Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Valutazione di infrastrutture pubbliche energivore per complessi edificati, Impianti di IP Smart e Sistemi Smart Service

G. Fasano, L. Blaso, S. Agnoli, A. Brutti, E. Caiaffa, E. Cosimi, F. Fontana, A. Frascella, S. Fumagalli, G. Giuliani, N. Gozo, C. Honorati Consonni, L. La Porta, G. Leonardi, O. Gregori, C. Novelli, F. Pieroni, S. Pizzuti, M. Pollino, S. Sylos Labini, A. Scognamiglio, C. Verde, P. Zini, M. Zinzi

Report RdS/PAR2016/011

VALUTAZIONE DI INFRASTRUTTURE PUBBLICHE ENERGIVORE PER COMPLESSI EDIFICATI, IMPIANTI DI IP SMART E SISTEMI SMART SERVICE

G. Fasano, L. Blaso, S. Agnoli, A. Brutti, E. Caiaffa, E. Cosimi, F. Fontana, A. Frascella, S. Fumagalli, G. Giuliani, N. Gozo, C. Honorati Consonni, L. La Porta, G. Leonardi, O. Gregori, C. Novelli, F. Pieroni, S. Pizzuti, M. Pollino, S. Sylos Labini, A. Scognamiglio, P. Zini, M. Zinzi (ENEA)
C. Verde (Università degli Studi di Napoli Federico II).
Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA
Piano Annuale di Realizzazione 2016
Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici
Progetto: D.6 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano
Obiettivo: c. Controllo e valutazione delle infrastrutture pubbliche energivore
Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Per l'attività del LENICALC si ringrazia l'ing. Owen Ransen ed il Gruppo di Lavoro GL10 "Efficienza energetica degli Edifici" UNI/CT023/GL10 della Commissione UNI/CT023 "Light and Lighting"

Indice

SOMMARIO 5

INTRODUZIONE 6

1 PROGETTAZIONE DELLA PIATTAFORMA ICT MULTI-SERVIZI E CONTROLLO E VALUTAZIONE REMOTA CONSUMI E PRESTAZIONI COMPLESSI EDIFICATI 10

1.1 LA PIATTAFORMA PELL (ENEA) 10
1.2 PIATTAFORMA PER IL CONTROLLO E LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DI INFRASTRUTTURE PUBBLICHE ENERGIVORE (ENEA) 19
1.3 SCHEDA CARD MASTER PER EDIFICIO (ENEA) 31
1.4 FUNZIONALITÀ DELLA PIATTAFORMA (ENEA) 32
1.4.1 Requisiti generali 34
1.4.2 Requisiti funzionali 35
1.4.3 Requisiti tecnici 35
1.4.4 Le classi di utenza 36
1.4.5 Tabelle 36
1.5 ESTENSIONE DELLE FUNZIONALITÀ DELLA PIATTAFORMA PELL (ENEA) 45
1.5.1 Avanzamento scheda censimento: risultati ottenuti 45
1.5.2 Database PELL IP e WebGIS 47
1.5.3 Inserimento del WebGIS nella struttura verticale della piattaforma di distretto 52
1.5.4 INSPIRE: INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe 53
1.5.5 BIG Data 60

2 VALIDAZIONE DEL SOFTWARE LENICALC V.1 E NUOVA RELEASE LENICALC V.2 66

2.1 ATTIVITÀ DI VALIDAZIONE DI LENICALC V.1 E APPLICAZIONE AD EDIFICI TIPO (POLITECNICO DI TORINO) 66
2.2 NUOVA RELEASE LENICALC V.2 (ENEA) 71

3 VALUTAZIONE REMOTA DEI CONSUMI E DELLE PRESTAZIONI DEGLI IMPIANTI DI IP: PIATTAFORMA PELL IP 78

3.1 IMPLEMENTAZIONE DEL PORTALE PELL IP (ENEA) 78
3.1.1 Il Server di BackEnd 86
3.1.2 Il server "Oxytech" 87
3.1.3 Schema documentazione 88
3.2 SMART CITY PLATFORM SPECIFICATION PER PELL IP (ENEA) 101
3.2.1 Formato e Trasporto dati SCPS-based 101
3.2.2 Sezione A - Template XML UrbanDataset "POD Reading" 108
3.2.3 Sezione B - UrbanDatasetGateway WSDL (versione beta) 112
3.3 IMPOSTAZIONE DI UN NETWORK PER LA PROMOZIONE DI UN PROCESSO DI DIGITALIZZAZIONE DEI DATI D'IDENTITÀ DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE ENERGIVORE (ENEA) 115

4 SISTEMA DI SMART SERVICE INTEGRATO NELL'AMBIENTE URBANO 117

4.1 DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE DI SMART SERVICE INTEGRATO NELL'AMBIENTE URBANO - LINEE GUIDA PER POTER EVOLVERE UN IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN UN SISTEMA DI SMART SERVICE (ENEA) 117
4.1.1 L'infrastruttura di IP 118
4.1.2 Monitoraggio consumi 119
4.1.3 Monitoraggio traffico 120
4.1.4 Gestione parcheggi 121
4.1.5 Monitoraggio ambientale 121
4.1.6 Smart service avanzati 122
4.2 INDICATORI DI COMFORT, TECNOLOGIE E STRATEGIE PER IL CONTROLLO DEL MICROCLIMA URBANO - STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE DI RICERCA (ENEA) 122
4.2.1 Introduzione e nota metodologica 122
4.2.2 Strategie progettuali e tecnologie per il controllo del microclima urbano 123
4.2.3 Conclusioni e prospettive di ricerca 139

4.3 ANALISI INTEGRATA DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER LA MITIGAZIONE DEL MICROCLIMA URBANO E IL MIGLIORAMENTO DEL BENESSERE DEI CITTADINI. UN CASO STUDIO (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE) 139
4.3.1 Attività del progetto 139
4.3.2 Analisi preliminare 140
4.3.3 Analisi Numerica 141
4.4 ANALISI DI AFFIDABILITÀ E ANALISI DEI GUASTI E DELLE CRITICITÀ (FMECA) DEL SISTEMA SMART STREET (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE) 143
4.4.1 Analisi di Supporto Logistico 143
4.4.2 Analisi di Affidabilità 143
4.4.3 Analisi dei Guasti 143
4.4.4 L'architettura del sistema Smart Street 144
4.4.5 Conclusioni 146
4.5 TELECONTROLLO DIGITALE SMART STREET: RIPRODUZIONE DI SITUAZIONE DI DEGRADAMENTO PRESTAZIONI ED ANALISI DEI RITARDI DI SERVIZIO E STUDIO DEI SERVIZI AGGIUNTIVI (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE) 147
4.5.1 Sistemi di telecontrollo digitali 147
4.5.2 Sistemi di Smart Street installati 149
4.5.3 Analisi delle prestazioni del sistema di telecontrollo 149
4.5.4 Analisi dei risultati e conclusioni 151
4.6 PROGETTO DI UNA SMART STREET PROTOTIPALE ALL'INTERNO DI UN CONTESTO CONTROLLATO (SMART VILLAGE CASACCIA)- UTILIZZO DI UN SAPR (SISTEMA AEROMOBILE A PILOTAGGIO REMOTO) PER VALIDARE ALCUNI ASPETTI DELLO SMART STREET (ENEA) 151
4.6.1 Il Case Study "Smart Village Casaccia" 151
4.6.2 Attivita' e risultati 151
4.7 SVILUPPO DI UN MULTISENSORE CON FUNZIONALITÀ SMART (ENEA) 157
4.7.1 Il Multisensore- descrizione 159
4.7.2 Sviluppi e approfondimenti futuri 161
4.8 PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO DI ENTI NORMATORI NAZIONALI ED EUROPEI NEL SETTORE DELL'ILLUMINAZIONE (COLLABORAZIONE CON COMITATI DI STANDARDIZZAZIONE E NORMATIVA) (ENEA) 162
4.9 STUDIO SULLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DI SOLUZIONI DI SMART ADAPTIVE LIGHTING E DI SMART STREET SERVICE E SUI MODELLI DI BUSINESS CHE POSSONO ABILITARNE L'ADOZIONE (POLITECNICO DI MILANO) 165
4.9.1 Lo Studio 165
4.9.2 La metodologia 166
4.9.3 Il modello di simulazione 167

5 CONCLUSIONI E SVILUPPI 172

6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 174

7 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI 179

Sommario

Il rapporto tecnico descrive l'attività svolta nell'ambito della valutazione delle infrastrutture pubbliche energivore considerando sia complessi edificati che impianti di Illuminazione Pubblica (IP) e Sistemi Smart Service.
In particolare, in questa annualità si è proceduto allo sviluppo della piattaforma PELL per mettere a punto le funzionalità di una architettura distribuita e modulare basata sulla metodologia ENEA-CARD, all'inserimento del WebGIS nella struttura verticale della piattaforma ICT di distretto, ed alla progettazione di BIG Data per la piattaforma SmartCity e per il PELL.
E' stata quindi avviata una nuova applicazione metodologica sistemica del PELL, all'ambito degli edifici della Pubblica Amministrazione (edilizia scolastica), che ha visto la progettazione di una scheda di indagine per la raccolta delle informazioni degli edifici utile ad una indagine per la definizione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica dei fabbricati. Inoltre, è stata effettuata la validazione del software LENICALC v.1 con la redazione della nuova release LENICALC v.2 per il calcolo dell'indicatore energetico (LENI) degli impianti di illuminazione negli edifici, secondo la metodologia della norma EN15193-1:2017.
Parallelamente, è proseguita l'implementazione del Portale PELL per l'Illuminazione Pubblica (IP), è stato descritto il formato XML per l'acquisizione delle grandezze elettriche e dei consumi energetici dei POD ed è stato impostato un network per la promozione di un processo di digitalizzazione dei dati coinvolgendo gli attori del settore.
Per quanto riguarda le attività inerenti i sistemi di Smart Service, si è proceduto allo sviluppo di un sistema in grado di fornire servizi funzionali a diversi stakeholder e sono stati analizzati concetti di Smart Service a partire dalla definizione, l'architettura, le specifiche tecniche e la sua integrazione nella piattaforma informatica, definendo quindi una linea guida per l'amministrazione pubblica così da consentirle di transitare un loro impianto di illuminazione pubblica in un sistema integrato di servizi al cittadino (Smart Street). É stato sviluppato un sensore/telecamera per il controllo della mobilità e sicurezza con nuove funzionalità per il riconoscimento del suono e sono stati anche analizzati alcuni aspetti legati all'affidabilità, la sicurezza, le prestazioni in caso di guasti, attacchi informatici e degradamento dei sistemi.
Sempre nello stesso ambito, sono stati sviluppati modelli per la valutazione socio tecnico economica di interventi di riqualificazione Smart Adaptive Lighting e Smart Street Service di impianti di illuminazione pubblica e sono stati proposti nuovi sistemi di diagnosi e valutazione dei servizi integrati, utilizzando un sistema aeromobile a pilotaggio remoto, equipaggiato con camera rgb/video e termocamera.
Inoltre, sono stati proposti nuovi servizi al cittadino, come la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere, analizzando tecnologie e strategie per il controllo del microclima urbano.
Infine, è proseguita la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali ed europei nel settore dell'illuminazione.

Introduzione

La piattaforma software verticale Public Energy Living Lab (PELL) si pone l'obiettivo, su scala nazionale, di avviare e supportare una riorganizzazione dei processi gestionali delle infrastrutture pubbliche energivore, partendo da una mappatura e raccolta standardizzata ed omogenea dei loro dati d'identità e di consumo, dallo sviluppo di protocolli di trasmissione dei dati che ne consentano l'operabilità e, in ultimo, approdare sia alla creazione di un vero e proprio catasto nazionale, strutturato in un DB interoperabile, sia in un tool di monitoraggio e valutazione delle prestazioni dei servizi.
Il Progetto, parte dall'infrastruttura della pubblica illuminazione, con l'obiettivo di conoscere per gestire ed innovare gli impianti partendo dal loro censimento, definendo quindi un formato standard di acquisizione dei dati a partire dal quale alimentare la piattaforma PELL progettata che si appresta a diventare operativa sia come infrastruttura/piattaforma informatica per la raccolta standardizzata dei dati statici e dinamici degli impianti di pubblica Illuminazione sia come tool di valutazione e monitoraggio dell'infrastruttura e del servizio offerto mediante l'elaborazione dei dati e fornitura di KPI.

Una nuova applicazione metodologica sistemica del PELL, avviata in questa annualità, è negli edifici della Pubblica Amministrazione (PA) con l'obiettivo di mettere a disposizione della PA, una piattaforma integrata indirizzata al settore del civile, residenziale e non residenziale, per la gestione dei flussi di energia in edifici singoli o complessi di edifici e per la loro caratterizzazione e valutazione in termini di prestazioni energetiche, consumi energetici ed emissioni ci CO_2 in considerazione degli obiettivi che il Paese deve raggiungere a seguito dei target di riduzione dei consumi e delle emissioni di gas serra in relazione a COP 21-COP23, agli obiettivi 2030 della Commissione UE ed a quelli della nuova SEN. In tal senso sono state indirizzate le attività con l'obiettivo di caratterizzare gli edifici con destinazione d'uso scuola della PA. Pertanto sono state sviluppati e definiti una serie di criteri, parametri e dati necessari per una piena comprensione del comportamento prestazionale-funzionale del sistema edificio scolastico. E' stata progettata, di conseguenza, una scheda di indagine per raccogliere dati e informazioni necessarie alla caratterizzazione di tali edifici e definire una diagnostica utile alla individuazione di interventi per migliorare l'efficienza energetica dell'edificio. Le attività hanno compreso un primo test su dieci edifici nella Area Metropolitana di Roma Capital per valutare la operatività della scheda e sviluppato la definizione di KPI di prestazione per valutare l'efficienza degli edifici ed una studio che ha valutato dei benchmark di riferimento su edifici scolastici della regione Lazio. La scheda è stata definita in previsione dell'inserimento/trasmissione dei dati e informazioni nella piattaforma PELL. Inoltre, è stata proseguita l'attività di validazione del software LENICALC v.1 e redazione della nuova release LENICALC v.2 per il calcolo dell'indicatore energetico LENI secondo la metodologia della norma EN15193-1:2017.

Per quanto riguarda la piattaforma ICT del PELL, in questa annualità si è proceduto alla definizione del modello dati introducendo alcune metodologie ENEA (VENUS/Plus 2) per rappresentare lo scenario applicativo reale e lo schema concettuale di riferimento basato sulle Entità e Relazioni fondamentali. Questa modellazione ha consentito di disegnare, in modo omogeneo, con la metodologia generale Card, le schede oggetto dei dati sia delle applicazioni Illuminazione Pubblica (IP) e Edifici (ED). Gli aspetti funzionali sono stati trattati nel dettaglio al fine di garantire una architettura generale e funzionale della piattaforma completa, efficace e efficiente rispondente ai vari contesti applicativi esistenti, ma orientata anche al nuovo dominio edifici. I requisiti utente e le classi di utenza hanno completato l'analisi applicativa nel rispetto delle specifiche globali e funzionali della piattaforma. Un primo esame dei dati (Paper Base Prototype, PBP) ha consentito la prima definizione delle tabelle del database degli Edifici e delle Card ad esse associate per un successivo approccio sperimentale con un Prototipo di I Generazione (Running) necessario per la definizione dei database finali e dei file XML.

Nell'ambito del consolidamento delle tematiche e delle metodologie introdotte nella passata annualità, sulla base dei risultati e delle esperienze avviate nel corso del primo anno, PAR2015, che hanno visto lo svolgersi di diverse attività propedeutiche, e, in conformità con le caratteristiche di interoperabilità, sono

stati compiuti alcuni progressi nella progettazione e nella messa a punto delle specifiche che riguardano la piattaforma verticale del PELL Illuminazione Pubblica. In particolare, sono stati trattati i temi più specificatamente relativi allo sviluppo delle funzionalità della piattaforma PELL IP partendo dagli sviluppi della messa a punto del nuovo formato della scheda censimento, alle metodologie di inserimento del WebGIS nella piattaforma stessa, alla messa a punto delle prime specifiche indispensabili per la creazione di un ambiente INSPIRE compliant. Si è inoltre proceduto all'implementazione del Portale PELL Illuminazione Pubblica (IP) per quanto riguarda la Landing Page, il Mock Up Page, l'upload e download della scheda censimento, i KPI di progetto e l'implementazione degli algoritmi per il calcolo illuminotecnico, la descrizione del formato XML per l'acquisizione delle grandezze elettriche e dei consumi energetici dei POD oltre all'impostazione di un network per la promozione di un processo di digitalizzazione dei dati coinvolgendo gli attori del settore.

Nell'ambito della Smart city, gli Smart Services rivestono un ruolo importante in qualità di sistemi integrati nell'ambiente urbano (es. Smart Street) il cui obiettivo è la creazione di una soluzione avanzata per integrare, in un unico framework, una serie di servizi urbani volti al miglioramento della qualità della vita dei cittadini, dal punto di vista della sostenibilità e della migliore vivibilità della città.
In questa ottica, l'illuminazione stradale, la cui infrastruttura è diffusa e ramificata sia nelle città che nelle periferie, sia nelle zone urbane che in quelle rurali, ed il cui costo è in genere a carico delle municipalità e rappresenta una delle maggiori spese di bilancio, l'adozione di Smart Services integrati nell'ambiente urbano, crea soluzioni avanzate che possono integrare serie di servizi urbani quali l'illuminazione, il monitoraggio del traffico, la gestione di parcheggi, ecc. e può portare a risparmi economici ed energetici, che tuttavia, rappresentano solo una parte di quello che si potrebbe avere considerando un sistema Smart Street, ossia connettendo in rete il sistema di illuminazione stradale e fornendo ulteriori servizi.
Ad esempio, su un lampione intelligente si possono installare sensori per il controllo del traffico in tempo reale, il monitoraggio della qualità dell'aria, internet access point e facilmente connetterli alla rete.
In questa ottica, il sistema di Smart Service concorrere a fornire benefici che possono riguardare i seguenti ambiti: Environment, Economy, Energy, Living and People. A questo proposito, in linea con lo studio condotto da RSE nell'ambito di "*Smartainability® da Expo Milano 2015 alle città reali: linee guida*" (febbraio 2016), sono stati prodotti degli indicatori KPI di Smartness per valutare i benefici prodotti dall'uso di Smart Street Service e da smart meters installati a livello di POD negli impianti di PI.
Di seguito si riportano le matrici relative agli ambiti di intevento analizzati:

Matrice Asset-Funzionalità:

Asset	Funzionalità					
	Dimmerazone dell'illuminazione in base al flusso di traffico	Monitoraggio traffico pedonale e veicolare	Analisi scena per sorveglianza	Sound detection (esplosioni, spari, etc..)	Monitoraggio ambientale	Misurazione di parametri elettrici ed energetici
Smart Eye	X	X	X	X	X	
Smart Meter						X

Matrice Funzionalità-Benefici:

Funzionalità	Benefici						
	Riduzione consumi energetici e risparmio energetico	Incremento del volume d'affari associato alle tecnologie	Miglioramento gestione emergenze (sicurezza)	Miglioramento sicurezza degli abitanti per riduzione crimini	Incremento introiti per il Comune per indiviuazione infrazioni	Miglioramento della manutenzione	Riduzione emissioni inquinanti da consumi energetici e carburanti
Dimmerazone dell'illuminazione in base al flusso di traffico	X	X			X		X
Monitoraggio traffico pedonale e veicolare		X	X	X	X		
Analisi scena per sorveglianza		X	X	X	X		
Sound detection		X	X	X			
Monitoraggio ambientale	X	X					X
Misurazione di parametri elettrici ed energetici	X	X				X	X

Matrice Benefici-KPI:

Benefici	KPI											
	Environment	Economy				Energy	Living		People			
	Gas serra	Costi di manutenzione	Costi energetici	Creazione di occupazione locale	Abilitazione servizi innovativi	Energia totale consumata	Tempo risparmiato	Accessibilità dei servizi	Monitoraggio in tempo reale	Tempestività intervento	Maggiore sicurezza nella fruizione della città	Consultazione, da parte del cittadino, di informazioni aggregate sulle infrastrutture pubbliche
Riduzione consumi energetici e risparmio energetico	x	x	x			x						
Incremento del volume d'affari associato alle tecnologie		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Miglioramento gestione emergenze (sicurezza)					x		x	x	x	x	x	x
Miglioramento sicurezza degli					x		x	x	x	x	x	x
Incremento introiti per il Comune per indiviuazione infrazioni							x	x	x	x		x
Miglioramento della manutenzione		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Riduzione emissioni inquinanti da consumi energetici e carburanti	x		x		x	x						x

Gli indicatori di analisi utilizzato sono di seguito riportati:

Ambito di analisi	Indicatore	Unità di misura	Numero
Environment	Gas serra	t CO_2 Eq/a	1
Economy	Costi di manutenzione	€/a	2
	Costi energetici	€/a	3
	Creazione di occupazione locale	# posti lavoro	4
	Abilitazione servizi innovativi	-	5
Energy	Energia totale consumata	MWh/a	6
Living	Tempo risparmiato	min	7
	Accessibilità dei servizi	-	8
People	Monitoraggio in tempo reale	%	9
	Tempestività intervento	min	10
	Maggiore sicurezza nella fruizione della città	%	11
	Consultazione, da parte del cittadino, di informazioni aggregate sulle infrastrutture pubbliche	%	12

In questo ambito, è stata svolta una attività relativa allo sviluppo di un Sistema di Smart Service in grado di fornire servizi funzionali a diversi stakeholder (l'amministrazione pubblica, i gestori di servizi, i cittadini e i pedoni/automobilisti) e come ogni nuova tecnologia, la Smart Street porta con sé non solo vantaggi legati ai nuovi servizi ma anche problemi e nuove sfide, quali affidabilità, sicurezza, privacy, sostenibilità economica ed energetica.

Nell'attuale annualità sono stati analizzati aspetti che riguardano il concetto di Smart Service a partire dalla definizione, l'architettura, le specifiche tecniche e la sua integrazione nella piattaforma informatica. Sono state definite linee guida affinché un'amministrazione possa transitare un loro impianto di illuminazione pubblica in un sistema integrato di servizi al cittadino (Smart Street). Sono stati analizzati alcuni aspetti legati all'affidabilità, la sicurezza, le prestazioni in caso di guasti, attacchi informatici, degradamento dei

sistemi. Sono stati sviluppati modelli per la valutazione socio tecnico economica di interventi di riqualificazione Smart Adaptive Lighting e Smart Street Service di impianti di illuminazione pubblica. Nello studio sono stati messi in evidenza la stima dei possibili risparmi energetici conseguibili nel caso di:
- un impianto a regolazione predefinita abbinato alla telegestione, in cui il risparmio varia da un minimo di 15% ad un massimo di 30%, con un valore medio stimabile nell'ordine del 20% del consumo di energia elettrica ante intervento. Inoltre, è stato stimato che si possano conseguire una significativa riduzione del costo di manutenzione associato all'infrastruttura di Pubblica Illuminazione, nell'ordine del 5-10% del costo ante intervento (ivi compresi gli extra-costi di manutenzione associati all'infrastruttura di telecontrollo, che risultano di entità modesta).
- un impianto TAI (Traffic Adaptive Installation) abbinato alla telegestione, in cui il risparmio stimato può variare da un minimo di 30% ad un massimo di 60%, con un valore medio stimabile nell'ordine del 40% del consumo di energia elettrica ante intervento. Inoltre, è stato stimato che si possano conseguire una significativa riduzione del costo di manutenzione associato all'infrastruttura di Pubblica Illuminazione, nell'ordine del 5-10% del costo ante intervento (ivi compresi gli extra-costi di manutenzione associati all'infrastruttura di telecontrollo e dell'impianto TAI, che risultano di entità modesta).

Inoltre, sono stati proposti nuovi sistemi di diagnosi e valutazione dei servizi integrati, al tale scopo è stato acquistato un sistema aeromobile a pilotaggio remoto, equipaggiato con camera rgb/video e termocamera. É stato sviluppato un sensore/telecamera per il controllo della mobilità e sicurezza con nuove funzionalità per il riconoscimento del suono.

Sono stati anche proposti nuovi servizi al cittadino, come la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere, analizzando tecnologie e strategie per il controllo del microclima urbano. Ed infine è proseguita la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali ed europei nel settore dell'illuminazione.

L'attività della seconda annualità è stata quindi articolata nei seguenti sotto-obiettivi:
- progettazione della piattaforma ICT multi-servizi;
- controllo e valutazione remota consumi e prestazioni complessi edificati;
- controllo e valutazione remota consumi e prestazioni degli Impianti IP smart;
- sistema di smart service integrato nell'ambiente urbano.

1 Progettazione della piattaforma ICT multi-servizi e Controllo e valutazione remota consumi e prestazioni complessi edificati

L'attività svolta nel sotto obiettivo c.1 "Progettazione della piattaforma ICT multi-servizi" è indirizzata alla progettazione della piattaforma ICT multi-servizi, in particolare all'estensione, a nuove entità fondamentali, delle funzionalità della piattaforma PELL, alla definizione di una architettura distribuita e modulare basata sulla metodologia ENEA-CARD ed all'inserimento del WebGIS nella struttura verticale della piattaforma ICT . In parallelo, nel sotto obiettivo c.2 "Controllo e valutazione remota consumi e prestazioni complessi edificati" si è proceduto alla caratterizzazione degli edifici con destinazione d'uso scuola, alla progettazione di scheda di indagine per la caratterizzazione e la diagnostica dell'edificio per interventi migliorativi dell'efficienza energetica, definizione di KPI prestazionali energetico-ambientali.

1.1 La Piattaforma PELL (ENEA)

La progettazione della piattaforma ICT del PELL è stata basata a partire dalle specifiche globali, dalle funzionalità generali e dai requisiti utente. Il piano di lavoro è proseguito con lo studio del modello dati e la definizione dell'architettura software finalizzata alla gestione dei dati di efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica e degli edifici integrati in un unico ambiente. Tale architettura software generale della piattaforma è stata poi analizzata nello specifico, da punto di vista tecnico e funzionale, per definirne i componenti interni e l'integrazione con il portale web. In questo contesto è stato definito il modello dati e la progettazione concettuale del database, seguito da quello logico e fisico.
Il modello dati ha, ovviamente, implicato la definizione dei requisiti utente e la classificazione dell'utenza nel suo complesso, esperta e finale, che utilizzerà la piattaforma PELL. Il progetto ha successivamente richiesto la definizione delle funzionalità di base e di quelle avanzate con una metodologia di progettazione e validazione che permettesse allo staff di progetto di iterare su dei loop di verifica funzionale atti a implementare, in modo efficiente, le funzionalità della piattaforma stessa.
In questo contesto è stata presa in considerazione la metodologia di progetto basata su "Card" e su quella ENEA chiamata VENUS/Plus 2 orientata all'usabilità dell'interfacciamento utente e alla prestazione dei sistemi. La piattaforma PELL, in una prima fase, ha utilizzato un'infrastruttura sperimentale basata sulle tecnologie web-database e i sistemi hardware prototipali che, in seguito, sono stati ingegnerizzati, sia dal punto di vista della standardizzazione che delle prestazioni, al fine di poter accogliere, in futuro, una molteplicità di applicazioni (Illuminazione pubblica, edifici, ecc.) sulla medesima infrastruttura.
Lo scenario di riferimento essendo rappresentato, in termini di utenza, principalmente dalla P.A. e dalle ESCO, oltre che dall'ambito scientifico, ha richiesto, in modo mandatario, l'utilizzo di un portale del progetto per consentire un accesso facilitato, via rete internet, per accedere ai servizi offerti dalla piattaforma PELL. I servizi di base (registrazione e profilazione dell'utenza, gestione, trasmissione, elaborazione e statistiche dei dati) sono stati integrati con alcune funzionalità smart di simulazione, analisi e supporto decisionale.
Il modello adottato, o meglio la rappresentazione concettuale, ha permesso di definire, in modo semplice e naturale, i dati e le loro relazioni e proprietà. Per una semplificazione massima della navigazione concettuale il modello è stato basato su un numero minimo di meccanismi semplici da utilizzare e capire (Minimum Data Set, MDS). In questo contesto sono state definite le Entità e le Relazioni base o fondamentali, determinate e selezionate dai valori dei domini dati (D) di riferimento. In generale, la definizione del modello è stata guidata, secondo la metodologia ENEA VENUS/Plus 2, dalle semplici domande come: Who, What, Where, When, Why, How. L'approccio o regola delle cinque W fu concepito in realtà già II secolo a.C. e perfezionato da San Tommaso D'Aquino. In questo studio è stato utilizzato per sintetizzare e identificare lo scenario reale di progetti tipo PELL.
Nella Tabella 1 che segue vengono date le descrizioni sintetiche contestualizzate delle varie domande della fase inziale dell'analisi del contesto applicativo della piattaforma.

Domanda	Risposta contestuale
Who	"Chi", colui o coloro che utilizzano il sistema, ma anche coloro che forniscono e/o gestiscono i dati, ovvero, gli utenti del sistema.
What	"Che cosa" rappresenta prima di tutto i dominio dei dati, delle informazioni e conoscenze di base e anche il sistema nelle sue componenti con la definizione delle relative funzionalità e architettura generali.
Where	"Dove" intende contestualizzare i dati con il luogo fisico geografico e l'ubicazione specifica con gli IP e gli edifici.
When	"Quando" legame tra dato e tempo esteso a elaborazioni statistica con determinate periodicità come per i consumi e la relativa strumentazione e sensoristica che deve rilevare valore nell'unità di tempo.
Why	"Perché" rappresenta una descrizione o spiegazione del legame tra i dato e il suo valore che determina una condizione o uno stato che deve essere acquisito e gestito.
How	"Come" descrizione il funzionamento di un sistema in funzione del dato e il suo valore che ha determinato una condizione o uno stato che viene acquisito e gestito.
Other	"Altro" in questo contesto saranno analizzati anche i valori complessivo, ovvero, le quantità "**Quanto**" e con "**Quali mezzi**" sistema o componente.

Tabella 1: Domande di base

Pertanto, oltre alla regola estesa delle cinque W, detta struttura degli otto elementi, sono state seguite le metodologie: TOGA, TOP-O, TOP-A, VENUS/Plus2, ecc.) vista la tipologia del sistema PELL (Tabella 2).

Metodologia	Breve descrizione
TOGA	TOGA – Top-Down Goal Oriented Approach, basata sul paradigma Informazione-Preferenza-Conoscenza (I-P-K), (Adam Gadomski, 1993). It is the goal-oriented knowledge ordering (conceptual modeling) tool for the specification and system/process identification (s/i) of real-world complex problems. In such sense, it can be seen as an initial top/generic and axioms-based meta-model, and subsequently, the methodology of problem decomposition and specialization using available knowledge.
TOP-OO	TOP – Top-Down Object Oriented, (Flavio Fontana, 2001, Univ. Roma) basata sulla tecnologia IVQS.
TOP-AO	TOP – Top-Down Application Oriented, (Flavio Fontana, 2001, Univ. Roma) basata sulla tecnologia IVQS.
VENUS/PLUS 2	Metodologia di definizione del modello dati in funzione dell'usabilità dell'applicazione e dei risultati ottenuti (Flavio Fontana, 2010, ENEA)

Tabella 2: Metodologie

La prima, Top-Down è orientata al goal dell'applicazione, ha definito le funzionalità fondamentali della piattaforma, mentre la TOP-O gli oggetti essenziali dalla stessa (Impianto di illuminazione, edificio) e l'ultima, la TOP-A, l'applicazione che svolge la funzioni di riferimento specifica relativa al singolo oggetto.
Il modello relazionale può essere considerato nel nostro caso valido se integrato con un modello orientato ad oggetti. Il modello relazionale dei dati, basato sul concetto matematico di Relazione o Associazione, introdotto da Codd nel lontano 1970 bene rappresenta il concetto di indipendenza dei dati e per questo è ancora oggi il modello dei dati più diffuso. Per queste ragioni è, quindi, quello adottato in questo progetto.
Il modello presentato in questo documento è stato definito anche in base a più metodologie tra cui quella, già citata, ENEA VENUS/PLUS 2 (2010) in cui l'analisi generale è orientata, come già detto, all'utente finale in termini di interfacciamento visuale con un elevato grado di usabilità adeguato a garantirne la fruibilità in modalità diretta e gli aspetti prestazionali.
I tipi di dati, identificati ai fini del progetto, sono stati classificati in una serie di tipologie classiche come: Interi Reali Booleani Stringhe Data di nascita Immagini Testi lunghi, altro.
I vincoli di integrità sono stati definiti per migliorare la qualità delle informazioni contenute nella base di dati dove un vincolo è un predicato che deve essere soddisfatto da ogni n-upla nella base di dati. Questo affinché l'istanza di uno schema di relazione sia valida è che la relazione dello schema deve soddisfare tutti i vincoli di integrità. Nel nostro caso è fondamentale per definire i valori dei parametri che devono essere compresi in range reali, alcuni valori devono essere maggiori o minori a seconda delle condizioni operative ad esempio di impianto o di quelle climatiche. Ogni Entità deve avere un codice identificativo univoco. Le

tipologie di integrità generale specificano: quali attributi non possono assumere il valore NULL, quali attributi sono chiave, quali attributi sono chiavi esterne. Tali proprietà vanno definite poi obbligatoriamente nella progettazione e realizzazione del database a livello fisico.
La progettazione della piattaforma in relazione all'ambiente generalizzato che dovrà accogliere molteplici applicazioni ha riguardato una **Progettazione concettuale che** fa riferimento, come detto, a un modello concettuale dei dati, sopra citato, che ci ha consentito di descrivere l'organizzazione dei dati a un alto livello di astrazione con la produzione di uno **schema concettuale E/R.**
A seguire la **Progettazione logica,** ha dato la traduzione dello schema concettuale nel modello di rappresentazione dei dati che fa riferimento al **modello logico** dei dati che risulta indipendente dai dettagli fisici, ma comunque è concreto perché disponibile nel DBMS e che ha prodotto lo **schema logico** di PELL. A completamento di questa fase la **Progettazione fisica** ha definito i dettagli fisici (organizzazione di file e indici) e fa riferimento al modello fisico dei dati che dipende dallo specifico DBMS scelto e che ha prodotto lo **schema fisico**.
Anche nel caso del progetto PELL le Entità sono state graficamente rappresentate come rettangoli, mentre le relazioni con un rombo e alcune linee che connettono la relazione o associazione con ciascuna delle sue componenti (Entità). La definizione dell'architettura di alto livello della piattaforma (PTF) che gestisce in modo indipendente i due domini dati, al momento identificati, integra gli ambienti di simulazione (SIM), del sistema GIS (GIS) e il Portale Web (PRT) stesso per un supporto comparativo e decisionale delle prestazioni sia degli IP che degli edifici. La vista concettuale e logica complessiva del sistema gestisce i dati in base ai requisiti utente identificati nella fase di analisi attraverso le funzionalità di base in termini di funzioni e procedure di gestione e interrogazione più significative lato utente e lato sistema. I moduli più significativi progettati e realizzati sono: Il portale web (PRT), l'ambiente di simulazione (SIM) con l'applicazione di Oxytech e mentre la parte di scambio dati via XML della piattaforma e in via di definizione. In base ai milestone, ai tempi stabiliti e alle nuove priorità del progetto in corso il modello dati è stato orientato, come richiesto, ad una serie di blocchi di attività integrate con i partner responsabili della definizione del database, degli algoritmi, delle apparecchiature di misura dei consumi energetici.
L'approccio indicato è stato suggerito dal mettere in atto un'attività di sperimentazione iniziale sugli impianti di illuminazione pubblica (Sezione IP) e successivamente sugli edifici (Sezione Edifici) delle scuole, in questa prima fase, per poi essere esteso alla totalità delle tipologie di edifici selezionate.
In particolare, l'area di riferimento geografico comporta, se successivamente richiesto, ulteriori viste specifiche relative alla temperature medie misurate in prossimità dei località in cui sono ubicati gli edifici. Lo schema concettuale E/R della piattaforma PELL sezione Edifici è mostrato in Figura 1. L'area di riferimento dell'edificio ha anch'esso una vista specifica che si può, quando possibile, differenziare in funzione dei dati delle planimetrie in relazione alla disaggregazione dell'edificio stesso. Infine, la terza area caratterizza i kit dei sensori e della strumentazione in campo in funzione della relazione con i servizi e gli impianti dedicati al fine di determinare in questo progetto e per le scuole solo i consumi al fine di fornire allertamenti e allarmi per eventuali anomalie.
Per l'analisi del modello dati si è presa in considerazione, come già detto, la metodologia VENUS/PLUS 2 che introduce le CARD (Master, Dettaglio, Stack), cfr. Figura 2, e le associa alle Entità e Relazioni fondamentali dello schema concettuale. La card è un oggetto complesso (classe) di un'interfaccia visiva, basata su oggetti grafici, per gestire e interrogare il database. Le CARD sono organizzate in STACK. Ogni CARD è composta dai seguenti elementi: piano, sfondo, campo (tabella), i bottoni (funzioni), il titolo, il testo, icone e immagini.
La CARD rappresenta, per l'utente, il dominio dei dati in termini di: oggetti colorati, icone, ecc. Questi oggetti vengono gestiti in librerie (base dati, libreria, query semplici e complesse). Per facilitare la gestione, l'interrogazione e la visualizzazione dei dati possono essere introdotti dei bottoni funzione (GOTO) per navigare da una CARD all'altra, in base alla relazione, o, in nel caso di dettaglio, da una CARD Master a quella più specifica.

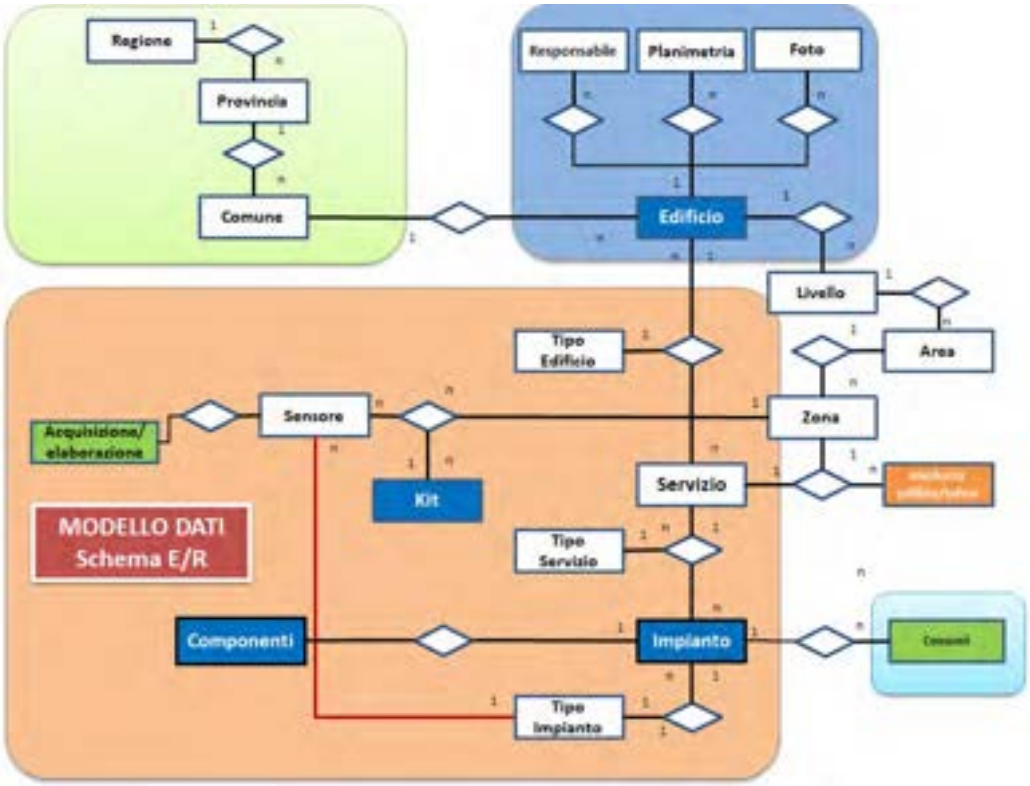


Figura 1: Schema concettuale E/R generale Sezione Edifici

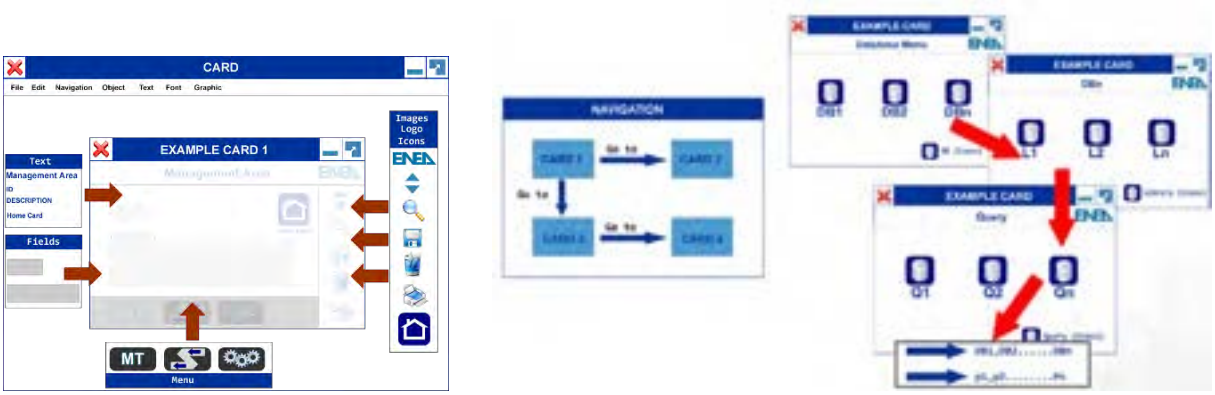


Figura 2: CARD Metodologia VENUS/Plus

Nel modello dati utilizzato nel progetto PELL ciò introduce una semplificazione anche nella definizione dei campi principali che definiscono una E o una R, detto Minimum Data Set (MDS) da quelli specifici di dettaglio di una classe che possono essere definiti a margine di un successivo approfondimento nel corso del progetto del database. Nel caso dell'***impianto tipo*** l'Entità Master, sia per gli IP che per gli Edifici, è caratterizzato da una card costituita da serie di campi normalizzati in cui i valori sono da considerare validi in un range predefinito in cui la grandezze fisiche hanno un unico sistema metrico di riferimento. Nella sezioni IP ed Edifici si è reso necessario analizzare una vista di dettaglio dell'impianto che può essere teoricamente disaggregato in una serie di componenti. Per ogni componente va messo in evidenza la relazione tra tipo di componente e componente di un impianto poiché ogni tipologia ha le sue ovvie specifiche caratteristiche. La stessa scheda tecnica, i cui dati hanno valori variabili in un range comunque predefinito o ammissibile, deve essere considerata in funzione dello scenario reale.
A titolo esplicativo un impianto di illuminazione pubblica o un impianto termico tipo possono essere costituiti da una serie di componenti come i "pali di illuminazione, fan-coil, ecc.". Questi ultimi, a loro volta, sono forniti da diversi fornitori. In questo contesto, quindi, nasce l'esigenza di specificare almeno la marca

del componente di un impianto nei casi in cui sono diverse le forniture a parità di prestazioni e di costi comparabili. Questo tipico esempio può giustificare l'esigenza, ai fini energetici, di espandere il dominio dati ai consumi misurati nel tempo dalle ESCO ma anche ai manutentori, entrambi relazionabili a tabelle di fornitura e costo della prestazione unitaria di manutenzione. Nell'approccio energetico della scelta e selezione di impianti e relativa componentistica si dovrà sempre tener conto di acquisire apparecchiature con tecnologie nuove che siano in grado di rilevare, memorizzare, elaborare e trasmettere dati di campo verso sistemi di acquisizioni dati di livello superiore al fine di gestire informazioni e dati per eventuali futuri azionamenti e controlli.
In questa fase la progettazione ha richiesto la definizione delle specifiche globali del sistema, ovvero, l'analisi delle funzioni macro o fondamentali che, nel rispetto della metodologia CARD (VENUS/Plus2), sono state associate alle varie Card a partire da quelle generali o "Master", di tipo anagrafico o contenenti il cosiddetto set minimo o esaustivo dei dati (Minimum Data Set, MDS) e a seguire con quelle di dettaglio tecnico, già dette di "Dettaglio". Le funzioni definite al momento sono, in genere, di tipo gestione e interrogazione e in parte alcune anche elaborazione o di dettaglio con le relative Card associate alla Master, questo al fine di rispondere direttamente alle modalità di gestione dei dati e alle interrogazioni fondamentali o mandatorie del sistema che soddisfano, di fatto, i requisiti utente base. In generale, l'ambiente database (DBMS) è stato progettato per accogliere, in modo integrato, diverse tabelle specifiche del campo di applicazione, ma identificate, a livello meta, in termini di: Campo di applicazione, Scenario, Geo-referenziazione (GEO, Regione, Provincia, Comune, ecc.), tipologia di funzione (interrogazione, elaborazione, ecc.), analisi, prestazione, DSS.
La definizione delle Card relative all'applicazione PELL illuminazione Pubblica, che ha preceduto quelle degli edifici, è stato rappresentato in Figura 3 con uno Schema E/R che si integra, nell'ambiente generale della piattaforma, con quello di Figura 1 che ha anche introdotto, o meglio, esemplificato l'applicazione del metodo Card.

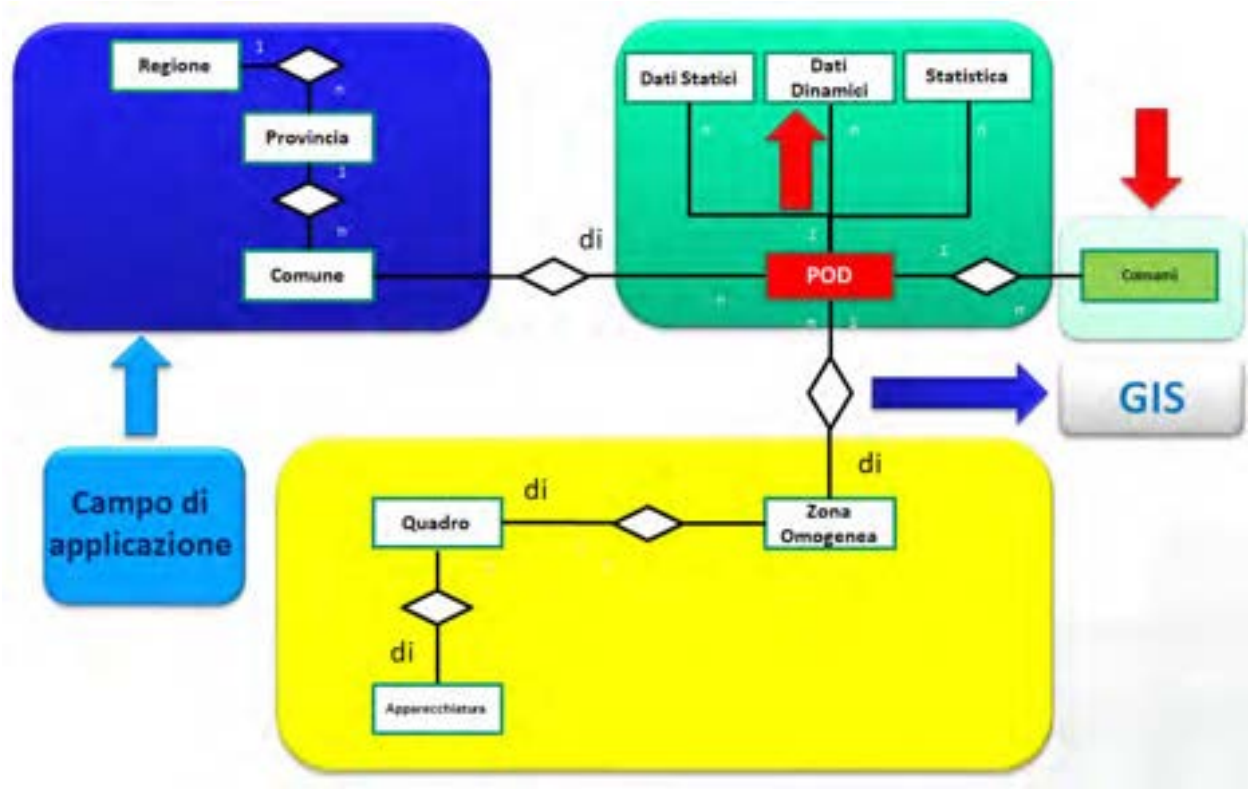


Figura 3: Schema E/R PELL Illuminazione Pubblica

I dati definiti come statici fanno riferimento alla scheda censimento, mentre quelli dinamici sono relativi ai consumi rilevato dagli energy-meter a livello di POD dove vengono associate delle grandezze relativi ai

consumi e delle funzioni di elaborazione, analisi, confronto e statistica. In sintesi, le Card associate a tele campo di applicazione sono mostrate, per ottenere la massima omogeneizzazione con quelle edifico, nella Figura 4.

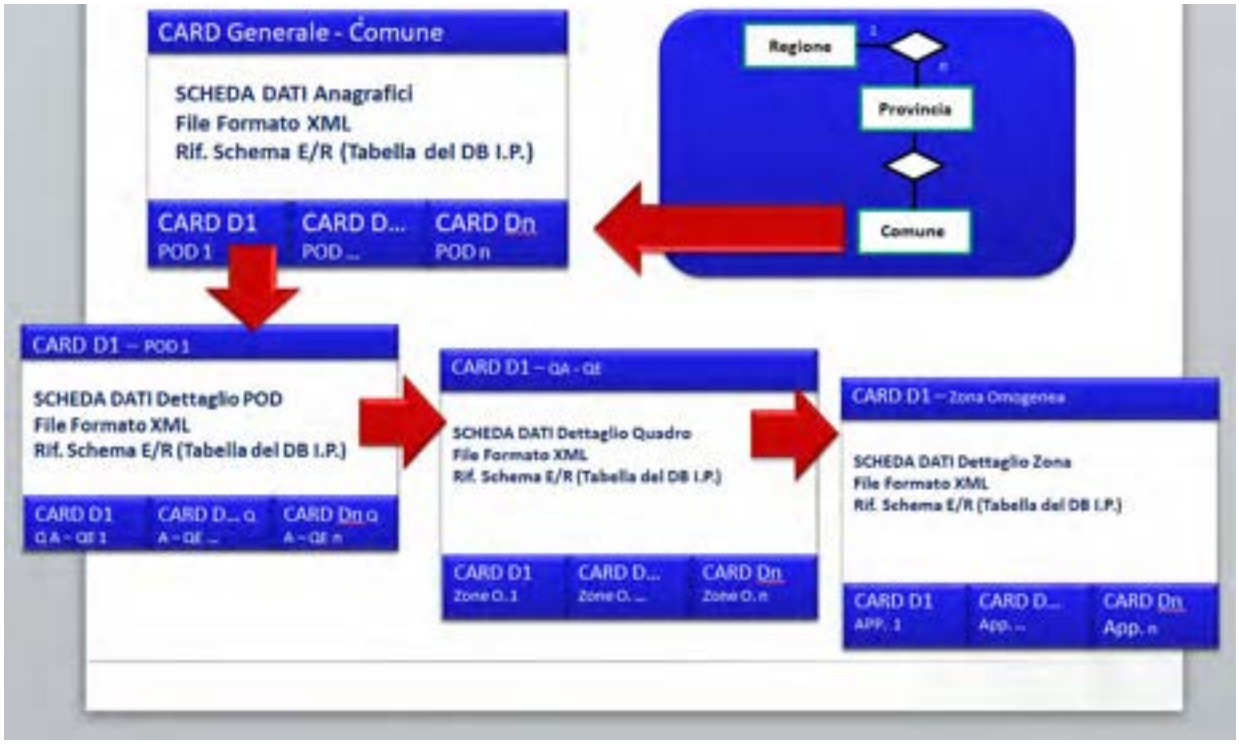


Figura 4: CARD PELL Illuminazione Pubblica

In essa si evidenzia la gerarchia delle Card di Dettaglio, oltre quella Master, dove le frecce in rosso rappresentano la funzione di GOTO da una Card all'altra. Importante evidenziare che i dati relativi ai KPI, a livello di Quadro, sono stati trasmessi all'ambiente GIS mentre i dati dei consumi che possono venire anche da sistemi esterni trasmessi in regime di interoperabilità è previsto che saranno gestiti in un'ambiente Big Data (ElasticSearch cfr. paragrafo 1.5.5). Tale rappresentazione ripropone la scheda censimento con la struttura adottata. In Figura 4, invece, viene presentata una visualizzazione di interrogazione dove la Card integra i dati anagrafici, statici, con quelli dinamici (tabella) per tipo di grandezza con i valori medi, misurati per una data frequenza, e per arco/periodo temporale fissato. Restano, ovviamente sulla Card, le tipiche funzioni standard di Ricerca, Clear, Gestione/Interrogazione e Navigazione (GOTO). Nella Figura 5 viene anche messa in evidenza la paginazione, necessaria, per ottimizzare la lettura dei dati sulla Card e si presenta, in alcuni casi, l'esigenza di una funzione di ricerca specifica e un ordinamento per campo/colonna sull'area risultato. Le card sono arricchite, in termini di interfacciamento visuale, con un piano di solito di colore bianco, uno sfondo, i bottoni (funzione), la titolazione della Card, il testo associato e icone e immagini quando necessario, in genere sui bottoni funzione e navigazione.

Figura 5: CARD PELL Illuminazione Pubblica di Query Dinamica

Per la completezza della documentazione di progetto si fa riferimento in Figura 6 a una vista parziale della scheda censimento (Report RdS/PAR2015/001) [1] per dimostrare l'analogia con le Card. In Figura 7 viene mostrato il disegno dello schema fisico del database IP dove viene ridefinita, a livello funzionale la struttura del database con le relative tabelle in piena similitudine con le Card introdotte. In Tabella 3 si presenta il modello dati con l'elenco dei parametri dei dati dinamici di cui è data una strutturazione del file XSD e il formato generale XML (cfr. paragrafo 3.2).

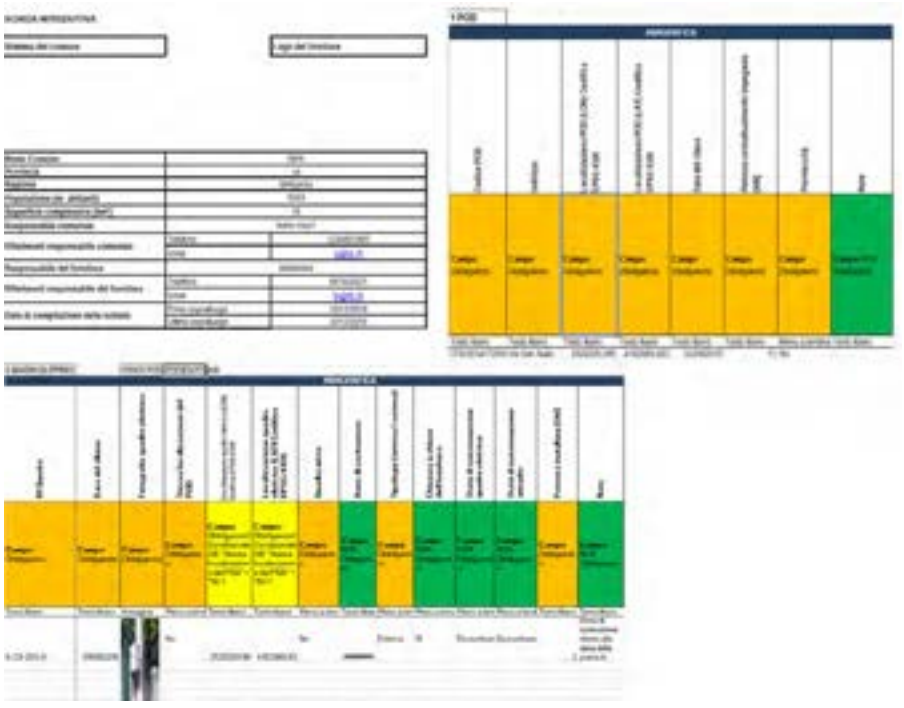


Figura 6: Scheda Censimento e analogia con la rappresentazione CARD PELL IP

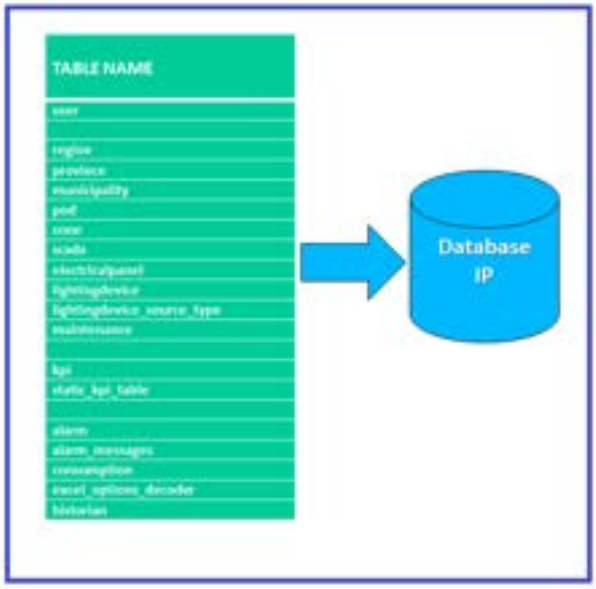


Figura 7: Schema Logico e Fisico PELL IP

Quanto sopra definito per l'applicazione IP è stato portato avanti, con lo stesso approccio progettuale, per la componente Edifici, vedi Figura 8.

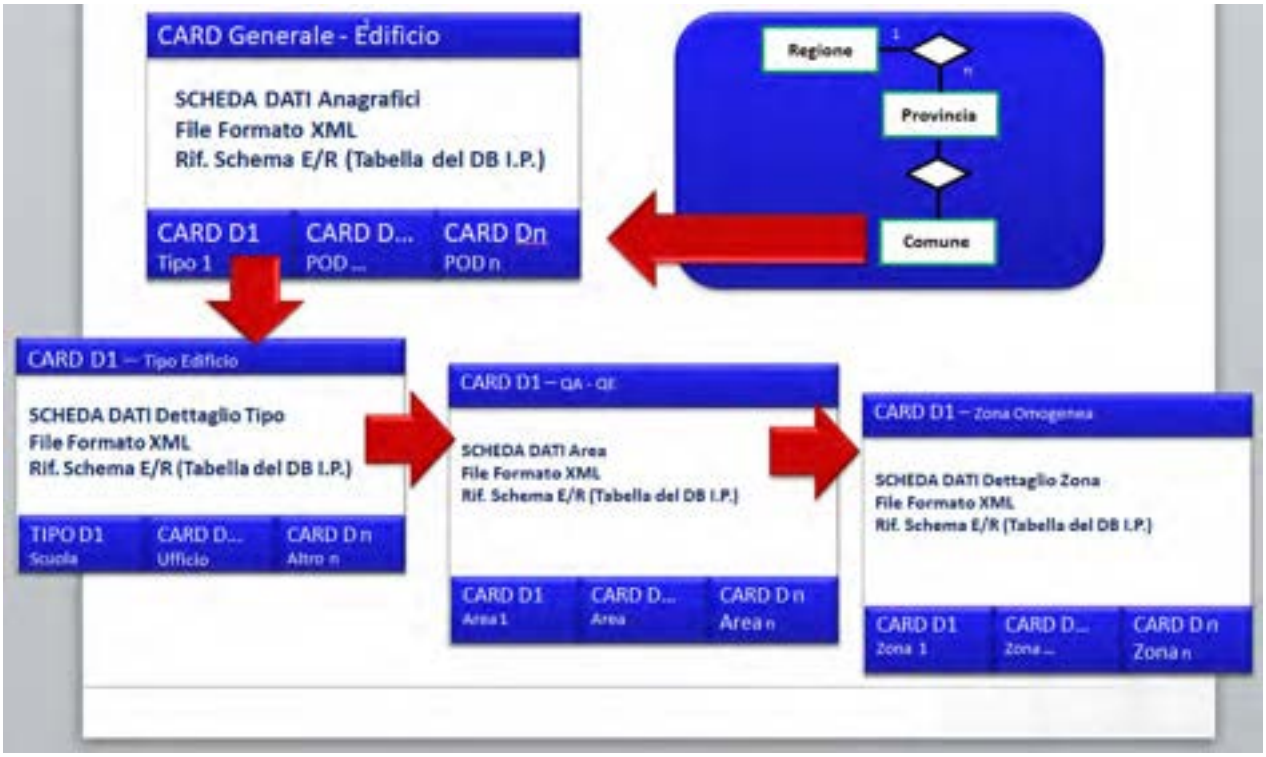


Figura 8: CARD PELL Edifici

Urban Dataset	POD reading		
Scopo	Monitorare il consumo elettrico di un sistema di Illuminazione Pubblica		
Aggregazione spaziale	City		
Categoria / Sottocategoria	Energy / Energy demand		
Aggregazione temporale	Valori totali		
	SPECIFICAZIONE DELL'URBAN DATASET		
UrbanDatasetName	POD reading		
	CONTESTUALIZZAZIONE DELL'URBAN DATASET		
	Unità di Misura:	**Formato**	**Descrizione / Esempio**
Timestamp	Date-Time	gg-mm-aaaa hh:mm:ss	Tempo di generazione dell'Urban Dataset
Timezone	Adimensionale	String	Es. UTC, UTC+01, UTC-05
Coordinates	Coordinate	WGS84 (World Geodetic System)	Coordinate che identificano la posizione del centro dell'insieme di POD monitorati
Producer	Adimensionale	String	Identificatore del Sistema che ha prodotto i dati
	PROPRIETÀ DELL'URBAN DATASET		
	Unità di Misura:	**Formato**	**Descrizione / Esempio**
POD ID	Adimensionale	String	Codice POD che identifica univocamente il punto di prelievo
Start Period	Date - Time	gg-mm-aaaa hh:mm:ss	Data/Ora in cui di fine del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017 14:00:00)
End Period	Date - Time	gg-mm-aaaa hh:mm:ss	Data/Ora in cui di fine del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017 14:30:00)
activeEnergy	kWh	Double	Energia attiva consumata
voltagePhase1	V	Double	Tensione della fase R
voltagePhase2	V	Double	Tensione della fase S
voltagePhase3	V	Double	Tensione della fase T
currentLine1	A	Double	Corrente della linea 1
currentLine2	A	Double	Corrente della linea 2
currentLine3	A	Double	Corrente della linea 3
activePowerPhase1	kW	Double	Potenza attiva fase S
activePowerPhase2	kW	Double	Potenza attiva fase R
activePowerPhase3	kW	Double	Potenza attiva fase T
totalActivePower	kW	Double	Potenza attiva totale
powerFactorPhase1	Adimensionale	Double	Fattore di potenza R
powerFactorPhase2	Adimensionale	Double	Fattore di potenza S
powerFactorPhase3	Adimensionale	Double	Fattore di potenza T
reactivePowerPhase1	kVAR	Double	Potenza reattiva R
reactivePowerPhase2	kVAR	Double	Potenza reattiva S
reactivePowerPhase3	kVAR	Double	Potenza reattiva T
totalReactivePower	kVAR	Double	Potenza reattiva totale
apparentPowerPhase1	kVA	Double	Potenza apparente S
apparentPowerPhase2	kVA	Double	Potenza apparente R
apparentPowerPhase3	kVA	Double	Potenza apparente S
totalApparentPower	kVA	Double	Potenza apparente totale
reactiveEnergy	kVARh	Double	Energia reattiva (inductiveEnergy + apacitiveEnergy)

Tabella 3: Modello Dati IP

1.2 Piattaforma per il controllo e la valutazione delle prestazioni di infrastrutture pubbliche energivore (ENEA)

L'attività svolta in questa annualità ha visto la nuova applicazione metodologica sistemica del PELL agli edifici della PA con l'obiettivo di mettere a disposizione della PA, una piattaforma integrata indirizzata al settore del civile, residenziale e non residenziale, per la gestione dei flussi di energia in edifici singoli o complessi di edifici e per la loro caratterizzazione e valutazione in termini di prestazioni energetiche, consumi energetici ed emissioni di CO_2.
Lo strumento, macro funzionale dei servizi energetico-ambientali, che si intende realizzare è finalizzato alla gestione di edifici singoli o blocchi di edifici, e sarà sviluppato per essere integrato nella piattaforma web.
La prima fase di lavoro è rappresentata dalla caratterizzazione dell'ambito di intervento, su una dimensione locale, a scala sub urbana, di quartiere o di singolo edificio, per la quale è necessario individuare, raccogliere ed archiviare le informazioni necessarie per le successive fasi di analisi e progettazione del "sistema".
Le attività sviluppate per la progettazione di una scheda di indagine per gli edifici, pubblici e privati con destinazione d'uso residenziale e non residenziale, è stata sviluppata facendo riferimento alla Direttiva 27/2012/UE in cui si prescriveva agli Stati membri di attivarsi per riqualificare il 3% della superficie utile degli immobili della Pubblica Amministrazione Centrale ed a promuovere misure ed azioni per la riqualificazione della popolazione degli edifici del civile, pubblico e privato. Tale Direttiva è stata recepita dal DLgs 102/20114 in cui all'articolo 5 si dava attuazione a quanto prescritto dalla stessa Direttiva per gli edifici della PA Centrale ed all'articolo 4 per l'efficienza energetica negli edifici. ENEA ha dato consulenza e supporto al MISE anche per l'attuazione di questi due articoli.
Fondamentale per poter rispondere al meglio agli obbiettivi di quanto sopra presentato è la conoscenza della consistenza e definizione degli edifici (involucro e impianti) per poterli caratterizzare e classificare.
In particolare, per l'attuazione dell'art.5 del DLgs 102/2014, il MISE, con il coinvolgimento di ENEA, già dal 2012, si è attivato per sviluppare un'attività di collaborazione con l'Agenzia del Demanio, referente Istituzionale per la gestione degli edifici della PA Centrale, mirate a definire modalità e strumenti volti ad indagare, dal punto di vista energetico ambientale, le caratteristiche e le prestazioni di tali edifici ed ha prodotto il Piano di Riqualificazione degli Edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC) ed emanato un apposito decreto del MISE. Questa linea di attività è stata indirizzata sulla caratterizzazione degli edifici con destinazione d'uso scuola. In tal senso sono state sviluppate e definite una serie di dati di input necessari per una piena comprensione del comportamento del sistema edificio scolastico.

In questa annualità è stata progettata una scheda di indagine per raccogliere dati e informazioni necessarie alla caratterizzazione di tali edifici e alla definizione di algoritmi per il controllo e la gestione dei consumi energetici e per una diagnostica utile alla individuazione di interventi per migliorare l'efficienza energetica dell'edificio. Per impostare e organizzare la scheda si è tenuto conto di quanto già prodotto da studi di settore, e, sentiti i principali attori interessati, è stata progettata con un grado di flessibilità in modo da poterla utilizzare la maggior parte degli edifici, residenziali e non residenziali con diverse destinazione d'uso. Per gli edifici universitari, per i grandi centri commerciali, gli ospedali ed i centri sportivi si prevede, nelle prossime annualità data la particolarità di queste strutture, di predisporre delle specifiche schede di indagine.
Sono stati definiti criteri, variabili, ed i dati da acquisire, tramite la scheda, in modo da poterli utilizzare nella piattaforma PELL, sezione edifici, e renderli interoperabili per i servizi PELL potrà fornire. Sono stati valutati e applicati metodi e tecnologie per favorire l'acquisizione e archiviazione dei dati "freddi" e "caldi", relativi allo stato di fatto degli edifici (consistenza edilizia, componenti, opachi e trasparenti, impianti, profili di domanda, fabbisogni energetici), informazioni sulle diverse tipologie di utenza presenti (numerosità, composizione, fasce di età ecc..), dati sulla manutenzione, consumi energetici per i singoli servizi, utilizzo e fornitura del vettore energetico dati e caratteristiche dei singoli impianti.
Per la messa a punto della scheda si sono seguite le seguenti fasi:

FASE 1

E' stata fatta una ricerca, su quanto prodotto in letteratura e presso organismi pubblici e privati, per avere una conoscenza dello stato di fatto e raccogliere le diverse esperienze sviluppate nei diversi ambiti, quali ad esempio quelle della Protezione Civile molto indirizzate alla sicurezza sismica, del MIUR mirata a definire la numerosità, dislocazione, il numero di aule ed il bacino di utenza degli edifici scolastici, di CRESME sulla raccolta dati per la dotazione degli impianti e le caratteristiche costruttive degli edifici della P.A. (RdS/2013/141) [2], ENEA – Agenzia del Demanio per una indagine sugli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale. Questa FASE ha portato a definire alcuni dei criteri utilizzati per la struttura della scheda.

FASE 2

Utilizzando le esperienze che ENEA ha acquisito negli anni per caratterizzare gli edifici nel settore del civile e su quanto acquisito dalla FASE 1, è stato definita una procedura da seguire per organizzare i dati di input da richiedere, agli operatori/ redattori della scheda, e necessari per poter ottenere uno stato di fatto delle caratteristiche tipologico- funzionali e di quelle prestazionali energetico- ambientali dell'edificio, oltre i dati relativi alla ubicazione, profilo di utenza e occupazione. Data la eterogeneità degli edifici, degli impianti, delle destinazioni d'uso e delle loro caratteristiche funzionali/logistiche si è valutato di redigere un listato generale di tutti i dati e informazioni necessarie. Da questo listato è stata strutturata una scheda " madre" (Tabella 1) di riferimento dalla quale poter organizzare delle schede "figlie" da indirizzare alle diverse destinazioni d'uso con gli adattamenti e le modifiche del caso. Si valuterà l'utilizzo integrato di altri dati, non specifici per l'efficienza energetica, ma che possano dare la possibilità di analisi e valutazioni di sistema quali quelli relativi alla sicurezza, alla sismica ed alla mobilità.

FASE 3

Sono state definite le principali funzioni della scheda tramite le quali poter determinare e verificare, per i singoli edifici, una serie di condizioni per:

- definire le reali prestazioni energetiche e quelle del comfort;
- utilizzare gli indicatori di prestazione (KPI) utili per la elaborazione di valori di benchmarking
- fare una stima del consumo ipotetico in modo poterlo confrontare con le misure acquisite dal campo;
- effettuare una prima valutazione per la diagnostica dell'edificio
- valutare in via preliminare il potenziale di miglioramenti in termini di costi e risparmi ;
- definire interventi o soluzioni da adottare.

In questa fase sono state coinvolte il POLIMI e l'Università Roma TRE che hanno prodotto i seguenti rapporti:

Politecnico di Milano Dip.to eERG (RdS/PAR2016/014) la cui attività ha avuto l'obiettivo di individuare dei possibili indicatori prestazionali (KPI: key performance indicatori) per edifici scolastici utili a caratterizzare gli edifici nel loro stato di fatto e valutare possibili interventi di riqualificazione energetica che potranno essere previsti nei prossimi anni.

Gli indicatori individuati permetteranno di supportare il progettista nel processo decisionale degli interventi di riqualificazione energetica, in quanto detti indicatori potranno poi essere verificati attraverso delle attività di monitoraggio strumentale a lavori conclusi. Tali attività di monitoraggio, qualora si verificassero forte discrepanze rispetto ai risultati attesi in fase di progettazione, permetteranno di attuare azioni correttive di ottimizzazione nel funzionamento del sistema edificio-impianto.

Lo studio fa una analisi dello stato dell'arte dei possibili indicatori di prestazione sulla base della letteratura scientifica, tecnica e da risultati delle attività Annex IEA EBC in cui il gruppo eERG del Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano ha partecipato e sta partecipando.

Sulla base di questa ricerca e delle esperienze fatte da altri paesi e da istituti di ricerca sono stati selezionati e proposti un set di indicatori applicabili per un edificio scolastico. Ogni indicatore viene descritto e

commentato allo scopo di far emergere il ruolo e l'importanza che ha nel descrivere il comportamento dell'edificio in termini di energia che in termini ambientali (condizioni di comfort garantite). Infine per ciascun indicatore vengono dati degli indirizzi circa le modalità di misura e monitoraggio delle prestazioni, utili a caratterizzare l'edificio nel suo stato di fatto ed al termine dei lavori di riqualificazione totale o parziale.

Università Roma Tre Roma (RdS/PAR 2016/016) il cui obiettivo è stato la studio sul benchmarking di grande importanza nel controllo e nella valutazione degli edifici, in quanto traguarda il comportamento di un generico edificio ed indirizza obiettivi e strategie per una efficace riqualificazione energetica ed ambientale, quando necessaria e fornisce una serie di dati reali sul parco edilizio scolastico soggetto a riqualificazione energetica e definisce criteri di benchmark, che saranno successivamente approfonditi e sviluppati per essere inseriti nel sistema di valutazione e controllo degli edifici, oggetto dell'obiettivo C. In una prima fase sono stati rilevati indicatori di prestazione, di consumo e di risparmio energetico, che hanno consentito di determinare alcuni dati di benchmark da confrontare con i dati relativi alle 77 scuole efficientate nel Lazio ed oggetto dello studio. Nella Figura 9 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**si riportano i costi medi per localizzazione geografica e per tipologia di intervento.

Etichette di riga	Costo al m^2	Num. interventi
FR	274,39	44
LT	246,10	79
RI	371,81	32
RM	628,38	150
VT	265,09	30

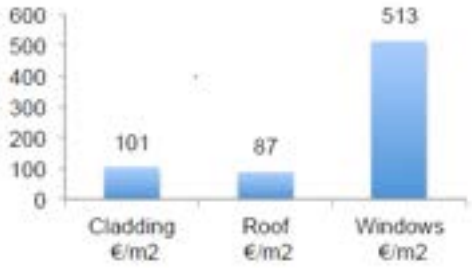


Figura 9: Esempio di andamento mensile del PUN (per il dynamic pricing) e Produzione fotovoltaica F40 (Febbraio)

Studi di simulazione su alcuni edifici soggetti a riqualificazioni hanno dimostrato che gli interventi hanno consentito risparmi energetici di 25.9, 22.7 e 29,9 kWh/m^{2}anno, rispettivamente per 21 edifici in zona C, 22 in zona D, 11 in zona E. Sono stati eseguiti poi diversi controlli sui dati effettivamente misurati, in questo casi si osserva una dispersione molto elevata, legata soprattutto ad una serie di variabili, oggettivamente non controllabili: clima invernale dell'annualità, variazioni nei profili di utilizzo dell'edificio, variazioni nelle modalità di emissione delle bollette. Lo studio risulta tuttavia di notevole interesse, in quanto fornisce dati numerici rilevanti circa lo stato delle scuole nella regione Lazio individua preliminari criteri di benchmark ed evidenzia le criticità da superare nel categorizzare prestazioni energetiche in reali condizioni di utilizzo.

FASE 4

Per una prima applicazione e verifica della operatività della scheda si è scelto di indagare la popolazione di edifici scolastici dalla Pubblica Amministrazione. Per questo è stata progettata una Scheda di Indagine per questi edifici sulla base conoscitiva della popolazione di edifici scolastici tra cui gli studi prodotti dalla Ricerca di Sistema Elettrico nel 2009 e nel 2012 (CRESME ENEA), la Banca Dati del MIUR, e quelli prodotti da ANCI.

La scheda è finalizzata alla raccolta di una serie di dati per:

- caratterizzare il parco immobiliare scolastico,
- costruire una Banca Dati,
- sviluppare degli indicatori energetici specifici (KPI), tramite i quali poter valutare lo stato di efficienza dii questi edifici
- poter mettere a confronto, tramite un processo di normalizzazione dei dati energetici, le loro prestazioni.

La scheda, in questa prima versione, è strutturata in tabelle e sezioni che riguardano:

- I dati identificativi edificio diviso in tre sezioni:
  - Identificazione del Soggetto (Scuola, Ufficio ecc.),

- Eventuali vincoli (paesaggistico, storico o altro)
- Localizzazione, quali: comune, provincia, indirizzo di riferimento CAP, Gradi Giorno ed altro.
- Consistenza dell'edificio in termine di superfici e volumi

- Dati generali dell'edificio, quali: anno di fabbricazione, numero dei piani, la loro destinazione d'uso, stato di conservazione, le aree funzionali, le zone, il profilo di utenza ecc.. Con una sezione in cui vengono richieste la superficie complessiva, quella utile, il volume totale ed il volume riscaldato, il tipo di struttura, i materiali impiegati nella costruzione, la tipologia di infisso e schermature, gli spazi accessori ecc..
- Settore termico- climatizzazione per gli impianti di climatizzazione vengono richiesti dati tecnici, tipologia di impianto (Caldaia, Pompe dii calore ecc.), gli anni di esercizio e i rendimenti dell'apparecchiatura, tipo di combustibile utilizzato, la potenza dell'impianto, i consumi e la spesa media annuale ed altro. Per meglio caratterizzare gli impianti si sta valutando anche di inserire i dati presenti nel "libretto impianti".
- Altri impianti di climatizzazione in cui vengono richiesti dei dati conoscitivi. Questa sezione, probabilmente, sarà oggetto di ulteriori sviluppi, soprattutto per alcune destinazioni d'uso del terziario quali centri sportivi, grandi centri commerciali ecc..
- Sistemi di produzione di Acqua Calda Sanitaria impostata in analogia al punto precedente
- Servizi elettrici: illuminazione tipo di sorgenti, loro tipologia quantità la potenza e le apparecchiature installate
- Altri impianti in cui vengono richiesti dati tecnici su diverse tipologie di apparecchi quali ascensori, motori elettrici, congelatori o frigoriferi, lavatrici, lavastoviglie, forni o altre apparecchiature, con relativi consumi e spese, ove fossero disponibili tali dati.
- Sistemi intelligenti di gestione: raccoglie una serie di dati e informazioni per poter valutare, in una prima analisi, le potenziali integrazioni anche in ottica del processo di digitalizzazione e potenzialità di acquisire dati sui consumi, criticità e trasmissione on line.
- Altri servizi : in riferimento agli impianti idrici e quelli da fonte rinnovabile

Di seguito è presentata la scheda di indagine suddivisa per campi.

SCHEDA EDIFICI SCOLASTICI

SCHEDA INFORMATIVA EDIFICI SCOLASTICI PUBBLICA AMMINISTRAZIONE				
PARTE 1 - DATI GENERALI- IDENTIFICATIVI				
NOMINATIVO SCUOLA			Codice ISTITUTO	
DI PROPRIETA' ☐	IN LOCAZIONE	☐	VINCOLATO stor ☐	VINCOLATO Paesag. ☐
DATI	RIFERIMENTI			NOTE
Regione				
Comune				
Provincia				
Indirizzo				
CAP				
Coordinate GIS				
Dati catastali				
Attestato Prestaz.Energ.	ACE ☐		APE ☐	
Tipo di scuola	☐ materna ☐ asilo ☐ elementare ☐ media ☐ superiore ☐ Tecnico ☐ istituto professionale ☐ misto			

Zona climatica	A B C D E F		
Gradi Giorno			
Anno di costruzione: Se non si conosce l'anno indicare il periodo presumibile .	..... Ante 1945 1946-1980 1981-1991 1992- 2004 Post 2005		
Stato di conservazione complessivo dell'edificio	ottimo buono mediocre cattivo		
Altre destinazioni d'uso presenti	auditorio palestra mensa laboratori		
Numero totale alunni			
Orario utilizzo giornaliero			

SETTORE TERMICO CLIMATIZZAZIONE

Impianto di riscaldamento integrato con Acqua Calda Sanitaria (ACS) SI ☐ NO ☐

Se la risposta alla domanda precedente è "SI" compilare la tabella seguente, in caso contrario compilare la tabella per il solo impianto di riscaldamento e quella successiva per impianto di

DATI TECNICI			
Dati geometrici		Unità Misura	NOTE
Numero piani complessivi			
Numero di piani fuori terra			
Piano (semi)interrato climatizzato	SI ☐ NO ☐		
Piano (semi)interrato non climatizzato	SI ☐ NO ☐		
Superficie complessiva		m^2	
Superficie totale riscaldata		m^2	
Volume complessivo		m^3	
Volume climatizzato		m^3	
Utenze	aule servizi igienici postazioni di lavoro (nel caso di uffici) apertura settimanali apertura annuali	m^2 m^2 m^2 giorni giorni	Indicare il N° Indicare il N°
Caratteristiche costruttive			
Struttura edificio	Muratura portante ☐ Misto c.a- muratura ☐ Struttura in c.a e pannelli prefabbricati ☐ Struttura in c.a- vetro ☐ Acciaio e vetro ☐ Acciaio e muratura ☐ Acciaio pannelli prefabbricati ☐ Facciata continua ☐		
Tipologia copertura	Lastricato solare ☐ A falda (spiovente) singola ☐ A doppia falda (spiovente) ☐		
Involucro isolato termicamente	SI ☐ NO ☐		
Serramenti - infisso	Legno ☐ Alluminio ☐ Plastica ☐ Altro (specificare):		
Serramenti - vetratura	Semplice ☐ Doppio ☐ Triplo ☐		
Serramenti - schermatura	Persiane ☐ Sportelloni ☐ Veneziane ☐ Avvolgibili Legno ☐ Alluminio ☐ PVC ☐ PVC coibentati ☐		

produzione ACS

TIPOLOGIA	DATI CARATTERISTICI		Unità Misura	CONSUMI
Caldaia		Ha più di 15 anni di esercizio Due stelle ** Tre stelle *** Quattro stelle**** Condensazione		
Potenza			(kW)	
Rendimento combustione				
Combustibile	Gas metano GPL Carbone Altro (specificare)		Sm^3 l kg	
Pompa di calore	Gas metano Elettrica Geotermico	COP EER		
Potenza elettrica			(kWe)	
Potenza termica			(kWt)	
Teleriscaldamento	Potenza termica scambiatore (kWt) Riscaldamento SI NO Acqua calda sanitaria SI NO	Tariffa	€/kWh	
Sistemi regolazione	SI NO			
Contatore di calore	SI NO			
Interventi manutenzione straordinaria	Totale 3 anni N. Per anno N.			
CONSUMI				
Medio degli ultimi 3 anni			kWh	
Spesa madia annuale ultimi 3 anni			Euro	

Impianto ACS (se presente)

TIPOLOGIA	DATI CARATTERISTICI		Unità Misura	CONSUMI
Caldaia		Ha più di 15 anni di esercizio Due stelle ** Tre stelle *** Quattro stelle**** Condensazione		
Potenza			kW	
Rendimento combustione				

Combustibile	Gas metano ☐ GPL ☐ Altro (specificare)☐		Smc Litri	
Boiler Elettrico	Potenza kW	Accumulo	Litri	
Sistemi regolazione	SI ☐ NO ☐			
Contatore di calore	SI ☐ NO ☐			
Interventi manutenzione straordinaria				
CONSUMI				
Medio degli ultimi 3 anni			kWh	
Spesa madia annuale ultimi 3 anni			Euro	

Nota: La scheda sarà integrata con i dati del "Libretto impianti" . Si sta valutando la possibilità di acquisire i dati dai file predisposti in via telematica dagli operatori

Altri Impianti a supporto della climatizzazione

TIPOLOGIA	Caratteristiche	Note
Cogenerativo ☐	Potenza el ettrica (kWe) Potenza termica (kWt)	
Trigenerativo ☐	Potenza elettrica (kWe) Potenza termica (kWt) Potenza elettrica (kWt)	
Solare termico ☐	Potenza termica (kWt)	
Biomasse ☐	Potenza elettrica (kWe) Potenza termica (kWt) Potenza elettrica (kWe)	

Settore elettrico

Consumo totale medio annuale (ultimi 3 anni) (kWh):
Spesa totale media annuale (ultimi 3 anni) (€):

ILLUMINAZIONE

Tipologia lampade	**Potenza complessiva in kW**	Quantità Numero	**Tipo Installazione**	**Note**
Interno Edificio				
Incandescenza			Sospensione ☐ Plafoniera ☐ A parete ☐ A plafone ☐ A incasso ☐ Sistemi modulari ☐ Da tavolo ☐ Proiettori ☐	
Compatte fluorescenti			Sospensione ☐ Plafoniera ☐	

			A parete ☐ A plafone ☐ A incasso ☐ Sistemi modulari ☐ Da tavolo ☐ Proiettori ☐	
Alogene			Sospensione ☐ Plafoniera ☐ A parete ☐ A plafone ☐ A incasso ☐ Sistemi modulari ☐ Da tavolo ☐ Proiettori ☐	
Fluorescenti lineari (comunemente Neon)			Sospensione ☐ Plafoniera ☐ A parete ☐ A plafone ☐ A incasso ☐ Sistemi modulari ☐ Da tavolo ☐ Proiettori ☐	
Led			Sospensione ☐ Plafoniera ☐ A parete ☐ A plafone ☐ A incasso ☐ Sistemi modulari ☐ Da tavolo ☐ Proiettori ☐	
Altro			Sospensione ☐ Plafoniera ☐ A parete ☐ A plafone ☐ A incasso ☐ Sistemi modulari ☐ Da tavolo ☐ Proiettori ☐	
Consumo medio annuale Ultimi 3 anni	kWh			**Se non conosciuta**
Spazi Esterni				
Ioduri Metallici			Su pali a livello terreno altro	
Vapori Sodio			Su pali a livello terreno altro	
Led			Su pali a livello terreno altro	

Altro			Su pali a livello terreno altro	
Consumo medio annuale Ultimi 3 anni				**Se conosciuta**

ALTRI IMPIANTI

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NOTE
Ascensori	Tipologia: Numero: Potenza (kW) media cadauno Classe energetica (se conosciuta): Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo	
Motori elettrici	Tipologia: Numero: Potenza (kW) media cadauno: Classe energetica (se conosciuta): Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo	
Forni elettrici	Tipologia: Numero: Potenza (kW) media cadauno: Classe energetica (se conosciuta) Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo:	
Frigoriferi	Tipologia:. Numero: Potenza (kW) media cadauno: Classe energetica (se conosciuta): Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo	
Lavatrici	Tipologia: Numero: Potenza (kW) media cadauno: Classe energetica (se conosciuta): Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo	
Congelatori	Tipologia: Numero: Potenza (kW) media cadauno: Classe energetica (se conosciuta): Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo	
Lavastoviglie	Tipologia: Numero: Potenza (kW) media cadauno: Classe energetica (se conosciuta): Anno di produzione/acquisto: Numero di ore/giorno di utilizzo:	
Consumi elettrici medio annuale ultimi 3 anni	kWh	

SISTEMI INTELLIGENTI DI GESTIONE

TIPOLOGIA	Descrizione	NOTE
Intelligenza distribuita	SI ☐ NO ☐	
PLC	SI ☐ NO ☐	
Misto	SI ☐ NO ☐	
Controlli	Zona ☐ Stanza ☐ Edificio ☐	
Sensoristica	Temperatura ☐ Umid Relat ☐ Illuminaz. ☐ Presenza ☐ Altro ☐	**Specificare**
Mezzo trasmissione	BUS ☐ WIFI ☐ Onde convogliate ☐ Misto ☐ Altro	

Questa è una prima ipotesi di tabella che potrà essere rimodulata nella prossima annualità

ALTRI Servizi
SETTORE IDRICO

Regolatori di flusso	SI ☐ NO ☐		
Recupero acque piovane	SI ☐ NO ☐		
Recupero acque grigie	SI ☐ NO ☐		
Consumo medio annuale Ultimi 3 anni			
Spesa media annuale-ultimi 3 anni	Euro		

Tecnologie di produzione di energia elettrica
Breve descrizione impianti produzione energia elettrica

TIPOLOGIA	DATI	NOTE
Fotovoltaico	Potenza (kWp): Produzione (kWh/anno): Uso tutte le utenze dell'intero edificio ☐ Uso solo parziale edificio ☐	
Eolico	Potenza (kWp): Produzione (kWh/anno):	

	uso per utenze dell'intero edificio ☐ uso solo parziale edificio ☐	
Altro	Potenza (kWp): Produzione (kWh/anno): uso utenze dell'intero edificio ☐ uso solo parziale edificio ☐	

Per questa fase è stata coinvolta l'Università Sapienza di Roma dip.to DIAE che ha svolto la seguente attività, su alcune scuole dell'Area Metropolitana di Roma Capitale:

Università' Sapienza- Dip.DIAEE Roma: (Rds/PAR2016/013) che ha approfondito la valutazione dei consumi energetici e la verifica dello stato del sistema edificio-impianto per i fabbricati ad uso scolastico.
Al fine di effettuare dei sopralluoghi ben organizzati, senza trascurare alcun dato essenziale, il Dipartimento DTE-SEN dell'ENEA elabora appositamente le Schede Tipo di Indagine Edifici Scolastici qui impiegate.
Il presente lavoro ha appunto il compito principale di verificare la funzionalità delle suddette schede e, ove necessario e possibile, di migliorarle in base alle prove fatte realmente sul campo.
È stato preso in analisi un congruo campione di edifici scolastici nella Provincia di Roma. A causa della scarsa disponibilità degli istituti e della mancanza di dati, nonché di informazioni generali, solamente 12 edifici vengono ritenuti analizzabili e pertanto integrati nella presente ricerca. Il campione risulta comunque stabile ed adatto a rappresentare con buona approssimazione il sistema preso in analisi.
Le scuole su cui è stata testata la scheda sono : Liceo CAVOUR, Liceo Blaise Pascal , IIS Enzo Ferrari, Liceo Aristofane, Liceo Keplero, Liceo Orazio.
Le schede vengono presentate nella loro versione originale ed in quella finale migliorata. Vengono ovviamente indicate tutte le criticità rilevate nell'utilizzo della scheda e quelle che hanno portato alle modifiche della stessa.
In questo lavoro sono state inoltre inserite le relazioni tecniche di ognuno degli edifici oggetto di sopralluogo.
Sono presentate e commentate tutte le criticità riscontrate nel corso dell'azione di indagine, e sono state, in via preliminare, individuate possibili soluzioni per migliorare la fase di indagine energetica.
In questa FASE sono stati sentiti alcuni operatori pubblici e privati, con alcuni dei quali si è avuto un confronto sull'impostazione e contenuti della scheda ENEA.

La ricerca è stata quindi sviluppata per definire i criteri, variabili e dati necessari a caratterizzare il parco edifici ed è volta principalmente a progettare una scheda verificandone l'utilità e la funzionalità per indagare la qualità prestazionale energetica degli edifici scolastici della P.A. Per questo sono stati definiti dei KPI e dei valori di benchmark per una prima caratterizzazione energetico- ambientale di tali edifici ed è stata effettuata una verifica energetica su un campione di dodici edifici situati, in zona climatica D, nell'Area Metropolitana di Roma Capitale. I risultati delle attività vengono di seguito riportate:

- definizione dei criteri e parametri da utilizzare per caratterizzare gli edifici;
- progettazione della scheda di Indagine per tali edifici;
- verifica di funzionalità e miglioramento delle schede di indagine energetica preparate da ENEA;
- individuazione dei tipici punti critici di impianto: carenze di misura, di manutenzione e di gestione;
- valutazione delle difficoltà nel misurare, rilevare, archiviare e trattare i dati da parte una unica unità centrale, tramite un'indagine energetica generale per dodici istituti ;
- definizione degli indicatori di prestazione energetico- ambientale, per caratterizzare al meglio il comportamento;
- definizione di valori di benchmark per poter classificare gli edifici.

In questa fase è stato possibile evidenziare che, per la soluzione di tutti i problemi tecnici, gestionali ed energetici, in ogni edificio è strettamente necessaria una figura tecnica addetta alla gestione dell'energia e

degli impianti di base e tecnologici, che è necessaria sviluppare una fase con un coinvolgimento diretto degli operatori che operano in questo settore e che sarà necessaria una più puntuale verifica sul campo su di un set "campione" di edifici su cui applicare la scheda e derivarne gli eventuali aggiustamenti o modifiche.
La versione attuale della scheda potrà essere aggiornata, nello sviluppo delle prossime attività, con nuovi contenuti che si potranno manifestare, in particolare, nella messa a punto del modello dati e di eventuali altri dati che si rendessero necessari. E' previsto l'inserimento della scheda in versione informatica, nella Piattaforma PELL, con la predisposizione di soluzioni per facilitarne la compilazione, come ad esempio allert su dati anomali ,menu a tendina ecc.. per facilitare la sua compilazione da parte degli utenti/operatori.
L'attività prossima annualità si focalizzerà quindi sull'estensione dell'approccio metodologico al tessuto edilizio degli edifici pubblici (edifici scolastici) oltre che proseguire lo sviluppo della piattaforma sull'infrastruttura degli edifici della Pubblica Amministrazione.

1.3 Scheda CARD Master per edificio (ENEA)

La scheda dell'edificio (Scuola, ufficio, ecc.) come riportata nel paragrafo 1.2, presenta una Card Master (Anagrafica) e la tre di dettaglio a cui sono riferite le tabelle del database. Di seguito sono presentate le principali tabelle generalizzate dell'edificio (Scuola, Ufficio ecc.) e a seguire una breve descrizione del caso Scuola.
I dati o, meglio, le schede dovranno tenere conto anche di eventuali vincoli (paesaggistico, storico o altro) e della localizzazione (comune, provincia, indirizzo di riferimento CAP, Gradi Giorno, altro). I dati chiave (cfr. sotto obiettivo c.2 paragrafo 1.2) riguardano, ovviamente, la consistenza dell'edificio in termini di superfici e volumi. Riassumendo le Card riguarderanno, oltre a disaggregazione, quando richiesta o possibile, le seguenti tipologie:

- dati generali dell'edificio;
- settore termico-climatizzazione;
- altri impianti di climatizzazione;
- sistemi di produzione di acqua calda sanitaria;
- servizi elettrici;
- altri impianti;
- sistemi intelligenti di gestione;
- altri servizi.

Lo studio attuale del modello dati si riferisce ai consumi della classe scuole che ha comportato una definizione più estesa possibile contenente anche le aree e le zone non sempre presenti nel modello standard. Anche queste ultime sono rappresentabili con un ulteriore livello di dettaglio delle Card Livello/Piano, Area e Zona. Tali nuove Card, già indicate, sono: plesso, aula, mensa, palestra, piscina, campi sportivi, parcheggio, ecc.
In particolare, la scheda dell'edificio (Scuola, ufficio, ecc.) in generale, definita secondo la metodologia CARD, nella prima generazione ha riguardato le scuole e in questa prima versione, è strutturata in tabelle e sezioni che riguardano i dati identificativi suddivisi in tre sezioni (CARD Master e CARD Dettaglio): Identificazione del Soggetto (Scuola, Ufficio ecc.), eventuali vincoli (paesaggistico, storico o altro), localizzazione (comune, provincia, indirizzo di riferimento CAP, Gradi Giorno, altro), consistenza dell'edificio in termini di superfici e volumi.
In particolare, i dati identificati sono: dati generali dell'edificio, settore termico-climatizzazione, altri impianti di climatizzazione, sistemi di produzione di acqua calda sanitaria, servizi elettrici, altri impianti, sistemi intelligenti di gestione, altri servizi. Le funzionalità principali, definite a fronte dell'utilizzo della metodologia CARD, sono relative a: definire le prestazioni e il confort di scenari reali, calcolare gli indicatori di prestazione (KPI) finalizzati all'elaborazione dei valori di benchmarking, stimare i consumi ipotetici per confronti con le misure acquisite dal campo, effettuare una prima valutazione diagnostica dell'edificio e

valutare in via preliminare il potenziale di miglioramenti in termini di costi e risparmi; definire interventi o soluzioni da adottare.
Il progetto della CARD Master (Card principale – Anagrafica) tende a mettere in evidenza i dati comuni a tutte di IP e delle tipologie (Classi) di edificio e ad essa sono collegate quelle di dettaglio che cambiano a seconda della tipologia (Classe). Ciò si evince in modo esplicito nel caso dell'edifico "Scuola" che presenta nuovi dati e variabili tipiche di questa classe (plesso, aula, mensa, palestra, piscina, campi sportivi, parcheggio, ecc.).
Il formato XML base del file è stato definito in una procedura di gestione chiamata GEST_E (inserimento, variazione, cancellazione, obsolescenza) orientata all'utente finale e operativa via rete internet, attraverso l'interfaccia del portale PELL. Inoltre, la procedura di trasmissione chiamata TRAS_E di trasmissione del file, sempre in formato XML, è stata definita per trasmettere i dati delle ESCO o del responsabile/proprietario relative all'immobile stesso nel rispetto anche delle specifiche AGID in questa materia. Tali dati, come previsto dalle ultime indicazioni, dovranno essere rispondenti agli standard adottati sia dai sistemi esistenti che dai software maggiormente utilizzati per l'interoperabilità tra le piattaforme e i sistemi Web-GIS.

1.4 Funzionalità della Piattaforma (ENEA)

Le principali funzionalità generali del software di gestione e interrogazione possono riassumersi in questi punti:

- gestione del piano energetico;
- definizione consuntivi/obiettivi energetici per immobili;
- gestione consumi carichi elettrici;
- manutenzione programmata per ridurre i costi di manutenzione;
- segnalazione e gestione di anomalie e allarmi tecnici e possibilità di riconoscere falsi allarmi o settare e ripristinare il sistema;
- monitoraggio di impianti con un'Unità Centrale;
- monitoraggio e controllo remoto;
- l'interfacciamento e interoperabilità con altri sistemi ed apparecchiature.

I punti, di cui sopra, sono stati affrontati nel complesso dei dati di riferimento che devono essere gestiti ed elaborati per far convergere verso la piattaforma i dati e le informazioni per un supporto di analisi e decisionale (DSS) che devono tendere esclusivamente alla riduzione in termini di consumo, o meglio, di kWh non consumati. In questo scenario, pertanto, andranno considerati, se possibile, anche i consumi e i contratti stipulati (**Tabella Contratti**) con i fornitori di energia e di prestazione di servizi (Tabella Fornitori), le fasce orarie collegate ai consumi e ai costi (Tabelle consumi-costi), gli orari di apertura e chiusura al pubblico e quelli di lavoro complessivi (Tabella Orario). La definizione del modello dati dovrà quindi considerare una logica di programmazione spinta finalizzata alla riduzione dei possibili consumi stimata in una quota percentuale compresa tra il 2% e il 5% annuo in base a quelli registrati nel corso di un periodo storico di almeno 10 anni. La programmazione sinteticamente può essere orientata alla misurazione di alcuni parametri ritenuti rilevanti nel corso dello studio di efficientamento energetico quali: tempo di funzionamento di un impianto, tempo di funzionamento di un componente e componente elementare di un impianto, ecc. Queste semplici considerazioni portano alla definizione di tabelle relative a quanto affermato, per cui saranno previste delle tabelle (**Tabelle contatori**) che stimeranno il numero di funzionamento delle entità suddette. Queste grandezze dovranno essere legate anche agli aspetti manutentivi e associati alla card di manutenzione specifica di impianto, componente, sub componente e per l'intero edifico (Rif. Sistema Informativo Poste per la Manutenzione Impianti). Nel caso specifico di un impianto che preveda ad esempio delle pompe si dovrà tener conto anche della durezza dell'acqua o nel caso di fan-coil dello stato dei filtri per avere stime sui consumi e dati orientativi e specifici rispettivamente per la manutenzione ordinaria e quella straordinaria. Al fine di non creare una ambiente troppo eterogeneo e non normalizzato si è deciso di realizzare una base dati completa dei componenti le cui funzionalità

principali saranno quelle di gestione e interrogazione dei dati orientate alle classi di utenza e alle finalità previste dal progetto. In questo contesto è stato introdotto il modello prestazionale di riferimento teorico dell'edificio mostrato in Figura 10.

Di seguito vengono elencate le attività strettamente legate alla modellazione dei dati.

- Piano energetico comun e modello di budget;
- Controllo congruenza fatturazioni energia (con caricamento esterno dei consumi orari forniti dai distributori);
- Modello teorico predittivo (caso reale, basato su stime);
- Modellazione sperimentale (raccolta dati dei sensori in campo e test sui consumi di impianti e parti di impianto);
- Sistemi e standard di comunicazione tra sensori, strumenti, dispositivi di campo e elaboratori e il database;
- Metodi di confronto e modellazione consumi semplificati basati sui parametri dei KIT Base;
- Creazione di Serie Storiche (TE, ecc.); Previsioni e meteo;
- Realizzazione di database di stime consumi tempo reale, periodici e statistici (Livello Base e Meta);
- Status impianti, alert, allarmi e controlli strumentazione e reset, curve di T/U/L, ecc.;
- Query complesse;
- Altro.

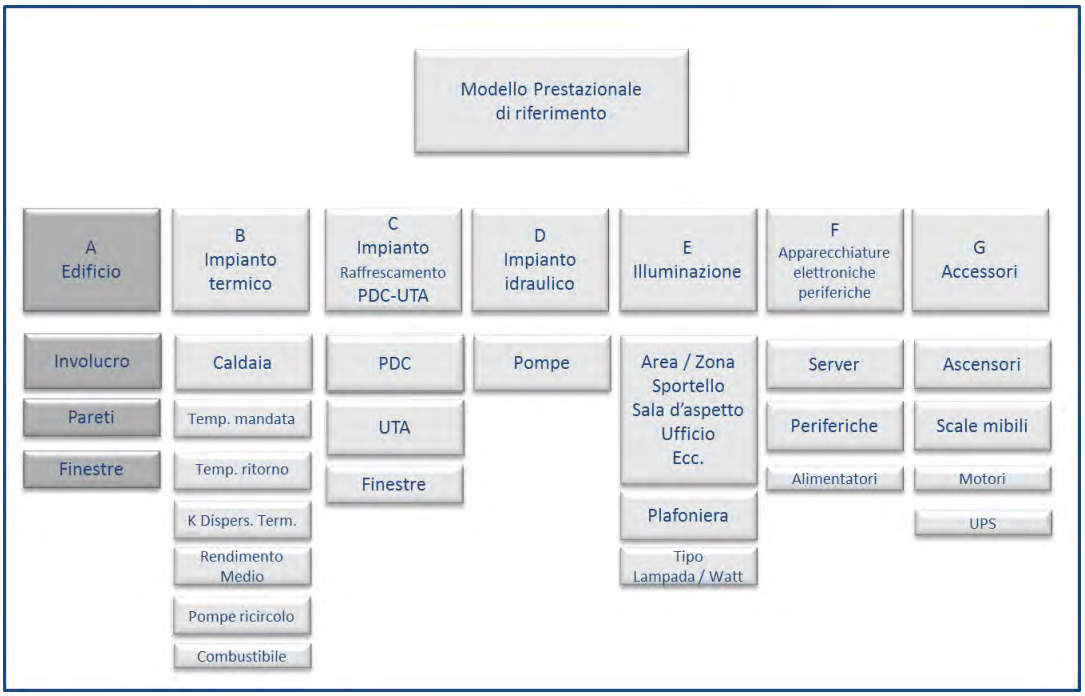


Figura 10: Modello prestazionale per tipo di edificio e impianti

Il modello predittivo sopra elencato viene inteso come una sorta di carta di identità dell'edificio, per cui ogni edificio avrà valori diversi e il modello di riferimento potrà essere ottenuto attraverso una stima presunta dai valori teorico-nominali degli impianti e delle apparecchiature presenti nell'edificio. Infine in funzione delle varie situazioni lavorative e delle condizioni di esercizio potranno essere ricavati i dati di cui sopra detto.
L'architettura generale della piattaforma è mostrata in Figura 11 dove si evince la funzioni di interfaccia utente del portale e quella della gestione dati del Database.

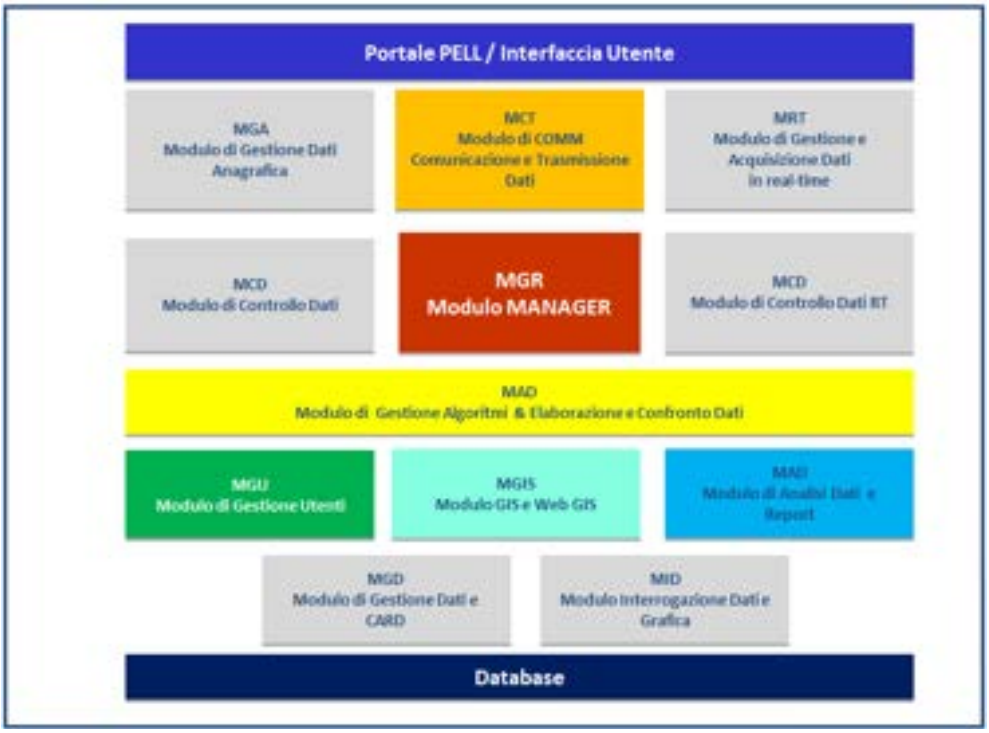


Figura 11: Architettura della Piattaforma PELL

Il Modulo Funzionale (MGA) di gestione dei dati in generale (Anagrafici, ecc.), detti statici, si integrano con il Modulo MRT di gestione dei dati tecnici e dinamici. Il modulo di comunicazione e trasmissione dati MCT gestisce anche i WS al fine di garantire l'interoperabilità dei sistemi della piattaforma e con l'esterno. La funzionalità degli altri moduli è definita dalla singola titolazione, va sottolineata, invece la complessità del Modulo MGR che deve supervisionare tutte le funzionalità della piattaforma con particolare riferimento al modulo MCD e a quello MAD che gestisce, a livello alto, le richieste degli stakeholder e anche gli ambienti con cui si interfacciano gli stessi (MGU, MGIS, MAD, MGD e MID).
La classificazione degli utenti del sistema non può prescindere dall'identificazione dei requisiti, in considerazione di ciò, in questa fase di analisi *user-oriented*, verranno identificati i requisiti dell'utente.

1.4.1 Requisiti generali

Nella Tabella 4 vengono mostrati i requisiti generali, intesi come specifiche globali, che intendono avere un carattere comune a tutte le componenti del sistema.

Codice	Item	Requisito
UR/1.1	***Accesso al sistema***	Il sistema deve essere accessibile da qualunque client web, attraverso il quale l'utente può reperire e gestire le informazioni, usufruire dei servizi di dispositivi mobili di nuova generazione come gli smartphone/tablet.
UR/1.2	***Utilizzo della rete***	L'utente deve avere a disposizione una rete con prestazioni.
UR/1.3	***Facilità d'uso***	Deve essere garantito un *approccio di tipo visuale* [FNT97] al sistema, attraverso il quale l'utente potrà utilizzare i servizi messi a disposizione con naturalezza ed intuizione (*grado di usabilità*).
UR/1.4	***Robustezza***	Il sistema deve essere affidabile, robusto, e *full tolerant* con affidabilità maggiore del 95%, realizzato con software certificato e/o validato; deve essere in grado di fornire assistenza all'utente nel caso di operazioni errate.
UR/1.5	**Sicurezza**	Accesso riservato al sistema mediante l'utilizzo di *login* e *password*; identificazione e *profilazione* dell'utente, *privilegi* e *permessi*. Le procedure di sicurezza dei sistemi dovranno essere compatibili con le

		modalità di gestione della rete (https, VPN, ecc.).
UR/1.6	***Portabilità***	Il sistema deve garantire la piena fruibilità su ogni macchina, sistema operativo, client web e mediante anche *app* e interfacce responsive realizzate per dispositivi mobili (smartphone, tablet).
UR/1.7	***Documentazione***	Il sistema deve mettere a disposizione la documentazione tecnica e di progetto con funzionalità specifiche per i documenti e le immagini in ambiente tipo Cloud (WBDMS).
UR/1.8	***Modularità e interoperabilità***	Il sistema deve essere composto da un insieme di moduli funzionali tra loro indipendenti, interoperabili e gestibili separatamente, favorendo così l'implementazione di sistemi distribuiti e esterni.

Tabella 4: Requisiti generali

1.4.2 Requisiti funzionali

Nella Tabella 5 vengono riportati i requisiti funzionali più significativi.

Codice	Item	Requisito
UR/2.1	***Utilizzo del mouse e tastiera***	Il sistema, di tipo visuale, deve consentire di eseguire le operazioni mediante l'uso del mouse, del touch-screen e, quando necessario, della tastiera.
UR/2.2	***Funzioni di gestione***	Il sistema deve fornire la possibilità di essere gestito e configurato attraverso il *Web*. Tali operazioni devono essere svolte mediante l'utilizzo di *menu di gestione* e *procedure di manutenzione ed aggiornamento*.
UR/2.3	***Funzioni di interrogazione***	In accordo con UR/1.3 e UR/2.1, il sistema deve fornire una metodologia di approccio basata sull'utilizzo di *query predefinite* e *funzioni di ricerca standard ed avanzate* sia *su videate web-db based che Metodologia Card con gli standard definiti dalla Metodologia VENUS/Plus 2 (funzioni e GOTO).*
UR/2.4	***Funzioni di comunicazione***	Il sistema deve fornire gli strumenti necessari alla comunicazione come web service, email, post e sms da e verso lo staff, il General Manager e gli Energy manager con le limitazioni del caso.

Tabella 5: Requisiti funzionali

1.4.3 Requisiti tecnici

Nella Tabella 6 sono infine mostrati i principali requisiti tecnici.

Codice	Item	Requisito
UR/3.1	***Ambiente di sviluppo e rete***	*Sistemi Operativi* : Windows 2013, Linux, ecc. *DBMS* : MySQL, SQL Server (in alternativa, ENEA) *Web Server*: IIS, Apache, ecc. *Protocollo* : http, https su rete TCP/IP, Porta 80 e 8080, ecc. I network utilizzati: internet, intranet e extranet con accesso tramite VPN.
UR/3.2	***Linguaggi***	*Server Side* : PHP 5.2.8, ASP, Java *Client Side* : JavaScript, Ajax *Mark-up Web* : XHTML 1.0, HTML 5, CSS 3 *Standard di comunicazione* : XML

UR/3.3	***Multimedia***	*Video* : mp4
UR/3.4	***Database***	Data Base Management System Microsoft (SQL Server) Query Language: SQL Plus

Tabella 6: Requisiti tecnici

In seguito saranno curati anche i requisiti organizzativi per la gestione in esercizio del sistema. In questo contesto sono di seguito descritti alcuni dei requisiti funzionali base orientati alle classi di utenza identificate in questo studio.

1.4.4 Le classi di utenza

Le classi di utenza sono state individuate nel contesto aziendale di Poste Italiane sulla base di una corrispondenza con le attività svolte nel contesto reale. In questo scenario è stato individuato, vedi Tabella 7, il B**uilding Operator Manager** che opera direttamente sul singolo edificio e in alcuni casi anche su più edifici come l'altra figura che è il **Building Manager** mentre il **Regional Manager** è responsabile degli edifici di una singola regione o comune e gestisce tutti gli edifici di questi. Questa classe di utenza è maggiormente finalizzata agli interventi di controllo diretto degli impianti e della loro manutenzione. Va precisato che anche questi utenti sono significativamente interessati all'efficientamento dell'edificio nel suo complesso, pianificando attività manutentive e controllando eventuali disservizi e malfunzionamenti che condizionano anche l'attuazione di meccanismi automatizzati gestiti dalla piattaforma. Il **General Manager** risulta l'utente che è responsabile principale della piattaforma a cui si forniscono il supporto decisionale su quegli elementi base emersi a seguito della valutazione specifica e complessiva del parco edifici. Inoltre l'Amministratore del sistema gestisce, dal punto di vista sistemistico, la piattaforma in accordo con il **DBA** che amministra i dati e i Database (DBMS).

Classi di utenza e ruoli
Amministratore di sistema
Central General Manager
Regional Building Manager, tutti gli edifici di una Regione, Provincia, Comune
DBA
Building Manager
Building Operator

Tabella 7: Classi di utenza

1.4.5 Tabelle

Per semplificare la struttura delle tabelle per classi di entità sono state introdotte tabelle accessorie denominate Caratt* (caratteristiche tecniche/attributi) e Val*(valore legato al campo, all'entità e alla caratteristica). Inoltre le tabelle denominate Tipo* stanno ad esempio per tipo edificio o tipo componenti, o tipo di impianto per il fatto che presentano le stesse caratteristiche alle quali vanno associati i valori. I campi delle tabelle Caratt* devono essere gestibili (inserimento, modifica e cancellazione) per eliminare, modificare, aggiungere nuovi attributi alle entità cui sono legati. Lo stesso discorso vale per impianti, componenti, sensori, ecc.. In questo contesto si precisa che la piattaforma PELL, al momento, richiede uno studio del dominio dati semplificato e rappresentabile con l'edificio tipo generale applicato al contesto scuola con la metodologia già utilizzata delle Card. Di seguito vengono elencate le principali tabelle edificio.
Le tabelle PIANO - AREA, possono essere ridotte o semplificate nel caso di un solo piano o dove non ci sono informazioni specifiche dei consumi. Le tabelle che seguono (Tabella 8, Tabella 9, Tabella 10, Tabella 11)

sono riferite alla definizione del Paper Based Prototype (PBP) e del Prototipo di I Generazione detto anche Running.

REGIONE	DESCRIZIONE
idRegione	id Regione
regione	Nome della Regione

PROVINCIA	DESCRIZIONE
idProvincia	Id Provincia
provincia	Nome della Provincia
idRegione	id Regione

COMUNE	DESCRIZIONE
Comune	Nome del comune
idComune	Id comune
idProvincia	idProvincia
zonaclim	Zona climatica
gradigiorno	Gradi giorno

Tabella 8: Requisiti generali del sistema: Le tabelle COMUNI – PROVINCE- REGIONI

Tabella 9: Le tabelle Tipologia di Edifici – Edifici

EDIFICIO	DESCRIZIONE
idEdif	Id edificio
id tipoEdif	Id Tipologia di Edificio
codPod	Codice Pod
addrPod	Indirizzo Pod
nomeEdif	Denominazione Edificio
areaImm	Area Immobiliare
idComune	Id Comune
indEdif	Indirizzo Edificio
CivicoEdif	Civico Edificio
PalazzoEdif	PalazzoEdificio
ScalaEdif	Scala Edificio
InternoEdif	Interno Edificio
capEdif	CAP edificio
SingolaUnita	Singola unità immobiliare (SI/NO)
Categoria	Categoria (E.1 E.2 E.3 E.4 E.5 E.6 E.7 E.8)
capEdif	CAP edificio
pianiEdif	Numero di piani edificio
destuso	Destinazione d'uso
tipopar	Tipo di pareti
ambnonrisc	Presenza ambienti non riscaldati
esposiz	Esposizione
respEdif	Responsabile Edificio

ANAGRAFICAEDIFICIO	DESCRIZIONE
idAnagraficaImm	Id anagrafica edificio
idEdif	Id edificio
annoCostr	Anno di costruzione edificio
supeficie	Superficie edificio
volComplOccup	volume complessivo occupato edificio
posizioneGeografica	Posizione Geografica edificio
tipoContratto	tipologia di contratto (proprietà/affitto) edificio
societaGruppo	società del gruppo che lo utilizza
annoRealizImpianto	anno di realizzazione impianto edificio
UTENZAEDIFICIO	**DESCRIZIONE**
idUtenzaEdif	Id utenza edificio
idEdif	Id edificio
Utenza	Utenza
codUtenza	Codice utenza (POD/PDR,ecc..)
Consumi	Consumi utenza nel periodo di riferimento
dataRifInizio	Inizio data riferimento
dataRifFine	Fine data riferimento

CARATTERISTICHE EDIFICIO	DESCRIZIONE
idCarEdif	Id caratteristica
idTipoEdif	Id tipo edificio
nomeCarattEdif	nome
VALORI CARATTERISTICHE EDIFICIO	**DESCRIZIONE**
idValEdif	Id caratteristica
idCarEdif	Id caratteristica
idEdif	Id edificio
valEdif	Valore edificio

TIPO DI EDIFICIO	DESCRIZIONE
idTipoEdif	Id edificio
tipoEdif	Tipologia di Edificio
idEdif	Id edificio

FOTO	DESCRIZIONE
idFoto	Id foto
idEdif	Id edificio
Immagine	File immagine
idPiano	Id piano
idZona	Id zona
idArea	Id Area
descrizione	Descrizione immagine

PLANIMETRIE	DESCRIZIONE
idPlanimetria	Id planimetria
idEdificio	Id efificio
idPiano	Id Piano
idArea	Id Area
idZona	Id zona
planimetria	Planimetria
descrizione	Descrizione

PIANO	DESCRIZIONE
idPiano	Id edificio
idEdificio	Tipologia di Edificio
Piano	Id edificio
superficie	Superficie
altezza	Altezza soffitto

AREA	DESCRIZIONE
idArea	Id area
area	Area
idPiano	Id piano
centroCosto	centro di costo (per area interna all'edificio)

ZONA	DESCRIZIONE
idZona	Id zona
zona	zona
idArea	Id area
INVOLUCRO EDILIZIO	**DESCRIZIONE**
idInvolucro	Id Involucro
idZona	ID zona
volumelordoriscaldato	Volume lordo riscaldato
superficiedisperdente	Superficie disperdente
rapportosv	Calcolo automatico (S/V)
superficieutile	Superficie utile
volumelordoraffrescato	Volume lordo raffrescato

TIPO DI IMPIANTO	DESCRIZIONE
idTipoimp	Id Tipo Impianto
tipoImp	Tipo di impianto

IMPIANTO	DESCRIZIONE
idImp	Id impianto
idTipoimp	Id Tipo Impianto
idEdif	Id edificio
idPiano	Id piano edificio
idArea	Id area edificio
idZona	Id zona edificio
nomeImp	Nome dell'impianto
DescImp	Descrizione dell'impianto
CARATTERISTICHE IMPIANTO	**DESCRIZIONE**
idCarattImp	Id caratteristica
idTipoImp	Id tipo impianto
nomeCarattImp	nome
VALORI CARATTERISTICHE IMPIANTO	**DESCRIZIONE**
idValImp	Id caratteristica
idCarImp	Id caratteristica
idImp	Id impianto
valImp	Valore impianto
3_ResponsabileImpianto	**DESCRIZIONE**
idRespImp	Id responsabile
idImp	Id impianto
Nome	Nome responsabile
Cognome	Cognome responsabile
CodiceFiscale	Codice Fiscale responsabile
RagioneSociale	Ragione sociale responsabile
PartitaIva	Partita Iva responsabile
inQualita	responsabile dell'impianto in qualità di: (1) proprietario (2) amministratore
RagSocDittaAffidata	affidata la responsabilità dell'impianto termico alla ditta
CCIAADittaAffidata	CCIAA ditta affidataria responsabilità dell'impianto
RifContrValidoDa	Riferimento: contratto allegato, valido dal
RifContrValidoA	Riferimento: contratto allegato, valido al
TerzoResponsabile	TERZO RESPONSABILE DELL'IMPIANTO TERMICO (SI/NO)

COMPONENTE	DESCRIZIONE
idComp	Id componente
idImp	Id impianto
tipoComp	Tipo di componente
marcaComp	Marca del componente
modComp	Modello del componente
numComp	Numero di componenti
TIPO COMPONENTE	**DESCRIZIONE**
idTipoComp	Id tipo componente
tipocomp	Tipo componente
CARATTERISTICHE COMPONENTE	**DESCRIZIONE**
idCarComp	Id caratteristica
idTipoComp	Id tipo componente
nomeCarComp	nome
VALORI CARATTERISTICHE COMPONENTE	**DESCRIZIONE**
idValComp	Id valore
idCarComp	Id caratteristica
idComp	Id componente
valComp	Valore componente

COMPONENTE ELEMENTARE	DESCRIZIONE
idCompElem	Id componente Elementare
idComp	Id componente
tipoCompElem	Tipo di componente Elementare
marcaCompElem	Marca del componente Elementare
modCompElem	Modello del componente Elementare
CARATTERISTICHE COMPONENTE ELEMENTARE	**DESCRIZIONE**
idCarCompElem	Id caratteristica
idCompElem	Id componente Elementare
nomeCarCompElem	Nome caratteristica componente Elementare
VALORI CARATTERISTICHE COMPONENTE ELEM.	**DESCRIZIONE**
idValCompElem	Id valore
idCarCompElem	Id caratteristica
idCompElem	Id componente elementare
valCompElem	Valore componente elementare

KIT	DESCRIZIONE
idKit	ID Kit
idZona	Id zona
nomeKit	Tipo di Kit
descrKit	Descrizione Kit

Tabella 10: KIT Misura

CONSUMI	DESCRIZIONE
idScheda	Id SCHEDA
idImpianto	Id Impianto
tipoConsumi	Tipo di consumo: • consumo di combustibile, • consumo energia elettrica • consumo di acqua di reintegro nel circuito dell'impianto termico • consumo di prodotti chimici per il trattamento • acqua del circuito dell'impianto termico
unitaMisura	Unità di misura
tipoCombust	Tipo di combustibile
esercizio	Esercizio
acquisti	Acquisti
scortaLettiniziale	Scorta o lettura iniziale
scortaLettFinale	Scorta o lettura finale
letturaIniz	Lettura iniziale (kWh)
letturaFinale	Lettura finale (kWh)
consumoTotale	Consumo totale (kWh)
circuitoImpterm	Circuito impianto termico
circACS	Circuito ACS
AltriCirc	Altri circuiti ausiliari
nomeProdotto	Nome prodotto
quantitaConsumata	Quantità consumata

Tabella 11: Consumi

Si sottolinea l'esigenza di integrare, in alcuni casi, anche i dati relativi agli attestati di prestazione energetica degli edifici perché contengono dati identificativi dell'edificio comuni alle esigenze del progetto PELL. In Tabella 12 si riporta a titolo di esempio la struttura del file dell'APE definito in formato XML. Tale lavoro di base dovrà produrre la definizione finale dei database e dei formali XML Edifici.

```
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
<xs:element name="ape2015">
<xs:annotation>
<xs:documentation>
Attestato di Prestazione Energetica degli Edifici 2015
</xs:documentation>
</xs:annotation>
<xs:complexType>
<xs:sequence>
<xs:element name="info" type="typeInfo"/>
<xs:element name="datiAttestato" type="typeDatiAttestato">
<xs:annotation>
<xs:documentation>
DATI obbligatori per l'invio al SIAPE attribuiti dalla Regione di competenza
</xs:documentation>
</xs:annotation>
</xs:element>
<xs:element name="datiGenerali" type="typeDatiGenerali"/>
<xs:element name="prestazioneGlobale" type="typePrestazioneGlobale"/>
<xs:element name="prestazioneImpianti" type="typePrestazioneImpianti"/>
<xs:element name="raccomandazioni" type="typeRaccomandazioni">
<xs:annotation>
<xs:documentation>
RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE
</xs:documentation>
</xs:annotation>
</xs:element>
<xs:element name="datiEnergetici" type="typeDatiEnergetici"/>
<xs:element name="datiFabbricato" type="typeDatiFabbricato"/>
<xs:element name="datiImpianti" type="typeDatiImpianti"/>
<xs:element name="informazioniMiglioramento">
<xs:simpleType>
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:maxLength value="255"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:element>
<xs:element name="soggettoCertificatore" type="typeSoggettoCertificatore"/>
<xs:element name="sopralluogoObbligatorio" type="xs:boolean" default="1">
<xs:annotation>
<xs:documentation>
Valorizzato a TRUE se è stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio
</xs:documentation>
</xs:annotation>
</xs:element>
<xs:element name="softwareUtilizzato" type="typeSoftwareUtilizzato"/>
<xs:element name="dataEmissione" type="xs:date"/>
<xs:element name="datiExtra" type="typeDatiExtra">
<xs:annotation>
<xs:documentation>
Dati NON stampati nel certificato, ma ritenuti necessari.
</xs:documentation>
</xs:annotation>
</xs:element>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:simpleType name="typeCodiceISTATRegione">
<xs:annotation>
<xs:documentation>
Codice ISTAT della Regione o Provincia Autonoma di competenza
```

Tabella 12: XSD Attestato di Prestazione Energetica Edifici

Procedure di Gestione e Interrogazione

Nel proseguo delle attività sarà definito il progetto delle nuove procedure di gestione e delle interrogazioni (Card), associate alle singole entità e relazioni. Al momento sono state definite, nel modello dati, le seguenti procedure base:

- registrazione utente e profilazione utente;
- gestione scheda censimento;
- simulazione illuminotecnica (applicazione di Oxytech)
- gestione pagine portale PELL;
- analisi prestazioni;
- diagnostica;
- benchmarking;
- integrazione GIS
- ecc.

1.5 Estensione delle funzionalità della piattaforma PELL (ENEA)

Nella presente annualità sono stati trattati temi relativi allo sviluppo delle funzionalità della piattaforma PELL IP partendo dagli sviluppi della messa a punto del nuovo formato della scheda censimento, alle metodologie di inserimento del WebGIS nella piattaforma stessa, alla messa a punto delle prime specifiche indispensabili per la creazione di un ambiente INSPIRE compliant.

1.5.1 Avanzamento scheda censimento: risultati ottenuti

Tra le implementazioni/modificazioni delle specifiche riguardanti il progetto PELL IP, la prima che si vuole sottolineare è quella relativa al formato della scheda censimento. Tale scheda, "costruita" in una prima fase servendosi di tabelle Excel, pur costituendo la pietra miliare, sia per i contenuti in essa espressi , sia per la assoluta innovazione introdotta in questo tipo di censimento, si è rivelata non conveniente per il tipo di metodologie usate nell'intero progetto stesso.

Nella Figura 12 viene schematicamente rappresentata l'attuale configurazione che vede il Portale del PELL IP fare da collettore tra i comuni e/o gestori e il repository sia dell'anagrafica dei comuni aderenti al progetto, sia dei dati da essi forniti, dati che tutti concorrono al popolamento del DB PELL IP. E' stato messo a punto il WebGIS PELL IP che dal repository DB PELL IP, attinge dati che risultano attualmente a disposizione visualizzandoli direttamente sulla mappa in maniera geolocalizzata. Un esempio di quanto detto si può vedere nella Figura 17, dove sono mostrati alcuni valori come il consumo annuale calcolato e il KPI tecnologico per le valutazioni del caso.

Come accennato, per quanto riguarda la scheda di comunicazione dati, sia da parte di ENEA che da parte di alcuni gestori, come per esempio ENGIE, Gemmo SpA, si è favorita la scelta del formato della scheda censimento in XML.

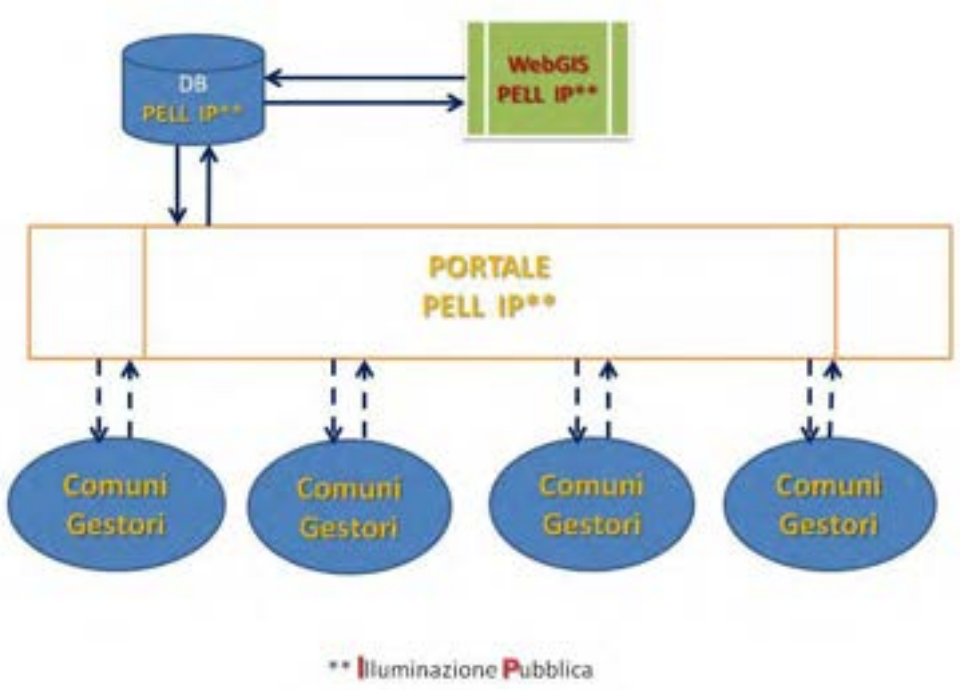


Figura 12: Configurazione dell'attuale piattaforma tecnologica

Tale formato, fermo restando la necessità di creare un applicativo ad hoc, fornisce la possibilità di poter eseguire un caricamento automatico dei dati di competenza dei gestori, al sistema PELL IP direttamente dai loro sistemi gestionali (comunicazione M2M (Machine to Machine)), senza dover trascrivere manualmente tutte le informazioni su un file in formato Excel. Quindi, come evoluzione della precedente scheda PELL IP, in formato xls, ci si è indirizzati verso la realizzazione della scheda censimento in formato XML. Questo

risultato, una volta avvalorato dai feedback provenienti dai gestori di esempio, favorirebbero una migliore diffusione del progetto PELL.
Allo scopo di sottolineare come le attività dei diversi obiettivi siano in correlazione tra loro, è doveroso ricordare che il formato XML, per la scheda censimento, è stato definito nell'ambito del D6a, all'interno delle "Smart City Platform Specification" (SCPS), per la rappresentazione di UrbanDataset (dati eterogenei in ambito Smart City). Si fa riferimento a questo alla rappresentazione dei consumi elettrici in ambito PELL in formato XML" (cfr. capitolo 3 del presente report) che contiene:
1) "NN224-015-v10x-ModelloDatiAstratto.docx" : descrizione del modello astratto che definisce la struttura dei dati;
2) "TemplatePODReading": Template XML che permette di creare agevolmente una istanza XML "POD Reading", ovvero una rappresentazione in XML dei consumi elettrici che i comuni/gestori devono inviare alla Piattaforma PELL;
3) "scps-urbandataset-schema-1.0.xsd": XML Schema per la validazione XML;
4) "scps-urbandataset-schema-1.0.json": JSON Schema per la validazione JSON (template JSON per facilitare l'utilizzo di questo formato).

Alla luce di quanto appena descritto, si possono sintetizzare le attività in corso propedeutiche per l'immediato futuro che prevedono, necessariamente, come prima azione, un momento di condivisione, per la verifica e la ulteriore messa a punto degli appena descritti software di scambio dati, con i diretti interessati che sono i comuni, i gestori, ecc. aderenti al PELL, per verificare che il formato sia esauriente e sufficiente o, viceversa, che abbia bisogno di ulteriori modifiche.
Si è individuata la necessità dello sviluppo e messa a punto di un modulo software, lato piattaforma PELL IP, per importare (all'interno del sistema PELL IP stesso) le schede censimento redatte in XML, nonché lo sviluppo di moduli SW lato comuni/gestori per esportare le suddette schede XML secondo il formato comune (Figura 13); inoltre esiste uno sviluppo in corso nell'ambito del D6a, e utilizzabile anche nel PELl IP, che consiste nello sviluppo software dei Web Service, client e server, secondo alcune interfacce definite nel Smart City Platform Specification.

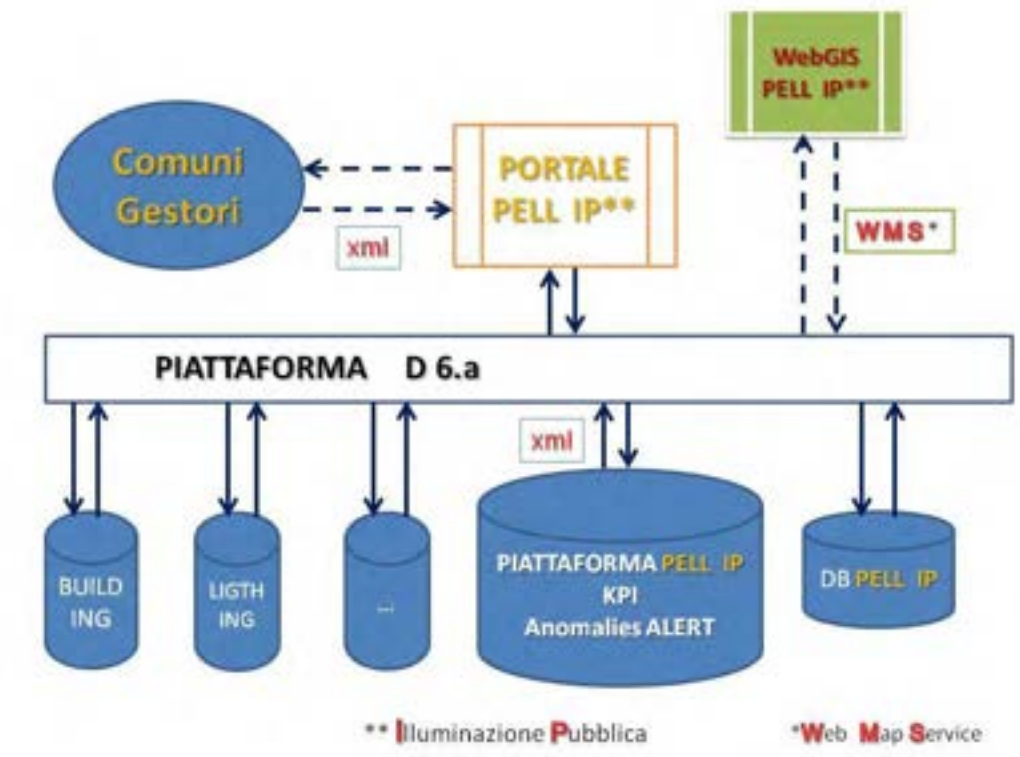


Figura 13: Piattaforma verticale ICT PELL

Quanto appena descritto andrà avvalorato con test di consolidamento.
Si sta dunque procedendo alla riformulazione della scheda censimento PELL nel suo nuovo formato .XML e alla messa a punto di file di template allo scopo di agevolare la compilazione della stessa.

1.5.2 Database PELL IP e WebGIS

Tra le più importanti finalità del WebGIS, implementato all'interno di questo progetto, è sicuramente da includere la facility di poter utilizzare il WebGIS stesso come un cruscotto che visualizzi la maggior parte dei dati misurati, degli indici calcolati e che sia in grado di presentare significativamente questi dati/risultati in una sola schermata. Questo uso del WebGIS PELL IP è stato implementato sulla piattaforma urbana ed è sperimentato, ad esempio, per la visualizzazione dei KPI.
A regime, il monitoraggio costante delle infrastrutture d'illuminazione, previsto dal PELL IP, e la produzione, ad esempio, di KPI, può essere ben gestita e visualizzata da una schermata del cruscotto, che permette di visualizzare, sulla mappa WebGIS, sia quali sono e dove si trovano le strutture con anomalie, sia l'entità delle anomalie stesse. Questo perchè tutte le informazioni relative ai valori misurati e calcolati, oltre ad essere georefernziate, possono essere tematizzate con diversi colori (tabella cromatica) che dichiarano il grado di gravità dell'anomalia o della sua frequenza in un intervallo di tempo definito (un'ora, un giorno, una settimana, un mese, tre anni, ecc.) Figura 14.

Figura 14: Prova del cruscotto WeGIs per i KPI del PELL IP

L'utilizzo del WebGIS/Cruscotto permette di combinare un elevato numero di dati per una loro esposizione chiara ed intuitiva utile per informare e guidare ad intraprendere le eventuali decisioni del caso. Il tutto in

real time, e praticamente in continuo, per non citare la facilità di accesso e di comprensione delle informazioni così visualizzate.
Quindi, uno degli obiettivi principali del progetto PELL IP è stao quello di realizzare uno strumento che consenta di effettuare un controllo dei consumi energetici nonché delle prestazioni (in termini energetici) degli impianti di Pubblica Illuminazione (PI) provvedendo anche alla visualizzazione delle anomalie. Tutto questo allo scopo di avere una migliore conoscenza delle grandezze in gioco utili ad una gestione degli impianti in oggetto che prevede anche la conoscenza della loro dislocazione fisica sul territorio, evenienza assicurata dal rilievo delle coordinate geografiche del singolo impianto e del loro inserimento nella scheda censimento (Figura 15).

Come già descritto, vista la difficoltà operativa dimostrata dalla compilazione delle schede censimento in formato Excel, il popolamento del database PELL, e quindi il numero di visualizzazioni georeferenziate sul WebGIS, hanno subito una fase di stasi.
E' stato realizzato il WebGIS PELL IP, che in questa prima fase del progetto, ha lo scopo di visualizzare, nel territorio su cui insistono, i dati relativi agli impianti di illuminazione, alle loro caratteristiche, consumi, gestori, ecc. Il WebGIS è attualmente disponibile al link http://apic.casaccia.enea.it:8080/pell/BaseApp.html#%23pell-smart:comuni_pell_gis_apic-ADDED e mostra i comuni che fino ad ora hanno aderito al progetto stesso (Figura 15).
Per questi comuni, è possibile accedere ai dati presenti nel database di tipo Mysql e le viste che si possono graficare, all'interno del sistema WebGIS, sono quelle che si rifanno alle tabelle provviste di geometria (in questo caso un campo con la definizione di point).
Per alcuni set di dati (tabelle), che si trovano già acquisiti nel suddetto database Mysql (Nome Database = pell_new), è necessario provvedere all'inserimento della suddetta geometria per rendere i dati stessi (viste) graficabili/visualizzabili nel WebGIS PELL IP.

Tra le operazioni che attualmente si possono eseguire con l'uso del WebGIS si evidenziano quelle riportare in Figura 16 che mostra la dislocazione geografica di alcuni dei POD, codici di prelievo della elettricità, nella città di Trapani. Tale collegamento reale e geografico uno-a-uno tra sistema WebGIS e dispositivo fisico del POD, costituisce un buon livello di controllo delle funzioni, prestazioni, guasti del dispositivo POD stesso. Inoltre data l'essenza dello strumento GIS, che è quella di poter "caricare" diverse caratteristiche, fisiche, ambientali, socioeconomiche, sulla medesima area territoriale, si capisce come, avendo a disposizione, all'interno del sistema WebGIS, altri temi come ad esempio le previsioni meteo, si avrebbe la possibilità di prevedere o individuare guasti o disservizi che andrebbero a inficiare il funzionamento delle sottostazioni che si trovano, per esempio, in aree soggette ad allagamenti.

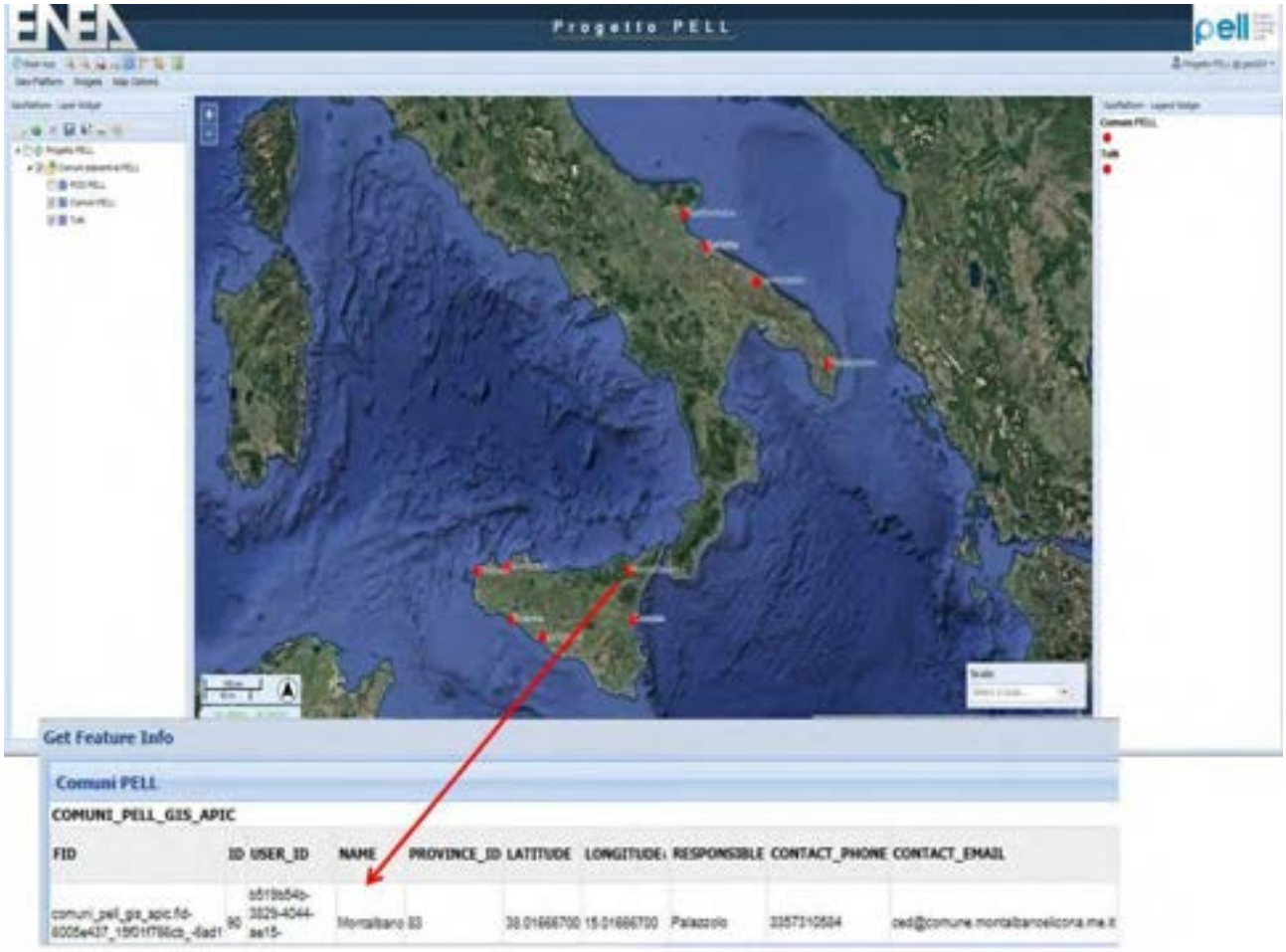


Figura 15: WebGIS PELL, Comuni fino ad ora aderenti

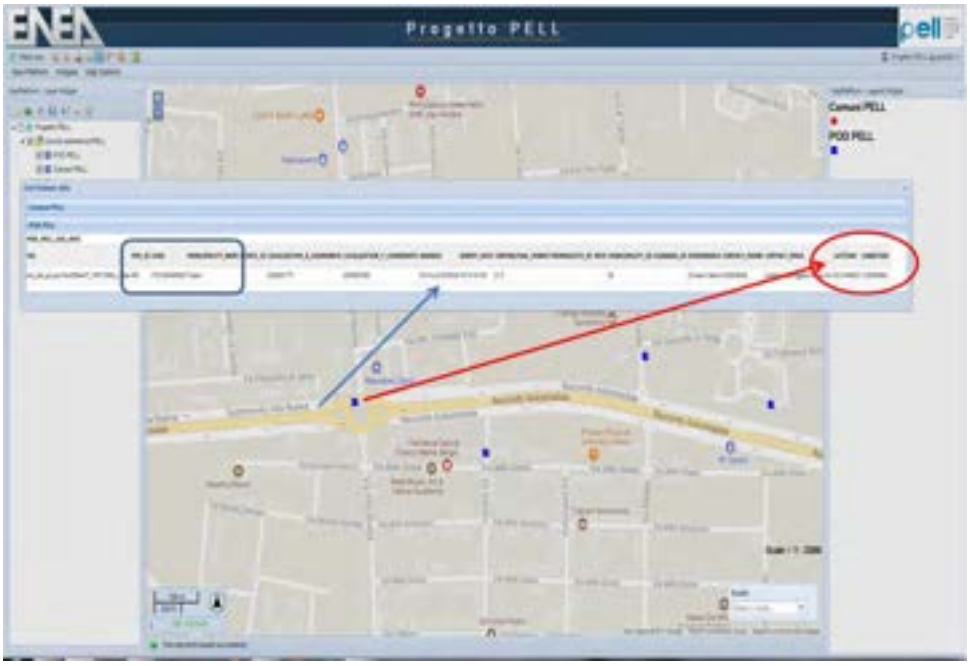


Figura 16: WebGIS PELL IP della città di Trapani

Inoltre, a titolo di esempio, per due dei comuni aderenti al progetto, sono state fatte delle prove di visualizzazione di alcuni dati contenuti nel database PELL IP e di alcuni KPI (Key Performance Index). Come mostrato dalla Figura 17 per tali comuni è possibile visualizzare sulla pagina WebGIS, i valori: Consumo Annuale Calcolato, Consumo medio punto luce, Densità di potenza istallata, KPI tecnologico.

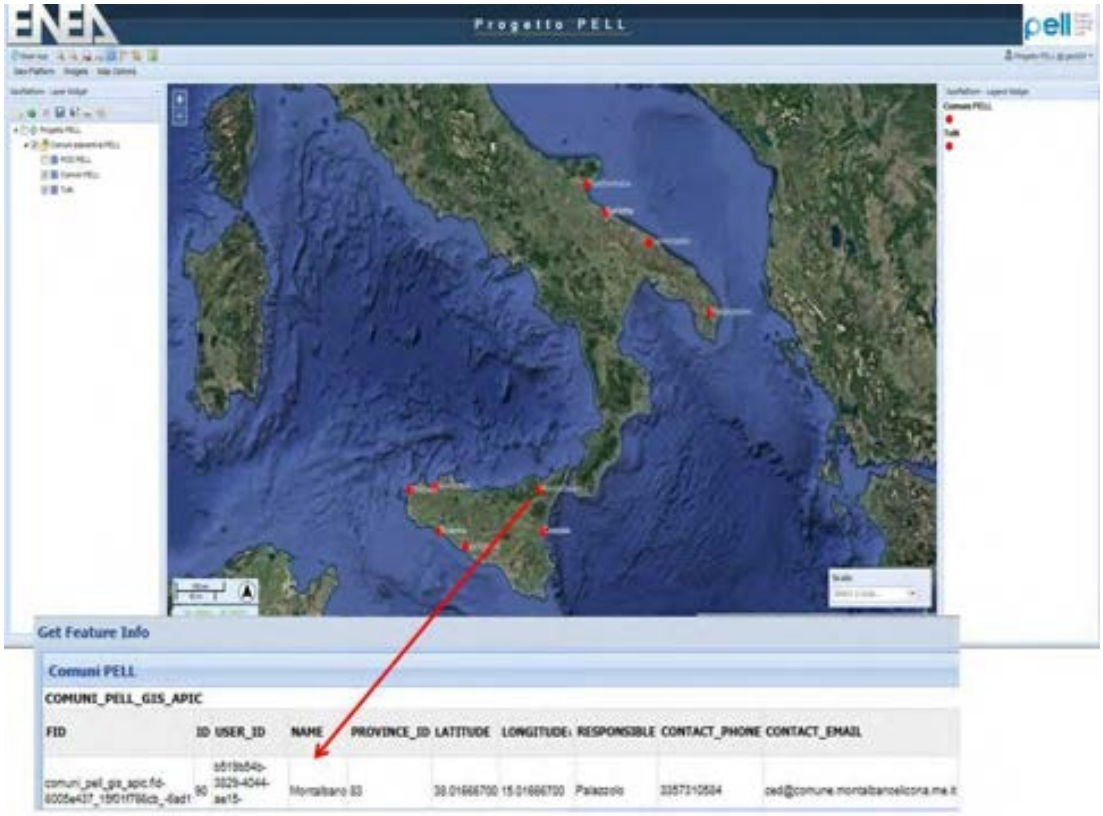


Figura 17: WebGIS PELL IP: valori consumi e KPI tecnologico

Una volta superate tutte le fasi di assestamento, e una volta messe a punto le facility software, descritte nel paragrafo 1.3.1**,** che coinvolgono la compilazione della scheda censimento (rilascio in formato XML), ci si avvierà verso la fase di regime in cui il database PELL IP, popolato di dati provenienti dalle schede censimento, con le dovute tecniche di scambio di formati di dati, andrà a sua volta a popolare il WebGIS PELL IP.

Le schede censimento realizzate dai Comuni/gestori in xml nei modi già descritti, vengono immagazzinate nel database PELL IP, attraverso la piattaforma verticale PELL IP che, come schematizzato in Figura 13, costituisce il veicolo per qualsiasi scambio di dati tra i vari elementi che costituiscono la piattaforma verticale PELL IP.

Gli elementi che sono parte fondamentale del Progetto PELL sono, come schematizzato nelle Figura 13, Figura 14, l'insieme di varie metodologie e tecnologie che tutte concorrono alla realizzazione di un sistema per la descrizione, valutazione, controllo, rappresentazione di anomalie sul territorio, ecc. afferenti il tema della pubblica illuminazione.

I dati contenuti nelle schede censimento, compilati nei modi già descritti, vengono immagazzinati nel database (PELL IP) attraverso la piattaforma verticale PELL IP, a disposizione di diversi usi ed elaborazioni/visualizzazioni del caso, presi in carico, per una parte di loro, dal PORTALE PELL IP (Figura 18) e per altri tipi di elaborazioni/visualizzazioni dal WebGIS PELL IP che scambia i dati con il resto della piattaforma usando lo standard WMS Web Map Service.

Figura 18: Home page del PORTALE PELL

Il popolamento del database PELL IP, costituisce materiale per una serie di azioni, elaborazioni, controlli, che sono già attivi nelle funzionalità del PORTALE PELL IP stesso come schematizzato nella Figura 19.
Il portale PELL è il *front end* attraverso il quale utenti speciali come Comuni, gestori, ecc., che costituiscono quindi un'utenza differente dal semplice cittadino, inseriscono i dati inerenti i loro impianti (scheda XML), servendosi dei già detti software applicativi e template sviluppati ad hoc.
Per quanto riguarda il PORTALE PELL IP, è stata definita e messa a punto la Landing page il cui scopo è quello di fornire delle informazioni dirette, sul preciso argomento PELL IP (Figura 18). La landing page è lo strumento attraverso il quale l'utente/gestore "atterra" alla giusta pagina web del PORTALE PELL IP, attraverso una ricerca che avviene anche solo con parole chiave. La landing page contiene informazioni su cosa tratta il portale e introduce, con una serie di bottoni intelligenti (parte destra della Figura 18) agli argomenti del PELL IP e si integra con lo sviluppo della pagina di Mock-up, che nel caso PELL IP, è stata costruita con immagini evocative del progetto stesso e definizioni ad hoc.
E' stata implementata la funzione di Upload/download delle schede censimento (in formato xls) definendo anche una serie di funzioni descritte nella PELL UP SIDEBAR della Figura 19.
Quanto appena descritto avrà un ben più valido e ampio utilizzo, una volta consolidato il già avviato sviluppo della scheda censimento nel formato xml, che permetterà un più numeroso e veloce caricamento dei dati attraverso il PORTALE stesso.

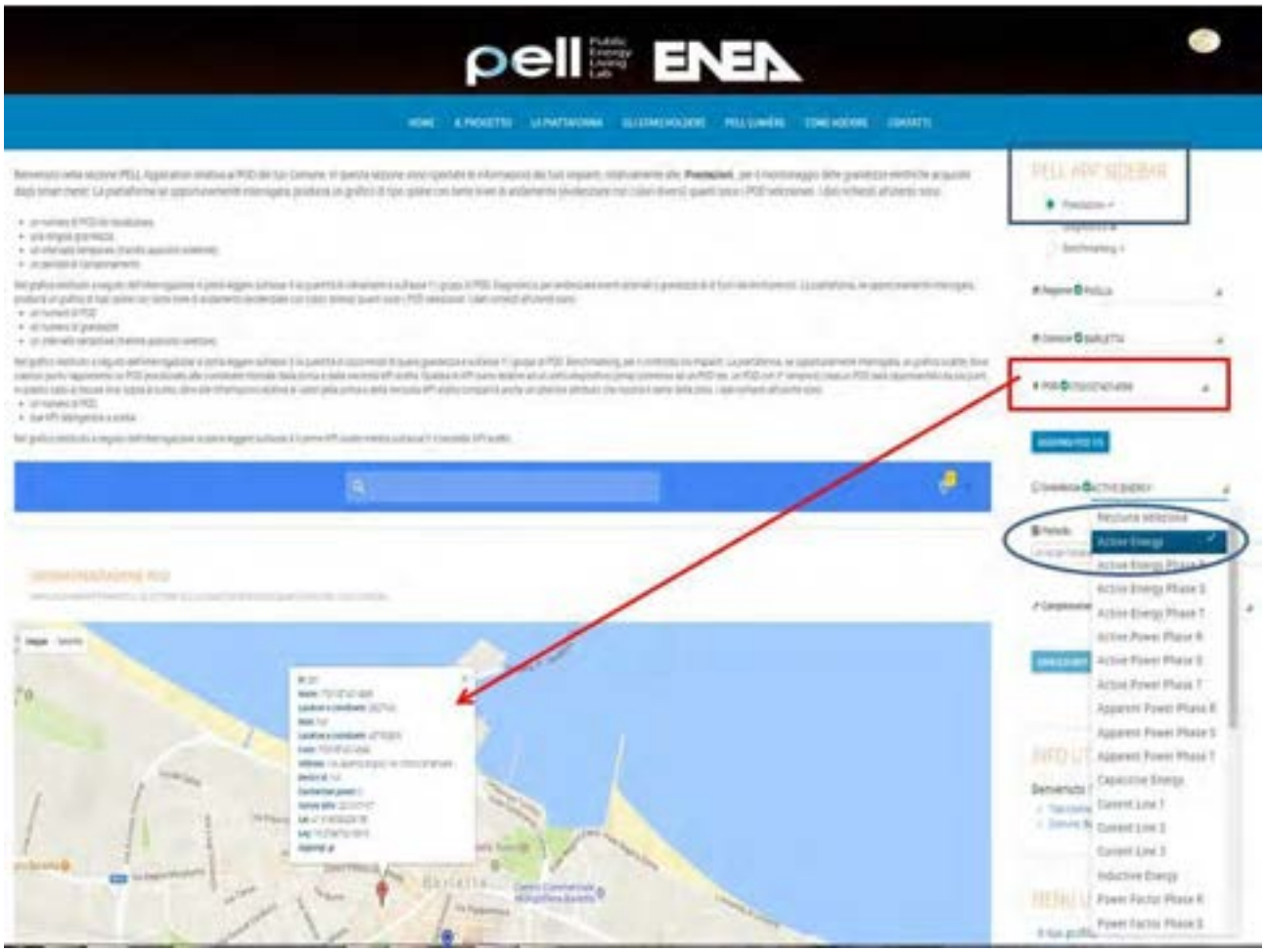


Figura 19: PELL APP SIDEBAR

Inoltre, in un'ottica di affinamento della progettazione del sistema, si è cominciato a valutare la possibilità della messa a punto di una maschera a video per la compilazione online della scheda censimento PELL IP. Dopo l'accesso alla piattaforma/portale del PELL IP, a fronte di una registrazione/riconoscimento del Comune e/o del gestore, l'utente avrà la possibilità di inserire online i dati necessari. La maschera online faciliterebbe l'uso del sistema/piattaforma da parte dei gestori/comuni.
I dati così inseriti in formato .XML vanno a popolare il data database PELL IP fornendo di conseguenza materiale per la visualizzazione degli stessi con lo strumento WebGIS, strumento in grado anche di effettuare delle elaborazioni nonché creare delle viste di output ad hoc (Figura 15, Figura 16, Figura 17).

1.5.3 Inserimento del WebGIS nella struttura verticale della piattaforma di distretto

Le Figura 12 e Figura 13 mostrano lo schema di come l'applicativo WebGIS si inserisce nella piattaforma verticale PELL IP definendo quali sono i rapporti di scambio con gli altri applicativi che insistono sulla stessa piattaforma.
La rappresentazione grafica di Figura 13 evidenzia il tipo di interazione attuale tra le diverse componenti.
In tale configurazione una regola che vale per tutti i componenti è che ogni verticale, che riceve i dati, deve predisporre sia il modo di immagazzinare localmente i dati ricevuti, sia il criterio di come applicare le proprie logiche interne e di scambio con gli altri componenti.
Nel caso del WebGIS, oltre al traffico di dati che, dal DB PELL IP lo raggiungeranno in formato WMS (Virtual Mapping Service), si prevede una interazione con il PORTALE PELL IP.
lo strumento WebGIS si inserisce quindi nella piattaforma come parte integrante della struttura verticale della piattaforma ICT urbana assicurando lo scambio dei dati attraverso l'utilizzo del WMS (Web Map

Service). Lo standard WMS, che consiste in una interfaccia http, si incarica di richiedere immagini di mappe dal server DB PELL IP. A regime, come presentato in maniera preliminare nella Figura 14, il sistema prenderà i valori dei KPI dalla piattaforma urbana. Nella richiesta WMS vengono specificati i layer geografici e l'area di interesse gestibili e pubblicabili attraverso il WebGIS.

1.5.4 INSPIRE: INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe

Nell'ambito dello sviluppo e messa a punto del database afferente il progetto PELL IP, si è posto, in tutta la sua importanza strategica, il problema della creazione di dati e metadati che rispettassero le direttive INSPIRE.

Con la Direttiva del Parlamento Europeo del 14 Marzo 2007: **"***Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)" (*http://inspire.ec.europa.eu/**(***http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007L0002*)(*http://eur-lex.europa.eu/legal-ontent/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&from=EN*))*: si è stabilito di creare una infrastruttura per l'informazione spaziale che, in pratica, rendesse uniche e senza margini di fraintendimenti le definizioni da usare per la descrizione dei dati spaziali/territoriali in tutti gli stati membro della Unione Europea. Questo per motivi di omogeneizzazione del linguaggio e della descrizione del dato territoriale visto il largo uso che, ad oggi, se ne fa in una veramente vasta gamma di casi: dai temi delle politiche ambientali, socio-economiche, ai temi della sicurezza, etc.*

In questo contesto, dovendo ogni stato membro condividere i propri dati con gli altri stati dell'Unione, in merito alla "produzione" di informazione/dati territoriali/spaziali, è divenuto obbligo di legge, per ciascun Paese EU, attenersi alle regole dettate dalla direttiva INSPIRE. Si capisce come tutto il settore pubblico, che utilizza dati spaziali, è coinvolto in questa impresa.

La Direttiva in oggetto è stata recepita in Italia con il DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 (Il D.Lgs. 32/10 (http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/10032dl.pdf), n° 32. "*Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE)*" *(GU n.56 del 9-3-2010 - Suppl. Ordinario n. 47)*
(http://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2010/03/09/56/so/47/sg/pdf).

Successivamente al momento dell'Entrata in vigore del provvedimento in Italia, avvenuta il il 24/3/2010, il decreto legge D.Lgs. 32/10 ha stabilito, che il ruolo di catalogo nazionale dei metadati territoriali sia assolto dal Repoertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT http://www.rndt.gov.it/RNDT/home/index.php) istituito nel marzo 2005 presso l'ex CNIPA, poi DIGITPA, ora Agenzia per l'Italia Digitale (AgID).

Al momento della messa a punto del progetto PELL IP, è emerso il problema della creazione di database che fossero INSPIRE compliant. Nell'ambito delle attività della annualità 2016, si è avviato uno studio di come rendere INSPIRE compliant sia i dati già raccolti, nonché quelli che si stanno e/o che verranno acquisiti. E' per questo che si è avviata una collaborazione che vede presenti: Agenzia per Italia Digitale (http://www.agid.gov.it/), ENEA, InfranteL, Sinfi, Regione Lombardia, collaborazione che ha visto arrivare i primi frutti con la messa a punto e, con la convergenza, da parte dei diversi attori, su una serie di regole specifiche, per la descrizione dei dati.

In parallelo a questo sviluppo si è condotto uno studio, per l'applicazione di soluzioni INSPIRE Compliant, per quanto riguarda il progetto PELL IP, che ha evidenziato la possibilità di utilizzare delle procedure messe a punto da diversi attori aventi autorità e competenze, a livello Europeo, così come a livello nazionale, per dettare regole e modalità di applicazione delle direttive INSPIRE.

Tra gli organismi più accreditati c'è, prima fra tutti, l'infrastruttura INSPIRE stessa, che ha messo in rete, a disposizione di tutti, un insieme di regole e di procedure per allinearsi alle direttive per la produzione di dati INSPIRE compliant (Figura 20).

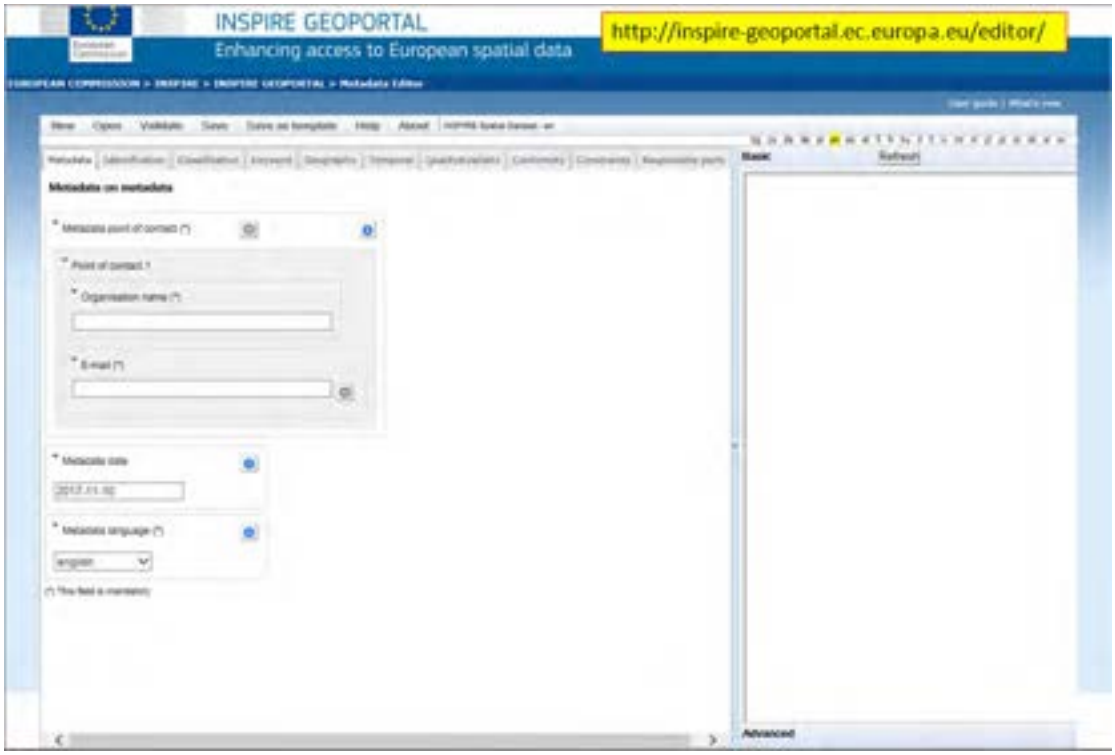


Figura 20: INSPIRE Geoportal sessione Metadata Editor

Per quanto riguarda il progetto PELL IP, sono state avviate alcune sperimentazioni per l'individuazione dello strumento più idoneo, e meno gravoso nella sua applicazione, per la creazione della meta informazione INSPIRE.
Oltre al sistema di creazione e/o di ricerca di meta informazione previsti dal Sistema INSPIRE, tra i più accreditati e usati Sistemi per la compilazione di meta informazione e la ricerca di files INSPIRE compliant, si individuano i seguenti applicativi: GeoNetwork e RNDT.

GeoNetwork
Il Sistema GeoNetwork (https://www.geonetwork-opensource.org/) è sostanzialmente un catalogo per gestire tutti quei dati che necessitano di essere spazialmente riferiti e che costituiscono l'informazione geografica. Il Sistema GeoNetwork permette le funzionalità sia per l'editing dei metadati che per la loro modifica, nonché funzioni di ricerca dei metadati stessi in catalogo e un map viewer interattivo basato su OpenLayers 3 che consente l'accesso ai servizi OGC (WMS, WMTS) (http://www.opengeospatial.org/) e agli standard KML, OWS (http://www.opengeospatial.org/standards/kml/). L'accesso al catalogo permette di usufruire dei servizi di compilazione e anche di alcune facility per la ricerca di altri lyers e di altra metainformazione sui dati.
L'inserimento e la descrizione delle informazioni per creare il metafile, avviene attraverso un editor che segue gli standard ISO19115/119/110 normalmente utilizzati per i dati spazialmente riferiti. Una volta inserito il metafile, compilando tutti i campi obbligatori dettati dal Sistema (e dalle regole INSPIRE), c'è una funzione di validazione delle informazioni inserite. Attraverso un software di convalida, infatti, il sistema GeoServer fornisce, laddove necessario, una serie di suggerimenti per migliorare la qualità dei metadati.
Inoltre attraverso GeoNetwork si può eseguire una ricerca di dati geospaziali su più cataloghi. La ricerca si può effettuare sia a testo integrale sia a parole chiave, tipo di risorsa, organizzazione, ecc.
Questo sistema è attualmente utilizzato per servire numerose infrastrutture di dati spaziali in tutto il mondo.
La peculiarità di avere a disposizione un catalogo di meta informazione e di dati INSPIRE compliant, è stata sperimentata all'interno del Sistema GeoSDI, utilizzato dal progetto PELL IP per la messa a punto del WebGIS di visualizzazione e di controllo di alcuni parametri Illuminazione Pubblica (Figura 21).

Come mostrato in Figura 21, nel Sistema GeoPlatform (GeoSDI), attraverso la finestra di 'Add Layer Window', a fronte di opportune modifiche apportate al Sistema (GeoSDI), si è aggiunto, oltre alle già consolidate facility di accesso ai servizi VMS, un'ulteriore servizio "Add one or more VMS layers to the tree from Metadata" per mezzo del quale è possibile collegarsi al repository GeoNetwork, cercare dati/strati informativi attraverso opportuna meta informazione, e caricarli nel WebGIS. Cliccando infatti su tale finestra si accede ad una ulteriore finestra di dialogo attraverso la quale è possibile ricercare il dato che si vuole utilizzare. La ricerca avviene per nome, per tema, temporalità, ecc., avviene cioè attraverso tutti quei parametri e caratteristiche che sono state inserite durante la creazione della meta informazione per quel dato, layer, strato informativo, ecc. e che seguono le regole di compilazione di metafile INSPIRE.
Nello schema per la creazione della meta informazione (compilazione del meta dato all'interno del Sistema GeoNetwork, che è INSPIRE compliant) è previsto un campo in cui si dichiara la url/indirizzo in cui si trova fisicamente lo strato informativo che si sta meta datando. L'utente WebGIS, che attraverso la finestra "Add one or more VMS layers to the tree from Metadata", si collega al Sistema GeoNetwork, può accedere a quell'indirizzo e caricare (laddove non vi siano restrizioni) lo strato informativo cercato nel WebGIS stesso per tutte le visualizzazioni ed elaborazioni del caso.
Il risultato ottenuto è che in questo modo, tutto il processo descritto è INSPIRE compliant, almeno per le conoscenze e per le tecniche fino ad ora sviluppate.

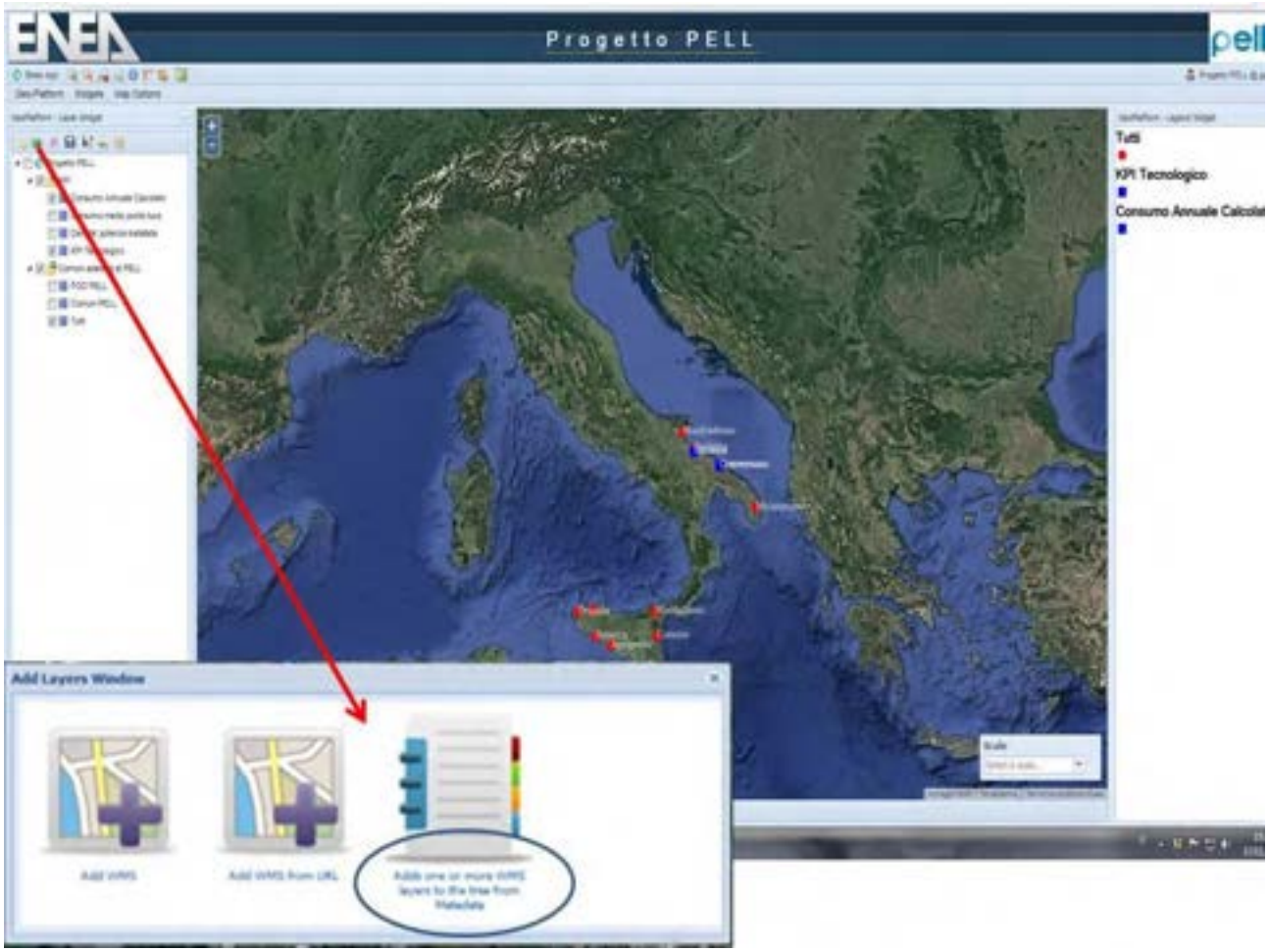


Figura 21: Metadata in WebGIS PELL IP

Per quanto riguarda il PELL IP si è provveduto ad effettuare la seguente prova: loggandosi al sistema GeoNetwork, si è prodotta, secondo gli schemi GeoNetwork, e quindi secondo le regole INSPIRE, della meta

informazione riguardante alcuni layers/strati informativi che sono stati sia parte integrante del sistema GIS, sia, in seguito, del WebGIS del progetto PELL IP.
Alla fine della compilazione dei metadati, il Sistema GeoNetwork produce un file xml che verrà immagazzinato (nel repository GeoNetwork) e che costituisce la meta informazione (INSPIRE compliant) del layer in oggetto.
L'utente che voglia cercare, e poi caricare sul proprio WebGIS, uno strato informativo, deve cliccare sul pulsante "Add one or more WMS layers to the tree from Metadata" (Figura 21). In questo modo si accede alla finestra di dialogo mostrata nella Figura 22. Attivando l'opzione enea, come mostrato dalla freccia rossa, si accede ai servizi csw (Catalog Service for the Web) del catalogo GeoNetwork. La ricerca a questo punto può avvenire scegliendo a piacere uno dei sistemi indicati dal quadrato arancione.
Inserendo la parola "smart", nella casella di scelta (indicata dalla freccia verde), che usa l'opzione "Search text", il sistema "trova" una serie di layers come mostrato in Figura 22 nella tabella "Search Results".

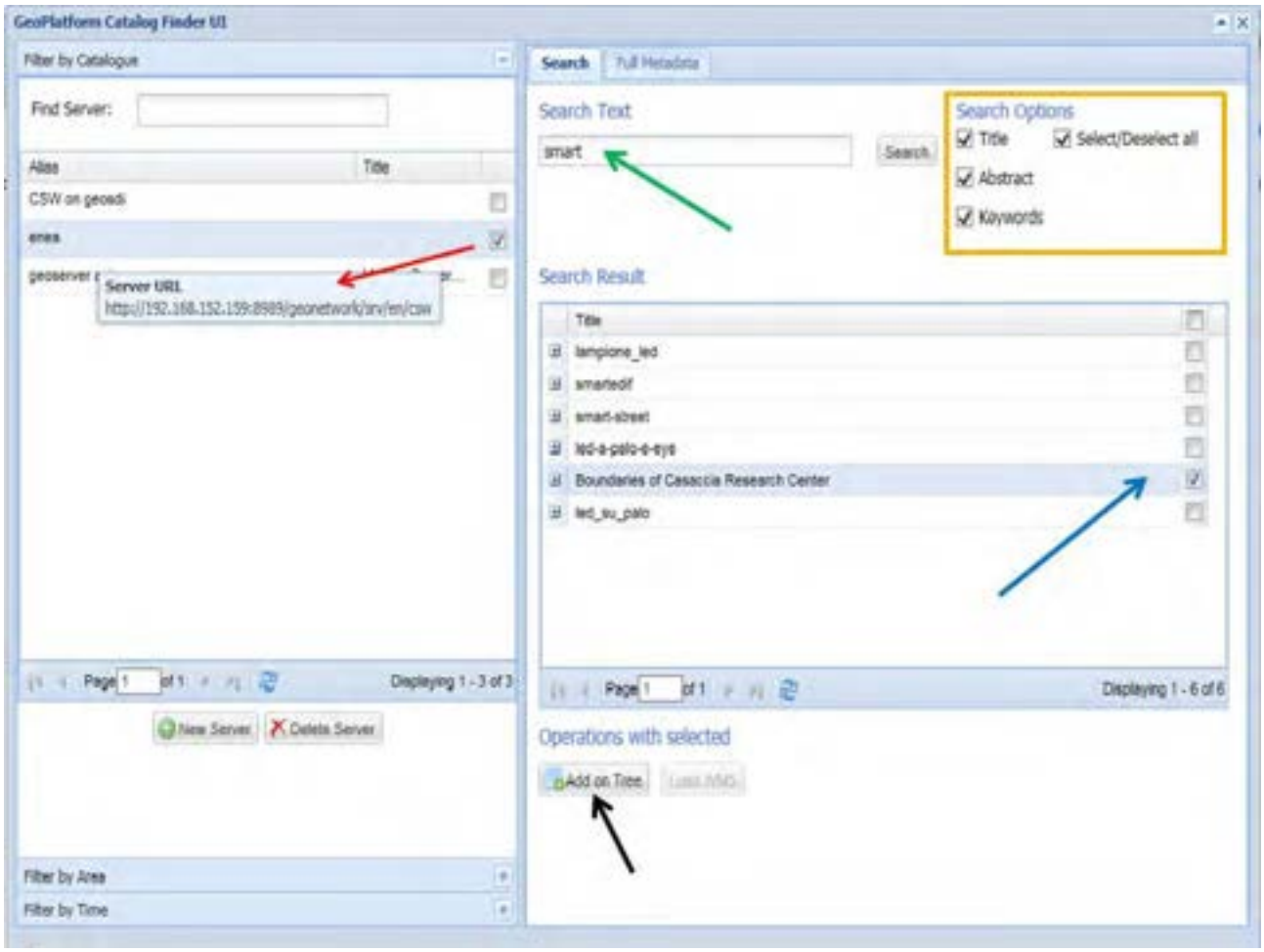


Figura 22: Finestra di dialogo GeoPlatform Catalog Finder UI

La serie degli strati informativi così trovati è "caricabile" all'interno del WebGIS scegliendo uno (o più) degli strati indicati (freccia blu), e poi attivando il pulsante "Add on Tree" (freccia nera).
A questo punto, il vero risultato del nostro studio, è stato quello di riuscire a mettere a punto una metodologia per la ricerca, visualizzazione, caricamento nel WebGIS, di uno strato informativo geografico attraverso i metadati GeoNetwork, INSPIRE compliant, sfruttando le sopracitate opportune modifiche apportate al Sistema WebGIS PELL IP (GeoSDI) (Catalog Service for the Web).

RNDT

Come già accennato all'inizio di questa sezione, il decreto legge D.Lgs. 32/10 ha stabilito, che il ruolo di catalogo nazionale dei metadati territoriali sia assolto dal Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT), istituito nel marzo 2005 presso l'ex CNIPA, poi DIGITPA, ora Agenzia per l'Italia Digitale (AgID).

Quindi, dopo avere vagliato le caratteristiche e le facility offerte dal sistema GeoNetwork, per la produzione INSPIRE compliant, si è studiata anche la possibilità di utilizzare il sistema messo a punto da RNDT/AgID.

Attraverso l'homepage del Sistema, mostrata in Figura 23, si accede ad un'area per la gestione dei Metadati.

Figura 23: Homepage del Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali

Per accedere ai servizi e quindi per ottenere l'accesso all'area riservata del RNDT, è necessario accreditarsi (Figura 24).

La modalità di accreditamento, così come le regole per la compilazione dei metadati sono riportate all'interno delle guide operative pubblicate nella sezione Documenti o alla guida online disponibile in tutte le pagine del RNDT.

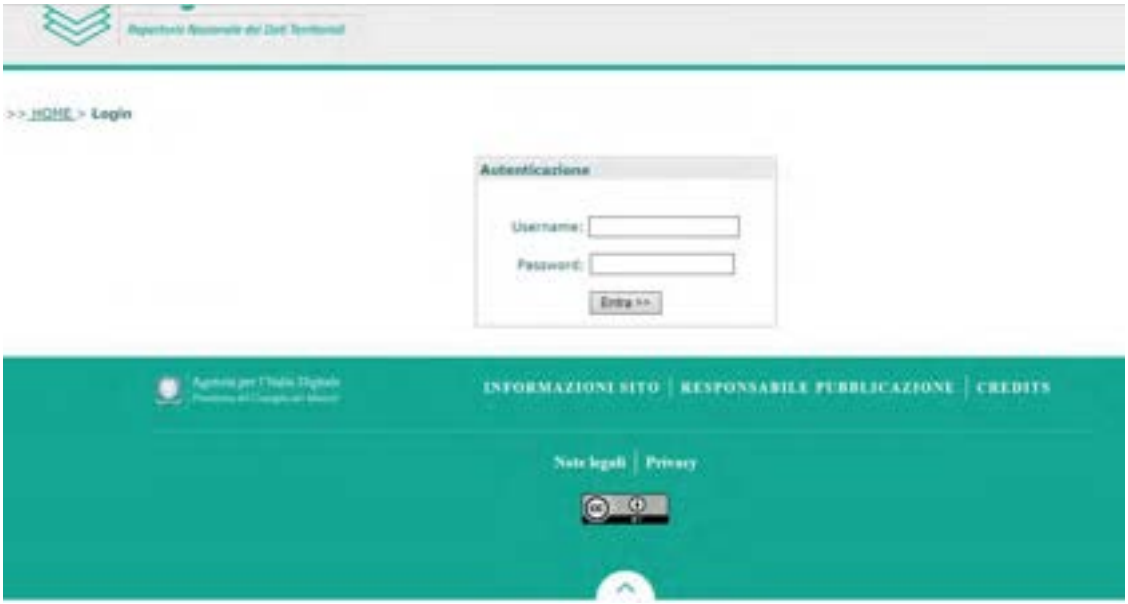


Figura 24: Autenticazione utente RNDT

Dopo l'accesso ai servizi, attraverso una serie di finestre in cascata, come mostrato in Figura 25, è possibile compilare i metadati (Figura 25, Figura 26, Figura 27).

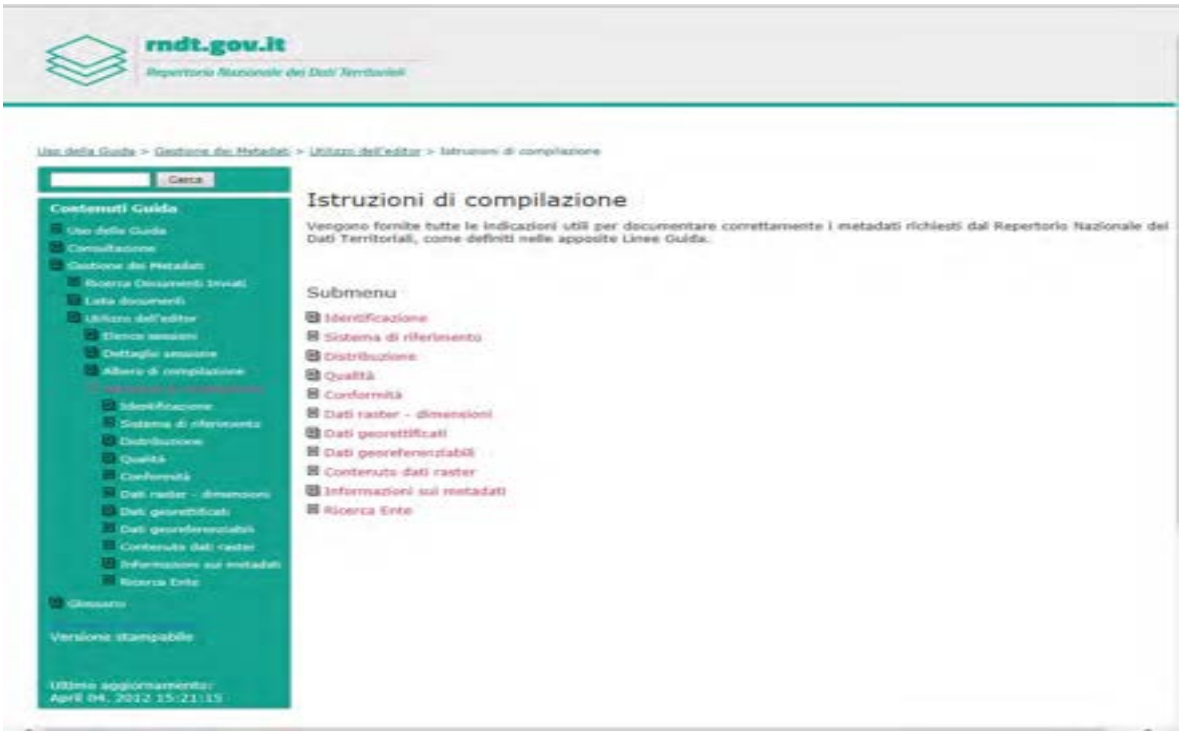


Figura 25: Istruzioni per la compilazione della meta informazione RNDT

Figura 26: Alcune istruzioni per la compilazione di meta informazione per un nuovo set di metadati

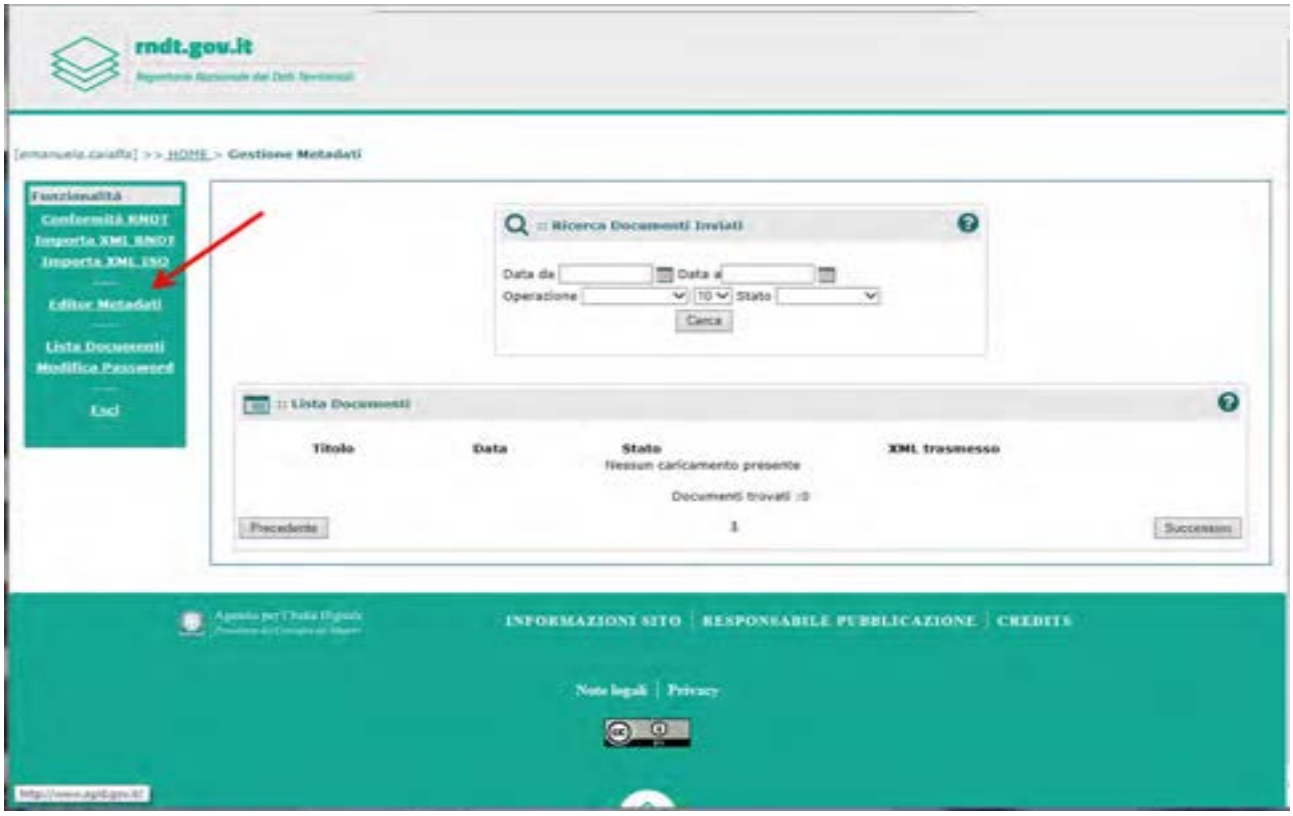


Figura 27: Editor Metadati RNDT

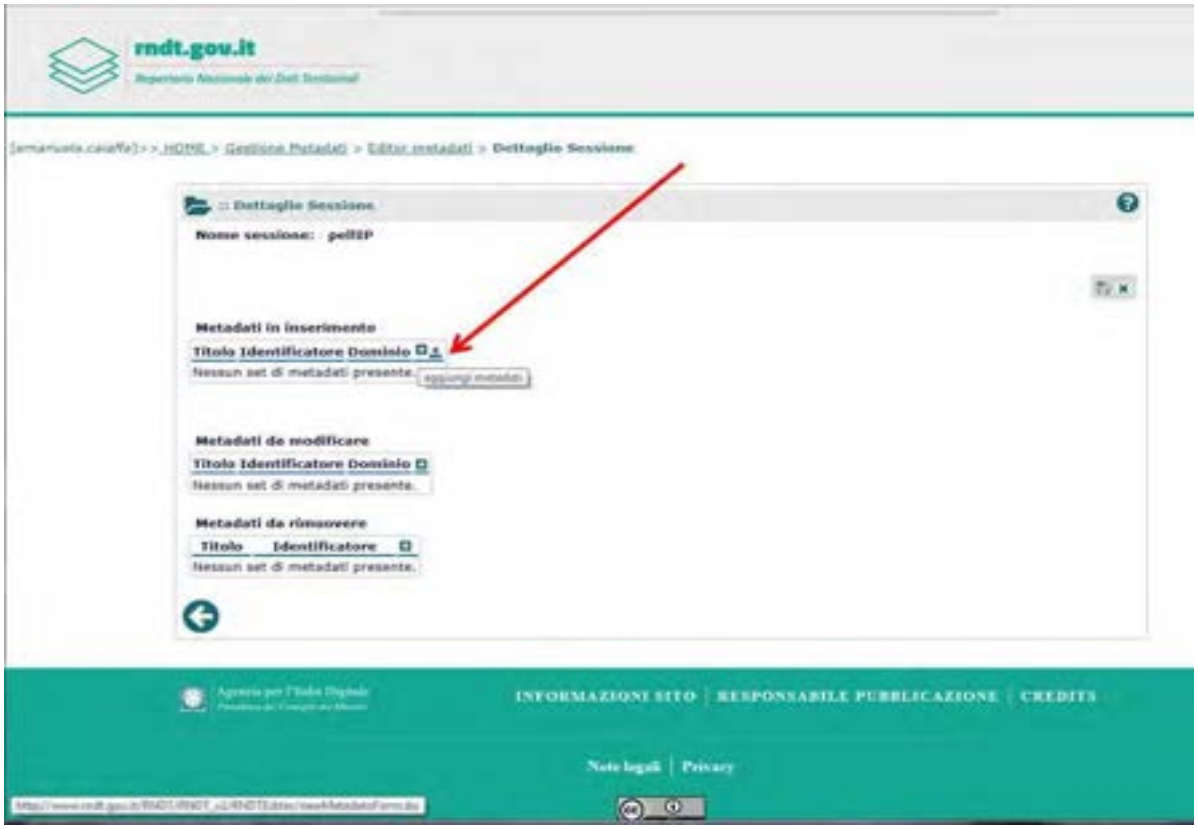


Figura 28: Sessione per l'inserimento di nuova meta informazione, modifica o cancellazione

Una volta compilati i metadati nei modi prescritti dal Sistema RNDT il Sistema stesso procede alla loro pubblicazione (Figura 28).
Anche in questo caso, il potenziale utente, attraverso una ricerca per nome, tema, categoria, ecc. fatta nel Sistema RNDT, avrà la possibilità di accedere alla meta informazione del dato/strato informativo che sta cercando e sapere dove esso è fisicamente collocato (url del repository del dato/strato informativo cercato). Una vola appurato che il dato /strato informativo è libero da vincoli di sorta, si avrà la possibilità di caricarlo e nel WebGIS per le elaborazioni/visualizzazioni del caso.

1.5.5 BIG Data

Nella precedente annualità è stata fatta una analisi approfondita sulle grandi infrastrutture per la gestione di grandi quantità di dati, in particolare ElasticSearch, mentre in questa annualità si è proceduto alla progettazione di BIG Data per la piattaforma SmartCity e per il PELL.
Disporre di un insieme talmente grande e complesso di dati oggi richiede la definizione di nuovi strumenti e metodologie per estrapolare, gestire e processare informazioni entro un tempo ragionevole. Non esiste una dimensione a cui riferirsi poiché le macchine sono sempre più veloci e i database sono sempre più grandi.
Il modello delle 3V introdotto nel 2011 da Doug Laney viene oggi arricchito con altre 2 proprietà:

Modello originale

- *Volume*: riferito alla quantità di dati, strutturati e non, generati ogni secondo. Possono essere generati da sorgenti eterogenee quali sensori, log, eventi, email, social media e database tradizionali;
- *Varietà*: riferita alla differente tipologia dei dati che vengono prodotti, raccolti e gestiti. Con l'avvento delle tecnologie NoSQL ora è possibile creare enormi database distribuiti non strutturati. Questo permette di condurre analisi più accurate e più di dettaglio;
- *Velocità*: riferita non solo alla velocità con cui i nuovi dati vengono generati, ma anche alla necessità che questi arrivino in tempo utile a chi si occupa di effettuare analisi su di essi.

Estensione al modello

- *Veridicità*: Considerando la varietà dei dati e la velocità alla quale tali dati posso variare. Difficilmente si può garantire la stessa qualità di dati in ingresso ai sistemi di analisi normalmente disponibile in processi di ETL[1] tradizionali. È evidente che se i dati alla base delle analisi sono poco accurati, i risultati delle analisi non saranno migliori. Visto che su tali risultati possono essere basate delle decisioni, è fondamentale assegnare un indice di veridicità ai dati su cui si basano le analisi;
- *Valore:* riferita alla capacità di trasformare i dati in valore. Un progetto Big Data necessita di investimenti per la raccolta dei dati e la loro analisi. Prima di avviare un'iniziativa è importante valutare e documentare quale sia il valore effettivo rapportato al business.

Altre caratteristiche non meno importanti di cui tenere conto sono:

- *Variabilità:* proprietà che può rappresentare un problema se riferita alla possibilità di inconsistenza dei dati;
- *Complessità*: maggiore è la dimensione del database e la sua distribuzione geografica, maggiore è la complessità dei dati da gestire; il compito più difficile è collegare le informazioni, ed ottenerne di interessanti, oltre alla gestione vera e propria di queste enormi moli di dati.

Pertanto la tecnologia dei DBMS relazionali, ottima per un gran numero di applicazioni, risulta non essere più efficiente quando si devono trattare applicazioni che producono enormi silos di dati.
L'eterogeneità delle informazioni, sia in termini qualitativi che quantitativi, la loro raccolta distribuita sul territorio, la criticità e talora la riservatezza ne rendono complessa la gestione con strumenti tradizionali.
La maturità raggiunta dalle tecnologie NoSQL fa pensare che forse è arrivato il momento di prendere in considerazione questo nuovo approccio per lo sviluppo dei prossimi progetti e, perché no, studiare la possibilità di un'eventuale migrazione dei repository legacy a questo nuovo mondo.
Pertanto l'obiettivo di questa analisi è di approfondire la conoscenza di uno dei DBMS NoSQL tra i più diffusi, ElasticSearch, cercando di capire quanto strumenti di questo genere possono realmente permettere un salto nel "futuro" rendendo di fatto più "smart" i sistemi informativi del laboratorio.
Si è pensato di progettare due sperimentazioni distinte legate a due attività fondamentali del laboratorio: la piattaforma SmartCity e il progetto PELL.
Per questi due ambiti sono definiti due casi d'uso distinti.

Caso d'uso Backup SmartVillage DB
In questo DB vengono raccolti dati di oltre un migliaio di sensori installati frutto della realizzazione di vari progetti, alcuni già terminati altri ancora in corso.
Ogni progetto prevede uno specifico plugin di interfacciamento tra i propri sensori e le tabelle del DB. Ad oggi sono almeno una dozzina questi specifici software che hanno generato circa 100 milioni di record. Questo sta portando al collasso il sistema.
Si rende quindi necessario trasferire con una certa regolarità i blocchi di record obsoleti in un archivio di backup. Tale archivio non deve essere un sistema passivo ma deve consentire di effettuare elaborazioni statistiche garantendo al tempo stesso la medesima (o superiore) affidabilità del DB principale.
In questo caso si è pensato di introdurre ElasticSearch a valle di tutto il processo di acquisizione, per realizzare un sistema di backup alternativo e al tempo stesso alimentare un enorme dataset interrogabile nel tempo con opportune tecnologie di machine learning.
I dati da trasferire sono essenzialmente quelli della tabella *historian* a cui si aggiunge una tabella quasi statica rappresentante i singoli sensori, la tabella *scada*.

Modalità di trasferimento dati

[1] Extract, Transform and Load, riferito al processo di estrazione, trasformazione e caricamento dei dati in un sistema di sintesi (data warehouse, data mart...).

Periodicamente, in base ad un intervallo temporale da stabilire, uno script automatico copierà il blocco di record aggiunti dopo l'ultima estrazione.
Come discriminante sarà utilizzato l'ID dei record, campo autoincrementale univoco.
La procedura otterrà l'ultimo ID copiato da ES e imposterà una query di estrazione dal DB MySQL per tutti i record con ID > a quello appena letto in ES.
Tali record per essere inseriti dovranno essere formattati con lo standard JSON prima di essere dati in input a ES. Si effettuerà un inserimento massivo chiamato Bulk Insert, una modalità nativa di ES appositamente studiata per la memorizzazione di grosse moli di dati.
Lo schema seguente rappresenta il diagramma di sequenza dello scenario appena descritto (Figura 29).

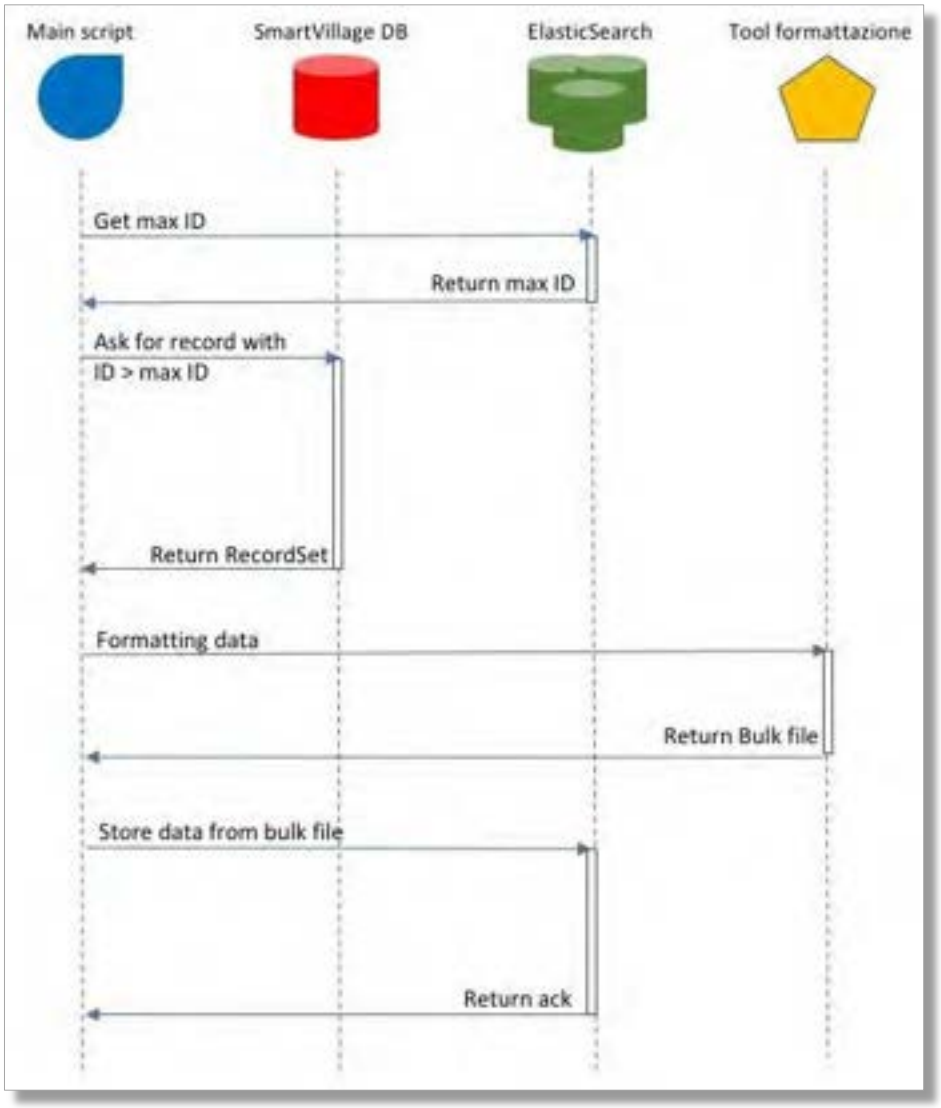


Figura 29: Diagramma di sequenza dello scenario smart village

Un'alternativa alla sequenza sopra descritta potrebbe essere quella rappresentata dall'utilizzo di una libreria chiamata JDBC Importer che dovrebbe estrarre i dati da MySQL e memorizzarli automaticamente in ES senza la memorizzazione e formattazione intermedia.
Qualora questo tool funzionasse correttamente sarebbe certamente da mettere in valutazione con quanto sviluppato da noi per misurarne le performance.
In tutti i casi all'inizio di ogni trasferimento è necessario estrarre da ES l'ultimo ID caricato per impostare in modo corretto la query a MySQL.

Modalità di cancellazione dati

L'operazione di eliminazione dei dati copiati è al momento preferibile tenerla separata sia per motivi di sicurezza sia per una questione di logica.

In effetti la copia di sicurezza deve essere fatta con una frequenza ben superiore di quanto non sia la rimozione dei dati stessi.

Alcune procedure di elaborazione dei dati o di calcolo e valutazione di KPI richiedono di operare su set di dati relativi anche a più mesi per cui è necessario non eliminarli. Al tempo stesso non ha senso, dal punto di vista della sicurezza, effettuare la sola copia dei dati più vecchi di un certo periodo lasciando aperta la possibilità che nel frattempo succeda qualche problema al DB MySQL.

Insomma sono due operazioni asincrone e in quanto tali saranno eseguite separatamente con una diversa frequenza.

L'operazione di cancellazione agirà necessariamente con una frequenza da definire ed eliminerà tutti i record più vecchi di una certa data, probabilmente un "fine mese".

Per questa operazione non è necessario disegnare il relativo diagramma di sequenza, al momento.

Caso d'uso Progetto PELL

Questo caso d'uso prevede l'impiego di ES a monte della piattaforma Smart. Tra la componente produttrice di dati, la sensoristica, e il database relazionale MySQL.

È sicuramente l'uso più consono per uno strumento potente e dalle caratteristiche innovative come ES.

I dati, che provengono da migliaia di punti distribuiti geograficamente possono affluire "as is" nel cluster di ES. Tale cluster sarà composto da nodi che in qualche misura risiedono in aree particolarmente densi di sensori in modo tale da ridurre traffico e rischio di perdita dati.

Una tale architettura dovrebbe garantire analisi real time sull'andamento dei consumi rilevati ai POD rappresentando un vero e proprio cruscotto di controllo dell'intera attività di acquisizione dati, oltre a fornire eventuali warning in caso di rilevamento di dati outlier o altri tipi di anomalie (Figura 30).

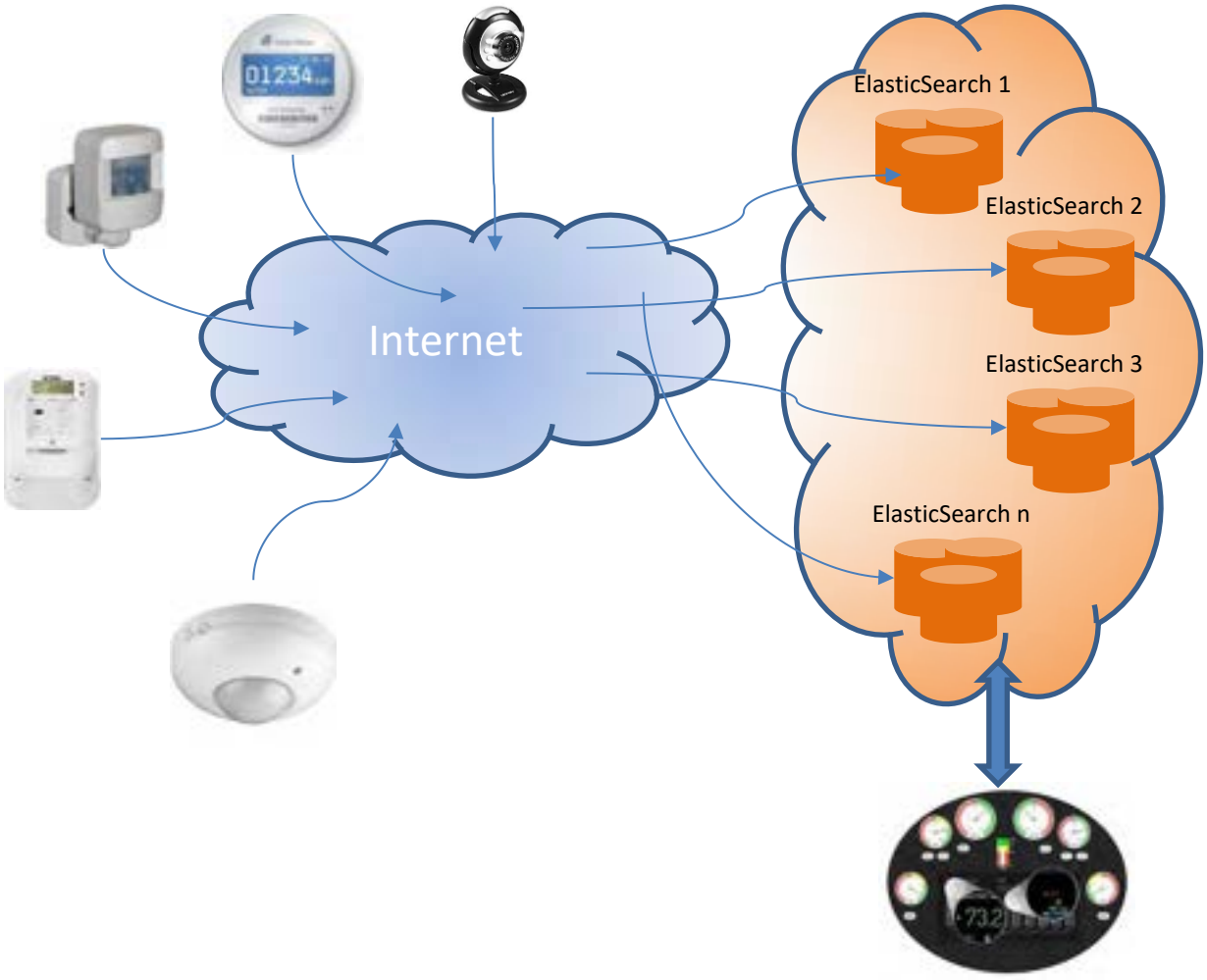


Figura 30: Schema logico trasmissione dati

Periodicamente sarà estratta una sintesi significativa dei dati così ancora allo stato grezzo la quale andrà ad alimentare un datawarehouse grazie al quale elaborare opportune analisi OLAP ed effettuare elaborazioni a supporto delle decisioni.

Architettura dei sistemi
In entrambe le sperimentazioni sarà possibile, per semplicità ed economicità d'uso, utilizzare la stesa architettura hardware e software.

Nel diagramma di deployment seguente viene indicata la configurazione di massima dell'architettura di sistema (Figura 31).

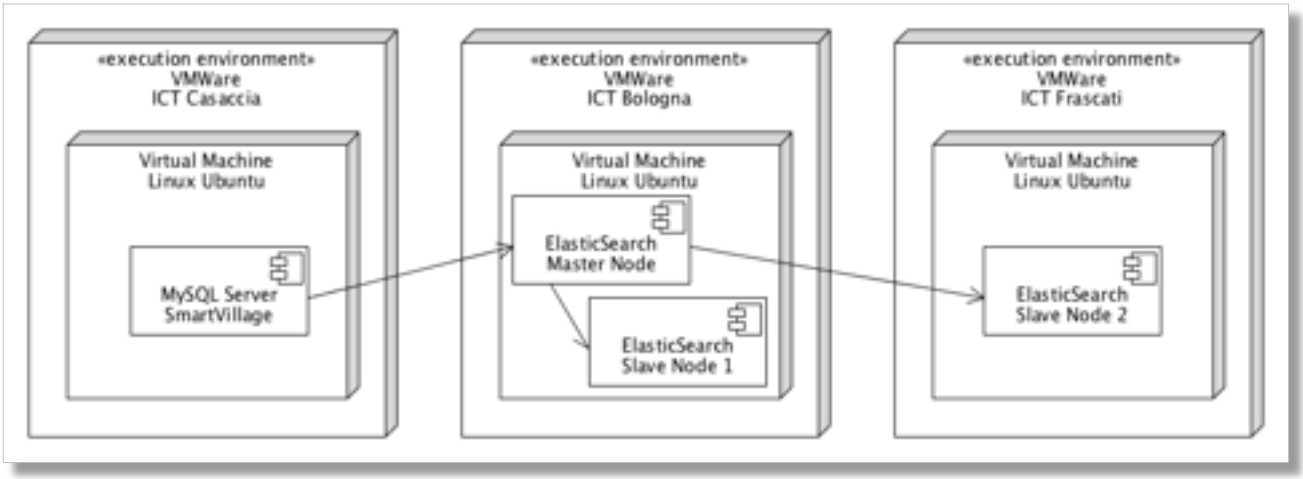


Figura 31: Diagramma di deployment

Accanto al sistema Linux già esistente su cui gira un'istanza di MySQL Server contenente il DB SmartVillage saranno predisposti almeno altri due sistemi, remoti tra loro, che conterranno istanze di ElasticSearch federate nello stesso cluster.
La configurazione prevede di effettuare anche test di scalabilità:

- verticale, aggiungendo nodi sulla stessa Virtual machine;
- orizzontale, aggiungendo altre Virtual Machine con nuove istanze di ES collegate tra loro

Nella versione di primo deployment un sistema partirà già con due nodi sulla stessa VM (uno Master e l'altro slave) a cui si affiancherà un sistema contenente una sola istanza di ES, in modalità Slave.
In un secondo tempo si potrà effettuare un potenziamento di tale struttura inserendo altri nodi per studiarne il comportamento sia in termini prestazionali che gestionali.

2 Validazione del software LENICALC v.1 e nuova release LENICALC v.2

Nell'ambito del sotto obiettivo c.2 "Controllo e valutazione remota consumi e prestazioni complessi edificati" si è proseguita l'attività avviata nella prima annualità (PAR2015 Progetto D.5) relativamente allo sviluppo del software LENICALC per il calcolo delle prestazioni energetiche di sistemi di illuminazione di edifici secondo il metodo 1 della norma EN15193-1:2017 (Comprehensive Method).
In particolare, al termine della prima annualità è stato prodotto il software LENICAL V.1 (*prodotto sviluppato da ENEA in collaborazione con il gruppo di lavoro GL10 "Efficienza energetica degli edifici" UNI/CT023/GL10 della Commissione UNI/CT023 "Light and Lighting" del quale l'ENEA è il coordinatore da ottobre 2015)* versione che ha visto il completamento del calcolo dell'indicatore LENI (Lighting Energy Numeric Indicator - EN15193-1:2017) su base annua per edificio costituito da "n" piani, caratterizzato da "n" superfici finestrate (verticali o orizzontali) ed in presenza di eventuali ostruzioni esterne, con il livello di dettaglio riportato nel report (Rds/PAR2015/007) [3].
In parallelo, l'università Politecnico di Torino ha effettuato una ricerca (Rds/PAR2015/005) [4] che consentisse di effettuare uno studio preliminare di confronto tra le due versioni della norma (EN15193:2007 e EN15193-1:2017) [5, 6] per capirne i nuovi sviluppi, oltre allo studio volto alla identificazione di edifici tipo di riferimento per la successiva validazione del software LENICALC prevista nella presente seconda annualità.
A seguito degli obiettivi raggiunti al termine della prima annualità e del software completato (TRL7) in questa annualità l'attività è stata articolata nel seguente modo:

- Attività di validazione di LENICALC v.1 ed applicazione ad edifici tipo svolta dall'università del Politecnico di Torino
- Redazione della nuova release LENICALC v.2 (TRL8) a seguito delle osservazioni scaturite dalla validazione del Politecnico di Torino e recepite dal gruppo di lavoro ENEA-GL10.

L'obiettivo dell'attività svolta nella seconda annualità è stato duplice:
1) da un lato validare il software realizzato (LENICALC V.1) operazione effettuata dal Politecnico di Torino che ne ha verificarne la coerenza ed il funzionamento, applicando il software ad un ambiente campione, e successivamente applicandolo a casi di edificio tipo (identificati nella precedente annualità) così da poter valutare come i vari indicatori della norma fossero calcolati (correttamente o meno) e dare di volta in volta i vari feedback al gruppo di lavoro ENEA – GL10 UNI per una attenta analisi;
2) effettuare le correzioni di LENICALC V.1 in base a quanto emerso dalla fase di validazione (correzioni nei files sorgente del software) ed implementare la procedura di calcolo dell'energia primaria mensile per l'intero edificio, ciascun piano e ciascuna stanza. L'implementazione del calcolo mensile dell'energia è un elemento di grande utilità per il calcolo degli apporti energetici imputabili agli impianti di illuminazione da inserire nelle valutazioni globali di tipo energetico degli edifici. Questa attività ha consentito di pervenire alla release LENICALC V.2 (TRL8).
Di seguito si riporta la descrizione delle due attività effettuate nella presente annualità.

2.1 Attività di validazione di LENICALC v.1 e applicazione ad edifici tipo (Politecnico di Torino)

Partendo dai risultati ottenuti dalla prima annualità dell'attività di ricerca (Rds/PAR2015/005) di seguito sintetizzati:
1) la nuova versione della norma rappresenta un'evoluzione significativa rispetto alla versione precedente, dal momento che introduce tutti i parametri che hanno un impatto significativo, anche alla luce di quanto dimostrato in studi scientifici condotti a livello internazionale, sulla disponibilità di luce naturale all'interno degli edifici e quindi sul consumo annuo di energia elettrica per illuminazione (LENI);
2) il metodo di calcolo del LENI proposto nella versione aggiornata della norma risulta piuttosto complesso e di non immediata applicazione per utenti che non siano esperti: la disponibilità di un software (LENICALC ENEA V1) che consenta di automatizzare l'applicazione della procedura di calcolo appare dunque uno strumento necessario per assistere il team di progettazione nella stima del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione;

3) la definizione di alcune tipologie di edifici tipo permette di avere dei casi di riferimento utili per l'applicazione del metodo di calcolo e per la validazione del software LENICALC ENEA V1, nonché per la definizione di una serie di valori di benchmark;
l'attività di questa seconda annualità è consistita nella fase di validazione del software LENICALC V.1 e successiva applicazione ad edifici di riferimento. In particolare, lo studio ha reso inoltre possibile un'analisi delle criticità e delle potenzialità che il metodo di calcolo presenta in rapporto alla sua applicazione a casi studio (Report RdS/2016/015).

In particolare, ***l'attività di validazione*** è stato effettuata nel seguente modo:

- **validazione del calcolo di WL** (energia totale per l'illuminazione - kWh)

1. validazione dei vari fattori di dipendenza F_D (Daylight dependency factor), F_C (Constant illuminance factor), F_O (Occupancy dependency factor);
2. dai risultati numerici delle simulazioni, utilizzando un ambiente campione, che hanno consentito di effettuare la validazione dei vari fattori F_D, F_C, F_O determinati con calcolo analitico e con LENICALC V1 (allegati riportati al fondo del Report RdS/2016/015).

Di seguito si riporta lo schema logico del processo di validazione per il fattore di *Dipendenza* F_D (luce naturale) Figura 32 e si rimanda al Report RdS/2016/015 per maggiori dettagli).

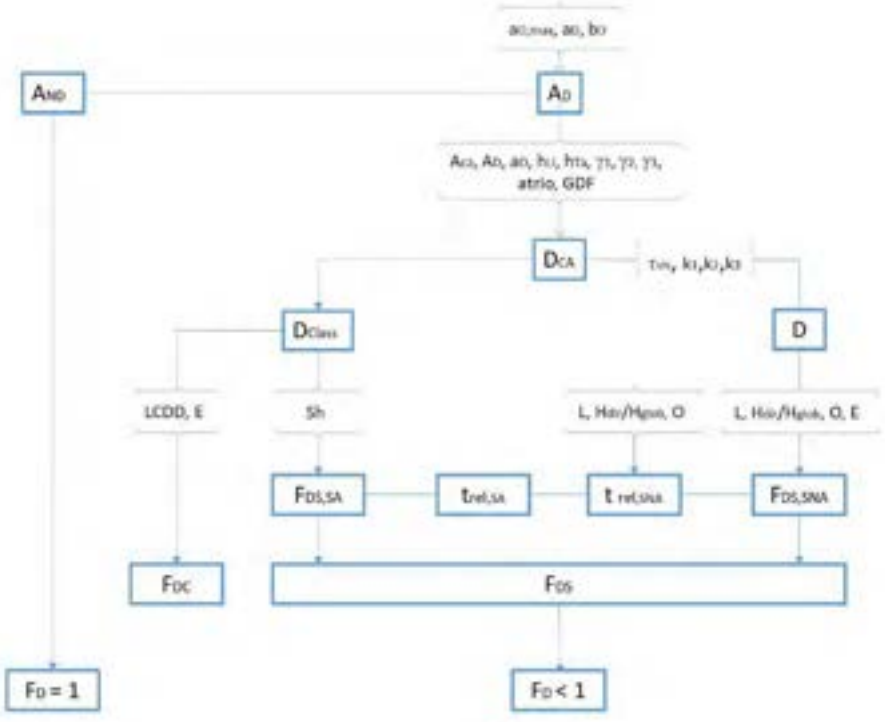


Figura 32: Processo logico di validazione di LENICALC V.1

- **validazione del calcolo di WP** (energia totale di standby - kWh)

1. risultati numerici delle simulazioni che hanno consentito di effettuare la validazione del calcolo WP determinati con calcolo analitico e con LENICALC V1 (allegati riportati al fondo del Report RdS/2016/015).

Durante lo svolgimento di questa prima fase di lavoro, i risultati ottenuti dalla validazione dei vari parametri sono stati condivisi, step by step, con il gruppo di lavoro ENEA e GL10 UNI per essere vagliati così da apportare, là dove necessario, le modifiche ai file sorgenti di LENICALC V.1.
A titolo di esempio si riporta una delle schede riassuntive dei risultati numerici (Figura 33) effettuati per questa fase di validazione che sono riportate negli allegati del report.

4_windowL1_W
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= 6 m	P= 6 m	H= 3 m

APERTURE					
Window 1					
Orientamento: West					
L = 1 m	H = 1,7 m	hLi= 1,7 m			
γ_1 = 0	γ_2 = 0	γ_3 = 0			
τ_{vis} = 0,700					
$t_{rel,D,SNA}$=0,80784	$t_{rel,D,SA}$=0,19216				

DATI GENERALI	
Luogo	Londra
Latitudine	52,1
H_{dir}/H_{globe}	0,421
Edificio	Ufficio
Locale	Cell. 1 person
E_m	500
E_m real	500
t_d	2250
t_n	250
h_{wp}	0,8 m
k1	0,700
k2	0,950
k3	0,850
MF	0,80
Shading control	None
Daylight control	Manual
Occupancy control	Manual On/Off Switch

OUTPUT					
ANALITICO			LENICALC (Sept. Version)		
Ad = 16,03 m²	And = 19,97 m²		Ad = 16,03 m²	And = 16,03 m²	
a_D = 4,75 m	b_D = 3,375 m		a_D = 4,75 m	b_D = 3,375	
A_D = 16,03 m²	$A_{D'}$ = 16,03 m²		A_D = 16,03 m²	$A_{D'}$ = 16,03 m²	
D_{CA} = 2,851%	D_{class} = Low	D = 1,128%	D_{CA} = 2,865%	D_{class} = Low	D = 1,134%
$F_{D,S,SNA}$ = 48,717%	$F_{D,S,SA}$ = 0,600		$F_{D,S,SNA}$ = 48,859%	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = 0,509			$F_{D,S}$ = 0,488		
$F_{D,C}$ = 0,47			$F_{D,C}$ = 0,47		
F_D = 0,761			F_D = 0,770		

Figura 33: Esempio di scheda dei risultati della validazione

A seguito della attività di validazione, sono state indicate dal Politecnico di Torino alcune procedure di calcolo per meglio rispondere alle esigenze di determinazione di alcuni fattori presenti nella metodologia di calcolo per quanto riguarda la luce naturale (schermatura, daylight factors, etc..) ad esempio, per il fattore di *Dipendenza della luce naturale* F_D, è stata proposta di effettuare la media ponderata dei fattori F_D di zona (quante sono le zone in cui è suddivisa una stanza) al fine di determinare il fattore F_D dell'intera stanza.
Per l'analisi dettagliata della fase di validazione e dei risultati ottenuti si rimanda al report redatto dal Politecnico di Torino (RdS/2016/015).

Per quanto riguarda ***l'attività di applicazione del metodo*** di calcolo del LENI ad edifici pubblici di riferimento, tra quelli analizzati nella prima annualità in qualità di casi studio (in grado di coprire un insieme ampio tra le variabili che caratterizzano il metodo di calcolo stesso) è stato selezionato "l'edificio scolastico tipo".
L'edificio scolastico tipo è rappresentativo di una scuola superiore. Come tale, è dimensionato per ospitare 500 studenti, divisi in 20 classi (25 studenti per classe). Si tratta di un edificio a stecca, di 3 piani fuori terra, con dimensioni del piano-tipo pari a 77 m * 17 m, pari a 1309 m^2. La pianta è a doppia manica, sviluppata intorno ad un corridoio centrale, con due blocchi con servizi e scale e ascensori in posizione simmetrica. I vari ambienti ad uso didattico e amministrativo risultano dunque avere un doppio orientamento.

All'interno del layout dell'edificio, il piano terra ospita tutti gli ambienti ad uso amministrativo (uffici singoli e open-space), la sala docenti, la biblioteca, e alcuni laboratori, mentre le aule didattiche (così come altri laboratori) sono concentrati nel secondo e terzo piano fuori terra.
Nello studio, si sono variati i seguenti aspetti, in modo da rendere l'edificio tipo rappresentativo di in maggior numero di casi esistenti.
In particolare si è variato:

- il sito in cui è collocato l'edificio scolastico; la scuola tipo è stata collocata in due città con caratteristiche di latitudine e climatiche molto diverse: Torino (latitudine L = 45.1°N e luminous exposure Hdir/Hglob = 0.43) e Catania (L = 37.4°N, Hdir/Hglob = 0.56);

- il contesto urbano, in modo da collocare l'edificio in 3 diversi scenari, rispettivamente ad alta densità urbana (tipica del centro storico), a media densità (tipica delle zone di prima periferia) e a bassa densità (tipica di contesti extra-urbani o di piccoli agglomerati urbani);

- l'orientamento degli ambienti, in modo da analizzare il caso di ambienti con esposizione sia nord-sud, sia est-ovest.

In tutti gli ambienti è stata assunta l'installazione di finestre con vetri doppi chiaro-chiaro, con un fattore di trasmissione luminosa TL = 0.7 e frazione telaio = 0.3, completate da un sistema di schermatura mobile, costituito da un sistema tipo tapparella o veneziana operata dagli utenti. Le caratteristiche dell'edificio scolastico tipo studiato sono rappresentate in Figura 34.
Le sorgenti luminoso prese in considerazione per gli apparecchi sono: sorgenti fluorescenti e sorgenti a LED.
In relazione all'applicazione delle due diverse tipologie di sistemi di illuminazione, sono stati assunti diversi scenari di integrazione fra impianti di illuminazione tradizionali e a LED:
1) in un primo scenario, si è assunto che tutti gli impianti siano di tipo tradizionale (100% FLUO);
2) in una seconda serie di scenari si sono implementati degli interventi di retrofit, dapprima sul 50% degli ambienti (50% LED – 50% FLUO) per arrivare ad una situazione in cui tutti gli impianti siano stati sostituiti con impianti a LED (100% LED).

In quest'ottica, lo studio delle prestazioni dell'impianto di illuminazione nell'edificio scolastico di riferimento è stato strutturato in 3 fasi:
FASE 1 (scenario 1): calcolo dei valori LENI per edifici esistenti in assenza di interventi di retrofit (tutti gli impianti di tipo tradizionale - 100% FLUO);
FASE 2 (scenari 2-3-4-5): calcolo dei valori LENI per edifici in cui siano stati implementati degli interventi di retrofit, con la progressiva sostituzione dei sistemi fluorescenti con sistemi a LED, inserendo anche l'introduzione di sistemi di controllo dell'emissione luminosa basati su fotosensori e, in ultimo scenario, con l'inserimento di una sistema di schermatura automatico in sostituzione del sistema operato manualmente dall'utenza.
FASE 3 (scenario 1b): si è estesa l'analisi delle prestazioni degli impianti in edifici scolastici con sistemi di illuminazione fluorescente, con l'obiettivo di definire un range di valori di riferimento che potrebbero essere assunti come benchmark per questo tipo di edifici. In quest'ottica, lo scenario 1 è stato considerato rappresentativo di edifici di più recente realizzazione o in cui i sistemi di illuminazione siano stati sostituiti con sistemi con ottiche e sorgenti fluorescenti di ultima generazione. Tale scenario è stato messo a confronto con uno scenario rappresentativo di edifici in cui gli impianti siano più obsoleti, in relazione al tipo di ottiche (prismatizzate o comunque più diffondenti rispetto alle ottiche di tipo dark-light) o alle modalità di installazione (presenza di luce diretta/indiretta in alcuni ambienti quali gli spazi di distribuzione o i bagni comuni).
Dalle simulazioni effettuate per la *valutazione della FASE 1 (Scenario 1)* di **edifici scolastici esistenti**, è stato possibile determinare l'effetto di alcuni elementi sul calcolo del LENI, quali:

- Effetto della latitudine e del clima,
- Effetto dell'orientamento,

- Effetto del contesto di densità urbana,
- Effetto del piano fuori terra,
- Effetto del tipo di attività svolta nei vari ambienti (destinazioni d'uso).

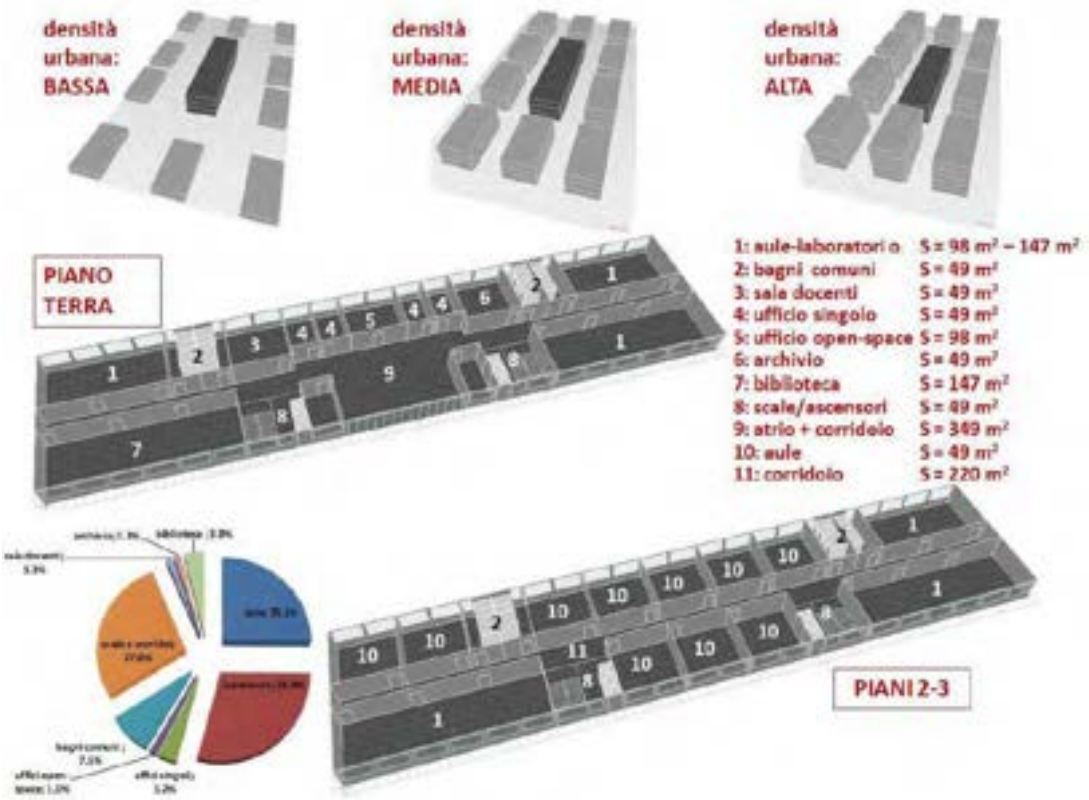


Figura 34: Schema delle caratteristiche architettoniche e funzionali dell'edificio scolastico di riferimento

A titolo di esempio di riporta uno dei grafici prodotti per valutare l'effetto dell'orientamento sul calcolo del LENI Figura 35

Figura 35: Valori LENI ottenuti per edifici esistenti (scenario 1): influenza dell'orientamento

Allo stesso modo sono state effettuate *le valutazione della FASE 2 (Scenari 1-3-4-5)* grazie alle quali calcolare il LENI in relazione ad **interventi di retrofit** messi poi a confronto con lo Scenario 1. In questo caso, come lecito aspettarsi, il retrofit di impianti tradizionali con l'inserimento progressivo di tecnologie e di sistemi di controllo ha determinato un risparmio pari al 51,5% rispetto allo scenario con impianto tradizionale.
Infine, dalle simulazioni effettuate per la *valutazione della FASE 3 (Scenari 1-1b)* è stato possibile **definire valori di benchmark per gli edifici esistenti con impianto di illuminazione di tipo tradizionale**. Anche in questo caso, le valutazioni effettuate per edifici che presentino tecnologie obsolete evidenziano un incremento del valore del LENI.
Per un maggiore dettaglio sui risultati ottenuti e sulle caratteristiche dei i sistemi di illuminazione si rimanda al report (RdS/2016/015).
In conclusione, le simulazioni hanno evidenziato che per edifici esistenti il LENI sia influenzato dal tipo di contesto nel quale è inserito e varia al variare del piano in rapporto alle funzioni presenti. Minore invece è l'influenza del sito e dell'orientamento. L'intervento di retrofit ipotizzato riduce significativamente il valore del LENI tra -18.2% e -63,4% a seconda del tipo di intervento e del grado di obsolescenza dell'impianto preesistente.

2.2 Nuova release LENICALC V.2 (ENEA)

L'attività svolta quest'anno dall'ENEA in collaborazione con il *gruppo di lavoro GL10 "Efficienza energetica degli edifici" UNI/CT023/GL10 della Commissione UNI/CT023 "Light and Lighting"* ha riguardato tre differenti attività, svolte in parallelo:
1. la redazione delle specifiche per la nuova release di LENICALC V.2, a seguito dell'attività di validazione svolta dal Politecnico di Torino;
2. la redazione delle specifiche per l'implementazione del calcolo mensile dell'energia per la nuova release di LENICALC V.2, questa funzione è ritenuto un elemento di grande utilità per il calcolo degli apporti energetici imputabili agli impianti di illuminazione da inserire nelle valutazioni globali, di tipo energetico, degli edifici;
3. l'aggiornamento del testo della Prassi di Riferimento (denominata *Technical Report* nel report Rds/PAR2015/007 ma ora denominata Prassi di Riferimento in quanto da un punto di vista burocratico è stata modificata la tipologia di documento che sarà pubblicata da UNI unitamente all'eseguibile del Software LENICALC V.2, entrambi distribuiti gratuitamente).
Questa attività nella sua interezza, ha quindi consentito di pervenire alla release LENICALC V.2 (TRL8) (Figura 36).

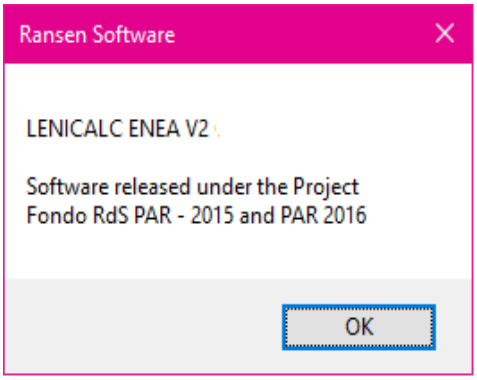


Figura 36: Etichetta della Ricerca di Sistema Elettrico PAR 2015 e PAR 2016 presente nel software

1. Specifiche a seguito della validazione di LENICALC V.1 (parte per nuova release di LENICALC V.2)

Come riportato nel paragrafo precedente, l'attività di validazione ha evidenziato una serie di elementi che sono stati analizzati dal gruppo di lavoro ENEA-GL10 UNI (che di seguito sarà sintetizzato in (ENEA-GL10) di seguito riportati.

Si precisa che LENICALC implementa fedelmente la procedura dello standard EN15193-1:2017, pertanto nel software sono state implementate solo le osservazioni del Politecnico di Torino che sono coerenti con lo standard EN15193-1:2017 e con il CEN/TR 15193-2:2017 e non quelle che rappresentano una libera interpretazione della metodologia dello standard stesso in quanto ENEA-GL10 non le ha ritenute pertinenti.

Di seguito si riportano le azioni intraprese su LENICALC a seguito delle segnalazioni:

- *Errori editoriali*: sono stati segnalati errori o refusi riferiti agli indici o pedici che sono stati corretti. Questa revisione editoriale ha comportato, da parte del gruppo ENEA-GL10, una revisione parallela del testo presente nelle finestre di dialogo del software e si è deciso di modificare la finestra di dialogo relativa alle "Zone Properties" (Figura 37) per migliorarne la comprensione in relazione ai dati di input (editabili o selezionabili da tendina) secondo lo schema della norma EN15193-1:2017.

Per quanto riguarda la validazione del calcolo di WL (energia totale per l'illuminazione - kWh)

- *Determinazione della superficie A_D (Partial area which is lit by daylight) ed A_{ND} (The area not lit by daylight)*: si è proceduto alla verifica e quindi alla correzione della determinazione di entrambe le superfici indicate sia per le superfici vetrate verticali (finestre) che per quelle orizzontali (roof light).

- *Determinazione del Fattore di Luce Diurna D e del fattore di disponibilità di luce naturale F_D*: ***a)*** dopo una attenta valutazione il gruppo ENEA-GL10 ha deciso di implementare nel software la formula che consenta di effettuare la media ponderata del fattore F_D di ciascuna zona afferente alla stanza e quindi determinare il fattore F_D della stanza per determinare, con le tabelle come da norma EN15193-1:2017), il valore D delle stanza. ***b)*** *I*n merito alla determinazione del fattore F_D nel caso di atrii, la funzione di inserimento del Well Index non è stata oggetto di implementazione nella versione fornita ma lo sarà nella terza annualità. ***c)*** Per quanto riguarda il dato climatico Hdir/Hglob è stata implementata l'opzione secondo la quale il software proponga un valore di default in base alla latitudine ma l'utente, avendo dati a disposizione, possa modificare il valore proposte sulla base della propria sensibilità. I dati quindi non sono limitati al solo cielo coperto. ***d)*** Per quanto riguarda le schermature si è proceduto alla verifica e sono stati implementati i valori della tabella riferiti alla condizione "assenza di schermatura. ***e)*** In merito all'orientamento dell'apertura, lo standard EN15193-1:2017 ed il CEN/TR EN15193-2:2017 non contemplano orientamenti intermedi, pertanto ENEA-GL10 mantiene impostata nel software la regola che prevalga l'orientamento predominante rigettando l'ipotesi di interpolazione non prevista nello standard (per questa ipotesi ENEA-GL10 UNI ha effettuato dei confronti e la differenza è talmente trascurabile da non poter essere presa in considerazione perché comporterebbe una elevata complicazione del calcolo che in realtà non determina un riscontro significativo nel calcolo del LENI finale). ***f)*** Per quanto attiene il calcolo di $T_{rel,D,SNA}$ lo standard non da indicazione di utilizzare l'interpolazione dei valori per latitudini intermedie, pertanto anche in questo caso in LENICALC permane la regola che venga utilizzato il valore inferiore del corrispondente intervallo.

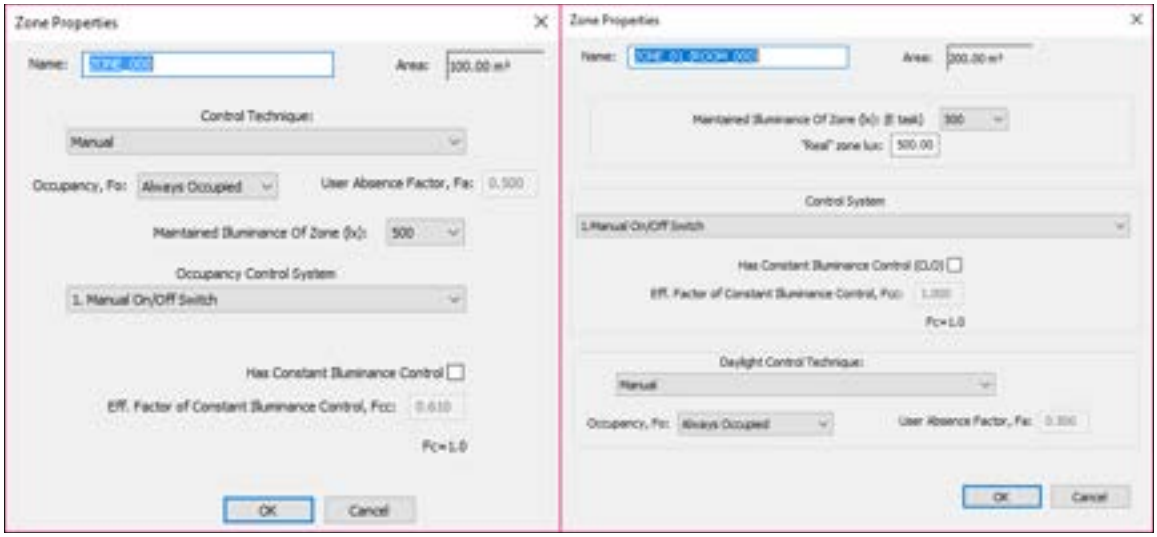


Figura 37: finestra di dialogo riprogettata (prima figura a destra - dopo figura a sinistra)

- *Determinazione del Fattore F_C:* è stata effettuata la verifica e relativa correzione per quanto riguarda l'errore imputato all'utilizzo del parametro CLO (Constant lumen output system) mentre per quanto riguarda il fattore MF (maintenance factor) la funzione implementata era corretta, cioè il valore identificato associato alla singola stanza è quello che effettivamente il software utilizza per effettuare il calcolo. Non avendo prodotto alcun file di log relativamente a questo "errore" non c'è alcun riscontro su quanto indicato.

- *Metodo di calcolo "Predominant o Superimposition" per il calcolo del fattore F_D*: a seguito delle simulazioni effettuate e dei risultati ottenuti, il gruppo ENEA-GL10 ha ottenuto dati utili per spiegare bene agli utenti finali, attraverso la PdR UNI, quale sia la differenza numerica dei due metodi che però, nella semplificazione del metodo di calcolo della norma EN15193-1:2017 viene ridotta ai minimi termini nel calcolo del valore del LENI. Pertanto entrambi i metodi di calcolo *"Predominant o Superimposition"* rimangono implementati nel software LENICALC V.2.

Per quanto riguarda la validazione del calcolo di WP (energia totale di standby - kWh)

- *Non editabilità del tempo di assorbimento delle lampade di emergenza:* vista la difficoltà nel reperire questo parametro il gruppo ENEA-GL10 aveva imposto un valore fisso considerato ragionevole. Tenuto conto dell'osservazione, il parametro è stato reso editabile ma il software suggerisce comunque il parametro ritenuto ragionevole pari a 8730 h su 8760 h annue.

Si precisa che nel presente report non sono state riportano considerazioni, da parte di ENEA-GL10, alle osservazioni di carattere critico riferite dal Politecnico di Torino (Report RdS/2016/015), in merito allo standard ed al metodo di calcolo in esso implementato in quanto, le osservazioni sono di carattere puramente qualitativo e non hanno nulla a che vedere con il software LENICALC V.2. Ciononostante, il gruppo ENEA-GL10 potrà segnalare, a livello europeo, nella prossima revisione dello standard le criticità portando, come esempio, i risultati ottenuti dall'attività di validazione.

2. Specifiche per l'inserimento del calcolo mensile dell'energia (parte per nuova release di LENICALC V.2)

L'attività di definizione delle specifiche per l'inserimento del calcolo mensile dell'energia specifica (per edificio, piano e stanza) nel software LENICALC V.1 è stata effettuata in quanto si ritiene molto importante poter calcolare, mensilmente, l'apporto energetico imputabile agli impianti di illuminazione artificiale, soprattutto tenendo conto del quadro normativo europeo che in materia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici si rende necessario anche effettuare valutazione mensili dei consumi.

É stata dunque implementata la procedura di calcolo riportata nella sezione "F.6 Monthly evaluation method" della EN15193-1:2017 che prevede la correzione del f*attore di disponibilità di luce naturale* F_D della stanza, attraverso un fattore di pesatura mensile $\nu_{Month,\ i}$ per finestre verticali (Figura 38) e finestre orizzontali (Figura 39 Figura 38) come indicato nella formula F21 della normativa di seguito riportata:

$$F_{D,j,i} = 1 - \nu_{Month,\ i} \times F_{D,s,j} \times F_{D,C,j}$$

Façade system	Month, *i*											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Jan	Feb	March	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
	$\nu_{Month,i}$											
Light-guiding systems according to Table F.7 South-facing	0.67	0.89	1.06	1.18	1.25	1.28	1.26	1.20	1.08	0.92	0.72	0.46
Light-guiding systems according to Table F.7, facing East or West	0.74	0.92	1.06	1.16	1.22	1.24	1.22	1.16	1.06	0.93	0.75	0.54
Others	0.85	0.97	1.06	1.12	1.16	1.17	1.15	1.11	1.04	0.94	0.81	0.66

Figura 38: Fattore di distribuzione mensile $\nu_{Month,}$ per finestre verticali

Month, *i*												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jan	Feb	March	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
$\nu_{Month,i}$											
0,74	0,92	1,06	1,16	1,22	1,24	1,22	1,16	1,06	0,93	0,75	0,54

Figura 39: fattore di distribuzione mensile $\nu_{Month,}$ per finestre orizzontali

Nelle figure che seguono, sono riportati gli screenshot del software relativamente ai risultati ottenibili al termine della simulazione quali: LENI annuale di edificio, Sub-LENI annuale di piano o stanza e l'Energia mensile di edificio, di piano e di stanza implementata in questa annualità:

- calcolo del LENI annuale dell'edificio (Building calculation) (Figura 40).

Figura 40: Finestra di dialogo del LENI annuale di edificio

- calcolo dell'Energia Specifica mensile dell'edificio (Figura 41)

Figura 41: Finestra di dialogo dell'Energia Specifica mensile di edificio

- calcolo del Sub-LENI annuale del piano (Floor calculation) (Figura 42)

Figura **42**: Finestra di dialogo del Sub-LENI annuale di piano

- calcolo dell'energia specifica mensile del piano (Figura 43)

Figura 43: Finestra di dialogo dell'Energia specifica mensile di piano

- calcolo del Sub-LENI annuale della stanza edificio (Room Energy calculation) (Figura 44)

Figura 44: Finestra di dialogo del Sub-LENI di stanza

- calcolo dell'Energia Specifica mensile della stanza edificio (Figura 45).

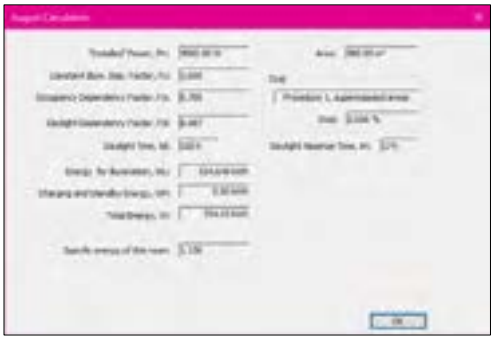


Figura 45: Finestra di dialogo dell'Energia specifica mensile di stanza

3. Aggiornamento testo Prassi di Riferimento (PdR)

L'attività di validazione del software che è stata effettuata ha permesso di rianalizzare in chiave critica il contenuto della prassi di Riferimento (PdR) che, come anticipato nelle conclusioni del report dell'annualità precedente (RdS/2015/007 dove si menzionava il *Technical Report che ora è* denominata Prassi di Riferimento), ha la funzione di guidare, passo passo l'utente dando spiegazioni sulla struttura e filosofia del software LENICALC e delle scelte che sono state prese dal gruppo di lavoro ENEA-GL10. La PdR sarà redatta in due lingue (italiano ed inglese) per consentirne la massima circolazione in Europa essendo il software redatto in lingua inglese.

In particolare l'attività di questo anno ha permesso di effettuare una prima revisione del contenuto della bozza dell PdR, per quanto riguarda due aspetti:

1. migliorare la descrizione delle scelte fatte dal gruppo ENEA-GL10 per la determinazione delle interfacce e quindi chiarire perché certi valori non siano editabili ed altri invece lo siano ma con valori di default suggeriti;
2. supportare le decisioni prese dal gruppo ENEA-GL10 con i risultati delle simulazioni che evidenzino il perché una scelta dell'utente possa portare a risultati finali del LENI più o meno simuli e/o differenti.

La bozza attuale della PdR è strutturata nel seguente modo:

- Introduzione,
- Scopo e campo di applicazione,
- Riferimenti normativi,
- Termini e definizioni,
- Simboli e abbreviazioni,
- Descrizione del metodo,
- Flusso logico progettuale;
  - Sezione "New Project",
  - Sezione "Project Properties",
  - Sezione "Zone Properties",
  - Sezione "Windows Properties" verticali,
  - Sezione "Windows Properties" lucernari,
  - Sezione "Edit zone Luminaires",
  - Sezione "Energy calculation".

Nelle varie sezioni sono riportati screenshot del software relativamente alle videate che il software LENICALC propone passo dopo passo per la compilazione di tutti i campi necessari per il calcolo del LENI annuale di edificio, del Sub LENI annuale di piano o stanza e l'energia specifica mensile di edificio, piano e stanza.

Il software potrebbe, in futuro, evolvere come servizio messo a disposizione dalla Piattaforma PELL.

3 Valutazione remota dei consumi e delle prestazioni degli impianti di IP: Piattaforma PELL IP

L'attività svolta in questo sotto obiettivo è indirizzata all'implementazione della Portale PELL IP ed al coinvolgimento dei gestori e delle amministrazioni nel processo di valutazione, sviluppo, diffusione e gestione del PELL per verificarne l'applicabilità.
In particolare, in questa annualità si è proseguito quanto iniziato durante la prima annualità (Report RdS/PAR2015/001 [1] e Report RdS/PAR2015/006]7]) che era focalizzato sulla sviluppo della metodologia e della progettazione macrofunzionale della piattaforma PELL con una prima applicazione all'Illuminazione Pubblica.
Nello specifico, l'implementazione della piattaforma effettuato nella seconda annualità ha riguardato:

- la Landing Page ed il Mock Up Page,
- l'upload ed il download della scheda censimento con relativa ingegnerizzazione della scheda con i controlli sui campi per verificarne le congruenze,
- i KPI di progetto e gli algoritmi di calcolo illuminotecnico,
- la descrizione del formato XML per l'acquisizione delle grandezze elettriche e dei consumi energetici dei POD e la definizione delle interfacce di comunicazione (WSDL).

Inoltre, si è resa necessaria l'impostazione di un network per la promozione di un processo di digitalizzazione dei dati coinvolgendo gli attori del settore.

3.1 Implementazione del Portale PELL IP (ENEA)

Per l'applicazione del Public Energy Living Lab (PELL) all'illuminazione Pubblica (IP) è stata definita una piattaforma di tipo smart city as-a-service, la cui architettura generale (Figura 46) definisce il recupero dei dati dai diversi impianti e distributori e la creazione di una serie di servizi per gli utenti finali.

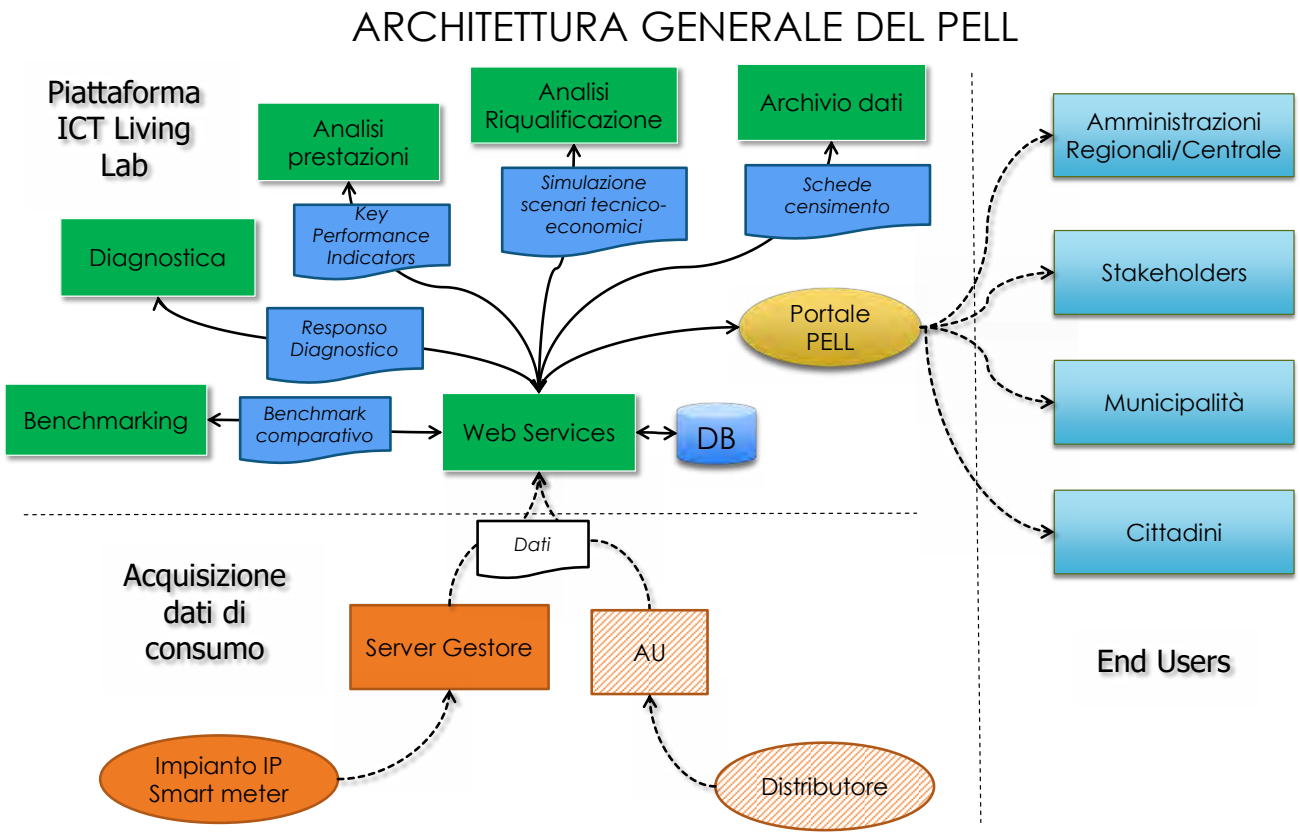


Figura **46**: Architettura generale del PELL IP

In particolare, l'architettura applicativa del PELL IP è suddivisa logicamente in diverse sezioni:

- **Front-end:** dedicato agli utilizzatori del portale che accedono al portale per eseguire e usufruire di tutti i servizi che l'applicazione mette a disposizione. Ciascuna tipologia di utente definita accede con il proprio profilo che gli consente di effettuare date operazioni in funzione del livello di autorizzazione;
- **Piattaforma ICT living Lab:** questa sezione include tutte le componente che offrono e/o implementano un dato servizio. Tutte le funzionalità del portale sono espletate tramite le componenti presenti in questa sezione;
- **Acquisizione dati di consumo:** questa è la sezione che ospita i dispositivi fisici e/o la sezione di dati raccolti dai vari operatori (Gestori) relativamente alle grandezze elettriche ed ai consumi energetici acquisiti con gli Smart meters installati nei quadri elettrici.

Architettura HW del PELL: l'architettura è distribuita con server dedicati al frontend, al backend (servizi di accesso ai dati ed astrazione del DB al frontend), al database contenente i dati e un server dedicato all'applicazione Oxytech ed ai web service di interfacciamento con il frontend (Figura 47).

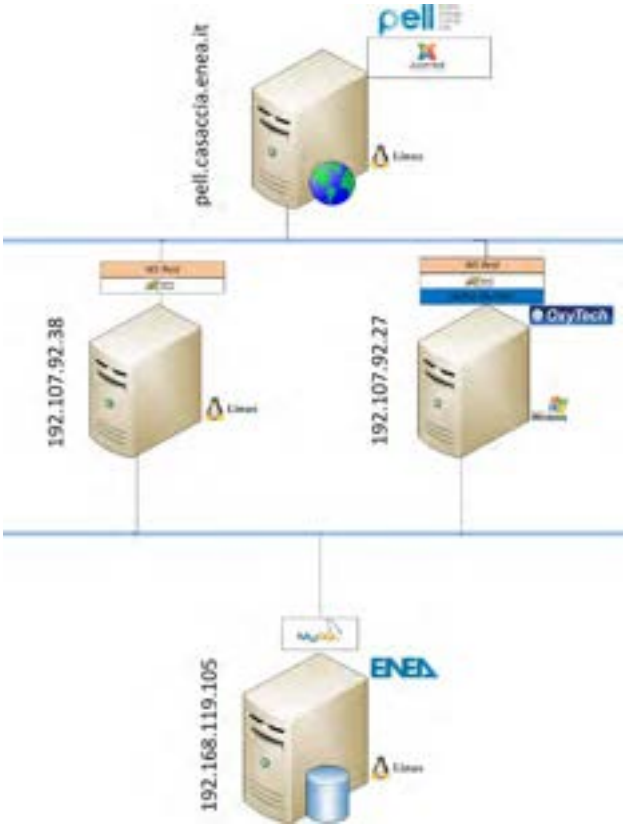


Figura 47: Architettura HW

Un backend separato dal frontend, permette di interfacciare quest'ultimo con il database con i seguenti vantaggi:

- Fornire al frontend una astrazione del DB, permettendo al primo di non conoscere nulla della organizzazione interna del secondo;
- Presentare al frontend i dati in un formato JSON, piuttosto che in forma di insieme di record.

Separare il frontend dal DB in modo che, nel caso di separazione del network su cui risiedono i server, si impedisca ad un esterno che abbia attaccato la macchina di frontend, di accedere direttamente al server RDBMS con i dati dei POD.
Backend: accesso amministrativo che permette di espletare tutte le funzionalità necessarie per la gestione del portale stesso (gestione utenti, profili e menu di navigazione) (Figura 48).

Figura 48: Accesso al backend

Frontend, servizi forniti dal portale:

- *Registrazione utente e login*: permette la registrazione utente e l'accesso al portale. La registrazione utente prevedere la profilazione in base a differenti profili con differenti livelli di autorizzazione quali il sindaco, il gestore dell'impianto ed un collaboratore del sindaco (Figura 49);

Figura 49: Sezione Registrazione utente e login

- *Caricamento scheda censimento*: è la funzione che permette di caricare sulla piattaforma PELL i dati tecnici e di consumo relativi all'impianto per i POD (Point of Delivery) per i quali l'utente ha deciso di attivare il processo di adesione al PELL. Allo stato attuale, il formato della scheda censimento è un file xlsx. Dopo essere stata debitamente compilata, la scheda può essere caricata tramite il frontend e sottomettessa al backend per la validazione e il caricamento nel database PELL. Una volta caricata nel

database, i POD, le zone omogenee, ecc. contenuti nella scheda, saranno visualizzabili e valutabili tramite l'interfaccia della applicazione PELL presente nel frontend.

Durante il caricamento effettivo nel database, vengono utilizzate le transazioni, in modo che se dovessero presentarsi problemi non ci si troverà nella condizione di informazioni parziali. Inoltre la validazione prevista della scheda viene effettuata controllando che siano presenti i campi obbligatori, che i valori presenti in campi che devono contenere valori interi siano effettivamente tali, che i valori presenti in campi che devono contenere valori float siano effettivamente tali (Figura 50).

L'ultima fase di caricamento della scheda censimento prevede il calcolo di alcuni KPI (Key Performance Indicator) statici di progetto, **KPI tecnologico** (che indica la qualità dell'efficienza luminosa della sorgente adottata, cioè la quantità di luce prodotta in relazione alla potenza elettrica fornita; questo indicatore consente il confronto della prestazione luminosa della sorgente adottata rispetto al valore minimo previsto per la medesima tecnologia), **KPI geometrico** (indica se la potenza elettrica installata per m2 di superficie è all'interno dell'intervallo ammesso per la classe illuminotecnica, definita dallo standard vigente -UNI 11248- riferita alla zona omogenea considerata. Per zona omogenea si considera un'area che necessita di uguali condizioni luminose per garantire la sicurezza della circolazione veicolare, pedonale e la fruizione degli spazi), **KPI di confronto tecnologico** (restituisce, sulla base del calcolo illuminotecnico relativo alla zona omogenea, un'indicazione circa il vantaggio che si potrebbe ottenere in termini energetici se si utilizzasse una BAT in sostituzione della sorgente installata. La BAT costituisce la migliore tecnologia sul mercato, affiancata anche dall'utilizzo di sistemi di riduzione del flusso in modalità adattiva), **KPI dimming** (restituisce un'indicazione sui risparmi energetici derivanti dall'utilizzo di strategie di dimming, statiche o adattive, rispetto al caso in cui l'impianto preso in considerazione funzioni sempre alla massima potenza, secondo i dati inseriti nella scheda censimento.) relativi ad ogni POD considerato (cfr. Report Rds/PAR2015/001 e Rds/PAR2015/006).

Le prossime implementazioni prevedranno sia lo sviluppo di un form online guidato per l'inserimento e la gestione delle schede censimento direttamente sul portale, sia la definizione e lo sviluppo di un formato xml e relativo webservice per la sotto missione automatica della stessa da parte dei gestori.

Il formato della scheda censimento è di tipo gerarchico. Ed è costituita dalle seguenti sezioni:

- Parte introduttiva del comune;
- Anagrafica:
  POD e quadri elettrici;
- Dati tecnici del Quadro elettrico:
  Dati tecnici dei quadri elettrici;
- Dati di funzionamento;
- Dati sulle zone e gli impianti:
  Caratteristiche delle zone omogenee e degli apparecchi di illuminazione.

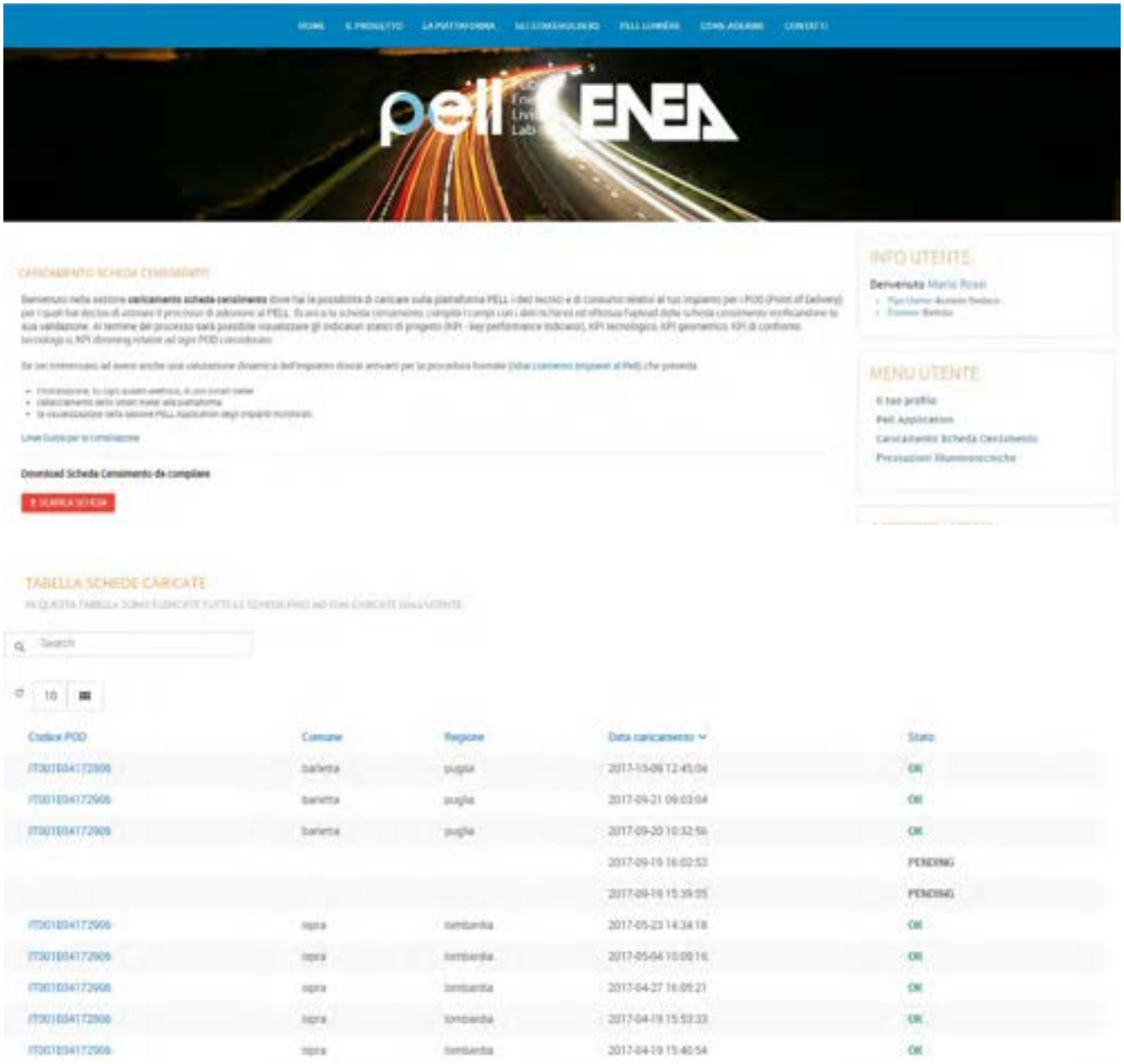


Figura 50: Visualizzazione schede censimento caricate nel front end

- *PELL application*: in questa sezione sono riportate le informazioni degli impianti censiti (Figura 51), relativamente a diversi ambiti:
  - *Prestazioni*: monitoraggio delle grandezze elettriche acquisite dagli smart meter. La piattaforma se opportunamente interrogata, produce un grafico di tipo spline con tante linee di andamento (evidenziate con colori diversi) quanti sono i POD selezionati (Figura 52). I dati richiesti all'utente sono:
    - un numero di POD da visualizzare;
    - una singola grandezza;
    - un intervallo temporale (tramite apposito selettore);
    - un periodo di campionamento.

Figura 51: Sezione PELL application

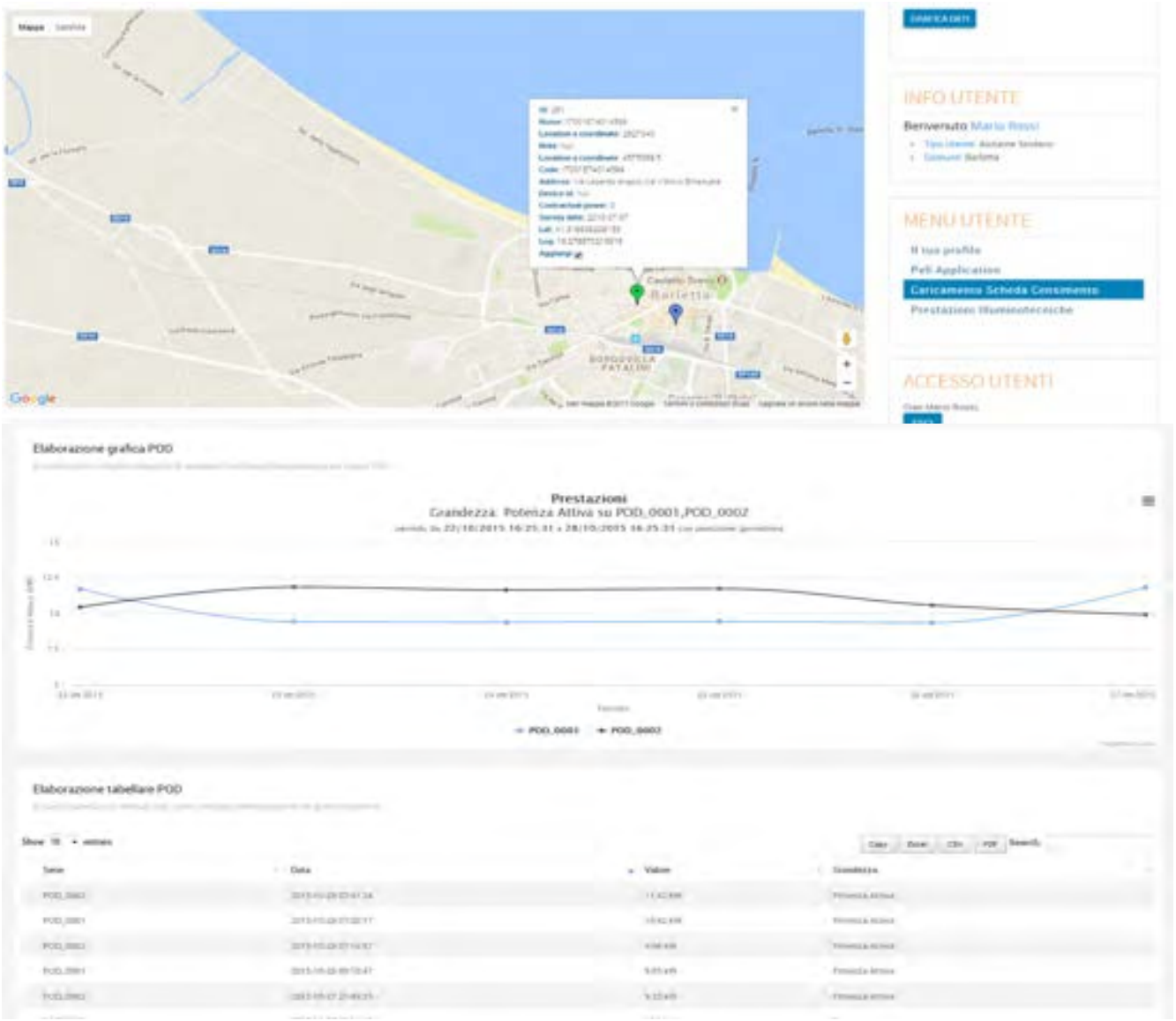


Figura 52: Sezione Prestazioni

- *Diagnostica*: in questa sezione sono evidenziati gli eventi e le anomalie o grandezze al di fuori dei limiti previsti. La piattaforma, se opportunamente interrogata, produrrà un grafico di tipo spline con tante linee di andamento (evidenziate con colori diversi) quanti sono i POD selezionati (Figura 53). I dati richiesti all'utente sono:
  - un numero di POD;
  - un numero di grandezze;
  - un intervallo temporale (tramite apposito selettore).

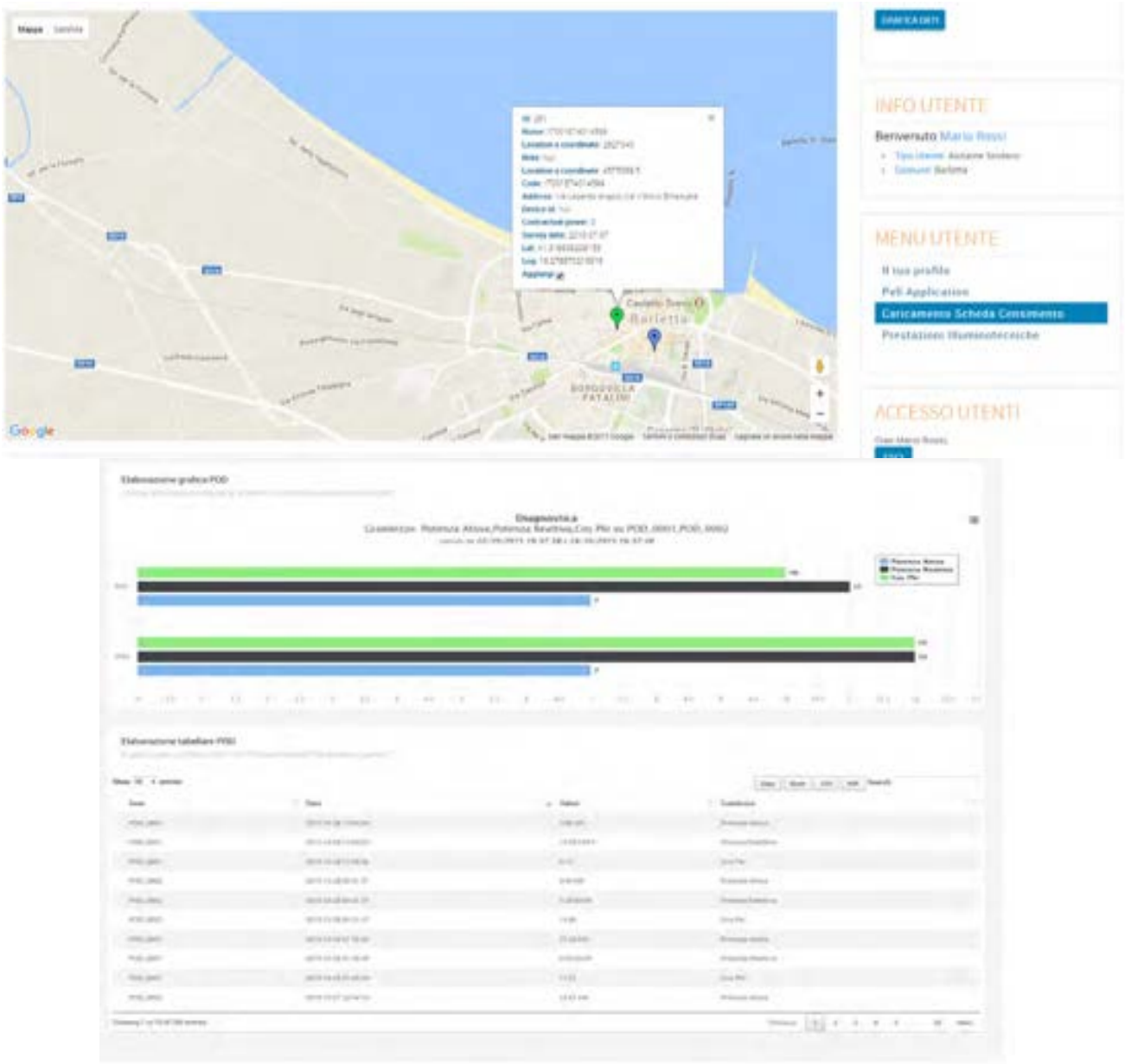


Figura 53: Sezione Diagnostica

- *Benchmarking*: in questa sezione si visualizza un grafico scatter, dove ciascun punto rappresenta un POD posizionato alle coordinate ritornate dalla prima e dalla seconda KPI scelta. Qualora le KPI siano relative ad un sotto-dispositivo (zona) connesso ad un POD (es. un POD con n° lampioni) ciascun POD sarà rappresentato da più punti, in questo caso al mouse over sopra al punto, oltre alle informazioni relative ai valori della prima e della seconda KPI scelta comparirà anche un ulteriore attributo che mostra il nome della zona.

  I dati richiesti all'utente sono:
  - un numero di POD;
  - due KPI obbligatorie a scelta.

- *Prestazioni Illuminotecniche*: in questa sezione si consente all'utente l'utilizzo di strumenti necessari a calcolare le prestazioni illuminotecniche di un elemento toponomastico sulla base dell'algoritmo Oxytech. In particolare, partendo dai dati presenti nella scheda censimento è possibile effettuare, dopo l'upload della scheda censimento, le simulazioni illuminotecniche (con l'uso dell'applicazione di Oxytech che è stata implementata), andando a selezionare una zona omogenea (che corrisponde ad una strada avente le stesse prestazioni illuminotecniche) e, caricando il file fotometrico dell'apparecchio prescelto, effettuare la valutazione delle prestazioni illuminotecniche. L'utente potrà dunque effettuare una serie di simulazioni in modo da selezionarne un massimo di tre che successivamente saranno utilizzare per la valutazione economica/finanziaria (funzione che sarà oggetto di sviluppo nella terza annualità). Nella Figura 54 è riportata la sezione Prestazioni Illuminotecniche.

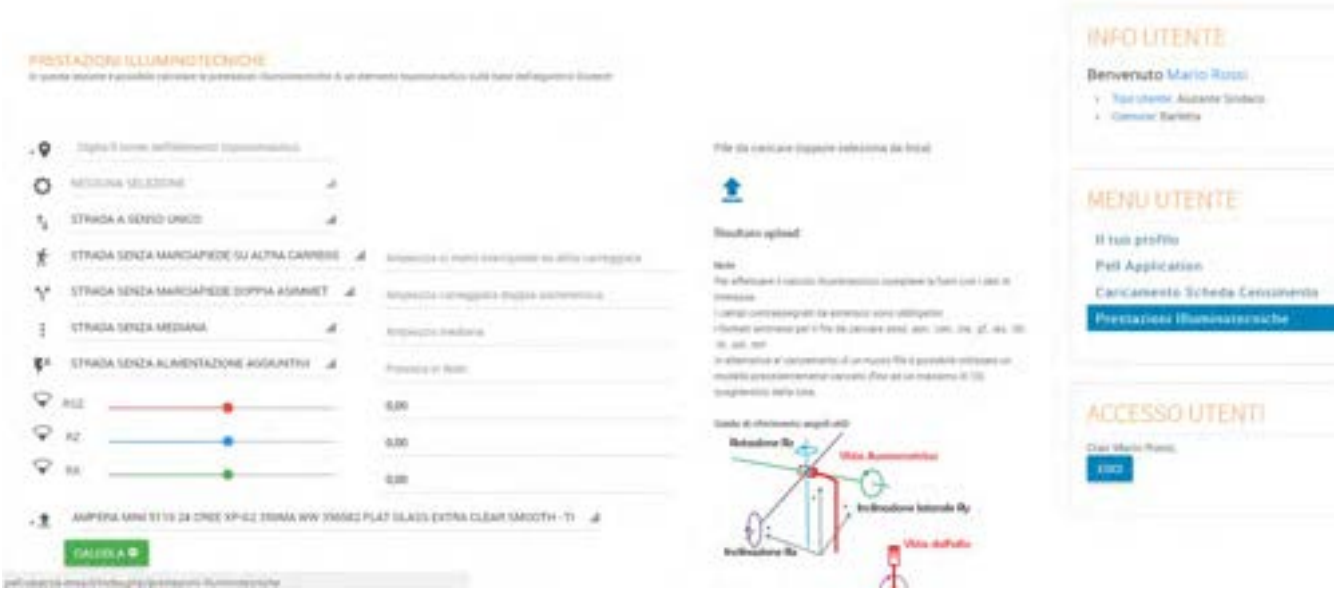


Figura 54: Sezione Prestazioni Illuminotecniche

3.1.1 Il Server di BackEnd

Il backend separato dal frontend, permette di interfacciare quest'ultimo con il database con i seguenti vantaggi:

- Fornire al frontend una astrazione del DB, permettendo al primo di non conoscere nulla della organizzazione interna del secondo;
- Presentare al frontend i dati in un formato JSON, piuttosto che in forma di insieme di record;
- Separare il frontend dal DB, in maniera che nel caso di separazione delle network su cui risiedono i server, si impedisce ad un attaccante che abbia preso la macchina di frontend, di accedere direttamente al server RDBMS con i dati dei POD.

Per fornire i propri servizi il backend utilizza dei servizi rest scritti in Java che sono contenuti in una installazione Apache Tomcat.

La versione di tali componenti è:

- Java JDK 1.8.0u40;
- Apache Tomcat 7.0.73.

I servizi esposti sono rest, scelti al posto dei SOA in quanto di più immediata integrazione con il frontend scritto in PHP. I servizi raggiungibili sono:

GET /pell/SvcInfo

Permette di ottenere informazioni sulla versione del servizio esposto, inoltre ha la funzione di segnalazione di servizio attivo;

POST /postSchedaCensimento/{username: [a-zA-Z0-9\\.@_=]+}/{password: [a-zA-Z0-9=\\-_]+}/{filename: [a-zA-Z0-9=\\-_\\.]+}

Con body contenete in formato base64 il file xlsx della scheda censimento;
Permette il caricamento di una scheda censimento ed il precalcolo dei relativi KPI statici;

GET /getData/{username: [a-zA-Z0-9\\.@_=]+}/{password: [a-zA-Z0-9=\\-_]+}/{type: [0-9]+}/{rawdata: [a-zA-Z0-9_\\-/=|,]+}

Permette di accedere ai dati presenti nel DB astraendone l'organizzazione al frontend. Inoltre restituisce i dati in formato JSON;

In base al contenuto del campo type e del campo rawdata il servizio si declina in:

READPODSLIST	ottiene la lista di tutti i pod presenti nel database
READPODINFO	ottiene l'anagrafica di un pod
READMAGNITUDELIST	ottiene la lista delle grandezze contenute nel db relativamente ai pod e in funzione del tipo di grafico/tabella da mostrare sul frontend (benchmark, prestazioni, diagnostica);
READPODDATAFORCHART	ritorna i dati necessari al disegno di un grafico, formattati in maniera differente nel caso si tratti di un grafico di benchmark, prestazioni o di diagnostica

I dati vengono preparati in funzione di:

- massimo cinque POD indicati nei rawdata;
- l'intervallo di tempo indicato;
- il campionamento indicato (mensile, settimanale ecc.)
- READPODDATAFORTABLE: ritorna i dati necessari al disegno di una tabella.

3.1.2 Il server "Oxytech"

Il server Windows ospita l'applicazione (.exe) che effettua i calcoli per le prestazioni illuminotecniche.
Sul server sono ospitati i web service rest che rendono possibile la comunicazione tra il frontend Linux/PHP/Javascript con il backend Windows Oxytech. Per implementare tali servizi si utilizzano:

- Apache Tomcat 7.0.72;
- JDK 1.8.0u05.

I servizi implementati sono:

GET /contentDownload/getHello

ritorna informazioni sul servizio e funziona da segnalazione di "servizio in esecuzione";

POST /contentDownload/getStreets/

fornisce la possibilità di recuperare una zona omogenea in funzione di un nome di strada, anche incompleto, ed una città. Permette di realizzare il servizio di autocompletamento della selezione della strada;

POST /contentDownload/getInfo/

ritorna il file xml ottenuto dal calcolo della prestazione illuminotecnica effettuato tramite programma .exe

Il body contiene informazioni ottenute dalle selezioni, effettuate tramite l'interfaccia grafica del frontend, relative alla simulazione che si intende effettuare.

Mediante tali informazioni viene compilato il file xml di input all'applicazione Windows di calcolo fornita da Oxytech, che ritorna un documento xml che viene trasferito al frontend per la visualizzazione.

3.1.3 Schema documentazione

Di seguito si riportano le tabelle del DB.

Table: MeasureCategory

Description: Tabella di riferimento per mappare le misure sulle categorie

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
idMeasureCategory	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
Name	VARCHAR(45)	Not null		
idMiddleCategory	INT		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*idMeasureCategory*	PRIMARY	
middle_category_idx	*idMiddleCategory*	INDEX	

Table: alarm

Description: In questa tabella ci sono tutti gli allarmi generati dagli scada.

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
ID	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
ID_scada	INT		*NULL*	**foreign key** to column *ID* on table *scada*.
id_electrical_panel	INT	Unique	*NULL*	**foreign key** to column *Device* on table *scada*.
Event_Timestamp	TIMESTAMP	Unique	*NULL*	
Insert_timestamp	TIMESTAMP		*CURRENT_TIMESTAMP*	
Value	FLOAT	Unique	*NULL*	
id_message	INT	Unique	*NULL*	**foreign key** to column *idalarm_messages* on table *alarm_messages*.

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*ID*	PRIMARY	
alarm_panel	*id_electrical_panel*, *Event_Timestamp*, *Value*, *id_message*	UNIQUE	
alarm_panel_without_value	*id_electrical_panel*, *Event_Timestamp*, *id_message*	UNIQUE	
id_scada_idx	*ID_scada*	INDEX	
alarm_message_idx	*id_message*	INDEX	
id_scada_device_idx	*id_electrical_panel*	INDEX	

Table: alarm_messages
Description: Tabella di riferimento/mappaggio per gli allarmi generati dagli scada e relativamente ai messaggi di allarme.

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
idalarm_messages	INT	PRIMARY, Not null		
message	VARCHAR(245)	Not null		
super_category	INT		*NULL*	
middle_category	INT		*NULL*	**foreign key** to column *idmiddleCategory* on table *middleCategory*.
alias	VARCHAR(45)	Not null		

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*idalarm_messages*	PRIMARY	
fk_middle_category_idx	*middle_category*	INDEX	

Table: consumption
Description: In questa tabella sono riportati i consumi delle utenze
Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
pod_id	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *pod*.

year	INT		*NULL*	
contract_type	INT		*NULL*	
contract_type_other	VARCHAR(45)		*NULL*	
distributor	VARCHAR(45)		*NULL*	
supplier	VARCHAR(45)		*NULL*	
installed_lights_power	DOUBLE		*NULL*	
contractual_committed_power	DOUBLE		*NULL*	
cosphi	DOUBLE		*NULL*	
annual_consumption	DOUBLE		*NULL*	
annual_cost	DOUBLE		*NULL*	
notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
fk_contract_type_idx	*contract_type*	INDEX	
fk_consumption_pod_idx	*pod_id*	INDEX	

Table: electricalpanel

Description: Tabella delle anagrafiche dei pannelli elettrici comprensivi di tutte le informazioni inerenti i quadri elettrici

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
pod_id	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *pod*.
external_id	VARCHAR(45)	Not null		
survey_date	DATE	Not null		
same_location_of_pod	BIT	Not null		
localization_x_coordinate	DECIMAL		*NULL*	
localization_y_coordinate	DECIMAL		*NULL*	
is_mixed	BIT	Not null		
year_of_construction	INT		*NULL*	
case_type	INT	Not null		
is_closed_with_key	BIT		*NULL*	
state_of_conservation_panel	INT	Not null	*'0'*	

state_of_conservation_case	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *electricalpanel_caseconservation*.
installed_power	DOUBLE	Not null		
notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	
phase_type	INT	Not null	*'0'*	
outputlines_quantity	INT		*NULL*	
protection_type	INT	Not null	*'0'*	
subpanels_quantity	INT		*NULL*	
tech_notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	
ignition_type	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *electricalpanel_ignition_type*.
annual_working_time	DOUBLE	Not null	*'0'*	
is_half_night_full_night	BIT	Not null	*b'0'*	
lastingHalfNightFullNight	DOUBLE		*NULL*	
isRegulatedFlux	BIT		*NULL*	
lastingFluxRegulation	DOUBLE		*NULL*	Durata in ore della riduzione del flusso
percentage_flux_regulation	DOUBLE		*'0'*	
flowregulator_type	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *electricalpanel_flowregulator_type*.
is_realtime_monitoring_available	BIT	Not null	*b'0'*	
remotecontrol_type	INT	Not null	*'0'*	
is_remote_diagnosis_available	BIT	Not null	*b'0'*	
meter	VARCHAR(245)		*NULL*	Non utilizzata
identificativoMeter	VARCHAR(245)		*NULL*	
classeMeter	VARCHAR(245)		*NULL*	
other_notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
fk_panel_conservation_idx	*state_of_conservation_panel*	INDEX	
fk_case_conservation_idx	*state_of_conservation_case*	INDEX	
fk_casetype_idx	*case_type*	INDEX	
fk_phasetype_idx	*phase_type*	INDEX	
fk_protectiontype_idx	*protection_type*	INDEX	
fk_ignitiontype_idx	*ignition_type*	INDEX	
fk_flowregulatortype_idx	*flowregulator_type*	INDEX	
fk_remotecontrol_idx	*remotecontrol_type*	INDEX	
fk_pod_idx	*pod_id*	INDEX	

Table: excel_options_decoder
Description: Tabella di decodifica utilizzato per il caricamento della scheda censimento tramite file excel.
Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
col	VARCHAR(255)		*NULL*	
sheet	VARCHAR(255)		*NULL*	
item	VARCHAR(255)		*NULL*	
value	INT		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	

Table: historian
Description: Tabella dei valori recuperati di tutte le grandezze da parte dei dispositivi scada a cui è collegato tramite id.
Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id_historian	BIGINT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
ID_scada	INT	Unique	*NULL*	**foreign key** to column *ID* on table *scada*.
Timestamp	TIMESTAMP	Unique	*NULL*	
Insert_timestamp	TIMESTAMP		*CURRENT_TIMESTAMP ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP*	
Value	DOUBLE	Unique	*NULL*	
processed	BIT		*b'0'*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id_historian*	PRIMARY	
unique_values	*ID_scada*, *Timestamp*, *Value*	UNIQUE	
ID	*ID_scada*, *Timestamp*	INDEX	
ins_timestamp	*Insert_timestamp*	INDEX	

Table: KPI

Description: Tabella di riferimento per le KPI

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
idkpi	INT	PRIMARY, Not null		
name	VARCHAR(45)	Not null		
type	INT	Not null		**foreign key** to column *idkpi_type* on table *kpi_type*.

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*idkpi*	PRIMARY	
kpi_type_idx	*type*	INDEX	

Table: lightingdevice

Description: Tabella delle anagrafiche dei dispositivi di illuminazione comprensivi di tutte le informazioni su produttore marca e modello

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
zone_id	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *zone*.
height	DOUBLE	Not null	*'0'*	
installation_type	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_installation_type*.
installation_type_other	VARCHAR(45)		*NULL*	
pole_carriageway_distance	DOUBLE		*NULL*	
arm_length	DOUBLE		*'0'*	
tilt	DOUBLE	Not null	*'0'*	
pole_age	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table

				lightingdevice_pole_age.
pole_material	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_pole_material*.
more_things_on_the_pole	VARCHAR(2024)		*NULL*	
more_things_on_the_pole2	VARCHAR(2024)		*NULL*	
quota	DECIMAL		*NULL*	
localization_x_coordinate	DECIMAL	Not null		
localization_y_coordinate	DECIMAL	Not null		
type	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_type*.
type_other	VARCHAR(1045)		*NULL*	
age	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_age*.
brand	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_brand*.
brand_other	VARCHAR(45)		*NULL*	
model	VARCHAR(45)		*NULL*	
closure_type	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_closure_type* .
closure_type_other	VARCHAR(45)		*NULL*	
pointlights_number	INT	Not null		
supplier_losses	DOUBLE	Not null		LEd- Valore complessivo del modulo; Nel caso di altra lampada perdita parte elettronica. Si chiama potenza al morsetto
source_type	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *lightingdevice_source_type*.
nominal_power	DOUBLE	Not null		
luminous_flux	DOUBLE	Not null		
lamp_brand	VARCHAR(256)		*NULL*	
lamp_model	VARCHAR(256)		*NULL*	
notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	
efficiency	DOUBLE		*NULL*	
std_efficiency	DOUBLE		*NULL*	

tech_kpi_value	DOUBLE		*NULL*	
tech_kpi_message_id	INT		*NULL*	
lightingdevice_id	VARCHAR(50)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
fk_ld_zone_idx	*zone_id*	INDEX	
fk_ld_installation_idx	*installation_type*	INDEX	
fk_ld_poleage_idx	*pole_age*	INDEX	
fk_ld_polematerial_idx	*pole_material*	INDEX	
fk_ld_type_idx	*type*	INDEX	
fk_ld_age_idx	*age*	INDEX	
fk_ld_brand_idx	*brand*	INDEX	
fk_ld_closuretype_idx	*closure_type*	INDEX	
fk_ld_sourcetype_idx	*source_type*	INDEX	

Table: lightingdevice_source_type

Description: Tabella di riferimento per i dispositivi di illuminazione

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Not null		
description	VARCHAR(90)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	

Table: maintenance

Description: Tabella che riassume le informazioni circa le manutenzioni dei POD

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
pod_id	INT	Not null		
year	INT		*NULL*	
subject	VARCHAR(1256)		*NULL*	
contract_mode	VARCHAR(1256)		*NULL*	
contractor_name	VARCHAR(1256)		*NULL*	
activity	VARCHAR(1256)		*NULL*	

remuneration_type	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *maintenance_remuneration_type*.
amount	DOUBLE		*NULL*	
notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	
supplied_material	INT		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
FK_maintenance_remuneration_idx	*remuneration_type*	INDEX	
FK_maintenance_supplied_material_idx	*supplied_material*	INDEX	

Table: municipality

Description: Tabella delle anagrafiche della municipalità. In questa tabella sono presenti i tutti i riferimenti del referente della municipalità

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
user_id	VARCHAR(45)		*NULL*	
name	VARCHAR(100)	Not null		
province_id	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *province*.
latitude	DECIMAL		*NULL*	
longitude	DECIMAL		*NULL*	
inhabitants	INT		*NULL*	
inhabitants_check_date	DATE		*NULL*	
area	DECIMAL		*NULL*	
responsible	VARCHAR(100)		*NULL*	
contact_phone	VARCHAR(100)		*NULL*	
contact_email	VARCHAR(100)		*NULL*	
first_inspection	DATE		*NULL*	
second_inspection	DATE		*NULL*	
logo	VARCHAR(2048)		*NULL*	
provider_logo	VARCHAR(2048)		*NULL*	
is_approved	BIT	Not null	*b'1'*	
registration_date	TIMESTAMP		*CURRENT_TIMESTAMP*	
approval_date	TIMESTAMP		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
region_cstr	*province_id*	INDEX	
user_id	*user_id*	INDEX	

Table: POD

Description: La tabella che riporta l' anagrafica dei POD (Point Of Delivery) presenti all'interno di PELL

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
code	VARCHAR(14)	Not null		
device_id	VARCHAR(245)		*NULL*	
localization_x_coordinate	DECIMAL	Not null		
localization_y_coordinate	DECIMAL	Not null		
address	VARCHAR(2024)	Not null		
survey_date	DATE	Not null		
contractual_power	DOUBLE		*NULL*	
promiscuity_id	INT		*NULL*	
note	VARCHAR(2024)		*NULL*	
municipality_id	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *municipality*.
scenario_id	INT		*NULL*	**foreign key** to column *id* on table *scenario*.
responsible	VARCHAR(100)		*NULL*	
contact_phone	VARCHAR(100)		*NULL*	
contact_email	VARCHAR(100)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
fk_pod_municipality_idx	*municipality_id*	INDEX	
fk_pod_scenario_idx	*scenario_id*	INDEX	

Table: province

Description: Tabella con l'elenco delle province ed i relativi riferimenti di regione

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Not null		
name	VARCHAR(100)	Not null		

code	CHAR(2)	Not null, Unique		
region_id	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *region*.

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
code_UNIQUE	*code*	UNIQUE	
province_region_idx	*region_id*	INDEX	

Table: region

Description: Tabella con l'elenco delle regioni

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Not null		
name	VARCHAR(45)	Not null		
alias_base	VARCHAR(45)	Not null		
latitude	DECIMAL	Not null		
longitude	DECIMAL	Not null		
alias	VARCHAR(45)	Not null		

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	

Table: scada

Description: La tabella delle anagrafiche degli SCADA. Gli scada sono i dispositivi che raccolgono una serie di misure che vengono inserite all'interno del DB nella tabella historian.

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
ID	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
Name	VARCHAR(60)		*NULL*	
Unit	VARCHAR(10)		*NULL*	
MeasureCategory	INT	Unique	*NULL*	
Building	INT	Unique	*NULL*	
Device	INT	Unique	*NULL*	
Code	VARCHAR(30)		*NULL*	
AnalogDigital	BIT		*NULL*	
Last_Value	FLOAT		*NULL*	
Last_Update	TIMESTAMP		*CURRENT_TIMESTAMP*	

MinimumValue	FLOAT		*NULL*	
MaximumValue	FLOAT		*NULL*	
Alarm_Value	BIT		*NULL*	
MinFullScale	FLOAT		*NULL*	
MaxFullScale	FLOAT		*NULL*	
MinOperativeThreshold	FLOAT		*NULL*	
MaxOperativeThreshold	FLOAT		*NULL*	
MinFunctionalThreshold	FLOAT		*NULL*	
MaxFunctionalThreshold	FLOAT		*NULL*	
Description	VARCHAR(100)		*NULL*	
Season	BIT		*NULL*	
InpOut	BIT		*NULL*	
ToWrite	BIT		*NULL*	
WriteCommand	VARCHAR(45)		*NULL*	
Priority	INT		*NULL*	
MinRange	FLOAT		*NULL*	
MaxRange	FLOAT		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*ID*	PRIMARY	
idx_unique	*Building*, *Device*, *MeasureCategory*	UNIQUE	
idx_building	*Building*	INDEX	
idx_device	*Device*	INDEX	

Table: static_kpi_table

Description: Tabella che riporta i valori delle KPI (Key Performance Indicator). La tabella prende come riferimento l'id del pod, e l'id del kpi_value

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
idkpi	INT		*NULL*	
id_pod	INT		*NULL*	
kpi_value	DOUBLE		*NULL*	

Table: user

Description: La tabella degli utenti

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	VARCHAR(45)	PRIMARY, Not null		
username	VARCHAR(45)	Unique	*NULL*	
password_hash	VARCHAR(100)		*NULL*	

security_stamp	VARCHAR(45)		*NULL*	
name	VARCHAR(250)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
username	*username*	UNIQUE	

Table: zone

Description: Tabella che riporta le zone della strada. Questa tabella viene utilizzata per le valutazioni di prestazioni illuminotecniche.

Columns

Column	Data type	Attributes	Default	Description
id	INT	PRIMARY, Auto increments, Not null		
zone_id	VARCHAR(45)	Not null		
electricalpanel_id	INT	Not null		**foreign key** to column *id* on table *electricalpanel*.
survey_date	DATE	Not null		
location	VARCHAR(2024)		*NULL*	
area_type	INT	Not null		
area_type_other	VARCHAR(45)		*NULL*	
road_class	INT	Not null	*'0'*	
surface_type	INT	Not null	*'0'*	
surface_type_other	VARCHAR(45)		*NULL*	
surface_type_other_medium_luminance	DOUBLE		*NULL*	
surface_type_other_mirroring_factor	DOUBLE		*NULL*	
road_lenght	DOUBLE		*NULL*	
road_width_no_sidewalk	DOUBLE		*NULL*	
surface_area	DOUBLE		*NULL*	
carriageway_type	INT		*NULL*	
lanes_first_carriageway	INT		*NULL*	
lanes_second_carriageway	INT		*NULL*	
sidewalk_position	INT		*NULL*	
sidewalk_width	DOUBLE		*NULL*	
lighting_device_position	INT		*NULL*	
lighting_device_position_other	VARCHAR(45)		*NULL*	

lighting_device_position_other2	VARCHAR(45)		*NULL*	
total_poles_number	INT	Not null		
total_lightingdevices_number	INT	Not null		
average_lightingdevice_distance	DOUBLE		*NULL*	
notes	VARCHAR(2024)		*NULL*	

Indices

Name	Columns	Type	Description
PRIMARY	*id*	PRIMARY	
fk_z_electricalpanel_idx	*electricalpanel_id*	INDEX	
fk_z_areatype_idx	*area_type*	INDEX	
fk_z_roadclass_idx	*road_class*	INDEX	
fk_z_surfacetype_idx	*surface_type*	INDEX	
fk_z_carriageway_idx	*carriageway_type*	INDEX	
fk_z_sidewalkposition_idx	*sidewalk_position*	INDEX	
fk_z_lightingdeviceposition_idx	*lighting_device_position*	INDEX	

3.2 Smart City Platform Specification per PELL IP (ENEA)

In questa annualità si è proceduto alla predisposizione del formato XML per la rappresentazione dell'UrbanDataset "POD Reading" e dell'interfaccia del web service "UrbanDataset Gateway" e parte delle specifiche Smart City Platform Specification (SCPS), utilizzate in ambito PELL per l'acquisizione dinamica dei parametri elettrici ed energetici degli impianti di Illuminazione Pubblica che sono allacciati al PELL.

3.2.1 Formato e Trasporto dati SCPS-based

Di seguito si riporta la descrizione dell'implementazione, basata sulle specifiche "Smart City Platform Specification", del canale di comunicazione atto a permettere il flusso di dati che avviene tra:

- un Gestore IP (o solution verticale "Smart Lighting" equivalente),
- la Piattaforma PELL,

la cui finalità è permettere il recupero periodico dei consumi elettrici dagli impianti IP.

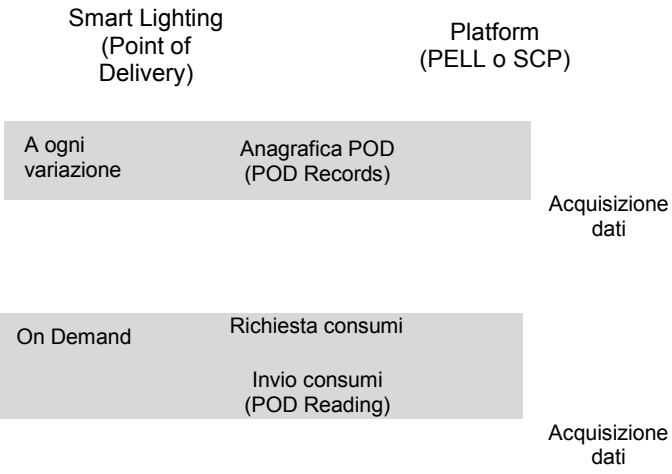


Figura 55: Diagramma di sequenza UML del caso d'uso "Smart Lighting to PELL"

Mentre la prima transazione in Figura 55, relativa all'invio dei dati anagrafici, avviene tramite l'interfaccia web per l'acquisizione della Scheda Censimento, si descriverà in questa sede come implementare la seconda transazione utilizzando le specifiche Smart City Platform Specification (SCPS), in particolare tramite:

- Formato XML di rappresentazione dei consumi (secondo specifiche "SCPS Information Level");
- Interfaccia Web Service di trasporto dei dati (secondo specifiche "SCPS Communication Level").

Formato Dati XML

Le specifiche "*Smart City Platform Specification Information Level*" definiscono il formato che i sistemi devono utilizzare per scambiare insieme di dati, denominati **UrbanDataset**.

Il formato è definito da:

- un **Modello Dati Astratto** che rappresenta, in modo indipendente dalla sintassi, il contenuto che deve avere un documento utilizzato per scambiare Urban Dataset
- l'**implementazione sintattica** del Modello. Le implementazioni sintattiche possono essere molteplici, la specifica fornisce due sintassi di riferimento: XML e JSON.

Il Modello Dati Astratto si compone delle seguenti parti:

- **Specification**: contiene le informazioni che descrivono l' Urban Dataset utilizzato (ad es. il riferimento alla specifica a cui aderisce e le proprietà che lo compongono);
- **Context**: fornisce le informazioni che contestualizzano i valori trasmessi (ad es. il fuso orario dei timestamp);
- **Values**: dati rilevati sulle proprietà che compongono l'Urban Dataset, raggruppati in righe.

La definizione di un Urban Dataset avviene specializzando il Modello Dati Astratto e, coerentemente, le sue implementazioni sintattiche al fine di supportare i requisiti e caratteristiche dei flussi dati che compongono il Caso d'Uso in cui devono essere utilizzati.

La specializzazione del Modello Dati Astratto e delle implementazioni sintattiche consiste nel vincolare le proprietà che compongono un Urban Dataset a un insieme predefinito, individuato a partire dall'analisi dei flussi che caratterizzano il Caso d'Uso in cui l'Urban Dataset deve essere utilizzato.

Le specifiche SCPS mettono a disposizione un insieme predefinito di Urban Dataset da utilizzare in Casi d'Uso per i quali è stata già fatta l'analisi che ha portato all'identificazione e alla formalizzazione delle proprietà che caratterizzano i flussi di informazioni significativi per quei particolari scenari.

Le specifiche SCPS sono state utilizzate per definire l'**Urban Dataset "POD Reading"**, da utilizzare nell'ambito del **PELL**, al fine da uniformare il formato dati con cui le municipalità inviano i dati di consumo alla piattaforma centrale.

L'Urban Dataset "POD Reading"

L'Urban Dataset "POD Reading" consente di inviare i dati relativi alle letture di consumo energetico dell'impianto pubblico d'illuminazione ed è stato definito al fine di supportare lo scambio di informazioni nell'ambito del Caso d'Uso "Smart Lighting to PELL".

Lo scenario di riferimento prevede che una municipalità, o gestore della Illuminazione Pubblica (IP), invii i consumi elettrici alla piattaforma PELL (Public Energy Living Lab, piattaforma che raccoglie i consumi elettrici da tutte le municipalità aderenti per offrire un servizio di monitoraggio e benchmarking).

Le proprietà che compongono l'Urban Dataset "POD Reading" sono state definite a partire dall'analisi svolta, nell'ambito del progetto PELL, sui flussi di dati inviati trasmessi dagli Smart Meter (usualmente applicati presso i quadri elettrici dell'illuminazione pubblica); sono elencate e descritte in Tabella 13.

Proprietà	Descrizione	Unità di misura	Tipo
activeEnergy	Energia attiva	kWh	double
voltagePhase1	Tensione fase R	V	double
voltagePhase2	Tensione fase S	V	double
voltagePhase3	Tensione fase T	V	double
currentLine1	Corrente di Linea 1	A	double
currentLine2	Corrente di Linea 2	A	double
currentLine3	Corrente di Linea 3	A	double
activePowerPhase1	Potenza attiva fase R	kW	double
activePowerPhase2	Potenza attiva fase S	kW	double
activePowerPhase3	Potenza attiva fase T	kW	double
totalActivePower	Potenza attiva totale	kW	double
powerFactorPhase1	Fattore di potenza R	cos(ϕ)	double
powerFactorPhase2	Fattore di potenza S	cos(ϕ)	double
powerFactorPhase3	Fattore di potenza T	cos(ϕ)	double
reactivePowerPhase1	Potenza reattiva R	kVAR	double
reactivePowerPhase2	Potenza reattiva S	kVAR	double
reactivePowerPhase3	Potenza reattiva T	kVAR	double
totalReactivePower	Potenza reattiva totale	kVAR	double
apparentPowerPhase1	Potenza apparente R	kVA	double
apparentPowerPhase2	Potenza apparente S	kVA	double
apparentPowerPhase3	Potenza apparente T	kVA	double
totalApparentPower	Potenza apparente totale	kVA	double
inductiveEnergy+capacitiveEnergy	Energia reattiva	kVARh	double

Tabella 13: Proprietà che compongono l'Urban Dataset "POD Reading"

Il Modello Dati Astratto specializzato per l'Urban Dataset "POD Reading" è riportato in Tabella 14; in Sezione A, invece, i Template che rappresentano l'implementazione del Modello Dati specializzato nelle sintassi XML e JSON.

Urban Dataset	POD reading		
Scopo	Monitorare il consumo elettrico di un sistema di Illuminazione Pubblica		
Aggregazione spaziale	City		
Categoria / Sottocategoria	Energy / Energy demand		
Aggregazione temporale	Valori totali		
	SPECIFICAZIONE DELL'URBAN DATASET		
UrbanDatasetName	POD reading		
	CONTESTUALIZZAZIONE DELL'URBAN DATASET		
	Unità di Misura:	**Formato**	**Descrizione / Esempio**
Timestamp	Date-Time	gg-mm-aaaa hh:mm:ss	Tempo di generazione dell'Urban Dataset
Timezone	Adimensionale	String	Es. UTC, UTC+01, UTC-05
Coordinates	Coordinate	WGS84 (World Geodetic System)	Coordinate che identificano la posizione del centro dell'insieme di POD monitorati
Producer	Adimensionale	String	Identificatore del Sistema che ha prodotto i dati
	PROPRIETÀ DELL'URBAN DATASET		
	Unità di Misura:	**Formato**	**Descrizione / Esempio**
POD ID	Adimensionale	String	Codice POD che identifica univocamente il punto di prelievo
Start Period	Date - Time	gg-mm-aaaa hh:mm:ss	Data/Ora in cui di fine del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017 14:00:00)
End Period	Date - Time	gg-mm-aaaa hh:mm:ss	Data/Ora in cui di fine del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017 14:30:00)
activeEnergy	kWh	Double	Energia attiva consumata
voltagePhase1	V	Double	Tensione della fase R

voltagePhase2	V	Double	Tensione della fase S
voltagePhase3	V	Double	Tensione della fase T
currentLine1	A	Double	Corrente della linea 1
currentLine2	A	Double	Corrente della linea 2
currentLine3	A	Double	Corrente della linea 3
activePowerPhase1	kW	Double	Potenza attiva fase S
activePowerPhase2	kW	Double	Potenza attiva fase R
activePowerPhase3	kW	Double	Potenza attiva fase T
totalActivePower	kW	Double	Potenza attiva totale
powerFactorPhase1	Adimensionale	Double	Fattore di potenza R
powerFactorPhase2	Adimensionale	Double	Fattore di potenza S
powerFactorPhase3	Adimensionale	Double	Fattore di potenza T
reactivePowerPhase1	kVAR	Double	Potenza reattiva R
reactivePowerPhase2	kVAR	Double	Potenza reattiva S
reactivePowerPhase3	kVAR	Double	Potenza reattiva T
totalReactivePower	kVAR	Double	Potenza reattiva totale
apparentPowerPhase1	kVA	Double	Potenza apparente S
apparentPowerPhase2	kVA	Double	Potenza apparente R
apparentPowerPhase3	kVA	Double	Potenza apparente S
totalApparentPower	kVA	Double	Potenza apparente totale
reactiveEnergy	kVARh	Double	Energia reattiva (inductiveEnergy + apacitiveEnergy)

Tabella 14: Modello Dati Astratto dell'Urban Dataset "POD Reading"

Trasporto Dati Web Service

Il web service "*UrbanDatasetGateway*" è il mezzo con cui ottenere il canale di comunicazione per la piattaforma PELL ed è descritto nel dettaglio nelle specifiche "*Smart City Platform Specification Communication Level*"; qui verrà data una descrizione dell'interfaccia sufficiente all'utilizzo nel contesto applicativo del PELL.

Le specifiche *SCPS Communication Level* mettono a disposizione alcuni pattern architetturali, quello prescelto per la comunicazione tra Gestore IP e Piattaforma PELL è il REQUEST/RESPONSE, per consentire a un componente Client di richiedere un Urban Dataset a un componente Server in ascolto.

La Piattaforma PELL interpreta il ruolo di Client, mentre il Gestore IP interpreta il ruolo di Server (Figura 56).

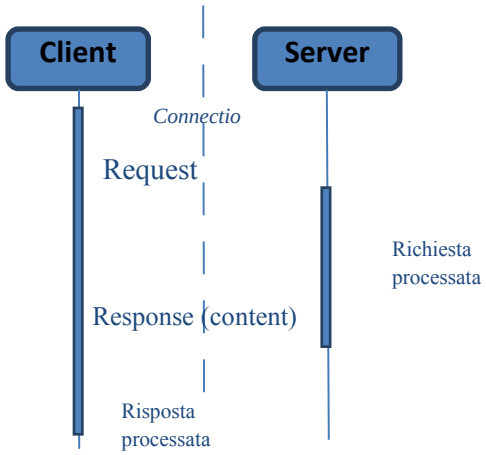


Figura 56: Interazione Client-Server nel pattern Request/Response

Nelle chiamate Web Service su HTTP, il pattern REQUEST/RESPONSE viene implementato in modo sincrono: una volta effettuata la richiesta dal componente Client, si mantiene una connessione aperta fino a quando la risposta del componente Server viene consegnata, oppure scade un timer (dunque è bloccante).

Adottando il pattern REQUEST/RESPONSE, per abilitare la comunicazione in ambito PELL, si intende la seguente implementazione di servizio, per il recupero dell'Urban Dataset "POD Reading" (par.0):

1- Il componente Client della Piattaforma PELL effettua una REQUEST per RICHIEDERE l'UrbanDataset "POD Reading" al componente Server del Gestore IP;
2- Il componente Server del Gestore IP restituisce la RESPONSE contenente l'Urban Dataset richiesto.

Di seguito si riporta la descrizione dell'interfaccia del web service *UrbanDatasetGateway*.

L'interfaccia UrbanDatasetGetaway

Le seguenti tabelle descrivono l'interfaccia del Web Service e prescindono dall'implementazione che verrà effettuata (REST o SOAP).

Servizio	UrbanDatasetGateway
Metodi	login (username, password)
	push (token, dataset)
	basicRequest (token, collaboration_id)
	searchingRequest (token, collaboration_id, from_utc_datetime*, to_utc_datetime*, coordinate_center*, radius*)

*valori opzionali
N.B. il metodo searchingRequest con tutti i parametri opzionali mancanti, richiama la basicRequest

Il sistema di autenticazione prevede la chiamata un metodo di login per l'invio delle credenziali di accesso, a cui segue, in risposta, l'invio di un token, valido per un periodo di tempo limitato, da usare nelle successive chiamate del servizio. Il token è una stringa di caratteri di numero arbitrario che viene generata dal sistema di autenticazione (tale sistema di autenticazione, implementato presso il Gestore IP, non è vincolato alle specifiche).

Metodo login

	Metodo	login
	Parametro	username tipo: string/string descrizione: username fornito dal client chiamante il metodo
	Parametro	password tipo: string/password descrizione: password fornita dal client
	Valore di Ritorno	token tipo: string/auth-token descrizione: se l'autenticazione ha avuto successo viene ritornato un token che permetterà il successivo accesso.
	Valore di Ritorno	error tipo: int/string descrizione: 100 autenticazione fallita

Metodo basicRequest

	Metodo	basicRequest
	Parametro	token tipo: string/auth-token descrizione: il token di autenticazione per l'accesso, viene rilasciato ad ogni client che effettua la login con successo e ha una validità temporale
	Parametro	collaboration_id tipo: string/collaboration_id

		identifica univocamente un Urban Dataset prodotto da uno specifico produttore nell'ambito di una specifica collaborazione. Nel caso in cui sia la Smart City Platform a invocare questo metodo presso la Solution verticale per recuperare un Urban Dataset, allora il *collaboration_id* può coincidere con l'ID dell'UrbanDataset.
	Valore di Ritorno	urban_dataset tipo: string descrizione: urban dataset, in XML o JSON, richiesto dal mittente
	Valore di Ritorno	error tipo: int/string descrizione: 101 token invalido 102 permesso invalido per la produzione/accesso all'urban dataset 103 dataset invalido secondo lo schema 104 system error 105 bad request

Metodo searchingRequest

	Metodo	searchingRequest
	Parametro	token tipo: string/auth-token descrizione: il token di autenticazione per l'accesso, viene rilasciato ad ogni client che effettua la login con successo e ha una validità temporale
	Parametro	collaboration_id tipo: string/collaboration_id identifica univocamente un Urban Dataset prodotto da uno specifico produttore nell'ambito di una specifica collaborazione. Nel caso in cui sia la Smart City Platform a invocare questo metodo presso la Solution verticale per recuperare un Urban Dataset, allora il *collaboration_id* può coincidere con l'ID dell'UrbanDataset.
		from_utc_datetime tipo: string/UTC_DATETIME descrizione: data e ora da cui si vuole specificare la partenza di un intervallo temporale. Nel caso sia assente, la finestra temporale include tutti i valori possibili.
		to_utc_datetime tipo: string/UTC_DATETIME descrizione: data e ora da cui si vuole specificare la fine di un intervallo temporale. Nel caso sia assente, la finestra temporale include tutti i valori possibili da *from_utc_datetime* fino al momento in cui viene effettuata la chiamata. Nel caso sia assente *from_utc_datetime* ma presente *to_utc_datetime* viene ritornato un errore 105 "bad request".
		coordinate_center tipo: double,double/COORDINATE_WGS84 descrizione : Coordinata del vertice superiore sinistro del quadrato che rappresenta la ricerca spaziale. I due vertici devono essere presenti entrambi o assenti entrambi. Nel caso sia assente, la finestra spaziale include tutti i valori possibili. Nel caso sia assente *coordinate_center* ma presente *radius* viene ritornato un errore 105 "bad request".
		radius tipo: double/DISTANCE_WGS84 descrizione: raggio del cerchio con centro *coordinate_center*. Nel caso sia assente, la finestra spaziale include tutti i valori possibili. Nel caso sia assente *radius* ma presente *coordinate_center* viene ritornato un errore 105 "bad request".
	Valore di Ritorno	urban_dataset tipo: string descrizione: urban dataset, in XML o JSON, richiesto dal mittente

	Valore di Ritorno	error tipo: int/string descrizione: 101 token invalido, 102 permesso invalido per la produzione/accesso all'urban dataset, 103 dataset invalido secondo lo schema, 104 system error, 105 bad request

Si noti che nell'implementazione delle sotto-specifiche "*SCPS Communication Level*" nel contesto applicativo PELL, potrebbe risultare molto utile la ricerca temporale che mette a disposizione il metodo "*searchingRequest*", mentre inutile sarebbe la ricerca spaziale, avendo la piattaforma PELL, già immagazzinate tramite l'acquisizione della scheda censimento, le coordinate della sorgente interrogata.

WSDL

Le specifiche "SCPS Communication Level" permettono di definire due canali di comunicazione:

1. JSON / WS REST;
2. XML / WS SOAP.

In ambito PELL è stato scelto il secondo canale di comunicazione, XML/WSSOAP, più rigoroso ed efficiente. Si riporta in Sezione B il descrittore WSDL (Web Service Description Language) che descrive l'interfaccia del web service *UrbanDatasetGateway* così come è stata introdotta nei precedenti paragrafi.

3.2.2 Sezione A - Template XML UrbanDataset "POD Reading"

In questa sezione viene riportato il template per l'UrbanDataset "POD Reading" per rappresentare i consumi elettrici, definito nelle specifiche "Smart City Platform Specification Information Level".

```
<UrbanDataset xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
 xmlns="smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset">
  <specification version="">
    <id>xxxx</id>
    <name>POD Reading</name>
    <uri>http://ontologia.esempio.it/UDxxx</uri>
                <properties>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>POD_ID</propertyName>
                                <propertyDescription>Codice POD</propertyDescription>
                                <dataType>string</dataType>
                                <unitOfMeasure>adimensionale</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>activeEnergy</propertyName>
                                <propertyDescription>Energia attiva</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>kWh</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>voltagePhase1</propertyName>
                                <propertyDescription>Tensione fase R</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>V</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>voltagePhase2</propertyName>
                                <propertyDescription>Tensione fase S</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>V</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>voltagePhase3</propertyName>
                                <propertyDescription>Tensione fase T</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>V</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>currentLine1</propertyName>
                                <propertyDescription>Corrente di Linea 1</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>A</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>currentLine2</propertyName>
                                <propertyDescription>Corrente di Linea 2</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>A</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>currentLine3</propertyName>
                                <propertyDescription>Corrente di Linea 3</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>A</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>activePowerPhase1</propertyName>
                                <propertyDescription>Potenza attiva fase R</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
                                <unitOfMeasure>kW</unitOfMeasure>
                        </propertyDefinition>
                        <propertyDefinition>
                                <propertyName>activePowerPhase2</propertyName>
                                <propertyDescription>Potenza attiva fase S</propertyDescription>
                                <dataType>double</dataType>
```

```
            <unitOfMeasure>kW</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>activePowerPhase3</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza attiva fase T</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kW</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>totalActivePower</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza attiva totale</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kW</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>powerFactorPhase1</propertyName>
            <propertyDescription>Fattore di potenza R</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>adimensionale</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>powerFactorPhase2</propertyName>
            <propertyDescription>Fattore di potenza S</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>adimensionale</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>powerFactorPhase3</propertyName>
            <propertyDescription>Fattore di potenza T</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>adimensionale</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>reactivePowerPhase1</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza reattiva R</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kVAR</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>reactivePowerPhase2</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza reattiva S</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kVAR</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>reactivePowerPhase3</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza reattiva T</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kVAR</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>totalReactivePower</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza reattiva totale</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kVAR</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>apparentPowerPhase1</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza apparente R</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kVA</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>apparentPowerPhase2</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza apparente S</propertyDescription>
            <dataType>double</dataType>
            <unitOfMeasure>kVA</unitOfMeasure>
</propertyDefinition>
<propertyDefinition>
            <propertyName>apparentPowerPhase3</propertyName>
            <propertyDescription>Potenza apparente T</propertyDescription>
```

```
                                        <dataType>double</dataType>
                                        <unitOfMeasure>kVA</unitOfMeasure>
                                </propertyDefinition>
                                <propertyDefinition>
                                        <propertyName>totalApparentPower</propertyName>
                                        <propertyDescription>Potenza apparente totale</propertyDescription>
                                        <dataType>double</dataType>
                                        <unitOfMeasure>kVA</unitOfMeasure>
                                </propertyDefinition>
                                <propertyDefinition>
                                        <propertyName>reactiveEnergy</propertyName>
                                        <propertyDescription>Energia reattiva
                                                (inductiveEnergy+capacitiveEnergy)</propertyDescription>
                                        <dataType>double</dataType>
                                        <unitOfMeasure>kVARh</unitOfMeasure>
                                </propertyDefinition>
                        </properties>
</specification>        <context>
                <producer>
                        <id/>
                </producer>
        <timeZone/>
        <timestamp>1000-01-01T00:00:00</timestamp>
        <coordinates>
                <longitude>0</longitude>
                <latitude>0</latitude>
                <altitude>0</altitude>
        </coordinates>
        <language></language>
</context>
<values>
        <line id="1">
                <timestamp>1000-01-01T00:00:00</timestamp>
                <period>
                        <start_ts>1000-01-01T00:00:00</start_ts>
                        <end_ts>1000-01-01T00:00:00</end_ts>
                </period>
                <property name="POD_ID">
                        <val/>
                </property>
                <property name="activeEnergy">
                        <val/>
                </property>
                <property name="voltagePhase1">
                        <val/>
                </property>
                <property name="voltagePhase2">
                        <val/>
                </property>
                <property name="voltagePhase3">
                        <val/>
                </property>
                <property name="currentLine1">
                        <val/>
                </property>
                <property name="currentLine2">
                        <val/>
                </property>
                <property name="currentLine3">
                        <val/>
                </property>
                <property name="activePowerPhase1">
                        <val/>
                </property>
                <property name="activePowerPhase2">
                        <val/>
                </property>
                <property name="activePowerPhase3">
                        <val/>
                </property>
                <property name="totalActivePower">
```

```
      <val/>
    </property>
    <property name="powerFactorPhase1">
      <val/>
    </property>
    <property name="powerFactorPhase2">
      <val/>
    </property>
    <property name="powerFactorPhase3">
      <val/>
    </property>
    <property name="reactivePowerPhase1">
      <val/>
    </property>
    <property name="reactivePowerPhase2">
      <val/>
    </property>
    <property name="reactivePowerPhase3">
      <val/>
    </property>
    <property name="totalReactivePower">
      <val/>
    </property>
    <property name="apparentPowerPhase1">
      <val/>
    </property>
    <property name="apparentPowerPhase2">
      <val/>
    </property>
    <property name="apparentPowerPhase3">
      <val/>
    </property>
    <property name="totalApparentPower">
      <val/>
    </property>
    <property name="reactiveEnergy">
      <val/>
    </property>
  </line>
</values>
        </UrbanDataset>
```

3.2.3 Sezione B - UrbanDatasetGateway WSDL (versione beta)

In questa sezione viene riportato il template il WSDL (Web Service Description Language) relativo al WebService *UrbanDatasetGateway,* definito nelle specifiche "Smart City Platform Specification Communication Level".Questo WSDL è una versione beta.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<definitions name="UrbanDatasetGateway"
  targetNamespace="http://smartcityplatform.enea.it/specification/soap/scps-urbandataset-gateway-1.0.wsdl"
  xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
  xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
  xmlns:tns="http://smartcityplatform.enea.it/specification/soap/scps-urbandataset-gateway-1.0.wsdl"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:ud="smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset">

  <types>
    <xsd:schema targetNamespace="http://smartcityplatform.enea.it/specification/soap/">
      <xsd:import namespace="smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset" schemaLocation="scps-urbandataset-
schema-1.0.xsd" />
    </xsd:schema>
  </types>

  <!-- messages "login" -->
  <message name="Login">
    <part name="username" element="xsd:string" />
    <part name="password" element="xsd:string" />
  </message>
  <message name="LoginResponse">
    <part name="token" element="xsd:string" />
  </message>

  <message name="CodeResponse">
    <part name="code" type="xsd:string"/>
  </message>

  <!-- messages "push" -->
  <message name="PushUrbanDataset">
    <part name="token" element="xsd:string" />
    <part name="urban_dataset" element="ud:UrbanDataset" />
  </message>

  <!-- messages "basicRequest" -->
  <message name="BasicRequest">
    <part name="token" element="xsd:string" />
    <part name="collaboration_id" element="xsd:string" />
  </message>
  <message name="UrbanDatasetResponse">
    <part name="urban_dataset" element="ud:UrbanDataset" />
  </message>

  <!-- messages "searchingRequest" -->
  <message name="SearchingRequest">
    <part name="token" element="xsd:string" />
    <part name="collaboration_id" element="xsd:string" />
    <part name="from_utc_datetime" element="xsd:string" />
    <part name="to_utc_datetime" element="xsd:string" />
    <part name="x_coordinate_center" element="xsd:double" />
    <part name="y_coordinate_center" element="xsd:double" />
    <part name="radius" element="xsd:double" />
  </message>


  <!-- portType "login" -->
  <portType name="Login_PortType">
    <operation name="login">
      <input message="tns:Login"/>
      <output message="tns:LoginResponse"/>
      <fault name="Error" message="tns:CodeResponse"/>
    </operation>
  </portType>
```

```
<!-- portType "push" -->
<portType name="Push_PortType">
  <operation name="push">
    <input message="tns:PushUrbanDataset"/>
    <output message="tns:CodeResponse"/>
    <fault name="Error" message="tns:CodeResponse"/>
  </operation>
</portType>

<!-- portType "basicRequest" -->
<portType name="BasicRequest_PortType">
  <operation name="basicRequest">
    <input message="tns:BasicRequest"/>
    <output message="tns:UrbanDatasetResponse"/>
    <fault name="Error" message="tns:CodeResponse"/>
  </operation>
</portType>

<!-- portType "searchingRequest" -->
<portType name="SearchingRequest_PortType">
  <operation name="searchingRequest">
    <input message="tns:SearchingRequest"/>
    <output message="tns:UrbanDatasetResponse"/>
    <fault name="Error" message="tns:CodeResponse"/>
  </operation>
</portType>


<!-- binding "login" -->
<binding name="Login_Binding" type="tns:Login_PortType">
  <soap:binding style="rpc"
    transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"/>
  <operation name="login">
    <soap:operation soapAction="login"/>
    <input>
      <soap:body
        encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
        namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
        use="encoded"/>
    </input>

    <output>
      <soap:body
        encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
        namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
        use="encoded"/>
    </output>
  </operation>
</binding>

<!-- binding "push" -->
<binding name="Push_Binding" type="tns:Push_PortType">
  <soap:binding style="rpc"
    transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"/>
  <operation name="push">
    <soap:operation soapAction="push"/>
    <input>
      <soap:body
        encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
        namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
        use="encoded"/>
    </input>

    <output>
      <soap:body
        encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
        namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
        use="encoded"/>
    </output>
  </operation>
```

```
  </binding>

  <!-- binding "basicRequest" -->
  <binding name="BasicRequest_Binding" type="tns:BasicRequest_PortType">
    <soap:binding style="rpc"
      transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"/>
    <operation name="basicRequest">
      <soap:operation soapAction="basicRequest"/>
      <input>
        <soap:body
          encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
          namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
          use="encoded"/>
      </input>

      <output>
        <soap:body
          encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
          namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
          use="encoded"/>
      </output>
    </operation>
  </binding>

  <!-- binding "searchingRequest" -->
  <binding name="SearchingRequest_Binding" type="tns:SearchingRequest_PortType">
    <soap:binding style="rpc"
      transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"/>
    <operation name="searchingRequest">
      <soap:operation soapAction="searchingRequest"/>
      <input>
        <soap:body
          encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
          namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
          use="encoded"/>
      </input>

      <output>
        <soap:body
          encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
          namespace="urn:smartcityplatform:enea:information:xml:schemas:main:urbandataset"
          use="encoded"/>
      </output>
    </operation>
  </binding>


  <!-- SERVICE UrbanDataset Gateway -->
  <service name="UrbanDatasetGatewayService">
    <documentation>Method of the UrbanDataset Gateway</documentation>
    <port binding="tns:Login_Binding" name="Login_Port">
      <soap:address
        location="http://smartcityplatform.enea.it/webservice/soap/UrbanDatasetGateway/login/" />
    </port>
    <port binding="tns:Push_Binding" name="Push_Port">
      <soap:address
        location="http://smartcityplatform.enea.it/webservice/soap/UrbanDatasetGateway/push/" />
    </port>
    <port binding="tns:BasicRequest_Binding" name="BasicRequest_Port">
      <soap:address
        location="http://smartcityplatform.enea.it/webservice/soap/UrbanDatasetGateway/basicRequest/" />
    </port>
    <port binding="tns:SearchingRequest_Binding" name="SearchingRequest_Port">
      <soap:address
        location="http://smartcityplatform.enea.it/webservice/soap/UrbanDatasetGateway/searchingRequest/" />
    </port>
  </service>

</definitions>
```

3.3 Impostazione di un Network per la promozione di un processo di digitalizzazione dei dati d'identità delle infrastrutture pubbliche energivore (ENEA)

L'attività di coinvolgimento dei gestori e delle amministrazioni punta a promuovere ed avviare un processo di controllo e valutazione costante e standardizzato delle infrastrutture pubbliche energivore.
In particolare in questa annualità l'attività si è focalizzata:

- sul trasferimento e coinvolgimento tanto degli amministratori quanto dei gestori in questa vera e propria rivoluzione dei processi gestionali dei servizi pubblici e relative infrastrutture mediante l'organizzazione di specifici incontri. In particolare l'attività si è focalizzata nel trasferire il ruolo strategico del processo di acquisizione, elaborazione e valutazione dei dati nei processi gestionali al fine di coinvolgere gli stakeholder e condividere con loro la programmazione di questo cambiamento operativo e gestionale volto all'efficienza dei servizi e loro trasparenza;
- sulla verifica e condivisione delle difficoltà, in termini economici, funzionali e tecnologici, che tanto gli operatori quanto gli amministratori potrebbero incontrare nell'applicazione di un processo di monitoraggio e valutazione dei dati altamente strutturato, innovativo e trasparente mediante, in particolare, l'organizzazione di interviste .

Alla mappatura dei dati della pubblica illuminazione ha cominciato ad essere proposta e testata la mappatura e monitoraggio dei dati relativi agli edifici pubblici con particolare riferimento alle scuole. L'attività ha dunque previsto l'individuazione dei principali stakeholder coinvolti e l'avvio di una ricognizione dello stato di fatto in termini di conoscenza e padronanza del patrimonio edilizio scolastico da parte tanto degli amministratori quanto dei gestori.
Sono stati organizzati una serie d'incontri con le Associazioni di categoria, le Regioni, l'Agenzia per l'Italia Digitale, Infratel con l'obiettivo di creare un Network PELL di sviluppo e promozione del processo di digitalizzazione dei dati.
L'attività di quest'anno difatti, partendo dalla raccolta e mappatura dei dati, ne promuove l'avvio di un vero e proprio processo di digitalizzazione introducendo la condivisione e analisi di una serie di problematiche e criticità legate alla loro trasmissione e aggiornamento, alla garanzia della loro sicurezza, alla condivisione dei Data model, alla definizione di dati minimi obbligatori in quanto strategici, alla scelta dei protocolli di trasmissione ed alla struttura di piattaforme di raccordo e gestione che devono essere interoperabili.
Il risultato più importante di questa annualità è stato quello di aver avviato con AGID il processo d'inserimento dei dati della pubblica illuminazione nell'ambito del DB SINFI del Ministero dello Sviluppo Economico, partendo dal riconoscimento della scheda PELL e dalla volontà di attribuire ad ENEA il ruolo sperimentale di gestione dei dati. Tale attività ha sviluppato un processo Top Down di riconoscimento e attuazione di una mappatura dei dati strategici di una infrastruttura pubblica energivora.
Tale attività ha comportato in particolare:

- una ricognizione a livello europeo e nazionale degli standard utilizzati per la trasmissione dei dati;
- una rivalutazione del Data Model PELL per la pubblica illuminazione al fine di renderlo conforme alle necessità del processo di digitalizzazione e georeferenziazione dei dati dei principali servizi avviato dal Ministero dello Sviluppo Economico con il DB SINFI;
- la condivisione della nuova proposta del data model con le Associazioni di Categoria coinvolte quali Assistal, Aidi, Assil e Api;
- la condivisione con alcune Regioni (regione Lombardia – Veneto) del processo avviato;
- un riaggiornamento di carattere tecnologico e metodologico nello sviluppo e implementazione della piattaforma PELL in vista del suo ruolo di "contenitore, fornitore ed elaboratore" di dati strategici per la Agenzia per l'Italia Digitale.

E' stato inoltre avviata l'impostazione di un modello di esportazione dei dati dai POD, per la rappresentazione dei consumi elettrici in formato XML.

In particolare:

- sono stati organizzati 2 incontri specifici con Assistal ai quali stono stati invitati a partecipare tutte le ESCo con l'obiettivo di trasferire loro l'avvio dello studio di modelli di esportazione dei dati secondo data

model PELL già sviluppato e condiviso nelle precedenti annualità oltre all'ampliamento agli edifici del processo di mappatura e gestione;

- è stato coinvolto il Comune di Livorno per l'allacciamento al PELL quale progetto pilota
- è proseguita l'attività di collaborazione con l'Università Sapienza di Roma Facoltà di Architettura per il trasferimento degli sviluppi di questo processo innovativo di gestione delle infrastrutture. In particolare l'attività è stata presentata al Master " Gestione integrata e valorizzazione dei patrimoni immobiliari urbani" e precisamente nella sessione "efficientamento energetico del patrimonio immobiliare e urbano pubblico";
- il progetto PELL è stato presentato a 3 Convegni (vedi obiettivo sub-obiettivo g1)
- è stata organizzata presso la Bicocca di Milano una giornata formativa per gli amministratori in merito ai processi gestionali tramite data model e piattaforme di raccolta dati;
- è stato avviato un un riesame della proposta di Legge nazionale per la illuminazione pubblica alla luce degli sviluppi della piattaforma PELL.

4 Sistema di smart service integrato nell'ambiente urbano

L'attività svolta in questo sotto obiettivo è indirizzata ad aspetti legati ai sistemi Smart Service, a partire da una loro definizione fino ad arrivare ad una analisi socio tecnica economica. Sono state fatte analisi di affidabilità e analisi dei guasti, sono state simulate situazione di degradamento dei sistemi al fine di analizzare prestazioni e ritardi dei servizi aggiuntivi. Sono state studiati tecnologie e strategie per il controllo del microclima urbano. Sono state analizzate soluzioni tecnologiche, per la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere dei cittadini, intendendo questo come servizio aggiuntivo integrato nell'ambiente urbano. Sono tati analizzati alcuni sistemi di telecontrollo digitale per le Smart Street, sono state descritte le installazioni di Smart Street presenti nel mondo. Alcune di queste analisi sono state fatte su un caso reale, il sistema installato nello Smart Village Enea – Casaccia.
Sono stati proposti nuovi sistemi di diagnosi e valutazione dei servizi integrati, al tale scopo è stato acquistato un SAPR (sistema aeromobile a pilotaggio remoto), equipaggiato con camera rgb/video e termocamera. È stato implementato un sensore/telecamera per il controllo della mobilità e sicurezza con nuove funzionalità, integrandolo con un microfono e sviluppando algoritmi software per il riconoscimento del suono.
Inoltre, è proseguita la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali ed europei nel settore dell'illuminazione (collaborazione con comitati di standardizzazione e normativa). All'interno di ciascun gruppo l'ENEA ha dato il proprio contribuito a proposte, revisioni e stesura di norme e raccomandazioni tecniche nei relativi campi di competenza.
Infine, alcune attività sono state svolte da Università, altre sviluppate direttamente da ENEA altre in collaborazione con industrie del settore.

4.1 Definizione delle specifiche di Smart Service integrato nell'ambiente urbano - Linee guida per poter evolvere un impianto di illuminazione in un sistema di Smart Service (ENEA)

Un sistema "Smart Service" lo possiamo definire come un insieme di servizi multifunzionali integrati nell'ambiente urbano che vanno dalla gestione ottimale dei consumi energetici e delle utility locali, al controllo dell'ambiente, della mobilità, del turismo locale, degli aspetti sociali e della sicurezza; per fare solo qualche esempio: illuminazione, monitoraggio del traffico, identificazione di situazioni critiche (alluvioni, congestioni, incendi, affollamento), monitoraggio ambientale, gestione di parcheggi, sorveglianza e sicurezza.
L'architettura generale del sistema di Smart Service (Figura 57) integrato con l'infrastruttura di illuminazione pubblica si può organizzare in più livelli funzionali come ampliamente avviene nei sistemi di monitoraggio, controllo ed automazione. Possiamo identificare 3 macro livelli funzionali:

- Livello 1 (piattaforma urbana): è il livello in cui i dati (grezzi o elaborati) vengono resi disponibili, attraverso la piattaforma gestionale, di proprietà dell'amministrazione, all'infrastruttura di controllo della città che ha il fine di creare un'area di gestione di dati aperti per l'amministrazione stessa, la cittadinanza ed i principali attori (es. le aziende municipalizzate) in modo tale da favorire lo scambio trasparente (ma regolamentato) delle informazioni e fornire applicazioni e servizi.
- Livello 2 (piattaforma gestionale): è il livello in cui sono acquisite le variabili dell'area campo da parte dei sistemi software gestionali che hanno la capacità di interagire con i sensori di campo, di archiviare i dati e di interagire con un operatore umano tramite apposita interfaccia.
- Livello 3 (area campo): è il livello più basso in cui i sono presenti i sensori ed i controllori dell'area applicativa di interesse. Nel caso specifico l'area campo corrisponde alla strada urbana ed all'infrastruttura di illuminazione ad essa connessa. Questo livello ha il compito di acquisire l'informazione.

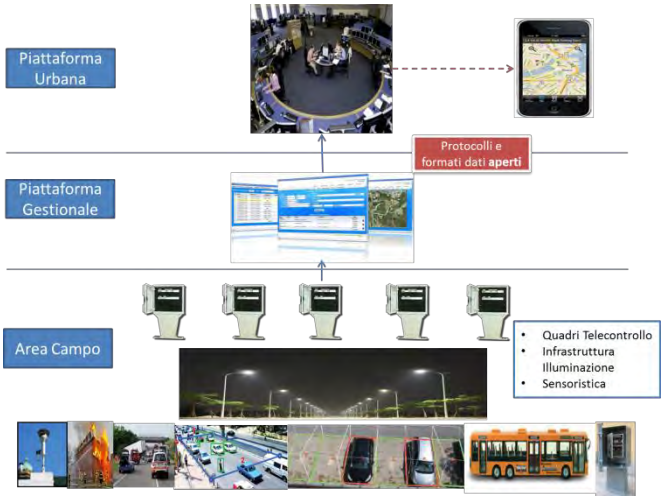


Figura 57 L'architettura generale del sistema di Smart Service

4.1.1 L'infrastruttura di IP

Gli impianti di illuminazione pubblica di una città sono formati da decine/centinaia di sorgenti luminose, pali di sostegno, quadri di controllo e km di linee elettriche. Questa complessa e ramificata infrastruttura dovrà essere integrata nel sistema smart street in modo tale da soddisfare alcuni requisiti minimali per garantire un livello base di interoperabilità a livello di acquisizione e trasporto del dato (Requisiti Generali). La "Smart Street" è un sistema integrato in cui l'infrastruttura di illuminazione pubblica (apparecchio, palo, linea elettrica....) è la tecnologia abilitante per altre funzioni, non solo in supporto alla gestione della stessa illuminazione. Gli interventi necessari da effettuarsi su un impianto di illuminazione in un ottica smart service sono principalmente indirizzati alla scelta/installazione della tipologia dei sensori e alla scelta/installazione dei sistemi di trasmissione dati.

Per servizi "smart" si intendono funzionalità che aggiungono valore all'impianto di illuminazione pubblica conferendogli maggiori prestazioni o nuovi servizi sulla base di sensoristica aggiuntiva e capacità di scambio di informazioni integrate nel sistema stesso di illuminazione pubblica (Figura 58).

Figura 58 Infrastruttura di IP come supporto di Smart Service

La strumentazione dell'area campo correlata ai servizi offerti dovrà essere integrata all'infrastruttura di illuminazione pubblica (es. palo dell'illuminazione) e/o al sistema di trasporto dei dati. Il "palo intelligente" svolge il ruolo fondamentale in quanto sistema multi-sensore per il monitoraggio ambientale, gestione del flusso luminoso, rilevamento flusso di traffico veicolare/pedonale (Figura 59).

Figura 59 Smart Pole

I sistemi di trasmissione dati che permettono la comunicazione tra sensori, area campo e piattaforma gestionale possono essere di vari tipi. La comunicazione può avvenire tramite onde convogliate che utilizzano la linea elettrica dell'impianto di illuminazione, onde radio o molto spesso si usa la rete mobile, la scelta dipende oltre che dalla tipologia del dato anche dalla presenza o meno di altre infrastrutture di comunicazione, tipo la presenza di internet access point o la presenza di reti in fibra ottica. Anche la scelta della larghezza di banda dipende dalla tipologia del dato da trasmettere e dalla sua "importanza". Un immagine in tempo reale o un video in streaming avranno bisogno di un maggior larghezza di banda che un'informazione di temperatura e umidità di una centralina meteo.
Di seguito vengono analizzati alcuni servizi integrabili in un'infrastruttura di illuminazione pubblica in un ottica smart service.

4.1.2 Monitoraggio consumi

Servizio Smart fondamentale per un'amministrazione è il monitoraggio trasparente dei dati relativi ai consumi energetici ed alle prestazioni degli impianti di Illuminazione Pubblica. Servizio necessario, in quanto consente una gestione efficace ed efficiente dell'infrastruttura presente sul territorio, fornendo quindi un servizio idoneo al cittadino.
L'infrastruttura dell'area campo di questo servizio si basa sul Quadro di telecontrollo/telegestione dotato di smart meter.
Le funzioni principali di tale servizio sono:

- determinare le condizioni di funzionamento dell'impianto di illuminazione
- gestire la regolazione del flusso luminoso (dimmerizzazione)
- rilevare i guasti per punto luce
- determinare i consumi elettrici degli impianti per quadro elettrico
- mantenere le informazione e renderle accessibili per analisi successive
- permettere l'accesso alle informazioni ai vari stakeholders (Amministratori, Municipalità e cittadini)

La piattaforma gestionale di tale servizio è stata individuata nella piattaforma ENEA Public Energy Living Lab (PELL). La piattaforma informatica (PELL) implementa da ENEA, su scala nazionale, consente la raccolta ed

organizzazione dei dati monitorati relativi agli impianto di IP presenti sul territorio, fornendo un importante servizio alle amministrazioni pubbliche le quali, per poterne usufruire, devono necessariamente aderire al PELL e quindi allacciare i propri impianti di IP alla piattaforma (crf. Capitolo 3 per PELL)
Attraverso la digitalizzazione delle informazioni, il monitoraggio continuo, la elaborazione in tempo reale degli input relativi ai consumi e prestazioni, la redistribuzione aperta delle informazioni si mira a trasformare le infrastrutture pubbliche energivore in reti intelligenti e a creare quindi un canale di collegamento diretto tra amministratori e cittadini.

4.1.3 Monitoraggio traffico

Tra i vari servizi integrabili nell'infrastruttura di un impianto di illuminazione il "monitoraggio traffico" (mobility) è la naturale evoluzione di una regolazione adattiva in tempo reale, in quanto in un impianto regolato in modo adattivo il flusso di traffico viene costantemente misurato. Rendere disponibili le informazioni acquisite relative al traffico veicolare e/o pedonale ad una platea più ampia di utenti (amministrazione, polizia urbana, cittadini,...) sarà il valore aggiunto del servizio mobility.

Le informazioni relative ad un servizio mobility vanno da informazioni minime e necessarie per poter definire tale servizio un servizio di monitoraggio traffico fino a variabili sempre più complesse.
Tra le funzioni di base:

- Rilevazione automatica e conteggio veicoli
- Rilevazione automatica e conteggio pedoni
- Classificazione automatica dei flussi veicolari

Le funzioni più complesse possono essere:

- Calcolo della velocità media di percorrenza della tratta
- Tempo medio di percorrenza della tratta
- Predizione del flusso veicolare
- Conteggi per classe veicolare

Infine alcuni sistemi forniscono anche informazioni più avanzate:

- Rilevazione automatica di sosta/fermata vietata
- Rilevazione automatica di inversione di marcia
- Rilevazione automatica di direzione di marcia errata
- Rilevazione automatica di invasione di carreggiata
- Rilevazione automatica di incidente stradale
- Rilevazione automatica di veicolo fermo
- Identificazione di incendio e fumo

A seconda del tipo di sensori utilizzati per monitorare il traffico avremo differenti funzioni e informazioni disponibili. Due sono le tipologie principali di sensori di monitoraggio del traffico, sensori di monitoraggio traffico standard e sensore/telecamera. I sensori standard utilizzano diverse tecnologie (radar, infrarossi, ultrasuoni) e tipicamente si dividono in sensori per il rilevamento di veicoli e sensori per pedoni. Le funzioni di tali sensori si limitano al conteggio dei veicoli e al conteggio dei pedoni.
Il sensore/telecamera è un telecamere che acquisisce e le immagini della strada e le rielabora con software on-bord restituendo on dato già processato. Questo permette di comunicare con la piattaforma gestionale sfruttando la banda di comunicazione di sensori standard, non avendo quindi bisogno di una banda di comunicazione larga che normalmente ha costi maggiori di una comunicazione in banda stretta. Tali dispositivi permettono il rilevamento dei flussi di veicoli, pedoni e/o velocipedi, il rilevamento della loro velocità media, il tempo medio di percorrenza, ecc. Possono inoltre avere altre applicazioni, quali ad esempio il rilevamento di sosta/fermata vietata, inversione di marcia, incidente stradale, veicoli fermi e anche incendi e fumo.

4.1.4 Gestione parcheggi

Il sistema di monitoraggio può basarsi su diverse tecnologie: sensori su manto stradale o telecamere. I sensori sono dei dispositivi di dimensioni ridotte, predisposti per essere installati sul (o sotto) manto stradale, in concomitanza con gli ingressi e le uscite dei parcheggi o al centro di ogni posto auto. La tecnologia utilizzate può essere di vario tipo, rilevazione della luce ambientale incidente, rilevazione di IR, misura variazione del campo magnetico o più tecnologie integrate. Le telecamere per il monitoraggio parcheggi utilizzano algoritmi di riconoscimento immagini per elaborare la scena (o le targhe) e fornire le informazioni necessarie.
Il servizio di gestione parcheggi integrato al sistema di illuminazione pubblica dovrà avere le seguenti caratteristiche :

- Monitoraggio di aree di parcheggio dedicate
- Monitoraggio di strade
- Segnalazione di disponibilità posti tramite App e/o servizi web

L'analisi e il controllo dei dati forniti dal sistema, permette all'Amministrazione di attuare politiche di gestione delle aree di sosta, informare in tempo reale i cittadini sui parcheggi liberi diminuendo il tempo di ricerca del posto e quindi fluidificare il traffico, svolgere un controllo in tempo reale della situazione stalli ed eventualmente intervenire con i propri operatori, fare previsione di flussi di traffico in base all'analisi dei dati storici. L'informazione all'utente (disponibilità di posto auto) può avvenire tramite pannelli informativi o meglio attraverso applicazioni cui si accede tramite app su smart phones.
Indipendentemente dalla tecnologia il monitoraggio fornisce:
nelle versioni base:

- numero di veicoli in ingresso e uscita;
- numero di posti disponibili;

nelle versioni più avanzate:

- La rilevazione automatica e conteggio delle aree di sosta libere;
- la determinazione del tempo medio di sosta;
- l'aggiornamento dato in tempo reale;
- Mapping e reporting delle aree di sosta;
- l'individuazione dei flussi di ingresso ed uscita;
- riconoscimento targhe (solo con telecamere);
- servizi di prenotazione e pagamento del parcheggio, indicazioni per il raggiungimento.

Il sensore/telecamera utilizzato per il controllo traffico permette anche la gestione intelligente del servizio Smart Parking. Tra le varie funzioni di elaborazione immagini vi è anche la funzione di occupazione stallo e riconoscimento targhe. La comunicazione tra i vari livelli della piattaforma avviene con le stesse modalità utilizzate per il controllo traffico

4.1.5 Monitoraggio ambientale

Il servizio di monitoraggio ambientale integrato nell'infrastruttura IP serve per gestire l'impatto che particolari condizioni meteo o di concentrazione di inquinanti o di utilizzo delle infrastrutture potrebbero avere sulle prestazioni delle infrastrutture stesse e sui cittadini (valutazione dei rischi, danni, modalità di gestione della IP e del traffico, produttività di impianti rinnovabili diffusi, stima delle emissioni, problematiche connesse alla sicurezza, rischi sanitari, visibilità, presenza di fumo ed incendi, ingorghi, presenza di folle, etc...). Il monitoraggio ambientale diventa importante e in alcuni casi obbligatorio in prossimità di realtà a rischio ambientale, zone industriali, inceneritori, discariche, zone ad elevato traffico motorizzato, rischi di frane ed esondazioni, ecc. In alcune situazioni la rilevazione acustica è uno strumento fondamentale per il controllo e la gestione del fattore rumore.
I parametri di monitoraggio ambientale base sono:

- meteo : temperatura, umidità, velocità e direzione vento, radiazione solare, pioggia;
- qualità dell'aria (certificazioni minime UNITEC ISO 9001 e UNITEC ISO 14001) : CO, CO2, NO2, O3, PM2.5, PM10, SO2;

- inquinamento acustico ;

Parametri aggiuntivi premianti possono essere:

- radiazione ultravioletta nello spettro di frequenze UVA e UVB;
- qualità dell'aria : C6H6, CH4, H2S, NH3, VOC , PM1;
- concentrazione dei pollini allergenici;
- certificazione CNR in riferimento a European directive 50/2008/EC.

Per quanto riguarda la trasmissione di dati tra sensori, area campo e piattaforma gestionale il servizio di monitoraggio ambiente può sfruttare anche in questo caso l'infrastruttura di illuminazione pubblica. La centralina meteo o il sensore ambientale comunica attraverso onde radio, onde convogliate o rete wireless al gateway o internet access point connesso con la piattaforma gestionele.

4.1.6 Smart service avanzati

Di seguito vengono elencati servizi aggiuntivi che possiamo considerare valore aggiunto di un sistema Smart Service.

La prima classe di servizi facoltativi è quella della telesorveglianza dello scenario urbano. Il servizio di telesorveglianza è mirato alla rilevazione (tramite strumenti tecnologici integrati al sistema di IP) di :

- situazioni critiche che si possono verificare in strada (incidenti, congestioni, allagamenti, incendi, etc.) ;
- infrazioni che generano intralcio al traffico (sensi vietati, sosta vietata, corsie preferenziali);
- accesso ad aree sensibili;

il sistema dovrà essere in grado di elaborare in loco le informazioni e di mandare le segnalazioni in tempo reale, e nelle sedi opportune, secondo un protocollo ed un formato prestabilito. Inoltre, laddove vengano riscontrate particolari criticità, il sistema dovrà essere in grado di trasmettere anche immagini istantanee e flussi video.

Una seconda classe di servizi riguarda l'informazione nei confronti di cittadini, automobilisti, turisti, ecc. Totem e pannelli informativi multimediali da esterno da installare in punti strategici della città per visualizzare le informazioni che provengono dai servizi installati, notizie, informazioni turistiche, mobilità, etc. Tali sistemi potrebbero dare informazioni ai cittadini (connessione con portali web), permettere di accedere a servizi di emergenza, segnalare acusticamente situazioni di pericolo ed indicazioni al pubblico.

Una terza classe di servizi potrebbero essere stazioni di ricarica per biciclette elettriche (o PC, cellulari) integrate con l'infrastruttura elettrica del sistema di illuminazione stradale, connettività Wifi, ossia creazione di hot spot Wifi pubblici che garantiscano un accesso semplice ed immediato degli utenti alla rete Internet.

4.2 Indicatori di comfort, tecnologie e strategie per il controllo del microclima urbano - Stato dell'arte e prospettive di ricerca (ENEA)

4.2.1 Introduzione e nota metodologica

L'isola di calore e il surriscaldamento urbano sono tra i fenomeni ambientali più severi determinati dall'effetto combinato dei cambiamenti climatici e lo sviluppo non controllato delle città. In un concetto multidisciplinare come quello della smart city, appare necessario mettere in atto politiche in grado di rendere vivibili gli spazi urbani durante tutte le stagioni, sopratutto quella estiva, quando zone termicamente riqualificate possono garantire finestre spaziali e temporali di benessere. Il tema è di grande rilevanza ambientale, energetica e sociale; riguarda fasce sempre più ampie di individui, spesso costretti a vivere edifici non efficienti e non confortevoli e non sempre in grado di supportare i costi economici per la climatizzazione estiva, in questa fase di povertà energetica diffusa.

Tecniche e strategie di mitigazione del clima urbano risalgono a poche lontane, e hanno spesso contribuito a disegnare gli spazi urbani nelle città dell'antichità. Di queste soluzioni, le città moderne sono spesso sprovviste. L'uso diffuso di materiali impermeabili e ad elevato assorbimento solare, nonchè texture urbane profilate come vere trappole termiche, creano le condizioni per il surriscaldamento della città - fenomeno

diffuso ovunque sul pianeta, sebbene con intensità diverse in funzione delle caratteristiche climatiche e urbane.
La creazione di spazi urbani a microclima controllato e migliorato rientra nella visione di una città centrata sulle esigenze dei cittadini, sopratutto quelli appartenenti alle fasce sociali più vulnerabili. In questa annualità è stato esplorato un aspetto propedeutico fondamentale che consiste nell'individuazione e screening delle tecniche e strategie di mitigazione, al fine di valutare il potenziale di mitigazione di ognuna, nonché dell'impatto derivante dall'applicazione combinata di alcune di queste.
Questo aspetto è strettamente connesso con le attività svolte dal Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Roma Tre che, a partire dalla presente analisi, ha eseguito una serie di simulazioni numeriche, atte a verificare il potenziale di mitigazione del clima urbano di Piazza dei Mirti, nel quartiere di Centocelle a Roma. ENEA ha direttamente supportato questa attività con una campagna di misura che ha riguardato due aspetti:

a. Monitoraggio di temperatura e umidità relativa dell'aria in tre punti distinti della zona analizzata. Le misure sono state eseguiti con termoigrometri collegati ad acquisitori portatili alimentati a batteria. Accuratezza dei sensori: 0.5°C per la temperatura e 1% per l'umidità relativa. Le misure sono state eseguite durante alcuni giorni nei mesi di luglio e agosto 2017 ed utilizzate per la calibrazione dei modelli di calcolo.
b. Misura dell'albedo delle pavimentazioni stradali di Piazza dei Mirti con un albedometro in-house, realizzato con due solarimetri a cella di silicio collegati a un data-logger portatile alimentato a batteria. Le misure sono state eseguite in giorni diversi nel mese di giugno 2017 e i dati sono stati utilizzati come input delle superfici stradali e pedonali per il calcolo del microclima urbano.

I risultati di quanto descritto sono presentati nel report del suddetto Dipartimento di Ingegneria (report RdS/PAR 2016/016).

4.2.2 Strategie progettuali e tecnologie per il controllo del microclima urbano

La morfologia urbana (pattern) incide sensibilmente sulle caratteristiche del microclima urbano con evidenti ricadute sul comfort o sul discomfort degli utenti; in riferimento alle caratteristiche dell'irradiazione solare in un'area urbana, particolare influenza è attribuibile alla forma degli edifici [8] e del verde, insieme alla qualità dei materiali impiegati per le superfici degli edifici e degli spazi scoperti (pavimentazioni) [10, 11]. In tal senso, quindi, un certo ambito urbano (patch) si comporta come un sistema composto da molteplici ed interrelate variabili, il cui funzionamento può essere caratterizzato dal punto di vista microclimatico ed ambientale.
Gli argomenti associati al tema dell'isola di calore sono vasti e variegati. Qui si intende mettere in luce quali ne siano le implicazioni in termini di vivibilità degli spazi esterni, e quali siano le strategie correttive che possono essere messe in campo in ambiti urbani non confortevoli per gli utenti perché progettati male o perché modificati nel corso del tempo senza opportune valutazioni.
L'attenzione si concentra sugli spazi esterni (e, quindi, sul comfort outdoor) perché uno degli effetti associati al fenomeno dell'isola di calore è la crescente necessità delle persone di trascorrere periodi più lunghi di tempo fuori casa, specie nella stagione estiva. Gli edifici diventano sempre più caldi, e sempre più a lungo, è cruciale che le aree urbane aperte possano offrire ristoro ai residenti che soffrono il caldo nelle proprie abitazioni (specie quando questi residenti appartengano a classi disagiate per condizioni di salute o per reddito).
Quindi, non solo occorrono strategie per raffrescare gli edifici, ma anche strategie per "raffrescare le persone" (to cool people down) [9].
Ciò si traduce nella necessità di progettare spazi aperti confortevoli dal punto di vista microclimatico, o, in presenza di ambiti urbani già esistenti, di intervenire con tecnologie e strategie adatte a creare delle aree di comfort ("cool oasis").
Questo tema è complesso, poiché, in primo luogo, lo studio del microclima urbano non può essere dissociato da quello della morfologia urbana e dalle caratteristiche delle attività antropiche che in quell'area si svolgono, ed anche perché le strategie e tecnologie prese in considerazione di seguito, sono molto spesso utilizzate in maniera sinergica per ottenere un certo effetto desiderato.

Ad esempio, l'uso del verde nelle aree urbane e il raffrescamento tramite ombreggiamento (shading) sono necessariamente legati. In più, ciascuna scelta progettuale attuata genera anche un risultato formale, che va controllato con strumenti progettuali adeguati.
Di seguito si analizzano le principali strategie e tecnologie di mitigazione consolidate, in riferimento agli elementi ai quali è associato il maggiore impatto e potenziale di riduzione dell'isola di calore: a) Materiali; b) Vegetazione (Greenery); c) Ombreggiamento (Shading); e) Uso dell'acqua (Water systems).
Lo scopo è fornire un contesto di riferimento per la configurazione di un set di soluzioni adattabile alle esigenze di un ipotetico contesto urbano su cui intervenire in termini di mitigazione dell'effetto isola di calore e di miglioramento della generale qualità ecosistemica del luogo e del benessere dei residenti. Per semplicità ci si può riferire al concetto di configurazione di una "cool oasis".
L'analisi proposta di seguito presenta unicamente quei materiali e quelle strategie che presentano potenzialità significative di mitigazione in relazione al comfort ed alla qualità ecosistemica degli spazi aperti (outdoor comfort). Nello specifico, non si da conto di contenuti che facciano riferimento all'edificio (indoor comfort).

I materiali per l'ambiente urbano

Caratteristiche generali e funzionamento
I materiali da costruzione giocano un ruolo fondamentale nella formazione del microclima urbano, poiché ricoprono grandi superfici della città. In questo studio l'analisi è focalizzata sui materiali per applicazioni a scala urbana, tralasciando i materiali utilizzati per gli edifici, già trattati ampiamente in numerosi altri studi scientifici.
Diversi studi, eseguiti principalmente nelle città del Nord America, mostrano che le pavimentazioni (includendo strade, piazze, parcheggi, marciapiedi, parchi giochi etc.) rappresentano mediamente il 30-40% dell'intera superficie della città [12-16] Tabella 15.

I MATERIALI PER L'AMBIENTE URBANO
1. TRADIZIONALI --> Marmo, travertino e altre pietre naturali
2. COOL Pavements ---> Rivestimenti riflettenti con colori chiari, rivestimenti riflettenti nell'infrarosso vicino (cool coloured), pavimentazioni con aggregati e/o binder riflettenti
3. Pavimentazioni porose ---> Calcestruzzi o asfalti drenanti, porosi e permeabili
4. Combinazioni di 2 e 3

Tabella 15:Classificazione delle categorie morfologiche di materiali usati in ambito urbano, basata su studi di letteratura e su considerazioni originali degli autori.

I materiali che vengono usati nella realizzazione degli stessi influenzano i fenomeni di scambio termico, sia di calore sensibile che latente, che hanno luogo nell'aria esterna delle città. Essi assorbono la radiazione solare incidente incrementando il proprio volume e la temperatura superficiale; il calore così accumulato viene poi trasmesso al suolo per conduzione, all'aria esterna per convezione e al cielo e agli edifici circostanti per irraggiamento. Questo comportamento, per le sue proprietà radiative, è tipico dell'asfalto, che rappresenta il prodotto da costruzione di gran lunga più utilizzato per la realizzazione dei marciapiedi.
La riflettanza solare di questo materiale varia tra valori compresi tra il 5% (se nuovo) e il 15% (se vecchio) [17], di conseguenza, assorbendo gran parte della radiazione solare può raggiungere temperature di 30°C superiori a quella dell'ambiente circostante. Il comportamento degli altri materiali da costruzione negli spazi urbani è stato profondamente esaminato in [18], dagli studi è emerso che quasi tutti raggiungono temperature significativamente più alte rispetto a quella dell'ambiente esterno; questo aspetto è dovuto ai

valori di riflettanza solare che la maggior parte di essi (pietre naturali, calcestruzzo, piastrelle di argilla) raggiungono e che sono compresi in un range del 15-35%. I marciapiedi inoltre, essendo generalmente impermeabili, ostacolano l'evaporazione dell'acqua contenuta negli strati inferiori della struttura e nel suolo impedendo il raffreddamento dell'aria. Di conseguenza gli stessi, per i meccanismi sopra descritti unitamente alla ingente superficie urbana che occupano, influenzano in modo determinante l'isola di calore e il rischio di surriscaldamento nell'ambiente urbano [16, 19-22].
La ricerca sostiene grandi sforzi nel tentare di caratterizzare il comportamento dei materiali e dei prodotti tecnologicamente più avanzati e multifunzionali, temi già per altro ampiamente esaminati in [23, 24]; tuttavia questo studio si limita a considerare i prodotti che si trovano in commercio e che oggi possono essere applicati con efficacia nel miglioramento delle condizioni di vivibilità delle aree urbane.
I "cool materials" sono prodotti utilizzati negli ambienti urbani e costruiti, e sono caratterizzati da elevati valori di albedo e di emissività, di conseguenza, se sottoposti a irraggiamento solare, riescono a mantenere temperature più basse rispetto ai materiali convenzionali dello stesso colore. Le proprietà radiative più rilevanti di questi materiali sono: gli alti valori di riflessione solare e di albedo, che contrastano l'assorbimento della radiazione solare evitando il surriscaldamento del materiale, e l'emissività termica, che favorisce la dissipazione del calore accumulato per irraggiamento. I prodotti e i materiali da costruzione utilizzati nelle aree urbane, che sono generalmente non metallici, hanno un'elevata emissività termica, in questi casi, per mitigare il clima urbano, la strategia principale è quella di aumentare l'albedo e la riflettanza dei marciapiedi. Per quanto riguarda le proprietà radiative del pavimento, un primo approccio consiste nell'impiego di pavimentazioni in calcestruzzo utilizzando cemento bianco come legante anziché l'asfalto; il cemento ha un'albedo superiore rispetto ai pavimentazioni in calcestruzzo, i valori sono mediamente compresi tra il 30 e il 40%. Con alcune formule speciali che includono agglomerati e additivi riflettenti, come cenere e scorie, l'albedo può aumentare fino al 70% [25, 26]. Mentre il metodo precedente viene utilizzato nelle opere di nuova costruzione, il calcestruzzo può essere usato anche per la manutenzione e la riparazione di pavimentazioni asfaltate esistenti: gli strati di rivestimento bianco aumentano l'albedo del marciapiede esistente e possono variare da 5 a più di 20 cm in funzione della scelta tecnologica adottata [20]. Alcune volte le proprietà radiative possono migliorare con l'uso di materiali convenzionali ma ottenuti con processi innovativi: la tecnica del trattamento superficiale si basa sulla sistemazione del legante direttamente sul substrato, sul quale vengono inseriti e sottoposti a pressione gli aggreganti; questi ultimi, di colore chiaro, modificheranno l'albedo del pavimento esistente [28].
Il secondo metodo consiste nell'applicazione di vernici o di rivestimenti sul substrato di asfalto esistente. Nel corso degli ultimi anni sono stati eseguiti numerosi studi su questo tema. La riflessione solare può raggiungere valori dell'80% nel caso delle vernici bianche, ma anche l'uso di colori chiari consente di raggiungere buone prestazioni [29]. Questi materiali hanno generalmente una risposta spettrale costante, ciò significa che ad una maggiore riflessione solare corrisponde un'elevata riflessione luminosa, che può comportare abbagliamento e disagio visivo sia per i pedoni che per gli autisti che vivono l'ambiente urbano. Questa criticità, così come la necessità di una migliore integrazione architettonica, ha portato ad una tecnica nuova: il "cool coating", disponibile in diverse colorazioni.
Questo prodotto è caratterizzato da una riflessione molto elevata nel campo dell'infrarosso vicino, pertanto, avendo un albedo maggiore rispetto a un prodotto convenzionale dello stesso colore, è in grado garantire temperature più basse quando viene sottoposto alla radiazione solare. Inizialmente venne sviluppato per applicazioni su edifici, ora però questo prodotto è disponibile anche per i marciapiedi [30-34].
I cool coating riescono a raggiungere valori di riflessione solare fino al 60% nel caso di rivestimento biancastro, il valore più interessante tuttavia viene raggiunto dai rivestimenti colorati (rosso, beige, blu), risultando superiore al 30%. L'uso di questi materiali ha comportato talvolta una riduzione di temperatura maggiore di 10°C, che è stata riscontrata sia in laboratorio che misurata nell'ambiente reale. Un'altra tecnica utilizzata per migliorare la riflessione dei marciapiedi è il rivestimento dell'asfalto, utilizzando come aggregante una sola vernice altamente riflettente, in questo modo si ottiene una riflessione globale del prodotto di circa il 50%.

Un'altra strategia utilizzata consiste nel creare sulle pavimentazioni le condizioni favorevoli per l'evaporazione dell'acqua trattenuta nella massa dei materiali, dovuta alla pioggia, al drenaggio o che è presente nel terreno al di sotto delle costruzioni [35]. Per ottenere questi risultati possono essere utilizzati diversi materiali e diverse tecniche di pavimentazione.
I pavimentazioni porosi, in riferimento ai materiali di base, sono prodotti convenzionali in cui il 15-20% del volume è vuoto. Per migliorarne il comportamento i pori vengono riempiti con altri materiali, le cui caratteristiche diventano fondamentali nelle prestazioni relative al raffreddamento. I vantaggi maggiori si ottengono quando i pori vengono riempiti di erba e di vegetazione, in questo caso ad esempio il rilascio di calore sensibile è ridotto di circa 100-150 W / m^2 durante il giorno e a circa la metà di notte, rispetto ad un pavimento tradizionale di asfalto [36, 37].
I pavimentazioni permeabili sono caratterizzati da una porosità molto elevata, pari al 15-30% del volume, che viene ottenuta miscelando il legante con diversi agglomeranti. L'acqua può quindi passare attraverso lo strato di pavimentazione e raggiungere il suolo. Le potenzialità della tecnologia da utilizzare per affrontare efficacemente il surriscaldamento urbano sono ancora controverse e in parte inesplorate. I dati disponibili in relazione alla risposta termica sono limitati e le proprietà radiative, rispetto ai tradizionali marciapiedi sono leggermente inferiori a causa dell'alta rugosità dei sistemi permeabili [38]. La potenza del raffreddamento dipende dal mix tra legante e aggregante, nonché dalla permeabilità dell'acqua del sistema finito il cui range è compreso tra 10 e 0.001 cm/s [39-41]. Si è anche riscontrato che questa tecnologia risulta efficace fino a che l'acqua rimane a contatto della superficie del pavimento, per questo motivo sono state sviluppate pavimentazioni d'acqua che consistono nel riempimento dei vuoti del calcestruzzo con riempitivi rettificativi d'acqua come: malte, torbe, ceneri [35, 36]. Si è scoperto che in questi marciapiedi la quantità di acqua accumulata è pari a 0,15-0,27 g / cm^3 [44], in tal senso le potenzialità degli stessi sono superiori rispetto alle altre tecnologie permeabili.

Potenziale di mitigazione

Sono stati condotti diversi studi negli ultimi anni, cercando di valutare l'impatto dei “cool pavements” sul clima urbano. Su tale argomento esiste una vasta bibliografia relativa all'influenza che le diverse tecnologie dei cool pavements dimostrano sulla mitigazione del clima urbano, condotti mediante analisi numeriche o attraverso simulazioni eseguite su computer [23, 45]. In riferimento agli scopi di questo documento, l'attenzione si concentrerà sulle applicazioni in cui il potenziale di mitigazione è stato valutato in un ambiente urbano reale.
Un grande progetto di riqualificazione è stato eseguito a Putrajaya, in Malesia, dove la vegetazione e i cool material (riflessione solare 0.8) dovevano sostituire i materiali delle pavimentazioni esistenti [46]. È stato stimato che la combinazione delle due tecniche diminuisse la temperatura di picco di 1,5 °C.
In Grecia sono stati conseguiti diversi progetti. Il più rilevante di essi, in termini di dimensioni, è stato realizzato nella parte occidentale di Atene e ha interessato un totale o 37000 m^2 di strade asfaltate, pavimentazioni in cemento di colore scuro e marciapiedi. La riflettanza solare dell'asfalto utilizzato raggiungeva valori superiori del 30% rispetto ai materiali precedenti, mentre l'albedo dei nuovi pavimentazioni era pari al 66%. Questi interventi hanno comportato un abbassamento delle temperature superficiali comprese tra 6 e 7,5 °C (dati misurati) e si è stimato che la riduzione della temperatura dell’ambiente massima fosse pari a 1,5 °C [47].
Prodotti a riflettanza solare elevata, combinati con altre tecnologie di mitigazione, sono stati applicati in un progetto di ristrutturazione ad Atene, in Grecia, in costruzione nel 2013 [48]. L'asfalto esistente venne sostituito da un asfalto colorato con riflessione solare pari a 0,35 (circa 0,2 in più rispetto ad un asfalto standard precedente). Altri pavimentazioni furono sostituiti con il marmo e con altre pietre naturali, aumentando l'albedo di circa il 30-35%. Successivamente venne stimato che la sostituzione dei materiali originali avrebbe comportato una diminuzione della temperatura di picco di 1,2-2,0 °C nella zona circostante. Ad Atene, in Grecia, venne realizzato anche un altro progetto di grandi dimensioni. Allo stato di fatto il territorio era coperto da 4500 m^2 di piastrelle in cemento scure, con albedo compreso tra 0,2 e 0,45 [49]. Il progetto di ristrutturazione prevedeva l'aggiunta di verde e l'installazione di rivestimenti riflettenti

con una riflettanza solare pari a 0,6. La campagna di monitoraggio che venne eseguita mostrò una riduzione della temperatura media di picco di circa 2 °C.
Nel centro di Tirana, in Albania, venne realizzato un ampio progetto di riqualificazione urbana (25000 m^2) [50]. Il progetto si basava sull'adozione di diverse tecnologie di mitigazione: il verde urbano, l'ombreggiatura solare esterna, gli scambiatori di calore interrati e i marciapiedi riflettenti. In sostituzione del pavimento in pietra scura esistente vennero proposte piastrelle colorate in cemento, di conseguenza l'albedo venne incrementato di circa il 50%. Le simulazioni preliminari prevedevano che dopo la sostituzione del pavimento la temperatura dell'aria di picco nell'area venisse ridotta di 2 °C. In California, negli Stati Uniti d'America, c'è una grande attenzione verso l'attuazione dei programmi volti a promuovere soluzioni di raffrescamento. A Los Angeles, ad esempio, in una vasta area di una scuola sono stati sostituiti i materiali asfaltati (con un albedo in media di circa 0,1) con rivestimenti riflettenti (materiali di colori differenti con riflessione solare compresa nel range tra 0,3 e 0,44). Per questo intervento non sono disponibili dati misurati, il progetto però è stato qui menzionato perché utilizza materiali colorati, garantendo e combinando le esigenze legate sia al comfort termico che all'estetica urbana [51].

Vegetazione (Greenery)

Caratteristiche generali e funzionamento

L'assenza del verde (o la sua riduzione a vantaggio del costruito) all'interno delle aree urbane è riconosciuta dalla letteratura scientifica come una delle cause principali dell'effetto isola di calore, con effetti diretti sull'innalzamento della temperatura nei periodi estivi, e sull'incremento della concentrazione di sostanze inquinanti nell'aria.
Una vasta letteratura propone l'uso della vegetazione (e quello di superfici riflettenti), come una strategia di mitigazione economica, di ausilio nella riduzione delle temperature estive [48-54]. La ricca bibliografia esistente sull'argomento si concentra su diversi aspetti legati all'impiego del verde [57-60]. Di questi, di seguito, si prenderanno in esame quelli ritenuti utili per lo scopo della ricerca proposta in questo documento.
L'effetto raffrescamento associabile alla presenza del verde si basa su diversi meccanismi: a) processi di evapotraspirazione (le piante traspirano, rilasciando acqua in atmosfera per evapotraspirazione, e convertono la radiazione solare incidente in calore latente) [55]; b) protezione dalla radiazione solare; c) incremento del flusso radiativo e del controllo dei flussi d'aria [45].
Gli effetti della vegetazione sul microclima possono essere descritti utilizzando diverse caratteristiche legate a: a) evapotraspirazione; b) trasmissione; c) albedo; d) permeabilità. Ciascuno di questi effetti varia in funzione della vegetazione utilizzata e delle modalità di impiego [60].
La vegetazione consente, inoltre, un'azione di filtraggio dell'aria con conseguente riduzione delle sostanze inquinanti, ed un'attenuazione del rumore, e contribuisce, in tal senso, a migliorare la qualità ecosistemica degli spazi urbani [45]. Oltre agli effetti puramente fisici e di controllo del microclima associati all'uso della vegetazione nelle aree urbane, è riconosciuto che vi siano anche benefici ecologici e sul benessere delle persone. In particolare, la vegetazione costituisce il supporto per la biodiversità ed assicura ai residenti una esperienza diretta con la natura.
La vegetazione può essere integrata all'interno delle aree urbane in molteplici forme. In particolare, è possibile distinguere tra tipologie che vengono applicate sugli edifici (ad esempio sistemi di verde verticale [61]), e tipologie che invece vengono proposte alla scala urbana.
Nella tabella riportata di seguito si fornisce una classificazione delle principali tipologie di vegetazione impiegabili in aree urbane, in riferimento alle loro caratteristiche morfologiche (Tabella 16).

VEGETAZIONE (GREENERY)		
1. AREALE		
	1.1 SU EDIFICI	
		1.1.1 Tetti
		1.1.2 Facciate
		1.1.3 Terrazzi
	1.2 NEL PAESAGGIO	
		1.2.1 Parchi
		1.2.2 Cortili
2. LINEARE		
	2.1 ALBERI E SIEPI	
	2.2 PASSEGGIATE (GREEN PROMENADES)	
3. PUNTUALE		
	3.1 ALBERI	
	3.2 GIARDINI "TASCABILI" (POCKET GARDENS)	

Tabella 16:Classificazione delle categorie morfologiche di vegetazione usate in ambito urbano, basata su studi di letteratura e su considerazioni originali degli autori.

Potenziale di mitigazione

Anticipando una conclusione, è possibile dire che la valutazione del potenziale di mitigazione associato all'impiego della vegetazione è decisamente complessa. La letteratura esistente, e le conclusioni in essa riportate, sembrano suggerire che le caratteristiche specifiche del sito considerato (ambientali ed antropogeniche), e quelle del verde di riferimento, influenzino così tanto il potenziale di mitigazione che non si possa fare riferimento a delle categorie di verde generiche (simili a quelle considerate nella tabella mostrata sopra) ma ci si debba riferire al caso specifico. Infatti, a parità di condizioni al contorno, le specifiche caratteristiche del verde impiegato ne determinano l'efficacia, ed, inoltre, tale potenziale varia nel corso dell'anno, secondo la naturale dinamica del verde associata alle stagioni.
Di seguito si da conto dei principali contenuti di letteratura.
I parchi, in generale le aree verdi, determinano una sorta di "isola fredda" (*cool island*), con una temperatura inferiore rispetto all'area circostante, sia di giorno che di notte [62].
E' stato dimostrato che la differenza di temperatura tra le aree verdi (cool islands) e il costruito circostante (heat island) dipende dalla dimensione e dalla struttura di queste aree, dalla frequenza dell'irrigazione, dall'ostruzione del cielo, dalle caratteristiche delle essenze piantumate, e, naturalmente (come già sopra evidenziato), dalle caratteristiche dell'ambiente circostante.
Sono stati condotti diversi studi per valutare quale sia l'area d'influenza di un parco in termini di raffrescamento urbano. Si è visto che la differenza di temperatura tra l'area del parco e quella urbana determina una variazione di pressione che a sua volta si traduce in una brezza d'aria dal parco verso le zone adiacenti. E' stato misurato che l'intensità della cosiddetta "Cool Island Intensity" durante la notte nei parchi varia da 0.5 a 10K, con un valore medio vicino a 1.15K, mentre di giorno varia tra 0.3 a 7K con un valore medio intorno a 0.94K [45]. Sebbene tale intensità sembri dipendere dalla dimensione del parco, non vi è una correlazione lineare tra la dimensione del parco e l'intensità della riduzione di temperatura ad esso associata [63].
E' difficile, dunque, determinare quale sia l'area di influenza del parco, poiché la sua dimensione dipende in maniera significativa dalle caratteristiche antropogeniche dell'area urbana considerata. I valori trovati si

muovono in un intervallo tra 200 e 2000m oltre il confine del parco ed i gradienti di temperatura, riferiti a 100m di distanza dal parco vanno da 0.33K a 2K.
Uno studio ha rilevato che l'effetto raffrescamento indotto da un parco è significativo nelle aree attorno ad esso, fino a poter produrre una riduzione della domanda energetica per raffrescamento degli edifici pari al 10% [55].
Uno studio recente [45] ha analizzato una vasta letteratura che tenta di stimare il potenziale di mitigazione associato all'impiego del verde. Su sessantotto studi soltanto due si basano su risultati sperimentali, mentre tutti gli altri sono basati su simulazioni. Questa condizione rende piuttosto difficile trarre delle conclusioni attendibili, tuttavia lo studio citato fornisce uno schema riassuntivo relativo ad alcune tipologie di verde: a) alberi e tetti verdi; b) tetti; c) alberi ed erba; d) erba; e) tetti verdi (Figura 60).

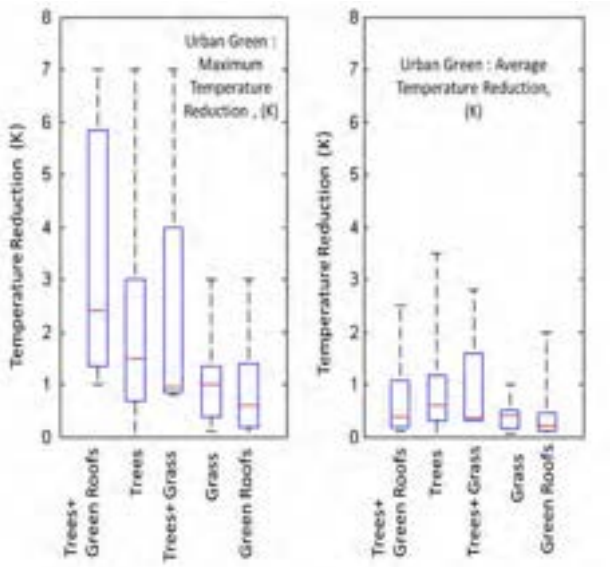


Figura 60: intervallo di variazione della riduzione della temperatura media e di picco delle tecniche di mitigazione con uso della vegetazione, da [45]

Lo studio conclude che il maggiore potenziale di mitigazione sia associato all'impiego combinato di alberi e tetti verdi. E' interessante annotare come si riscontrino alcune contraddizioni con altri studi, ad esempio nel valutare il potenziale di mitigazione dell'erba che viene qui trattato come positivo, ed altrove invece come negativo [64].
E' stato evidenziato attraverso studi sperimentali e campagne di monitoraggio come gli effetti della vegetazione sul microclima urbano siano "specie-dipendenti". Le singole specie, infatti, differiscono molto nella loro capacità di ridurre la temperatura dell'aria e delle superfici, così come di incrementare l'umidità relativa. Gli alberi che mostrano un'elevata densità di area delle foglie ed un alto tasso di traspirazione sono più efficaci nel raffrescare la temperatura dell'aria [65].
Dal punto di vista progettuale è interessante che alcuni autori abbiano proposto indici (ad esempio Park Vegetation and Shape Index – PVSI) per prevedere l'intensità della *cool island* nei parchi [64].
In conclusione di questa breve rassegna delle letteratura analizzata, sembra, quindi, che – posto che all'uso della vegetazione sono sempre associati impatti positivi in termini di mitigazione della temperatura e di benessere dei residenti - sia davvero difficile caratterizzarne il potenziale (il più alto potenziale di mitigazione, seguito dai cool pavements), e che è fondamentale un'accorta fase di analisi del sito e di progettazione del verde, sostenuta da opportune competenze e simulazioni, per poter effettivamente valutare il potenziale di mitigazione di un certo intervento di "aggiunta" di vegetazione in area urbana.

Ombreggiamento (Shading)

Caratteristiche generali e funzionamento

Il controllo dell'ombreggiamento è da sempre una delle più efficaci tra le strategie dominanti per la configurazione geometrica degli spazi urbani aperti. E' di facile intuizione che le strutture di ombreggiamento hanno lo scopo di proteggere dalla radiazione solare diretta i pedoni, nonché garantirne il comfort termo-igrometrico. E' da sottolineare, inoltre, l'importanza di quest'ultimo come strumento per mitigare il fenomeno dell'isola di calore (Figura 61).

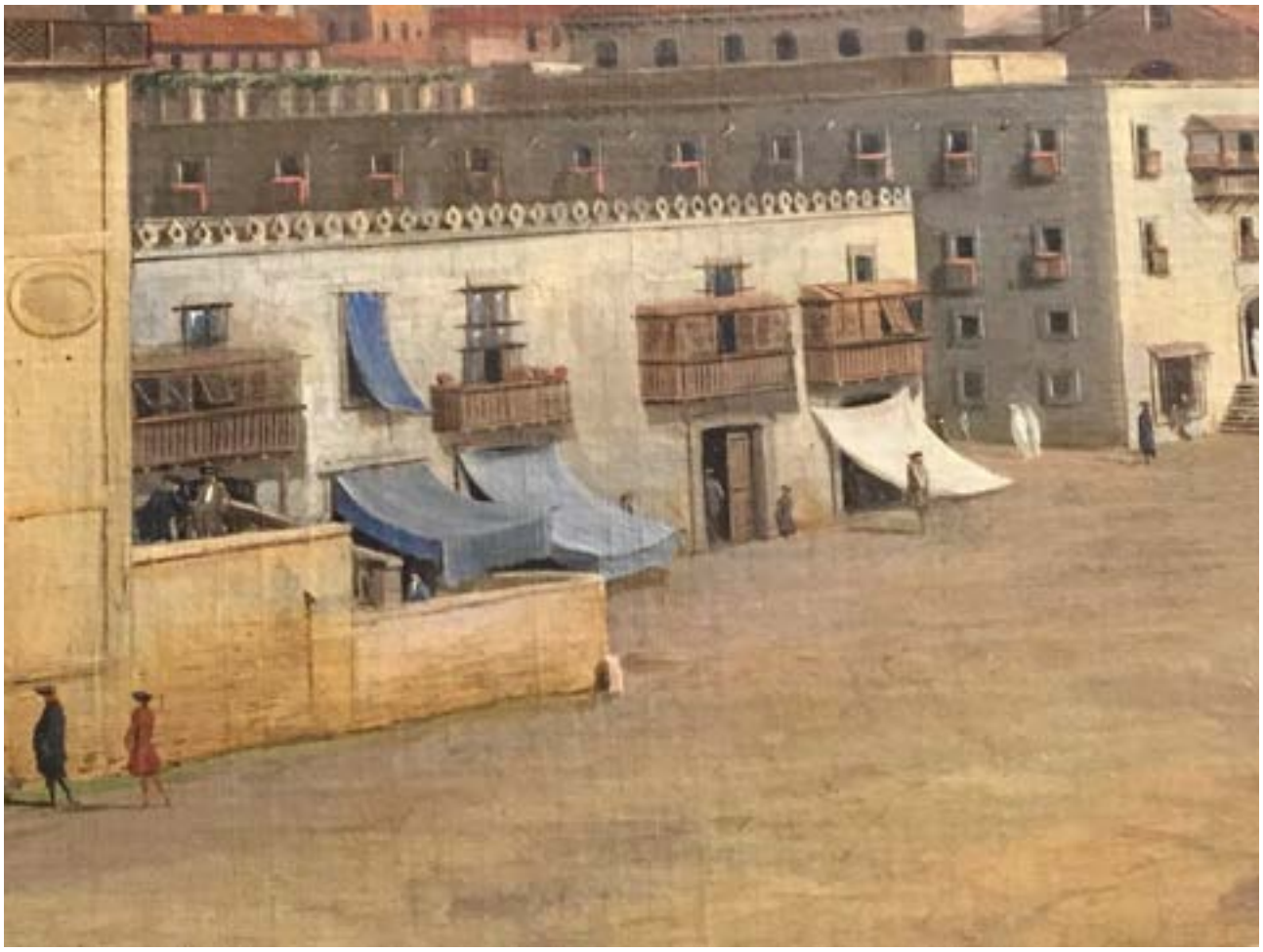


Figura 61: Dettaglio di eduta di Napoli con Largo di Palazzo (attuale piazza del Plebiscito), primo quarto del XVII secolo (Presso il museo della Banca Commerciale Italiana, Napoli). Si notano i dispositivi ombreggianti posti a protezione dei locali al piano terra

Posto che il surriscaldamento urbano, nel prossimo futuro, sarà uno dei problemi più significativi per le città del Centro Europa, la riduzione della radiazione solare grazie a strutture ombreggianti può essere la strategia più efficace per ridurre il fenomeno dell'isola di calore, ed il conseguente stress termico sui pedoni, negli spazi urbani aperti. Come riportato in vari saggi, particolarmente interessante, per un utilizzo efficace delle strutture ombreggianti, è lo studio e/o analisi della situazione diurna, in quanto la combinazione di alte temperature e di elevata radiazione solare crea gravi problemi di stress termico [66, 67, 68]. I risultati analitici indicano che le aree leggermente ombreggiate in genere hanno temperature molto alte durante l'estate, soprattutto a mezzogiorno. Tuttavia, le aree fortemente ombreggiate hanno generalmente una bassa temperatura fisiologicamente equivalente (PET-Phisyologically Equivalent Temperature) durante l'inverno. Analisi correlate rivelano che il comfort termico è migliore quando un'area è ombreggiata durante la primavera, l'estate e l'autunno. Durante l'inverno, le condizioni di basso

ombreggiamento possono contribuire all'aumento della radiazione solare; quindi, il comfort termico è migliore quando un'area ha poca ombra in inverno. Pertanto, un certo livello di ombreggiamento è una delle metodologie adottabili per il design delle strade urbane, motivo per cui gli alberi ed i dispositivi ombreggianti dovrebbero essere utilizzati come soluzione per migliorare il comfort termico originale/esistente [69].
La protezione dalla radiazione solare diretta, mediante la tecnica dell'ombreggiamento, non solo impedisce che la temperatura dell'ambiente aumenti, ma riduce anche il carico termico dei pedoni.
Questi dispositivi, che possono essere sia con struttura fissa che removibile, hanno la funzione di proteggere un'area di uno spazio urbano dalla radiazione solare (e in parte, anche, dalla pioggia); costituiscono un filtro tra la radiazione solare e la zona occupata dalle persone; sono in grado di modificare il flusso di energia in base al tipo di copertura. Attualmente, molti proprietari di attività commerciali per ampliare il loro *'potenziale di 'mercato',* durante la stagione estiva, utilizzano parasoli mobili, fornendo così anche un sistema per migliorare le condizioni microclimatiche del contesto urbano circostante [70, 71]. Difatti, esiste una vasta gamma di strutture di ombreggiamento che attualmente sono utilizzate in vie commerciali, e ingressi degli edifici e luoghi pubblici [72].
Esistono numerosi studi sulle potenzialità che le strutture di ombreggiamento possono avere nel mitigare il fenomeno dell'isola di calore. In particolare, posto che i valori di comfort biometereologico umano sono funzioni di specifiche condizioni climatiche, nonché delle zone/aree locali dove le persone vivono, e che questi hanno implicazioni per la loro efficienza, il loro benessere e la loro salute sia all'aperto e all'esterno, la letteratura scientifica ha identificato due efficaci metodi di ombreggiamento e per questi ha specificamente analizzato e quantificato le conseguenze sulle persone.
I due metodi presi in esame sono: a) ombreggiamento che si realizza mediante gli edifici (cfr. *Shading by a Building*) ed b) ombreggiamento realizzato mediante la chioma degli alberi (cfr. *Shading by Tree Canopies*) [73]. Per meglio comprendere queste due metodologie, premettiamo che gli indici che verranno presi in considerazione e che definiscono le condizioni biometereologiche umane a livello urbano sono: *temperatura dell'aria (T_a), temperatura media radiante (T_{mrt}) e temperatura fisiologicamente equivalente (PET).*
In presenza di molti altri sistemi di ombreggiamento, oltre quelli offerti dagli edifici e dalla vegetazione, sembra opportuno integrare la letteratura scientifica con altre considerazioni in merito alla possibilità di ombreggiare determinate aree della città. Di seguito si prendono in esame e si classificano i sistemi di ombreggiamento presenti in letteratura e correntemente utilizzati (Tabella 17).

OMBREGGIAMENTO (SHADING)	
1. OMBREGGIAMENTO DA EDIFICIO (SHADING BY BUILDING)	
2. OMBREGGIAMENTO DA VEGETAZIONE (SHADING BY TREE CANOPIES)	
3. REMOVIBILI	
	3.1 STRUTTURE AD 'OMBRELLO'
	3.2 VELARIUM
4. PERMANENTI	
	4.1 STRUTTURE AD 'OMBRELLO'
	4.2 TETTOIE
	4.3 PERGOLE

Tabella 17: Classificazione delle categorie morfologiche di ombreggiamento usate in ambito urbano, basata su studi di letteratura e su considerazioni originali degli autori

Shading by a Building. Gli edifici offrono un'ombra che potremmo definire permanente (grazie al loro volume) e allo stesso tempo in movimento sulle superfici urbane, sia giornalmente che annualmente, in relazione alla posizione del sole durante ore/giorni/mesi. L'ombra del fabbricato può ridurre la radiazione solare diretta sulle superfici urbane e diminuire il loro carico solare durante il giorno. L'equilibrio tra carico solare e perdita radiante può essere influenzato dal volume degli edifici, dal loro orientamento verso il sole e dai materiali che rivestono il canyon, inteso come superfici esterne degli edifici. E' da precisare che, bloccare la radiazione solare non necessariamente vuol dire diminuire la temperatura dell'aria, ma può diminuire la temperatura media al livello della copertura (scala umana) e portare ad un maggiore comfort termico esterno negli spazi pubblici [72]. Infatti, un esperimento condotto a Friburgo (Germania), analizza gli effetti sui parametri biometereologici umani, mediante ombreggiamento della radiazione solare diretta grazie ad un edificio di tre piani (altezza: 15 m). L'analisi dei dati mostra che l'ombreggiamento determinato dall'edificio ha portato ad una riduzione di T_{mrt} di circa 18 ° C e di PET per circa 7 ° C. In particolare, per determinare l'efficacia dell'ombreggiamento da edificio, sono state determinate le differenze, ΔT_a, ΔT_{mrt} e ΔPET, tra il marciapiede ombreggiato e quello soleggiato. I valori di picco di ΔT_a, ΔT_{mrt} e ΔPET sono stati rispettivamente -1,7°C, -29,0°C e -13,1°C; ovvero, ΔT_{mrt} ha avuto un risposta forte poiché ha prevalso lo scambio radiante [72].

Shading by Tree Canopies. Gli alberi creano una *'bolla di penombra'*, più o meno ampia ed intensa a seconda dell'altezza e della forma dell'esemplare arboreo e della forma e densità delle foglie, nella quale il livello di comfort termico è maggiore. Le chiome degli alberi, inoltre, intercettano la radiazione solare, determinando una temperatura radiante delle superfici costruite ombreggiante inferiore a quella delle superfici esposte alla radiazione diretta. L'efficacia di raffrescamento di una massa vegetativa è generata dalla somma dell'effetto di evapotraspirazione ed ombreggiamento ed è proporzionale alla continuità del primo e alla contiguità del secondo. Inoltre, più la vegetazione è densa e più energia viene assorbita, in quanto la massa verde si comporta come un corpo scuro [70]. Nella stessa strada dell'esperimento di cui sopra, in Friburgo è stato analizzato l'effetto sui parametri biometereologici umani, per ombreggiamento della radiazione solare diretta ottenuto mediante l'ombra generata da cinque alberi di tiglio. I risultati mostrano che T_a e PET erano in un range simile, mentre T_{mrt} era circa 5∘ C superiore a T_a. Rispetto ai valori Δ per l'ombreggiatura da un edificio, l'ombreggiatura mediante la chioma degli alberi ha determinato valori di picco di ΔT_{mrt} leggermente più alti e di conseguenza anche per ΔPET, mentre il valore di picco per ΔT_a era uguale per entrambe le condizioni di ombreggiatura [66].
In aggiunta alle considerazioni quantitative di cui sopra, esistono studi [74] che dimostrano chiaramente che gli alberi hanno un effetto molto più significativo sulle vie con orientamento Est -Ovest. L'applicazione di alberi di grandi dimensioni (5 m) posizionati densamente lungo una via con orientamento Est-Ovest ha un effetto simile, per quanto riguarda i valori di PET, a quelli di una strada coperta. In particolare, i valori di PET sono compresi tra 23,7 ° C e 29 ° C, ad eccezione di 1 ora di mezzogiorno. In più, la riduzione dei valori di PET è molto significativa, soprattutto per le strade che si affacciano a sud. Inoltre, alcuni studi [75] riportano che la radiazione solare diretta aumenta la temperatura effettiva di 6 ° C e che l'ombra del sole diretto è più importante dell'aumento della radiazione assorbita a causa della riflessione urbana, mentre altri autori [76] riportano una differenza di PET, tra i siti non ombreggiati e quelli alberati, di circa 15K.

Coperture Removibili: sono tipologie di coperture che si adattano alle esigenze climatiche e stagionali dello spazio (avere un'area soleggiata in inverno e ombreggiata in estate) e a quelle funzionali e di fruibilità (avere lo spazio a disposizione per un evento occasionale, ospitare attività, etc). Generalmente le coperture removibili sono in tessuto e rispondono per questo ai requisiti di leggerezza, flessibilità, e libertà di forme, oltre che di resistenza meccanica, e offrono più di altre tipologie la possibilità di modulare gli effetti di materia e di luce. I tessuti più utilizzati sono di tipo acrilico, impermeabile e autopulente, e poliestere, con elevata durabilità e con la possibilità di essere trattato in superficie per raggiungere determinati effetti. Le coperture a membrana sono invece costituite generalmente da fibre in poliestere ad alta tenacità immerse in una matrice polimerica (PVC) che ne migliora le prestazioni da diversi punti di vista. La scelta del tipo di copertura determina la qualità dell'ombra (in termini di quantità di radiazione trasmessa nella parte

sottostante). La scelta del tipo di copertura determina la qualità dell'ombra (in termini di quantità di radiazione trasmessa nella parte sottostante). Il calore che si genera nell'area sotto la copertura tende a salire. Nelle coperture semplici (con uno strato di materiale) e chiuse in alto, il calore si accumula e ciò porta anche ad un aumento di temperatura superficiale; nelle coperture aperte il calore viene invece dissipato attraverso le aperture. In generale le coperture dovrebbero essere chiare e mantenute pulite. Tra le tipologie, le coperture aperte sono poi da preferire alle chiuse, perché in queste ultime la capacità di dissipazione del calore dipende dalla dimensione della copertura stessa (minore è la copertura e maggiore è la capacità di dissipazione e viceversa). Un'alternativa per rendere più efficace la copertura è l'utilizzo di due strati, in cui quello inferiore, separato dal superiore, non viene raggiunto dalla radiazione solare. Una copertura in tessile chiaro può trasmettere il 25% di radiazione, una tenda doppia ne trasmette la metà, mentre le coperture a membrana hanno prestazioni ancora superiori, riuscendo a schermare quasi tutta la radiazione e comportandosi in alcuni cassi come coperture opache [70].

Coperture Permanenti: sono da considerarsi come parte integrante della configurazione fisica e spaziale di un luogo. Sono, infatti, pensate per proteggere lo spazio dalla radiazione solare e dalla pioggia, ma non sono removibili quando queste esigenze sono meno presenti. Tali coperture hanno una forma rigida e poco versatile con funzione di landmark. Sono generalmente realizzate in materiali che non permettono la trasmissione della radiazione solare, ma se non adeguatamente progettate possono contribuire al surriscaldamento della zona occupata. Le coperture rigide possono essere trasparenti, opache e multiple (composte da lame frangisole) per rispondere alle diverse esigenze. Così come le tipologie, anche i materiali possono essere molti diversi, da quelle tradizionali in legno alle più attuali, che vanno dall'alluminio all'acciaio, e dal vetro ai materiali plastici (polibicarbonato e polimetilmetacrilato) per rispondere non soltanto a requisiti di tipo strutturale ma anche estetico e percettivo. Le coperture rigide riescono ad impedire il passaggio di radiazione solare ma a seconda di come sono realizzate possono assorbire grandi quantità di radiazione (anche 70% - 80%) che trasformano poi in calore che crea disagio alle persone presenti. Le coperture devono pertanto essere di colore chiaro e poco rugose, in modo da avere elevati valori di albedo (almeno nella faccia superiore della copertura) e verificare che l'emissività del materiale non sia basso. Occorre poi associare la dimensione dell'altezza, maggiore è la dimensione, maggiore dovrebbe essere l'altezza, sia per permettere la dissipazione del calore, sia per evitare la sensazione di essere in un luogo chiuso. Un ruolo particolare in questa classificazione è da assegnare alle *pergole vegetali*: un sistema di travi orizzontali e verticali su cui poggiano e crescono le piante rampicanti che vengono scelte in base al clima e in base anche alla necessità di esposizione solare. Il vantaggio che ha la vegetazione rispetto ad un altro materiale sta nel fatto che la sua temperatura superficiale non supera mai di molti gradi la temperatura dell'aria [70].

Ciò detto, attualmente sono in corso tutta una serie di studi e di analisi per evidenziare le potenzialità di miglioramento del comfort termico delle differenti strategie di ombreggiamento. Ad esempio gli studi condotti sulle strutture tessili / tensostrutture, hanno l'obiettivo di ottimizzare le proprietà di riflessione solare, assorbanza e trasmissione delle superfici di ombreggiamento. Infatti, in condizioni climatiche calde, l'influenza dell'ombreggiamento, della temperatura e della trasparenza superficiale è notevole; e tutte questi parametri influenzano la percezione del comfort termico degli utenti. Sulla base di queste considerazioni possiamo dire che oggi esistono diversi tipi di strutture di ombreggiatura che cercano di rispondere a queste esigenze, come le pergole ricoperte di vegetazione integrati con punti luce per illuminare il percorso dei pedoni; strutture con differenti angolature per provvedere a realizzare zone d'ombra in luoghi differenti durante il giorno; dispositivi di ombreggiatura di colore chiaro con figure frattali per tagliare l'incidenza della radiazione ed aumentare la penetrazione della luce oppure pannelli fotovoltaici traslucidi integrati in strutture ombreggianti per fornire protezione dalla radiazione solare, aumentare la penetrazione della luce e produrre energia ad esempio [72, 77].

Potenziale di mitigazione
Diverse indagini sperimentali hanno analizzato il potenziale di mitigazione nelle applicazioni reali. C'è una bibliografia ben documentata sull'influenza dell'ombreggiamento urbano sulle strade pedonali, con particolare attenzione ai parametri biometereologici umani.

Parte dello studio condotto a Friburgo (Germania) si concentra sulle strade alberate, proponendo queste ultime come approccio utile per mitigare le conseguenze che il fenomeno dell'isola di calore determinano per il comfort termico umano [78, 79, 80]. Lo studio dimostra che, con riferimento allo spazio sottostante, la modifica della radiazione solare e della densità del flusso di calore determina una diminuzione di T_a durante il giorno relativamente lenta, con valore massimo di T_a pari a -1,7 ° C; tuttavia l'effetto di maggiore rilevanza, per quanto riguarda l'ombreggiamento determinato dalla chioma degli alberi, è relativo a T_{mrt} (picco ΔT_{mrt}: -36,6°C, media ΔT_{mrt}: -30,4°C) [73].

Per valutare il potenziale di mitigazione delle strutture di ombreggiamento, a Milano, è stato inserito in un canyon urbano esistente, una tenda (di diversa larghezza) in maniera tale da non chiudere completamente lo spazio. L'esperimento dimostra da un lato, che l'aggiunta di una struttura ombreggiante non altera in modo significativo la circolazione dell'aria e, dall'altro, l'efficacia nel limitare l'incidenza delle radiazioni solari sul pavimento stradale, che è l'elemento principale che influenza la temperatura dell'aria e la percezione comfort dei grandi canyon. Quindi, aggiungendo una tenda non si altera in modo significativo la circolazione dell'aria, mentre si riduce l'accesso della radiazione solare che è un elemento fondamentale per mitigare il microclima a scala urbana [77].

Quindi, possiamo dire, supportati da diversi studi condotti negli ultimi anni [68], che i dispositivi di ombreggiamento, in particolare quelli collocati in posizione orizzontale, utilizzati per passaggi coperti, portici pedonali, tende da sole o altri tipi di strutture ombreggianti saranno necessari per fornire ombra all'ora di punta: mezzogiorno. Questo approccio, inoltre, potrebbe essere molto utile e accrescere il suo potenziale se accoppiato all'uso dell'energia solare; ad esempio per gli edifici in cui vengono applicati collettori solari e celle solari a livello del tetto [81].

Pertanto, possiamo concludere che il risultato più evidente di questo breve excursus di applicazioni reali è che l'ombreggiamento può essere realizzato attraverso la progettazione e le definizione di opportune strategie progettuali alla scala urbana. In particolare la sua efficienza varia con l'orientamento, le proporzioni verticali dei canyon, la geometria stradale, la struttura urbana e la densità. Se opportunamente combinati, tutti questi elementi di design possono efficacemente attenuare il fenomeno dell'isola del calore [82, 67].

Acqua (Sistemi evaporativi passivi e sistemi attivi)

Caratteristiche generali e funzionamento

La presenza di acqua in un ambiente urbano influenza la temperatura dell'aria. L'effetto deriva dalla una riduzione del valore del rapporto di Bowen, definito come il rapporto tra il calore sensibile e il calore latente, misurato durante la trasmissione di calore tra un corpo d'acqua e l'aria esterna [83].
Il raffrescamento dell'aria, determinato dalla presenza di acqua, è dovuto ai seguenti tre fenomeni, che possono agire singolarmente o contemporaneamente:

1. evaporazione dell'acqua, che per avvenire necessita di una determinata quantità di calore che viene sottratto all'aria, raffreddandola. ;
2. scambio termico convettivo, che avviene tra la superficie d'acqua e l'aria in movimento quando i due fluidi che entrano a diretto contatto tra loro si trovano a temperature diverse;
3. alle caratteristiche intrinseche dell'acqua, di riflettere, assorbire ed accumulare calore.

Per questo motivo l'uso dell'acqua può essere considerata una utile strategia per mitigare il clima urbano, anche in considerazione di un uso sostenibile delle risorse.
Il tema è di grande importanza soprattutto nell'ottica di in un progetto urbano che integra il ciclo dell'acqua (WSUD – Water Sensitive Urban Design), dove il raffreddamento per evaporazione ed evapotraspirazione viene considerato come una delle tre principali strategie d'intervento [84] (Tabella 18).

ACQUA (WATER)	
1. SISTEMI EVAPORATIVI PASSIVI	
	1.1 SPECCHI D'ACQUA
	1.2 FONTANE
	1.3 CANALI E CASCATE D'ACQUA
2. SISTEMI EVAPORATIVI ATTIVI	
	2.1 IMPIANTI DI NEBULIZZAZIONE (WATER SPRAY)
	2.2 TORRI EVAPORATIVE

Tabella 18: Classificazione delle categorie morfologiche di sistemi di utilizzo dell'acqua usati in ambito urbano, basata su studi di letteratura e su considerazioni originali degli autori.

In funzione delle modalità in cui viene ottenuto il fenomeno dell'evaporazione, i sistemi evaporativi vengono divisi in due tipi: passivi, quando lo stesso si innesca naturalmente, oppure attivi, quando viene indotto attraverso l'uso di impianti meccanici.
In letteratura si trovano numerosi esempi nei quali si è cercato di quantificare l'impatto che avesse l'uso dell'acqua nella mitigazione del clima. Gli studi disponibili constano della valutazione di numerose variabili e fanno riferimento sia ad analisi numeriche, effettuate con l'uso di codici di simulazione, sia al monitoraggio di strutture specifiche realizzate nell'ambiente reale. Le fontane, anche se sono riconducibili a sistemi attivi, vengono di seguito incluse nei sistemi passivi in linea con la classificazione che viene riportata nella letteratura scientifica. La prestazione di questo sistema inoltre, che rappresenta un tradizionale elemento decorativo urbano, deriva dal raggio e dalla temperatura della goccia d'acqua misurate prima e dopo lo scambio termico che avviene con l'aria; di conseguenza non è verosimile poter disporre di un controllo mirato che influenzi le prestazioni del sistema, come avviene invece negli impianti meccanici.

Potenziale di mitigazione

Sistemi evaporativi passivi

Numerosi studi numerici, che vanno dalla simulazione di mesoscala alle analisi fluidodinamiche di gruppi di edifici, sono finalizzati ad individuare l'influenza dei corpi d'acqua sulla mitigazione del clima nell'ambiente urbano.
In uno studio è stata valutata l'influenza che gli specchi d'acqua, ubicati all'interno di una città, potessero avere sia sul clima urbano che sul comfort termico [85], considerando le seguenti diverse configurazioni: laghi di diverse dimensioni, laghi più piccoli ma più numerosi rispetto ai primi e laghi distribuiti in modo differente all'interno della città. Le analisi vennero condotte attraverso l'uso di un software di previsione meteorologica a modellazione numerica (WRF), con il quale venne modellata una città ideale di forma circolare.
I risultati dimostrarono che l'effetto di mitigazione del clima avveniva soltanto durante le ore diurne, assistendo durante le ore notturne ad un inversione del fenomeno, l'acqua infatti cedeva calore all'ambiente causando un riscaldamento dell'aria. Inoltre è stato dimostrato, a differenza di altri studi, che la distanza alla quale si risentivano gli effetti del raffrescamento era fortemente dipendente dalla velocità del vento, in alcuni casi infatti, nelle aree sottovento, l'aria fredda si propagava per diversi chilometri di

distanza. Infine lo studio dimostrò che i laghi più piccoli, ma distribuiti in modo uniforme all'interno della città, influenzavano il clima su aree maggiori rappresentando quindi la soluzione ottimale.
Nella piazza di Fleuriot a Nantes, in Francia, caratterizzata dalla presenza di piante (magnolie) e di uno specchio d'acqua, è stato studiato l'andamento della temperatura e della radiazione solare [86] con l'ausilio di due software: SOLENE e FLUENT. Lo studio ha dimostrato che l'indice PMV* [87], con la presenza dell'acqua e delle piante nella piazza, era pari a 0.54, mentre, nella configurazione della piazza priva di acqua e di vegetazione, raggiungeva il valore di 3.4.
Gli stessi autori esaminarono l'influenza che gli specchi d'acqua realizzati nelle città avessero sui consumi di energia per la climatizzazione degli edifici [81] riscontrando, alle ore 13.00, una differenza di temperatura superficiale massima tra lo specchio d'acqua e l'asfalto di 25°C. Il fenomeno era dovuto al calore latente di vaporizzazione che raggiungeva i 430 W/m^2.
Ad Osaka, in Giappone, venne condotto uno studio dopo aver validato il modello CFD attraverso una ricca serie di dati di temperatura misurati lungo un canyon reale [82]. I dati ottenuti mostrarono che l'uso degli specchi d'acqua permetteva di raggiungere i risultati migliori nella parte ovest della strada, riducendo la temperatura dell'aria di 1.2 °C, mentre, nella parte est, i dati mostravano una riduzione della temperatura dell'aria di 0.1 °C. La spiegazione di questo comportamento venne attribuita alla spinta del vento che veniva influenzata dalla configurazione della città.
Uno studio simile venne condotto nel distretto di Bergpolder Zuid a Rotterdam, in Olanda [83], dove venne simulato il comportamento di tre specchi d'acqua di dimensioni pari a: 30X25X0.3 m^3, 25X20X0.3 m^3, 25X25X03 m^3, collocati idealmente: uno sul tetto di un edificio e due all'interno delle corti di altri edifici. I risultati dimostrarono una riduzione della temperatura dell'aria compresa in un range tra 0.9°C e 2.0°C, all'interno delle corti, e tra 2.7°C e 3.9°C, sui tetti, misurata ad un'altezza di 1.8 m dagli specchi d'acqua.
Altri studi hanno valutato gli effetti di mitigazione sul clima dovuti alla presenza delle fontane [91]. I risultati ottenuti dimostrarono che nelle zone sottovento l'effetto di raffrescamento comportava una riduzione di temperatura compresa tra 1.0°C e 4.0 °C. Nelle stesse aree si registrava un incremento di umidità assoluta compresa tra 1.0 e 4.0 g/Kg di aria secca. Infine, venne dimostrato che gli effetti del raffrescamento dovuto alla presenza della fontana potevano essere percepiti fino a 40 m di distanza dalla stessa.
La conoscenza delle modalità attraverso le quali avviene la mitigazione del clima, come conseguenza dell'uso di acqua negli ambienti urbani reali, deriva anche dall'osservazione diretta del fenomeno. Diversi studi hanno dimostrato che gli effetti di mitigazione maggiori si registrano durante le ore diurne, diventando trascurabili o addirittura negativi durante la notte. L'intensità e la direzione del vento inoltre sono altre due variabili che esaltano il potenziale di mitigazione del clima degli specchi d'acqua.
Uno studio condotto a Guangzhou in Cina [92] mostrò, in prossimità di un lago, una riduzione della temperatura media dell'aria di 1.3°C rispetto alle zone più lontane, raggiungendo un picco massimo di 2.2 °C a mezzogiorno. Le stazioni meteo utilizzate furono 9, di cui 7 installate vicino ai margini del lago e 2 alla distanza di un isolato dallo stesso, tutte ad un'altezza compresa tra 1.5-2.0 m
Nella città di Tel Aviv, a Israele, vennero installate stazioni di rilevamento a 3-5 m dai margini di un lago [93]. Gli strumenti misurarono una riduzione della temperatura dell'aria che raggiunse a mezzogiorno il valore massimo, pari a 1.6 °C. Nello stesso istante fu rilevato anche un incremento dell'umidità relativa pari al 6%. Durante le ore pomeridiane e serali venne rilevata un'inversione del flusso di calore.
L'effetto negativo durante il periodo notturno venne riscontrato anche in uno studio condotto in un area urbana nelle vicinanze di un fiume in Pennsylvania [94]. L'oggetto dello studio fu quello di analizzare l'impatto di un fiume sull'isola di calore, attraverso 19 stazioni di rilevamento. I risultati indicarono un UHI medio annuo di 2,25 °C, che incrementava in estate durante la notte nelle zone più urbanizzate e più vicine al fiume. Nello stesso periodo venne registrata anche una diminuzione dell'UHI man mano che ci si allontanava dal fiume, la temperatura dell'aria infatti decresceva in un range di valori compresi tra 0,6 °C e 0,3 °C per ogni 1000 m di aumento della distanza dal fiume stesso.
Dopo la ricostruzione del corso d'acqua Cheonggye, a Seul, vennero misurate e monitorate le seguenti variabili ambientali: temperatura e umidità relativa dell'aria e velocità del vento [95]. Dallo studio è emerso che la temperatura media, misurata ad un'altezza limite di 2 m dal suolo, si era abbassata di circa 0.4 °C raggiungendo un picco minimo di 0.9 °C rispetto al periodo precedente. Lo studio inoltre ha dimostrato che

i risultati potevano essere stati influenzati da differenti condizioni climatiche, in riferimento ai periodi precedente e successivo alla ricostruzione del corso d'acqua.
Gli effetti di mitigazione del clima dovuto alla presenza di fontane, canali e cascate d'acqua, vennero mostrati in uno studio su Tennoji Park, a Osaka, in Giappone [96]. In particolare, in questo caso, venne monitorato un impianto che combinava gli effetti della caduta dell'acqua su alcune pietre sottostanti e quelli di una fontana. Le stazioni di rilevamento furono posizionate intorno all'impianto ad una distanza di 60m, su un asse immaginario da est ad ovest, e di 40m, da nord a sud. I dati mostrarono che la temperatura superficiale delle pietre raggiungeva i 50°C durante il giorno, mentre la temperatura dell'acqua arrivava a 30°C e la temperatura delle pietre bagnate dalla fontana raggiungeva i 39°C. Durante la notte la temperatura del lastricato era più alta rispetto a quella dell'aria a causa dell'effetto dell'accumulo di calore, mentre la temperatura delle pietre bagnate era confrontabile con quella dell'aria per l'effetto dell'evaporazione. Lo studio, che venne condotto anche attraverso un tunnel del vento, dimostrò che il miglioramento delle condizioni termiche ambientali poteva essere ottenuto attraverso la presenza di acqua, controllando sia la temperatura che l'umidità. Il beneficio fu riscontrabile, nelle zone sottovento, fino ad una distanza di 35 m dai corpi d'acqua.
Un utile lavoro per gli urbanisti e i disegnatori che si dedicano alla mitigazione del clima urbano viene proposto da [97]. Gli autori, monitorando 10 bacini di raccolta di acqua piovana, hanno dimostrato che il gradiente di temperatura negli specchi d'acqua poteva considerarsi rilevante fino a profondità minori di 1 m, mentre la colonna d'acqua diventava isoterma a profondità maggiori. Di conseguenza si poteva ritenere che gli specchi d'acqua con profondità minore di 1 m, a differenza di quelli con profondità maggiori, utilizzassero completamente la propria capacità termica influenzando i cambiamenti climatici. Lo studio dimostrava pertanto che negli interventi mirati alla riduzione degli effetti dovuti all'isola di calore, sia preferibile l'applicazione di un numero maggiore di specchi d'acqua poco profondi in luogo di altri di numero inferiore, ma con profondità e superfici maggiori, che possano risentire anche degli effetti negativi d'ombreggiamento dovuti alla presenza dell'ambiente costruito. L'unico svantaggio in questo caso era rappresentato dalla necessità di rifornire d'acqua le strutture poiché, in particolare durante le ore diurne, evaporando si disperdeva nell'ambiente lasciando il water body privo della sua funzione.

Sistemi attivi

I sistemi attivi riportati in questa pubblicazione debbono essere intesi come tecnologie moderne in grado di ridurre la temperatura dell'aria attraverso nebulizzatori d'acqua, e includono: gli impianti di umidificazione diretta o indiretta come sprinkler e torri evaporative. Le esperienze si riferiscono a simulazioni, opere sperimentali e studi di monitoraggio.
In una regione di Rotterdam, in Olanda, vennero eseguite diverse simulazioni CFD, dopo aver validato il modello attraverso misure sperimentali nel tunnel del vento, per valutare gli effetti di mitigazione del clima attraverso l'installazione di un impianto di nebulizzazione installato in un cortile circoscritto da edifici [98]. I risultati ottenuti hanno dimostrato una diminuzione di temperatura fino a 7°C nelle vicinanze dell'impianto e di 2°C ad una distanza di 8m dallo stesso. Il risultato ottimale veniva raggiunto nel caso in cui la massa d'acqua utilizzata era pari a 9.0 l/min. Un altro parametro che si dimostrò importante nello studio fu l'altezza di installazione dei nebulizzatori. Il valore ottimale risultò pari a 3 m dal suolo poiché sia le superfici dell'ambiente sia le persone non venivano bagnate. In questo modo si evitavano anche i rischi che notoriamente si corrono quando vengono utilizzati pavimentazioni bagnati.
Lo sfruttamento della potenzialità dei nebulizzatori fu anche l'argomento di uno studio effettuato a Osaka, in Giappone [99]. Nei test condotti sull'impianto vennero considerate differenti configurazioni che tenevano in conto: le differenti dimensioni dei fori dei nebulizzatori, la pressione nel sistema e l'altezza di installazione dal suolo. Dagli esperimenti è risultato che l'evaporazione completa dell'acqua nebulizzata si riusciva ad ottenere solo in soli 2 casi su 34, con l'uso del nebulizzatori con forometria pari a 41-45 µm montati ad altezze di 15 e 25 m. Altri tipi di nebulizzatori ottennero gli stessi risultati ad altezze di 25 m.
Altre analisi vennero fornite da uno studio dedicato ad un intervento di riqualificazione di una grande area urbana, nel centro di Thessaloniki, in Grecia [100]. Gli sprinkler furono indicati come una delle strategie di

mitigazione percorribile e le potenzialità vennero individuate attraverso delle simulazioni eseguite con il software ENVI-met, precedentemente validato. Dai risultati ottenuti emerse che l'uso degli sprinkler comportò la riduzione della temperatura dell'aria di 1.9 °C rispetto alle condizioni iniziali, raggiungendo un picco di 7.1°C nei canyon più stretti. La riduzione del PET fu di 7.7 °C rispetto alle condizioni che precedevano la proposta di intervento.
La relazione tra le prestazioni dei sistemi evaporativi e il comfort termico venne studiata attraverso una metodologia analitica, in una proposta di riqualificazione della piazza di Khan Antoun Bey, a Beirut [101]. Dallo studio emerse l'importanza di considerare le condizioni ambientali di partenza come: la spinta e la direzione del vento, l'umidità relativa, la temperatura dell'aria, le precipitazioni e le dimensioni dei nebulizzatori, poiché esse influenzano in modo determinante i meccanismi di vaporizzazione dell'acqua. I risultati dello studio vennero organizzati e sistematizzati su un diagramma psicrometrico semplificato dove era possibile individuare, in funzione della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa di partenza, la prestazione del sistema di raffrescamento (Figura 62).

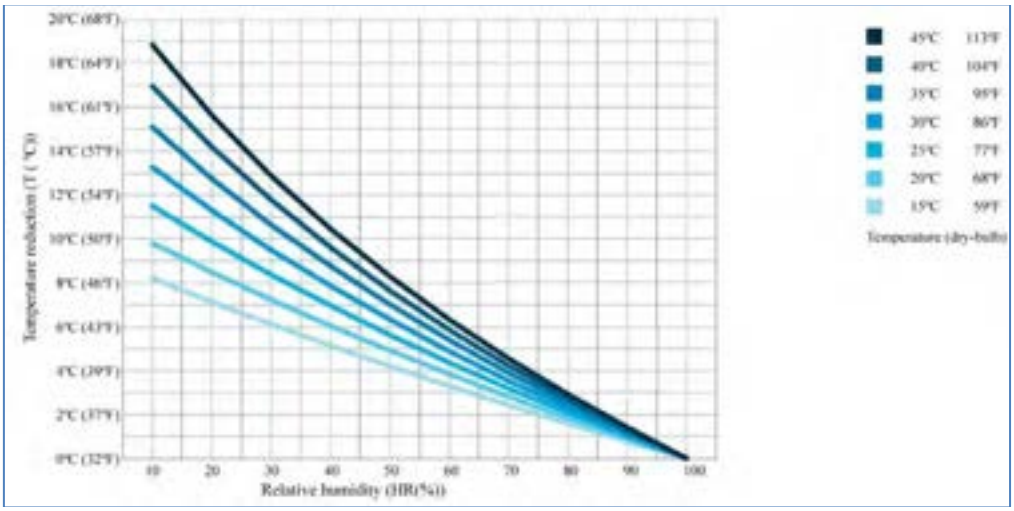


Figura 62: Carta psicrometrica semplificata. Relazione tra umidità relative e riduzione di temperature

Le soluzioni tecnologiche in grado di ottimizzare l'utilizzo delle risorse idriche e capaci di migliorare il microclima locale negli ambienti aperti, sono state descritte in [102]. L'idea fu quella di migliorare le prestazioni delle torri evaporative convenzionali utilizzando un impianto costituito da un doppio cono, all'interno del quale erano montati ad altezze differenti due sistemi di nebulizzazione, che era circondato da una struttura in tessuto realizzata con lo scopo di proteggerlo dal vento. La riduzione della temperatura dell'aria, nel passare dall'ingresso all'uscita della torre, raggiungeva circa 10°C. Anche se l'esperimento presentava la limitazione di averlo eseguito in condizioni diverse da quelle riferite nell'ambiente reale, i risultati furono incoraggianti in riferimento alle prestazioni raggiungibili da questa tecnologia.
A Bejing, Cina, vennero effettuate una serie di campagne di misura relative alla temperatura e all'umidità assoluta dell'aria, finalizzate alla validazione di alcuni modelli CFD [103]. L'impianto consisteva in una serie di ugelli disposti in una matrice 5x9 metri, costruita in un'area lontano da zone costruite. Facendo riferimento alle condizioni ambientali della zone sopravento, i dati misurati hanno dimostrato un decremento della temperatura fino a 7.8 °C nelle zone sottovento, registrando un abbassamento della temperatura media pari a 4.7 °C durante il periodo della misura.
Diversamente, nella stessa zona, l'umidità assoluta subiva variazioni significative incrementando talvolta fino a 2.5 g/Kg di aria secca.

4.2.3 Conclusioni e prospettive di ricerca

Dallo studio condotto è possibile accennare ad alcune conclusioni preliminari, che pongono la base per strutturare nuove prospettive di ricerca. Di seguito se ne fornisce una breve sintesi.

- Gli studi numerici non sono sempre e comunque in grado di stimare adeguatamente il potenziale di mitigazione delle strategie e dei materiali indagati. Ciò è dimostrato dalle differenze riscontrate nel confronto tra gli studi teorici e le applicazioni in ambiente reale. Le ragioni sono di diversa natura. Innanzitutto va considerata a complessità dell'analisi numerica e l'accuratezza dei modelli disponibili nel riprodurre le condizioni reali. Studi di questo tipo includono: analisi termo-fluidodinamiche con analisi di biologia vegetale urbana; combinazione di analisi a mesoscala con studi microclimatici al di sotto della canopy urbana; integrazione del clima urbano con la risposta termica soggettiva degli utenti.
- Il potenziale maggiore di mitigazione è conseguibile mediante la combinazione sinergica di diverse strategie, mentre difficilmente l'impiego di una sola di esse risulta essere sufficiente a ridurre le temperature e migliorare il livello di comfort rispetto alla situazione originale.
- Alcuni interventi (ad esempio sostituzione delle superfici come pavimentazioni), considerato che richiedono notevoli opere e che sono pertanto costosi, sembrano essere proponibili quando si sia in presenza di una pianificazione urbana che preveda già l'intervento in alcune aree. Negli altri casi, invece, sembrerebbe più proponibile un uso sinergico di diverse strategie che abbiano carattere di "puntualità", e che piuttosto che intervenire sulla rimozione e sostituzione di parti materiche della città, intervengano con delle "addizioni" mirate: ad esempio con la vegetazione, o con sistemi ad acqua.
- Il funzionamento microclimatico delle aree urbane aperte è decisamente influenzato dalle scelte progettuali iniziali, che – in assenza di opportune valutazioni – possono rivelarsi erronee. Si pensi, ad esempio, alle molte aree delle nostre città che – seppur di recente realizzazione – non offrono agli utenti condizioni di comfort. Sembra, pertanto, fondamentale trasferire le conoscenze sulle diverse strategie dall'ambito meramente tecnico scientifico a quello del processo progettuale..

Dallo studio condotto emergono, infine, due filoni di ricerca da sviluppare:

1. Approfondimento metodologico. Questo è legato essenzialmente alla pianificazione architettonica e urbanistica di nuove aree o della riqualificazione di brani urbani esistenti. Definizione di linee guida per il legislatore e il progettista per la realizzazione di spazi urbani aperti con elevato grado di qualità termica e ambientale rispetto agli standard attualmente impiegati.
2. Approfondimento tecnologico. Questo è legato a soluzioni in grado di mitigare puntualmente il surriscaldamento in un ambiente urbano non controllato. Sviluppo e validazione di elementi per la funzionalità degli ambiti urbani (per esempio, attrezzature esterne) microclima controllato, integrato con sistemi attivi e integrato con sistemi e reti di Smart City.

4.3 Analisi integrata di soluzioni tecnologiche per la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere dei cittadini. Un caso studio (Università degli Studi Roma Tre)

4.3.1 Attività del progetto

L'attività "Analisi integrata di soluzioni tecnologiche per la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere dei cittadini. Un caso studio" (Report RdS/2016/016) è volto allo studio della mitigazione e della riqualificazione termo-igrometrica di aree urbane ad elevato stress termico ed è basato su diverse soluzioni tecnologiche. La ricerca riguarda un caso studio da condurre in un'area urbana della città di Roma, nella quale sono state analizzate diverse tecniche di mitigazione in termini di riduzione della temperatura dell'aria e miglioramento del comfort termico in specifici periodi temporali.
Le attività sono state suddivise in questo modo:

- Definizione dell'area d'intervento e delle tecniche di mitigazione da applicare;
- Analisi preliminare del sito in esame e la costruzione del modello numerico;

- Analisi numerica dell'impatto delle tecniche di mitigazione sul microclima urbano.

La prima fase è consistita nell'individuazione di una piazza di Roma caratterizzata da un'alta densità di edifici, da una bassa presenza di verde e dall'assenza di fontane d'acqua, al fine di monitorare una zona urbana ad elevato stress termico. Tale piazza sarà un luogo fortemente fruibile dalla comunità locale, in modo da coinvolgere il maggior numero di utenti negli effetti benefici degli interventi di mitigazione scelti.
La zona urbana di Roma corrispondente ai requisiti precedentemente menzionati è Piazza dei Mirti posta nella zona di Centocelle.

4.3.2 Analisi preliminare

La zona oggetto di tale studio è sottoposta ad un elevato stress termico dovuto soprattutto alle caratteristiche costruttive della Piazza. La piazza è prevalentemente costituita da ampie zone asfaltate utilizzato nella pavimentazione stradale e nei marciapiedi. Inoltre sono presenti delle costruzioni cementizie come quelle per l'ingresso nella metro "Mirti". Nella piazza la vegetazione è poco presente. Nella configurazione attuale sono presenti piccoli cespugli e pochi alberi molto giovani, che non consentono un adeguato ombreggiamento dell'intera area. Inoltre, non sono presenti fontane in grado di mitigare la temperatura dell'aria.
La campagna di misura sperimentale è stata utilizzata per la fase di calibrazione del modello numerico realizzato con il software ENVI-met. Tale software è sia CFD che SVAT (Soil, Vegetation and Atmosphere Transfer) e consente di eseguire simulazioni ambientali e microclimatiche di intere aree urbane, modellando tutti i processi che si sviluppano tra l'atmosfera, la parte superficiale del suolo e quella profonda. Con ENVI-met è possibile valutare le interazioni fra edifici, superfici, vegetazione, flussi d'aria e di energia di una porzione di area urbana sollecitata dalle condizioni climatiche di contesto geografico.
In Figura 63 viene riportato il modello numerico realizzato con il software. Le aree grigie individuano le zone edificate, le zone verdi segnate con il simbolo "XX" corrispondo a aree di vegetazione urbana, le aree verdi di altra simboleggiatura individuano le zone di collocazione degli alberi, mentre l'area bianca individua le zone asfaltate come strade e marciapiedi.

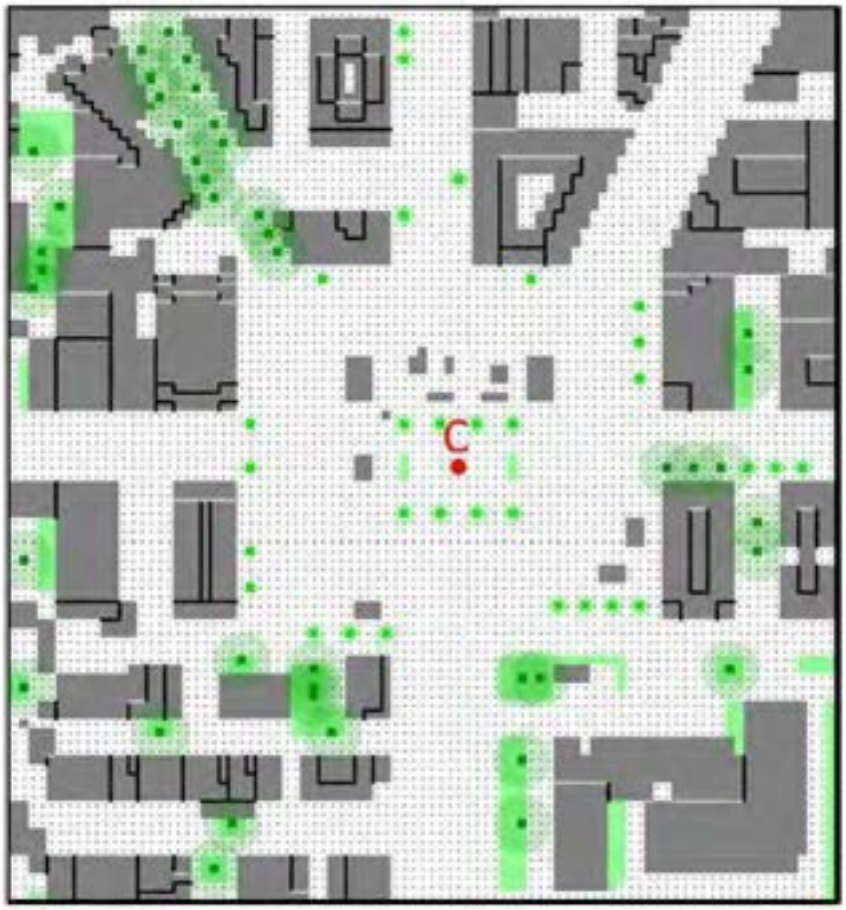


Figura 63: Visualizzazione della Piazza dei Mirti di Roma realizzata con il software ENVI-met

4.3.3 Analisi Numerica

L'ultima fase ha riguardato un'analisi comparativa degli effetti dei diversi metodi di mitigazione scelti ed individuati nella prima fase. A titolo di esempio, vengono mostrati i risultati di alcune analisi degli effetti di alcune tecniche di mitigazione della temperatura dell'aria nella zona di interesse. Sono state eseguite delle valutazioni comparative dovute all'applicazione di materiali cool sulle pavimentazioni stradali, all'introduzione del prato all'interno della piazza, alla costruzione di una tettoia che possa schermare dalla radiazione solare, dalla sostituzione degli otto alberi della piazza centrale con altrettanti alberi più maturi. Nella Figura 64 sono riportati i modelli utilizzati per le tecniche di mitigazione scelte: "Standard" corrisponde alla attuale condizione della piazza; "Alberi" corrisponde alla sostituzione degli otto alberi della piazza con alberi più maturi segnalatati dalla linea rossa tratteggiata; "Tettoia" corrisponde all'installazione di una tettoia segnalata dalla linea rossa tratteggiata; "Prato" corrisponde all'applicazione di un prato al centro della piazza segnalato dalla linea rossa tratteggiata; "Cool" corrisponde all'applicazione di materiali cool su tutte le pavimentazioni stradali della zone individuate dalla aree bianche.

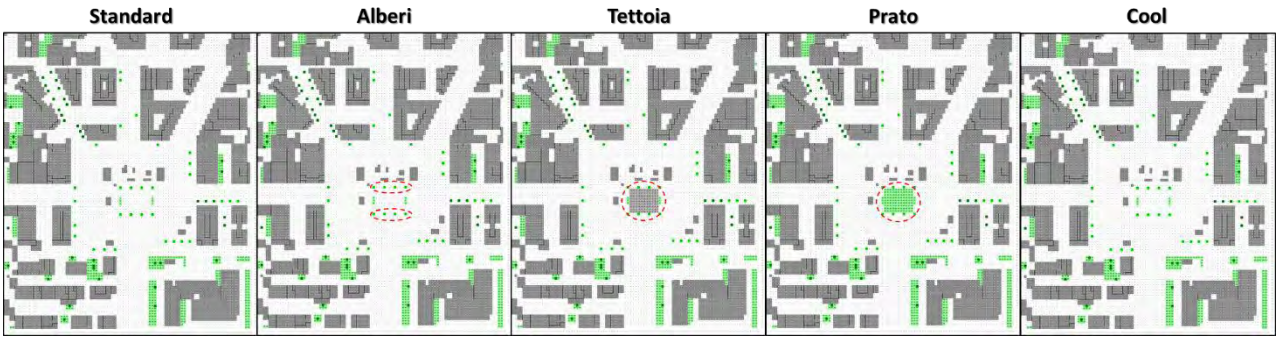


Figura 64: Modelli utilizzati per le tecniche di mitigazione scelte.

Nella Figura 65 sono riportati i confronti delle tecniche di mitigazione scelte.

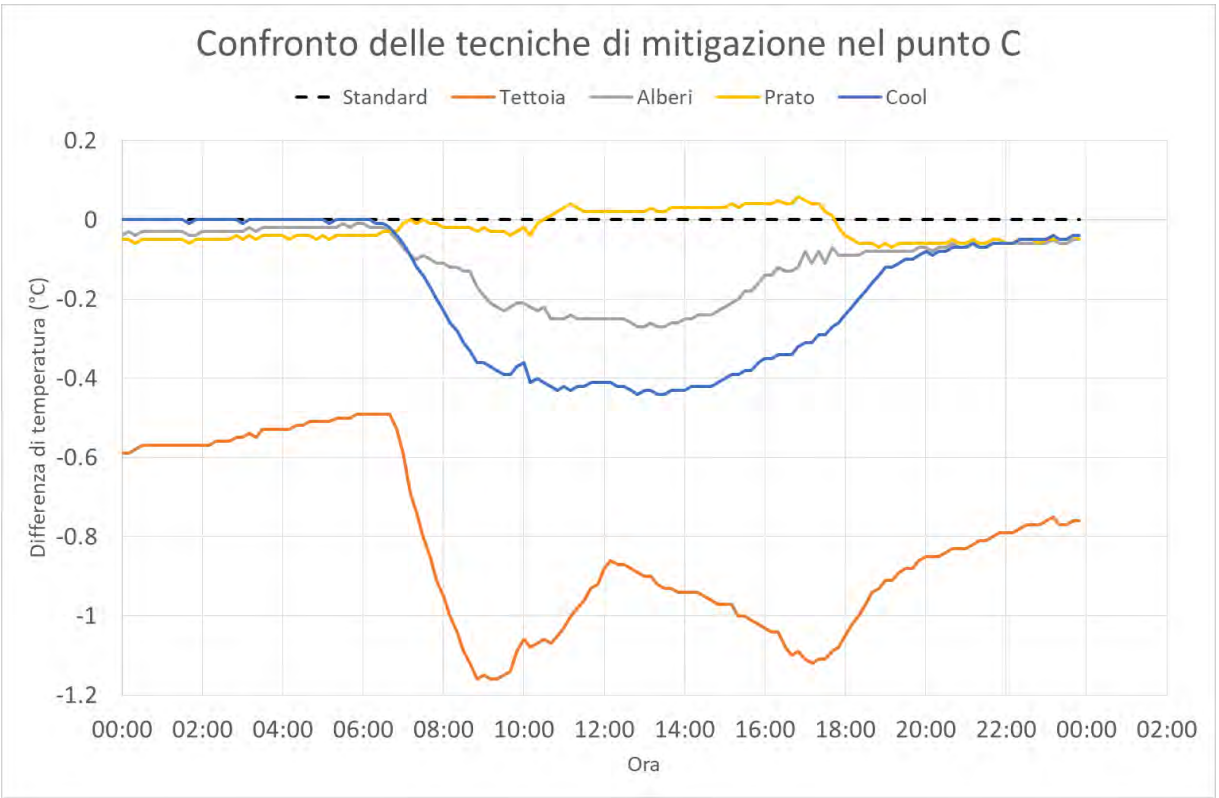


Figura 65: Risultati delle tecniche di mitigazione scelte.

4.4 *Analisi di affidabilità e analisi dei guasti e delle criticità (FMECA) del sistema smart street (Università degli Studi Roma Tre)*

Questo studio illustra l'Analisi di Supporto Logistico applicata al sito pilota del sistema "Smart Street" collocato presso il centro ENEA della Casaccia (Roma). Dapprima è stata effettuata l'analisi di affidabilità attesa del sistema "Smart Street" a cui ha fatto seguito l'identificazione delle azioni necessarie per ridurre o mitigare gli effetti dei guasti al fine di preservare o aumentare il tempo di missione ovvero il tempo di funzionamento in condizioni ottimali. Inoltre l'identificazione di componenti critici (al livello di sottosistema o di componente) permette di poter dapprima di apporzionare le eventuali scorte di magazzino e in successivamente di valutare lo sforzo di costo in termini di tempo e di ore/uomo legate alla manutenzione.

4.4.1 Analisi di Supporto Logistico

L'Analisi di Supporto Logistico (LSA) è un processo che fa parte del concetto molto più ampio di logistica integrata vale a dire il processo gestionale che governa l'intero flusso di materiali e informazioni, dal loro punto di origine al consumatore/utilizzo finale.

Gli Input per l'LSA sono:

- Documentazione tecnica (Data package), come ad esempio i documenti di ingegneria meccanica ed elettrica (diagrammi circuitali, PCB, cablaggi interno e schemi di montaggio).
- Dati inerenti i Materiali e Processi: informazioni sulle parti sia d'acquisto che costruite, tempi e modalità di procurement delle parti.
- I prezzi di tutte le parti e i costi di tutti i servizi (ed eventuali rilavorazioni).
- Se necessario, aggiuntivi richiedibili sono relativi a utensili speciali per la produzione, strumentazioni e fasi di test, risoluzione dei problemi e per la riparazione, informazioni sullo smontaggio ed il montaggio.

In ultimo (ma non per importanza) le risultanze dalle seguenti:

- Analisi di affidabilità (MTBF)
- Analisi dei guasti e di criticità (FMECA).

4.4.2 Analisi di Affidabilità

Per "affidabilità" si intende quella parte della statistica che studia le leggi di guasto di componenti, macchine e sistemi. L'analisi dell'affidabilità del sistema "Smart Street" è necessaria al fine di stimare od ottimizzare:

- La durata di vita (del componente o del sottosistema) tramite il calcolo del tasso di guasto
- La disponibilità operativa del sistema
- Il costo del ciclo di vita

Per tasso di guasto (failure rate λ) si intende la probabilità che il componente o sistema, che abbia funzionato fino ad un istante prefissato, si guasti nel periodo di tempo (ora, giorno) immediatamente successivo.
Il tasso di guasto, di fatto, è una misura del rischio immediato di guasto di un componente o sistema che ha già 'vissuto' per un determinato tempo. Da questo si trae il tempo medio di funzionamento tra due guasti successivi: MTBF (Mean Time Between Failures)

4.4.3 Analisi dei Guasti

L'analisi dei guasti e di criticità FMECA (acronimo dell'inglese Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis - Analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti) è una estensione della FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), in aggiunta alla quale include un'analisi di criticità usata per valutare, mediante opportuni diagrammi, la gravità delle conseguenze di un guasto correlata con la probabilità del suo verificarsi.
Ha i seguenti obbiettivi:

- Individuare le aree critiche del sistema (componenti o sottosistemi);

- Individuare i componenti critici il cui guasto può avere conseguenze gravi (danneggiamenti, sicurezza, funzionalità);
- Fornire indicazioni per sviluppare programmi di manutenzione preventiva.

Si attua in accordo a questi passi:

- Scomposizione del sistema nelle sue parti funzionali e preparazione di una griglia di valutazione della criticità
- Identificazione ed analisi dei modi tipici di guasto di ogni singola parte
- Valutazione della gravità degli effetti del guasto e della frequenza
- Ricerca delle cause e dei sintomi premonitori (segnale precursore) dei guasti
- Formulazione di un piano di intervento preventivo o migliorativo

4.4.4 L'architettura del sistema Smart Street

Il sistema Smart Street, su cui viene fatta l'analisi, è un sistema che si propone di pilotare, in modo sia automatico che manuale un impianto di illuminazione pubblico. Di seguito vengono elencati i sottosistemi.
Il sistema è costituito da (Figura 66).

- Concentratore PLC
- Nodo IP
- LED Driver
- Lampada a matrice Di LED
- Media Converter (lato Concentratore e lato Multiswitch)
- Multiswitch e Utilizzatore Finale

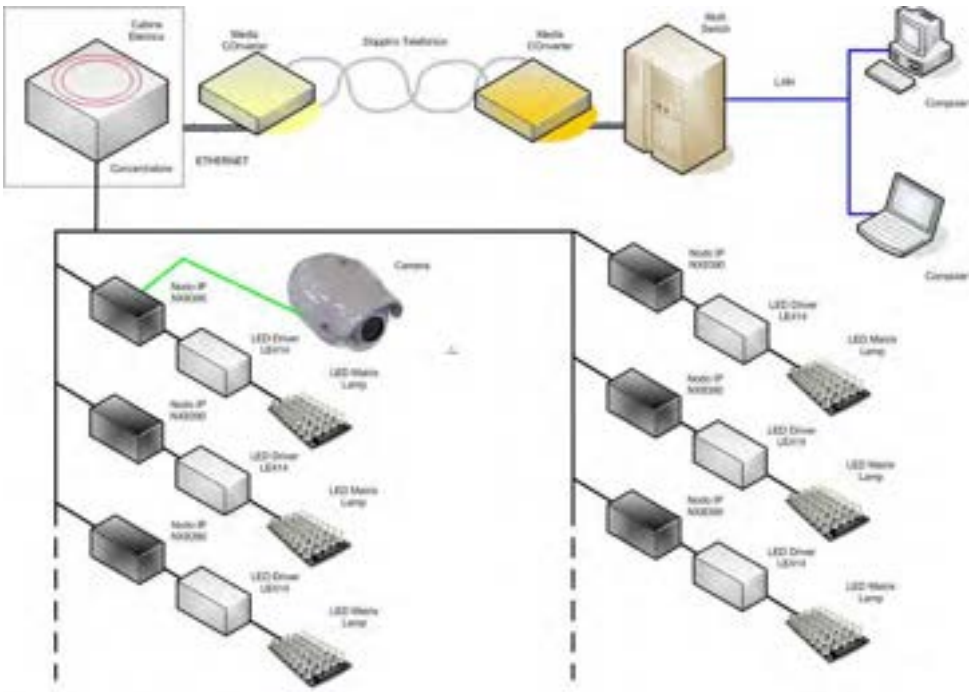


Figura 66: Architettura sistema Smart Street

Per la descrizione completa si rimanda al report RdS/PAR2016/019 "Analisi di affidabilità e analisi dei guasti e delle criticità (FMECA) del sistema smart street" .

Gli obiettivi di affidabilità nell'industria dei componenti elettronici sono caratterizzati con la curva tradizionale della "vasca da bagno" mostrata nella Figura 67 sotto. Questa curva mostra il tasso di guasto

dei prodotti rispetto al tempo ed è composta a sua volta da tre curve individuali relative alla frequenza di guasto costante, mortalità infantile ed invecchiamento

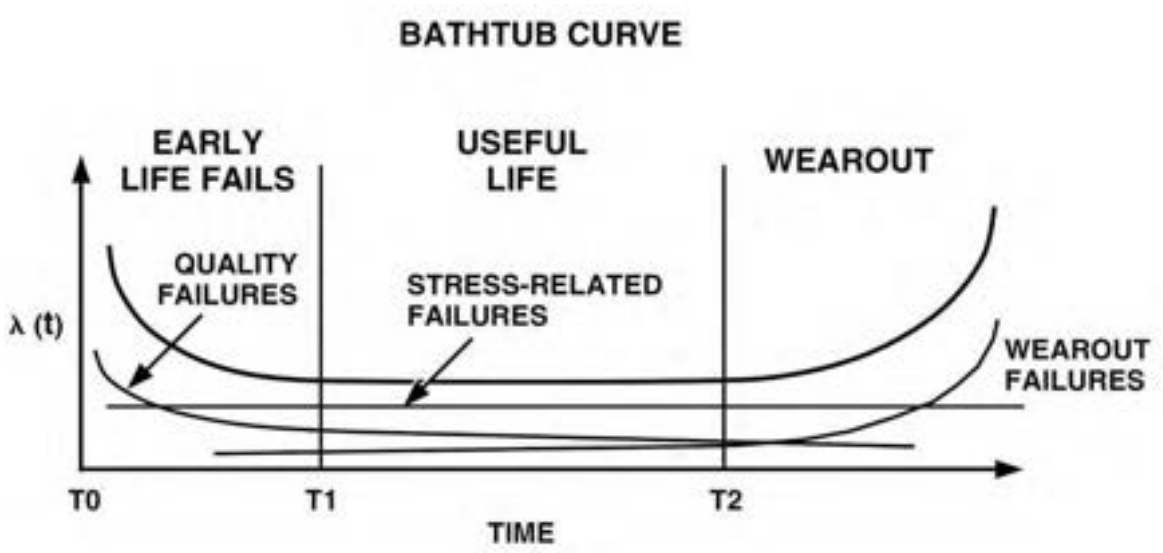


Figura 67: Curva a Vasca da Bagno

Per il sistema (dotato di 4 pali normali + uno con la telecamera), abbiamo la seguente tabella dei risultati: (Tabella 19)

Descrizione	λ_p Singolo ($F/10^6$ hrs)	Quantità	λ_p TOTALE ($F/10^6$ hrs)	MTBF (hours)	Incidenza (%)
Ethernet (lato Multiswitch)	0,08	1	0,08	12.048.192,8	0,01%
Media converter (Lato Multiswitch)	4,78	1	4,78	209.205,0	0,43%
Doppino Telefonico	0,07	1	0,07	15.384.615,4	0,01%
Media converter (Lato Concentratore)	4,78	1	4,78	209.205,0	0,43%
Ethernet (Lato Concentratore)	0,08	1	0,08	12.048.192,8	0,01%
Concentratore	11,60	1	11,60	86.206,9	1,05%
Camera	232,55	1	232,55	4.300,2	20,95%
Nodo IP N08390	5,41	5	27,05	36.968,6	2,44%
LED Driver LE414	108,75	5	543,77	1.839,0	49,00%
Lampada A Matrice Di LED	57,00	5	285,00	3.508,8	25,68%
		λ Totale =	1109,77		

MTBF (R_{Totale})= 901,09 Ore

Tabella 19: Risultati analisi del sistema

Nell'analisi FMECA l'intero sistema viene esaminato a livello funzionale e vengono determinati gli effetti dei guasti e dei malfunzionamenti sulle prestazioni dell'apparecchiatura.

Nella successiva analisi FMEA. vengono fatte le seguenti ipotesi:

- si presume il totale guasto della funzione esaminata;
- viene considerata una solo modalità di guasto per volta (ovvero non sono presi in considerazione guasti correlati, se non come raccomandazione);
- l'analisi F.M.E.A. viene eseguita a livello di funzione e di unità, ad eccezione dei circuiti I/F che sono analizzati a livello dei componenti (ove mai sia possibile ed opportuno);
- non vengono considerate le probabilità di guasto, oggetto di analisi apposita;

Il modo di guasto presunto riportato nelle tabelle FMEA è segnalato in funzione del guasto peggiore, cioè la perdita della funzione dell'unità principale.
La categoria di criticità viene sempre assegnata prima di segnalare i modi di compensazione e, per ciascuna modalità di errore, le categorie di criticità vengono assegnate come segue (Figura 68):

TABELLA DELLE CATEGORIE DI CRITICITA'	
Cat.	**Descrizione**
1	La modalità di guasto presunta provoca presumibilmente distruzione o degrado delle funzioni di altri apparati.
2	La modalità di guasto presunta provoca il guasto totale ed irreversibile degli apparati in esame.
3	La modalità di guasto presunta provoca il degrado grave delle funzioni degli apparati in esame.
4	La modalità di guasto presunta provoca il degrado lieve delle funzioni degli apparati in esame.
5	La modalità di guasto presunta provoca il degrado minimo o trascurabile delle funzioni degli apparati in esame.

Figura 68: Categorie di criticità

4.4.5 Conclusioni

È stato esaminato il Sistema smart street in forma di Sistema pilota con un numero di lampioni ridotto a 5 di cui uno dotato di telecamera: l'eventuale aumento o diminuzione dei lampioni senza telecamera non incide in modo significativo sulla filosofia di approccio allo studio affidabilistico del sistema complessivo.
Si noti che nessuna parte del sistema è ridondata benché è doveroso dire che il sistema in sé è abbastanza resiliente, poco "damage sensitive": infatti, non solo può sopportare l'abbassamento dell'intensità luminosa ma la perdita di funzionamento di più di un LED od una striscia o perfino un lampione intero, è sopportata senza arrivare ad un minimo critico di luminosità.
A scanso di equivoci, non si può considerare il sistema delle paline come un sistema di affidabilità in parallelo in quanto ai singoli pali, pur essendo tutti rigorosamente uguali (tranne quello con la camera) e avendo tutti lo stesso funzionamento, è demandata l'illuminazione di un tratto di strada diversa cosa che, di fatto, li rende unici sotto il profilo dello studio affidabilistico.
L'analisi del tasso di guasto del sistema complessivo ha restituito un MTBFTOT del singolo palo del sistema (senza camera) pari a 5.483 ore il che equivale a circa 20 mesi di funzionamento (palo attivo 10 ore al giorno). Da qui si evince che la differenza di impegno per quanto riguarda le ore/uomo di manutenzione, è quasi trascurabile rispetto alla situazione "classica".
Il componente più critico è il Led Driver che, da solo fornisce poco meno del 50% di tutti i FIT del sistema risultando il più soggetto a guasto e quindi il candidato più probabile ad un'opportuna scorta di magazzino.
Per quanto riguarda la telecamera, l'analisi effettuata restituisce un valore di MTBFCAMERA pari a 4.300 ore equivalenti a circa 6 mesi di funzionamento ininterrotto. Questo valore apparentemente basso è dovuto al fatto che la telecamera è ancora prototipale e su di essa vengono costantemente effettuati aggiornamenti sia software che hardware.
Un componente critico è sicuramente il concentratore che, a fronte di un confortante MTBFCONC di 86.200 ore, qualora dovesse venir meno, provocherebbe una "failure" grave cioè il completo spegnimento senza appello di tutta quella sezione di rete elettrica da esso gestita.

4.5 *Telecontrollo digitale smart street: riproduzione di situazione di degradamento prestazioni ed analisi dei ritardi di servizio e studio dei servizi aggiuntivi (Università degli Studi Roma Tre)*

Questo attività presenta i risultati dell'analisi di degradamento prestazioni ed analisi dei ritardi di servizio e studio dei servizi aggiuntivi del sistema Smart Street (Report RdS/2016/018)
In particolare :

- l'analisi di alcuni sistemi di telecontrollo digitale per le Smart Street: sono presi in considerazione otto diversi sistemi sviluppati da piccole/medie imprese o grandi multinazionali. Questi sistemi sono un campione di quelli presenti nel mercato e vengono presi a titolo di esempio;
- una breve descrizione delle installazioni di Smart Street presenti nel mondo e sviluppate dalle aziende esaminate in precedenza.
- Una descrizione puntuale del sistema installato nello Smart Village ENEA – Casaccia con particolare attenzione alle possibili vulnerabilità del sistema;
- una presentazione del testbed di replica dell'architettura di rete Smart Village ENEA – Casaccia e descrizione dei possibili test che sono stati eseguiti per la valutazione delle prestazioni

Il documento si articola in tre macro-sezioni:

- Analisi dei principali sistemi per Smart Street presenti sul mercato: vengono analizzate le architetture proposte sul mercato nazionale ed internazionale
- Analisi di alcune installazioni di Smart Street: vengono presentate alcune installazioni di Smart Street presenti nel mondo ed in particolare la Smart Street ENEA
- Analisi delle prestazioni della Smart Street ENEA in presenza di attacchi di Denial of Service (DoS):vengono presentati alcuni test effettuati sulla Smart Street ENEA quando le prestazioni del servizio di monitoraggio vengono degradate da attacchi che compromettono l'efficienza della rete

4.5.1 Sistemi di telecontrollo digitali

Sono presi in considerazione otto diversi sistemi di telecontrollo digitale per le Smart Street sviluppati da piccole/medie imprese o grandi multinazionali.

- Il sistema UVAX (Spagna)
- Il sistema BEGHELLI (Italia)
- Il sistema Luminibus – APS Systems (Italia)
- Il sistema PLANet – Telensa (Regno Unito)
- Il sistema InteliLIGHT – Flashnet (Romania)
- Lo Smart Outdoor Control and Management System – Billion (Taiwan)
- SmartELI Street Lighting Control System
- Il sistema Philips

L'analisi proposta ha presentato l'architettura dei sistemi analizzandone i componenti principali (di cui vengono proposte anche le specifiche tecniche da datasheet), il sistema di comunicazione e le soluzioni di sicurezza adottate.
In linea generale, il mercato risulta diviso in due segmenti: da una parte di ci sono le grandi aziende che, insieme agli operatori telefonici, sono in grado di fornire servizi e di trasformare grandi sistemi di illuminazioni in Smart Street; dall'altra ci sono piccole e medie imprese in grado di sviluppare architetture competitive. L'attenzione di questo report si è fermata soprattutto su quest'ultime, in quanto più attente a sviluppare soluzioni in cui i servizi aggiuntivi possano essere facilmente integrati.

L'architettura per implementare il sistema di telecontrollo digitale per Smart Street di UVAX si compone essenzialmente di tre elementi:

- **Nodi**: sono installati sui singoli corpi illuminanti e sono collegati tramite rete ad onde convogliate (rete PLC) ai concentratori. Essi sono dotati di indirizzo IP unico e si comportano da modem PLC, inviando e ricevendo informazioni dalla powerline, senza ulteriori necessità di cablaggio. I nodi controllano i corpi

illuminanti, consentendo la variazione dell'illuminazione, ma possono integrare dispositivi diversi (GPS, ripetitori Wi-Fi, contatori intelligenti, sensori di temperatura e luce, telecamere).

- **Concentratori**: sono installati generalmente all'interno delle cabine elettriche. Essi controllano i nodi direttamente collegati tramite rete ad onde convogliate e si interfacciano con il backbone della rete (in genere Ethernet wired/wireless) del management center.
- **Central Management Software (CMS)**: web app attraverso cui il gestore del sistema accede all'infrastruttura in maniera sicura mediante autenticazione e cifratura e può impostare e configurare ogni singolo elemento della rete.

L'architettura per implementare il sistema di telecontrollo digitale per Smart Street di BEGHELLI si compone essenzialmente dei seguenti elementi:

- **Centrale domotica**: invia agli apparecchi di illuminazione i comandi necessari per regolarne il funzionamento e riceve dagli apparecchi stessi le informazioni di stato, di diagnostica e i dati di consumo di energia. Essa è in grado di pilotare singolarmente ogni diverso apparecchio di illuminazione connesso. La centrale coordina il funzionamento della rete di comunicazione magliata che consente il controllo degli apparecchi di illuminazione anche in sistemi di grandi dimensioni mediante instradamento automatico dei pacchetti informativi attraverso la rete costituita dagli apparecchi di illuminazione e di emergenza. Quando è collegata ad una rete WiFi può essere raggiunta e comandata in remoto direttamente da Smartphone.
- **Interfaccia trasmettitore radio domotico**: è un dispositivo radio di interfaccia, alimentato a 230Vac in grado di inviare comandi radio agli apparecchi di illuminazione o agli opportuni ricevitori dotati di attuatori a relè. Attraverso il software di gestione e configurazione è possibile programmare le funzionalità domotiche legate all'illuminazione. L'interfaccia ha l'antenna integrata e può essere inserita in qualsiasi box non schermato. Le funzionalità associabili al trasmettitore sono la trasmissione di comando temporizzato e la trasmissione dello stato del dispositivo.
- **Interfaccia ricevitore radio domotico con Modulo radio per la rilevazione dei dati consumo energetico**: è un dispositivo radio di interfaccia, alimentato a 230Vac, che integra un relè in grado di pilotare apparecchi di illuminazione e altri carichi elettrici. Il ricevitore integra anche un misuratore della potenza e un contatore dell'energia elettrica erogata in uscita. I dati del contatore sono letti mediante messaggi radio e per questo è abilitato al progetto Grande ESCo Italia. Il dispositivo è associato a uno o più trasmettitori radio e ne attua i comandi corrispondenti.
- **Software SD manager**: dopo l'installazione, il gestore del sistema accede all'infrastruttura tramite un'apposita applicazione (Software SD manager) di rete in maniera sicura mediante autenticazione e cifratura e può impostare, configurare ogni singolo elemento della rete. Gli elementi sono connessi tra loro in una rete mesh e comunicano con la centrale domotica.

In questa sezione sono stati riportati alcuni sistemi per la gestione di Smart Street, ritenuti rappresentativi rispetto al mercato. In particolare si è posta attenzione sui sistemi integrati prodotti principalmente da piccole e medie imprese.
Tutti i sistemi possono essere accomunati per alcune caratteristiche. In tutti i sistemi, infatti, sono presenti

- Nodi di interfaccia verso il sistema di illuminazione da installare nei corpi illuminanti
- Nodi di raccolta dati da installare nelle cabine elettriche
- Software di gestione con interfaccia utente.

4.5.2 Sistemi di Smart Street installati

Esistono diversi sistemi di Smart Street installati nel mondo. In questo report vengono presi in considerazione solo i sistemi sviluppati dalle aziende precedentemente descritte.

Nello specifico sono state considerate installazioni dei sistemi InteliLIGHT, Billion, Philips ed Eliko: questi sono trattati in maniera simile tramite rapide schede. Per quel che riguarda il progetto che UVAX ha sviluppato nello Smart Village ENEA – Casaccia, invece, si è ritenuta necessaria un'analisi più approfondita.
Sono state analizzate i seguenti installazioni:

Le installazioni InteliLIGHT
Le installazioni InteliLIGHT coprono principalmente l'Europa e l'Asia. Nel seguito sono presentati quattro casi di studio.
Brasov (Romania)
Hîncești (Moldavia)
Dubai water canal
Szada (Ungheria)

Le installazioni Billion
Le installazioni Billion sono sviluppate soprattutto a Taipei, dove da qualche anno la municipalità sta finanziando un progetto per l'ammodernamento di tutto il sistema di illuminazione della città. Billion ha effettuato tre interventi lavorando con diversi operatori di mercato e raggiungendo obiettivi diversi in ogni installazione.
Taipei 1
Taipei 2
Taipei 3

Le installazioni Philips
Le installazioni eseguite da Philips riguardano grandi centri urbani. In particolare in questo report vengono proposti i casi di studio relativi alle città di Los Angeles e di Buenos Aires. In questi contesti Philips ha cooperato con gli operatori delle telecomunicazioni locali per ottenere la connettività desiderata.
Los Angeles
Buenos Aires

L'installazione Eliko a Tallin
Kalaranna è una strada di Tallinn lunga 2 km, completamente rinnovata nel 2015: tutti i lampioni sono stati sostituiti con lampade LED controllate dal sistema SmartELI.

Il Sistema Smart Street in ENEA e la sicurezza
Il progetto Smart Street di ENEA realizza un sistema di strada intelligente all'interno dello Smart Village nella sede di ENEA – Casaccia. Esso si compone di una strada illuminata e sensorizzata in maniera intelligente. Il sistema è costituito da una serie di venti lampione con armature LED Ampera Midi Schreder, equipaggiate con nodi di telecontrollo UVAX. L'obiettivo dell'installazione è il test di servizi a banda larga (Videosorveglianza analisi video, Illuminazione adattiva, Servizio WiFi).

4.5.3 Analisi delle prestazioni del sistema di telecontrollo

Al fine di valutare le prestazioni del sistema installato presso lo Smart Village nella sede di ENEA – Casaccia, si è sviluppato un apposito test bed. Esso riproduce le condizioni della rete di comunicazione ENEA e presenta diversi vantaggi. In questo modo, è possibile valutare con maggiore accuratezza le prestazioni del sistema, senza compromettere il funzionamento del sistema reale.

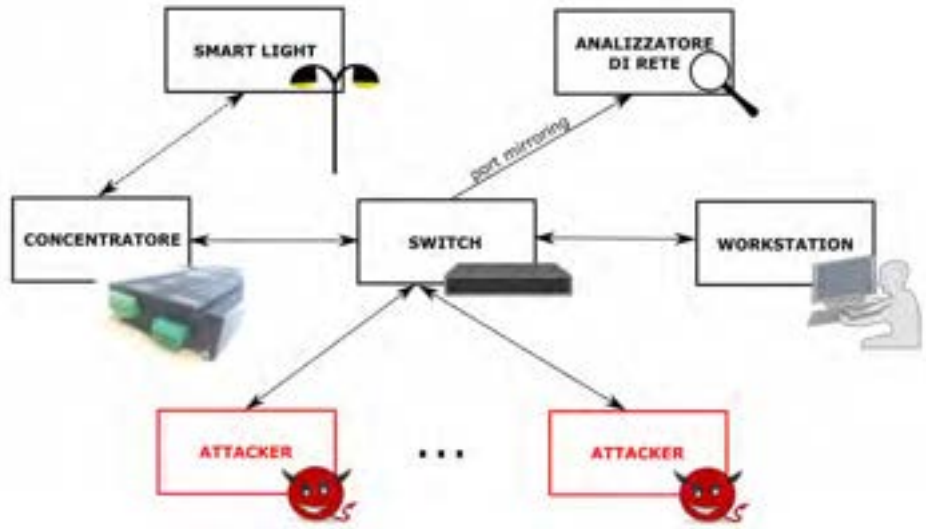


Figura 69: Test bed per lo studio del sistema di telecontrollo digitale della Smart Street

Il test bed riproduce la parte di rete che può essere soggetta ad attacchi con impatto sulla qualità del servizio ed è presentato in Figura 69. In particolare, esso è composto dai seguenti elementi:

- **Nodo concentratore:** simula la rete ad onde convogliate della Smart Street ed al suo interno contiene la WebApp che consente all'operatore remoto di avere informazioni sul corretto funzionamento della rete e di agire sui singoli nodi
- **Switch:** emula la rete
- **Workstation operatore:** emula la sala di controllo
- **Analizzatore di rete**: permette di valutare il degrado delle prestazioni ed è collegato sulla porta di mirroring dello switch
- **Nodi malevoli:** nodi che realizzano gli attacchi.

Le connessioni sono tutte Ethernet su cavo e passano attraverso lo switch. Quest'ultimo può essere configurato in modo da limitare la banda a disposizione delle sue porte, consentendo di limitare il numero di nodi malevoli che attaccano il target, degradando le prestazioni.
Si è scelto di analizzare il traffico di rete della topologia di test inserendo fino a due nodi malevoli.
Tutti i test effettuati hanno una durata approssimativa di un minuto. Di seguito l'elenco dei test:

- Minaccia informatica alla disponibilità delle risorse
- Attacco SYN Flooding
- Test preliminare: Situazione di normalità
- SYN Flooding attack con singolo nodo malevolo
- SYN Flooding attack con due nodi malevoli
- SYN Flooding attack con singolo nodo malevolo
- SYN Flooding attack con due nodi malevoli
- SYN Flooding attack con singolo nodo malevolo, porta switch limitata
- SYN Flooding attack con due nodi malevoli, porta switch limitata
- SYN Flooding attack con singolo nodo malevolo, porta switch limitata
- SYN Flooding attack con due nodi malevoli, porta switch limitata
- Denial of Service tramite Random Packet Drop
- Denial of Service tramite Random Packet Drop
- Denial of Service tramite Packet Time Delay
- Denial of Service tramite Packet Time Delay
- Sniffing attack

4.5.4 Analisi dei risultati e conclusioni

Dall'analisi dei risultati risulta che effettuando gli attacchi SYN Flooding si constata un decadimento delle prestazioni di rete ed una conseguente indisponibilità delle risorse.
Nei vari casi, l'attacco ha portato ad un rallentamento delle comunicazioni e nei casi più gravi alla impossibilità di aggiornamento dei dati di Energy Management.È possibile affermare che quanto più traffico legittimo è presente sulla rete, tanto più sarà facile per un attore malevolo effettuare con successo un attacco informatico alla disponibilità delle risorse.
Si evidenzia anche la capacità dei nodi di rete legittimi, compreso il concentratore, di ristabilire una situazione di comunicazione normale quando l'attacco si interrompe.
In lavori futuri verranno analizzati i risultati di attacchi informatici alla disponibilità delle risorse utilizzando un test-bed più complesso, inserendo sensori/attuatori PLC che permettano un completo funzionamento dell'impianto sperimentale.

4.6 Progetto di una smart street prototipale all'interno di un contesto controllato (Smart Village Casaccia)- utilizzo di un SAPR (sistema aeromobile a pilotaggio remoto) per validare alcuni aspetti dello Smart Street (ENEA)

4.6.1 Il Case Study "Smart Village Casaccia"

Tale attività si presenta come la prosecuzione di attività nell'ambito dello 'Smart Village Casaccia' realizzato nel precedente triennio (RdS/PAR2014/023) [104] nell'area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica - progetto C1: Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi - obiettivo B : Gestione di reti di edifici e "Smart Village". Con questa attività si intende ampliare le funzioni dello Smart Village aggiungendo alla gestione di reti di smart building anche quello delle strade interne attraverso l'implementazione di una smart street prototipale nell'arco del triennio in cui testare e sviluppare tecnologie per fornire servizi integrati di valore aggiunto.
Il progetto Smart Street di ENEA realizza un sistema di strada intelligente all'interno dello Smart Village nella sede di ENEA – Casaccia. Esso si compone di una strada illuminata e sensorizzata in maniera intelligente. Il sistema è costituito da una serie di venti lampione con armature LED Ampera Midi Schreder, equipaggiate con nodi di telecontrollo UVAX. L'obiettivo dell'installazione è il test di servizi a banda larga (Videosorveglianza analisi video, Illuminazione adattiva, Servizio WiFi).
Progetto di una smart street prototipale all'interno di un contesto controllato (Smart Village Casaccia), applicato ad un viale con passaggio di veicoli e persone in cui cominciare ad applicare e validare alcuni aspetti dello Smart Street; tale attività sarà supportata dall'utilizzo di un SAPR (sistema aeromobile a pilotaggio remoto), equipaggiato con camera rgb/video e termocamera.

4.6.2 Attivita' e risultati

Nell'ambito delle attività è utilizzato un velivolo SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto), quale strumento base per consentire valutazioni ed ispezioni in situ su edifici ed infrastrutture (per varie applicazioni: efficienza energetica, vulnerabilità/esposizione a rischi naturali, etc.). Inoltre, la disponibilità di un siffatto sistema, in prospettiva, consentirà anche la messa a punto a e la definizione di un servizio a potenziali utenti finali (P.A., Operatori delle Infrastrutture etc.)
In particolare, nel corso della presente annualità, sono state svolte le seguenti attività:

1. acquisizione del Sistema APR ISPIRE PR51A appositamente configurato, di seguito descritto in dettaglio;
2. collaudato del sistema SAPR in un'area riservata della Casaccia, con un volo di test intorno all'edificio F65, effettuato in collaborazione con la ditta fornitrice;
3. acqisizione da parte di un dipendente ENEA della certificazione di base come pilota SAPR in aree non critiche;
4. avvio delle procedure burocratiche ed assicurative per poter utilizzare operativamente il SAPR. Inoltre, sono in fase di redazione i relativi Manuali (di volo, delle operazioni, di manutenzione) e Registri (registro delle operazioni).

Descrizione Sistema APR INSPIRE PR51A

Sulla base delle specifiche fornite da ENEA, il sistema APR INSPIRE (Figura 70) in oggetto è stato fornito equipaggiato con una termocamera, assemblato e programmato per volo radiocontrollato a vista, radiocontrollato in FPV o tramite coordinate GPS o aree di copertura pre-impostabili da tablet di controllo.
È un sistema APR di MTOM 4.0 Kg, costruttore PROMENTE TLC SRL tipo PR51A, realizzato in materiale plastico/carbonio leggero e resistente. L'APR è equipaggiato con Terminatore di Volo che rispecchia i criteri di ridondanza e dissimilarità dal sistema primario o con cavo di ritenuta fino a 40 metri.
E' un multirotore configurazione di volo ad "X" equipaggiato con telecamera HD e trasmissione a terra del segnale video per il monitoraggio delle riprese e il controllo dei dati di telemetria ed assetto durante il volo e dotato di sistema di terminazione del volo ove previsto per scenari "misti". Il sistema dispone, inoltre, di *ground station* per la gestione del volo autonomo per *waypoint* con auto take off e auto *landing*.
La Massa Massima al Decollo (M.T.O.M.) è pari a 4 Kg.
Il SAPR è costituito da un sistema quadri-rotore a geometria variabile con stabilizzazione elettronica dell'assetto, dell'altezza e della posizione tramite sensori barometrici, accelerometri e GPS. Il sistema è stato fornito con un carrello retrattile elettronico, eliche ad attacco rapido per ridurre lo spazio di ingombro durante il trasporto. Il frame ha una struttura leggera e resistente a vantaggio di tempi di volo più lunghi. Il SAPR, inoltre, è dotato di un controllore di volo di fascia alta che consente grande precisione e affidabilità.
Per quanto riguarda la dotazione del sistema delle camere, il sistema installato sul drone è essere composto da 2 telecamere intercambiabili (videocamera + termocamera), dotate ciascuna di *gimbal* Stabilizzato a 3 Assi. La videocamera è dotata di sensore CMOS Sony EXMOR 1/2.3", con focale f/2.8 (20mm equivalenti), scatta foto fino a 12 MegaPixel e può effettuare riprese video fino a 4K di risoluzione a 24p e fino a 60p a 1980x1080 e 1280 x 720. Il *bitrate* è di 60Mbps, le immagini non hanno effetto *fisheye,* il FOV (*Field of View*) è di 94°.
La termocamera ha una sensibilità < 50 mK, risoluzione 640×512, pixel pitch 17 µm, *full frame rate* 30 Hz, Zoom digitale 2x e 4x. La stabilizzazione del *gimbal*, assieme ad una serie di elaborazioni digitali dell' immagine, permette di ottenere immagini termiche streaming digitale di elevata qualità.
Tramite l'utilizzo della termocamera geo-referenziata è possibile acquisire immagini nel range spettrale del near-IR (vicino infrarosso) consentendo di rilevare indicatori sulla temperatura superficiale, sul grado di saturazione e/o sul *soil moisture* dei suoli, etc.
Il sistema video è in grado di trasmettere a terra immagini in HD, con sovrapposti i dati telemetrici. La stazione base a terra Ground Control Station è dotata di un iPad AIR2 con software di controllo avanzato in grado di configurare i parametri di volo e pianificare missioni autonome.
le caratteristiche del SAPR sono (Tabella 20):

SCHEDA CONFIGURAZIONE DEL SAPR					
ITEM	***n°***	***produttore***	***modello***	***part n°***	***serial n°***
APR		PROMENTE TLC SRL	PR51A		A002
SPR		PROMENTE TLC SRL	PR51A		S002
FLIGHT CONTROLLER		PROMENTE TLC SRL	PR51A		F002
MOTORI	2 dx + 2 sx	DJI	3510	1	
ELICHE	2 dx + 2 sx	DJI	plastic 1345	(CCW e CCW) 2	
TELAIO	Kit stampato	DJI	White	3	
CARRELLO	1 dx, 1 sx	DJI	Carbon	4	
BRACCI + supp.motore	1 dx, 1 sx	DJI	Carbon	5	
R/C	1	DJI		6	S/001
TERMINATORE	1 master 1 slave	UDOIT	DRONE TERMINATOR	7	DT M002 e DT S002
SOFTWARE CeC	1	DJI	V. 1.4.2	8	

GIMBAL + payload	1	Zenmuse	X3/X5/XT	9	
BATTERIE	6	DJI	6s 5700	10	da B001 a B009
MAIN BOARD	1	DJI	Pro	11	
RICEVITORE	1	DJI	Pro	12	
GPS	1	DJI	GPS/Glonass	13	
TX video	1	DJI	Light bridge2	14	
Magnetometro	1	DJI		15	
SET VITI	1	DJI	M3, M4	16	

Tabella 20: Caratteristiche Configurazione SAPR

Figura 70: SAPR INSPIRE PR51A

Certificazione di base pilota SAPR

Sulla base di quanto esposto in precedenza, si è provveduti alla formazione di un pilota remoto per l'utilizzo del Sistema APR, in quanto la recente normativa ha ritenuto necessaria, per svolgere operazioni specializzate, la conoscenza di alcune materie specifiche inerenti la sicurezza delle operazioni (mezzo aereo, operazioni di volo, piloti). Ai fini della conduzione di un APR è richiesto un pilota in possesso di appropriata attestazione di competenza in corso di validità. Solo con l'attestato il pilota può operare o essere impiegato da un operatore riconosciuto da ENAC (come nel caso di ENEA).
Ai fini dell'idoneità psicofisica, il pilota inoltre ha ottenuto una certificazione medica rilasciata da un AME (*Aeronautical Medical Examiner*), secondo gli standard relativi alla licenza LAPL (o licenze aeronautiche di categoria superiore) di cui al Regolamento UE 1178.
La certificazione ottenuta ha riguardato il corso basico MC/Light per il conseguimento dell'Attestato di Pilota del Sistema APR in situazioni non critiche.

Test preliminari: Area di test : Campo di addestramento Vigili del Fuoco C.R. Casaccia
È stato effettuato un volo di prova, per testare le caratteristiche del sistema APR acquisito e le fotocamere su di esso installate e configurate. Il test è stato effettuato presso il C.R. Casaccia nel Campo di addestramento Vigili del Fuoco (presso l'edificio F65) (Figura 71).
Riprese Copertura stereo (Figura 72);
Restituzione 3d (Figura 73, Figura 74, Figura 75):

- VisualSFM
- Structure from Motion
- Photoscan Agisoft

Riprese con camera termica (Figura 76):

- calibrazione e mappatura.

Figura 71: Area di test del SAPR

Figura 72: Rilievo copertura stereo zona di test

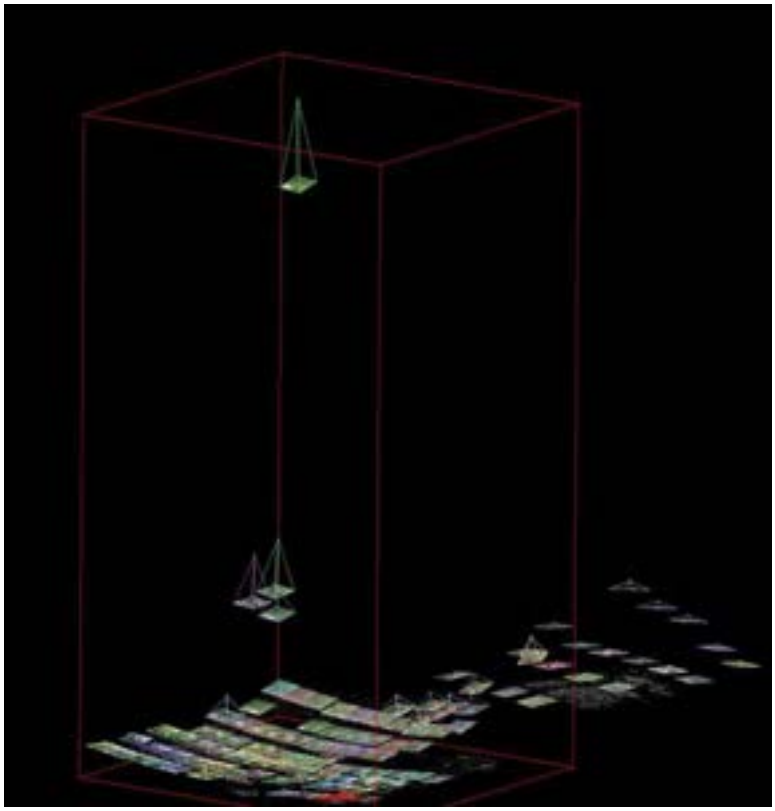


Figura 73: Triangolazione tramite VisualSFM

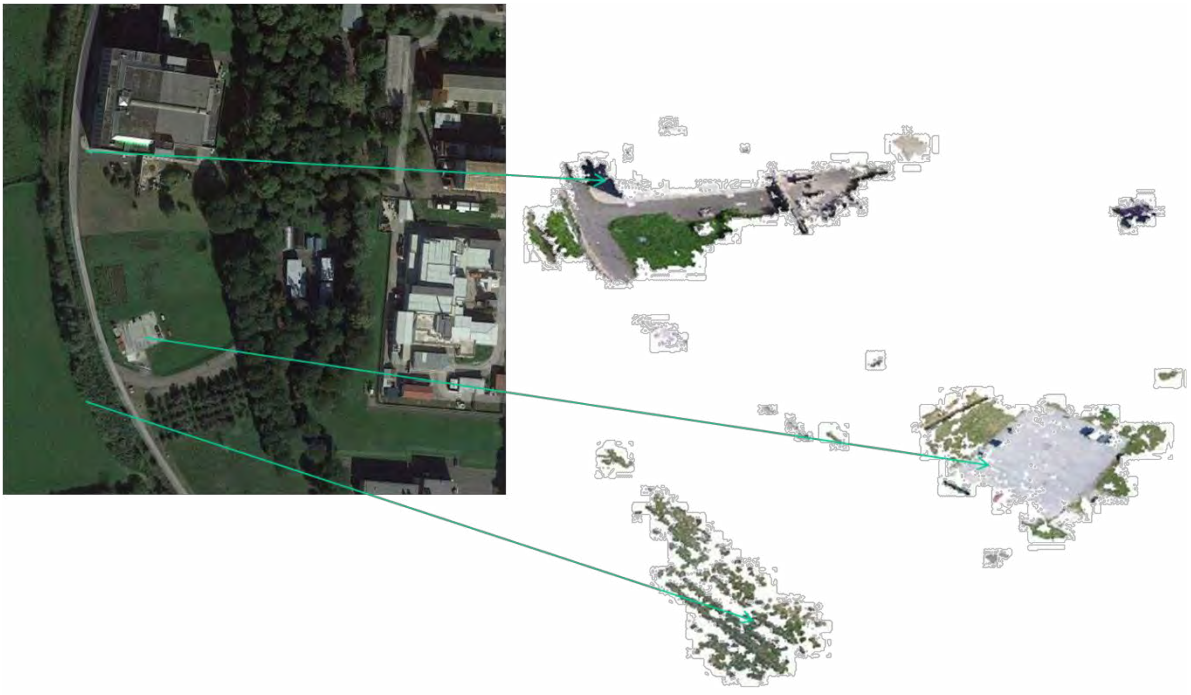


Figura 74: Elementi dell'area di test : Campo di addestramento Vigili del fuoco c/o C.R. Casaccia restituiti in 3d con matching denso e textures

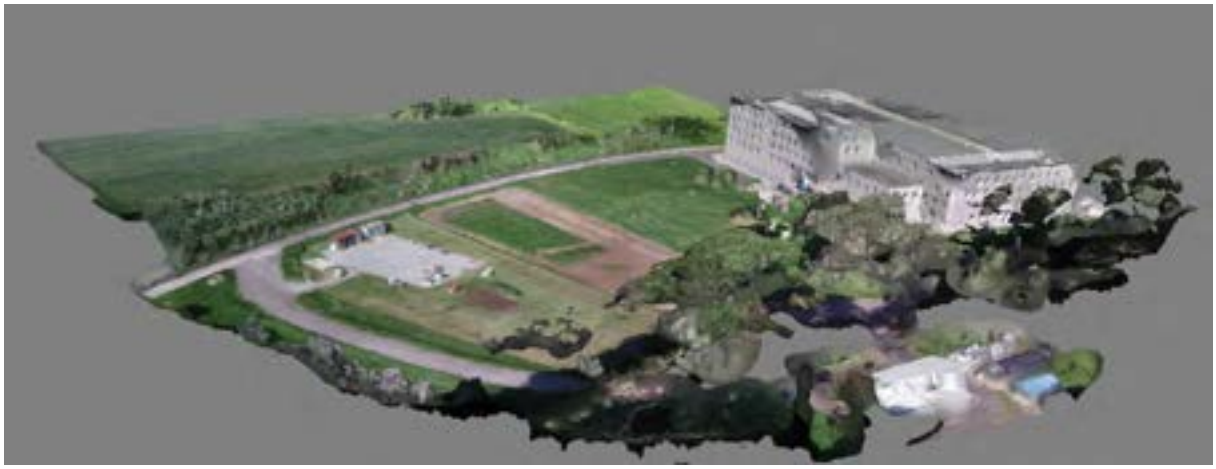


Figura 75: Vista prospettica dal modello 3-d ricavato dai rilievi

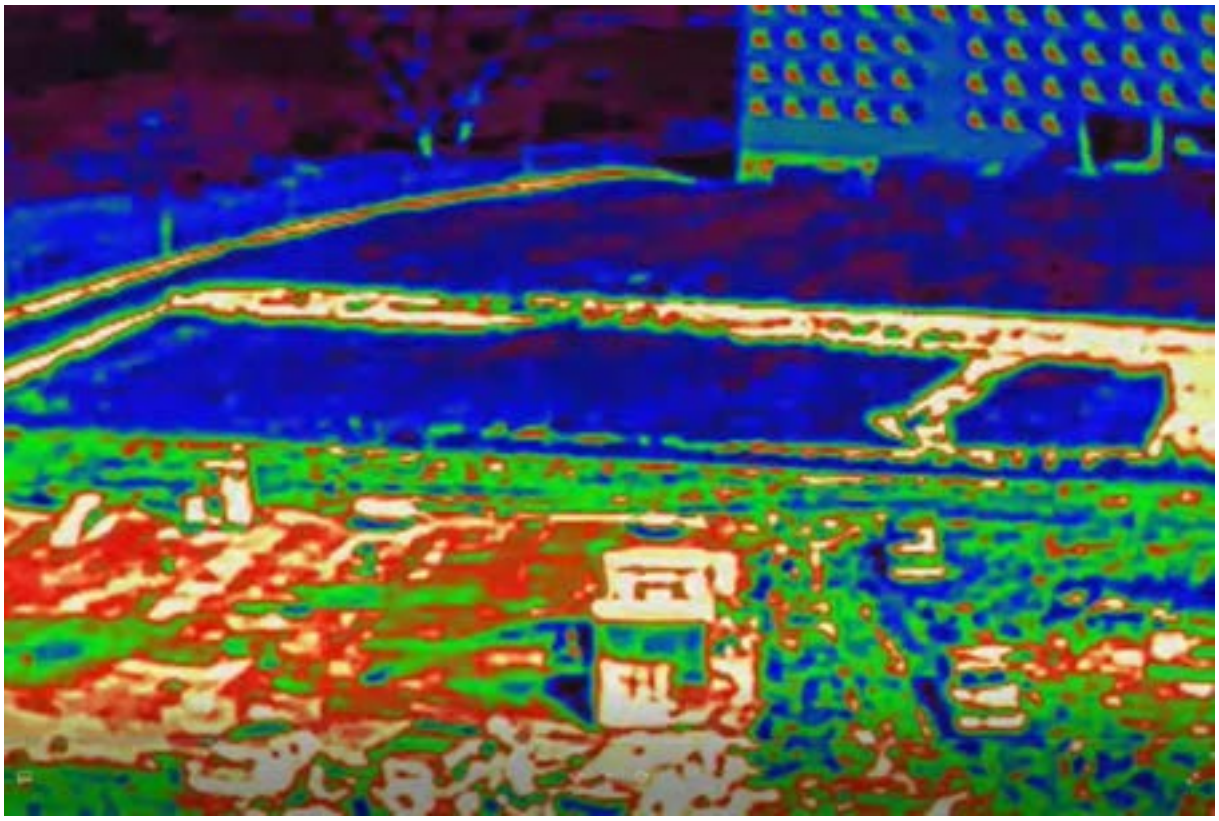


Figura 76: Prefabbricati area addestramento vigili del fuoco

4.7 Sviluppo di un multisensore con funzionalità smart (ENEA)

Obiettivo di questa attività è lo sviluppo di un sistema intelligente di monitoraggio della scena urbana, traffico e sicurezza in grado di erogare servizi di infomobilità, di gestione intelligente dell'illuminazione pubblica, di sicurezza stradale finalizzati all'incremento della qualità dei servizi pubblici.
Il sistema intelligente di monitoraggio del traffico si basa su un sistema di visione integrato il cui scopo è quello di effettuare l'analisi visiva della scena urbana con un sistema di analisi onboard tramite scheda elettronica integrata nel sensore/telecamera.

Il sistema scelto per la realizzazione del progetto è SmartEye (Figura 77), un sistema integrato e distribuito di sensori di visione che analizzano la scena locale e interagiscono con un centro dati remoto per fornire servizi multifunzionali all'interno del contesto Smart Cities.
Tra i vari servizi vi sono ad esempio:

- dimmerizzazione dell'illuminazione in base ai flussi di traffico per migliorare l'efficienza energetica,
- monitoraggio traffico sia pedonale che veicolare,
- analisi della scena per sorveglianza,
- info-mobility,
- gestione slot per parcheggio, controllo dei semafori.

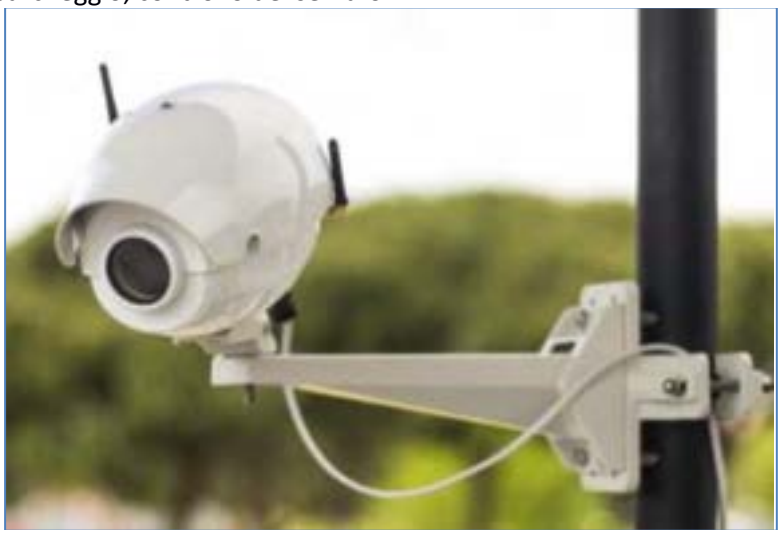


Figura 77: Sensore Smart-Eye (Fonte Smart-I)

I dati acquisiti sono direttamente elaborata a bordo dei nodi, al fine di minimizzare i costi di trasmissione e fornire come output Informazioni ad alto livello. SmartEye agisce sia come fornitore di dati (analizzando l'ambiente) sia come fornitore di servizi (analizzando i dati estratti per fornire servizi intelligenti).

I componenti principali dell'architettura del sistema Smart-Eye sono:

- una rete distribuita di sensori di visone (*nodes*) in grado di analizzare in maniera autonoma la scena;
- un *Communication layer* composta da due linee di comunicazione, una tra sensori e una tra sensori e server remoti;
- un *Smart City Server* (SCS), in grado di monitorare l'infrastruttura Smart-eye, acquisire, visualizzare ed elaborare le informazioni e fornire servizi di più alto livello;
- un'*applicazione per desktop e mobile* per l'installazione, la configurazione e la manutenzione on-side dei nodi.

La rete di sensori e lo SCS interagiscono in modo bi-direzionale. Gran parte dell'elaborazione dei dati avviene a bordo dei nodi stessi, che inviano al server solo informazioni pre elaborate di alto livello o notifiche di eventi rilevanti. Il server non ha la sola funzione di collettore di dati, ma integra le informazioni provenienti dai vari nodi, le aggrega, e fornisce una comprensione globale della situazione. Infine, lo stesso SCS è in grado di fornire funzionalità di telegestione della rete di nodi, al fine di minimizzare l'intervento in loco di operatori.

In Figura 78 è rappresentata una panoramica dell'architettura del sistema SmartEye.

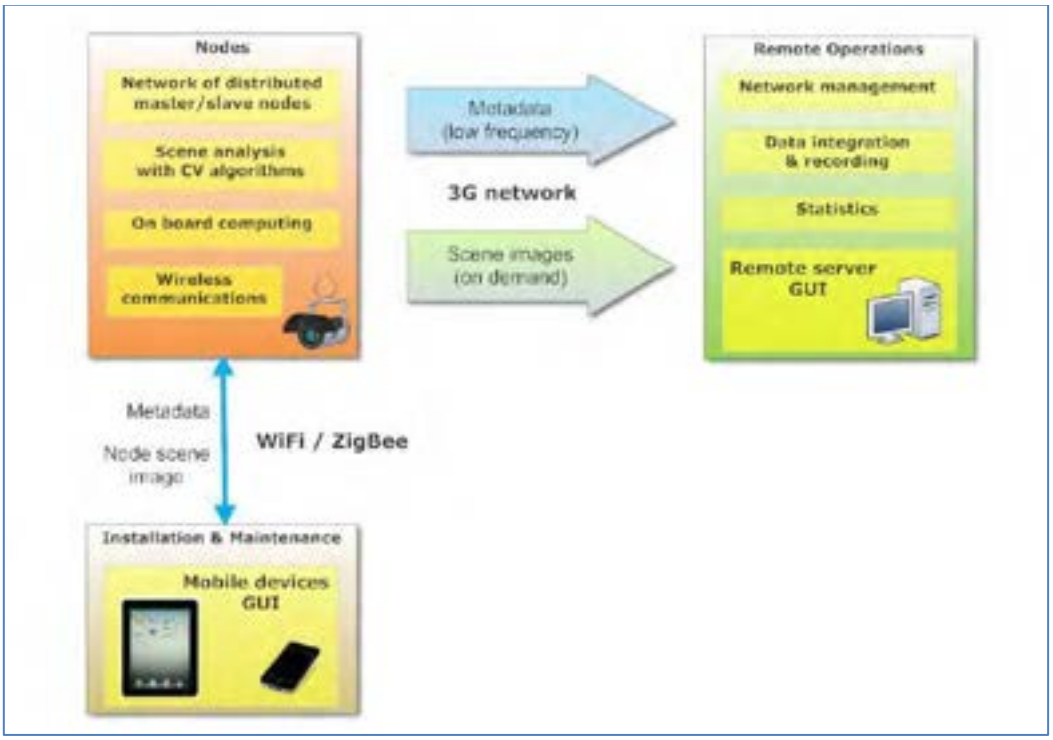


Figura 78: Smart Architecture (Fonte Smart-I)

Ogni nodo della rete consta di una telecamera che acquisisce flussi video, un modulo Wi-Fi per il routing dei dati all'interno della rete, ed un adattatore per l'allacciamento alla tensione elettrica dei pali di illuminazione pubblica.

Il sensore SmartEye viene tipicamente installato su un palo dell'impianto di illuminazione stradale. Le caratteristiche principali dei sensori sono:

- ogni sensore è univocamente identificato con un ID hardware (SUID);
- ogni sensore può essere differenziato in base alla sua configurazione hardware in sensore Master o sensore Slave;
- la modifica di un componente hardware all'interno del sensore non altera il suo ID hardware (SUID).

In ogni impianto i sensori SmartEye sono disposti logicamente come una rete di nodi. Più in dettaglio, una rete è una set di nodi master e slave che comunicano tra di loro e con lo Smart City Server (SCS), come riportato in Figura 79.

Specificatamente, SmartEye è:

- integrato, in quanto combina componenti hardware (sensore ottico, scheda di elaborazione dati, attuatori, trasformatori, concentratore dati, moduli di comunicazione,…) e librerie software (extended security, advanced mobility e smart lighting) in un sistema embedded, elaborando i dati acquisiti direttamente a bordo dei nodi installati sui lampioni pubblici;
- intelligente, tramite algoritmi avanzati di signal processing, computer vision e machine learning che consentono il monitoraggio autonomo della sede stradale, senza l'ausilio di operatori umani, e notificando automaticamente anomalie alla centrale di gestione;
- distribuito, grazie ad una rete di nodi a topologia dinamica, adattabile, ed in grado di ri-configurarsi in caso di guasti dei nodi stessi.

SmartEye è inoltre modulare, estendibile, e consente l'aggiunta di sensori o librerie software addizionali.

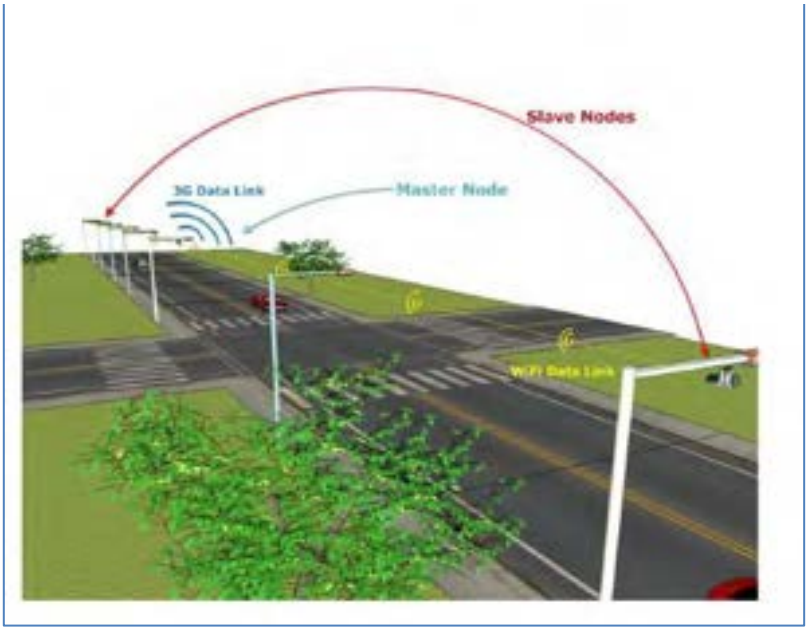


Figura 79: SmartEye network (Fonte Smart-I)

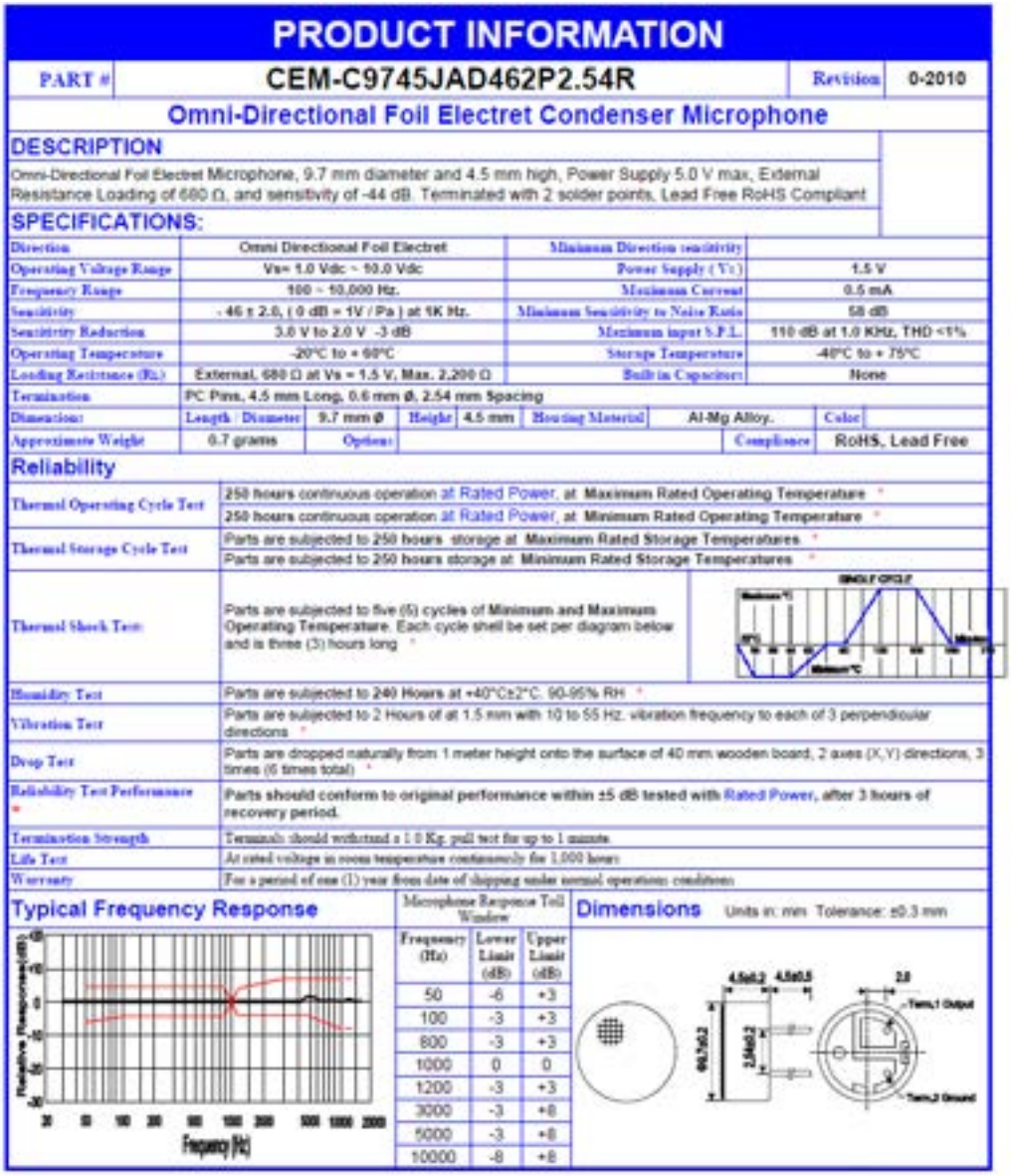
4.7.1 Il Multisensore- descrizione

L'attività riguarda lo sviluppo di un sistema multi-sensore per il monitoraggio ambientale, gestione del flusso luminoso, rilevamento flusso di traffico veicolare/pedonale funzionale ad applicazioni di smart street. E' stato acquistato un sensore/telecamera per il monitoraggio della scena, customizzato dalla ditta fornitrice in modalità open, con la possibilità di integrare tramite opportune interfacce sensori esterni. Lo scopo è quello di implementare il sensore/telecamera con altre funzioni e integrarlo con altri sensori (ambientali, acustici, fotometrici,ecc...).

Rispetto all'annualità precedente (RdS/PAR2015/008- Sviluppo della architettura e tecnologie di Smart lighting e funzionalità del palo intelligente [105]), dove il sensore è stato customizzato al fine di avere la possibilità di integrazione di nuove interfacce hardware e nuove librerie software, il sensore è stato ulteriormente evoluto con l'integrazione di un microfono e lo sviluppo di un modulo (B13/A17) intelligente per riconoscimento del suono, funzione "sound detection" (Figura 80, Figura 82).

Figura 80: Modulo B13/A17 per riconoscimento del suono

Il modulo B13-A17 è un'unità esterna pensata per aggiungere allo SmartEye delle funzionalità intelligenti legate all'analisi del suono, integrate in un unico dispositivo tramite connessione USB dedicata.
Grazie a ciò, il range di applicazioni e servizi accessibili tramite lo SmartEye si amplia notevolmente, consentendo di disporre di un'unità di sensing ulteriore che complementa in modo esclusivo le capacità di vision, fornendo informazioni altrimenti non acquisibili con la sola analisi video, consentendo un'operativà a 360° nel piano di osservazione.
L'unità di Audio Sensing sfrutta l'architettura di comunicazione dello SmartEye per consentire un rapido ed efficace invio di dati di allerta in caso di rilevazione anomala di suono, o di identificazione di un pattern di suono specifico (quali esplosione o richiesta di aiuto).
L'unità è dotata di un microfono Electret ad ampio range di frequenza (100Hz – 10Khz) e range di amplificazione del segnale di 60x, per consentire una diffusa capacità sensing audio e per consentire una pre-amplificazione di voci, suoni e rumori adeguatamente ampia da essere pienamente gestita dall'unità di conversione A/D senza una significata perdita di informazioni.
Il microfono Electret integrato trasforma ampiezze di segnali (non volume) catturando le onde sonore attraverso due piani conduttivi (un diaframma vibrante e uno fisso) e convertendole in onde elettriche.
In Figura 81 il datasheet con le specifiche tecniche del microfono utilizzato.



PRODUCT INFORMATION

PART #	CEM-C9745JAD462P2.54R	Revision	0-2010

Omni-Directional Foil Electret Condenser Microphone

DESCRIPTION

Omni-Directional Foil Electret Microphone, 9.7 mm diameter and 4.5 mm high, Power Supply 5.0 V max, External Resistance Loading of 680 Ω, and sensitivity of -44 dB. Terminated with 2 solder points, Lead Free RoHS Compliant

SPECIFICATIONS:

Direction	Omni Directional Foil Electret	Minimum Direction sensitivity	
Operating Voltage Range	Vs= 1.0 Vdc ~ 10.0 Vdc	Power Supply (Vs)	1.5 V
Frequency Range	100 ~ 10,000 Hz.	Maximum Current	0.5 mA
Sensitivity	- 46 ± 2.0, (0 dB = 1V / Pa) at 1K Hz.	Minimum Sensitivity to Noise Ratio	58 dB
Sensitivity Reduction	3.0 V to 2.0 V -3 dB	Maximum input S.P.L.	110 dB at 1.0 KHz, THD <1%
Operating Temperature	-20°C to + 60°C	Storage Temperature	-40°C to + 75°C
Loading Resistance (RL)	External, 680 Ω at Vs = 1.5 V, Max. 2,200 Ω	Built in Capacitors	None
Termination	PC Pins, 4.5 mm Long, 0.6 mm ø, 2.54 mm Spacing		
Dimension:	Length / Diameter 9.7 mm ø	Height 4.5 mm	Housing Material Al-Mg Alloy. Color
Approximate Weight	0.7 grams	Option:	Compliance RoHS, Lead Free

Reliability

Thermal Operating Cycle Test	250 hours continuous operation at Rated Power, at Maximum Rated Operating Temperature *
	250 hours continuous operation at Rated Power, at Minimum Rated Operating Temperature *
Thermal Storage Cycle Test	Parts are subjected to 250 hours storage at Maximum Rated Storage Temperatures *
	Parts are subjected to 250 hours storage at Minimum Rated Storage Temperatures *
Thermal Shock Test:	Parts are subjected to five (5) cycles of Minimum and Maximum Operating Temperature. Each cycle shall be set per diagram below and is three (3) hours long *
Humidity Test	Parts are subjected to 240 Hours at +40°C±2°C, 90-95% RH *
Vibration Test	Parts are subjected to 2 Hours of at 1.5 mm with 10 to 55 Hz. vibration frequency to each of 3 perpendicular directions *
Drop Test	Parts are dropped naturally from 1 meter height onto the surface of 40 mm wooden board, 2 axes (X,Y) directions, 3 times (6 times total) *
Reliability Test Performance *	Parts should conform to original performance within ±5 dB tested with Rated Power, after 3 hours of recovery period.
Termination Strength	Terminals should withstand a 1.0 Kg. pull test for up to 1 minute
Life Test	At rated voltage in room temperature continuously for 1,000 hours
Warranty	For a period of one (1) year from date of shipping under normal operating conditions

Typical Frequency Response

Microphone Response Test Window

Frequency (Hz)	Lower Limit (dB)	Upper Limit (dB)
50	-6	+3
100	-3	+3
800	-3	+3
1000	0	0
1200	-3	+3
3000	-3	+8
5000	-3	+8
10000	-8	+8

Dimensions Units in: mm Tolerance: ±0.3 mm

Figura 81: Datasheet microfono per modulo B13/A17

L'unità è inoltre dotata di conversione A/D del segnale audio, dotata di un amplificatore a guadagno programmabile (PGA), e instradamento attraverso bus USB.
Le caratteristiche principali del modulo sono di seguito riportate:

- Amplificazione stereo e mono (+20db gain)
- Range dinamico 90db (DAC) / 90 db (ADC) 25 mW RL 16W
- Alimentazione tramite VBUS, 5V
- Frequenze di campionamento: 8 kHz, 11.025 kHz, 16 kHz, 22.05 kHz, 32 kHz, 44.1 kHz, 48 kHz for ADC and DAC
- Low power dissipation: – 425 mW at analog-to-digital converter (ADC) and digital-to-analog converter (DAC)

L'intero unità può infine operare in un range di temperatura –25°C to +85°C.
In Figura 82 Il sensore/telecamera con modulo B13/A17 collegato

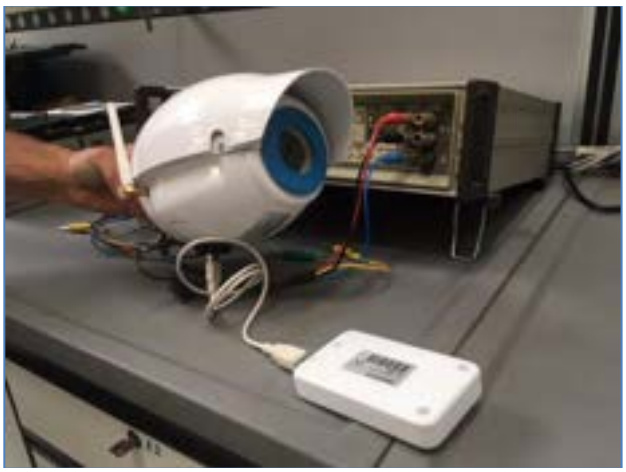


Figura 82: Sensore/telecamera con Modulo B13/A17

Lo SmartEye Audio Sensing, attraverso l'introduzione del modulo B13-A17 e una libreria specifica di analisi del suono, consente l'analisi del segnale audio per il rilevamento automatico di eventi specifici.
La libreria software fornita con il modulo, accessibile attraverso interfacciamento con protocolli di rete direttamente sul sensore SmartEye, consente lo sviluppo di applicazioni nelle seguenti aree di intervento:

- EXPLOSION detection. Realizzaione di un modulo software di explosion detection attraverso l'utilizzo di tecniche di filtering basate su analisi in frequenza, in ampiezza e nel dominio del tempo.
- SHOOT detection. Realizzaione dimodulo software di shoot detection attraverso l'utilizzo di tecniche di filtering basate su analisi in frequenza, in ampiezza, e pattern matching.

La libreria software presenta inoltre dei layer di basso livello per uno sviluppo personalizzato degli algoritmi e l'opportuno tuning dei parametri, tramite:

- Software interfaccia grafica per l'attivazione/disattivazione dei servizi, la configurazione delle funzionalità, il setting dei parametri, e la gestione delle soglie di attivazione degli algoritmi.
- Software base di sound detection attraverso l'utilizzo di tecniche di filtering basate su analisi in frequenza, in ampiezza e nel dominio del tempo

La libreria software è stata realizzata con un approccio modulare che ne consente il facile ampliamento attraverso l'aggiunta di ulteriori pacchetti software in grado di consentire la rilevazioni di altre specificità del suono.

4.7.2 Sviluppi e approfondimenti futuri

L'attività proseguirà con prove in laboratorio per la valutazione della reale funzionalità del sistema e delle sue possibili applicazioni, con lo studio di casi d'uso relativi alle nuove potenzialità del multi-sensore.
Verrà inoltre ampliato il range di librerie audio al fine di consentire il riconoscimento di altre tipologie di suono, quali:

- Sirene veicoli di emergenza
- Richieste di aiuto vocale
- Urla o altri indicatori audio di pericolo

4.8 Partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali ed europei nel settore dell'illuminazione (collaborazione con comitati di standardizzazione e normativa) (ENEA)

L'ENEA è componente di gruppi di lavoro inerenti all'illuminazione artificiale sia per esterni che per interni. In particolare

- UNI/CT 023: Luce illuminazione
- UNI/CT 023/GL01: "Termini generali e criteri di qualità. Definizioni"
- UNI/CT 023/GL 02: "Illuminazione degli ambienti di lavoro e dei locali scolastici"
- UNI/CT 023/GL 05: "Illuminazione stradale (misto Luce e illuminazione/Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture)"
- UNI/CT 023/GL 06: "Illuminazione gallerie"
- UNI/CT 023/GL 07: "Fotometria e colorimetria"
- UNI/CT 023/GL 08: "Inquinamento luminoso"
- UNI/CT 023/GL 10: "Risparmio energetico negli edifici"
- UNI/CT 023/GL 11: "Luce diurna"
- UNI/CT 023/GL 12: "Il progetto illuminotecnico"
- UNI/CT 023/GL 13: "Prestazioni fotometriche"

All'interno di ciascun gruppo l'ENEA ha dato il proprio contribuito a proposte, revisioni e stesura di norme e raccomandazioni tecniche nei relativi campi di competenza.

A livello Europeo: ENEA continua la partecipazione, come parte della delegazione italiana, per le Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica.

E' in corso la preparazione dei nuovi Regolamenti di Ecodesign ed Etichettatura Energetica per i prodotti di illuminazione: a differenza della situazione attuale, ci sarà un unico Regolamento di Ecodesign (oggi ce ne sono 3, suddivisi per gruppi di prodotti). L'attività è partita nel 2015 e sono stati riscontrati problemi oggettivi nelle prime proposte. Quindi nell'estate 2017 è uscita una proposta differente, scritta da consulenti della Commissione, che però presenta altre difficoltà. E' prevista per dicembre 2017 una proposta ufficiale della Commissione su cui si svolgerà un consultation forum.

E' terminato intanto lo studio preparatorio sulle smart appliances e sui sistemi di illuminazione: anche su questi argomenti ENEA ha partecipato a stakeholders meetings.

Di seguito l'attività divisa tra i vari gruppi di lavoro.

Attività UNI/CT 023/GL 01" Termini generali e criteri di qualità. Definizioni"
si è lavorato al "Lighting systems and related equipment – Vocabulary", per aggiungere nuove definizioni, soprattutto legate ai nuovi concetti derivanti dagli sviluppi tecnologici in senso allargato, come l'illuminazione adattiva, la human centric lightng e la IoT.

Attività UNI/CT 023/GL 02" Illuminazione degli ambienti di lavoro e dei locali scolastici"
gli argomenti principali di discussione sono stati:

- una proposta di standard europeo su “Lighting system design project”: l’Italia ha già pubblicato una standard UNI sul progetto illuminotecnico e questo documento può essere un grosso contributo allo sviluppo dello standard europeo.
- la valutazione dell’UGR (legato all’abbagliamento, in interni, standard UNI-EN 12464-1). Il dibattito è sull’uso delle tabelle, attualmente in vigore, che però portano a errori di valutazione in determinate situazioni; di contro il metodo di calcolo è pesante, per cui si sta cercando livello europeo una via praticabile per la valutazione di questo importante parametro.

Attività UNI/CT 023/GL 05 "Illuminazione stradale (misto Luce e illuminazione/Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture)"

Terminata inchiesta pubblica (14/07/2016 – 2/09/2016) al progetto U29000530 (Rev. UNI 11248:2012 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche) la revisione della UNI 11248 è stata pubblicata il 17 novembre 2016 che pertanto entra in vigore ufficialmente; conseguentemente versione precedente viene ritirata e non può più essere applicata.

Avvio lavori sul rapporto tecnico, sulla base del doc. BS 5489-1:2003 *Code of practice for the design of road lighting - Part 1: Lighting of roads and public amenity area*

E’ stato presentato e valutato dai *referee* il progetto europeo SRT-G14 *SmartLighting - Metrology for Improved Energy Efficiency of Smart Lighting*. Al progetto partecipano ENEA, INRIM e REVERBERI. I progetto non è stato poi approvato.

E’ stato presentato il progetto di norma sul fattore di utilizzazione, inizialmente concepito per soddisfare al mandato 465, ha preso il nome di *EN 13032-5 Light and Lighting - Measurement and presentation of photometric data - Part 5: Presentation of data used for road lighting.*

E’ stato approvato il progetto JRP N-05 *Surface - Pavement surface characterisation for smart and efficient road lighting*

Sono iniziati i lavori sul progetto di norma sui passaggi pedonali.

E’ stata definita la posizione italiana sul prEN 13032-5 *Light and lighting - Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires - Part 5: Presentation of data for luminaires used for road lighting* (scad. 2017-04-06)

E’ stata richiesta alla CT 023 l’autorizzazione della revisione della UNI 11431:2011 *Luce e illuminazione - Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso* il gruppo è stato autorizzato a procedere alla revisione UNI 11431.

Attività UNI/CT 023/GL 06 "Illuminazione gallerie”

Revisione della norma UNI 11095:2003 "Illuminazione gallerie”.

La norma UNI 11095:201x rappresenta l’evoluzione tecnica della precedente edizione, ne segue le linee base di principio, adotta soluzioni suggerite dalla pratica progettuale e segue i requisiti previsti dal decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 settembre 2005. In particolare mantiene “gli stessi livelli di sicurezza e di prestazioni attesi fissati dalla norma UNI 11095:2003. Pertanto l’adozione della norma UNI 11095:201x soddisfa le richieste presenti al comma 2 dell’articolo 1 del sopra citato decreto

Attività UNI/CT 023/GL 07" Fotometria e colorimetria"

l’attività di quest’anno ha riguardato essenzialmente:

- La definizione di un formato di interscambio per i dati fotometrici e altri parametri, utili per integrare gli aspetti illuminotecnici nella progettazione; è stato quindi pensato un formato facilmente interfacciabile con i BIM. In parallelo è iniziato lo sviluppo, su richiesta del Ministero dell’Ambiente, di una specifica per il formato di file da utilizzare per i CAM.
- E’ proseguito un interlaboratorio e sono iniziate altre attività sperimentali per la valutazione dell’incertezza di misura in campo illuminotecnico.
- A livello internazionale, ENEA ora partecipa anche ad alcune attività in CEN e CIE (quelle a titolo gratuito) su argomenti di fotometria.

Attività UNI/CT 023/GL 08" Inquinamento luminoso"
è in revisione lo standard UNI10819. Oltre che alla revisione dello standard, in ENEA è in corso una attività per la definizione di un metodo di calcolo per l'inquinamento luminoso, che sarà anche validato sperimentalmente tramite un modellino in scala.

Attività UNI/CT 023/GL 10 "Risparmio energetico negli edifici"
Gruppo di lavoro a coordinamento ENEA. Il gruppo ha lavorato alla realizzazione del software LENICALC v.2 per l'applicazione del metodo di calcolo dello standard EN15193-1:2017 per la determinazione dell'indicatore LENI. In parallelamente il gruppo di lavoro ha lavorato alla redazione della "Prassi di Riferimento UNI" quale documento di accompagnamento del software LENICALC che spiega passo dopo passo come la metodologia della norma è stata implementata nel software spiegando le assunzioni che sono state fatte. Il dettaglio dell'attività e riportato nel capitolo 2 del presente.
Inoltre, il gruppo di lavoro collabora con il CTI alla definizione dei valori minimi dell'indicatore LENI per le differenti destinazioni d'uso in relazione alla EN15193-1:2017 nell'ambito del Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici".

Il gruppo di lavoro ha altresì partecipato ai seguenti tavoli :

- Revisione dei CAM illuminazione pubblica e alla definizione dei CAM per il servizio di IP con contributi tecnici, di adattamento|recepimento del PELL e di green procurement. I CAM per l'illuminazione pubblica sono stati aggiornati e adottati ufficialmente con Decreto 27/09/2017 (G.U. n.244 del 18/10/2017); i CAM sul servizio di illuminazione pubblica sono attualmente in via di definizione. Settembre (29/09/2017)
- Revisione dei CAM Europei JRC – IPTS Directorate B – Growth & Innovation - Circular Economy and Industrial Leadership: membri Gruppo di Lavoro "Green Public Procurement for Street Lighting and Traffic Signs": revisione Criteri del GPP per l'illuminazione pubblica e semaforica.

Attività UNI/CT 023/GL 12 "Il progetto illuminotecnico"
L'attività svolta nel Gruppo di lavoro è consistita nella verifica del testo a seguito della traduzione, in inglese, della norma UNI 11630:2016 "Luce e illuminazione - Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico" che è stata proposta a livello europeo.

Attività UNI/CT 023/GL 13" Prestazioni fotometriche"
terminato il mandato sui metodi di misura per l'implementazione dei regolamenti di Ecodesign ed Etichettatura Energetica, è in corso una serie di incontri per esprimere la posizione italiana sulle proposte della Commissione Europea per i regolamenti di Ecodesign, Etichettatura Energetica e relativa banca dati, che dovranno essere discussi entro fine 2017 presso la Commissione.

4.9 *Studio sulla sostenibilità economica di soluzioni di smart adaptive lighting e di smart street service e sui modelli di business che possono abilitarne l'adozione (Politecnico di Milano)*

L'attività di ricerca svolta (Report RdS/2016/017) è strategica all'individuazione delle filiere e dei modelli di business più idonei alla realizzazione di interventi di efficientamento e riqualificazione smart nella PI, nelle due modalità Smart Adaptive Lighting e Smart Street services, al fine di accelerare il processo e favorire attraverso la "spina dorsale della illuminazione pubblica la diffusione a livello nazionale dei servizi più evoluti propri delle smart cities. Gli obiettivo sono stati di analizzare l'impatto tecnico e socio-economico degli investimenti ed individuare i possibili modelli di business adottabili con particolare attenzione al bundle di offerta, alla configurazione della filiera, ai driver che guidano i clienti/utenti nella loro scelta nonché alle modalità di finanziamento fruibili dalle PA. L'obiettivo di questo studio è consistito nella realizzazione di un modello per la valutazione tecnico-economica di interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica "smart adaptive lighting" e "smart street services".

4.9.1 Lo Studio

Lo studio parte dalla definizione dei concetti di "smart adaptive lighting" SAL e di "smart street services" SSS e la loro relativa caratterizzazione, al fine di definire in maniera puntuale modelli di simulazione per l'analisi tecnico-economica delle soluzioni SAL e di SSS identificate nella fase iniziale del programma di ricerca.

Con il termine "***smart adaptive lighting***" si intende una "illuminazione con variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento in relazione al flusso orario di traffico, condizioni meteo o altri parametri" (UNI 11248:2016).

All'interno del presente studio, gli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica SAL sono declinati in tre diverse tipologie:

1. Impianto "a regolazione predefinita", ossia una "illuminazione a regolazione che opera secondo delle valutazioni a priori esplicitate dal progettista nella valutazione dei rischi"2, abbinato ad un sistema di telegestione;
2. Impianto "Traffic Adaptive Installation" (TAI), ossia una "illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate con continuità in base alle reali condizioni del flusso orario del traffico"3, abbinato ad un sistema di telegestione;
3. Impianto "Full Adaptive Installation" (FAI), ossia una "illuminazione a regolazione nella quale le variazioni controllate nel tempo della luminanza o dell'illuminamento sono attuate con continuità in base alle reali condizioni del flusso orario del traffico, la luminanza del manto stradale o l'illuminamento e le condizioni metereologiche"4, abbinato ad un sistema di telegestione.

Con il termine "***smart street services***" si intendono tutti quei servizi a valore aggiunto che possono essere abilitati intervenendo su un'infrastruttura di Pubblica illuminazione.

All'interno del presente studio, gli interventi di riqualificazione in ottica smart street services sono declinati in otto diverse tipologie:

1 "Public Energy Living Lab" (PELL), ossia la piattaforma informatica ENEA finalizzata alla raccolta ed organizzazione dei dati monitorati relativi agli impianti di illuminazione pubblica presenti sul territorio nazionale, nonché alla diagnostica e riqualificazione degli stessi, considerata propedeutica ad ogni altro tipo di intervento SAL o SSS";

2. Monitoraggio del traffico, ossia sistemi di controllo del flusso di traffico che possono essere dotati di funzioni "base" (conteggio veicoli, conteggio pedoni, conteggio flusso del traffico) e/o di funzioni più complesse (velocità media di percorrenza, tempo medio di percorrenza, predizione del flusso veicolare e conteggi per classe veicolare);

3. Smart parking, ossia sistemi di assistenza al parcheggio che possono essere dotati di funzioni "base" (monitoraggio aree di parcheggio dedicate, monitoraggio strade e segnalazione di disponibilità stalli tramite App) e più complesse (rilevazione automatica e conteggio delle aree di sosta libere, tempomedio di sosta,

mapping e monitoring delle aree di sosta, individuazione dei flussi di ingresso e uscita, riconoscimento targhe, servizi di prenotazione/pagamento parcheggio);

4. Monitoraggio ambientale, ossia sistemi di rilevamento dei parametri ambientali che nella versione "base" sono riferiti a qualità dell'aria "standard" (CO, CO2, NO2, O3, PM2.5, PM10, SO2), meteo, inquinamento acustico, mentre nella versione più avanzata sono riferiti a radiazione ultravioletta, altri parametri di qualità dell'aria (C6H6, CH4, H2S, NH3, VOC, PM1), concentrazione dei pollini e rilevazione onde sismiche;

5. Telesorveglianza, ossia sistemi di rilevamento di situazioni critiche che si possono verificare in strada (incidenti, congestioni, allagamenti, incendi, etc.), infrazioni che generano intralcio al traffico (sensi vietati, sosta vietata, corsie preferenziali) ed accesso ad aree sensibili. In caso di particolari criticità, il sistema deve essere in grado di trasmettere anche immagini istantanee e flussi video (anche attraverso un'adeguata infrastruttura di trasmissione dei dati);

6. Totem e pannelli informativi, ossia dispositivi multimediali installati in punti strategici della città al fine di fornire informazioni di varia natura ai cittadini, accedere a servizi di emergenza e segnalare acusticamente situazioni di pericolo;

7. Stazioni di ricarica, ossia stazioni che permettono la ricarica di biciclette elettriche, pc e cellulari;

8. Connettività Wifi, ossia creazione di hot spot Wifi pubblici che garantiscano un accesso semplice ed immediato degli utenti alla rete Internet.

4.9.2 La metodologia

Dal punto di vista metodologico, è stato predisposto un modello di simulazione, basato su foglio MS Excel, funzionale all'analisi tecnico-economica degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica SAL e SSS sopra descritti. In particolare, tale modello di simulazione permette il calcolo (e la relativa rappresentazione grafica, ove rilevante) dei seguenti indicatori di sostenibilità economica:

- Net Present Value (NPV), che indica il beneficio netto atteso associato all'investimento;
- Pay-Back Time (PBT), che indica il tempo di ritorno dell'investimento;
- Internal Rate of Return (IRR), che indica il tasso interno di rendimento dell'investimento.

Il foglio di calcolo consente inoltre di realizzare un'analisi di sensitività sulle principali variabili che caratterizzano le diverse tipologie di investimento e che hanno quindi un impatto sulla sostenibilità economica delle stesse, quali ad esempio i diversi costi d'investimento (CAPEX) ed operativi (OPEX) associati all'investimento e le diverse tipologie di beneficio associate all'investimento stesso.

Per ciascuno degli interventi di riqualificazione in ottica SSS oggetto d'analisi, sono inoltre illustrati i benefici derivanti da suddetti interventi, i quali ricadono in una o più delle tre categorie che possono contribuire ad uno sviluppo sostenibile:

- Benefici di natura "economica", relativi alla capacità dell'investimento di generare reddito e lavoro per la popolazione e di agire sui livelli di crescita economica del territorio.
- Benefici di natura "sociale", relativi alla capacità dell'investimento di garantire condizioni di benessere umano (sicurezza, salute, istruzione, democrazia, partecipazione, giustizia) equamente distribuite per classi e genere.
- Benefici di natura "ambientale", relativi alla capacità dell'investimento di mantenere qualità e riproducibilità delle risorse naturali.

In secondo luogo, il presente studio intende individuare ed analizzare diversi modelli di business per la diffusione di questi servizi e di valutarne la sostenibilità economica ed ambientale.

Le tecnologie abilitanti gli smart adaptive lighting e gli smart street service rappresentano uno dei building block fondamentali alla base della realizzazione di una Smart City (in generale) e di un'infrastruttura di smart lighting (in particolare). Gli altri elementi costitutivi fondamentali analizzati in questo studio sono:

- Gli attori coinvolti;
- Le modalità di finanziamento utilizzate.

All'interno del presente studio ci si è focalizzati su tre business model "paradigmatici", denominati rispettivamente "Self-made", "ESCo" e "Consip".

La Figura 83 riepiloga i principali soggetti che possono essere coinvolti per il finanziamento degli interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica SAL e SSS ed il rispettivo ruolo all'interno delle diverse modalità di finanziamento oggetto d'analisi.

	ATTORI COINVOLTI		
MODALITÀ DI FINANZIAMENTO	**Comune**	**ESCo**	**Istituti di finanziamento**
Autofinanziamento	x ≤ 100%	-	1 - x
Project Financing / FTT	-	y ≤ 100%	1 – y
PPP / FTT	z ≤ 30%	1 - z	
Consip / FTT	-	y ≤ 100%	1 – y

Figura 83: Le modalità di finanziamento degli interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione

La Figura 84 mette a confronto le modalità di finanziamento analizzate rispetto a 9 diverse aree tematiche di influenza che ne influenzano la possibilità di utilizzo da parte dei Comuni, mettendone così in evidenza i relativi vantaggi e svantaggi.

Aree tematiche	Finanziamento diretto	PPP	FTT	Consip
Competenze necessarie	++++	+++	++	+
Superamento dei vincoli di bilancio	-	++++	++++	++
Disponibilità di risorse per l'investimento	++++	++	+	+
Complessità svolgimento attività prodromiche	++++	++++	++	++
Complessità della gestione procedure di gara	++++	++	+	+
Complessità nella fase d'esecuzione dei lavori	++++	++	+	+
Libertà nelle scelte del Comune	++++	+++	++	+
Grado di ripartizione dei rischi	-	++	+++	+++
Crescita delle competenze del Comune	++++	+++	++	+

Figura 84: Confronto tra le modalità di finanziamento degli interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione oggetto d'analisi (Fonte: CRIET & ENEA, 2016)

Tra le variabili che possono influenzare la scelta della modalità di finanziamento da parte dei Comuni, un primo importante aspetto riguarda il grado di competenze di cui l'amministrazione comunale deve disporre per poter governare al meglio lo strumento finanziario prescelto per l'esecuzione degli interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione. Competente che sono richieste sia per la gestione delle attività direttamente correlate con le operazioni di finanziamento, ma anche per attività legate alla gestione delle procedure di gara ed alla realizzazione del progetto stesso, quali la previsione delle risorse che dovranno essere messe a disposizione dell'operazione, dei tempi di esecuzione dei lavori e di quelli di rientro dell'investimento. Un'altra variabile che può influenzare fortemente la scelta della modalità di finanziamento da parte dei Comuni riguarda la disponibilità di risorse finanziare necessarie per realizzare l'investimento, fortemente legata al contributo offerto dalle diverse forme di finanziamento al superamento dei vincoli di bilancio che gravano sui Comuni.

4.9.3 Il modello di simulazione

All'interno di questa sezione è presentato il modello per la valutazione tecnico-economica degli interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica SAL e SSS oggetto d'analisi. Per maggiori dettagli vedere il report completo: "Studio sulla sostenibilità economica di soluzioni smart adaptive lighting e di smart street services e sui modelli di business che possono abilitarne l'adozione", Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Gestionale (Report RdS/2016/017).

Il modello di simulazione permette di valutare la bontà del progetto d'investimento, da un punto di vista sia economico che socio-ambientale, assumendo diverse prospettive: la prospettiva del Comune, nel caso di progetto finanziato mediante "autofinanziamento", e la prospettiva del soggetto investitore (diverso dal Comune, tipicamente coincidente con una ESCo, nel caso delle altre modalità di finanziamento).

Il modello di simulazione per interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica SAL e SSS, nel caso in cui la modalità di finanziamento sia l'autofinanziamento (in toto od in parte dal Comune), è impostato come dettagliato nel seguito:

- Dimensionamento dell'intervento "smart adaptive lighting + telegestione".
- Dimensionamento dell'intervento smart street service.
- Stima dei costi di investimento (CAPEX), che includono i costi d'acquisto dei sistemi hardware e software che caratterizzano gli interventi e la relativa installazione.
- Stima dei costi operativi (OPEX), che includono i costi operativi associati ai sistemi hardware e software che caratterizzano gli interventi nel corso della loro vita utile.
- Stima dei benefici associati all'investimento.
- Stima della sostenibilità economica dell'investimento (PBT, NPV ed IRR).

Il modello di simulazione per interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica SAL e SSS, nel caso in cui la modalità di finanziamento sia diversa dall'autofinanziamento da parte del Comune, è impostato come di seguito:

- Dimensionamento dell'intervento "smart adaptive lighting + telegestione".
- Dimensionamento dell'intervento smart street service.
- Stima dei costi di investimento (CAPEX), che includono i costi d'acquisto dei sistemi hardware e software che caratterizzano l'intervento e la relativa installazione.
- Stima dei costi di investimento (CAPEX), che includono i costi d'acquisto dei sistemi hardware e software che caratterizzano l'intervento e la relativa installazione.
- Stima del flusso di cassa in ingresso.
- Stima delle imposte.
- Stima della sostenibilità economica dell'investimento (PBT, NPV ed IRR).

Le modalità di finanziamento considerate in questa sezione si differenziano per:

- La durata del contratto;
- Il valore iniziale dell'investimento.

Il modello di simulazione consente altresì di stimare i benefici associati all'investimento per il Comune, che si concretizzeranno alla fine della vita utile dell'investimento, con riferimento a:

- Variazione costi di manutenzione
- Variazione costi per l'energia elettrica
- Valorizzazione dei benefici ambientali
- Volume d'affari associato alle soluzioni tecnologiche abilitanti
- Ricadute occupazionali associate alle soluzioni tecnologiche abilitanti ed alla loro installazione/manutenzione

In conclusione, il modello fornisce inoltre una stima dell'aumento della disponibilità di cassa del Comune derivanti dall'intervento "smart adaptive lighting + telegestione" (con particolare riferimento alle tipologie di beneficio derivanti), che possono essere reinvestite in smart street service, qualora questi non vengano visti come generatori di benefici di natura economica, bensì di benefici "intangibili" (es. benefici d'immagine) a beneficio del Comune stesso e dei cittadini. Il modello mostra il risparmio complessivo

generato dalle tre tipologie di risparmio, opportunamente attualizzato. Inoltre, si fornisce una stima dei benefici di natura economico-socio-ambientale associata agli smart street service, con riferimento a quei benefici che possono essere monetizzati a priori (ossia in assenza di informazioni precise sullo specifico progetto, sebbene in prima approssimazione).

In sintesi, si riporta nel seguito il dettaglio delle tecnologie abilitanti che caratterizzano le tre tipologie di interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica smart adaptive lighting e smart street service oggetto d'analisi, dei relativi costi associati e dei risparmi conseguibili.

La Figura 85 riporta le informazioni relative all'impianto a regolazione predefinita abbinato ad un sistema di telegestione "punto-punto" (riferiti alla configurazione tecnologica maggiormente diffusa).

Tecnologie abilitanti		**Costi (CAPEX ed OPEX)**	**Risparmi conseguibili**	
		Costo acquisto ed installazione	**Risparmio energia elettrica**	**Risparmio manutenzione**
Hardware	Regolatore di flusso luminoso	95 €/u	15-30% costo ante intervento (medio 20%)	5-10% costo ante intervento
	Gateway	250 €/u		
Software di gestione	-	4 €/u*anno		
Sistema di trasmissione dati	-	100 €/anno*gateway		

Figura 85: Quadro sinottico delle tecnologie abilitanti un impianto a regolazione predefinita abbinato ad un sistema di telegestione "punto-punto", dei relativi costi associati e dei risparmi conseguibili

La Figura 86 riporta le informazioni relative all'impianto "Traffic Adaptive Installation" abbinato ad un sistema di telegestione "punto-punto" (riferiti alla configurazione tecnologica maggiormente diffusa).

Tecnologie abilitanti		Costi (CAPEX ed OPEX)	Risparmi conseguibili	
		Costo acquisto ed installazione	Risparmio energia elettrica	Risparmio manutenzione
Hardware	Regolatore di flusso luminoso	95 €/u	30-60% costo ante intervento (medio 40%)	5-10% costo ante intervento
	Gateway	250 €/u		
	Sensore monitoraggio traffico standard	390 €/u		
	Telecamera smart	1.040 €/u		
Software di gestione	-	sensore di monitoraggio del traffico standard: 4,4 €/anno* #regolatori di flusso luminoso telecamera smart: #pacchetti software * 500 €/pacchetto software		
Sistema di trasmissione dati	-	100 €/anno*gateway		

Figura 86: Quadro sinottico delle tecnologie abilitanti un impianto "Traffic Adaptive Installation" abbinato ad un sistema di telegestione "punto-punto", dei relativi costi associati e dei risparmi conseguibili

La Figura 87 riporta il dettaglio delle informazioni relative all'impianto "Full Adaptive Installation" abbinato ad un sistema di telegestione "punto-punto" (riferiti alla configurazione tecnologica maggiormente diffusa).

Tecnologie abilitanti		Costi (CAPEX ed OPEX)	Risparmi conseguibili	
		Costo acquisto ed installazione	Risparmio energia elettrica	Risparmio manutenzione
Hardware	Regolatore di flusso luminoso	95 €/u	40-70% costo ante intervento (medio 50%)	5-10% costo ante intervento
	Gateway	250 €/u		
	Sensore monitoraggio traffico advanced	5.040 €/u		
Software di gestione	-	sensore di monitoraggio del traffico advanced: 4,8 €/anno* #regolatori di flusso luminoso		
Sistema di trasmissione dati	-	100 €/anno*gateway		

Figura 87: Quadro sinottico delle tecnologie abilitanti un impianto "Full Adaptive Installation" abbinato ad un sistema di telegestione "punto-punto", dei relativi costi associati e dei risparmi conseguibili

Lo studio condotto lascia spazio per possibili ulteriori sviluppi della ricerca sul tema. In primo luogo, un possibile sviluppo dell'attività riguarda l'applicazione del modello di valutazione tecnico-economica di interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica "smart adaptive lighting" e "smart street service" a casi reali di realizzazione di tali interventi, al fine di testarne il funzionamento "sul campo". Un secondo filone di ricerca potrebbe riguardare la quantificazione del potenziale di mercato in Italia degli interventi di riqualificazione di un'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica "smart adaptive lighting" e "smart street service" e la stima delle ricadute di natura economica, sociale ed ambientale sottese a diversi possibili scenari di diffusione attesa di tali interventi.

5 Conclusioni e sviluppi

Nella seconda annualità sono state portate avanti differenti attività interconnesse con la piattaforma software verticale PELLche si pone come obiettivo di avviare e una riorganizzazione dei processi gestionali delle infrastrutture pubbliche energivore, partendo da una mappatura e raccolta standardizzata ed omogenea dei loro dati d'identità e di consumo, dallo sviluppo di protocolli di trasmissione dei dati che ne consentano l'operabilità e, in ultimo, approdare sia alla creazione di un vero e proprio catasto nazionale, strutturato in un DB interoperabile, sia in un tool di monitoraggio e valutazione delle prestazioni dei servizi.
Per quanto riguarda la progettazione metodologica della piattaforma ICT è stata effettuata una omogenizzato degli ambienti della piattaforma già definiti (IP) nel rispetto di quelli nuovi sviluppati di recente (Edifici). La modellazione dei dati e la rappresentazione degli scenari applicativi ha messo in evidenza l'importanza dell'interoperabilità tra i sistemi che dovrà essere potenziata a tutti i livelli e anche verso le classi di utenza di cui sono stati definiti nel dettaglio i requisiti. La metodologia Card ha ben definito il modello di progetto degli oggetti di gestione e interrogazione dei dati ottenendo, dai progettisti, l'accettazione dei primi mockup. Si sta procedendo con strutturazione sia dei database e che standard dei file di trasmissione dati (XSD, XML) nel rispetto delle nuove specifiche sulla digitalizzazione che hanno cambiato l'interfaccia tra i sistemi e l'utenza imposte, a livello nazionale, dall'AGID. Il risultato tangibile è dimostrato con l'integrazione funzionale tra i vari ambienti della piattaforma (Portale Web-GIS-SIM). Nella prossima annualità si definirà il progetto delle nuove procedure di gestione e delle interrogazioni (CARD) associate alle singole entità e relazioni.

Sono stati affrontati ed in qualche caso completamente risolti, problemi metodologici e problemi strategici, legati alla creazione di strumenti innovativi e efficaci nelle loro applicazioni. Oltre all'avanzamento nella messa a punto di alcune funzioni del portale PELL IP, oltre allo studio e alla individuazione del più efficace formato per la compilazione della scheda censimento, il risultato forse più interessante che si è ottenuto è stato quello di creare un WebGIS avente la possibilità di aprire una finestra sul mondo INSPIRE. È stato inoltre implementato il portale PELL IP per alcuni importanti aspetti inerenti la sua fruizione da parte dell'utente per quanto riguarda il Front-end e Back-end, la piattaforma ICT Living –Lab e l'acquisizione dei consumi energetici, l'upload della scheda censimento, il calcolo e la visualizzazione dei KPI di progetto e le simulazioni illuminotecniche di soluzioni di impianto per una riqualificazione. Nella prossima annualità si consluderà l'integrazione tra il WebGIS ed il PELL, all'implementazione del front and della piattaforma PELL (KPI dinamici ed importazione della scheda censimento nei formati standard e test su acquisizione dati dinamici) ed infine si integrerà nella piattaforma PELL un tool di valutazione economico-finanziaria degli interventi di riqualificazione degli impianti di IP.

Per quanto riguarda la nuova applicazione del PELL agli edifici della Pubblica Amministrazione, il risultato della ricerca di questa annualità ha prodotto differenti risultati, quali: a) la progettazione della Scheda di indagine degli edifici scolastici della PA ; b) una prima valutazione applicativa per valutare gli eventuali problemi nella compilazione della scheda, applicazione effettuata su alcuni edifici scolastici nell'Area di Roma Capitale ; c) la definizione degli indicatori prestazionali (KPI) per una valutazione delle prestazioni energetico- ambientali degli edifici; e)una valutazione, sviluppata con sistemi di simulazione, dell'efficacia di interventi di riqualificazione energetica in diverse scuole della regione Lazio con la definizione di valori di benchmark. La prossima annualità l'attività si focalizzerà sulla finalizzazione della scheda censimento e la sua applicazione su alcuni edific scolastici e la verifica dell'efficacia dei KPIo definit nella precedente annualità.
Per quanto attiene l'attività di sviluppo del software LENICALC è stata prodotta la release v.2 che oltre ad integrare parte delle considerazioni evidenziate dalla validazione, ha visto l'implementazione del calcolo dell'energia specifica che consente di pervenire alle valutazioni mensili per l'apporto energetico imputabile agli impianti di illuminazione artificiale (per edificio, piano o stanza), oltre ad aver aggiornato il documento di Prassi di Riferimento che ha la funzione di guidare l'utente nell'uso del software. Nella prossima anualità

si implementerà una funzioni che consenta la raccolta dei dati dei progetti realizzati dagli utenti per una raccolta dati utile alla definizione di benchmark nazionali.

In merito all'ambito dei sistemi Smart Service, sono stati analizzati differenti aspetti, a partire da una loro definizione fino ad arrivare ad una analisi socio tecnica economica. Sono state fatte analisi di affidabilità e analisi dei guasti, sono state simulate situazione di degradamento dei sistemi al fine di analizzare prestazioni e ritardi dei servizi aggiuntivi. Sono stati studiati, tecnologie e strategie per il controllo del microclima urbano. Sono state analizzate soluzioni tecnologiche, per la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere dei cittadini, intendendo questo come servizio aggiuntivo integrato nell'ambiente urbano. Lo studio di rewiew condotto sul tema della mitigazione urbana ha evidenziato l'effettivo beneficio di queste soluzioni, specialmente se applicate in modo sinergico. Dalle esperienza analizzate è possibile dedurre le notevoli implicazioni economiche che azioni di questo tipo richiedono, se non collegate ad altre azioni di riqualificazione urbana. Da questo punto di vista, due temi meritano approfondimenti futuri: lo sviluppo di soluzioni tecnologiche di mitigazione termica puntuale e lo sviluppo di linee guida generali per ambienti urbani confortevoli che accompagnino legislatori e progettisti nella definizione di interventi di riqualificazione o nuovi insediamenti urbani.
Sono stati analizzati alcuni sistemi di telecontrollo digitale per le Smart Street, sono state descritte installazioni di Smart Street presenti nel mondo. Alcune di queste analisi sono state fatte su un caso reale, il sistema installato nello Smart Village Enea – Casaccia.
Sono stati proposti nuovi sistemi di diagnosi e valutazione dei servizi integrati, al tale scopo è stato acquistato un SAPR (sistema aeromobile a pilotaggio remoto), equipaggiato con camera rgb/video e termocamera. È stato implementato un sensore/telecamera per il controllo della mobilità e sicurezza con nuove funzionalità, integrandolo con un microfono e sviluppando algoritmi software per il riconoscimento del suono, per questo nella prossima annualità si proseguirà con prove in laboratorio per la valutazione della reale funzionalità del sistema e delle sue possibili applicazioni, con lo studio di casi d'uso relativi alle nuove potenzialità del multi-sensore.
Sono stati analizzati modelli di business per la realizzazione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione, sono stati presentati e descritti i modelli di simulazione per la valutazione economico-finanziaria di interventi di riqualificazione di tipo smart adaptive lighting e smart street services e realizzati su fogli di calcolo MS Excel.
Infine, è proseguita la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali ed europei nel settore dell'illuminazione (collaborazione con comitati di standardizzazione e normativa), all'interno dei quali ENEA ha dato il proprio contributo a proposte, revisioni e stesura di norme e raccomandazioni tecniche nei relativi campi di competenza.

6 Riferimenti bibliografici

1) N. Gozo, L. Blaso, E. Caiaffa, S. Fumagalli, G. Giuliani, G. Leonardi, F. Marino, C. Novelli, S. Pizzuti, P. zini "Metodologia, progettazione macrofunzionale e casi d'uso di una infrastruttura pubblica energivora (RdS PAR/2015/001)
2) R. Di Bonito, G. Giagnacovo, D. Biagiotti, R. Colletta, A. Latini, M. Scoccianti, C. Viola " Eco-Sistemi Vegetali per l'Efficianza Energetica e il Risparmio di Energia negli edifici urbani" (RdS PAR/2013/141)
3) L. Blaso, S. Fumagalli, O. Li Rosi, F. Marino " Versione 1 – Software per il calcolo dell'indicatore LENI riferito allo standard EN15193-1 (RdS PAR 2015/007)
4) C. Aghemo, A. Pellegrino, V. R. M. Lo Verso "Studio preliminare e identificazione di edifici tipo per la validazione del metodo di calcolo del LENI (RdS PAR 2015/005)
5) EN 15193-1: 2007 "Energy performance of buildings: Energy requirements for lighting- Part 1: Specification, Module M9"
6) CEN/TR 15193-2:2017 "Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting - Part 2: Explanation and justification of EN 15193-1, Module M9
7) F. Leccese, F. Marino "Progettazione e sviluppo prototipale di strumenti per la gestione del PELL" (RdS PAR/2015/006)
8) Nikolopoulou M, Urban open spaces and adaptation to climate change, in: Richter M, Weiland U, Applied Urban Ecology, Wiley Blackwell, 2012, pp. 106-107.
9) Ming Xu, Impacts of Building Geometries and Radiation Properties on Urban Thermal Environment, In Procedia Computer Science, Volume 108, 2017, Pages 2517-2521, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.142.
10) Parlow E, Urban Climate, in: Niemela J, Urban Ecology, Oxford University Press, 2011, pp. 31-32.
11) E.J. Gago, J. Roldan, R. Pacheco-Torres, J. Ordv≥v±ez, The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects, In Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 25, 2013, Pages 749-758, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057.
12) Rose L S, Akbari H, Taha H. Characterizing the fabric of the urban environment: a case study of greater Houston,Texas. PaperLBNL-51448.Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory; 2003.
13) Akbari H, Rose L S. Characterizing the fabric of the urban environment: a case study of metropolitan Chicago, Illinois. Paper LBNL-49275. Berkeley,CA: Lawrence Berkeley National Laboratory; 2001.
14) Akbari H, Rose L S, Taha H. Characterizing the fabric of the urban environment: a case study of Sacramento, California. Paper LBNL-44688. Berkeley,CA: Lawrence Berkeley National Laboratory; 1999.
15) Akbari H, Rose L S. Characterizing the fabric of the urban environment: a case study of Salt Lake City, Utah. Paper LBNL-49851. Berkeley,CA: Lawrence Berkeley National Laboratory; 2001.
16) J. Gui, P.E. Phelan, K.E. Kaloush, J.S. Golden, Impact of pavement thermophysical properties on surface temperatures, J. Mater. Civil Eng. 1 (2007) 683–690.
17) American Concrete Pavement Association(ACPA),R&T.Concrete pavement research & technology, June 2002, Web 12 May 2010. (www.acpa.org/Downloads/RT/RT3.05.pdf).
18) Doulos L, Santamouris M, Livada I. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. Solar Energy, Volume 77, Issue 2, 2004, Pages 231-249
19) Mallick R B, Chen B-L, Bhowmick S. Harvesting energy from asphalt pavements and reducing the heat island effect. International Journal of Sustainable Engineering, Volume 2, 2009 - Issue 3. Pages 214-228.
20) Pomerantz, M., B. Pon, H. Akbari, and S.-C. Chang. 2000. The Effect of Pavements' Temperatures on Air Temperatures in Large Cities. Paper LBNL-43442. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA. See also Cambridge Systematics. 2005.
21) Yang J, Wanf Z-H, Kaloush K E, Dylla H. Effect of pavement thermal properties on mitigating urban heat islands: A multi-scale modeling case study in Phoenix. Building and Environment, Volume 108, 1 November 2016, Pages 110-121.
22) Asaeda T, Thanh Ca Vu, Wake Akio .Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere. Atmospheric Environment 1996; 30(3):413–27.

23) Santamouris M. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013:26:445-459.
24) Qin Y, A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015:52:445-459.
25) Boriboonsomsin K, Reza F. Mix design and benefit evaluation of high solar reflectance concrete for pavements. Transp Res Record: J Transp Res Board. 2007;2011:11–20.
26) Marceau N L,Vangeem M G. Solar reflectance values for concrete: intrinsic materical properties can minimize the heat island effect. Concrete Int 2008:52–8.
27) Sultana, Sharmin. Extending asphalt pavement life withthin whitetopping [Thesis]. Manhattan, Kansas: Master of Science, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Kansas State University; 2010.
28) Pomerantz M, Akbari H, Chang S C, Levinson R, Pon B. Examples of cooler reflective streets for urban heat-island mitigation: Portland cement concrete and chipseals. Berkeley, CA:LBNL; 2003.p.pp1–24 Paper LBNL-49283.
29) Santamouris M, Synnefa A, Karlessi T. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. Solar Energy 2011; 85:3085–102.
30) Synnefa A, Karlessi T, Gaitani N, Santamouris M, Assimakopoulos D N, Papakatsikas C. Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve th eurban microclimate. Build Environ 2011;46:38–44.
31) Kinouchi T, Yoshinaka T, Fukae N, Kanda M. Development of cool pavement with dark colored high albedo coating. In: Fifth conference for the urban environment; 2004.
32) Carnielo E, Zinzi M. Optical and thermal characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures and building cooling demand. Build Environ 2013;60:56–65.
33) Kawakami Atsushi, Kubo Kazuyuki. Development of a cool pavement for mitigating the urban heat island effect in Japan. In:1st International symposium on asphalt pavements and environment. Zurich, Switzerland: International Society for Asphalt Pavements; 2008.
34) Sha A, Liu Z, Pinyi Li L K. Solar heating reflective coating layer (SHRCL) to cool the asphalt pavement surface. Construction and Building Materials. Volume 139, 15 May 2017, Pages 355-364.
35) Scholz M, Grabowiecki P. Review of permeable pavement systems. Building and Environment 2007;42:3830–6.
36) Lee K, Craver V, Kohm S, Chango H. Cool pavements as a sustainable approach to green streets and highways. Green Streets Highw 2010:235–47.
37) Takebayashi H, Moriyama M. Study on the urban heat island mitigation effect achieved by converting to grass-covered parking. Solar Energy 2009;83:1211–23.
38) Kevern J T, Haselbach L, Schaefer V R. Hot weather comparative heat balances in pervious concrete and impervious concrete pavement systems. Proceedings of the 2nd Annual Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands. Berkeley, California 2009:1–9.
39) Yang J, Jiang G. Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials. Cement and Concrete Research 2002; 3:38 1–6.
40) Kevern J, Wang K, Suleiman M T, Schaefer V R. Mix design development for pervious concrete in cold weather climates. Ames, Iowa: Iowa State University; 2005.p.1–11.
41) Qin Y,Yang H, Deng Z, HeJ. Water permeability of pervious concrete is dependent on the applied pressure and testing methods. Adv Mater Sci Eng 2015; 2015:1–6.
42) Kinoshita S, Yoshida A, Okuno N. Evaporation performance analysis for water-retentive materials, based on outdoor heat-bedget and transport properties. J Heat Island Inst Int 2012; 7:222–30.
43) Akira H, Motofumi M, Akiriho M, Takashi A. A study of pavement body configgurations of the evaporative cooling pavement system with a focus on rain water retention and capillary absorption through a summer outdoor experiment. J Heat Island Inst Int 2011; 6:30–8.
44) Yamagata H, Nasu M, Yoshizama M, Miyamota A, M.M. Heat island mitigation using water retentive pavement sprinkled with reclaimed waste water. Water Sci Technol 2008; 57:763–71.
45) Santamouris M, Ding L. Fiorito F, Oldfield P, Osmond P, Paolini R, Prasad D, SynnefaA. Passive and active cooling for the outdoor built environment – Analysis and assessment of the cooling potential of

mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects. Solar Energy, Volume 154, 15 September 2017, Pages 14-33.
46) Shahidan M F, Jones P J, Gwilliam J, Salleh E. An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials. Building and Environment 2012; 58:245–57.
47) Kyriakodis G E, Santamouris M. Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates - Results from a large scale urban mitigation project. Urban Climate (in press). http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.002
48) Santamouris M, Xirafi F, Gaitani N, Spanou A, Saliari M, Vassilakopoulou K. Improving the microclimate in a dense urban area using experimental and theoretical techniques. The case of Marousi, Athens. International Journal of Ventilation 2012;11(1):1–16.
49) Fintikakis N, Gaitani N, Santamouris M, Assimakopoulos M, Assimakopoulos D N, Fintikaki M,et al. Bioclimatic design of open public spaces in the historic centre of Tirana, Albania. Sustainable Cities and Society 2011; 1(1): 54–62.
50) Santamouris M, Gaitani N, Spanou A, Saliari M, Gianopoulou K, Vasilakopoulou K. Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas - design realisation and results of the Flisvos project. Building and Environment 2012;53:128–36.
51) Gilbert H, Mandel B H, Levinson R. Keeping California cool: Recent cool community development. Energy and Buildings, Volume 114, 15 February 2016, Pages 20-26.
52) Nyuk Hien Wong, Steve Kardinal Jusuf, Nedyomukti Imam Syafii, Yixing Chen, Norwin Hajadi, Haripriya Sathyanarayanan, Yamini Vidya Manickavasagam, Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption, In Solar Energy, Volume 85, Issue 1, 2011, Pages 57-71, ISSN 0038-092X, https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.11.002.
53) Arthur H. Rosenfeld, Hashem Akbari, Joseph J. Romm, Melvin Pomerantz, Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction, In Energy and Buildings, Volume 28, Issue 1, 1998, Pages 51-62, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00063-7.
54) H Akbari, M Pomerantz, H Taha, Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas, In Solar Energy, Volume 70, Issue 3, 2001, Pages 295-310, ISSN 0038-092X, https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X.
55) Ingegrd Eliasson, The use of climate knowledge in urban planning, In Landscape and Urban Planning, Volume 48, Issues 1,Äì2, 2000, Pages 31-44, ISSN 0169-2046, https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00034-7.
56) Diana E. Bowler, Lisette Buyung-Ali, Teri M. Knight, Andrew S. Pullin, Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence, In Landscape and Urban Planning, Volume 97, Issue 3, 2010, Pages 147-155, ISSN 0169-2046, https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.
57) B. Givoni, Impact of planted areas on urban environmental quality: A review, In Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere, Volume 25, Issue 3, 1991, Pages 289-299, ISSN 0957-1272, https://doi.org/10.1016/0957-1272(91)90001-U.
58) Forman R. T. T. Urban ecology, Cambridge University Press 2014, p. 311
59) Nikolopoulou M, Urban open spaces and adaptation to climate change, in: Richter M, Weiland U, Applied Urban Ecology, Wiley Blackwell, 2012, p. 118.
60) Dimoudi A, Nikolopoulou M, Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits, Energy and Buildings, Volume 35, Issue 1, 2003, Pages 69-76, ISSN 0378-7788, http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00081-6.
61) Tabassom Safikhani, Aminatuzuhariah Megat Abdullah, Dilshan Remaz Ossen, Mohammad Baharvand, A review of energy characteristic of vertical greenery systems, In Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 40, 2014, Pages 450-462, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.166.
62) E.J. Gago, J. Roldan, R. Pacheco-Torres, J. Ordv≥v±ez, The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects, In Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 25, 2013, Pages 749-758, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.057.

63) Xin Cao, Akio Onishi, Jin Chen, Hidefumi Imura, Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data, In Landscape and Urban Planning, Volume 96, Issue 4, 2010, Pages 224-231, ISSN 0169-2046, https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.03.008.
64) Sten Gillner, Juliane Vogt, Andreas Tharang, Sebastian Dettmann, Andreas Roloff, Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites, In Landscape and Urban Planning, Volume 143, 2015, Pages 33-42, ISSN 0169-2046, https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.005.
65) Xin Cao, Akio Onishi, Jin Chen, Hidefumi Imura, Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data, In Landscape and Urban Planning, Volume 96, Issue 4, 2010, Pages 224-231, ISSN 0169-2046, https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.03.008
66) Lee H, Holst J, Mayer H, Modification of Human-Biometeorologically Significant Radiant Flux Densities by Shading as Local as Local Method to Mitigate Heat Stress in Summer within Urban Street Canyons, Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology Volume 2013, Article ID 312572, http://dx.doi.org/10.1155/2013/312572.
67) Ali-Toudert, Mayer H, Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons, 2006, Solar Energy 81 (2007) 742-754, doi:10.1016/j.solener.2006.10.007.
68) Emmanuel R, Rosenlund H, Johansson E, Urban shading - a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka, 2007, Int. J. Climatol. 27:1995-2004 (2007), doi:10.1002/joc.1609.
69) Hwang R-L, et al., Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort, Building and Environment (2010), doi: 10.1013/j.buildenv.2010.10.017.
70) Dessì et all, Rigenerare la città con la natura - strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, 2016, p. 46-47.
71) Richter M, Weiland U, Applied Urban Ecology. A Global Framework, Wiley - Blackwell, 2011, p. 118.
72) Osmond P, Sharifi E, Guide to Urban Cooling Strategies, Low Carbon Living CRC, 2017, pp. 30 - 33.
73) Holst J, Mayer H, Urban human - biometeorology: Investigations in Freiburg (Germany) on human thermal comfort, Issue no. 38, December 2010, International Association for Urban Climate.
74) Andreou E, Thermal comfort in outdoor spaces and urban canyon microclimate, 2013, Renewable Energy 55 (2013) 182 - 188, http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.040.
75) Steemers K, Nikolopoulou M, Crowther D, Dubiel J, Baker N, Radiation absorption and urban texture. Building Research and Information 1998; 26(2): 103-12.
76) Matzarakis A, Mayer H, Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation equivalent temperature. International Journal of Biometeorology 1999; 43:76-84.
77) Paolini R, Mainini A-G, Poli T, Vercesi L, Assessment of thermal stress in a street canyon in pedestrian area with or without canopy shading, 2014, Energy Procedia 48 (2014) 1570 - 1575, doi:10.1016/j.egypro.2014.02.177.
78) Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin As, 2010, Urban greening to cool towns and cities. A systematic review of the empirical evidence. Landscape and urban Planning, 97, pp. 147-155.
79) Shasua-Bar L, Pearlmutter D, Erell E, 2010, The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment, Iny. J, Climatol, doi: 10.1002/joc.2177.
80) Shasua-Bar L, Potcher O, Bitain A, Boltansky D, Yaakov Y, 2010, Microclimate modeling of street tree species within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. Int. J. Climatol, 30, pp. 44-57.
81) Emmanuel R, A Hypothetical 'Shadow Umbrella? for Thermal Comfort Enhancement in the Equatorial Urban Outdoors, Architectural Science Review, vol 36, pp. 173-184.
82) Andreou E, The effect of urban layout, street geometry and orientation on shading conditions in urban canyons in the Mediterranean, 2013, Renewable Energy 63 (2014) 587-596.
83) Oke T.R. 1982 The energetic basis of the urban heat island. Quarterly journal of the Royal Meteorological Society 108, pp. 1-24
84) Andrew M. Coutts, Nigel J. Tapper, Jason Beringer, Margaret Loughnan, Matthias Demuzere, Watering our cities: The capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. Progress in Physical Geography 37(1) 2–28

85) Theeuwes, N., Solcerová, A., & Steeneveld, G. (2013). Modeling the influence of open water surfaces on the summertime temperature and thermal comfort in the city. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118(16), 8881-8896.
86) Mirela Robitu, Marjorie Musy, Christian Inard, Dominique Groleau, 2006 Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. Solar Energy 80 (2006) 435–447
87) Gagge, A.P., Fobelets, A.P., Berglund, L.G., 1986. A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Transactions 92, 709–731.
88) Mirela Robitu, Christian Inard, Marjorie Musy, Dominique Groleau. Energy balance study of water ponds and its influence on building energy consumption. Eighth International IBPSA Conference Eindhoven, Netherlands August 11-14, 2003
89) Naoko Yamaoka, Harunori Yoshida, Mitsuo Tanabe Michiko Yamashita, and Takuma Koga. Simulation study of the influence of different urban canyons element to the canyon thermal environment. Building Simulation June 2008, Volume 1, pp 118–128
90) Yasin Toparlar, Bert Blocken, Wendy Janssen, Twan van Hooff, Hamid Montazeri, and Harry Timmermans. Numerical study of evaporative cooling as a climate change adaptation measure at the building and street scale: case study for Bergpolder Zuid. Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28
91) Fei Xue, Xiaofeng Li. A novel numerical model for the thermal impact of fountains. Proceedings of BS2015: 14th Conference of International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, India, Dec. 7-9, 2015.
92) Chen Z, Zhao L, Meng Q, et al. (2009) Field measurements on microclimate in residential community in Guangzhou, China. Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China 3(4): 462–468.
93) Saaroni H and Ziv B (2003) The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: The case of Tel Aviv, Israel. International Journal of Biometeorology 47(3): 156–165.
94) Ashley N. Moyer, Timothy W. Hawkins. River effects on the heat island of a small urban area. Urban Climate Volume 21, September 2017, Pages 262-277
95) Kim, Y. H., Ryoo, S. B., Baik, J. J., Park, I. S., Koo, H. J., & Nam, J. C. (2008). Does the restoration of an inner-city stream in Seoul affect local thermal environment? Theoretical and applied climatology, 92(3-4), 239-248.
96) Nishimura N, Nomura T, Iyota H, and Kimoto S. (1998) Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology. Solar Energy 64(4–6): 197–207.
97) Keunyea Song, Marguerite A. Xenopoulos, James M. Buttle, Jiri Marsalek, Nicole D. Wagner, Frances R. Pick, Paul C. Frost; Thermal stratification patterns in urban ponds and their relationships with vertical nutrient gradients. Journal of Environmental Management 127 (2013) 317 - 323
98) H. Montazeri, Y. Toparlarb, B. Blockena, J.L.M. Hensen. Simulating the cooling effects of water spray systems in urban landscapes: A computational fluid dynamics study in Rotterdam, The Netherlands. Landscape and Urban Planning 159 (2017) 85–100
99) Craig Farnham, Masaki Nakao, Masatoshi Nishioka, Minako Nabeshima, Takeo Mizuno. Study of mist-cooling for semi-enclosed spaces in Osaka, Japan. Procedia Environmental Sciences 4 (2011) 228–238
100) Angeliki Chatzidimitriou, Panos Liveris, Michael Bruse, Lena Topli. Urban redevelopment and microclimate improvement: a design project in Thessaloniki, Greece. PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September 2013
101) Nunes, J., Zoilo, I., Jacinto, N., Nunes, A., Associated Prof., Campos, T., Pacheco, M., Fonseca, D., 2016. Misting-cooling systems for microclimatic control in public space. Available through: http://www.proap.pt/it/852/misting-cooling-systems-for-microclimatic-control-in-public-space/
102) David Pearlmutter, Evyatar Erell, Yair Etzion. A multi-stage down-draft evaporative cool tower for semi-enclosed spaces: Experiments with a water spraying system. Solar Energy 82 (2008) 430–440
103) Fei Xue, Xiaofeng Li, Jie Ma, Zhiqin Zhang. Modeling the influence of fountain on urban microclimate. Building Simulation - June 2015

104) P. Clerici Maestosi, C. Meloni, F. Romanello, F. Pieroni, S. Pizzuti, S. Romano, M. Chinnici, A. Quintiliani, G. Vicoli "Gestione integrata di uno Smart Village : risultati sperimentali in una rete di edifici e progettazione di aspetti prototipali orientati alla gestione di smart district" (RdS/PAR2014/023)
105) G. Leonardi, S. Pizzuti, S. Fumagalli, A. Antonelli, L. Blaso, F. Pieroni, S. Romano "Sviluppo delle architetture e tecnologie di Smart lighting e funzionalità del palo intelligente (RdS/PAR2015/008)
106)

7 Abbreviazioni ed acronimi

LENI	Lighting Energy Numeric Indicator for a building
CEN	European Committee for Standardization
LED	Light Emitting Diode
IP	Illuminazione Pubblica
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione
RdS	Ricerca di Sistema
PLC	Power-Line Communication
UML	Unified Modeling Language
ICT	Information and Communications Technology
USB	Universal Serial Bus
FMECA	Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
CMS	Central Management Software
NPV	Net Present Value, beneficio netto atteso
PBT	Pay-Back Time, tempo di ritorno dell'investimento
IRR	Internal Rate of Return, il tasso interno di rendimento dell'investimento
PELL	Public Energy Living Lab
FAI	Full Adaptive Installation
TAI	Traffic Adaptive Installation
FTT	Finanziamento Tramite Terzi
PPP	Partenariato Pubblico Privato
KPI	Key Performance Index
LSA	Analisi di Supporto Logistico

Nomenclatura

C	scambio ambientale dovuto alla convezione (W)
DhR	rischio di disidratazione (scala descrittiva)
clo	resistenza termica dei vestiti
E	tasso di raffreddamento (W) prodotto dal sudore, necessario per l'equilibrio
e	tensione di vapore dell'aria (hPa)
E_D	calore latente necessario a trasformare l'acqua in vapore d'acqua attraverso la pelle
Emax	capacità evaporativa dell'aria (W) secondo velocità, umidità relativa e la temperatura dell'aria
E_{RE}	somma dei flussi di calore necessari a riscaldare e umidificare l'aria inspirata
ERFSi	campo di radiazione a corto raggio effettivo ($W \cdot m^{-2}$).
E_{SW}	flusso di calore dovuto all'evaporazione del sudore
f	efficacia raffreddante della sudorazione (adimensionale)
G	radiazione solare globale ($W \cdot m^{-2}$)
HL	carico di calore nell'uomo (-.)
hu	coefficiente di trasferimento di calore standardizzato pari a 7.5 ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
L	altitudine (°)
M	tasso metabolico del copro (W)

MRT	temperatura media radiante (°C)
NUATFi	campo di temperatura dell'aria non uniforme ($W \cdot m^{-2}$)
OcR	rischio di sottoraffreddamento (min)
Offset	deviazione rispetto alla temperatura dell'aria (°C)
OhR	rischio di surriscaldamento (min)
pa	pressione di vapore d'acqua (hPa)
PhS	sforzo fisiologico (-)
PMV	Voto medio predetto (-)
PST	temperatura soggettiva fisiologica (°C)
Q	radiazione netta assorbita dal corpo umano ($W \cdot m^{-2}$)
R	potenza termica sensibile scambiata per irraggiamento (W)
RH	umidità relativa (%)
Rn	scambio ambientale netto dovuto alla radiazione (W)
S	immagazzinamento dei flussi di calore necessari a riscaldare o raffreddare la massa corporea
SECFi	campo di conduzione effettiva standard($W \cdot m^{-2}$).
SEHFi	campo umido effettivo standard($W \cdot m^{-2}$).
SERFLi	campo di irradiazione a lungo raggio effettivo standard ($W \cdot m^{-2}$)
STI	temperatura soggettiva (°C)
SW	perdita d'acqua ($g \cdot h^{-1}$)
T	temperatura dell'aria (°C)
TAV	temperatura media annuale (°C)
T_g	temperatura globo (°C)
TM	temperatura media del mese più caldo (°C)
Tm	temperatura media del mese più freddo (°C)
TVFei	campo di velocità termica relativo all'evaporazione ($W \cdot m^{-2}$)
TVFi	campo di velocità termica ($W \cdot m^{-2}$)
TVFri	campo di velocità termica relativo alla radiazione ($W \cdot m^{-2}$)
Tw	temperatura bulbo umido
V	velocità del vento($m \cdot s^{-1}$)
W	potenza metabolica trasferita in lavoro meccanico (W)