

# SMART for city

COMMUNITY  
GOVERNANCE  
TECHNOLOGY

*Città storiche verso il futuro* 



Dai Bright  
Green  
Buildings alle  
Bright Cities

COMMUNITY

Creatività e  
partecipazione  
nel governo  
della Smart City

GOVERNANCE

Verso il  
primo smart  
archaeological  
park @pompei

TECHNOLOGY

## UN MODELLO TECNOLOGICO INTEGRATO PER ANDARE VERSO SMART@POMPEI

**Il progetto pilota MiBAC - CNR è replicabile anche in altri contesti**

di Alberto Bruni, Luca Papi

Il modello/sistema integrato, basato su tecnologie IoT, frutto del progetto pilota MiBAC - CNR, denominato Smart@POMPEI, e del Grande Progetto Pompei, è finalizzato a generare un dimostratore tecnologico replicabile in altri contesti per gestire la sicurezza delle persone e dei monumenti sia in condizioni normali sia in condizioni di emergenza. Il progetto unisce l'innovazione tecnologica con l'innovazione sociale con lo scopo di andare verso uno Smart and Resilience Archaeological Park per poi generare uno Smart@LAND ossia un territorio che comprenda le zone limitrofe a Pompei (Buffer zone) gestito in maniera sostenibile e inclusiva.

Pompei sorge su un pianoro a circa 30 m s.l.m. formato da una colata di lava vesuviana, a controllo della valle del fiume Sarno alla cui foce sorgeva un antico porto. Incerte sono le notizie sulle origini della città. Le testimonianze più antiche si datano tra la fine del VII e la prima metà del VI sec. a.C. Si estende per circa 66 ettari dei quali circa 45 sono stati scavati. La città è stata suddivisa in *regiones* (quartieri) e *insulae* (isolati) nel 1858 per esigenze di studio. Presso il Parco Archeologico di Pompei lavorano circa 500 persone con una fruizione di 10.000 visitatori, di media, al giorno con picchi fino a 25000 visitatori in alcuni giorni dell'anno. Nel 2018 hanno visitato il Parco Archeologico di Pompei 3,6 milioni di turisti. Il Parco Archeologico di Pompei per le sue dotazioni tecnologiche all'avanguardia nonché per le sue caratteristiche ambientali diversificate, si

presta ad essere il sito presso il quale realizzare un modello tecnologico integrato innovativo per la gestione della sicurezza delle persone e dei monumenti sia in condizioni normali sia in condizioni di emergenza.

### COME NASCE IL PROGETTO? ACCORDO QUADRO MIBAC - CNR → CONVENZIONE OPERATIVA

In data 28 maggio 2015 il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) hanno stipulato un Accordo Quadro, di durata settennale, al fine di individuare e sviluppare programmi di ricerca e innovazione, di dimostrazione e di formazione nel settore del patrimonio culturale e del turismo. A seguito del suddetto Accordo, il 30 marzo 2016 tra i due Enti è stata stipulata una Convenzione Operativa nell'ambito della quale le Parti, nel quadro delle proprie attività di ricerca, di sviluppo e di formazione,

si impegnano a collaborare, per tutta la durata della presente Convenzione Operativa, per la realizzazione di una soluzione tecnologica integrata finalizzata al miglioramento della sicurezza del patrimonio culturale nazionale[1].

In tale contesto, le Parti hanno avviato il primo progetto pilota per la creazione del primo *Smart Archaeological Park* in Italia e nel mondo presso il Parco archeologico di Pompei (Fig. 1). Al fine di dare piena attuazione alla suddetta Convenzione operativa si è istituita una "Cabina di Regia" con il compito di gestione e coordinamento integrato delle attività progettuali/tecnologiche finalizzate alla tutela, valorizzazione e sicurezza del Parco Archeologico di Pompei nell'ambito del Progetto di cui sopra. La Cabina di Regia è composta dal Alberto BRUNI, Funzionario del Segretariato generale del MiBAC e dal Luca PAPI, Tecnologo del CNR - Dipartimento Scienze Umane e Sociali, Patrimonio Culturale (DSU).

Il MiBAC e il CNR intendono proseguire le attività del progetto pilota denominato *Smart@POMPEI* al fine di creare il primo *Smart Archaeological Park* in Italia e nel mondo presso il Parco archeologico di Pompei per poi generare da *Smart@POMPEI* uno *Smart@LAND* ossia un territorio limitrofo a Pompei (Buffer zone) gestito in maniera intelligente, sostenibile e inclusivo.

In particolare le Parti intendono replicare il modello tecnologico innovativo, integrandolo e adattandolo, previa dovute indagini ed analisi dei rischi aggiornate, sia sul territorio campano, in linea con il Piano Strategico della *Buffer Zone* della Grande Pompei, sia presso i siti del Parco Archeologico di Ostia Antica, del Colosseo, Foro Romano e Palatino sulle orme della Roma imperiale. La Cabina di Regia è stata incaricata di elaborare un organigramma con i relativi incarichi e responsabilità

per ciascun sito culturale oggetto d'intervento nonché prevedere attività di formazione e trasferimento di conoscenza sulla base delle attività di innovazione tecnologica e di innovazione sociale prodotte nell'ambito del progetto *Smart@POMPEI*, in linea con le linee strategiche della Scuola del Patrimonio Culturale.

### CHE COSA SIGNIFICA ANDARE VERSO SMART@POMPEI?

Andare verso la realizzazione del primo *Smart Archaeological Park* in Italia e al mondo significa andare verso la direzione di una gestione intelligente, sostenibile, inclusiva armonizzando tutela, protezione e valorizzazione attraverso l'innovazione tecnologica e l'innovazione sociale. Significa adeguare i servizi ai reali bisogni dei turisti sulla base di accurate analisi; adeguare i servizi alle reali esigenze del personale che ogni giorno opera sul campo per la conservazione dei monumenti; aumentare le prestazioni dei dispositivi e degli impianti (Fig. 2), minimizzando i costi e, di conseguenza, promuovere un uso efficiente ed efficace delle risorse per migliorare l'accessibilità del sito.

In realtà *Smart@POMPEI* non è solo un progetto ma è un qualcosa di molto più complesso: ossia un percorso

programmatico basato sulle tecnologie integrate e innovative (IoT - *Internet of Things*/internet delle cose) Numerosi sono stati gli investimenti effettuati e le attività svolte negli ultimi anni dal MiBAT nell'ambito del Grande Progetto Pompei d'intesa con il Parco Archeologico di Pompei e con l'Arma dei Carabinieri. Il parco Archeologico di Pompei è dotato di data center, copertura WI-FI dell'intero sito, di un nuovo sistema di videosorveglianza IP, piano della conoscenza, nuovo impianto di illuminazione perimetrale a led, sistema informativo geografico (GIS), copertura con rete Tetra dell'intero sito, nuova connessione internet a fibra ottica per gli utenti, piattaforma per la gestione ed erogazione delle *app* (Fig. 3). Va evidenziato, inoltre, che si sono svolte, e continueranno a svolgersi, attività di monitoraggio focalizzate alla prevenzione e protezione del sito in collaborazione con grandi aziende, Enti di Ricerca, Università e Istituzioni di Governo quali: servizi a bassa invasività per il monitoraggio dei movimenti e delle deformazioni del terreno e delle strutture; monitoraggio satellitare interferometrico con analisi dei dati storici e dei fenomeni lenti mediante i rilievi della costellazione satellitare *COSMO-SkyMed*; rilevazio-



Fig.1 -Parco Archeologico di Pompei - Basilica (Regio VIII)

ne di fenomeni in tempo reale (*early warning*) mediante reti di sensori wireless (WSN) dispiegate in sito presso il Tempio di Venere e Domus dei Casti Amanti (estensimetri a filo, tiltmetri, sonde di umidità, ...).

Inoltre è stata realizzata una infrastruttura per le comunicazioni sicure degli operatori di sito in standard TETRA; *Collaborative App* su *smartphone* per utenza amica (operatori museali, guide certificate, addetti ai gates) per l'invio di segnalazioni relative a situazioni anomale: (i) Soccorso Sanitario (in caso di malesseri, incidenti, ecc.); (ii) Soccorso Addetti alla Sicurezza (in caso di molestie, azioni di vandalismo, ecc.); (iii) Allerta (in caso di incendi, rischi di crolli, ecc.); (iv) Intervento (in caso di sporcizia, degrado, ecc.).

Sono state svolte, altresì, attività di telerilevamento a terra mediante l'utilizzo di strumenti iperspettrali per l'acquisizione di immagini e firme spettrali dei diversi materiali e componenti chimici presenti su zone individuate come critiche e/o di interesse (in collaborazione con CNR) per supportare mantenimento e restauro dei beni.

### IL MODELLO TECNOLOGICO INTEGRATO

L'obiettivo principale del progetto *Smart@POMPEI* è quello di realizzare un modello tecnologico integrato replicabile, modulabile, flessibile, basato sull'utilizzo delle tecnologie IoT (Fig.4). La dorsale principale del sistema tecnologico integrato è rappre-



Fig. 2 - Parco Archeologico di Pompei - Sala controllo.

sentata dalla rete a fibra ottica posata all'interno dei cavidotti utilizzati dal sistema di videosorveglianza. Naturalmente il sistema tecnologico integrato prevede anche una rete senza fili realizzata mediante punti di accesso (AP) con il quale è possibile erogare servizi necessari sia ai visitatori sia al personale che opera sul campo. Il cuore del sistema tecnologico integrato è rappresentato dalla Piattaforma Operativa Intelligente (IoC) con il quale è controllata e gestita tutta la sensoristica (dalle TVCC ai sensori che monitorano i movimenti e le deformazioni del terreno e delle strutture) distribuita nel parco generando allarmi in caso di sfioramento delle soglie limite, in caso di comportamenti anomali e in caso di emergenza.

### TECNOLOGIE INNOVATIVE IN CORSO DI SPERIMENTAZIONE

#### Li-Fi o Light Fidelity

Il metodo più moderno ed innovativo per trasmettere dati in modalità wireless, è quello denominato LiFi o "Light Fidelity", tecnologia che sfrutta la modulazione della luce emessa dai LED per la trasmissione di informazioni. La tecnologia (che si presenta con lo standard internazionale IEEE 802.15) funziona grazie alla commutazione on-off del singolo LED. Questa sequenza 0/1 non è visibile all'occhio umano ma consente la trasmissione del dato (Fig. 5).

Tanto maggiore è la velocità di commutazione, tanto migliore sarà la velocità di trasmissione dell'informazione.



Fig. 3 - Dispositivi e sensori.

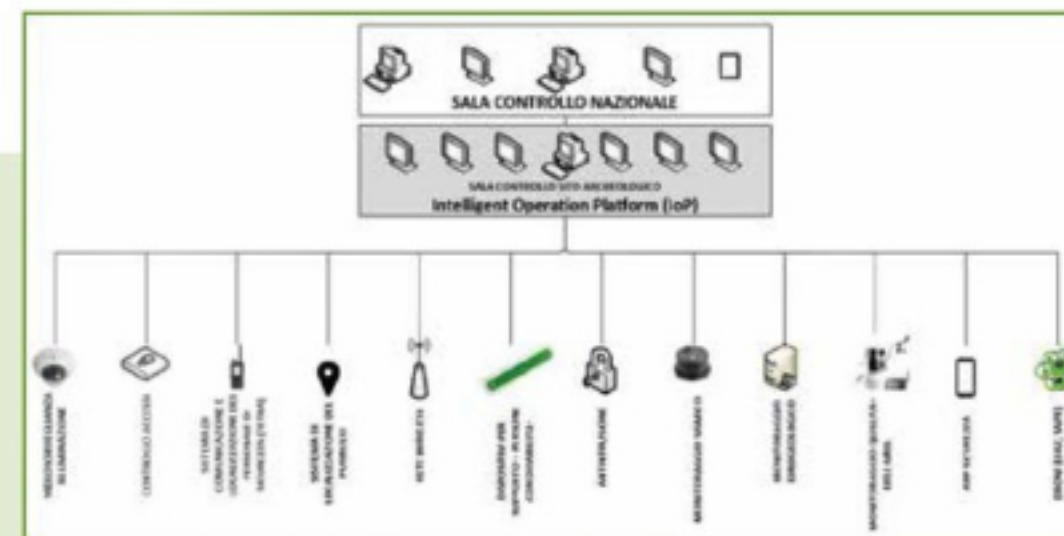


Fig. 4 - Schema a blocchi del modello tecnologico integrato.

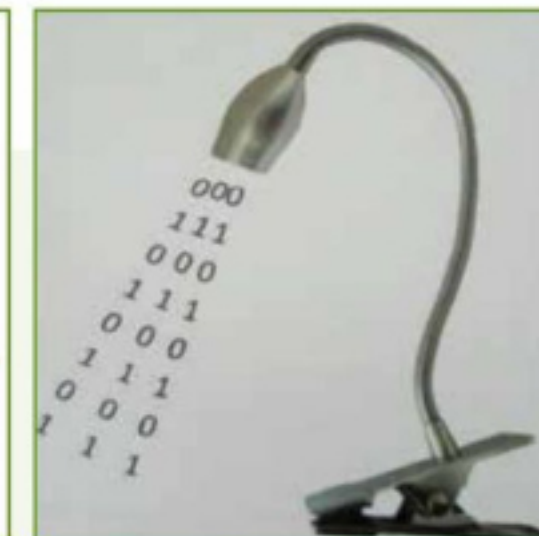


Fig. 5 - Sequenza 0/1 - Tecnologia Li-Fi.

Tutte le fonti LED possono essere potenziali trasmettitori di informazioni e ogni *device* un potenziale fruitore delle stesse. La luce che evidenzia le opere d'arte in un museo sarà lo strumento per trasmettere ai *tablet* e agli *smartphone* la guida interattiva all'opera durante la visita.

Una caratteristica intrinseca di tutte le soluzioni LiFi (grazie alla precisione di geolocalizzazione della tecnologia) è quella di consentire uno studio approfondito delle dinamiche di visita e quindi un'analisi attenta del marketing di prossimità o di posizionamento delle opere/prodotti.

La tecnologia LiFi unisce il risparmio energetico (grazie all'uso di lampade a Led) con il vantaggio di fruire, senza ulteriori soluzioni, di un sistema di trasmissione dati alquanto efficiente e al riparo dai problemi in intercettazione delle informazioni (*hacker*).

Tale tecnologia sostituirà progressivamente quella WiFi, ma già da subito ha trovato una propria collocazione in ambienti dove la sensibilità per la problematica dell'inquinamento elettromagnetico è evidente e dove le problematiche di rischio di perdita dati sono preponderanti. Alcune installazioni delle lampade a led con tecnologia Li-Fi sono state effettuate sia sui bracci dell'Anfiteatro (Fig. 6) sia presso la Domus dei Vettii.

**Il bracciale CON-ME e la sicurezza integrata per i visitatori con disabilità**  
Nell'ambito di *Smart@POMPEI*, uno

dei principali asset è costituito dall'accessibilità e dalla fruibilità del sito da parte di tutti.

Pertanto, è stata avviata la sperimentazione del prototipo del bracciale intelligente CON-ME (Fig. 7) che apre le porte ad un percorso progettuale complesso che vede coinvolti Enti di Ricerca, Università, Imprese, Istituzioni di Governo.

Il sistema è basato su tecnologie dell'*Internet of Things* (IoT). La soluzione prevede di assegnare ai visitatori con disabilità un bracciale, capace di inviare segnali ad un server centrale che li elabora ed effettua azioni mirate alla salvaguardia e sicurezza dei visitatori.

L'oggetto indossato dal visitatore con disabilità acquisisce una identità elettronica e come tale può essere

identificato, riconosciuto e validato da componenti paritetici nella rete privata del parco di Pompei, che, scambiandosi informazioni, evidenziano fenomeni e/o situazioni che richiedono l'interazione o l'intervento umano per il completamento dei processi in base alle circostanze.

Le operazioni previste consistono nella comprensione dei messaggi inviati dai dispositivi indossati dai visitatori e la conseguente visualizzazione della loro dislocazione in una mappa per un supporto alle decisioni degli operatori. Per la soluzione di geo-referenziazione del Visitatore all'interno del parco archeologico di Pompei, è stata creata una rete sensori denominata "CON-ME", in cui vengono impiegati sia una rete WLAN di Access Point e sia componenti ingegnerizzati in un



Fig. 6 - Parco Archeologico di Pompei - Anfiteatro (Regio II).



Fig. 7 - Prototipo del braccialetto CON-ME

braccialetto indossabile grazie alla collaborazione tra aziende. Il dispositivo di geo-referenziazione comprende diverse tecnologie che consentono di avere un elevato grado di libertà nella scelta delle modalità di interazione, come di seguito elencati: dispositivo di avvio e di stop automatico, bottone di SOS, modulo GPS, modulo Wi-Fi, modulo Bluetooth, batteria integrata, LED di segnalazione della carica della batteria, modulo per la ricarica wireless (Fig. 8)

#### I coppi fotovoltaici

È in corso inoltre una sperimentazione di coppi fotovoltaici (Fig. 9), ossia,

moduli speciali non convenzionali progettati e costruiti specificatamente per integrarsi e sostituire elementi architettonici degli edifici. Data la loro sostanziale differenza rispetto ai comuni pannelli fotovoltaici in vetro e metallo, i moduli fotovoltaici non sono certificabili secondo le normative standard e non esistono ancora certificazioni applicabili. Tuttavia, i moduli hanno superato le seguenti prove:

- 50 cicli di variazione termica di 100°C/h in camera climatica con controllo delle temperature da -40°C a +110°C per standard di riferimento CEI EN 61215

- 96 ore di test di corrosione da nebbia salina per standard di riferimento CEI EN 61701
- 40 cicli di umidità e congelamento con variazione termica da -40°C a +110°C con relativa umidità da 0 a 90% in camera climatica per standard di riferimento CEI EN 61215/ IEC 61646 art 10.12

Al fine di garantire una qualità sempre costante, ogni 1000 moduli prodotti viene testato un pezzo a campione. Per coprire 15 mq sono necessari 223 coppi fotovoltaici - potenza nominale 1KW. Tali moduli appaiono particolarmente utili e adattabili al contesto del Parco archeologico di Pompei per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

#### Faretti led a spettro naturale

I Led a spettro naturale sono stati adottati per illuminare le murature affrescate restaurate della Domus dei Vettii (Fig. 10). Sono stati selezionati i Led a spettro naturale perché producono una luce che si avvicina molto allo spettro della luce solare naturale, trasmettendo accuratamente i colori e le trame delle murature affrescate restaurate.

#### PROSSIMI PASSI

L'insieme delle attività tecnologiche testate presso il Parco archeologico di Pompei rappresenta il modello innovativo da integrare ed adattare per tutte le realtà nazionali rientranti nell'ambito del Progetto Speciale Sicurezza focalizzato sulle "Misure straordinarie per la sicurezza antropica" (Programma triennale ex art. 1 commi 9 e 10 legge 190/2014 - stabilità 2015, ed altre programmazioni). Tra i prossimi passi è prevista la realizzazione di uno *Smart@POMPEI Living Lab* ossia uno spazio all'interno del parco finalizzato a coinvolgere direttamente i visitatori per collaborare nello sviluppo e nella sperimentazione dei nuovi prodotti/servizi tecnologici.

Sono previste attività finalizzate ad



Fig. 9 - Coppi fotovoltaici

avvicinare i giovani alle nuove tecnologie utilizzate nell'ambito di *Smart@POMPEI* al fine di generare una consapevolezza digitale avanzata utile per entrare nel mondo del lavoro e colmando, ove esiste, la carenza generalizzata di competenze digitali di base. Sono previste, inoltre, azioni finalizzate a riaffermare e rafforzare il concetto di legalità e al miglioramento della sua percezione da parte della comunità locale.

*Smart@POMPEI* intende inoltre attivare azione di inclusione/integrazione e reinserimento socio-lavorativo di minori/giovani e adulti. Sono previste attività finalizzate a mantenere il Par-

co Archeologico una città viva, vitale o meglio

una residenza creativa attraverso l'accensione civica delle comunità locali tramite l'inclusione sociale, la rigenerazione urbana, la sostenibilità ambientale (CIVITATES).

Sono previste attività finalizzate ad andare verso una logica di certificazione del parco archeologico di Pompei per renderlo "resiliente" e far nascere un centro di eccellenza per lo sviluppo delle conoscenze sulla gestione della sicurezza e mitigazione dei rischi dei beni culturali in condizioni normali e in emergenze.

Al fine di armonizzare e coniugare un approccio che veda coinvolta la tecnologia con il diritto si prevedono attività finalizzate a considerare il bilanciamento che ci deve essere tra privacy e sicurezza alla luce del nuovo regolamento europeo sulla privacy (GDPR).

Le Parti intendono altresì avviare studi sugli aspetti psicologici della sicurezza, dell'emergenza e del rischio. Sono previste inoltre analisi mediante sistemi a pilotaggio remoto (droni) di ultima generazione con focus su:

- ▶ Analisi dello stato della vegetazione. Rilievo fotogrammetrico e multispettrale per verificare l'evoluzione della crescita della vegetazione con restituzione di mappe classificate per soglie di

attenzione.

- ▶ Monitoraggio amianto. Rilievo fotogrammetrico e multispettrale per evidenziare presenza amianto con restituzione di mappe e misure.
- ▶ Monitoraggio per sorveglianza del sito archeologico con voli di ronda programmati.
- ▶ Aerofotogrammetria e curve di livello per analisi dissesto idrogeologico per prevenzione.
- ▶ Sistema AntiDrone per difesa contro attacchi verso il patrimonio culturale.

Sono inoltre in programma attività finalizzate al miglioramento del consumo energetico di tutto il sistema tecnologico integrato e sviluppo di soluzioni innovative energeticamente efficienti.

In tale contesto, risulta fondamentale la collaborazione con la nuova figura emergente del "data scientist" che unisce le competenze dell'informatico, dello statistico e del narratore, al fine di estrarre la parte "preziosa" nascosta sotto i *Big Data*. Il tutto nel rispetto della dimensione etica, perché un uso distorto dei *Big Data* può porre a rischio la libertà e i diritti delle persone.

È stata avviata la procedura per la registrazione di un marchio di qualità tecnologica ed efficacia gestionale per l'adeguata accessibilità, protezione, conservazione del Parco Archeologico di Pompei.

#### CONCLUSIONI

Il dimostratore tecnologico integrato innovativo in corso di realizzazione presso il Parco Archeologico di Pompei può rappresentare il modello da seguire a livello nazionale, e non solo, per la gestione della sicurezza delle persone e dei monumenti sia in condizioni normali sia in condizioni di emergenza.



Fig. 8 - Il braccialetto CON-ME in carica



Fig. 10 - Parco Archeologico di Pompei - Domus dei Vettii (Regio VI).

## REFERENCES

- Papi, Luca (2014) *Il primo dimostratore smart city applicato ai beni culturali* (2014). *Archeomatica*, 5 (4). ISSN 2037-2485
- Papi, Luca (2016) *Verso uno smart archaeological park*. *APRE Magazine* (2), pp. 39-40.
- Garzia, Fabio and Papi, Luca (2016) *An internet of Everything Based Integrated Security System for Smart Archaeological Areas*. In: 2016 IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICST) Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Orlando, Florida, pp. 64-71. ISBN 978-1-5090-1070-7

## AUTHOR

ALBERTO BRUNI

ALBERTO.BRUNI@BENICULTURALI.IT

Funzionario del Segretariato Generale del MiBAC e Responsabile MiBAC della Cabina di Regia di Smart@POMPEI

LUCA PAPI

LUCA.PAPI@CNR.IT

Tecnologo - Security Manager del Dipartimento Scienze Umane e Sociali, Patrimonio Culturale (DSU) del CNR e Responsabile CNR della Cabina di Regia di Smart@POMPEI

## ABSTRACT

The integrated model / system, based on IoT technologies, resulting from project Smart@Pompeii, developed in the framework of the collaboration between MiBAC and CNR and Great Pompeii Project, aims at generating a technological demonstrator that can be replicated in other contexts to manage and monitor the safety of people and monuments both in normal and emergency conditions. The project combines technological innovation with social innovation in order to create a Smart and Resilience Archaeological Park that can generate a Smart @ LAND that is a territory including the areas adjacent to Pompeii (Buffer zone) managed in a sustainable and inclusive manner.

## KEYWORDS

Internet of Things; sistemi integrati; sicurezza; efficientamento energetico; monitoraggio; accessibilità; sostenibilità; inclusione; cloud; big data; droni; intelligenza artificiale

## NOTE

[1] Il 4 aprile 2018, il Segretario Generale del MiBAC e il Presidente del CNR hanno firmato l'atto di proroga della citata Convenzione operativa in base alla quale le Parti si impegnano a continuare a collaborare, per tutta la durata della presente Convenzione Operativa (2018-2020), per completare la realizzazione del dimostratore tecnologico integrato replicabile finalizzato al miglioramento della sicurezza del Patrimonio Culturale Nazionale.

C'è vita nel nostro mondo.

Realizzazione di infrastrutture  
dati territoriali (SDI) conformi a INSPIRE

Formazione specialistica su tecnologie  
GIS Open Source

EPSILON  
Italia



INSPIRE Helpdesk

We support all INSPIRE implementers

Epsilon Italia S.r.l.  
Via Pasquali, 79  
87040 Mendicino (CS)  
Tel. e Fax (+39) 0984 631949  
info@epsilon-italia.it

www.epsilon-italia.it  
www.inspire-helpdesk.eu