti in corso di attuazione.

Parole Chiave: industria 4.0.

Evolution experiences in industry 4.0. With the beginning of the so called fourth industrial revolution and thanks to the diffusion of new technologies (digital and non-digital), industry is experiencing a deep transformation of those mechanisms through which value, innovation and wealth were historically created. The fourth industrial revolution, which was made possible by the availability of low cost sensors and connections, goes together with a more and more pervading employment of data and information, computational science and data analysis, new materials, machines, automated digitalized and connected systems and components. The 4.0 transformation allows to manage real networks which include, integrate and put in communication manufacturing machines, plants and structures, logistics and storage, distribution channels. One of the most undeniable advantages of the fourth industrial revolution is the higher safety level reached through a better man-machine interaction and interfacing. Thus, allowing a meaningful reduction in errors and accidents as well as an improvement of safety and ergonomics in the working place. The employment of production systems, which support and assist workers with their tasks, reduces work related stress and helps the overcome of some limits related to trained human resources availability, work force ageing, integration of workers with disability and such.

From this perspective, the government developed the 4.0 Industrial National Plan which includes specific regulations to support the transformation process of the Italian industries who wish to embrace the opportunities offered by the fourth industrial revolution. These industries can benefit of specific supports, such as man-machine interaction systems to improve both ergonomics and work safety.

The article shows some of the advantages in terms of work health and safety and the relevant opportunities to benefit of economical supports; it also includes some examples of ongoing projects.

Keywords: industry 4.0.

Francesco Mosca*
Maurizio Teppati Losè**

* AMMA, Aziende Meccaniche
Meccatroniche Associate

** AMMA, Aziende Meccaniche
Meccatroniche Associate,
CSAO – Centro Sicurezza Applicata
all'Organizzazione

1. Introduzione

1.1 La quarta rivoluzione industriale

L'Italia è un grande Paese industriale, il secondo in Europa per valore aggiunto manifatturiero e uno tra i principali al mondo. Le imprese industriali italiane rappresentano il motore del cambiamento e dello sviluppo economico, con la loro capacità di produrre innovazione, di stimolare il nostro export, di alimentare l'indotto e le attività dei servizi, contribuire alla creazione di occupazione e ricchezza, alla stabilità economico-finanziaria e alla coesione sociale.

Con l'avvento della cosiddetta quarta rivoluzione industriale, grazie alla diffusione di nuove tecnologie (digitali e non), il comparto industriale sta vivendo una profonda trasformazione dei meccanismi attraverso cui ha storicamente prodotto valore, innovazione e benessere.

Le rivoluzioni industriali hanno sempre comportato effetti evolutivi talora persino dirompenti sulla produttività. Schematizzando si può affermare che con la prima rivoluzione la tecnologia ha moltiplicato la forza: la produzione si sgancia dalla forza fisica, umana o animale. Con la seconda, la tecnologia moltiplica la scala: l'energia elettrica allarga le dimensioni dei mercati e mette a disposizione un'energia che può essere facil-

Expériences d'évolution vers l'industrie 4.0. Avec l'avènement de ce que l'on appelle la quatrième révolution industrielle, grâce à la diffusion des nouvelles technologies (numériques ou non), le secteur industriel est en train de vivre une transformation profonde des mécanismes par lesquels il a traditionnellement apporté de valeur, de l'innovation et de la prospérité. La quatrième révolution industrielle, rendue possible par la disponibilité de capteurs et de connexions bon marché, est associée à une utilisation de plus en plus envahissante de données et d'informations, de technologies informatiques et d'analyse des données, de nouveaux matériaux, de machines, de composants et de systèmes automatisés, numérisés et connectés. Avec la transformation en 4.0, il est possible de gérer des véritables réseaux qui incorporent, intègrent et mettent en communication machines, installations et structures de production, des systèmes logistiques et de stockage, des canaux de diffusion. L'un des avantages les plus évidents de la quatrième révolution industrielle est donné par une plus grande sécurité à travers une meilleure interaction et agilité d'interface homme-machine, qui permet une réduction significative des erreurs et des accidents, l'amélioration de la sécurité et de l'ergonomie du poste de travail. Les systèmes de production qui soutiennent et aident les opérateurs dans l'exercice de leurs obligations entraînent une réduction du stress au travail et le dépassement de certaines limites en termes de disponibilité du personnel déjà bien formé, de vieillissement de la main-d'œuvre, d'insertion des travailleurs handicapés, etc. Dans cette perspective, avec le Plan National pour l'Industrie 4.0, le Gouvernement a développé une réglementation spécifique qui vise à soutenir le processus de transformation des entreprises italiennes qui veulent saisir les opportunités liées à la quatrième révolution industrielle. Les dispositifs d'interaction homme-machine visant à améliorer l'ergonomie, et les dispositifs d'interaction homme-machine visant à améliorer la sécurité sur le lieu de travail, peuvent bénéficier de facilitations spécifiques.

L'article présente certains bénéfices pour la sécurité et la santé au travail et les opportunités de tirer parti des avantages économiques; l'on trouvera également des brefs exemples de projets en cours de réalisation.

Mots clés: industrie 4.0.

mente trasportata. La terza rivoluzione industriale si è avuta grazie a tecnologie che moltiplicano la velocità: le informazioni possono essere processate e gestite in modo più rapido. Ogni rivoluzione ha generato conseguenti cambiamenti organizzativi che, a loro volta, hanno determinato guadagni di efficienza e di ricchezza.

La quarta rivoluzione industriale, resa possibile dalla disponibilità di sensori e di connessioni a basso costo, si associa a un impiego sempre più pervasivo di dati e informazioni, di tecnologie computazionali e di analisi dei dati, di nuovi materiali, macchine, componenti e sistemi automatizzati, digitalizzati e connessi (internet of things and machines).

La quarta rivoluzione non investe solo il processo produttivo, la sua efficienza e produttività ma anche, grazie all'accresciuta capacità di interconnettere e far cooperare tutte le risorse produttive (asset fisici e persone, sia all'inter-

no che all'esterno della fabbrica), e allo sfruttamento di un nuovo fattore produttivo ovvero i dati e le informazioni, sta trasformando il funzionamento di intere catene del valore, consentendo una crescente integrazione dell'impresa con le reti di fornitura e

sub fornitura a monte e i clienti, intermedi e finali, a valle, abilitan-

do infine una rivisitazione anche profonda dei modelli di business e degli approcci al mercato.

Le nuove tecnologie sono già in larga parte disponibili e presenti nelle imprese, ma attualmente la loro applicazione è ancora limitata e sporadica, essendo concentrata prevalentemente sul controllo di processo industriale destinato alla produzione massiva dei componenti (macchine a controllo numerico), integrato con la robotica solo in determinati ambienti, con applicazioni limitate alla ripetizione della stessa azione o mansione e al controllo in remoto dell'efficienza operativa dei macchinari.

Con la trasformazione in chiave 4.0 è invece possibile gestire vere e proprie reti che incorporano, integrano e mettono in comunicazione macchinari, impianti e strutture produttive, sistemi di logistica e magazzino, canali di distribuzione.

Attraverso la trasformazione digitale e con il ricorso a sistemi di produzione cyber-fisici, i siti produttivi sono in grado di reagire più rapidamente, quasi in tempo reale, alle variazioni della domanda, delle specifiche di prodotto, dei flussi di approvvigionamento delle materie prime ottimizzando i processi di trasformazione, riducendo gli errori e i difetti, migliorando il

Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020

Direttrici strategiche di intervento



Fig. 1. Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020.
Italian National Plan Industry 4.0 2017-2020.



time to market e assicurando flessibilità, velocità e precisione.

Le ricadute in termini di recupero di produttività possono essere significative restituendo nuova competitività a settori produttivi e nicchie manifatturiere che diversamente avrebbero serie difficoltà nel competere con sistemi a basso costo del lavoro, consentendo persino fenomeni di re-shoring di produzioni un tempo delocalizzate.

Come detto, l'ambito di Industria 4.0 travalica la singola impresa così come travalica il singolo macchinario. L'innovazione 4.0 non sta nell'introdurre un macchinario all'avanguardia dal punto di vista tecnologico, ma nel sapere combinare diverse tecnologie e in tal modo integrare il sistema di fabbrica e le filiere produttive in modo da renderle un sistema integrato, connesso in cui macchine, persone e sistemi informativi collaborano fra loro per realizzare prodotti più intelligenti, servizi più intelligenti e ambienti di lavoro più intelligenti.

2. I vantaggi della quarta rivoluzione industriale

L'adozione delle tecnologie digitali tipiche della quarta rivoluzione industriale consente alle catene del valore di cogliere una serie di vantaggi che garantiscono un aumento di produttività e competitività delle imprese.

Alcuni dei vantaggi più evidenti della quarta rivoluzione industriale possono sintetizzarsi in una maggiore:

- Sicurezza attraverso una migliore interazione e agilità di interfaccia uomo-macchina che rende possibile una significativa riduzione di errori e infortuni, un miglioramento della sicurezza e dell'ergonomia del luogo di lavoro. Sistemi di produzione che supportano e assistono gli ope-

Industria 4.0: Le tecnologie abilitanti

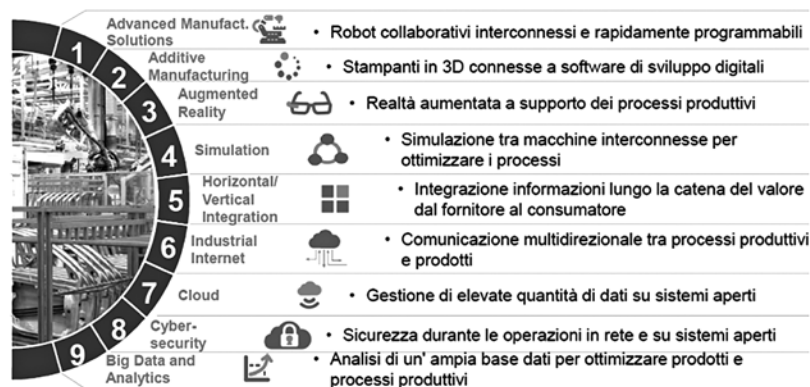


Fig. 2. Industria 4.0: le tecnologie abilitanti.
Industry 4.0: enabling technologies.

ratori nello svolgimento delle loro mansioni portano a una riduzione dello stress lavoro-correlato e al superamento di alcuni limiti in termini di disponibilità di personale già adeguatamente formato, di invecchiamento della forza lavoro, di integrazione di lavoratori con disabilità, ecc.

In quest'ottica, con il Piano Nazionale Industria 4.0, il Governo ha elaborato una normativa specifica che intende sostenere il processo di trasformazione delle imprese italiane che vogliono cogliere le opportunità legate alla quarta rivoluzione industriale. Il Piano ha il suo presupposto nell'analisi della struttura dell'economia italiana.

Il Piano si compone di due direttrici chiave e altrettante direttrici di accompagnamento.

La prima direttrice chiave (Investimenti Innovativi) si pone l'obiettivo di incentivare e sostenere:

- gli investimenti privati all'interno delle imprese (attraverso la misura del super ammortamento);
- gli investimenti a maggior contenuto trasformativo utilizzando le tecnologie digitali e l'utilizzo di una serie di beni strumentali in chiave 4.0 (attraverso la misura dell'iper ammortamento);
- la spesa delle nostre imprese in R&S;

- la finanza d'impresa a supporto degli investimenti del Piano Industria 4.0.

Di seguito vengono illustrate alcune delle modalità di fruizione del beneficio e i relativi chiarimenti collegati alla natura tecnica delle caratteristiche elencate negli allegati A e B della legge di bilancio 2017.

La lista dei beni che possono beneficiare di facilitazioni specifiche (iper ammortamento) è descritta nell'allegato A della legge 11 dicembre 2016, n. 232 (legge di bilancio 2017) e si articola su 3 linee di azione:

1. beni strumentali il cui funzionamento è controllato da sistemi computerizzati o gestito tramite opportuni sensori e azionamenti;
2. sistemi per l'assicurazione della qualità e della sostenibilità;
3. dispositivi per l'interazione uomo macchina e per il miglioramento dell'ergonomia e della sicurezza del posto di lavoro in logica «4.0».

Al fine dell'applicazione delle facilitazioni, i beni devono obbligatoriamente possedere le seguenti caratteristiche:

- interfaccia tra uomo e macchina semplici e intuitive;
- la caratteristica dell'interfaccia tra uomo e macchina semplici

e intuitive specifica che la macchina/impianto deve essere dotata di una sistema hardware, a bordo macchina o in remoto (ad esempio attraverso dispositivi mobile, ecc.), di interfaccia con l'operatore per il monitoraggio e/o il controllo della macchina stessa.

Per semplici e intuitive si intende che le interfacce devono garantire la lettura anche in una delle seguenti condizioni:

- con indosso i dispositivi di protezione individuale di cui deve essere dotato l'operatore;
- consentire la lettura senza errori nelle condizioni di situazione ambientale del reparto produttivo (illuminazione, posizionamento delle interfacce sulle macchine, presenza di agenti che possono sporcare o guastare i sistemi di interazione, ecc.)
- rispondenza ai più recenti parametri di sicurezza, salute e igiene del lavoro.
- La caratteristica «risponden-

za ai più recenti parametri di sicurezza, salute e igiene del lavoro» specifica che: la macchina / impianto deve rispondere ai requisiti previsti dalle norme in vigore

In sintesi i vantaggi della quarta rivoluzione industriale risultano essere una maggiore Sicurezza collegabile a:

- una migliore interazione e agilità di interfaccia uomo macchina che rende possibile:
 - una significativa riduzione di errori e infortuni
 - un miglioramento della sicurezza e dell'ergonomia del luogo di lavoro
- sistemi di produzione che supportano e assistono gli operatori nello svolgimento delle loro mansioni e che portano:
 - a una riduzione dello stress lavoro-correlato
 - al superamento di alcuni limiti in termini:
 - di disponibilità di personale già adeguatamente formato
 - di invecchiamento della forza lavoro

- di integrazione di lavoratori con disabilità, ecc.

- dispositivi per l'interazione uomo macchina e per il miglioramento dell'ergonomia e della sicurezza del posto di lavoro in logica «4.0».

Sono agevolabili:

- i dispositivi per l'interazione uomo macchina finalizzati al miglioramento dell'ergonomia
- i dispositivi per l'interazione uomo macchina finalizzati al miglioramento della sicurezza del posto di lavoro

Elenchiamo di seguito alcuni dei beni strumentali oggetto delle facilitazioni (iper ammortamento):

- banchi e postazioni di lavoro dotati di soluzioni ergonomiche in grado di adattarli in maniera automatizzata alle caratteristiche fisiche degli operatori (ad esempio caratteristiche biometriche, età, presenza di disabilità)
- postazioni di lavoro ergonomiche integrate in cui l'operatore ha a disposizione moduli di trasporto intelligenti (per l'approvvigionamento delle merci)
- terminali touch screen (con guida intuitiva delle attività per l'utente)
- illuminazione antiabbagliante e personalizzabile della postazione (per un'illuminazione ottimale della postazione di lavoro)
- elementi con braccio a snodo (per l'ottimizzazione ergonomica dello spazio di prelievo)
- tavolo di lavoro regolabile elettricamente in altezza (per un rapido adattamento a diverse condizioni fisiche e lavorative dell'operatore)
- sistemi per il sollevamento/traslazione di parti pesanti o oggetti esposti ad alte temperature in grado di agevolare in maniera intelligente/robotizzata/interattiva il compito dell'operatore
- dispositivi wearable, apparecchiature di comunicazione tra operatore/operatori e sistema



Fig. 3. Ergonomia.
Ergonomics.

- interfacce uomo-macchina (HMI) intelligenti che supportano l'operatore in termini di sicurezza ed efficienza delle operazioni di lavorazione, manutenzione, logistica

L'obiettivo dell'"internet delle cose" è far sì che il mondo elettronico tracci una mappa di quello reale, dando un'identità elettronica alle cose e ai luoghi dell'ambiente fisico.

Tutti gli oggetti possono acquisire un ruolo attivo grazie al collegamento alla Rete. In letteratura sono riportati diversi esempi di applicazione delle tecnologie IoT

Nel nostro Paese sono attivi diversi progetti di ricerca basati sull'integrazione di moderne tecnologie nelle correnti procedure di sicurezza aziendale.

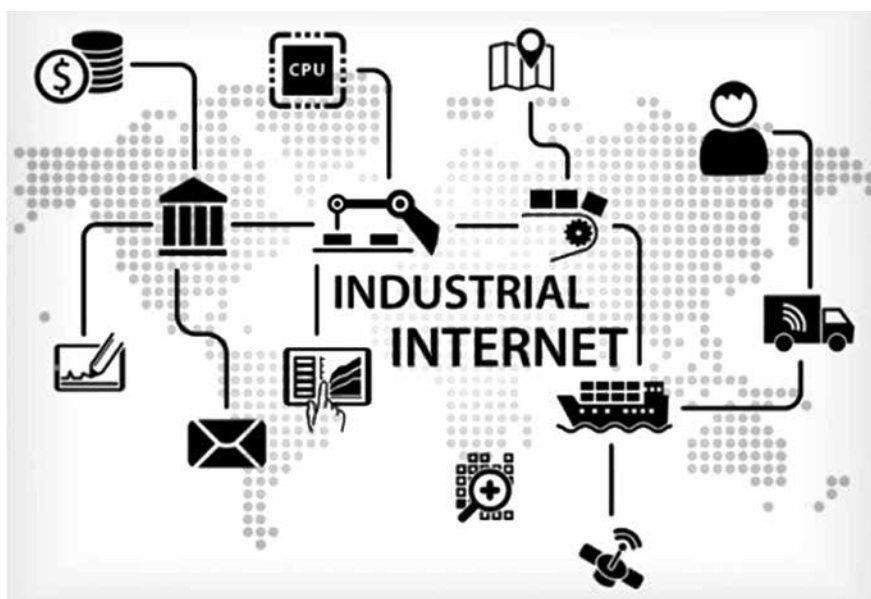
Gruppo di lavoro UNI, afferente alla Commissione Sicurezza ed affidato alla Sottocommissione dispositivi di protezione individuale, con il compito di seguire il progetto UNI/CT 042/SC 02/GL 08 «Tecnologie IoT nell'impiego dei DPI – Indicazioni per l'integrazione di sistemi elettronici di monitoraggio per la gestione dei DPI»

Il gruppo ha come obiettivo: definire specifiche per lo scambio di informazioni e per la “comunicazione tra le cose”, in modo da superare un’eterogeneità di prodotti e tecnologie da cui possono derivare problemi di interazione e difficoltà di connessione

Diverse Aziende hanno adottato sistemi tecnologici di supporto e controllo integrando nel DPI un tag che, collegato ad una centrale e agli smartphone in dotazione all'azienda, invia segnali consentendo di monitorare costantemente, dall'avvio fino alla conclusione, l'uso corretto dei DPI nelle diverse fasi lavorative

(arricchimento della percezione sensoriale umana mediante informazioni, in genere manipolate e convogliate elettronicamente, che non sarebbero percepibili con i cinque sensi)

Obiettivo del progetto: introdurre metodi innovativi per migliorare la sicurezza degli impianti industriali: SISOM propone una soluzione basata sull'uso combina-



Agosto 2018



Fig. 5. Realtà Aumentata.
Augmented reality.

to della Realtà Aumentata e l'Assistente Personale.

SISOM combina le tecnologie mobile con ambienti virtuali interattivi 3D, nell'Augmented Reality sono disponibili informazioni e multimedia.

Il contenuto della Realtà Au-

mentata può essere installato su dispositivi mobili quali tablet, smartphone, Smart Glass and Helmet.

L'Assistente Personale è in grado di comprendere e rispondere a domande dell'utilizzatore.

SISOM può essere utilizzato per

supportare la sicurezza degli operatori ma anche per l'addestramento in impianti industriali.

Ulteriori applicazioni SISOM riguardano la manutenzione, i livelli di monitoraggio della produttività e l'organizzazione della produzione.

SECONDA PARTE

**Innovazione tecnologica nello scavo
e nell'esercizio di gallerie:
aspetti di Sicurezza e Salute**

***Innovation in tunnelling and tunnel use:
improvements and criticalities in Safety and Health***

M. Patrucco*
A. Sorlini**

* Politecnico di Torino

** TELT SAS Tunnel Euralpin
Lyon-Turin, Torino

Uno sguardo al futuro presente: nuove tecnologie per la sicurezza nei cantieri in sotterraneo

La disponibilità e l'accessibilità delle nuove tecnologie sta trasformando anche il mondo dei cantieri sotterranei, dove si stanno diffondendo rapidamente applicazioni sviluppate nell'industria estrattiva.

Molte di queste presentano delle ricadute favorevoli alla sicurezza e alla salute del lavoro in un ambiente tradizionalmente complesso e caratterizzato da rischi elevati.

Nuovi sistemi di controllo accessi e di posizionamento persone e mezzi operativi, guida assistita e guida remota di mezzi di trasporto, l'operatività automatica delle lavorazioni, i sistemi di monitoraggio dei parametri vitali, la gestione degli spazi tramite analisi 4D e altro ancora che vedremo nei prossimi cantieri sono solo alcuni degli esempi citati come prova di un fenomeno innovativo in corso di espansione.

Parole chiave: nuove tecnologie, sicurezza, sotterraneo.

A look at the present future: new technologies for safety in underground worksites. The availability and accessibility of new technologies is also transforming the world of underground construction sites, where applications developed in the mining industry are rapidly spreading.

Many of these have positive repercussions for safety and health in a traditionally complex and high-risk environment. New access control and positioning systems for people and vehicles, assisted driving and remote driving of trucks and equipment, automatic operation of processes, systems for monitoring vital signs, management of spaces through 4D analysis and more that we will see in the next construction sites are just some of the examples cited as evidence of an innovative expansive phenomenon.

Keywords: new technologies, safety, underground.

A regard vers le futur présent: nouvelles technologies pour la sécurité des chantiers souterrains. La disponibilité et l'accessibilité des nouvelles technologies sont en train de transformer également le monde des chantiers souterrains, où les applications développées dans l'industrie minière se répandent rapidement.

Beaucoup d'entre elles ont des répercussions positives sur la sécurité et la santé dans un environnement traditionnellement complexe et à haut risque.

Nouveaux systèmes de contrôle d'accès et de positionnement pour les personnes et les moyens de fonctionnement, conduite assistée et guidage à distance des moyens de transport, fonctionnement automatique des processus, systèmes de surveillance des signes vitaux, gestion des espaces grâce à l'analyse 4D et plus que nous verrons dans les prochains chantiers ne sont que quelques-uns des exemples cités comme preuve d'un phénomène innovant dans le processus d'expansion.

Mots clés: nouvelles technologies, sécurité, souterrain.

1. Introduzione

Le innovazioni tecnologiche nel campo delle comunicazioni e dell'automazione costituiscono una componente sostanziale delle nostre vite quotidiane.

Il diffondersi degli smartphone

con le loro app multifunzione, i sistemi di posizionamento e di navigazione, la possibilità di comunicare in modo multicanale tramite la rete con sistemi audio e video caratterizzano sempre più le nostre attività lavorative.

Questo sviluppo sta conoscen-

do una accelerazione formidabile e ogni giorno nascono nuove idee su come usare queste opportunità.

Nel campo automobilistico, in pochissimi anni ogni vettura sarà dotata di sistemi integrati di guida assistita, rilevazione ostacoli e pedoni, sino alla guida completamente autonoma, già oggetto di sperimentazione avanzata e delle prime applicazioni commerciali.

Questo sviluppo tecnologico apre nuovi territori e deve trovare spazio in ogni aspetto delle attività umane allo scopo di migliorare la qualità della vita di tutti. In particolare nei cantieri le ricadute positive sulla sicurezza e sulla salute del lavoro rappresenteranno un ulteriore passo verso l'eliminazione e la riduzione dei rischi.

Si presenta quindi una panoramica di alcune applicazioni già operative ed altre di prossima apparizione nei cantieri sotterranei, partendo dal benchmark con l'industria estrattiva che fa da apripista a molte innovazioni.

2. Controllo accessi e posizionamento persone e veicoli

La necessità di conoscere il numero e il posizionamento delle persone nei cantieri in sotterraneo è un'esigenza di base, già contenuta nella normativa nazionale e internazionale, così come nelle raccomandazioni e nelle best practices. Un tempo a questa esigenza si rispondeva con la registrazione

manuale agli accessi, l'uso di badges, gettoni numerati o colorati o – nelle miniere – dalla presenza delle lampade personali nelle lampisterie.

Passando dalle prime applicazioni di controllo accessi con sistemi automatici con tesserine personali inserite negli elmetti, si è passati alla possibilità di conoscere le presenza per tratti discreti, inserendo più rilevatori, alla effettiva localizzazione delle persone con sistemi in radiofrequenza attiva o con simulatori GPS riportati nei sotterranei. Questi sistemi consentono di conoscere la posizione precisa di ogni singola persona che, in caso di emergenza, consente di localizzare e portare soccorso senza ricerca da parte delle squadre di emergenza.

Inoltre il posizionamento preciso dei veicoli e dei mezzi operativi ne consente il seguimiento in remoto e la segnalazione in tempo reale di anomalie di viaggio, quali fermi non giustificati ed errori di percorso, che possono segnalare problemi al conducente o altre situazioni di pericolo.

Questi sistemi consentono poi la gestione delle lavorazioni in remoto, come descritto nel paragrafo successivo.

3. Sistemi di lavoro remoto o automatico

La precisione di posizionamento e la possibilità di comunicare direttamente con i mezzi d'opera tramite segnali radio o linee digitali dedicate consentono di eseguire molte operazioni senza la presenza dell'uomo.

Alcune di queste possono essere condotte in via automatica o semiautomatica con la sola sorveglianza da parte di altri sistemi e degli operatori, che, invece di essere presenti in sotterraneo, possono stare all'esterno, intervenendo solo in caso di anomalie o guasti.

Vi sono ormai numerose applicazioni di scavo e trasporto materiali dove dumpers ed escavatori sono gestiti da sistemi che regolano il traffico, inviano i mezzi ai punti di carico e scarico su lunghe percorrenze, eliminando la presenza umana in aree pericolose.

In altri casi si stanno sperimentando postazioni di lavoro remote che consentono l'impiego di macchine al lavoro in sotterraneo da parte di operatori all'esterno che le guidano tramite sensori e sistemi video.

Gli effetti positivi sono l'assenza di persone in luoghi pericolosi e la riduzione dei tempi di viaggio del personale dall'esterno al sotterraneo che spesso rappresenta una quota percentuale significativa di un turno di lavoro, quando le distanze sono plurichilometriche.

4. Sistemi di guida assistita

Un'altra componente dell'evoluzione della gestione del traffico sono i sistemi di guida automatica o assistita dove i mezzi possono muoversi da soli lungo lunghi percorsi, riducendo la necessità di attenzione continua del conduttore o sostituendosi a lui completamente.

I sistemi di questo tipo si accompagnano ai sensori di prossimità che segnalano, deviano o fermano i veicoli in caso di prossimità di ostacoli o pedoni, sistemi già installati sulle nostre automobili.

5. Sistemi di comunicazione

Considerata l'evoluzione descritta nei paragrafi precedenti, stiamo ritrovando in sotterraneo gli stessi sistemi di comunicazione di cui disponiamo in superficie. Non solo più linee telefoniche

digitali o meno, ma WI-FI e reti radio lasciano spazio a comunicazioni audio-video multicanale che consentono di gestire i lavori e di aumentare la sicurezza complessiva in caso di emergenza e soccorso.

6. Analisi spazi funzionali

La progettazione condotta su piattaforme 4D permette una visualizzazione dell'evoluzione di un cantiere nel tempo, evidenziando le necessità di spazio delle singole operazioni fase per fase. È così possibile analizzare gli spazi funzionali ed evidenziare le interferenze tra le operazioni in modo preciso lungo la pianificazione del progetto. Oltre a ciò, la possibilità offerta dalla realtà virtuale consente una formazione al lavoro più efficace per tutti gli operatori.

7. Gestione delle emergenze

La gestione delle emergenze risente in modo collaterale da ogni componente delle innovazioni:

- Migliori comunicazioni significano maggiore tempestività e precisione dei soccorsi e la disponibilità di disporre di istruzioni precise a chi li deve attendere;
- Il posizionamento preciso delle persone consente ai soccorritori di trovare tutti rapidamente;
- I veicoli di emergenza che possono guidarsi da soli o in remoto, anche con minima visibilità, accorciano i tempi di intervento in sotterraneo;
- La disponibilità di sistemi di navigazione e rappresentazione 3D dei luoghi migliora l'intervento delle squadre di emergenza che possono "conoscere" i luoghi senza esserci mai stati.

Riferimenti sitografici

La maggior parte degli esempi riportabili per ogni tematica è riferita a prodotti o procedure specifiche sviluppate o in corso di perfezionamento. Non è scopo degli autori promuovere un articolo o un altro, né gli autori possono inserire immagini non autorizzate nel testo.

Crediamo però sia utile che i nostri 25 lettori possano approfondire le tematiche, segnalando alcuni siti da navigare e lasciando loro alla libera ricerca di altro materiale nel web.

Automezzi con guida autonoma

<https://www.youtube.com/watch?v=JwhyUyJNoY>

<https://www.chalmers.se/en/areas-of-advance/Transport/news/Pages/Self-driving-vehicles-for-a-safer-mining-industry-.aspx>

Sistemi di lavoro automatico

<https://www.asirobots.com/mining/#-Mobius-For-Mining>

<https://www.youtube.com/watch?v=-VkanknGePhc>

Sistemi di lavoro remoto

http://barrickbeyondborders.com/mining/2017/11/creating-visibility-underground/?utm_source=home&utm_medium=abx&utm_campaign=tile

<http://barrickbeyondborders.com/mining/2017/08/this-is-not-a-video-game/>

La Torino-Lione procede in sicurezza

Mario Virano*

* TELT Tunnel Euralpin
Lyon Turin sas, Torino, Italia

TELT è il promotore pubblico di una delle opere più importanti al mondo, la sezione transfrontaliera della nuova linea Torino-Lione. Nel 2015 la società ha ottenuto l'ingresso nel Global Compact delle Nazioni Unite, aderendo ai dieci principi in materia di diritti umani, ambiente, lotta alla corruzione e rispetto delle norme internazionali del lavoro. Questo impegno si è tradotto nell'impegno di controllo costante delle condizioni di lavoro degli operai nei cantieri, nel dialogo costruttivo con le imprese e nello sforzo posto nelle gare per l'affidamento dei lavori definitivi esclusivamente ad aziende in grado di garantire elevati standard di sicurezza. A questo scopo le commissioni di gara adottano criteri premianti per le aziende candidate. A conferma di questo impegno, TELT ha ottenuto a fine 2017 la certificazione BS:OHSAS 18001 per la Sicurezza e la Salute dei lavori.

Nel 2016 inoltre, è stato finalizzato il documento Regole Comuni di Sicurezza e Igiene del Lavoro tra Francia e Italia, redatto dalle ispezioni del lavoro francesi e italiane con il contributo di TELT e successiva validazione da parte della CIG.

TELT è al lavoro per dare voce, tecnologia e contenuti alla Cultura della Sicurezza tramite specifiche convenzioni con università e organismi internazionali.

Parole chiave: TELT, tunnel, sicurezza, cultura, gare.

The Turin Lyon proceeds safely. TELT is the public sponsor of one of the world's most important projects, the cross-border section of the new Turin-Lyon line. In 2015 the company became a member of the United Nations Global Compact, adhering to the ten principles in terms of human rights, the environment, the fight against corruption and compliance with international labour standards. This commitment led to the undertaking to constantly control the working conditions of the workers on the sites, in a constructive dialogue with the companies and to stipulate in the invitations to tender that the definitive works will be entrusted exclusively to companies capable of guaranteeing high standards of safety. For this purpose the tender committees have adopted incentive criteria for the candidate companies.

Confirming this commitment, at the end of 2017 TELT obtained the BS:OHSAS 18001 Safety and Health Management certificate.

In 2016, furthermore, the document Common Rules of Safety and Hygiene at Work between France and Italy was issued, drawn up by the French and Italian work inspectors with TELT's contribution and subsequent validation by the CIG.

TELT is working to give voice, technology and content to the Safety Culture by means of specific agreements with universities and international organisations.

Keywords: TELT, tunnel, safety, culture, invitations to tender.

La Turin Lyon procede en toute securite. TELT est le promoteur public d'un des plus grands chantiers au monde : la section transfrontalière de la nouvelle ligne de chemin de fer Lyon-Turin. En 2015, la société a fait son entrée dans le Global Compact des Nations unies, en raison de son adhésion aux dix principes en matière de droits de l'homme, d'environnement, de lutte contre la corruption et de respect des normes internationales du travail. Cet engagement se traduit par un devoir de contrôle constant des conditions de travail des ouvriers sur le chantier, ainsi que par un dialogue constructif avec les entreprises. Il implique aussi que TELT s'efforce, dans le cadre des appels d'offres, d'attribuer les marchés uniquement à des entreprises en mesure d'offrir des normes de sécurité strictes. À cette fin, les commissions des appels d'offres respectent des critères rigoureux.

Cet engagement a été confirmé par la certification BS:OHSAS 18001 pour la sécurité et la santé des travailleurs, obtenue fin 2017 par TELT.

En outre, le document Règles communes de sécurité de d'hygiène du travail entre la France et l'Italie a été finalisé en 2016. Rédigé par les inspections du travail française et italienne, avec la contribution de TELT, il a été validé par la CIG.

TELT met tout en œuvre pour enrichir la Culture de la Sécurité, et lui donner du corps et des technologies, ainsi qu'un impact, grâce à des accords spécifiques conclus avec des universités et organisations internationales.

Mots clés: TELT, tunnel, sécurité, culture, marchés.

1. Aspetti generali

TELT è il promotore pubblico di una delle opere più importanti al mondo, la sezione transfrontaliera della nuova linea Torino-Lione.

La rilevanza della missione di cui siamo stati investiti dalla Francia e dall'Italia con il sostegno dell'Europa e la stessa vocazione ambientalista del progetto, concepito all'interno dei piani europei di rivoluzione sostenibile dei trasporti e liberazione del territorio alpino dall'inquinamento del traffico autostradale, impongono alla nostra società un obiettivo sfidante: realizzare il Tunnel più lungo d'Europa andando oltre gli standard normativi e renderlo un esempio di rispetto dell'ambiente, di trasparenza e di eccellenza fin dalla sua fase di costruzione.

2. Il Global Compact e le certificazioni internazionali

Nel 2015 la società ha richiesto, ottenendolo, l'ingresso nel Global Compact delle Nazioni Unite, aderendo ai dieci principi in materia di diritti umani, ambiente, lotta alla corruzione e rispetto delle norme internazionali del lavoro. Questo impegno si è tradotto negli ultimi due anni, oltre che nella redazione e sottoscrizione da parte di tutti i dipendenti di un codice etico (alla cui osservanza sono soggetti anche i fornitori), nell'impegno di controllo costante delle condizioni di lavoro degli operai nei cantieri, nel dialogo costruttivo con le imprese e nello sforzo di attenzione posto nelle gare – che ci vedranno impegnati tra il 2018 e il 2019 – per

l'affidamento dei lavori definitivi esclusivamente ad aziende in grado di garantire gli stessi standard di sicurezza cui ci siamo impegnati in qualità di committenti. Come già espresso nei bandi già lanciati, le **commissioni di gara adottano inoltre criteri premianti** per le aziende candidate che dimostreranno di adottare misure di sicurezza eccellenti e innovative, andando oltre il mero rispetto normativo. TELT si posiziona quindi all'avanguardia rispetto a tutti i committenti europei di grandi opere in sotterraneo, lanciando una vera e propria sfida al mercato da giocare sul terreno della salvaguardia della Safety First.

La qualità della politica di TELT in materia di sicurezza è stata confermata a fine 2017 dai certificatori di Association Française de Normalisation – AFNOR che hanno rilasciato alla società la **certificazione riconosciuta a livello mondiale OHSAS 18001** per la Sicurezza e la Salute dei lavoratori.

3. Cantieri sicuri e controllati

Nel 2016 è stato finalizzato il documento **Regole Comuni di Sicurezza e Igiene del Lavoro tra Francia e Italia** che è stato redatto dalle ispezioni del lavoro francesi e italiane (DIRECCTE, DTL Torino, ASL 3) con il contributo di TELT e successiva validazione da parte della CIG del 12 dicembre 2016.

Il documento è parte dei documenti contrattuali di ogni gara di costruzione. Frutto di un lavoro congiunto di diversi anni, eseguito dai servizi territoriali italiani e francesi, ha l'obiettivo di garantire un grado di protezione elevato all'insieme dei lavoratori impegnati sui diversi siti. Annovera norme comuni applicabili in materia di salute e di sicurezza sul lavoro durante i lavori e attesta la volontà delle Amministrazioni Pubbliche di implementare procedure uni-

formi e coordinate, relativamente alla prevenzione e al controllo dei rischi professionali, nonché alle condizioni di lavoro dei lavoratori. Il tutto tenendo conto delle particolarità specifiche del cantiere. Queste Regole Operative Comuni sono state elaborate mettendo a confronto le normative europee, italiane e francesi e le «buone pratiche» osservate sui cantieri di scavo, con particolare riferimento alle discenderie già realizzate. I risultati in queste ultime sono incoraggianti: il cantiere di **Chiomonte si è concluso senza incidenti gravi** mentre a **Saint-Martin-la-Porte si sono purtroppo avuti nel 2017 due incidenti seri** nella parte di scavo in tradizionale. Questi ultimi eventi hanno già generato modifiche alle attrezzature, alle macchine e alle procedure di lavoro che impediranno il ripetersi di incidenti analoghi.

Per i futuri cantieri, l'opera potrà contare inoltre su **pratiche e macchinari all'avanguardia** per il *controllo degli accessi, per il trasporto di materiali e persone, la gestione della sicurezza e i sistemi antincendio*.

Sono previsti *sistemi di continuità per l'alimentazione elettrica*, macchine con guida automatica o remota soluzioni avanzate sulle TBM, nonché un *monitoraggio continuo OHS di polveri, quarzo, amianto, gas, radiazioni*. Infine, verrà posta attenzione anche alla gestione del microclima e del confort, con sistemi di depolverazione, controllo temperatura e umidità, zone di riposo, locali refettorio e altri servizi al personale.

Gli obiettivi di TELT sono ambiziosi: "abbattimento dell'incidentalità" e "zero mortalità". Per questo è essenziale, oltre al ricorso alla formazione, alle procedure e alle tecnologie più idonee, anche il **dialogo diretto con le organizzazioni sindacali e con le rappresentanze dei lavoratori**.

4. Sicurezza e formazione

La committenza ha inoltre lavorato molto in questi anni di studi

geognostici alla valutazione del rischio che si può riassumere nel motto: è prevenibile solo ciò che è prevedibile.

A partire dalla differenza tra "pericolo" (caratteristica intrinseca di un ambiente, una macchina, una sostanza, un processo intesa come potenziale capacità di provocare un danno alla salute e alla sicurezza delle persone) e "rischio" (l'effetto combinato della probabilità che un pericolo si traduca in danno e dell'entità del danno stesso) TELT sta studiando misure preventive e protettive per ridurre i rischi oltre che per mitigare il più possibile i "danni" (che possono essere lievi, moderati, gravi e gravissimi).

Prevenzione e protezione, tuttavia, passano anche dalla **formazione dei lavoratori**, oltre che dall'impegno delle imprese. È il cosiddetto fattore K: in una corretta formalizzazione del rischio non si può non tenere conto dell'elemento umano (individuale e sociale) di consapevolezza e di capacità di gestione del rischio. Per fare questo, tuttavia, è fondamentale procedere a un aumento della percezione dei rischi da parte di tutti i soggetti coinvolti: dipendenti, dirigenti, RLS, tutti devono essere informati sui rischi potenziali e sui pericoli del cantiere.

5. Diffusione della Cultura della Sicurezza

Monitoraggio continuo, accordi di partenariato con enti di formazione, organizzazione di convegni divulgativi rivolti ai principali attori del settore e partecipazione a progetti di promozione internazionali.

TELT è al lavoro per dare voce, tecnologia e contenuti alla cultura della sicurezza: dalle convenzioni con Università di Torino e Politecnico alla collaborazione con il Master in Occupational & Safety Health Management, organizzato dall'ILO (International Labour Organization), fino all'adesione

a *Healthy Workplaces for all ages* organizzata dall'agenzia europea EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work) la campagna mondiale che si occupa della **prevenzione degli infortuni sul lavoro e dei problemi di salute in tutto l'arco della vita.**

6. L'impegno di TELT per un ambiente di lavoro favorevole

Sicurezza e Salute dei lavoratori per TELT sono concetti più ampi dell'accezione comune: stiamo creando tutte le condizioni affinché

gli operai possano lavorare **non solo in sicurezza ma anche in condizioni favorevoli.**

Dallo sviluppo delle opportunità di occupazione (in Francia e in Italia), alla parità di genere, dal contrasto a ogni discriminazione sui posti di lavoro alle azioni per creare le migliori condizioni socio-ambientali per lo svolgimento delle attività. TELT pone inoltre un'attenzione sugli aspetti quotidiani della vita aziendale, tutelando la dignità delle persone, la privacy, la protezione delle informazioni aziendali e promuovendo l'astensione dai conflitti d'interesse e la lotta alla corruzione.

In questo quadro, per la costruzione dell'opera abbiamo deciso di:

- **Rifiutare i campi base** nei cantieri della Torino-Lione, impegnandoci nel sostegno alla ricettività locale attraverso la *Démarche Grand Chantier* in Francia e protocolli attuativi della Legge regionale 4 in Italia;
- **Promuovere** anche nella filiera degli appalti e dei subappalti una buona politica del lavoro (valorizzazione risorse umane e lotta alla discriminazione), attraverso l'obbligo per i fornitori a rispettare il **nostro codice etico**
- Istituire **incontri periodici con gli stakeholders** (sindacati, delegati del personale ecc.) per il monitoraggio continuo delle condizioni di lavoro sui cantieri.

The “Carcinogens and Mutagens Directive” and the crystalline silica exposure at work place

Maurizio Coggiola*

* DSSPP, Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, Università degli Studi di Torino

The recent directive on the protection of workers from risks related to exposure to carcinogens and mutagens addresses the problem of exposure to crystalline silica.

In view of current scientific knowledge, the directive assigns the role of carcinogen to work processes that generate exposure to crystalline silica in the respirable fraction and not to silica as such. Therefore, this choice does not determine the obligation to classify and label as carcinogenic the products containing more than 0.1% of crystalline silica in the respirable fraction. Considering that the Scientific Committee of Occupational Level defines the silica substance for which a “practical” limit value can be identified, the directive has established an OEL of $0.1 \text{ mg} / \text{m}^3$. According to the directive, compliance with the limit value does not exempt the application of prevention measures provided for by the directive itself and by national regulations. However, in relation to the available literature data, it is considered possible to identify an action level lower than the OEL whose compliance guarantees a level of protection that does not make it necessary to activate some of the planned actions (replacement and processing in closed systems). At the current state of knowledge, an action level of $0.05 \text{ mg} / \text{m}^3$ could be indicated.

Keywords: European Directive carcinogenics

La “Direttiva sui cancerogeni e mutageni” e l’esposizione alla silice cristallina sul posto di lavoro. La recente direttiva sulla protezione dei lavoratori dai rischi correlati all’esposizione ad agenti cancerogeni e mutageni affronta il problema dell’esposizione a silice cristallina.

Alla luce delle attuali conoscenze scientifiche la direttiva attribuisce il ruolo di cancerogeno ai processi di lavoro che generano una esposizione a silice cristallina in frazione respirabile e non alla silice come tale. Tale scelta non determina pertanto l’obbligo di classificare ed etichettare come cancerogeni i prodotti contenenti più dello 0.1% di silice cristallina in frazione respirabile. In considerazione che lo Scientific Committee of Occupational Level definisce la silice sostanza per la quale è possibile identificare un valore limite “pratico” la direttiva ha stabilito un OEL pari a $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Secondo la direttiva il rispetto del valore limite non esime dall’applicazione degli interventi di prevenzione previsti dalla direttiva stessa e dalle norme nazionali. Tuttavia in relazione ai dati di letteratura disponibili si ritiene sia possibile identificare un livello di azione inferiore allo OEL il cui rispetto garantisca un livello di tutela tale da non rendere necessario attivare alcune delle azioni previste (sostituzione e lavorazioni in sistema chiuso). Allo stato delle conoscenze attuale potrebbe essere indicato un livello di azione pari a $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Parole chiave: direttiva europea cancerogeni.

La “directive sur les agents cancérigènes et mutagènes” et l’exposition à la silice cristalline sur le lieu de travail. La récente directive sur la protection des travailleurs des risques liés à l’exposition à des agents cancérigènes et mutagènes aborde le problème de l’exposition à la silice cristalline.

Dans le contexte des connaissances scientifiques actuelles, la directive attribue le rôle de cancérigène aux processus de travail qui génèrent une exposition à la silice cristalline dans la fraction respirable et non à la silice en tant que telle. Par conséquent, ce choix ne détermine pas l’obligation de classer et d’étiqueter comme cancérigènes les produits contenant plus de 0,1% de silice cristalline dans la fraction respirable. Considérant que le comité scientifique de niveau professionnel Scientific Committee of Occupational Level définit la substance à base de silice pour laquelle une valeur limite “pratique” peut être identifiée, la directive a établi une VLEP de $0,1 \text{ mg} / \text{m}^3$. Selon la directive, le respect de la valeur limite ne dispense pas de

The directive (EU) 2017/2398 of the European Parliament and of the Council of 12 December 2017 amending Directive 2004/37/EC on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work introduces some important general criteria.

Particularly the Carcinogens and Mutagens Directive – CMD approach the problems of Occupational Exposure Level – OEL in case of carcinogens or mutagens agents’ exposure.

In fact the CMD states “For most carcinogens and mutagens, it is not scientifically possible to identify levels below which exposure would not lead to adverse effects. While setting the limit values at the workplace in relation to carcinogens and mutagens pursuant to this Directive does not completely eliminate risks to the health and safety of workers arising from exposure at work (residual risk), it nonetheless contributes to a significant reduction of risks arising from such exposure in the stepwise and goal-setting approach pursuant to Directive 2004/37/EC. For other carcinogens and mutagens, it is scientifically possible to identify levels below which exposure is not expected to lead to adverse effects”.

This statement is coherent with the recommendation proposed by Bolt *et al.* in 2008. In their paper the authors suggested the classification reported in figure 1

The classification provides for the identification of four categories of carcinogen agents: two groups (A and B) without OEL and two group (C and D) with OEL. In the category C the OEL is a practi-

l'application des mesures de prévention prévues par la directive elle-même et par les réglementations nationales. Cependant, en ce qui concerne les données disponibles de la littérature, il est possible d'identifier un niveau d'action inférieur à l'OEL dont la conformité garantit un niveau de protection qui ne nécessite pas d'activer certaines actions planifiées (remplacement et traitement en systèmes fermés). Dans l'état actuel des connaissances, un niveau d'action de 0,05 mg / m³ pourrait être indiqué.

Mots clés: directive européenne sur les agents cancérigènes

cal threshold likely and in the category D is true/perfect threshold. Both are setting a health-based OEL.

In the group C are classified the agents with a weak genotoxicity and a secondary important mechanism. In the group D are classified the agents with a genotoxicity only on chromosome level or with an epigenetic action.

In the table 1 some example of carcinogens classification is reported.

Regarding the crystalline silica the CMD affirms "There is sufficient evidence of the carcinogenicity of respirable crystalline silica dust. On the basis of available information, including scientific and technical data, a limit value for respirable crystalline silica dust should be established. Respirable crystalline silica dust gene-

rated by a work process is not subject to classification in accordance with Regulation (EC) No 1272/2008. It is therefore appropriate to include work involving exposure to respirable crystalline silica dust generated by a work process in Annex I to Directive 2004/37/EC and to establish a limit value for respirable crystalline silica dust ('respirable fraction') that should be subject to review, in particular in light of the number of workers exposed"

The chose to introduce in the CMD the work process involving exposure to Respirable Crystalline Silica – RCS and not silica it self derives from the difficult to correctly understand the results of toxicological and epidemiological studies. In the toxicological studies the direct genotoxicity was observed in very few cases and the main

mechanism observed seems to be the oxidative stress. The oxidative stress is related with the surface reactivity and the surface reactivity decreases proportionally at the time of the mechanical fracture.

The epidemiological studies did not show a risk excess of lung cancer in all conditions of exposure. When the risk excess was observed the exposure levels were very high, generally higher than the exposure levels able to causes the silicosis. The rule of silicosis is still uncertain (marker of high level of exposure or necessary condition to de-

Tab. 1 Results of SCOEL discussions on individual carcinogens (by 2007) and assignment to the groups of carcinogens based on mode of action, see SCOEL Summary Documents (SCOEL 1998, 2007). From Bolt et al. 2008.

Risultati delle discussioni SCOEL sui singoli agenti cancerogeni (entro il 2007) e assegnazione ai gruppi di agenti cancerogeni basati sul meccanismo di azione, cfr. Documenti riassuntivi SCOEL (SCOEL 1998, 2007). Da Bolt et al., 2008.

- A) Non-threshold genotoxic carcinogens: for risk low-dose assessment the linear non-threshold (LNT) model appears appropriate: 1,3-butadiene (quantitative risk assessment performed), vinyl chloride (quantitative risk assessment performed), methylene dianiline (MI)A: 4,4'-diamono-diphenyl-methane), dimethyl sulphate
- B) Genotoxic carcinogens, for which the existence of a threshold cannot be sufficiently supported at present. In these cases the LNT model may be used as a default assumption, based on the scientific uncertainty: Acrylonitrile, benzene, naphthalene, wood dust, hexavalent chromium compounds (quantitative risk assessment performed)
- C) Genotoxic carcinogens for which a practical threshold is supported and for which a health-based OEL has been proposed: Formaldehyde, vinyl acetate, pyridine, silica, lead (provisional OEL proposed)
- D) Non-genotoxic carcinogens and/or non-DNA-reactive carcinogens: for these compounds a true ("perfect") threshold is associated with a clearly founded NOAEL A health-based OEL has been proposed: Carbon tetrachloride, chloroform, nitrobenzene

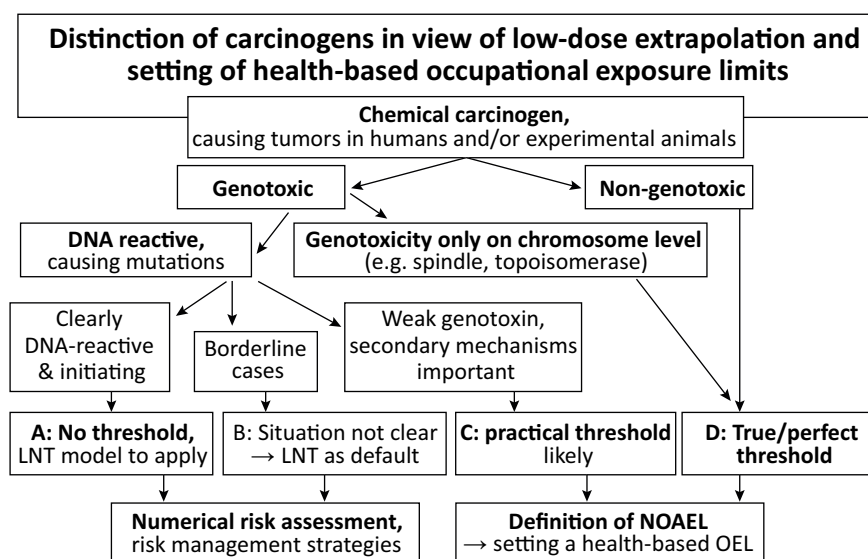


Fig. 1. Flow-chart to distinguish between groups of carcinogens (S-D) for the purpose of risk assessment and standard setting (OELs). From Bolt et al., 2008.

Diagramma di flusso per distinguere tra gruppi di agenti cancerogeni (S-D) ai fini della valutazione del rischio e degli standard (OEL). Da Bolt et al., 2008.

velopment of the lung cancer). In the 2003 the Scientific Committee of Occupational Exposure Level affirmed *"The main effect in human of the inhalation of respirable silica dust is silicosis. There is sufficient information to conclude that the relative risk of lung cancer is increased in persons with silicosis (and apparently, not in employees without silicosis exposed to silica dust in quarries and in the ceramic industry). Therefore preventing the onset of silicosis will also reduce the cancer risk. Since a clear threshold for silicosis development cannot be identified, any reduction of exposure will reduce the risk of silico-*

sis. (...) It arises that an OEL should lie below 0,05 mg/m³" (Scoel Sum Doc 94 final, June 2003).

Considering these data the CMD classified the work process and not the substance "silica". The work process causes an exposure to respirable silica with "freshly fracture" and the presence of "freshly fracture" increases the surface reactivity and the silica toxicity.

As reported in table 1 (Bolt *et al.* 2008) silica is considered a carcinogen with a "practical threshold likely" (category C). Consequently the CMD states *"It is therefore appropriate to include work involving exposure to respirable crystalline silica dust generated by a work process in Annex I to Directive 2004/37/EC and to establish a limit value for respirable crystalline silica dust ('respirable fraction') that should be subject to review, in particular in light of the number of workers exposed."*

In the Annex 1 the CMD reports for the crystalline silica an OEL of 0.1 mg/m³. This value is a binding value. That means the member states could adopt an occupation-

al exposure level equal or lower the OEL reported in the Annex 1.

The inclusion in the CMD the process involving exposure to Respirable Crystalline Silica – RCS – and no silica it self is not relevant for the classification and the labelling of the products containing RCS.

The FAQ prepared from EURO-SIL for the associated companies states *"The directive is put forward only in the context of occupational workers' health protection legislation. In the EU the classification and labelling of products is ruled by other separate legislation (the CLP Regulation 1278/2008). There is no direct link between these two legislative frameworks. Directive 2017/2398 addresses respirable dust generated by work processes, not the substance itself. Crystalline silica placed on the market is subject to the classification obligation under Regulation (EC) 1272/2008, while crystalline silica dust generated by a work process is not placed on the market and therefore is not classified in accordance with that Regulation"*.

Consequently the work process

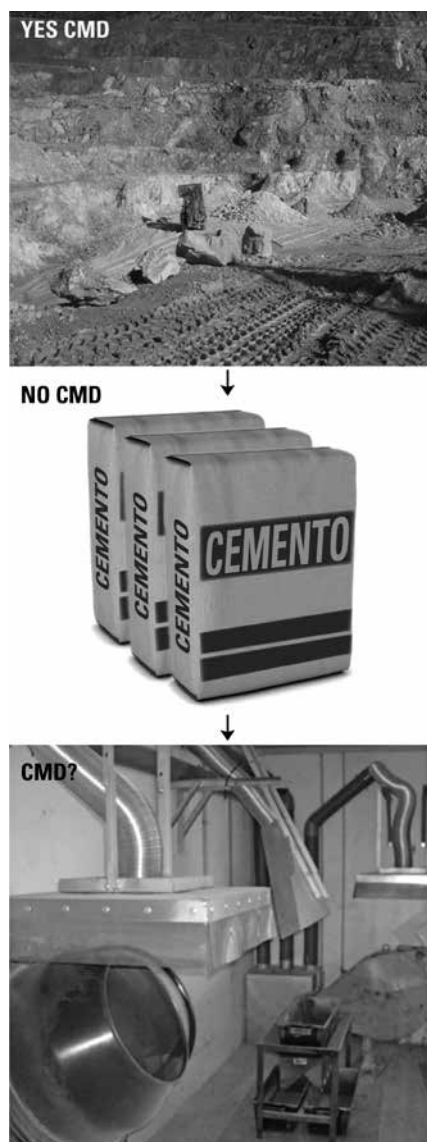


Fig. 2. The flow of the CMD application. Il flusso di applicazione del CMD.

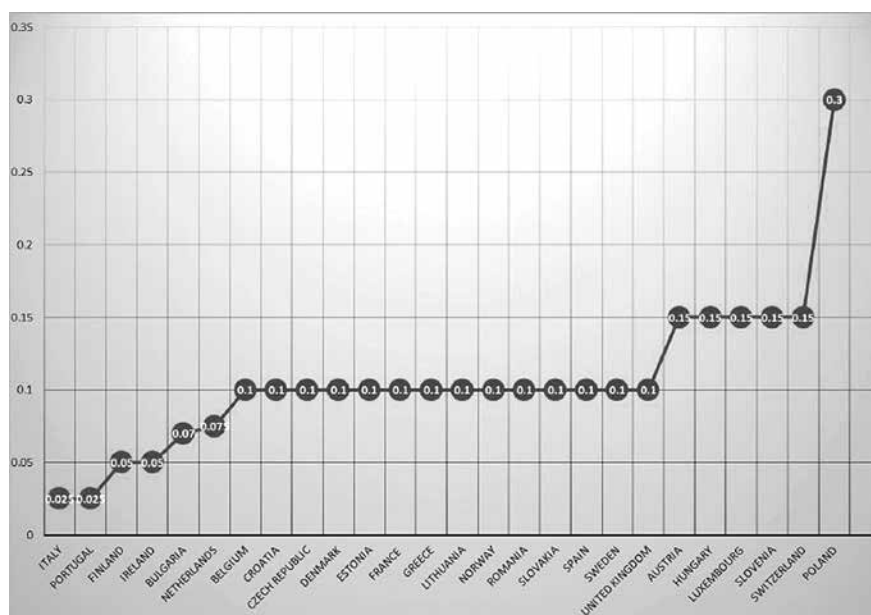


Fig.3. Occupational Exposure Limits¹⁵ in mg/m³ 8 hours TWA (time weighted average) – Respirable Crystalline Silica in EU-28¹⁶, Norway and Switzerland.

Limiti di esposizione professionale¹⁵ in mg/m³ 8 ore TWA (media ponderata nel tempo) per silice cristallina respirabile in EU-28, Norvegia e Svizzera.



WORKING FOR A HEALTHY FUTURE

IOM Research Project: P937/99
May 2011

Health, socio-economic and environmental aspects of possible amendments to the EU Directive on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens and mutagens at work

Fig. 4. Document elaborated by IOM.
Documento elaborato da IOM.

and no the substance is considered carcinogen.

In the figure 2 the flow of the CMD application is reported: the work process extracting a mineral must be classified “carcinogen” in case of exposure to RCS, the distribution of the final product on the market is not covered from the CMD while the use of the product in a new work process could be fall under CMD in case of the presence RCS exposure.

Similarly to the work process extracting a mineral the drilling rock activity could fall under the scope of the CMD.

The CMD identified for RCS an occupational exposure level at 0.1 mg/m³. The figure 3 reports the OEL adopted at today in the different European countries.

The chose of an OEL at 0.1 mg/m³ derives from the document elaborated from the Institute of Occupational Medicine of Edinburgh (IOM) (Fig.4).

About the mean of the OEL in case of exposure the carcinogens the CMD states “Occupational exposure limit values are part of risk management under Directive 2004/37/EC. Compliance with those limit values is without prejudice to other obligations on employers pursuant to that Directive, in particular the reduction of the use of carcinogens and mutagens at the workplace, the prevention or reduction of workers’ exposure to carcinogens or mutagens

and the measures which should be implemented to that effect. Those measures should include, in so far as is technically possible, the replacement of the carcinogen or mutagen by a substance, mixture or process which is not dangerous or is less dangerous to workers’ health, the use of a closed system or other measures aiming to reduce the level of workers’ exposure. In that context, it is essential to take the precautionary principle into account where there are uncertainties.”

Therefore, in case of work involving exposure to respirable crystalline silica dust generated by a work process, the respect of the OEL is not sufficient to exclude to follow the approach reported in the CMD or in the national legislation.

Now the new challenge is to evaluated the possibility to identify an “action level” (AL) below 0.1

mg/m³ able to prevent the risk of lung cancer. The respect of the AL (if it will be identifying it) could permit to avoid applying some actions required from the CMD directive (substitution and closed system).

At today the curve dose/response on RCS and lung cancer is not still well defined and universally accepted.

The pooled analysis published from Steenland in 2001 is generally used as reference to identify the relationship between the exposure level to RCS and risk excess for lung cancer. Using the data of Steenland Morfeld affirms (2011) the risk excess is related to the cumulative exposure higher than 6 mg/m³/years. If we assume an occupational life of 40 years this value corresponds to an OEL higher than 0.15 mg/m³. The Morfeld’s evaluation is still under discussion but probably is the more realistic approach available at today. Therefore it is possible to propose a practical Action Level for RCS with a value of 0.05 mg/m³.

In the figure 5 is reported a strategy model for the RCS risk assessment (NEPSI).

The respect of the OEL is mandatory. In case of RCS exposure lower than the action level (if adopted) some obligations reported in the CMD and national legislation could be no mandatory.

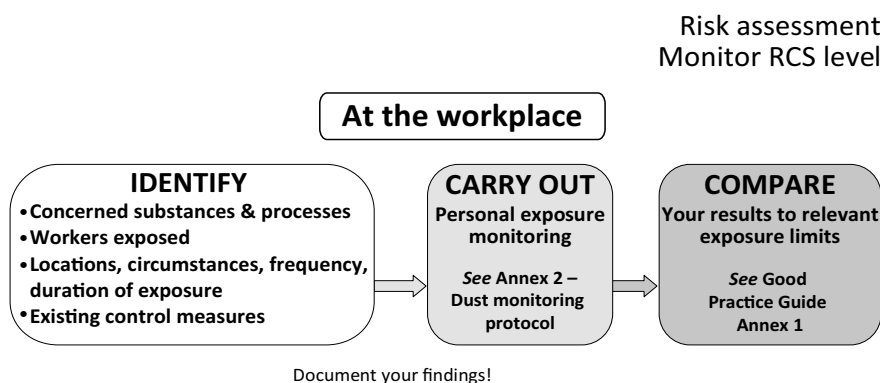


Fig. 5. The RCS Risk Assessment Monitor level proposed by NEPSI.
Il modello di valutazione e livello di monitoraggio della RCS proposto dal NEPSI

References

- Agreement on Workers Health Protection through the Good Handling and Use of Crystalline Silica and Products containing it www.nepsi.eu
Bolt, H.M., Huici-Montagud A., 2008. *Strategy of the scientific committee on occupational exposure limits (SCOEL) in the derivation of occupational exposure limits for carcinogens and mutagens*. Arch Toxicol, 82: 61-64, DOI 10.1007/s00204-007-0260-z
- Directive (EU) 2017/2398 of the European Parliament and of the Council of 12 December 2017 amending Directive 2004/37/EC on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work
- Morfeld, P., *Respirable Crystalline Silica: Rationale For Classification According to the CLP* Regulation and within the Framework of the Globally Harmonised System (GHS) of Classification and Labelling of Chemicals*. www.crystallinesilica.eu
- Steenland, K., Mannetje, A., Boffetta, P., Stayner, L., Attfield, M., Chen, J., Dosemeci, M., Deklerkm N., Hnizdo, E., Koskela, R., Checkoway, H., International Agency for Research on Cancer, 2001. *Pooled exposure-response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentre study*, Cancer Causes Control, Nov., 12(9): 773-84.

Advanced modeling for the control of tunnel ventilation during excavation and operation

Romano Borchiellini*

Sara Cosentino**

Vittorio Verda*

* Politecnico di Torino,

Dipartimento Energia, Torino

** SPEA Engineering S.p.A, Milano

Innovative tools are necessary to obtain the optimal operating conditions of the ventilation systems in a reasonable lapse of time and accurately. This can be achieved both with appropriate numerical approaches to the full domain as the model order reduction techniques and with the domain decompositions methods as the multi-scale physical decomposition technique. The reduced order mode techniques such as the Proper Orthogonal Decomposition – POD are based on the snapshots method, which provides an optimal linear basis for the reconstruction of multidimensional data. The physical decomposition achieved through multi-level approaches uses the accuracy of the Computational Fluid Dynamics – CFD code in the near field, e.g. the region close to the fire source, and takes advantage of the low computational cost of the 1-D model in the region where gradients in the transversal direction are negligible. In this paper, the features of these two approaches when applied to the control of tunnel ventilation systems are presented. In particular, the use during construction the phase and during operation are discussed.

Keywords: simulation models, multi-scale, reduced models.

Modellazione avanzata al servizio del controllo della ventilazione di gallerie in scavo ed in esercizio. L'analisi di condizioni di funzionamento ottimale dei sistemi di ventilazione richiede l'utilizzo di strumenti di simulazione innovativi, capaci di ottenere risultati accurati con ridotti tempi computazionali. Questo può essere ottenuto con tecniche numeriche che coinvolgano la riduzione d'ordine del modello o con metodi di decomposizione del dominio. Tecniche di riduzione d'ordine come il proper orthogonal decomposition – POD sono basate sul metodo degli snapshots, che forniscono una base lineare ottimale per la ricostruzione di dati multidimensionali. La decomposizione fisica ottenuta con approcci multiscala utilizza invece l'accuratezza dei codici termofluidodinamici nel near field, cioè la regione in vicinanza dell'incendio ad esempio, e sfrutta il basso costo computazionale di modelli monodimensionali nella regione in cui i gradienti in direzione trasversale sono trascurabili. In questo articolo sono illustrate le caratteristiche di questi due approcci applicati al controllo di sistemi di ventilazione. Nell'articolo si discute l'applicazione di queste tecniche alla ventilazione ordinaria in fase di costruzione e alla ventilazione di emergenza in fase di funzionamento.

Parole chiave: modelli di simulazione, multiscala, modelli ridotti.

Modélisation pour le contrôle de la ventilation de tunnels en excavation et en opération. L'analyse des conditions de fonctionnement optimales des systèmes de ventilation nécessite l'utilisation d'outils de simulation innovants, capables d'obtenir des résultats précis avec des temps de calcul réduits. Ceci peut être réalisé avec des techniques numériques impliquant la réduction de l'ordre du modèle ou avec des méthodes de décomposition du domaine. Les techniques de réduction d'ordre telles que la proper orthogonal decomposition – POD sont basées sur la méthode des instantanés, qui fournissent une base linéaire optimale pour la reconstruction de données multidimensionnelles. La décomposition physique obtenue par des approches multi-échelles utilise plutôt la précision des codes dynamique des fluides informatisée dans le champ proche, qui est la région à proximité du feu, par exemple, et exploite le faible coût de calcul des modèles unidimensionnels dans la région où les gradients dans la direction transversale sont négligeables. Cet article décrit les caractéristiques de ces deux approches appliquées au contrôle des systèmes de ventilation. L'article traite de l'application de ces techniques à la ventilation ordinaire pendant la construction et à la ventilation d'urgence pendant le fonctionnement.

Mots clés: modèles de simulation, multi-échelle, modèles réduits.

1. Introduction

1.1. Simulations for ventilation control

Complexity of tunnel systems is increasing, with more and more stringent constraints related with safety conditions, operational costs, environmental issues, etc. One of the most important parts which is affected by this evolution is the ventilation system. Its complexity is also increasing, during the design phase, but especially during operation. In this framework, ventilation settings and adjustments often rely on simulations able to provide a detailed representation of the scenario depending on the variation in the control parameters. Nevertheless, simulations typically require large computational resources, which make often difficult to comply with the requirements for control application. A possible option to combine together the accuracy of detailed models and small computational time consists in the application of reduced models. This paper aims at showing how reduced models can be effectively applied to tunnel ventilation control. Two approaches are considered: proper orthogonal decomposition and multi-scale models. Their features are briefly introduced in this section, while the applications to tunnels are shown in sections 2 and 3, respectively.

1.2. Proper orthogonal decomposition – POD

Proper orthogonal decomposition – POD is one of the most

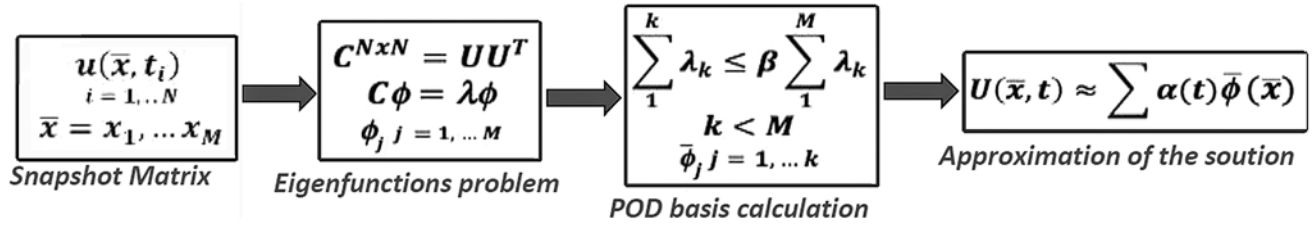


Fig. 1. POD procedure.
Procedura POD.

widely known model order reduction techniques used to simplify the simulation of dynamical systems described by differential equations. This is a posteriori reduction method, which is based on the extraction of the essential information from the full model and its reduction to a more compact model. Consequentially, computational costs are significantly reduced while preserving the accuracy.

POD is applied in several fields, such as the images processing [1] analysis of turbulent fluid and multiphase flows [2], unsteady aerodynamic flows [3] and many others.

POD model is built using the method of snapshots proposed by Sirovich [4]. The method provides a parametric fit of a set of given multidimensional data by constructing an appropriate expansion series and its coefficients. POD extracts both the interpolating functions and the coefficients from the information contained in the data set. A schematic of the full procedure is shown in figure 1.

1.3. Multi-scale models

Computational Fluid Dynamics – CFD is largely used as an engineering tool for the analysis of both normal operating conditions and in the case of fire. This relies on the numerical solution of the three-dimensional unsteady form of the conservation of mass, momentum and energy. As a result, the velocity and temperature fields,

as well as the species concentration can be obtained. The accuracy of CFD significantly depends on the size of the computational grid which is used for the domain discretization. This involves the use of a sufficiently dense mesh, which may lead to unsuitable computational costs in the case a vast domain should be explored. CFD becomes thus unsuitable for the simulation of network infrastructures, which might be several kilometer long. For this reason, the computational domain is often limited to a small region i.e. close to the fire and the velocity and temperature profile in the rest of the domain are assumed as known.

The use of 1D models solves the problem of high computational costs of CFD thanks to complete and compact description of the system of interest. In 1D modeling, flow is assumed as homogeneous in each cross section making 1D models unsuitable to simulate the fluid behaviour in regions where high gradients occur. Proper corrections and empirical correlations must be introduced to account the tri-dimensional behaviour of flow in such regions, which constitute a source of large uncertainties especially in the case of application to fire events.

Multi-scale methods, based on hybrid 1D-3D computational techniques, have been proposed with the goal of contributing to overcome the issues related with both 1D and 3D models. Multi-scale approaches consist in a physical decomposition of the domain in two or more sub-regions, each

one assigned with different modelling complexity: 3D models are used only in the zones where large transversal gradients occur and need to be calculated; 1D models are basically used to link the 3D volumes with the surfaces where realistic boundary conditions can be imposed. This technique allows one keeping the accuracy of results typical of 3D models, with a computational cost closer to that of 1-D models. For further details, see [5, 6].

2. Application of POD models to the sanitary ventilation during tunnel construction

2.1. Model of sanitary ventilation

One of the main roles of ventilation consists in keeping suitable ambient conditions inside the tunnel. This is necessary to the workers during tunnel excavation, and to the end-users and operators during normal operation. The contaminant concentration inside the tunnel can be expressed by equation 1:

$$\frac{\partial C^*}{\partial t^*} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 C^*}{\partial x^{*2}} - \frac{\partial C^*}{\partial x^*} + S_p^* \quad (1)$$

where:
– $C^* = \frac{C - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}$ is the non-dimensional form of the concentration, being $C_{max} - C_{min}$ the

- range concentration between the minimum and the maximum;
- $\chi^* = \frac{\chi}{L}$ is the non-dimensional form of longitudinal coordinate, being L the tunnel length;
 - $t^* = t \frac{u}{L}$ is the non-dimensional form of the time, being u the longitudinal air velocity due to the forced air flow;
 - Pe is the Peclet number;
 - $S_p^* = \frac{S_p^* L}{\Delta C^* u}$ is the non-dimensional form of the pollutants source, i.e. the excavation processes during construction and the car engines during normal operation.

The initial condition is given by natural concentration of contaminants in the air (e.g. 5 ppm in the case of NO_x). Concerning the boundary conditions, a Dirichlet condition, indicating the external concentration, is prescribed on the external portals with inlet flow and a Neumann condition, indicating pure convective transport, is prescribed on the external portals with outlet flow. Results of the model application to the NO_x concentration during the excavation phase of a rail tunnel in Spain are shown in figure 2. In the figure, both the model results and the experimental measurements are shown during eight hour period.

The application of POD to equation (1) generates a very flexible modeling approach, which can be applied to a tunnel with variable length, as it occurs in the case of tunnel excavation. The model provides the distribution of contaminant concentration as the function of the air velocity, i.e. the ventilation flow. The maximum deviation of results is less than 1%, with a reduction of the computational time of about 80%. This makes the model suitable for control purposes, as discussed in the next section.

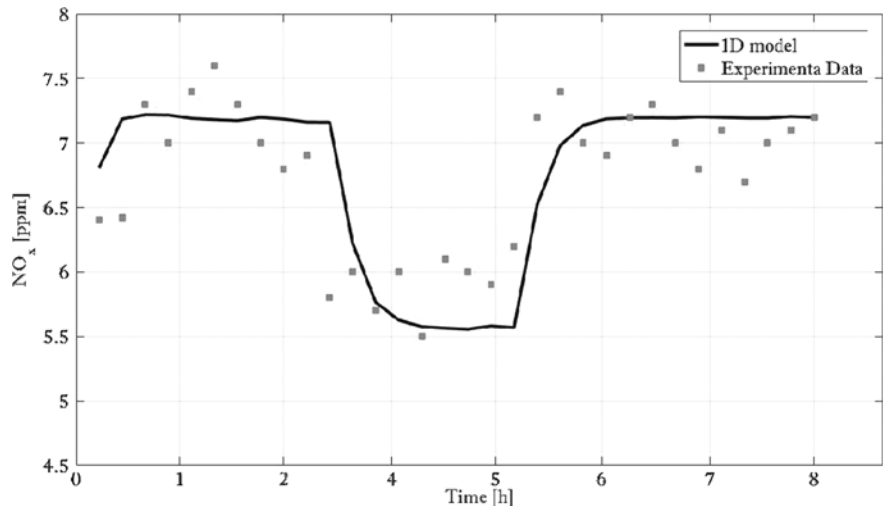


Fig. 2. Comparison of model results and experiments in the application to NO_x concentration during tunnel excavation.

Confronto dei risultati del modello e degli esperimenti nell'applicazione di note concentrazioni di NO_x durante lo scavo di gallerie.

2.2. Application of a POD model to tunnel ventilation control

The proposed POD model can be used to predict the NO_x concentration depending on the various sources (loaders, excavators, trucks etc.) and the tunnel geometry. This can be used within a fuzzy logic control, which aims at minimizing the energy consumption for ventilation, taking into account the NO_x level evolution and considering the time since the last adjustment. This latter requirement is made in order to reduce the number changes in the operating regime of the ventilation fan as much as possible, in order to keep the potential impact

of maintenance small. A schematic of the algorithm structure is shown in figure 3. The selected membership functions for the inputs are Gaussian. The linguistic variables of the output (the fan velocity) has a triangular membership functions.

An application of the proposed algorithm and its comparison with the conventional ventilation strategy characterized with constant fan velocity is presented in figure 4. The figure refers to a typical working day during the excavation phase, when the tunnel length was about 1500 m. The use of the fuzzy logic algorithm allows one to reduce the electricity consumption of about 24%, keeping NO_x within the acceptable limits. In addition, the number of fan adjustments is limited.

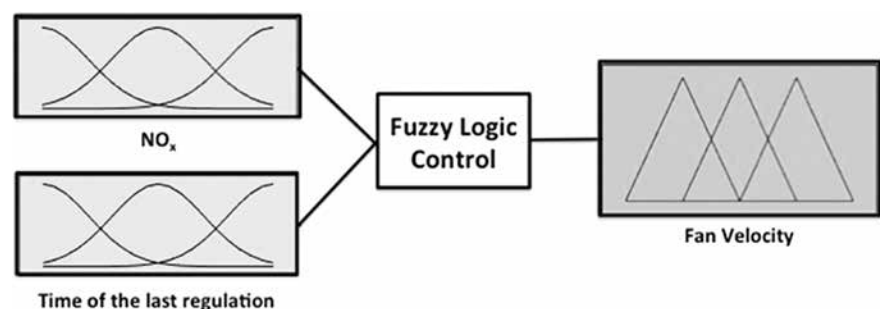


Fig. 3. Schematic of the fuzzy logic algorithm for ventilation control.
Schema dell'algoritmo di logica fuzzy per il controllo della ventilazione.

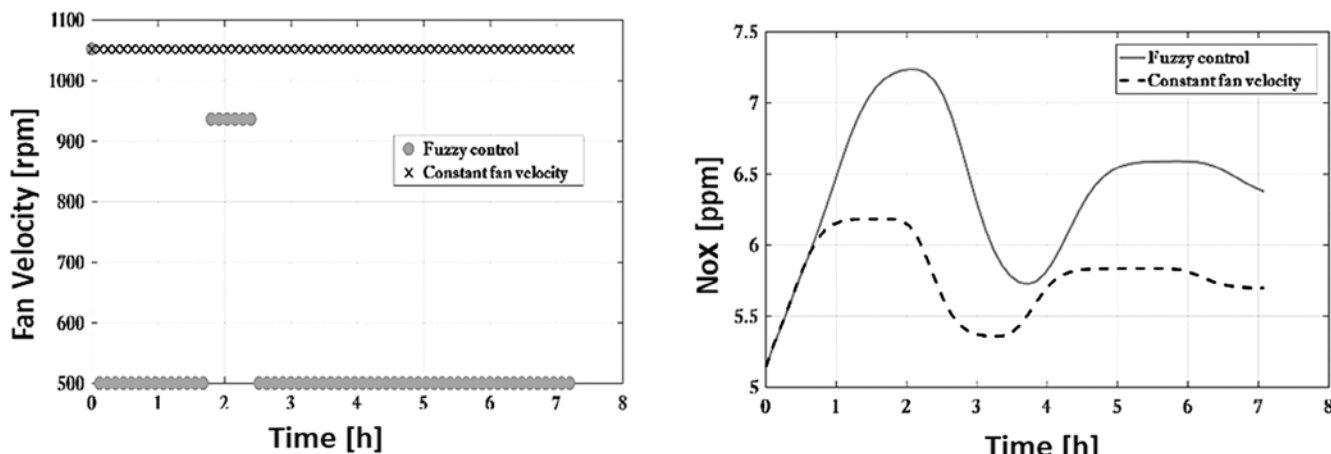


Fig. 4. Comparison between fuzzy control and constant velocity in the application to tunnel excavation.
Confronto tra controllo fuzzy a velocità costante nello scavo di tunnel.

3. Application of multi-scale modeling to emergency ventilation

3.1. Multi-scale modeling of tunnels

The multi-level approaches based on non-overlapping domain decomposition can be used to model complex systems as the underground infrastructures (tunnels road, mines and sub-way stations) and to study the ventilation systems both in sanitary and emergency conditions. As already mentioned, it consists in dividing the domain in sub-regions, each described through a model of proper complexity. The choice of such complexity depends on the phenomena which should be considered. Several studies on the flow fields in underground infrastructures show that in the portion of the domain close to jet fans or to the fire, the flow has a complex 3D

behavior with velocity, concentrations and temperature gradients. This region is called the near field and should be modelled considering 3D geometry in order to properly capture the phenomena. The remaining portion of domain is called the far field can be described by 1D model. In fact, the various quantities show an almost homogeneous distribution in the transversal directions, while the gradients in the longitudinal direction are prevalent. A schematic of a multi-scale model is shown in figure 5.

This scheme allows the accuracy of results typical of CFD-3D in the near field and the low computational cost of the 1-D models in the far field. The congruence of the simulation is guaranteed by a continuous exchange of information at each interface, where a Dirichlet-Neumann coupling strategy is applied. Considering a specific boundary surface (i.e. a surface in the 3D model and a

node in the 1D model), the 3D imposes one type of boundary condition (e.g. Dirichlet) to the 1D boundary node while the 1D simulation is performed, and the 1D imposes the dual type (Neumann in our example) to the boundary surface while the 3D simulation is performed. The results reported in the next section refer to the implementation of this type of strategy obtained by integrating the CFD open code FDS and the 1D code Whitesmoke, developed within the Energy Department at Politecnico di Torino.

3.2 Application of the multi-scale model to the simulation of a fire event

An application of the multi-scale to the simulation of a fire scenario in the Monte Cuneo tunnel, located near Torino, is presented in this section. The tunnel is 1906 m long, with a cross section of 66 m² and has a positive slope in the first part (1.79% slope for 846 m from North gate) and a negative slope in the second part (-2.65% slope for 1060 m). The tunnel uses a semi-transversal ventilation system, with 18 extraction dampers, which are remotely controlled. Four dampers open in the case of fire and extract smoke in the fire

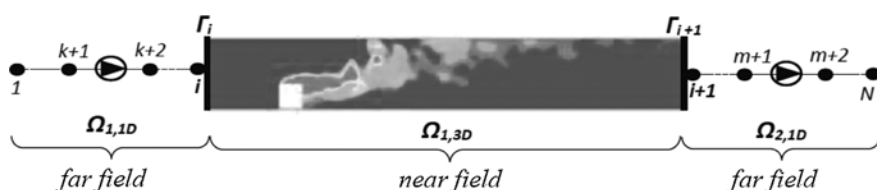


Fig. 5. Schematic representation of a multi-scale structure for tunnel ventilation analysis.
Rappresentazione schematica di una struttura multi-scala per l'analisi della ventilazione del tunnel.

zone. Four jet-fans are used in order to balance possible pressure differences between the portals. The schematic representation of the multi-scale model is similar to that shown in Fig. 5. The full domain of the tunnel is split in 3 sub-regions: two *far fields* modelled by the network of 9 nodes and 8 branches each one and one *near field* in 3 dimensions. This portion of roadway in FDS is located between 1D nodes N09 and N15. It is 369 m with the fire in the center position and the four correspondent open dampers located upstream and downstream the fire. In the 3D model, a vehicle burning in the center of the tunnel has been considered. An Heat Release Rate - HRR of 30 MW has been considered, with a trapezoidal shape, derived from experimental results [7]: 10 min growth ramp, 40 min steady state and 20 min decrease ramp.

In order to simulate the air/smoke extraction, four surfaces have been created in the upper part of the 3D computational domain, in correspondence to the dampers. The extracted mass flow rate has been imposed as a boundary condition. The 4 accelerators and the axial fans have been modelled in the 1D network taking into account their characteristics curves [8]. The effect of deflectors has been obtained by shifting the curve, so that the nominal pressure rise increases from 3.5 Pa to 6 Pa.

Figure 6 shows the average longitudinal air velocity which is obtained at steady state, in a critical condition. The zero velocity is located within the extraction area converging velocities are obtained on both sides. This means that smoke tends to converge towards the extraction zone. With respect to the jet fan operation without deflectors, the volumetric flow rate difference between the two portals decreases significantly. The air velocity at the North gate, which was

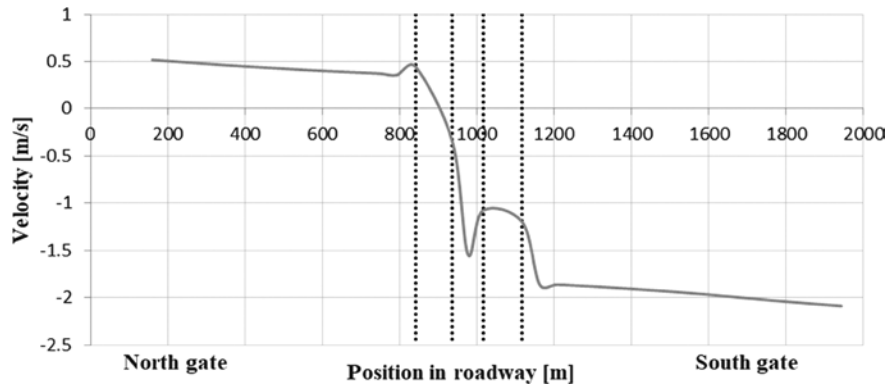


Fig. 6. Mean longitudinal velocity in the roadway in the re-design configuration.
Velocità longitudinale media nella carreggiata nella configurazione di riprogettazione.



Fig. 7. Smoke propagation at different time step in the re-design configuration.
Propagazione del fumo in tempi diversi nella configurazione di riprogettazione.

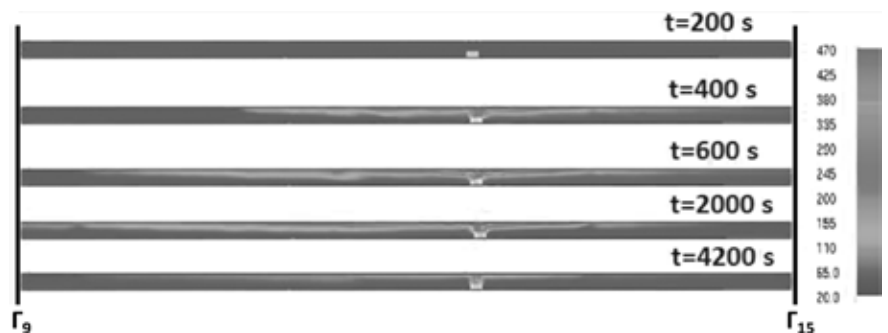


Fig. 8. Temperature distribution in the smoke are in the re-design configuration.
La distribuzione della temperatura nel fumo è nella configurazione di riprogettazione.

close to zero, increases to about 0.5 m/s thus making the operating condition more balanced.

A better description of the ventilation system performance is provided by the results of the 3D model. Figure 7 shows the smoke propagation during the event evolution. For $t < 600$ s, smoke occupies almost the entire roadway. When the HRR reaches its maximum, smoke is pushed towards the North side. Some smoke back-layering is also observed.

The corresponding temperature field in the longitudinal plane located at the center of the roadway is shown in Fig. 8. The maximum temperatures near the ceiling are below 500 °C. This represents a decrease with respect to the configuration without deflectors and reduced dampers. This is particularly positive to guarantee safe operating conditions to the axial fan, which should be maintained below 250°C for two hours in case of emergency. In this case, the

extraction temperature is always lower than 240 °C for the entire simulation time.

With respect to simulations performed considering full extension of the 3D geometry to the full domain, a significant reduction of the computational time (of more than 80%) is obtained.

od is the multi-scale model. The application to the simulation of a fire event and the corresponding ventilation strategy is proposed. In both cases, a large reduction of the computational time is obtained with practically no significant effects on the simulation results.

4. Conclusions

In this paper, two possible modelling techniques that can be applied to the analysis of ventilation control in tunnels, in the case of both sanitary ventilation and emergency ventilation. The first method is the proper orthogonal decomposition. This is here applied to the optimal control of the ventilation system for a tunnel under excavation. The second meth-

Bibliography

- [1] Rosenfeld, A. and Kak, A.C., 2014. *Digital picture processing*, Elsevier.
- [2] Berkooz, G., Holmes, P. and Lumley, J.L., 1993. *The proper orthogonal decomposition in analysis of turbulent flows*, Annual review of fluid mechanics, vol. 25, no. 1, pp. 539-575.
- [3] Dowell, E.H., Hall, K.C., Thomas, J.P., Kielb, R.E. and Spiker, M.A., 2006. *Reduced Order Models in Unsteady Aerodynamic Models*, Aeroelasticity and Molecular Dynamics, in III European Conference on Computational Mechanics.
- [4] Sirovich L., 1987. *Turbulence and the dynamics of coherent structures, Parts I, II and III*, Quarterly of applied mathematics, vol. XLV, pp. 561-590.
- [5] Colella F., Rein G., Borchiellini R., Carvel R., Torero J.L. and Verda V., 2009. *Calculation and design of tunnel ventilation systems using a two-scale modelling approach*, Build Environ, vol. 44, pp. 2357-2367.
- [6] Colella F., Rain G., Verda V. and Borchiellini R., 2011. *Multiscale modeling of transient flows from fire and ventilation in long tunnels*, Computers & Fluids, vol. 51, pp. 16-29.
- [7] Ingason H., 2009. *Design fire curves for tunnels*, Fire Safety Journal, vol. 44, pp. 259-265.
- [8] M.E. S.p.a., 2011. *Reports and documentations about Monte Cuneo Tunnel road*, Torino.

Innovative techniques and technologies for underground construction and implications of OS&H

Daniele Martinelli*
Daniele Peila*

* DIATI, Politecnico di Torino

A global overview of the technologies that can be applied for modern tunnelling construction taking into account the OS&H aspects is shortly presented in the paper.

Keywords: Safety, OS&H, Underground Excavations, Innovation, TBM.

Tecniche e tecnologie innovative per la realizzazione di opere in sotterraneo e risvolti di OS&H. Un'analisi globale delle caratteristiche delle moderne tecnologie che possono essere applicate per consentire lo scavo di gallerie nell'ottica degli aspetti di OS&H è brevemente presentata in questo lavoro.

Parole chiave: Sicurezza, OS&H, Scavo in sotterraneo, Innovazione, TBM.

Titolo francese. Une analyse complète des caractéristiques des technologies modernes pouvant être appliquées pour permettre l'excavation de tunnels du point de vue des aspects OS&H est brièvement présentée dans ce travail.

Mots clés: Sécurité, OS&H, Excavation souterrain, Innovation, TBM.

1 Introduction

In the past, underground excavations, such as tunnels and mines, have always represented a high-risk process regarding the safety of the workers as the confined spaces combined with the changing rock mass properties and its uncertainty, sometimes difficult to be correctly forecasted, can induce some critical OS&H aspect that have to be managed with both the excavation technique, the rock mass reinforcement and the supports installed in the tunnel or around it. Furthermore the massive use of full face machine and always better monitoring tools has allowed to obtain an important reduction of accidents and fatalities since the excavation process is better managed and the excavation voids stability are better guaranteed. As an example, during the excavation of the 15 km long Gotthard railway tunnel (1871-1881) the number of fatalities was around 200 persons,

more than 10 per km of excavation while for the 13.6 km long Fréjus railway tunnel (1857-1871), excavated in the same years the number of fatalities directly linked to the excavation work was only 22 persons i.e. about 2 fatalities/km (Cialdini, 2011). This reduction of fatalities is mainly due to the better organization of the construction site works but is also due to the innovation and new techniques that were introduced and that helped to reduce the risk of a fatal accident. In modern tunnels it is possible to say that few fatalities can be registered during the construction of tunnels excavated both with conventional and with full face mechanized techniques.

Nowadays, the important improvements coming from the industry are ensuring that this reduction guarantees a working environment as safer as possible bringing also the safety standard to strict levels. First aspect that helped this process is the increase in the use of automation: while

in the past the excavation work was done mostly by the workers themselves, the modern trend is automatize the risky processes. Probably the most important innovation in this technological process is the introduction of the Tunnel Boring Machines (TBMs), which basically reduces the direct use of the manpower on critical production and moreover are able to protect the working environment by possible failure of the tunnel by means of shields (for shielded machines) or protective grids (open TBM). In the next chapters, some aspects regarding the innovation that have improved the safety of workers in tunnelling process are described and will be discussed taking into account the two principal excavation technology, i.e. the conventional and the full face mechanized tunnelling.

Regarding OS&H risk control should be part of every stage of any tunnel project from conception to operations not only because it is a legal requirement in many jurisdictions but also because it is a basic duty of every professional engineer. Getting it right from the start is important since a retrofit may not be an option. In Europe the legal requirement to integrate OS&H risk control into planning, design and construction comes from the Temporary or Mobile Construction Sites Directive 92/57/EEC and designers should consider how they can ensure buildability, accessibility, operability, maintainability and recoverability of the tunnel they are designing without forgetting that all these aspects play a relevant role in health and safety risk control.

2. OS&H Risks in tunnel construction

The most important OS&H risks that are to be considered in tunnel construction, that affect both full face mechanized tunnelling and conventional one, have been clearly summarized by Lamond (2018) and they are:

Ground risks. That is probably the most important OS&H risk for everyone working underground and it includes groundwater and contamination risk. This risk can be minimised by undertaking a comprehensive ground investigation before the construction begins and probing ahead of the face during tunnelling. **Machinery, plant and equipment risks.** In Europe all plants and machinery used "at work" in Europe must comply with the Machinery Safety Directive 2006/42/EC. In addition, TBM manufacturers can follow a specific technical standard that is the EN 16191. EN 16191 covers the mechanical, electric, hydraulic safety of the machines, the controls systems and access of the machine, the fire precautions the noise and vibrations managements and the refuge chambers. With reference to plants and machinery for conventional tunnelling there are many relevant EN standards for machinery that includes: EN 12111 for roadheaders; EN 474 series for earthmoving machinery and EN 16228 series for drilling equipment.

Construction product safety and hazardous substances. The regulation EU 305/2011 requires that all the construction products meet the following criteria: mechanical resistance and stability; safety in case of fire; hygiene, health and the environment; safety and accessibility in use; protection against noise; energy economy and heat retention and sustainable use of natural resource. It is important to highlight that these concepts do

not apply to all products that are at present used in tunnelling construction. There is a range of EU Directives requiring the control of exposures to carcinogens and other hazardous substances at work. These EU directives set limits for exposure whilst at work to certain hazardous substances furthermore exposure limits are set for nitrogen monoxide and dioxide (that occur in diesel exhaust emission). These limits are proving to be very challenging and they require: very extensive ventilation or the use of battery/electric power instead of diesel power.

Since the general "Principles of prevention" require: to eliminate hazard / avoid risk, to combat risk at source, to adapt work to individual; to adapt to technical progress; to substitute products by less/non dangerous products; to set up collective protection over individual protection and to set up important instruction and training activities for workers, it is important to highlight how in the last years a great improvement has been developed in tunnelling design and construction to act in this direction.

3. Conventional tunnelling

This methodology, even though is the oldest and was used since the very past, has shown, in modern times, some important evolution that has positively influenced not only the tunnel production (i.e meters of excavated tunnel per day) but also the stability of the tunnel (reducing the ground risks) and the OS&H of the workers.

The reduction of ground risks has been achieved with an important improvement of the investigation techniques that can be used at the design stage but also the investigation ahead of the face has

greatly improved both with faster drill rig but also with the systematic use of seismic investigations.

The improvement of the quality of ground reinforcing techniques, both related to the materials and installation technology has been really impressive: the grouting products both chemical and cement today allow to get better results than in the past as well as the face reinforcement ahead the face allow to stabilize the tunnel to be excavated to an extent that was not possible to be imagined only few years ago. On the other hand, these products are always more environmental friendly and they clearly follow the regulations regarding the construction product safety.

In the same time better and safer supports have been developed and used. And the automatization of the installation process has allowed to improve the safety of the process inside the tunnels including the support installation, drilling and mucking. As an example, the use of new types of steel arches with much better positioning device have been developed and some experiments have been carried out to join these machinery to the IT increased reality device to facilitate the process.

A great attention has been devoted to the use of surface construction machinery underground that is the practice sometimes still applies in some nations of the world. Such machinery is not designed for the underground environment and the lack of essential safety features and the machine robustness make these machines not available for the use in the underground environment. General construction machinery used underground should comply with the ISO 19296 "additional requirements for earthmoving machinery used underground". Great attention is today paid to: fire, impact with the tunnel walls, atmospheric

contamination, restricted visibility and lighting, exhausted emissions, lifting of the pants and ever hoist protection.

With reference to shotcrete phase, as an example, which can be a danger for the workers' health both for the possible inhalation of concrete dust and a risk for the jobsite is the detachment of unstable concrete sprayed slabs occur before a complete hardening has occurred it can be observed that an important improvement of the installation phase with the use of modern robots able to keep the workers in a safe area during the excavation.

Usually the manual shotcreting is performed with the dry-mix technology, which is easy to handle but causes the cited problems. In the original applications, the worker was spraying the concrete as much as possible close to the area of interest: this is due to the fact that the shotcrete is effective while the nozzle is not more than 1m from the application area. The modern trend is to use a completely mechanized system by means of a robot that is substituting the physical presence of the manpower. The shotcrete operator is then located at a safety distance from the application area, in this way the risk is reducing substantially. Moreover, this kind of system is mostly working with the wet-mix principle, which is causing much less dust than in the dry-mix one. The quality of the installed shotcrete and its short and long term stability is a topic of great interest.

Regarding the drilling phase, the technology evolved in a similar way than in the shotcreting: while previously the holes were performed manually, nowadays the work is carried out through drilling jumbos. This innovation, in addition to create a safer environment for the operators, who are now protected by the cabin and are not anymore in proximity to possible unstable

wedges that might slide or fall from the front, allowed companies to improve the mechanization and automation of the process. The machines are now maneuvered by computers which are fully programmed according to the original design, in this way uncertainties and deviations are reduced and the construction site can proceed with lower risk. Furthermore, some producers have developed devices with battery power for travel thus reducing the emissions and the machine are compliant the EN 16228. Another important phase which might cause accidents, and that usually is well planned and defined in the organization of the construction site, is the mucking. In this case, on the contrary of the previously described operations, the operator is always protected in the cabin, so the risk is lower, but the other workers in the site might be potentially run over by the loaders or trucks, especially in complex sites. As a matter of fact, mucking is usually representing a time demanding operation considering a single round of excavation, so it is difficult to organize the site in a way that no worker is present along the path of hauling. A recent innovation is represented by the automated Left-Hand Drive – LHD, especially for the mine use: in this way the system allows to perform a fully automated mucking. In automatic mode, the machine follows the reference trajectory by correcting its heading when required. To do this the navigation system constantly measures the position and heading of the vehicle using dead reckoning. Due to the drift of dead reckoning the position and heading estimates must be corrected frequently enough. The environment model is used to estimate the drift which is then corrected.

In this scenario, the future of the site is of course to remove completely the operators from the

direct contact with the potentially risky areas. A better use of the devices to control the position of the workers underground is now usually installed in the large job sites such as the long and deep alpine tunnels

While this represents the ideal scheme to operate, adding automations in complex environment as an underground construction site is a difficult issue. Higher is the automation and lower is the flexibility of the system, and in conventional construction sites there are several overlapping operations working in parallel and which might change the scheduling independently. This is also a reason why the market is going more and more towards the use of mechanized systems such as TBMs, which are exactly designed to collect all the operations into a single machine. Of course this is valid in certain conditions, smaller sites and complex compounds as mines cannot be effective if using this technology, so it is necessary to continue the development also of conventional methods.

4. Full face mechanized tunnelling

In general, this method represents the most widely used system for modern excavation of tunnels. Obviously in this field companies are investing more and more resources to improve the technologies to be used with regards the EN 16191 – TBM safety the following issues are relevant: mechanical, electrical and hydraulic safety, control systems, fire precautions, noise and vibration, refuge chamber. In this way both the productivity and security conditions can be improved. This necessity has brought the producers of TBM machines to invest a lot of resources to obtain excavation machines more and

more adapted to the needs of modern times.

Surely among the TBM machines the most innovative types are represented by the ones able to apply a counterpressure directly to the excavation front. Especially EPB, able to apply the pressure through the muck conditioned with foams or other materials, and Slurry shields/Hydroshields, which apply the counterpressure with the bentonite, are playing a crucial role in the innovation.

The use of EPB technology being the most frequently used has become more and more widely applied also thanks to the improvement of the quality and feasibility of the conditioning agents that are always more environmental friendly and more effective in achieving a good conditioning.

In fact, these technologies allow to create a safe environment for a process that might be thought risky, because the workers and the equipment are always protected under the shield in the area close to the front and under the final segmental lining in the rest of the tunnel. Moreover, the counterpressure ensures the stability of the front and does not allow unexpected flows of water through the excavation front, which might be fatal on the safety point of view.

Interesting recent cases of these kind of machines are represented by the EPB which was involved in the excavation in 2013 of the Sparvo tunnel and the one directly involved in the excavation of Santa Lucia tunnel, both part of the "Variante di Valico" between Bologna and Firenze A1 highway. These machines, beyond being among the largest EPB machines in the world, are able to excavate in a gaseous environment thanks to a protective system. This system allows to keep natural gas (CH₄), naturally present in the rock mass, into a closed circuit which seals the excavated muck from

the tunnel environment, in this way the workers are not directly in contact with the gas. Usually in a regular EPB machine the muck, once excavated and extracted from the plenum chamber through a screw conveyor, is falling into a belt conveyor which transports the material outside the tunnel. In this special machine, on the contrary, the belt conveyor has a fire dump protection, as it is collected into a double-shelled pipe, with the double-wall pressurized at 40 mbar to avoid gas leakage from the pipe itself. Additionally, the main conveyor is equipped with CH₄ sensors monitoring constantly the presence of gas and it has a so called flushing mode to increase the ventilation into the pipe. Moreover, all the equipment present into the pipe is Ex-proof, at least IM2 class.

The gas monitoring and protection in this machine is not limited just to the mucking part, but to prevent large penetration of gas during the excavation, the plenum chamber has been kept always full, thus in complete closed mode. In order to verify the absence of voids (with potential presence of natural gas), another device useful for this detection is a viscosity detector which constantly monitors and verifies the presence of a certain value of viscosity into the chamber, meaning that there is always a good quality muck.

For all this protective system, a complex and widespread network of sensors is installed in the area near the excavation front, where the gas is potentially located. In the Sparvo machine the ventilation and gas monitoring is accessible from the control cabin through a remote controlled system. In total 13 gas sensors are distributed over shield, backup and excavation chamber. The remaining hazardous installation would remain the ventilation system, that in the regular EPB machines would mix

the fresh air with the potentially poisonous one. To deal with this problem, a redundant ventilation system (equipped with 2 independent lines) with by-pass to the belt channel to flush up to 23 m³/s of air is installed. In this way the muck, while into the double-shelled pipe, is travelling into a depressurized environment.

An important aspect to be taken into account while choosing the TBM type depending on the tunnel project, is represented by the environmental/geological conditions, but also on the logistics. While for example EPB is suitable for finer soils and does not require large service infrastructures outside of the tunnel, for coarser soils this machine is not effective, and the Slurry is preferred. But quite often the geology is very heterogeneous, thus if the machine is working effectively in one part it might get stuck in another portion of the tunnel, causing potential dangers also on the safety point of view. This is due to the fact that the procedure to make the machine again working, extra measures have to be used, and quite often these are not foreseen. So these measures might bring non-foreseen risks which have to be phased and well organized by the construction site. In order to avoid these situations, TBM manufacturers are trying to work on a "perfect" machine, able to work as standard operation in basically all the geological environments, and they introduced the so-called "multi-mode TBMs".

An example of these machines is represented by the recent "Variable Density" concept introduced by Herrenknecht (first absolute breakthrough with this type of machine in Kuala Lumpur in 2014) which can work in open (half-empty excavation chamber and no counterpressure at the front), earth pressure balance – EPB, high density slurry (counterpressure with bentonite slurry, mucking through

the screw conveyor) and standard slurry mode (counterpressure with bentonite slurry, hydraulic mucking with slurry). This important innovation, despite its direct higher cost (the machine itself is almost double price than a regular EPB), allows to create a much safer construction site, which on a large scale can bring to a lower cost due to higher utilization factor. This goal is reached by switching between modes of operation without stopping the machine, using the so-called seamless transition principle. The transformation between EPB face support and slurry face support in the tunnel is performed without the need of modification or chamber intervention. The combined system works as full size and quality face support systems for both EPB and slurry operation, and ensures safe and fully controlled conditions for face support during mode change.

4. Conclusions

OS&H is a key issue for a successful tunnel construction. Today designers should not develop a tunnel design without starting from these aspects or considering them, just a duty of the construction company. The design choices directly influence the OS&H not only with reference to the tunnel stability but also with the underground environment where the workers have to operate following the "protection through design" approach.

The systematic and increasing use of full face machines has allowed to reduce these risks to a great extent but a lot of works has still to be done since these machines are more and more complex

and require a great carefulness in the quality of their management.

References

- Ambrogio, F., Peila, D., Barbero, M., Eccher, G., 2017. *Valutazione delle correlazioni tra parametri macchina di TBM-EPB e cedimenti indotti in superficie mediante l'uso di modelli a rete neurale*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 150 (1), pp. 47-52.
- Bisio, P., Fargione, P., Maida, L., 2017. *Representativeness of the measurements results: a key issue for Occupational Risk Assessment and Management. Discussion on air dispersed particulates*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 150 (1), pp. 37-45.
- Brino, G., Peila, D., Steidl, A., Fasching F., 2015. *Prediction of performance and cutter wear in rock TBM: Application to Koralm tunnel project*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 145 (2), pp. 37-58.
- CEN, 2014a. *Tunnelling machinery – Safety requirements* (EN 16191:2014).
- CEN, 2014b. *Tunnelling machines – Road headers and continuous miners – Safety requirements* (EN 12111:2014).
- CEN, 2014c. *Drilling and foundation equipment – Safety* (EN 16228:2014).
- CEN, 2018. *Earth-moving machinery – Safety* (EN 474:2018).
- Cialdini, P., 2011. *Fréjus – Storia del primo traforo delle Alpi e degli uomini che lo realizzarono*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. http://www.mit.gov.it/mit/mop_all.php?p_id=11149
- De Cillis, E., Labagnara, D., Maida, L., Masucci, C., 2014. *Occupational risk assessment and management in the mechanical excavation of tunnels*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 143 (3), pp. 93-103.
- ISO, 2018. *Mining – Mobile machines working underground – Machine safety* (ISO 19296:2018).
- Lamond, D., 2018. *Health and safety during the management of the project, Conference: Sharing experience from construction of ling tunnels at great depth*, Le Bourget du Lac, 20-21 June 2018.
- ITA WG 5, 2018. *Guidelines For The Provision of Refuge Chambers In Tunnels Under Construction*, <https://about.ita-aites.org/publications/wg-publications/content/10/working-group-5-health-and-safety-in-works>
- ITA WG 5, 2011. *Safe Working in Tunnelling 2011*, <https://about.ita-aites.org/publications/wg-publications/content/10/working-group-5-health-and-safety-in-works>
- Labagnara, D., Maida, L., Patrucco, M., 2015. *Firedamp Explosion during Tunneling Operations: Suggestions for a Prevention Through Design Approach from Case Histories*, Chemical Engineering Transactions, Vol. 43, pp. 2077-2082, 12th International Conference on Chemical & Process Engineering, Milano.
- Labagnara, D., Maida, L., Patrucco, M., Sorlini, A., 2016. *Analysis and management of spatial interferences: a valuable tool for operation efficiency and safety*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 149 (3), pp. 35-43.
- Patrucco, M., Labagnara, D., Coggiola, M., Pira, E., 2011. *Aspects of risk assessment and management associated with the phases of generation and reuse of the tunnel muck*, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 133 (2), pp. 69-84.
- Peila, D., Picchio, A., Martinelli, D., Dal Negro, E., 2016. *Laboratory tests on soil conditioning of clayey soil* Acta Geotechnica, 11 (5), pp. 1062-1074.
- Peila, D., 2014. *Soil Conditioning for EPB Shield Tunnelling*. KSCE Journal of Civil Engineering. 18:3, pp. european committee for standardization 831-836.

Sistema di rilevamento dei pedoni

Salvatore Maureddu*

* Spiebatignolles Genie Civil,
Chantier TELT SMP4

L'autore descrive i processi decisionali che hanno portato all'adozione del sistema di rilevamento pedoni, dalla fase di analisi dei rischi nello specifico cantiere a quella di gestione, attraverso l'implementazione del progetto Z-safe. Il completamento del sistema è stato possibile grazie ai diversi test condotti sui dispositivi in situ.

Parole chiave: rilevamento di pedoni in galleria.

Titolo inglese. The author describes the decision-making processes that led to the adoption of the pedestrian detection system, from the risk analysis phase in the specific site to the management one, through the implementation of the Z-safe project. The completion of the system was possible thanks to the different tests conducted on in situ devices.

Keywords: detection of pedestrians in a tunnel.

Titolo francese. L'auteur décrit les processus de prise de décision qui ont conduit à l'adoption du système de détection des piétons, de la phase d'analyse des risques sur le site spécifique à la gestion, en passant par la mise en œuvre du projet Z-safe. L'achèvement du système a été possible grâce aux différents tests effectués sur des dispositifs in situ.

Mots clés: detection de piétons en tunnel.

1. Introduzione

1.1. Aspetti generali

Questo sistema consente di rilevare il personale vicino alla macchina, in un breve perimetro, da 3 a 5 metri, per aiutare il guidatore della macchina a rilevare la presenza di lavoratori negli angoli di non visibilità della macchina. marcia (punti ciechi).

Il progetto Z-SAFE (dispositivo di rilevamento dei pedoni) è un set composto da transponder attivi trasportati dallo staff e dai ricevitori installati sui veicoli o sulle macchine industriali, per ridurre il rischio di collisione. E avvertire il conducente della presenza di una persona in aree cieche.

I transponder indossati dai lavoratori creano una "zona sicura" intorno a loro. L'area di rilevamento del ricevitore è regolabile da un minimo di 2 m.

Quando viene rilevato un transponder vicino ad un'antenna, si attiva un segnale acustico e visivo, con una luce lampeggiante, nella cabina del guidatore.

1.2. Storia

A seguito di un grave incidente, in cui un dipendente è stato investito da una macchina operatrice, di tipo carrello elevatore, abbiamo progettato e sviluppato il sistema di rilevamento dei pedoni negli angoli ciechi delle macchine (aree non visibili al conducente della macchina).

Sebbene ci siano sistemi simili sul mercato come:

- I radar di rilevamento ostacoli, nei veicoli recenti, ed in spazi confinati, avrebbero suonato continuamente, rilevando qualsiasi ostacolo fisico.
- Sistemi in cui i dipendenti sono dotati di una apparecchiatura specifica che comunica con la macchina, pesante da trasportare dagli operatori e costosa.

Il nostro sistema di rilevamento tiene conto delle specificità del sito (ambiente confinato) e si integra con il conteggio e la geolocalizzazione del personale, senza aggiungere altro materiale specifico.

L'obiettivo è rilevare solo il personale vicino alla macchina operatrice, non gli altri ostacoli.

2. Sviluppo

2.1. Azioni realizzate

10-04-2017

Riunione Bioaccez con S.MAU-REDDU per definire il progetto:

- Utilizzo di due antenne per rilevare principalmente i transponder di lavoratori in prossimità della macchina operatrice (lato destro della macchina dall'interno della cabina).
- Rilevamento più coerente (1, 2, 3 metri?)

NB: il rilevamento radio ha una grande tolleranza in base all'uso di badge, metalli, ecc.

- L'autista della macchina operatrice deve essere in grado di "disabilitare" il sistema prima di avviare la macchina, altrimenti l'allarme verrà attivato..
- Deve passare il suo trasponder su un lettore, per convalidare che è autorizzato a guidare.
- Quando l'autista ha finito di usare la macchina, deve nuovamente passare il suo badge sul lettore.

27-04-2017

Presentazione del progetto di rilevamento dei pedoni da BIOACCEZ a TELT, EGIS ALPINA et SOCOTEC.

09-05-2017

Convalida del progetto da parte del gruppo e di EGIS ALPINA (direzione lavori del sito TELT SMP4).

Dal 09-05-2017 al 06-06-2017

Progettazione del dispositivo di rilevamento presso l'ufficio studi di Bioaccez.

06-06-2017

Test del sistema in cantiere.

Le differenze di portata si trovano su entrambe le antenne.

Si decide di dare più spazio all'antenna sul retro del velivolo, perché è qui che la visibilità del guidatore è la più limitata. L'antenna nella parte anteriore ha meno portata.

Discussione su diverse soluzioni per la convalida del guidatore. 2 possibili soluzioni:

- Caricamento di un database di driver, da aggiornare regolarmente
- Nessun database, transponder assegnato a ciascun autista autorizzato a guidare la macchina.

Dal 07-06-2017 al 26-07-2017
Sviluppo di due soluzioni "firmware" per la convalida dell'autista con transponder

26-07-2017

Si decide di lavorare con la soluzione senza database:

Descrizione:

- a) Il sistema rileva e attiva l'allarme di lavoratori o altro personale con un transponder vicino all'antenna della macchina
- b) L'impianto non deve essere caricato con un database;
- c) L'armadio di allarme (con il lettore) deve essere acceso;
- d) Il conducente deve convalidare col transponder.
Per indicare la buona ricezione del disco, un led ROSSO rimane acceso. Da questo momento in poi, il transponder attivo non verrà più rilevato su questo Macchina. (ma può essere rilevato su altre machine).
- e) Quando l'autista termina il suo lavoro, passa il suo disco sullo stesso lettore e il LED ROSSO si spegne può quindi essere rilevato attorno alla macchina operatrice;
- f) Se l'autista dimentica di passare il transponder alla fine del suo lavoro, sarà disabilitato due ore dopo (dall'inizio del primo punteggio sul Manitou)

NB: Fino a 50 lavoratori possono essere rilevati intorno alla macchina (memoria interna limitata)

Dal 28-08-2017 al 01-09-2017
Programmazione del "firmware" definitivo per il test del tunnel e programmazione di nuovi transponder per gli autisti.

Dal 5-9-2017 al 6-9-2017
Test di funzionamento sul cantiere, in superficie e nel tunnel, con 1 conducente e 5 lavoratori nelle vicinanze

2.2. Risultati

Risultati dei test nel tunnel

- Il cicalino e la luce funzionano correttamente.
- I lavoratori vengono rilevati in un raggio di 1,5 davanti alla macchina e fino a un massimo di 5 metri dietro ed attorno alle antenne.
- Il rilevamento sul retro può oscillare da 2 a 5 metri a seconda della potenza della radiazione radio del chip e della posizione del transponder nel casco (perpendicolare o parallelo all'antenna di rilevamento).

**Fase di test in galleria:
dal 6-9-2017 al 6-10-2017
(1 mese)**

Punti da verificare nella fase di test in galleria:

- Che tutto il personale sia dotato del proprio transponder fissato nel casco (il transponder deve sempre essere posizionato sopra la cintura per avere una buona rilevazione)
- Tutti gli autisti hanno il transponder parametrato fissato nel casco
- Verificare che un veicolo dotato di un transponder non sia parcheggiato vicino al veicolo in prova (perché attiverebbe in modo permanente l'allarme)

**Modifiche finali e test:
il 9-01-2018**

- la macchina operatrice è pienamente operativa dal 9 gennaio 2018;
- È stata apportata un'ultima mo-

difica: se il quadro di controllo non è acceso (switch on ON), la macchina non sarà in grado di muoversi.

- La versione finale del sistema, sulle altre marce, l'allarme RFID e il sistema di convalidamento verrà inserito direttamente nella cabina di guida.

3. Riassunto del funzionamento del sistema

3.1. Come funziona

Le antenne sono installate sulla macchina, catturano le onde emesse dal transponder del personale nelle vicinanze (sistema di geolocalizzazione già presente sul sito).

3.2. Quando l'allarme si attiva

- Quando il pedone passa vicino alla macchina (+/- 3 m)
- Se il conducente non ha una permesso di guida valido (patente di guida = CACES valido + addestramento presso la postazione di lavoro completata) (Fig. 1).

3.3. Transponder

Gli autisti autorizzati a guidare una macchina operatrice sono dotati di un transponder parametrizzato che consente loro di guidare.



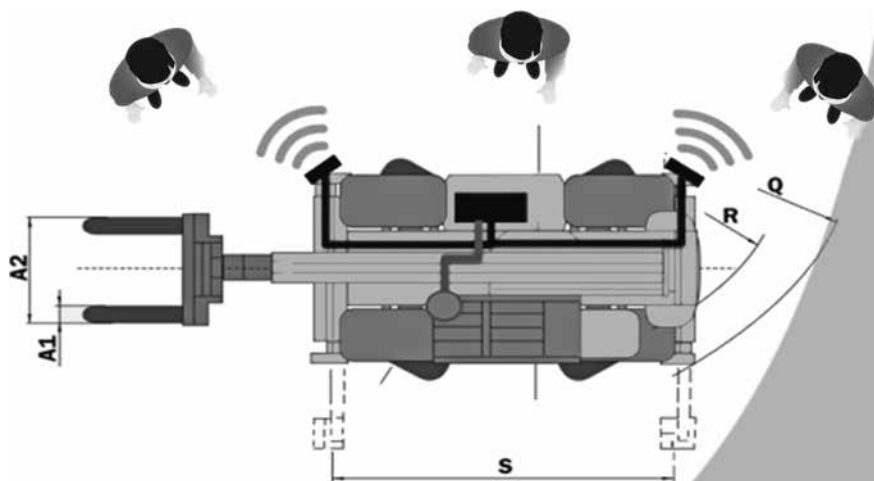


Fig. 1. Sistema di rilevamento.
Detection system.

3.4. Scatola di convalida

Messa in opera del sistema a 4 fasi

1. Portare il selettore di sistema in posizione ON, il LED verde si accende = sistema acceso.



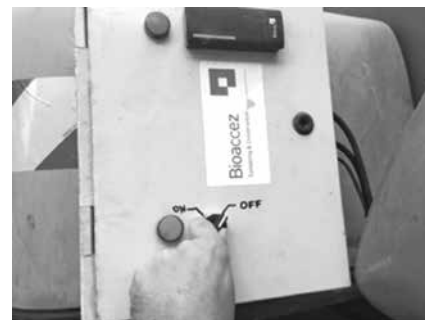
2. Avvicinare il casco, l'autista deve passare il casco sul lato dove è incollato il trasponder, sul lettore.



3. Il LED rosso si illumina per indicare che il conducente è autorizzato a guidare. (il suo trasponder è "disattivato" nella macchina). Se non è consentito, il LED non si accende e l'allarme suona all'interno della macchina).



4. Quando il conducente della macchina finisce il suo lavoro (per interruzione o fine del lavoro), deve ripassare il casco sul lettore e il LED rosso si spegne. Il driver mette il sistema su OFF. Il suo trasponder è di nuovo "attivo" nella macchina.



Ringraziamenti

La riflessione ed il progetto è stato possibile grazie alla collaborazione di TELT, EGIS ALPINA, SOCOTEC e la joint venture SMP4, Spiebatignolles Genie Civil.

TELT: Achille Sorlini, BIOACCCEZ : Ramon Parladé.

Conclusione dei lavori del convegno

A conclusione del convegno qualche breve nota, facile per il successo conseguito, e molto piacevole nel ricordo della collaborazione autentica promossa dal Prof. Mario Patrucco e da tutti accolta.

Come quello dell'anno precedente, che riguardo il ruolo culturale delle grandi committenze nella disseminazione della Cultura della Sicurezza presso le organizzazioni di minori dimensioni, anche quest'anno ci siamo dedicati a come la Cultura della Sicurezza sia disseminata da ambiti più avanzati ad altri.

Questa visione della dinamica reale delle culture tecniche e scientifiche è indispensabile per favorire e consentire l'accelerazione del cambiamento, che in questo campo è richiesto più ancora che altrove.

Diamo atto e ringraziamo dei risultati conseguiti tutti gli organizzatori e partecipanti. Rimarchiamo l'ottima sinergia tra l'organizzazione del Prof. Mario Patrucco e di GEAM e tutti gli enti coinvolti: vale a dire Aziende Meccaniche Meccatroniche Associate – AMMA, Centro Sicurezza Applicata all'Organizzazione – CSAO e Tunnel Euroalpin Lyon-Turin – TELT. Inoltre ricordiamo il supporto di Politecnico di Torino, Università degli Studi di Torino, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino e Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione – SITI, e l'onore ricevuto per essere stati direttamente supportati dall'International Labour Organization, ovvero il massimo organo a livello mondiale sul lavoro. Questi fattori sottolineano la valenza del convegno non solo in ambito nazionale, ma anche oltre confine, su un argomento di assoluta attualità e necessità come può essere la Sicurezza sul Lavoro. Queste due giornate, organizzate in modo da coprire differenti tematiche in modo efficace, hanno permesso a diverse figure quali Ingegneri, Medici e Tecnici operanti in vari settori dell'industria, di approfondire il cosiddetto concetto del 4.0 applicato alla Sicurezza. Oltre l'interdisciplinarietà, a prefigurare approcci ancora più efficaci. Grazie a tutti, alla prossima!

Pietro Jarre
Presidente GEAM

Computer-assisted technique for airborne dust sampling data representativeness and worker's exposure assessment – CAT-ReADS

Paolo Bisio*
 Paolo Fargione**
 Roberto Luzzi***
 Luisa Maida**
 Rebecca Nebbia**
 Mario Patrucco**

* Dipartimento certificazione –
 ispettore SCR, ASL AL – Servizio
 Prevenzione e Protezione**

Dipartimento di Ingegneria
 dell'Ambiente, del Territorio e delle
 Infrastrutture, Politecnico di Torino

*** Inail-Contarp, Direzione regionale
 Piemonte, Torino

1. Foreword

An effective Occupational Risk Management in a Quality approach consistent with the ISO 45001:2018 standard should copy with the statement “the intended outcomes of an OH&S management system include:

- a) continual improvement of OH&S performance;
- b) fulfilment of legal requirements and other requirements;
- c) achievement of OH&S objectives.”

“Performance” is a measurable result: Organizations should define the risk scenario through a quantification of the characterizing parameters on the basis of

Nowadays, occupational exposure to airborne dust is still one of the most concerning problems our society should face, since both airborne dust is a common pollutant in almost all the NACE sectors activities, and the occupational exposure quantification is critical. One of the possible causes can be identified in determining the real conditions of dust pollution in the workplaces, attributable to the delicacy of the various phases of acquisition of the measures, and on the variability of operations carried out by workers, affecting the pollutant emission rates. A research project in progress discusses the causes of uncertainty attributable to laboratory and sampling activities, and to the identification of the most appropriate techniques of the results' representativeness assessment. A recent result is the development of an original Computer-Assisted Technique for Airborne Dust Sampling data representativeness and worker's exposure assessment – CAT-ReADS. Developed Vbasic® MS-Excel® – it supports the companies and external audit technicians, from the setting of the surveys and the laboratory activities to the verification, in a rigorous metrological and statistical approach, of compliance/noncompliance of the field measurement results vs the limit values. The resulting workplaces pollution and workers' exposure assessment are free from subjective simplifications: CAT-ReADS includes various sections of guided selection and data analysis, covering Instruments and their calibration, Recording of environmental parameters and activities carried out by the workers during the samplings, Calculation of concentrations, Calculation of expanded uncertainty, Statistical tests for estimating the probability of exceeding the limit value, both referring – as is common practice – to the mean value, and, in a more cautionary way, to the upper uncertainty values (assuming a confidence level of 95%). The paper provides some examples of the implementation of CAT-ReADS in different production scenarios, and an in-depth discussion of the results.

Keywords: representativeness of measures, quality approach to OS&H, workers' exposure assessment, dust sampling and analysis, OS&H software

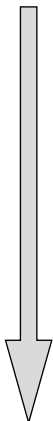
Approccio computer assistito alla valutazione di rappresentatività dei dati da campionamenti di polveri aerodisperse nei luoghi di lavoro e delle derivanti condizioni espositive dei lavoratori – CAT-ReADS. Ancora oggi l'esposizione lavoro correlata a polvere aerodispersa costituisce uno dei maggiori problemi che la nostra società deve affrontare, poiché questo fattore di pericolo è presente in numerose attività lavorative e i metodi per la sua quantificazione sono critici. Una delle possibili cause può essere individuata nelle oggettive difficoltà nel determinare le reali condizioni di inquinamento da polveri nei luoghi di lavoro, imputabile da un lato alla delicatezza delle varie fasi di acquisizione delle misure, d'altro lato alla variabilità delle operazioni effettuate dai lavoratori, che si ripercuote sull'entità delle emissioni. Nell'ambito di un progetto di ricerca in corso si è proceduto ad una analisi delle cause di incertezza ascrivibili alle attività di laboratorio e sul campo, ed alla identificazione delle tecniche di valutazione di rappresentatività dei risultati più rigorose e confacenti.

Un risultato recente della ricerca è la messa a punto di un approccio originale computer-assistito – CAT-ReADS, impostato in MS-Excel® Vbasic® – sviluppato per supportare i tecnici aziendali ed i responsabili degli audit esterni dalla impostazione dei rilevamenti e delle operazioni di laboratorio alla verifica della conformità/non conformità rispetto ai valori limite normati (o riferimenti tecnici autorevoli) in rigoroso approccio metrologico e statistico, così da permettere una valutazione in qualità ed esente da semplificazioni soggettive.

CAT-ReADS comprende varie sezioni di selezione guidata e analisi dati, tra cui: Strumenti utilizzati e loro taratura, Registrazione parametri ambientali e attività svolte dai lavoratori durante il campionamento, Calcolo delle concentrazioni, Calcolo dell'incertezza estesa di tutto il processo di misurazione, Test statistici per la stima della probabilità di superamento del valore limite, entrambi riferendosi – come è prassi comune – al valore medio, e, in modo più cautelativo, agli estremi superiori di incertezza (assumendo un livello di confidenza del 95%). In questo lavoro vengono proposti esempi tratti da diversi scenari produttivi in cui il modello è stato applicato e validato, e discussi i risultati ottenuti.

Parole chiave: rappresentatività delle misure, approccio in qualità alla sicurezza e salute del lavoro, valutazione dell'esposizione, campionamento e analisi di polvere, software per la sicurezza e salute del lavoro.

Tab. I. Ranking of operating and workplace pollution typical situations¹.
Categorie di attività e condizioni di inquinamento nei luoghi di lavoro.

1. Fixed operating position – almost constant pollutant concentration;		Increasing complexity in the characterization of the exposure conditions		Situation typical of macro productive organizations, (e.g. assembly-line); less frequent today than in the past years
2. Fixed operating position – limited fluctuations in the pollutant operating concentration;				increasing operating and pollution variability
3. Fixed position – variable pollutant concentration;				
4. Variable operating position – constant pollutant concentration;				
5. Variable operating position – variable pollutant concentration (the permanence time in each position is known);				
6. Variable operating position – constant or variable pollutant concentration (the permanence time in each position unknown).				Situation today common in many production activities, where the raw materials used vary sometimes in composition, often in size.

¹ Even the ordinary maintenance interventions or programmed macro-steps assume different characteristics according to the typologies described above, with the additional problem of industrial choices in terms of conduction in own or relying on third parties.

reliable measurement results; such results can be achieved only through methods based on both the selection of suitable measuring devices, and on the definition of use procedures adequate to the case. Clearly, the single measure can in no case be considered significant for a correct Risk Evaluation: the quantification of risks, based on a consistent population, involves representative surveys scheduled to cover the totality of the investigated work activities and sub-activities, complete with exhaustive information on the characterizing uncertainty due to random factors.

A recent result of a research project in progress is the definition, for the special case of air-dispersed pollutants, of an organized and comprehensive approach suitable to ensure, even in such a complex contest, reliability of the resulting workplaces pollution and workers' exposure assessments, free from subjective simplifications¹, clearly consistent with the EN standards on the strategies of assessment of the pollutant concentrations at the workplaces.

Based on the aforesaid approach, Authors made also available the computer-assisted CAT-ReADS developed in MS-Excel® Vbasic®, fitted with guided selection forms and data analysis facilities, to support the companies' and external audit technicians.

2. Method

In almost all the modern production scenarios, the characterization of the workers' exposure entails firstly a general understanding of the workplace layout and production activities. This step is rather challenging, due to the variability of the activities of the

workers and of the workplaces environmental conditions, as summarized in Tab. 1.

In these situations, taking into account confirmed research results (e.g. Patrucco, 2002), it is generally considered appropriate to give preference to personal samplings, even if they may increase the discomfort, and may be affected by alterations caused by the worker's behaviors. The exposure conditions assessment based on the results of a number of stationary samplings can in fact be laborious and inaccurate.

Similar to what suggested by the UNI EN 689:2018 Standard, the approach consists of the following steps, manageable through the CAT-ReADS software:

Step 0. preliminary survey:

The strategy begins with the characterization of the workplace processes, control measures, worker tasks, and pollutant properties. Based on this information, in some cases the workers can then be divided into groups with similar exposure profiles (Ramachandran, 2005, De Cillis *et al.*, 2015); the Authors strongly underline that this approach can sometimes be critical and misleading (Padovese *et al.*, 2017).

This preliminary survey requires walking through the plant, interviewing workers and gathering information about the processes and agents (Perkins, 2008).

The preliminary survey leads to the definition of the duration (representative of the shift or its sub-parts) and type of sampling (personal/ stationary, respirable/inhalable dust, etc.), the number of samples in each campaign, the reference production rates, etc. (Bisio *et al.*, 2016).

Step 1. investigational survey: it is the exposure assessment phase, whose goal is to gather exposure values to the pollutants, and entails five sub-steps:

Step 1.1. laboratory activities preliminary to the in-field samplings:

¹ Simplification and subjectivity are notoriously the main causes of incorrect assessments (and deriving management) of occupational risks.

Sampling lines are set (one for each worker), and sampling equipment is verified (UNI EN 13137:2015). In addition, the pumps' flow is calibrated; the filters (in our case mixed cellulose esters membranes with 346 mm² filtering surface and 0.8 µm pores' free light), in number covering both the scheduled samples and the "blank" of reference, are conditioned for 24 hours in a climatic cabinet at constant temperature and relative humidity (20 ± 1 °C and 50 ± 5 %); the filters mass is then measured by means of an analytical electronic balance resolution: 0,1÷0,01 mg (ref. to 2010:2011 and 1998:2013 Unichim procedures).

Step 1.2. in-field sampling: the pumps' flow is verified before and after each use, and the activities carried out by each individual worker², the materials handled, the equipment involved and any other significant parameter are registered, to clear up, in the following step 1.5, the possible outliers. During the samplings, the average, maximum and minimum values of the meteorological and microclimatic parameters are also recorded³; "blank filters" used to correct the result for the thermal and hygrometric variations remain in the sampling area, disconnected from the pump.

Step 1.3. laboratory activities following the in-field samplings: as in step 1, filters are conditioned and the mass of the "charged" filters and "blanks" is determined. Causes of possible errors in the transport and manipulation of samples – typically overcharged membranes – should be avoided, and, in the case the resulting data discarded on the base of practical evidence (known inadequate handling) or suspect of unknown handling accident (using a statistical exclusion principle).

Step 1.4. calculation of the expanded uncertainty and check of quality objectives: firstly, the measurand is specified through a model, to make possible and univocal the comparison of the obtained concentration with the Occupational Exposure Limits – OEL or Threshold Limit Value – TLV. The model implies the normalization of the sampled air volume (T_{ref} = 298,16 K, P_{ref} = 1013 hPa reference conditions) (Tab. 2)

The uncertainty of the measurand results is calculated following the BIPM guide GUM (BIPM-

² To get a representative result, it is important to verify carefully that the workers equipped with personal samplers carry out their activity according to what documented during the preliminary survey.

³ The measurement instruments must be chosen according to the criteria pointed out in step 0; in the case of the exemples discussed in the following, multiprobe microclimate set with range 0 ÷ 50 °C ± 0,5 °C, RH 0 ÷ 100 % ± (1,8 % RH + 0,7 % of a.v.), 700 ÷ 1100 hPa ± 3,0 hPa, 0 ÷ 5 m/s ± (0,03 m/s + 4% of a.v.), and meteorological station with range 0 ÷ +60 °C ± 1°C; 12 ÷ 99 %RH ± 5 %; 919 ÷ 1080hPa ± 3 hPa.

Tab.2. The model representing the measurand.
Il modello adottato per rappresentare il misurando.

$C = \frac{(m_2 - m_1) - (m_{2b} - m_{1b})}{(Q \cdot t) \cdot \left(\frac{P}{P_{ref}}\right) \cdot \left(\frac{T_{ref}}{T}\right)}$
C = airborne particulate concentration; m₂ = mass of filter after sampling; m₁ = mass of filter before sampling; t = sampling time; Q = pump volumetric flowrate; m_{2b} = mass of blank after sampling, m_{1b} = mass of blank before sampling, P = pressure, T = temperature.

JCGM 100: 2008) from the uncertainties of every variable of the model (every variable has many components of uncertainty (of A and/or B type according to GUM). Introducing a coverage factor selected on the basis of the desired level of confidence (UNI CEI 70098-3:2016) we can then calculate the expanded uncertainty⁴.

Table 3 provides an example of the output of CAT-ReADS, applied to the calculation of the expanded uncertainty in a real case (investigation on airborne dust concentrations). The columns list respectively:

- "Symbol": the variables' symbols of the physical-mathematical model;
- "Value": the variables' values of the model;
- "Note": types of uncertainty contributions;
- "Statistic" (Type A) and "Non statistic" (Type B): information on every contribution depending on their variability declaration data;
- "Assigned parameters": information on the degrees of freedom of each uncertainty contribution, input variability information obtained on single data or n_d data average, output variability information given on single data or n_r data average;
- the following column contain the equivalent variance $u^2(x_j)$, calculated from the previous variability data. Thereafter, calling generically y the dependent variable of the mathematical model (in this case y is the concentration C), there are the sensitivity coefficients c_j , calculated as partial derivatives $\partial y / \partial x_j$ the contributions $u_{j2}(y)$ to the variance of y for each uncertainty factor, and data necessary for calculating the y degrees of freedom. The last column contains the rank of the contributions $u_{j2}(y)$, thus allowing to see immediately the more critical factors. The sum

⁴ According to UNI EN 482:2015, if the expanded uncertainty exceeds 30%, in the range 0,5÷2 times limit value, or 50%, in the range 0,1÷0,5 times limit value (long-term sampling), the concentration data should be discarded.

Tab. 3. Example of output of the CAT-ReADS software:
Esempio di output del software CAT-ReADS.

Variable x_i			Statistics					Non-Statistics		Assigned parameters								
Symbol	Value	Note	U_j	P_{dj}	n_{dj}	k_{dj}	s_j	a_j	k_a	n_j	n_d	n_r	$u^2(x_f)$	$c_i = Dy/Dx$	$u_j^2(y)$	$u_j^4(y)/n_j$	Rank	
m_2	1,88E+01	Ripr		95,0%	100	2,0	8,1E-03		3	30	1	1	6,6E-05	9,4E-01	5,9E-05	1,1E-10	22	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-03	3	100	1	1	8,3E-06	9,4E-01	7,4E-06	5,5E-13	16	
		Pres. Eff		95,0%	100	2,0		5,5E-03	3	30	1	1	1,0E-05	9,4E-01	9,0E-06	2,7E-12	20	
		trasp.		95,0%	100	2,0			3	30	1	1	0,0E+00	9,4E-01	0,0E+00	0,0E+00		
m_1	1,87E+01	Ripr		95,0%	100	2,0	8,1E-03		3	30	1	1	6,6E-05	-9,4E-01	5,9E-05	1,1E-10	24	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-03	3	100	1	1	8,3E-06	-9,4E-01	7,4E-06	5,5E-13	18	
m_{2b}	1,89E+01	Ripr		95,0%	100	2,0	8,1E-03		3	30	1	1	6,6E-05	-9,4E-01	5,9E-05	1,1E-10	24	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-03	3	100	1	1	8,3E-06	-9,4E-01	7,4E-06	5,5E-13	18	
		Pres. Eff		95,0%	100	2,0			3	30	1	1	0,0E+00	-9,4E-01	0,0E+00	0,0E+00		
		trasp.		95,0%	100	2,0			3	30	1	1	0,0E+00	-9,4E-01	0,0E+00	0,0E+00		
m_{1b}	1,91E+01	Ripr		95,0%	100	2,0	8,1E-03		3	30	1	1	6,6E-05	9,4E-01	5,9E-05	1,1E-10	22	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-03	3	100	1	1	8,3E-06	9,4E-01	7,4E-06	5,5E-13	16	
Qrif	2,20E+00	Ripr		95,0%	100	2,0	3,7E-03		3	30	1	1	1,4E-05	-6,9E-02	6,6E-08	1,4E-16	12	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-04	3	100	1	1	8,3E-08	-6,9E-02	4,0E-10	1,6E-21	7	
Q	2,18E+00	Acc		95,0%	100	2,0	6,0E-03		3	9	1	1	3,6E-05	-6,9E-02	1,7E-07	3,3E-15	13	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-02	3	100	1	1	8,3E-04	-6,9E-02	4,0E-06	1,6E-13	15	
		Ripr		95,0%	100	2,0	1,9E-02		2	9	1	1	3,6E-04	-6,9E-02	1,7E-06	3,3E-13	14	
	flow stability				95,0%	100	2,0		1,1E-01	3	30	1	1	4,0E-03	-6,9E-02	1,9E-05	1,3E-11	21
t	4,9E+02	Acc		95,0%	100	2,0		3,4E-01	3	30	1	1	3,9E-02	-3,1E-04	3,7E-09	4,5E-19	9	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-01	3	100	1	1	8,3E-02	-3,1E-04	7,9E-09	6,3E-19	10	
		Ripr		95,0%	100	2,0		5,0E-03	2	100	1	1	1,3E-05	-3,1E-04	1,2E-12	1,4E-26	4	
P	9,96E+02	Ripr		95,0%	100	2,0	1,0E-01		3	30	1	1	1,0E-02	-1,5E-04	2,3E-10	1,8E-21	6	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-01	3	100	1	1	8,3E-02	-1,5E-04	1,9E-09	3,7E-20	8	
T	2,27E+01	Acc		95,0%	100	2,0		5,0E-01	3	30	1	1	8,3E-02	5,1E-04	2,2E-08	1,6E-17	11	
		Ris		95,0%	100	2,0		5,0E-02	3	100	1	1	8,3E-04	5,1E-04	2,2E-10	4,7E-22	5	
C	0,15	mg/m³							Variance $u^2(v)$					3,0E-04		4,7E-10		
								Combined standard uncertainty $u(y)$					1,7E-02					
								Degrees of freedom $n(y)$					187					
								Confidence Level					95%					
								Coverage factor (t Student)					2,0E+00					
								Expanded uncertainty $U(y)$					22,54%					

of the contributions $u_j^2(y)$ is the total variance of y , its square root the standard uncertainty, thereafter, using the confidence level corresponding to the relevant acceptable risk of error, the coverage factor and the expanded uncertainty is calculated (Barbato *et al.*, 2013).

Step 1.5. Analysis and interpretation of result⁵: the outliers are pointed out and – where appropriate – excluded from the log-transformed concentration

⁵ Based on a preliminary critical survey on a number of techniques for evaluating the samples' correlation: the opportunity to operate directly on the log-transformed values, and to first identify the outliers played a role in the selection.

data set: the decision necessarily involves the judgement of the technician entrusted of the in-field operations who monitored the activities of the workers. Subsequently the lognormal adaptation of the data is verified by means of the Shapiro-Wilk test (Shapiro and Wilk, 1965). Finally, the One-sided Tolerance Limit – OTL Tuggle method (minimum number of required measures = 3) (Tuggle, 1982) – or Leidel & Busch method (Leidel *et al.*, 1977) are used. In particular, the Leidel method can be applied also in non-stationary working situations imposing short-term samplings during an 8-hours shift, from 3 (minimum) to 25 (maximum). The estimate of the probability of exceeding the

limit value is then possible, within a selectable risk error (confidence level), also with a small number of measures; if the number of measures is not sufficient (no decision situation), the sample size should be increased, and the same methods make possible to complete the analysis reaching a compliance/ noncompliance result⁶ (the approach is compatible with the suggestion of both UNI EN 689:2018 and the French regulation (Ministère du travail, des relations sociales, de la famille, de la solidarité et de la ville. Arrêté du 15 décembre 2009), as will be discussed for a practical case).

⁶ In particular, the OTL Tuggle method can directly help the analyst in the prevision on of the number of additional samples necessary (the definition of the number of necessary samples derives from the model itself).

The measurement's uncertainty should be considered in the use of these methods, since if it is necessary to verify the non-compliance (ISO IEC Guide 98-4:2012), it is advisable to add the expanded uncertainty to the concentration values obtained.

Step 2. combined hygiene and medical survey: the results of the investigational survey should be integrated with medical examinations by Occupational Medicine experts. Thus, the accuracy of exposure assessments is a fundamental step for subsequent epidemiological studies based, for example, on the analysis of mortality of the workers (Donato *et al.*, 2016, Pira *et al.*, 2017).

This approach, and the CAT-ReADS software, were validated in three real situations characterized by different operating and pollution conditions (scenarios 1,2 and 3 of Tab. 1), assuming TLV=10 mg/m³ for the

Tab. 4. CAT-ReADS Software home page, logical structure, and main options available.

Home page del software CAT-ReADS, struttura logica e principali opzioni incluse.

		
Step	Content	Note
Preliminary data collection	- Company general data; - information on the departments to be investigated, and on the productive activities; - technical, organizational and procedural measures adopted in accordance with the safety documentation of the Company.	- it is possible to insert documents in PDF format (e.g. layout, parts from OS&H documentation, etc.); - all information is anonymously entered by reference codes, whose reading key is managed in a separate list.
Pre-Sampling laboratory activities	- specifications of the instruments to be used; - results of laboratory calibration operations; - filters' conditioning, and subsequent mass determination.	
Sampling	- testing of samplers' flow, and determination of local microclimatic parameters; - record of the activities carried out by the workers;	it is possible to insert photographic documentation of the field activities (in JPG format).
Post-Sampling laboratory activities	filters' conditioning, and subsequent mass determination;	
Calculation for every measure	determination of dust concentrations, complemented by their expanded uncertainty, and calculation of the detection limit of the method.	
Calculation for data set	- identification of outliers of the data set, and verification of its lognormal adaptation variability; - use of statistical representativeness criteria on the samples data set.	- it is possible, through external links, the identification of the most appropriate technical reference values; - several options for the verification of the representativeness of the samples from homogeneous groups of different size.
Other	printing and archiving options.	- it is possible to store the results of individual campaigns; - various options for printing results.

inhalable fraction and $TLV=3 \text{ mg/m}^3$ for the respirable fraction (ACGIH, 2018, UNI EN 481:1994); the duration of each sampling covers the entire work shift in all situations. In paragraph 4.1, the Authors provide a discussion on the achieved results.

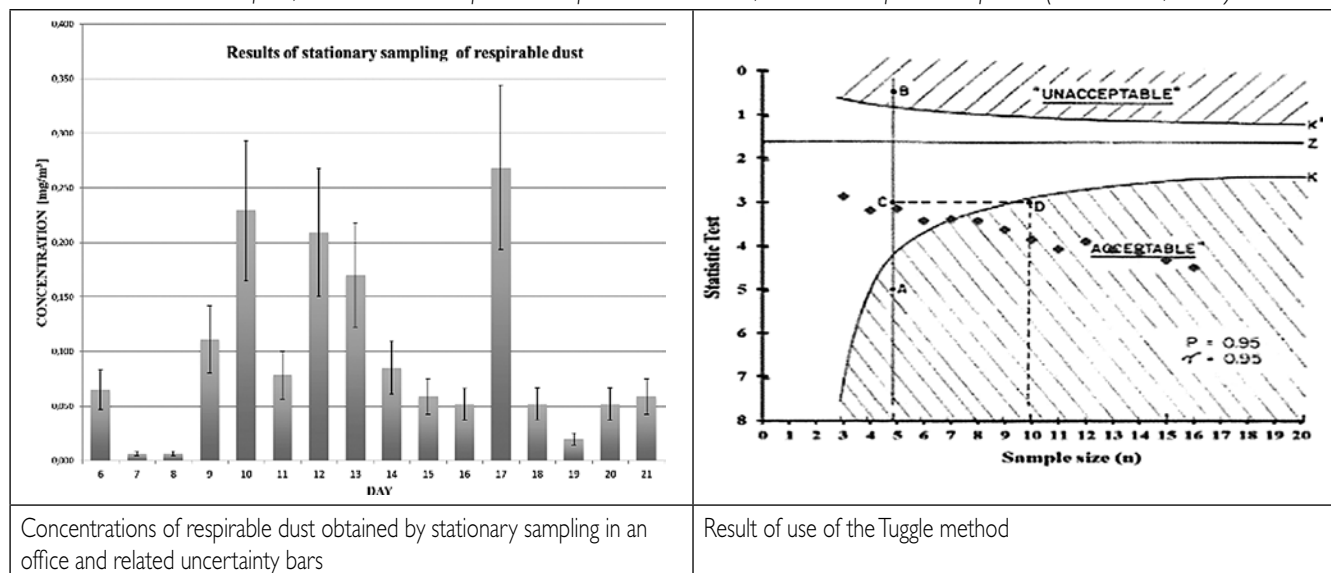
Variable operating position – variable pollutant concentration situations (scenarios 5 and 6 of Tab. 1), typical e.g. of the laboratories of dimension stones, where the mineralogical nature of the materials, and the typology and duration of processes can vary in time, are still under investigation.

3. The CAT-ReADS software

Table 4 summarizes the structure of the CAT-ReADS software, and the main available options.

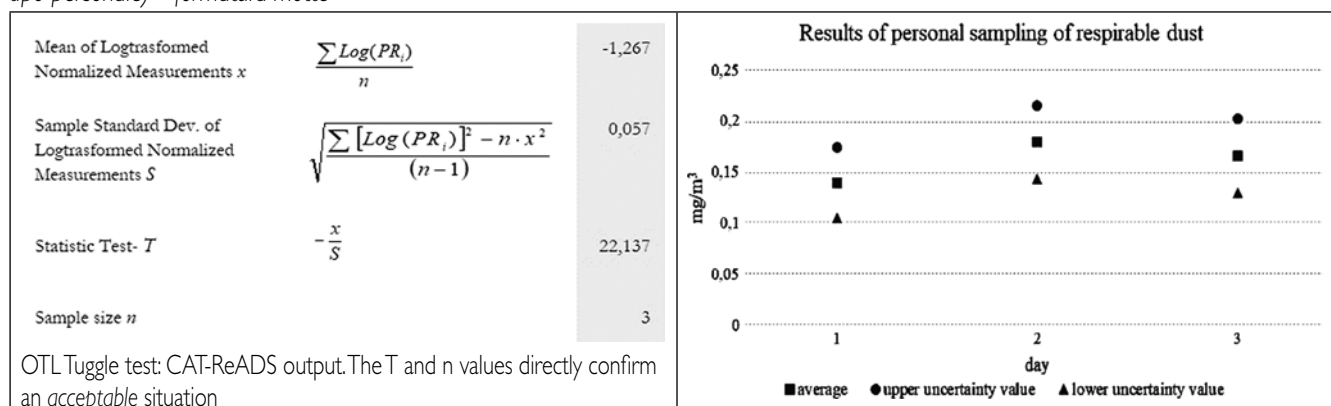
Tab. 5. Fixed operating position – almost constant pollutant concentration (respirable fraction) (Bisio P. et al., 2017).

Postazione di rilevamento fissa, concentrazione di particolato pressoché costante, risultati sulle polveri respirabili (Bisio P. et al., 2017).



Tab. 6. Fixed operating position – limited fluctuations in the pollutant concentration: respirable dust concentration values resulting from personal samplings on a shell molds manufacturing operator.

Postazione di rilevamento fissa, concentrazione di particolato semi-costante, risultati della indagine sulle polveri respirabili (campionamenti di tipo personale) – formatura motte



This demonstrates that even if a worker is in a working environment theoretically with a constant pollutant concentration, this should still be verified by at least 3 initial measurements, as recommended also by the British Occupational Hygiene Society, EN 689:2018 standard, and French Regulations.

4.2. Fixed operating position – limited fluctuations in the pollutant concentration

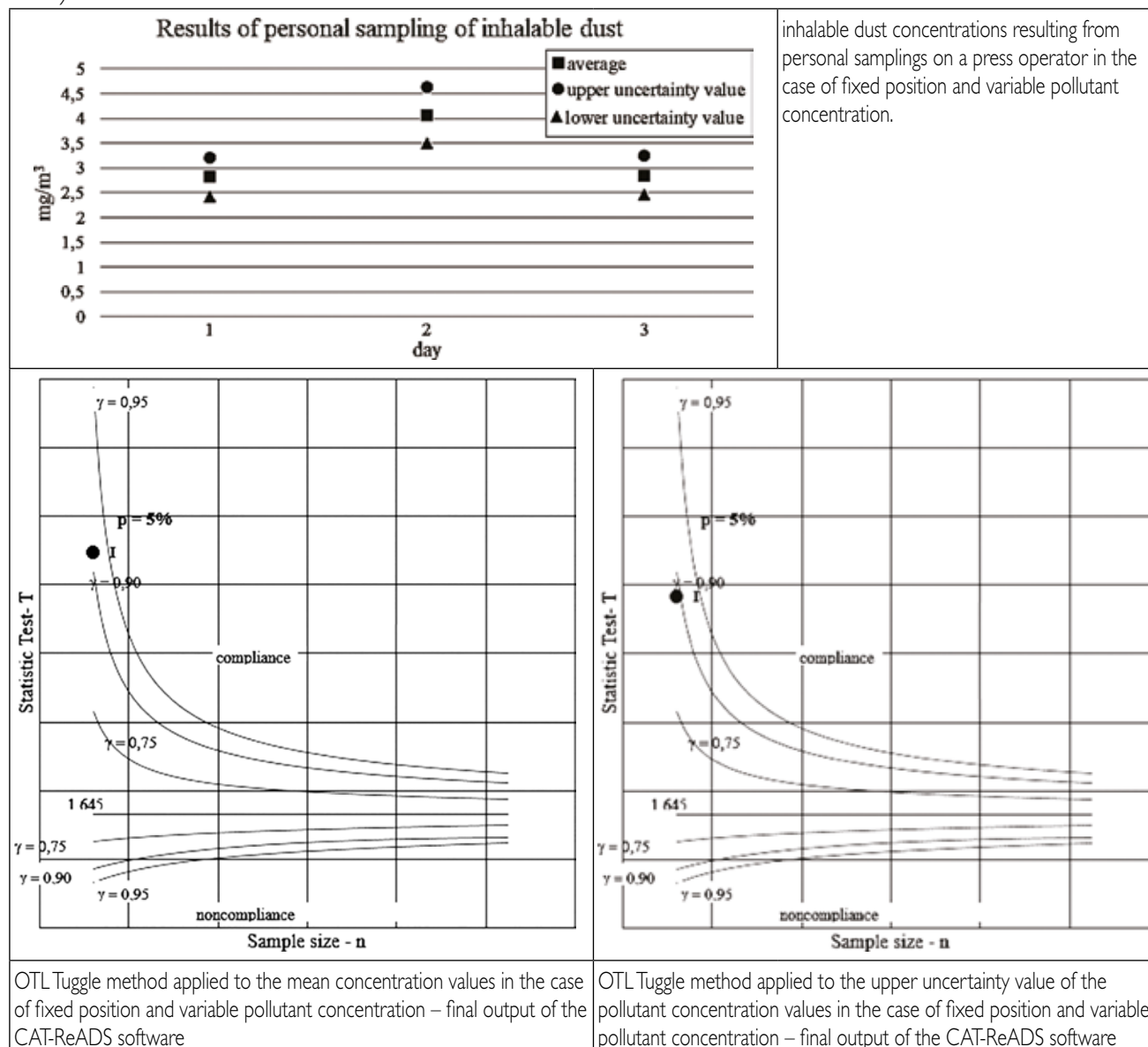
Table 6 shows respirable dust concentrations collected with personal sampling on a shell molds manufacturing operator during a 3-day sampling campaign. The use of the OTL Tuggle method shows that less

than 5% of the exposures exceed the TLV with a 95% confidence; moreover, $GSD = 1,14$, which confirmed the little variability of data: the situation results then *acceptable* without need of additional measurements, in accordance also to UNI EN 689:2018.

4.3. Fixed operating position – variable pollutant concentration

Table 7 shows the results in the case of a press operator. The use of the OTL method after 3 days of sampling shows the need of additional measures, since the point I falls into the no-decision region: we are not able to make judgement about the compliance/

Tab. 7. Fixed position – variable pollutant concentration, inhalable dust concentration values resulting from personal samplings.
Postazione di rilevamento fissa, concentrazione di particolato variabile, risultati della indagine sulle polveri inalabili (campionamenti di tipo personale).



not compliance with the adopted reference value. In particular, if we consider only the average values of concentrations (graph on the left of Tab. 7), the method involves the minimum number of four measures; if we include also the expanded uncertainty (graph on the right of Tab. 7) we need at least five additional measures with 95% confidence.

A previous study (Nicas *et al.*, 1991) states that the environmental variability (which can be represented by the geometric standard deviation) of the lognormally distributed 8-hr time-weighted average exposures measurements is far more important than the analytical variability (related to the normally distributed collection, and analytical errors). However, considering the upper uncertainty value, as in the lower right box of Tab. 7, is cautionary particularly in no-decision or close to the limit situations.

The OTL method demonstrates – with 90% confidence and considering the upper uncertainty value – a tendency towards a noncompliance situation, and the need of technical countermeasures, after 7 measurements in two visits. Such result is coherent with both UNI EN 689, that recommends a total of at least 6 measurements, and the French regulation, envisaging however three visits spaced into one year, each involving at least three measurements, so that a complete program generates at least 9 measures (Ogden *et al.*, 2012).

5. Conclusion

The present study summarizes the results of the development of a Computer-Assisted approach (CAT-ReADS), aimed at supporting the activity of analysts – companies' and external audit technicians of confirmed OS&H background – in the evaluation of the airborne particulate exposure of workers in the workplace along the entire decision making process, from the setup of measurement campaigns and laboratory operations, to calculations (e.g. concentration expanded uncertainty), and selection of the best analysis technique of data sets from sampling campaigns for compliance – noncompliance assessment with selected limit values.

The technique is methodologically rigorous, and points out directly the need of technical countermeasures if necessary. Moreover, it is consistent with the EN standards on the strategies of assessment of the pollutant concentrations at the workplaces, and can contribute to an effective Occupational Risk Management in a Quality approach according to the ISO 45001 Standard.

CAT-ReADS is well-tested, and the results achieved

in three markedly different production situations are proposed and discussed.

Apart from a considerable saving of time, CAT-ReADS reduces the probability of manual errors in data processing, and brings the following advantages:

- a) the storage of all filled data during the different sampling steps (workshop layout, photo images on activities and organization, data on equipment, etc., in the current formats);

- b) the development of a database of the measurement campaigns for each Company.

The software can also produce, in a semi-automatic way, final reports specially designed to preserve the confidentiality of sensitive data, associating independent reading keys.

References

- ACGIH, 2018. *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*, Isbn 978-1-607260-97-4.
- Barbato, G., Germak, A., Genta, G., 2013. *Measurements for Decision Making*, Ed. Esculapio, Bologna.
- Bisio, P., Fargione, P., Maida, L., 2016. *The measuring processes and equipment setup in System Quality and Occupational Safety & Health Risk Assessment*, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, Anno LIII, vol. 16(2), pp. 23-32, ISSN 1121-9041.
- Bisio, P., Fargione, P., Maida, L., 2017. *Representativeness of the measurements results: a key issue for Occupational Risk Assessment and Management. Discussion on air dispersed particulates*, GEAM, Geoingegneria Ambientale e Mineraria, vol. 150(1), pp. 37-45, ISSN 1121-9041.
- British Occupational Hygiene Society, 2001. *Testing Compliance with Occupational Exposure Limits for Airborne Substances*.
- De Cillis, E., Labagnara, D., Maida, L., Masucci, C., 2015. *Valutazione e gestione dei rischi per la salute dei lavoratori nello scavo meccanico di gallerie*, GEAM, Pàtron Editore, Bologna vol. 143 (4), 93-103, ISSN 1121-9041
- Donato, F., Garzaro, G., Pira, E., Boffetta, P., 2016. *Mortality and cancer morbidity among cement production workers: a meta-analysis*, International Archives of Occupational and Environmental Health, 89(8) DOI: 10.1007/s00420-016-1167-x
- Leidel, N.A., Busch, K.A., Lynch, J.R., 1977. *Occupational exposure sampling strategy manual*. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA
- Nicas, M., Barton, P., Spear, S., Spear, R., 1991. *Environmental versus analytical variability in exposure measurements*, Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal, 52, 553-557.
- Ogden, T., Lavoué, J., 2012. *William P. Yant Award Lecture, Testing Compliance with Occupational Exposure Limits: Development of the British-Dutch Guidance*, Journal of

- Occupational and Environmental Hygiene, 9:4, D63-D70, DOI:10.1080/15459624.2012.663702
- Padovese, P., Berti, A., Pavan, I., Pavan, S., Fiori, S., Belotti, F., Nava, P., Sorlini, A., Patrucco, M., Labagnara, D., Maida, L., Agnese, C., 2017. Workers' exposure to airborne particulate and crystalline silica (quartz) during the excavation of a geognostic tunnel with a full – face machine, Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene, vol. 8, n. 1, pp. 13-19, eISSN: 2464-8817
- Patrucco, M., 2002. Sicurezza ed ambiente di lavoro, l'inquinamento da particolati aerodispersi negli ambienti di lavoro: valutazione e gestione. Coll. Politeko, Torino, vol 2 parte 4, ISBN 88-87380-29-5.
- Pira, E., Coggiola, M., Ciocan, C., Romano, C., La Vecchia, C., Pelucchi, C., Boffetta, P., 2017. Mortality of Talc Miners and Millers from Val Chisone, Northern Italy, J Occup Environ Med., 59(7):659-664. doi: 10.1097/JOM.0000000000000992.
- Perkins, J., 2008. Modern Industrial Hygiene. ACGIH, United States of America.
- Ramachandran, G., 2005. Occupational Exposure Assessment for Air Contaminants. CRC Press, Boca Raton.
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). Biometrika Vol. 52, No. 3/4, pp. 591-611.
- Tuggle, 1982. Assessment of occupational exposure using one-sided tolerance limits, Am. Ind. Hyg. Assoc. Journal, 43.
- Ziembicki, M., Karpinski, E., de Repentigny, F., 2015. Canadian Occupational Chemical Agent Compliance Sampling Guideline. Employment and Social Development Canada.

Sitography

- AIHA Exposure Assessment Strategies Committee <https://www.aiha.org> – accessed on 21/07/2018
- EU-OSHA – European Union information agency for occupational safety and health, <https://osha.europa.eu/en> – accessed on 16/07/2018
- Lamberto Soliani: Manuale di statistica per la ricerca e la professione, Università di Parma, 2005: <http://www.dsa.unipr.it/soliani/soliani.html> accessed on 20/07/2018
- United States Department of Labor – Occupational Safety and Health Administration, <https://www.osha.gov/> – accessed on 16/07/2018

United States Department of Commerce – National Institute of Standards and Technology (NIST), <https://physics.nist.gov> – accessed on 20/07/2018

Reference to technical standards

- ISO 45001:2018 “Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use”
- ISO IEC Guide 98-4:2012 (JCGM 106) “Uncertainty of measurement – Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment”
- JCGM 100:2008 (GUM) “Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement”
- Ministère du travail, des relations sociales, de la famille, de la solidarité et de la ville. Arrêté du 15 décembre 2009 relatif aux contrôles techniques des valeurs limites d'exposition professionnelle sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles. Journal Officiel de la République Française, Edition numéro 0292, (17 Décembre 2009) Textes 35 sur 156.
- UNI EN 689:2018 “Atmosfera nell'ambiente di lavoro – Misura dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici – Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale”
- UNI EN 13137:2015 “Atmosfere dell'ambiente di lavoro – Pompe per il campionamento individuale di prodotti chimici ed agenti biologici – Requisiti e metodo”
- UNI CEI 70098-3:2016 “Incertezza di misura – Parte 3: Guida all'espressione dell'incertezza di misura”
- UNI EN 482:2015 “Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici”
- UNI EN 481:1994 “Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse”

Practices of possible reference

- Metodo Unichim n. 1998:2013 “Ambienti di lavoro – Determinazione della frazione inalabile delle particelle aerodisperse – Metodo gravimetrico”
- Metodo Unichim n. 2010:2011 “Ambienti di lavoro – Determinazione della frazione respirabile delle particelle aerodisperse – Metodo gravimetrico”

Acknowledgements

The Authors express their sincere thanks to the professor Barbato for his kind encouragement and valuable advices.

ATTI DELL'ASSOCIAZIONE

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 2018 - 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	€	110
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	€	27
Ordinario Collettivo - da diritto a 3 persone ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o convegni + Rivista GEAM	€	220
Sostenitore Individuale - da diritto al solo Socio ad iscriversi a quota ridotta corsi e/o convegni + Rivista GEAM	€	374
Sostenitore Collettivo - da diritto a 6 persone ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o convegni + 2 Riviste GEAM	€	490
Junior (Studiante o Dottorando) - da diritto al solo Socio ad iscriversi a quota ridotta a corsi e/o Convegni + Rivista GEAM	€	27

I soci residenti all'estero dovranno corrispondere un contributo addizionale per le spese postali di € 13.

– 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
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)

<i>Presidente</i>	Pietro JARRE
<i>Vice Presidente</i>	Anna Maria FERRERO
<i>Vice Presidente</i>	Francesco LUDA di CORTEMIGLIA
<i>e Segretario Generale</i>	(membro cooptato)
<i>Consiglieri</i>	Stefano AIROLDI (rapp. Minova Carbotech GmbH) Marilena CARDU (rapp. DIATI – Politecnico di Torino) Alessandro D'AMATO Davide DAMOSSO Jean Pierre DAVIT (rapp. Golder Associates S.r.l.) Domenico DE LUCA (rapp. DST – Università di Torino) Attilio EUSEBIO (rapp. Geodata S.p.A.) Massimo FERRARI (rapp. Citiemme s.r.l.) Costanzo GRAFFI (rapp. SWS Engineering S.p.A.) Pompeo LEVANTO (rapp. Basf. S.p.A.) Claudio MATTALIA (rapp. Enviars s.r.l.) Claudio SCAVIA (rapp. DISEG – Politecnico di Torino) Marco VICARI (rapp. Officine Maccaferri S.p.A.)
<i>Revisori dei conti</i>	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 Geingegneria Ambientale e Mineraria

Aspetti Generali

La collaborazione alla rivista "Geingegneria 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 "Geingegneria 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 nonché 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.