

SAFAP 2018

SICUREZZA E AFFIDABILITA' DELLE ATTREZZATURE A PRESSIONE

La gestione del rischio dalla costruzione all'esercizio a 130 anni dalla prima legge sulla sicurezza delle caldaie a vapore

INAIL

Bologna - 28 e 29 novembre 2018

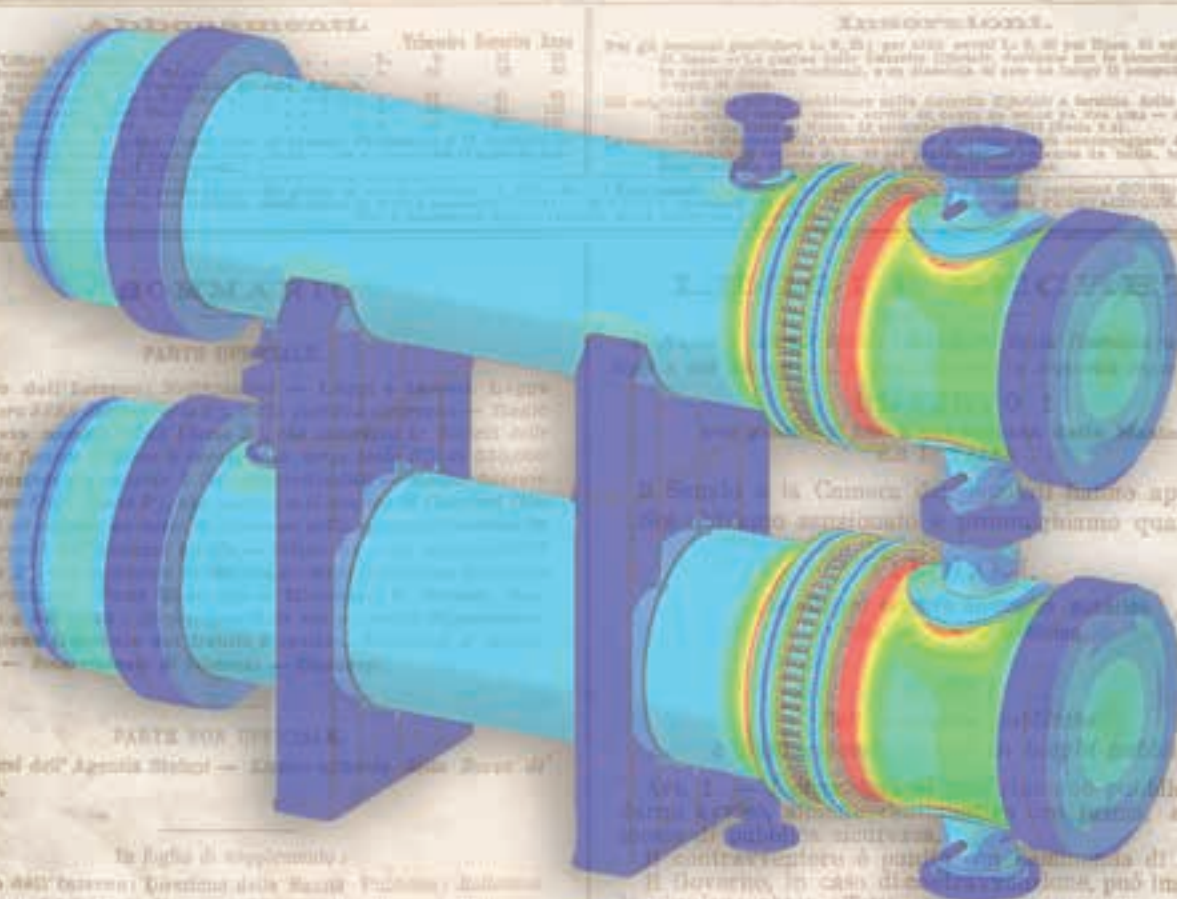
GAZZETTA UFFICIALE

DEL REGNO D'ITALIA

ANNO 1888

ROMA — SABATO 29 GENNAIO

N.° NUM. 22



PARTE UFFICIALE

MINISTERO DELL'INTERNO

Gestione integrata della sicurezza negli stabilimenti industriali ad alta affidabilità con la piattaforma SmartBench

M.E. Biancolini¹, M. G. Gnoni², A. Marzani³, M. F. Milazzo⁴, R. Setola⁵, S. Anastasi⁶, C. Mennuti⁶, P. Bragatto⁶

¹ Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”

² Università del Salento

³ Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

⁴ Università degli Studi di Messina

⁵ Università Campus Bio-Medico di Roma

⁶ Inail - Dit

Sommario

Le tecnologie Smart stanno svolgendo un ruolo chiave nella quarta rivoluzione industriale. Sistemi IoT, Digital Twin, sensori attivi, Big Data su cloud e modellazione fisica spinta dal super calcolo scientifico possono essere integrati sinergicamente in un ambiente Safety 4.0. La piattaforma SmartBench, sviluppata nell’ambito di un progetto INAIL BRIC, integra quattro diverse tecnologie smart dimostrando come l’interazione e l’aggregazione delle informazioni possa rendere integrato il concetto di sicurezza. Il monitoraggio dello stato di integrità degli impianti viene affrontato in SmartBench considerando in modo specifico la tecnica delle emissioni acustiche. La modellistica interpretativa della propagazione dei segnali in abbinamento con sensori smart di tipo innovativo consente alla piattaforma di individuare e controllare nel tempo i difetti interni delle apparecchiature. La presenza di etichette intelligenti che consentono di gestire nel mondo digitale lo storico delle manutenzioni degli apparati fornisce alla piattaforma informazioni molto precise dei macchinari in prossimità dell’operatore. Un sensore virtuale di invecchiamento comunica alla piattaforma lo stato di degrado dei componenti e consente di prevederne l’evoluzione. Una rete di dispositivi IoT consente di monitorare in tempo reale lo stato dell’operatore per fornire un riscontro sul context awareness e rendere la sicurezza attiva in ambienti difficili.

1. Introduzione

Il progetto di Ricerca SmartBench [1] nasce dall’idea di rendere Smart la sicurezza degli impianti industriali beneficiando ai fini della sicurezza delle tecnologie che stanno rendendo possibile la nuova rivoluzione industriale che va sotto il nome di “industria 4.0”. Ciò non si limita semplicemente alla migrazione e adattamento delle idee base che fondano l’industria 4.0 ma piuttosto a rendere centrale il tema della sicurezza nell’industria 4.0. L’approccio Safety 4.0 ha l’ambizione di ripensare la sicurezza sfruttando tutte le potenzialità tecnologiche oggi disponibili e conseguentemente aumentare la sicurezza dei lavoratori (Figura 1).

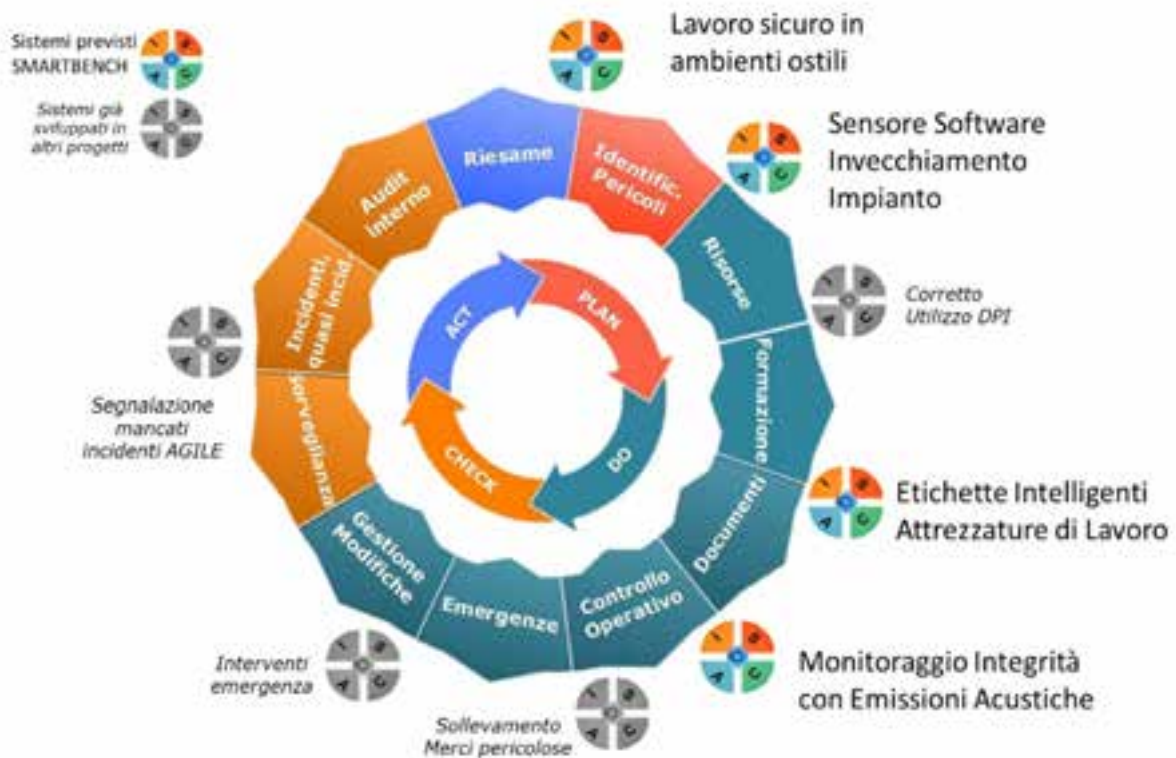


Figura 2. Il ruolo di SmartBench nel percorso di sviluppo della Safety 4.0 di Inail [2].

Una visione sintetica del progetto SmartBench è riportata dalla Figura 3. L'acronimo SmartBench è una contrazione del nome esteso della piattaforma "Smart Industrial Safety Workbench". La piattaforma innovativa (con soluzioni web, mobile e IoT) consente l'integrazione e l'elaborazione di informazioni provenienti da dispositivi smart per migliorare la sicurezza nei luoghi di lavoro. Sebbene l'infrastruttura sia pensata e progettata per la massima flessibilità in modo da poter integrare nel tempo nuove funzionalità e, al contempo, potersi integrare con funzionalità Safety 4.0 già sviluppate da Inail (già mostrate nella Figura 2), il progetto SmartBench prevede lo sviluppo di quattro verticalizzazioni tecnologiche necessarie per lo sviluppo dei seguenti sistemi: reti di sensori Emissione Acustica (EA) per il monitoraggio dell'integrità strutturale; etichette smart per la gestione dei rischi e la verifica delle attrezzature di lavoro; sensori virtuali per la visualizzazione dell'invecchiamento di impianti; sistemi smart (IoT) per la verifica del corretto utilizzo dispositivi DPI e dello stato fisiologico del lavoratore che opera in ambienti difficili.

Questa memoria si propone di fornire una panoramica sugli aspetti tecnici e scientifici del progetto SmartBench riportando alcuni dettagli relativi allo sviluppo della piattaforma software e ai sottosistemi sviluppati dalle unità operative.



Figura 3. Una vista di insieme del progetto di ricerca e della piattaforma SmartBench.

2. Sviluppo piattaforma software

La piattaforma software di SmartBench vuole essere un sistema aperto nel quale i vari moduli di SmartBench possano essere facilmente integrati permettendo la gestione delle informazioni con opportune ontologie [3]. La piattaforma modulare, basata sulla soluzione industriale Predix di GE (<https://www.ge.com/digital/predix/platform>), prevede l'IoT Data Manager come un modulo centrale di controllo dei dispositivi IoT, una base di conoscenza rappresentata dalla SmartBench Ontology con le sue istanze e un insieme di moduli per il controllo dell'intera piattaforma: Plant Risk Surveillance Designer, Real Time Risk Monitoring e Batch Risk Analyzer. Il modulo IoT Data Manager consente di dialogare con i dispositivi IoT. Si prevede di supportare in modo diretto la tecnologia Predix di GE ma anche dei dispositivi IoT non connessi direttamente a Predix. Nel primo caso i dispositivi devono essere interfacciati con una "Predix Machine" che consente di stabilire una connessione diretta fra dispositivo e Predix interamente gestito da Predix; nel secondo caso il modulo IoT Data Manager dialoga con uno specifico controller "Independent IoT Device Controller". Nel caso del controller indipendente i dati vengono recuperati su richiesta del IoT Data Manager. In tutti i casi le autenticazioni vengono gestite mediante Predix. Il modulo IoT Data Manager risiede su un server centrale, dialoga con Predix su cloud, e memorizza le informazioni nell'Instance DataBase basato sulla tecnologia mongoDB. Le informazioni vengono organizzate e gestite mediante l'ontologia di SmartBench (SAREF e SafeLife-X). L'ontologia SAREF fornisce elementi costitutivi in ambito IoT che consentono la separazione e la ricombinazione di diverse parti dell'ontologia a seconda delle esigenze specifiche mediante un elenco di funzioni di base che possono essere eventualmente combinate per avere funzioni più complesse in un singolo dispositivo. L'ontologia SafeLife-X è definita estraendo le informazioni dall'omonimo documento per il controllo dell'invecchiamento nelle infrastrutture.

La piattaforma consente l'interazione con gli utenti di SmartBench (SmartBench Users con accesso da smartphone, tablet o pc) mediante un'interfaccia grafica che gestisce i vari moduli. Il "Plant Risk Surveillance Designer" viene utilizzato da utenti con privilegi specifici e consente di definire il layout dei dispositivi smart presenti nello stabilimento. Oltre ad essere utilizzato in fase di installazione e avvio è pensato per mantenere la piattaforma (aggiornamenti, aggiunta rimozione parti del sistema). Il componente "Real Time Risk Monitor" consente di esporre in tempo reale le informazioni e di generare warning; è pensato per un'interazione in tempo reale con i dispositivi. Il componente "Batch Risk Analyzer" è pensato per l'elaborazione di storici.

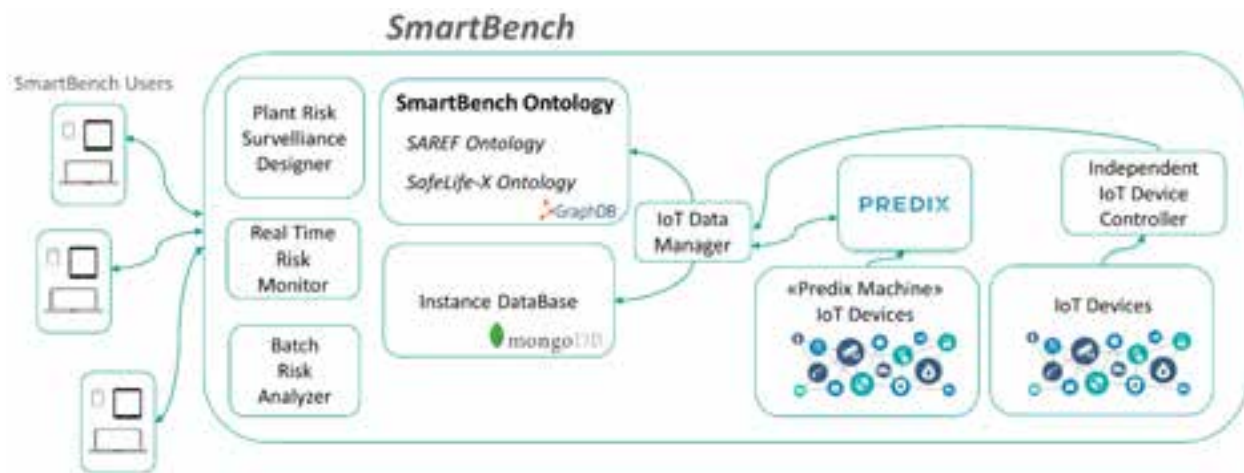


Figura 4. Architettura software della piattaforma SmartBench.

3. Monitoraggio EA

La piattaforma SmartBench prevede l'integrazione di un sistema di monitoraggio delle Emissioni Acustiche [4] (EA) atto a fornire informazioni sullo stato di integrità di attrezzature di lavoro rendendole smart in un'ottica di sicurezza integrata. In particolare, SmartBench mira ad una verifica continua dell'integrità strutturale superando il limite odierno delle metodiche diagnostiche a base di EA che prevede procedure di verifica basate su controlli periodici [5] e su modelli previsionali dell'evoluzione del danneggiamento [6]. In questo contesto si palesa la necessità di disporre di strumenti di misura delle EA piccoli, leggeri, poco costosi, facilmente installabili sulla struttura e atti al monitoraggio in continuo. In SmartBench vengono proposti due diversi nodi-sensore [7,8] ideati per essere installati in modo permanente sulle attrezzature e capaci di monitorare nel tempo i segnali EA. I nodi sensore, caratterizzati da dimensioni e pesi ridotti, basso consumo di potenza e capacità di elaborazione in locale del segnale acquisito, risultano ideali in diversi scenari applicativi, in particolare nel monitoraggio di attrezzature a pressione o atmosferiche contenenti fluidi pericolosi (esplosivi, infiammabili, tossici, comburenti, ecc.).

Sui nodi sensore è possibile innestare algoritmi di elaborazione del segnale sviluppati ad hoc per i segnali EA, e possono essere programmati per trasferire in modalità wireless, su piattaforme "cloud based service", il segnale elaborato. I nodi sensori in oggetto consentono lo sviluppo di reti di sensori minimamente invasive e installabili in modo permanente sulle strutture o apparecchiature oggetto di indagine.

I dati rilevati dalla rete di sensori, eventualmente pre-elaborati sui nodi sensore, ed elaborati sulla piattaforma SmartBench, permettono una ricostruzione dinamica delle condizioni di "salute" dell'attrezzatura consentendo la gestione sicura di tutto l'impianto.

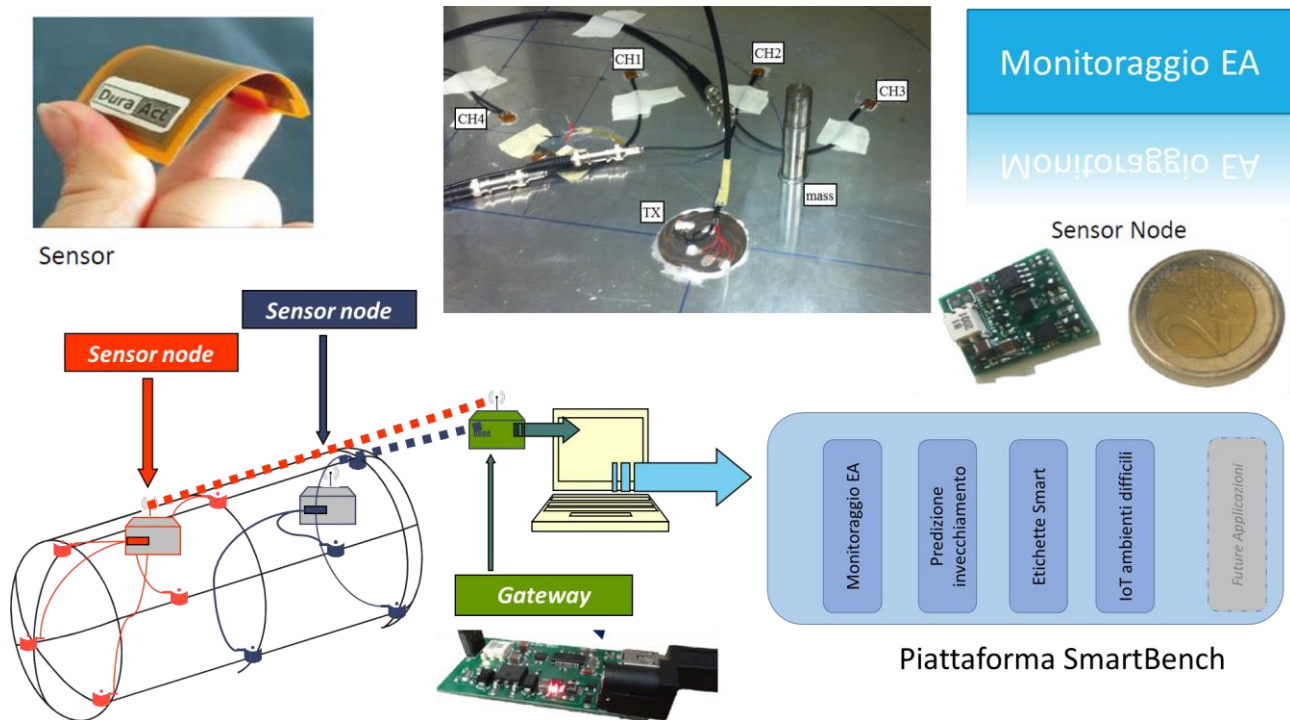


Figura 5. Monitoraggio continuo mediante la tecnica delle emissioni acustiche e nodi sensore.

4. Etichette intelligenti

Una delle criticità che caratterizza la gestione delle attrezzature di lavoro, e tra queste in particolare quelle a pressione e gli organi di sollevamento, è legata alla mancanza di informazioni inerenti lo “stato” d’uso dell’apparecchio; capita, infatti, frequentemente che attività di controllo, manutenzione e verifica (ove prevista) non siano correttamente tracciate, anche a causa della mancanza di idonei sistemi di registrazione degli interventi. Allo stesso modo si verifica spesso che presso il luogo di lavoro non sia disponibile la documentazione a corredo dell’attrezzatura (dichiarazione di conformità del fabbricante, istruzioni, ecc.), rendendo impossibile una conduzione sicura e coerente dell’apparecchio per l’utilizzatore e un’efficace attività di controllo da parte degli organi preposti. Questa mancanza di informazioni, infatti, non consente di conoscere le corrette modalità di utilizzo e gestione della specifica attrezzatura, non avendo a disposizione le indicazioni previste dal fabbricante e quindi gli indirizzi necessari per utilizzare in sicurezza il prodotto e garantirne nel tempo lo stato di efficienza, né di disporre di feedback circa le azioni messe in campo dall’utilizzatore in fase di gestione dell’attrezzatura, per una pianificazione organizzativa ed economicamente efficace degli interventi di controllo, manutenzione e verifica. Lo studio propone un prototipo di piattaforma software che integra tecnologie IoT (Internet of Things) [9,10], montate sulle attrezzature a pressione e di sollevamento cose e persone soggette al regime di verifica periodica, con sistemi cloud-based di gestione dei dati che consenta una univoca identificazione delle specifiche attrezzature di lavoro, la gestione dei dati relativi all’intero ciclo di vita della stessa, fornendo una tracciabilità dinamica e real time dei diversi interventi (e.g. a causa di un guasto improvviso, in base alla pianificazione indicata dal fabbricante, in base a suggerimenti a valle di attività di controllo, manutenzione e/o verifica).

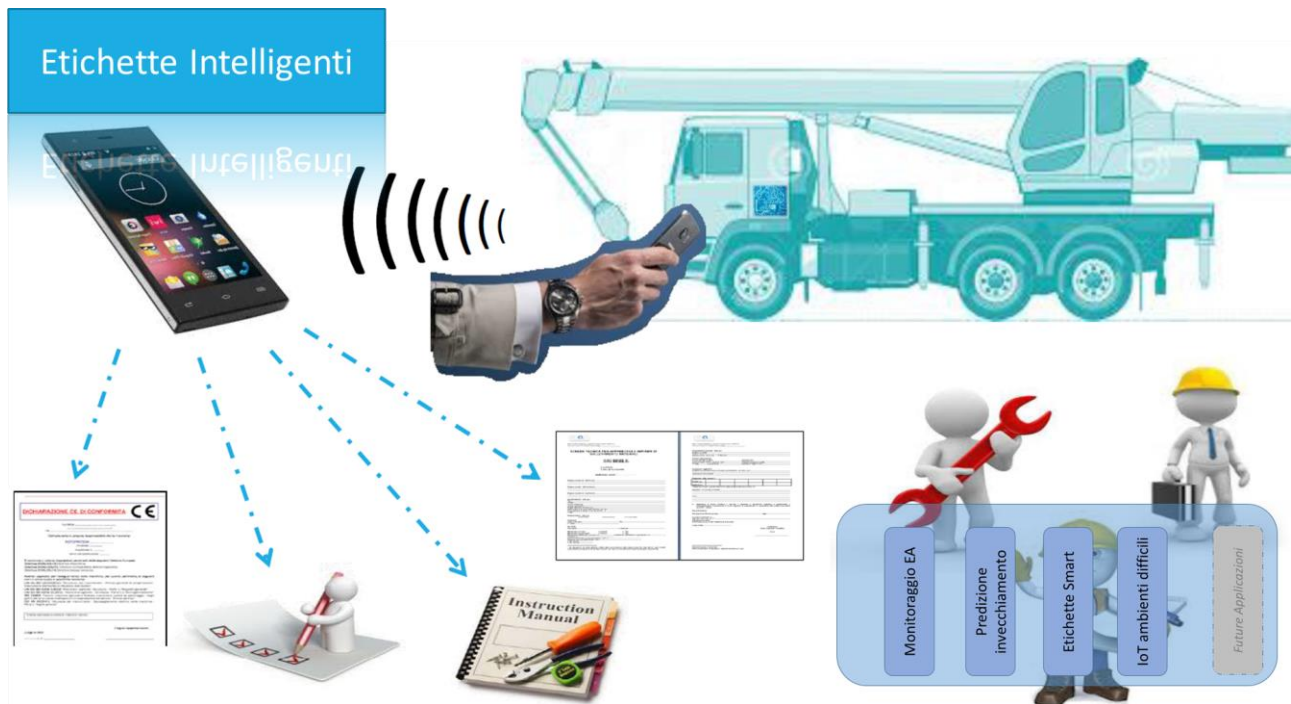


Figura 6. Gestione della manutenzione mediante l'uso di etichette intelligenti.

5. Sensore virtuale invecchiamento

Il cuore del sensore virtuale d'invecchiamento è una applicazione smart per il monitoraggio e la previsione dell'invecchiamento delle apparecchiature [11,12]. In realtà, il sensore è composto di hardware e software, che ricostruiscono un vero "gemello digitale" (Digital Twin) dell'impianto in grado di restituire all'utente specifici parametri correlati all'invecchiamento. Nello specifico è prevista la stima di una probabilità di guasto, che tenga conto dei fattori che contribuiscono all'invecchiamento di apparecchiature critiche (CriticalComponent), così come definiti dal Gruppo di Lavoro dell'invecchiamento nominato Ministero dell'Ambiente. È previsto un package CriticalComponentFeature in cui è implementato il sistema di acquisizione dati delle apparecchiature critiche, attraverso una serie di dispositivi: Sensore Reale (per acquisire i parametri operativi dell'apparecchiatura), RFID (per leggere informazioni archiviate su schede RFID), GPS (per informazioni di geo-localizzazione), FeatureCustom (per dare la possibilità all'utilizzatore del sistema di inserire caratteristiche come foto e/o altri parametri). Lo schema può essere facilmente implementato su diverse piattaforme: sistemi Android (Tablet, SmartPhone, SmartGlass, etc.), su sistemi Linux/Windows e, eventualmente, nei casi in cui sia possibile su webServer. Il fattore che accomuna tutti i sistemi di esecuzione, sopra elencati, è il linguaggio di programmazione Java.

I parametri raccolti dinamicamente dalla piattaforma SmartBench alimentano i modelli di degrado delle attrezzature e permettono di guidare la gestione sicura dell'intero ciclo di vita dell'impianto. Lo strumento finale sarà utilizzato da gestori e auditor interni, per una autovalutazione, e da ispettori per assolvere ai loro compiti di controllo. Tuttavia tutte le categorie di controllori potranno verificare l'adeguatezza dei piani per l'invecchiamento, in particolare nel contesto delle aziende a rischio di incidente rilevante, essi avranno un utile supporto per ottemperare a quanto richiesto dalla nuova Direttiva Seveso.

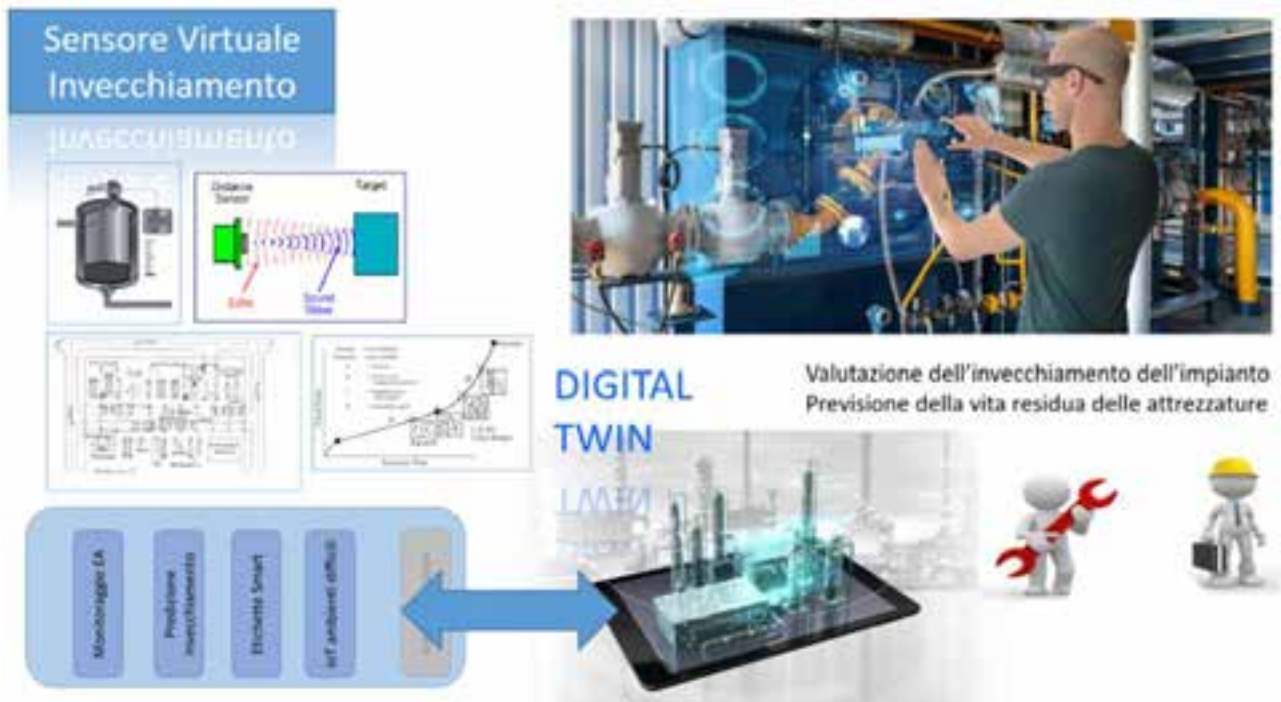


Figura 7. Sensore Virtuale per la valutazione dell'invecchiamento e per la previsione della vita residua.

6. IoT in ambienti difficili

Questa verticalizzazione mira allo sviluppo di un ambiente per aumentare la consapevolezza (awareness) dei lavoratori in ambienti difficili, ovvero in tutte quelle situazioni che a causa di modifiche e/o eventi avversi possono diventare potenzialmente "ostili" (inquinanti o infiammabili, carenza di ossigeno, temperature estreme) [13,14].

La soluzione prevede una architettura ibrida all'interno della quale sono ipotizzati l'integrazione di sensoristica indossabile con sensoristica ambientale. Nello specifico l'architettura prevede l'uso di un dispositivo mobile che faccia da collettore dei segnali provenienti dai sensori indossabili e che sia in grado di dialogare con i sensori nell'ambiente. Attraverso la piattaforma SmartBench tutti i dati e parametri utili verranno scambiati, supportando in particolare la supervisione delle attività e gli interventi di soccorso, in caso di necessità.

Il sistema si caratterizza per una elevata modularità e scalabilità al fine di facilitarne l'adattabilità a diversi contesti operativi. Nello specifico si ipotizza che i sensori ambientali siano in grado di comunicare mediante protocollo BLE e che siano in grado di riconoscere la presenza dell'operatore. Tali informazioni vanno a complementare quelle già disponibili mediante la BAN, consentendo di irrobustire le informazioni sull'ambiente oltre che per quel che riguarda lo stato fisiologico dell'operatore. Tali informazioni sono correlate dal sistema al fine di valutare il livello di rischio ovvero la presenza di situazioni patologiche e/o di pericolo. Al verificarsi di una tale evenienza il sistema provvede ad allertare l'operatore e il supervisore.

Una specifica attenzione è stata posta già in sede di ideazione e progettazione alla salvaguardia delle prerogative dei lavoratori per ciò che attiene la loro privacy. Infatti tutte le informazioni sono raccolte dal dispositivo mobile utilizzato dall'operatore in-the-field al fine di evidenziare esclusivamente a lui il proprio stato e quello dell'ambiente. Solo qualora si verificassero situazioni anomale e/o di emergenza i dati vengono trasmessi al centro di supervisione, altrimenti i dati puntuali vengono cancellati quando l'operatore esce dall'area di interesse e vengono conservati esclusivamente i dati aggregati.

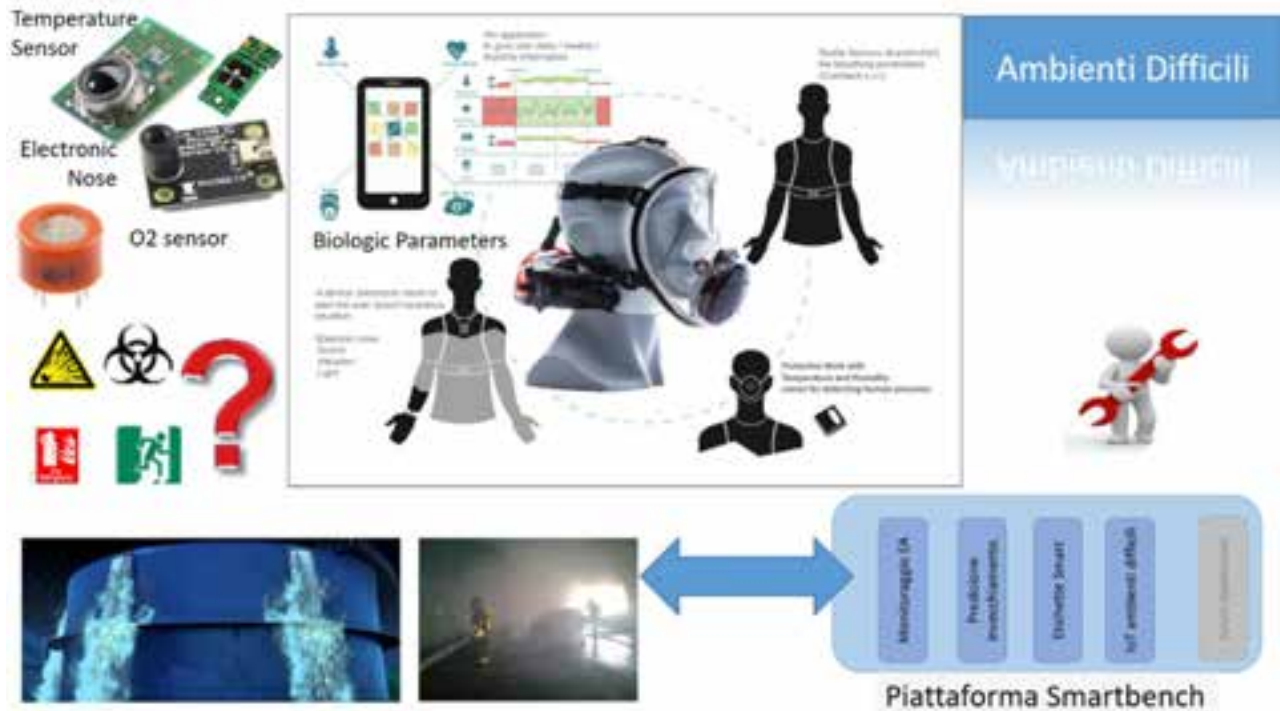


Figura 8. IoT in ambienti difficili.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato finanziato da Inail nell'ambito del bando BRIC/2016 ID=15, progetto SMARTBENCH.

Bibliografia

- [1] AA. VV. SmartBench: quando la sicurezza negli stabilimenti industriali diventa Smart. Analisi e Calcolo. N. 86. Maggio/Giugno 2018
- [2] Agnello P, Ansaldi S, Bragatto PA Applicabilità delle tecnologie Smart per la gestione dell'integrità delle attrezzature negli impianti di processo SAFAP 2016 11-15 novembre Milano © INAIL ISBN 978-88-7484-520-0
- [3] Pazienza M. T., Stellato A., Henriksen L., Paggio P., Zanzotto F.M. Ontology Mapping to support ontology-based question answering. Proceedings of the 2nd Meaning Workshop, 2005.
- [4] Perelli A., De Marchi L., Marzani A., Speciale N. Acoustic emissions localization in plates with dispersion and reverberations by using sparse PZT sensors in passive mode. Smart Materials and Structures, 21, 2012, 025010 (10 pp).
- [5] Augugliaro G., De Petris C., Di Mambro S., Brutti C., Biancolini M.E. Valutazione dell'integrità strutturale di piccoli serbatoi GPL basata sull'interpretazione di dati di prova di Emissione Acustica con tecnica frattale. In: SAFAP 2010 - Sicurezza ed affidabilità delle attrezzature a pressione, Venezia, Maggio 2010.
- [6] Biancolini M.E., Brutti C., Paparo G., Zanini A. Fatigue cracks nucleation on steel, acoustic emission and fractal analysis. International Journal of Fatigue, 2006, vol. 28, n 12, p. 1820-1825, ISSN: 0142-1123

- [7] Testoni N., Aguzzi C., Arditi V., Zonzini F., De Marchi L., Marzani A., Salmon Cinotti T. A sensor network with embedded data processing and data-to-cloud capabilities for vibration based real-time SHM (in press Journal of Sensors May 2018).
- [8] Acciarito S., Cardarilli G.C., Di Nunzio L., Fazzolari R., Re M. A Wireless Sensor Node Based on Microbial Fuel Cell. Applications in Electronics Pervading Industry, Environment and Society: APPLEPIES 2015, 2017, pages 143-150, Springer International Publishing.
- [9] Andriulo S., Gnoni M.G. Measuring the effectiveness of a near-miss management system: An application in an automotive firm supplier. Reliability Engineering & System Safety, 2014, 132, 154-162
- [10] Gnoni M. G., Lettera G., Rollo A. A feasibility study of a RFID traceability system in municipal solid waste management. International Journal of Information Technology and Management, 2013,12(1), 27-38.
- [11] Milazzo M.F. On the importance of managerial and organisational variables in the Quantitative Risk Assessment. Journal of Applied Engineering Science, 2016, vol. 14(1), p. 54-60.
- [12] Vianello C., Milazzo M.F., Guerrini L., Mura A., Maschio G. A risk-based tool to support the inspection management in chemical plants. Journal of Loss Prevention in The Process Industries, 2016, vol. 41, p. 154-168, ISSN: 0950-4230.
- [13] De Cillis F., Faramondi L., Inderst F., Marsella S., Marzoli M., Pascucci F., Setola R. Hybrid Indoor Positioning System for First Responders. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2017.
- [14] De Cillis F., Inderst F., Pascucci F., Setola R., Tesei M., Bragatto P. Improving the Safety and the Operational Efficiency of Emergency Operators via On Field Situational Awareness. Chemical Engineering, 2016, 53.