



Ricerca di Sistema elettrico

## Valutazione di infrastrutture pubbliche energivore per complessi edificati, Impianti di IP smart e Sistemi Smart Service: Prototipo di piattaforma ICT

L. Blaso, S. Agnoli, A. Antonelli, A. Brutti, E. Caiaffa, E. Cosimi,  
G. Fasano, F. Fontana, A. Frascella, S. Fumagalli, G. Giuliani, N. Gozo,  
L. La Porta, G. Leonardi, O. Li Rosi, O. Gregori, C. Novelli,  
F. Pieroni, P. Pistoichini, S. Pizzuti, M. Pollino, S. Sylos Labini,  
M. Zinzi, Gg. Ponzio

## VALUTAZIONE DI INFRASTRUTTURE PUBBLICHE ENERGIVORE PER COMPLESSI EDIFICATI, IMPIANTI DI IP SMART E SISTEMI SMART SERVICE: PROTOTIPO DI PIATTAFORMA ICT

L. Blaso, S. Agnoli, A. Antonelli, A. Brutti, E. Caiaffa, E. Cosimi, G. Fasano, F. Fontana, A. Frascella, S. Fumagalli, G. Giuliani, N. Gozo, L. La Porta, G. Leonardi, O. Li Rosi, O. Gregori, C. Novelli, F. Pieroni, P. Pistochini, S. Pizzuti, M. Pollino, S. Sylos Labini, M. Zinzi (ENEA)  
Gg. Ponzo (Mesos)

Settembre 2018

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

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 Owen Ransen ed il Gruppo di Lavoro GL10 "Efficienza energetica degli Edifici" UNI/CT023/GL10 della Commissione UNI/CT023 "Light and Lighting"

Per la standardizzazione ed Ecodesign si ringraziano G.P. Bellomo, A. Menzani, L. Schiavon, F. Pagano, F. Tironi ed A. Testa

## Indice

SOMMARIO.....	6
1 REALIZZAZIONE DELLA PIATTAFORMA ICT MULTISERVIZI E DEL PROTOTIPO SMART VILLAGE .....	11
1.1 BIG DATA E PELL IP .....	11
1.2 PROGETTAZIONE DEL DATA LAKE .....	11
1.3 ARCHITETTURA DI BACK-END.....	12
1.3.1 Ricezione Dati.....	12
1.3.2 Registrazione Dati.....	13
1.3.3 Elaborazione Dati.....	13
1.3.4 Trasferimento Dati.....	13
1.4 COMPONENTI ARCHITETTURALI .....	14
1.5 REALIZZAZIONE DELLA INFRASTRUTTURA BIG DATA .....	15
1.5.1 Esecuzione del Piano di test .....	15
1.5.2 Apache Maven .....	16
1.5.3 Java 8 .....	17
1.5.4 Apache Hadoop.....	17
1.5.5 Apache Phoenix.....	18
1.5.6 Apache HBase .....	19
1.5.7 Apache Zookeeper.....	20
1.5.8 Apache Hive .....	21
1.5.9 Apache Spark .....	22
1.5.10 Apache Mahout .....	23
1.5.11 Apache Kudu.....	24
1.5.12 Apache Kafka.....	24
1.5.13 Elastic Search.....	25
1.5.14 Kibana.....	26
1.5.15 Apache Zeppelin .....	27
1.5.16 Apache Hue.....	28
1.5.17 Apache Pig .....	29
1.5.18 Lightbent SBT.....	30
1.5.19 Apache oozie.....	31
1.6 SMART CITY PLATFORM SPECIFICATION FOR PELL .....	32
1.6.1 Formato e Trasporto SCPS-based.....	32
1.6.2 Caso Studio “Smart Lighting to PELL” .....	32
1.6.3 Formato Dati XML e JSON .....	33
1.6.4 1.2.4 Trasporto Dati Web Service .....	37
1.6.5 UrbanDatasetGetaway Interface.....	39
1.6.6 login REST method .....	40
1.6.7 Push REST method .....	41
1.7 SPECIFICHE DI CONTENUTO DI RIFERIMENTO PELL – ILLUMINAZIONE PUBBLICA .....	42
1.7.1 Il Data model PELL - Illuminazione Pubblica”.....	42
1.7.2 Il Formato di scambio dati PELL - Illuminazione Pubblica .....	45
1.8 PRODUZIONE DI MATERIALE MULTIMEDIALE DEL PELL .....	52
1.8.1 Predisposizione e configurazione della Learning Room .....	52
1.8.2 Contenuto delle lezioni registrate .....	55
1.8.3 Sezione dedicata alle Video lezioni nel portale PELL.....	56
1.8.4 Registrazione delle video lezioni .....	57
1.8.5 Post produzione .....	59
1.8.6 Pubblicazione su Netlessons e sul portale PELL .....	60
1.8.7 Codice definitivo pagina HTML e fogli di stile sito PELL .....	62

2	SVILUPPO ED APPLICAZIONE DI STRUMENTI E METODI PER L'ANALISI ENERGETICA DI EDIFICI SCOLASTICI ATTRAVERSO PIATTAFORMA WEB .....	69
2.1	ARCHITETTURA MACRO-FUNZIONALE DELLA PIATTAFORMA PELL PER EDIFICI SCOLASTICI (ENEA) .....	69
2.1.1	<i>Introduzione</i> .....	69
2.1.2	<i>Finalità del progetto</i> .....	71
2.1.3	<i>Descrizione degli stakeholder e collaborazioni di sviluppo</i> .....	72
2.1.4	<i>Modalità di accesso e utilizzo</i> .....	72
2.2	AGGIORNAMENTO METODOLOGICO SCHEDA CENSIMENTO EDIFICI (ENEA) .....	73
2.3	SCHEDA CENSIMENTO EDIFICI (ENEA) .....	75
2.4	INDIVIDUAZIONE DI EDIFICI SCOLASTICI DI RIFERIMENTO PER DIVERSE DESTINAZIONI D'USO, APPLICAZIONE DELLA SCHEDA PELL EDIFICI SCOLASTICI ED INDIVIDUAZIONE DEI DIVERSI KPI DI RIFERIMENTO (UNIVERSITÀ LA SAPIENZA DIAEE) .....	88
2.5	CRITERI DI NORMALIZZAZIONE DEI KPI DI RIFERIMENTO E DI STIME DI RISPARMI ENERGETICI CONSEGUIBILI IN REALI CONDIZIONI D'USO PER EDIFICI SCOLASTICI ESISTENTI (POLITECNICO DI MILANO EERG).....	92
2.6	SOFTWARE LENICALC V.3 E PRIMI RISULTATI NUMERICI DI CONFRONTO .....	94
2.6.1	<i>Completamento del Software LENICALC V.3 (ENEA)</i> .....	95
2.6.2	<i>Rivisitazione della struttura di LENICALC V3 (ENEA)</i> .....	98
2.6.3	<i>Campagna di acquisizione di dati meteo e fotometrici ad Ispra</i> .....	109
2.6.4	<i>Calcolo del fabbisogno energetico per l'illuminazione degli edifici: confronto tra il software LENICALC v.2 e software di simulazione dinamica climate-based (Politecnico di Torino - DENERG)</i> .....	117
3	SISTEMA DI SMART SERVICE INTEGRATO NELL'AMBIENTE URBANO .....	125
3.1	APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA AD UN CONTESTO REALE, DA UN IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE AD UN SISTEMA DI SMART SERVICES 125	
3.2	ANALISI DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA DI PROGETTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE ATTRAVERSO L'APPLICAZIONE SU DEI CASI REALI DEI MODELLI SVILUPPATI NEL PAR2016 (POLITECNICO DI MILANO; ENEA).....	128
3.3	ANOMALY DETECTION SYSTEM PER SMART STREET: STUDIO DEI PRINCIPALI STRUMENTI PRESENTI IN AMBITO EUROPEO E PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI SUPPORTO PER L'OPERATORE (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE DIPARTIMENTO INGEGNERIA)....	134
3.3.1	<i>Analisi dei requisiti per gli Anomaly Detection system per smart service di illuminazione pubblica</i> .....	136
3.3.2	<i>Progettazione di un Anomaly Detection system per smart service di illuminazione pubblica</i> .....	137
3.4	STUDIO AFFIDABILISTICO DEI COMPONENTI DI UNA LINEA DI ILLUMINAZIONE "SMART" STRADALE PUBBLICA OPERATIVA IN CONTESTO URBANO: VANTAGGI E CRITICITÀ (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE. DIPARTIMENTO DI SCIENZE).....	138
3.4.1	<i>Descrizione Architetture</i> .....	138
3.4.2	<i>Analisi di affidabilità</i> .....	139
3.4.3	<i>Analisi Del Sistema</i> .....	139
3.4.4	<i>Disponibilità (Availability) Del Sistema</i> .....	140
3.4.5	<i>Analisi Del Sistema</i> .....	140
3.4.6	<i>Analisi dei Guasti e di Criticità (FMECA)</i> .....	140
3.4.7	<i>Formato dell'analisi</i> .....	141
3.5	APPLICAZIONE DI TECNICHE DI MITIGAZIONE DEL CLIMA URBANO NE QUARTIERE DI CENTOCELLE A ROMA: MONITORAGGIO STRUMENTALE E SOGGETTIVO (ENEA).....	143
3.5.1	<i>Sviluppo del processo realizzativo</i> .....	143
3.5.2	<i>Area di intervento e procedura di indagine</i> .....	143
3.5.3	<i>Risultati del monitoraggio strumentale</i> .....	147
3.5.4	<i>Monitoraggio soggettivo con questionari</i> .....	149
3.6	ANALISI TERMO-FLUIDO DINAMICA DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER LA MITIGAZIONE LOCALE DEL CLIMA URBANO (UNIVPM – DIISM UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE) .....	152
3.6.1	<i>Inquadramento</i> .....	152
3.6.2	<i>Valutazione sperimentale</i> .....	152
3.6.3	<i>Ambiente complesso (Roma)</i> .....	155
3.6.4	<i>Valutazione analitica</i> .....	156
3.7	SVILUPPO SENSORE/TELECAMERA PER IL CONTROLLO DELLA MOBILITÀ E SICUREZZA CON NUOVE FUNZIONALITÀ PER IL RICONOSCIMENTO DEL SUONO .....	159
3.7.1	<i>Sviluppo di un multisensore con funzionalità "sound detection"</i> .....	159
3.7.2	<i>SmartEye Audio Sensing (B13-A17 Module)</i> .....	159
3.7.3	<i>Deep learning - sound analysis</i> .....	161
3.7.4	<i>Shoot &amp; explosion detection (deep learning)</i> .....	162

3.8	CONTINUAZIONE PROGETTO DI UNA SMART STREET PROTOTIPALE ALL'INTERNO DI UN CONTESTO CONTROLLATO (SMART VILLAGE CASACCIA) (ENEA) .....	170
3.9	VALUTAZIONE FLUSSO LUMINOSO DISPERSO CON UN MODELLO DI CALCOLO SIMULATO MEDIANTE SOFTWARE ILLUMINOTECNICI COMMERCIALI (ENEA) .....	174
3.10	PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO DI ENTI NORMATIVI NAZIONALI, EUROPEI E INTERNAZIONALI NEL SETTORE DELL'ILLUMINAZIONE.....	176
4	CONTROLLO E VALUTAZIONE REMOTA CONSUMI E PRESTAZIONI DEGLI IMPIANTI IP .....	180
4.1	PIATTAFORMA PELL IP .....	180
4.1.1	<i>Upload Scheda censimento nella Piattaforma</i> .....	182
4.1.2	<i>Validazione campi</i> .....	186
4.1.3	<i>Esportazione XML</i> .....	186
4.1.4	<i>Snapshot</i> .....	187
4.1.5	<i>Modulo Save</i> .....	187
4.2	KEY PERFORMANCE INDICATOR DEL PELL IP .....	195
4.3	SVILUPPO DI UNA SPECIFICA TECNICA FUNZIONALE ALL'ELABORAZIONE DI UN SOFTWARE UTILI PER POTER INDIRIZZARE LA PA NELLA SCELTA DELLA COMBINAZIONE OTTIMALE TRA TECNOLOGIA E MODALITÀ DI FINANZIAMENTO PER INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA PUBBLICA ILLUMINAZIONE (ENEA) .....	199
4.3.1	<i>Il Servizio di Pubblica Illuminazione</i> .....	200
4.3.2	<i>Modello Economico</i> .....	200
4.3.3	<i>Modello Finanziario</i> .....	211
4.3.4	<i>Specifica software del modulo applicativo SAVE (Supporto Alla Valutazione Economico-finanziaria)</i> .....	229
4.4	ATTIVAZIONE DI UN TAVOLO TECNICO PER LA DEFINIZIONE E CONDIVISIONE DEL PROCESSO DI DIGITALIZZAZIONE DEI DATI STRATEGICI DELLE PRINCIPALI INFRASTRUTTURE URBANE E PER GARANTIRE L'INTEROPERABILITÀ DELLE PIATTAFORME DEDICATE ALLA LORO RACCOLTA E GESTIONE .....	249
5	CONCLUSIONI.....	252

## 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 e Sistemi Smart Service.

In questa terza ed ultima annualità è proseguito lo sviluppo della piattaforma verticale PELL (<https://www.pell.enea.it>) in particolare: l'implementazione del Front end; il completamento della scheda censimento (<http://geodati.gov.it/geoportale/>) e del modulo di caricamento della scheda (in modalità automatica o tramite form online); la progettazione e realizzazione della infrastruttura Big Data per la raccolta dei dati di consumo degli impianti di Illuminazione Pubblica; l'aggiornamento dei KPI di progetto e l'implementazione dei KPI dinamici; l'implementazione del modulo SAVE per la valutazione economico finanziario di impianti di IP a seguito dell'implementazione degli algoritmi di calcolo definiti.

Sono state aggiornate le specifiche tecniche per l'invio dei dati dinamici di consumo da parte dei Gestori alla Piattaforma PELL (Impianti monofase e trifase) ed è stato definito il formato per strutturare e raccogliere i dati in maniera uniforme e fornire una specifica di riferimento per la sua implementazione (formato XML). Sono stati realizzati prodotti multimediali relativamente alle attività svolte nel PELL o comunque associato al triennio del PAR 2015-2017.

Nell'ambito del PELL edificio, è stata testata, in campo, la scheda censimento per verificarne l'efficacia e le criticità affrontate ed è stata aggiornata. Sono state individuate metodologie per la stima dei risparmi energetici conseguibili attraverso azioni di riqualificazione energetica a partire da dati misurati sul campo. Inoltre, è stato completato il tool LENICALC (v.3) e sono stati messi a confronto alcuni primi risultati numerici.

Per quanto riguarda l'attività nell'ambito dei Sistemi Smart Service, sono stati trattati differenti argomenti, quali: l'aspetto economico-finanziario attraverso l'analisi degli indicatori di redditività di interventi di riqualificazione di tipo smart adaptive lighting (SAL) e smart street services (SSS) al variare del modello di business implementato. L'aspetto sicurezza informatica attraverso l'analisi di sistemi di anomaly detection system utilizzando tecniche di protezione tra le più efficienti cioè quelle basate su Intrusion Detection System e l'analisi di Supporto Logistico (LSA) di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica. Sono state studiate nuove applicazioni del PELL a soluzioni tecnologiche per la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere dei cittadini. È stata condotta un'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione con riferimento anche ai servizi smart forniti analizzando anche le principali ricadute economico-sociali e ambientali connesse. Sono state applicate le linee guida che individuano i servizi smart di un impianto di illuminazione pubblica rendendole parte integrante di un capitolato tecnico di un bando di riqualificazione dell'illuminazione pubblica che un ipotetico comune potrebbe utilizzare. 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. È proseguito il progetto di una smart street prototipale all'interno di un contesto controllato Smart Village Casaccia. Infine è proseguita la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali, europei ed internazionali nel settore dell'illuminazione.

## Introduzione

La piattaforma software verticale Public Energy Living Lab – PELL (<https://www.pell.enea.it> connessione con certificato sul server) ha 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 PELL si pone 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 delle infrastrutture pubbliche energivore sia come tool di valutazione e monitoraggio dell'infrastruttura e del servizio offerto mediante l'elaborazione dei dati e fornitura di KPI.

Nel triennio dell'attività di ricerca il PELL ha visto la sua prima applicazione agli impianti di pubblica (IP) illuminazione e successivamente, la stessa metodologica sistemica del PELL, è stata applicata agli edifici della Pubblica Amministrazione (PA) con l'obiettivo di mettere a disposizione della PA stessa, 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<sub>2</sub> 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 entrambi gli ambiti di applicazione, si è reso necessario avviare una fase di studio atta alla definizione delle caratteristiche delle infrastrutture e quindi definire un modello di scheda censimento (ora denominato data model) condiviso con i principali stakeholders, per pervenire ad un modello di raccolta dei dati relativi allo stato di fatto degli impianti di illuminazione e degli edifici scolastici.

L'attività svolta in questa annualità è stata di due tipologie, la prima metodologica (riferimento ai capitoli 1, 2 e 3 del presente report) e la seconda di prodotto (capitolo 4) con la realizzazione della piattaforma PELL (<https://www.pell.enea.it>).

In particolare, l'attività svolta sulla piattaforma ICT è stata indirizzata alla progettazione e realizzazione della infrastruttura Big Data per la raccolta dei dati di consumo degli impianti di Illuminazione Pubblica, dati che riguarderanno tutta l'Italia – si parla di centinaia di migliaia di sorgenti dati – che saranno misurati continuamente nell'ordine dei minuti, e che per tale ragione non potevano che essere trattati secondo il paradigma "Big Data". Per questa ragione in questa annualità si è proceduto alla progettazione del Data Lake ed alla realizzazione della infrastruttura Big Data in tutte le sue componenti.

Sono state altresì aggiornate le specifiche tecniche per l'invio dei dati dinamici di consumo da parte dei Gestori alla Piattaforma PELL (Impianti monofase e trifase) e si è proceduto alla pubblicazione della specifica di contenuto tecnico (Data model) relativo ai dati di identità degli impianti di Illuminazione Pubblica oltre che alla definizione del formato per strutturare e raccogliere i dati in maniera uniforme e, conseguentemente, fornire una specifica di riferimento per la sua implementazione (formato XML).

Infine, sono stati realizzati prodotti multimediali (lezioni di e-learning) relativamente alle attività svolte nel PELL o comunque associato al triennio del PAR 2015-2017, con l'obiettivo di informare il cittadino e le Pubbliche Amministrazioni sugli sviluppi della attività. Tale materiale è stato caricato sulla Piattaforma PELL.

Si è inoltre proceduto alla prosecuzione dell'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 terza annualità è proseguita l'implementazione della piattaforma (attività iniziata durante le prime due annualità), relativamente al Front end, al modulo di caricamento e gestione del data model in modalità automatica (caricamento del file formato XML) o con

form online (compilazione manuale), all'aggiornamento dei KPI di progetto e l'implementazione dei KPI dinamici, all'implementazione del modulo SAVE per la valutazione economico finanziario di impianti di IP a seguito dell'implementazione degli algoritmi di calcolo che sono stati definiti.

Inoltre, è stata avviata un'attività di consolidamento, integrazione e formalizzazione del processo di acquisizione dei dati individuati quali strategici alla gestione dell'infrastruttura della pubblica illuminazione e rappresentati dal Data Model PELL, quale formato standardizzato per il censimento degli impianti.

Per quanto riguarda il PELL, applicato agli edifici scolastici, in questa annualità si è proceduto alla rivisitazione della scheda censimento, che include elementi di approfondimento, atti a caratterizzare con più accuratezza la stima dei KPI, nonché delle procedure di analisi per la stima di eventuali risparmi energetici da conseguire con misure di retrofit, da validare attraverso il monitoraggio continuo del sistema edificio impianto.

In questo quadro è anche iniziato un processo di confronto con i principali stakeholders, in particolare ASSISTAL, con incontri tematici e condivisione della scheda censimento per ulteriori sviluppi e rifiniture. Contestualmente è stato condotto un testing della scheda, per verificarne l'efficacia sul campo ma anche le criticità affrontate durante tutto il processo di raccolta dati; questa attività è stata svolta con il supporto del Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica dell'Università di Roma La Sapienza.

Parallelamente si è proceduto alla individuazione di metodologie per la stima dei risparmi energetici conseguibili attraverso azioni di riqualificazione energetica a partire da dati misurati sul campo. Diversi aspetti sono stati investigati: le dispersioni termiche, il ruolo della ventilazione meccanica, l'integrazione di luce naturale ed artificiale. Le soluzioni individuate, là dove necessario, hanno anche introdotto ed evidenziato la criticità della correzione del dato climatico locale. L'attività in questione è stata svolta con il supporto del Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano.

Inoltre, è stata proseguita l'attività relativa alla realizzazione del tool LENICALC che in questa annualità è stato completato (LENICALC V3), con l'implementazione di funzioni che consentano l'invio dei dati dei progetti realizzati dagli utenti per una raccolta di informazioni, da parte di ENEA, utili alla definizione di benchmark nazionali, ed il confronto dei risultati ottenuti nella precedente annualità dall'uso di LENICALC V.2 sullo studio parametrico con altri strumenti di calcolo del fabbisogno per l'illuminazione (attività svolta dal Politecnico di Torino – Dipartimento Energia). È stata infine avviata una attività di monitoraggio dei parametri radiometrici e fotometrici esterni (radiazione naturale) presso il laboratorio dell'ENEA di Ispra utile per la raccolta di informazioni (Irradianza diretta/Irradianza diffusa) da utilizzarsi nelle simulazioni con LENICALC sia per la caratterizzazione illuminotecnica degli ambienti confinati grazie alla definizione di un protocollo di monitoraggio.

Per quanto riguarda l'attività nell'ambito dei Sistemi Smart Service, sono stati trattati differenti argomenti, quali: l'aspetto economico-finanziario attraverso l'analisi degli indicatori di redditività di interventi di riqualificazione di tipo *smart adaptive lighting* (SAL) e *smart street services* (SSS) al variare del modello di business implementato. L'aspetto sicurezza informatica attraverso l'analisi di sistemi di anomaly detection system utilizzando tecniche di protezione tra le più efficienti cioè quelle basate su Intrusion Detection System (IDS). È stata fatta un'Analisi di Supporto Logistico (LSA) di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica già operativa in un contesto urbano al fine di valutare l'affidabilità del sistema e dei suoi componenti. Nell'ottica di studiare nuove estensioni di applicazione del PELL 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. È stata condotta un'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione con riferimento anche ai servizi smart forniti analizzando anche le principali ricadute economico-sociali e ambientali connesse. Sono state applicate le linee guida che individuano i servizi smart di un impianto di illuminazione pubblica rendendole parte integrante di un capitolato tecnico di un bando di riqualificazione dell'illuminazione pubblica che un ipotetico comune potrebbe utilizzare. 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. È proseguito il progetto di una smart street prototipale all'interno di un contesto controllato Smart Village Casaccia. Si è estesa la



partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali, europei ed internazionali nel settore dell'illuminazione (collaborazione con comitati di standardizzazione e normativa). All'interno di ciascun gruppo l'ENEA ha dato il proprio contributo a proposte, revisioni e stesura di norme e raccomandazioni tecniche nei relativi campi di competenza.

Alcune attività sono state svolte da Università, altre sviluppate direttamente da ENEA altre in collaborazione con industrie del settore.

Come già evidenziato nella seconda annualità, il settore dello Smart City e degli Smart Services rivestono un ruolo importante in qualità di sistemi integrati nell'ambiente urbano (es. Smart Street) perchè hanno l'obiettivo di creare soluzioni avanzate 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.

Di conseguenza ad oggi l'illuminazione stradale, che è diffusa e ramificata in maniera capillare nelle città e nelle periferie, nelle zone urbane ed in quelle rurali, rappresenta una delle maggiori spese di bilancio per la Pubblica amministrazioni. In questi casi, l'adozione di Smart Services integrati nell'ambiente urbano, possono creare soluzioni avanzate che possono andare ad integrare servizi urbani quali l'illuminazione, il monitoraggio del traffico, la gestione di parcheggi, ecc. che possono quindi 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.

È noto come, su un lampione intelligente si possono installare sensori per il controllo del traffico in tempo reale, per il monitoraggio della qualità dell'aria, l'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.

Si riportano le matrici relative agli ambiti di intervento analizzati, che erano state predisposte nella seconda annualità ed aggiornate in questa terza annualità.

#### Matrice Asset-Funzionalità:

Asset	Funzionalità									
	Descrizione puntuale degli impianti IP	Identificazione di KPI di progetto	Valutazione economica/finanziaria della riqualificazione	Responso diagnostico degli impianti	Dimmerazione dell'illuminazione in base al flusso di traffico	Monitoraggio traffico pedonale e veicolare	Analisi scene per sorveglianza	Sound detection (esplosione, spari, etc.)	Monitoraggio ambientale	Misurazione di parametri elettrici ed energetici
Smart Eye					X	X	X	X	X	
Smart meter										X
Scheda censimento/Data model	X	X	X	X						

#### Matrice Funzionalità-Benefici:

Funzionalità	Benefici							
	Conoscenza dettagliata dell'infrastruttura	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 individuazione infrazioni	Miglioramento manutenzioni	Riduzione emissioni inquinanti da consumi energetici e carburanti
Descrizione puntuale degli impianti IP (data model)	X							
Identificazione di KPI di progetto		X	X	X				
Valutazione economica/finanziaria della riqualificazione		X	X					
Responso diagnostico degli impianti		X	X	X				
Dimmerazione dell'illuminazione in base al flusso di traffico		X	X			X		X
Monitoraggio traffico pedonale e veicolare			X	X	X	X		
Analisi scene per sorveglianza			X	X	X	X		
Sound detection (esplosione, spari, etc.)			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
Conoscenza dettagliata dell'infrastruttura		X	X	X	X	X	X		X	X		X
Riduzione consumi energetici e risparmio energetico	X	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 abitanti per riduzione crimini					X		X	X	X	X		X
incremento introiti per il Comune per individuazione infrazioni							X	X	X	X		
Miglioramento manutenzioni		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 utilizzati sono di seguito riportati:

Ambito di analisi	Indicatore	Unità di misura	Numero
Environment	Gas serra	t CO <sub>2</sub> 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

L'attività della terza annualità è stata quindi articolata nei seguenti sotto-obiettivi:

- Realizzazione della piattaforma ICT multiservizi e del prototipo Smart Village;
- Sviluppo ed applicazione di strumenti e metodi per l'analisi energetica di edifici scolastici attraverso piattaforme web;
- Controllo e valutazione remota consumi e prestazioni degli Impianti IP smart;
- Sistema di smart service integrato nell'ambiente urbano.

## 1 Realizzazione della Piattaforma ICT multiservizi e del prototipo Smart Village

L'attività svolta in questa annualità sulla piattaforma ICT è stata indirizzata alla progettazione e realizzazione della infrastruttura Big Data per la raccolta dei dati di consumo degli impianti di Illuminazione Pubblica. Sono state altresì aggiornate le specifiche tecniche per l'invio dei dati dinamici di consumo da parte dei Gestori alla Piattaforma PELL (Impianti monofase e trifase) e si è proceduto alla pubblicazione della specifica di contenuto tecnico (Data model) relativo ai dati di identità degli impianti di Illuminazione Pubblica oltre che alla definizione del formato per strutturare e raccogliere i dati in maniera uniforme e, conseguentemente, fornire una specifica di riferimento per la sua implementazione (formato XML).

Infine, sono stati realizzati prodotti multimediali (lezioni di e-learning) relativamente alle attività svolte nel PELL o comunque associato al triennio del PAR 2016-2017, con l'obiettivo di informare il cittadino e le Pubbliche Amministrazioni sugli sviluppi della attività. Tale materiale è stato caricato sulla Piattaforma PELL.

### 1.1 Big Data e PELL IP

La realizzazione di un progetto come il PELL IP, che ha come obiettivo di gestire i dati di consumo elettrico di tutti gli impianti d'Italia – si parla di centinaia di migliaia di sorgenti dati -, misurati continuamente nell'ordine dei minuti, non può che essere trattato secondo il paradigma "Big Data". Con questa dizione si intende non solo la coesistenza di tre caratteristiche specifiche, ovvero Volume, Variabilità e Velocità dei dataset da trattare, ma si intende anche un ambito in cui la scalabilità non può trovare alcuna soluzione di continuità poiché si tratta di sistemi di paradigma IOT in ambito nazionale. Con Big Data si intende infatti anche la possibilità di affrontare il tema della "Scalabilità Orizzontale" senza limiti reali non solo dal punto di vista dell'immagazzinamento dei dati, ma soprattutto dal punto di vista computazionale.

In questo scenario in questa attività è stata implementata una infrastruttura Big Data suddivisa in due fasi:

- Fase I : progettazione del Data Lake
- Fase II : realizzazione della infrastruttura Big Data in tutte le sue componenti

La Fase I è consistita nella progettazione del Data Lake, progettazione che trova la sua concretizzazione nel dimensionamento dei server costituenti l'infrastruttura che deve accogliere i dati.

La Fase II ha riguardato le azioni sistemiche – installazione di packages, sviluppo di configurazioni specifiche e nello sviluppo di software necessario al trattamento dati.

Come meglio specificato a seguire, soltanto le soluzioni di paradigma BigData, possono dare risposta alle tematiche affrontate dal progetto PELL in tutta la sua potenzialità.

### 1.2 Progettazione del Data Lake

Il paradigma Big Data a cui si fa riferimento ed a cui PELL IP aderisce perfettamente, trova la sua perfetta realizzazione nella piattaforma Apache di Apache Software Foundation ( ASF ), che costituisce lo standard de-facto nel mondo Big Data. La soluzione adottata non può quindi che essere quella della piattaforma Apache con Hadoop, insieme a tutti i software di ecosistema che si renderanno necessari per raggiungere lo scopo del progetto PELL. Si consideri che la piattaforma Apache contiene al suo interno, sempre nel rispetto della policy "Open Source", una quantità di componenti che si aggira intorno ai 250 packages software.

E' la stessa piattaforma che consente ai big del mondo Internet come Google, Facebook, Twitter, Instagram ed altri simili, di operare su uno spazio cibernetico adeguato alla intera popolazione mondiale. Nella progettazione e nella realizzazione del Data Lake e della infrastruttura software di back-end, si potrà accedere – in funzione delle specifiche necessità applicative – a questa imponente quantità di strumenti software, selezionando ovviamente quelli opportuni, sempre in ottica "Open Source", ovvero software a codice aperto e disponibile senza alcun esborso di denaro.

Allo stato attuale il progetto PELL prevede – correttamente, visto l’ambito sperimentale in cui è nato - una architettura tradizionale basata su un back-end con database RDBMS e con un front-end che consente all’utente sia di inserire dati sia di analizzarli ex post. In un ambito di dati limitati in quantità, questa soluzione ha consentito di mettere a punto le metodologie scientifiche necessarie alla creazione ed alla conseguente fruizione dei modelli di analisi dei consumi e simulazioni di interventi in logica what-if. La prospettiva di crescita richiede però la realizzazione di una infrastruttura informatica composta da due elementi fondamentali:

- Uno spazio di immagazzinamento dati che rispetti criteri di sicurezza e scalabilità
- Uno strato applicativo che sfrutti al meglio questo spazio dati estendendo la scalabilità alla componente computazionale

In altri termini bisogna prevedere sia una soluzione di immagazzinamento sia una soluzione computazionale che siano capaci di supportare il progetto in tutta la sua potenzialità di crescita. A queste condizioni al contorno risponde – come su accennato - la piattaforma Hadoop di Apache, con tutte le sue componenti verticali su accennate. La piattaforma risponde alle richieste di bando in termini di pubblicità del codice ( open source ), alla disponibilità senza vincoli, alla richiesta di operare in modalità “schema-on-read” invece che “schema-on-write”.

La piattaforma risponde inoltre alla richiesta di poter operare non solo con linguaggi specifici, ma anche con lo standard SQL, che essendo largamente conosciuto consente di operare sulla piattaforma anche senza uno specifico training sui linguaggi DSL. Ciò comporta che i Data Scientist potranno lavorare sulla piattaforma utilizzando le conoscenze già in possesso.

La piattaforma inoltre prevede l’utilizzo di linguaggi molto diffusi, come R, python, Java e soprattutto Scala, che si prospetta come il linguaggio nativo della piattaforma Apache, anch’esso dunque open source e completamente disponibile senza vincoli.

### 1.3 Architettura di Back-End

La piattaforma Hadoop prevista è stata correttamente dimensionata, sia in funzione del progetto di partenza, sia in funzione della sua futura estensione a livello nazionale, o anche oltre. A titolo – non esaustivo – di esempio si è tenuto conto di: quantità, tipologia, paradigmi di compressione, flussi, dei dati da gestire, ed altro. Il dimensionamento è, come ulteriormente specificato in seguito, parte essenziale della realizzazione del progetto.

La piattaforma può essere scomposta in quattro componenti principali:

1. ricezione dei dati
2. registrazione dei dati in modo sicuro e “schemaless”
3. elaborazione dei dati e procedure ETL
4. trasferimento dati da e verso database relazionali

Ciascuno di questi componenti trova una sua specifica implementazione nell’ambito delle risorse Open Source disponibili pubblicamente.

#### 1.3.1 Ricezione Dati

La lettura dei dati di misura dei consumi sono a cura del gestore dell’impianto, che dovrà inviarli ad ENEA nel rispetto delle regole che ENEA stabilisce. Per consentire a qualsiasi operatore di inviare i dati si devono utilizzare protocolli standard, per i quali sia necessario soltanto condividere il merito del messaggio e non il metodo di trasferimento. L’idea proposta è di realizzare un Broker che sia in grado di ricevere flussi esterni da qualsiasi operatore, secondo protocolli di comunicazione standard.

Nello specifico, trattandosi di tecnologie che sono comprese nel paradigma IOT, si propone l’utilizzo del protocollo MQTT come protocollo primario.

D'altro canto il broker PELL dovrà essere capace di accettare anche flussi con protocolli diversi, come ad esempio FTP o SFTP o SCP o altri, purché sempre in ottica "Open".

Per questo si prevede quindi la realizzazione di un Broker che abbia – inizialmente - capacità MQTT, ma che potrà essere esteso agli altri protocolli standard che dovessero essere individuati per facilitare il colloquio con tutti gli enti interessati, in modo da diventare il sistema di riferimento generale per i gestori degli impianti. Il Broker potrà essere in prima istanza svolto nella rete interna di ENEA, al fine di facilitare le fasi di sviluppo, poi si potrà estendere verso Internet, in modo da diventare l'end point pubblico della ricezione dati di ENEA. Ciò comporterà diversi livelli di sicurezza, che verranno implementati in modo progressivo.

Successivamente, è prevista la realizzazione di sviluppo di software ad hoc per la fase di "Ingestion" dei flussi nella piattaforma "Big Data".

### 1.3.2 Registrazione Dati

Il problema che il paradigma Big Data risolve per primo è la scalabilità del sistema di immagazzinamento dati. Nella implementazione Open Source della Apache Software Foundation si rendono disponibili tutti gli strumenti necessari alla realizzazione di una piattaforma in grado di accogliere, registrare, conservare in sicurezza, approntare per le elaborazioni successive, tutti i dati che possono giungere, il tutto senza prerequisiti specifici. Questo panorama, che viene riconosciuto come il "Data Lake", consente di implementare una piattaforma che, partendo dai sistemi oggi disponibili, può crescere virtualmente senza limiti. Ciò consente di realizzare un progetto che è di fatto il cuore di un sistema capace di gestire un ambito nazionale ed oltre.

La soluzione tecnica prevede la realizzazione di un cluster Hadoop, il cui dimensionamento è parte integrante del progetto, fondato sui sistemi che ENEA mette a disposizione nel suo Data Center. Hadoop realizza un ambiente costituito da un file system ridondante, denominato HDFS, e da un motore di elaborazione parallela noto come Map Reduce. Intorno a questi due elementi fondamentali, si applicano un serie di componenti software che consentono le elaborazioni successive. La progettazione del "Data Lake" si sostanzia nel dimensionamento delle componenti Hardware e Software della piattaforma. A valle della progettazione il Data Lake verrà realizzato materialmente utilizzando le infrastrutture ICT di ENEA dedicate al progetto. La realizzazione consiste nella installazione e configurazione di quanto necessario a creare il cluster Hadoop e la struttura di storage necessaria ad ospitare il Data Lake.

### 1.3.3 Elaborazione Dati

Tipicamente le elaborazioni che seguono all'immagazzinamento sono sia quelle di ETL che di elaborazione applicativa. In differenza dagli Warehouse tradizionali, la piattaforma Hadoop non richiede la definizione degli schemi dati in fase di caricamento, il cosiddetto "schema-on-read". La costruzione del Data Lake è infatti indipendente dai dati stessi, e solo al momento della elaborazione si dovrà – ovviamente – realizzare uno schema dati al fine di poter operare sia con strumenti specifici come i vari DSL, sia con strumenti tradizionali come il linguaggio SQL o SQL-like. Fra le elaborazioni possibili la piattaforma prevede quelle relative al Machine Learning. Per questo scopo verranno installate e configurate librerie specifiche disponibili nell'ecosistema software ASF.

### 1.3.4 Trasferimento Dati

Nella pratica applicativa del software "tradizionale", che mantiene la sua indubbia validità ed anzi mostra ormai una maturità consistente, si fa ampio utilizzo dei database relazionali. Da ciò discende la notevole disponibilità di strumenti software che consentono lo scambio fra piattaforma Hadoop e le varie implementazioni di RDBMS. Si prevede quindi lo sviluppo di interfacce specifiche per operare trasformazione di dati da e verso i database relazionali.

Ciò consentirà di sviluppare applicazioni, sia interattive che batch, che possano utilizzare ex post i dati della piattaforma Big Data. Esistono, anche qui nella piattaforma Apache, una serie di tools che consentono lo scambio dati fra le diverse tecnologie. Ad esempio sarà possibile trasferire dati da Hadoop verso RDBMS

tradizionali e viceversa, questo per realizzare il necessario disaccoppiamento fra la parte dedicata agli utenti Web e quella dedicata al data-processing massivo.

### 1.4 Componenti architetturali

Nella Figura 1 che seguente viene descritta l'architettura complessiva del PELL nel suo insieme portale più BigData.

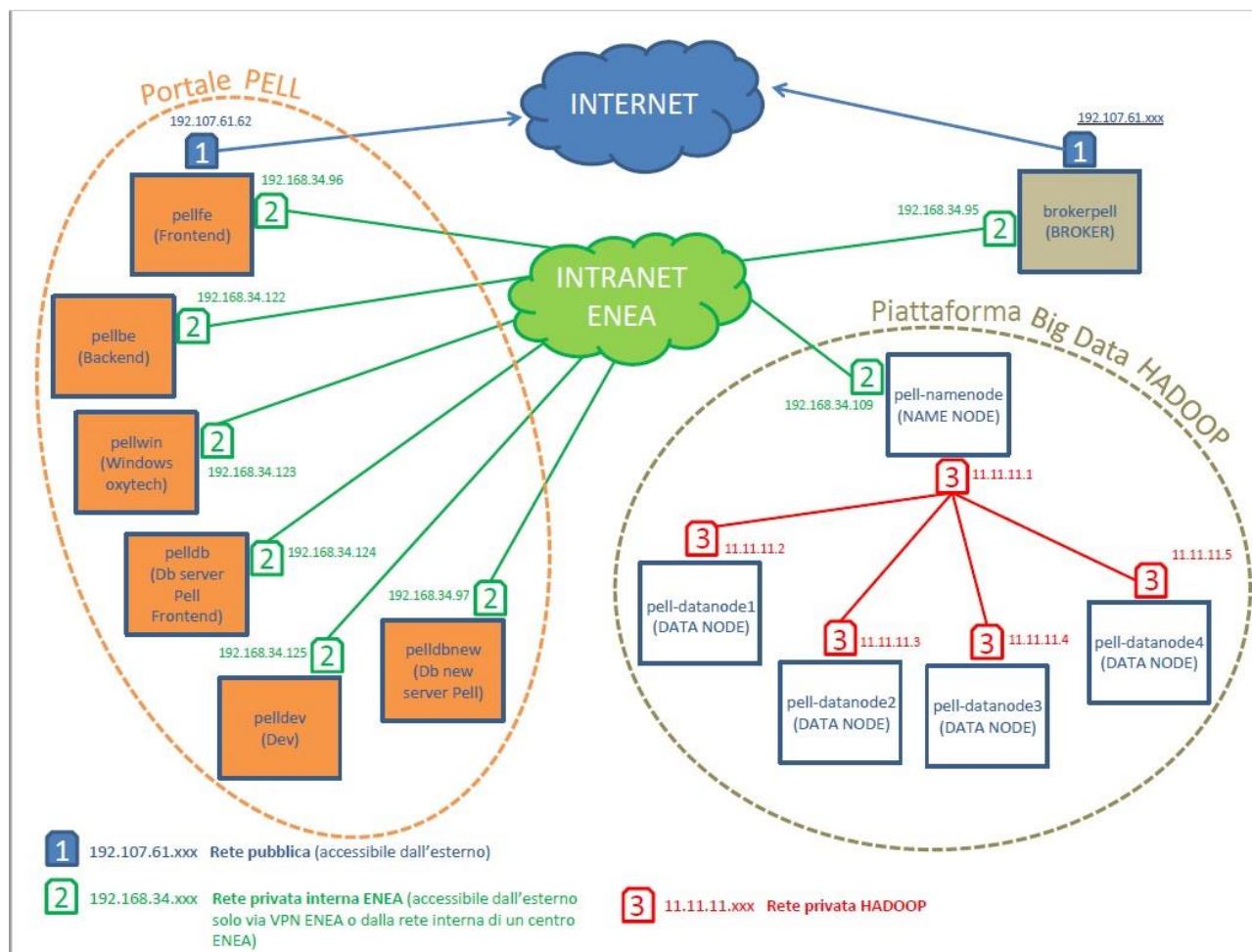


Figura 1: Architettura complessiva del PELL nel suo insieme portale + BigData

Broker MQTT :

- Server CentOS 64 bit
- 2 processori
- 8 GB di RAM
- disco da 2 TB

Componenti Hadoop :

- Apache Spark 2.2.2
- Apache Hadoop (Yarn, HDFS, MapReduce) 2.7.6
- Apache HBase 2.0.0
- Apache Kudu 1.7.0
- Apache Parquet 1.9.0
- Apache Hive 3.0.0
- Apache Phoenix 4.8.0

- Apache Pig 0.17.0
- Apache Kafka 1.1.0
- Apache Flume 1.8.0
- Apache Sqoop 1.4.7
- Apache Mahout 0.13.0
- Elastic Search 6.2.4
- ES-Hadoop 6.2.4
- Kibana 6.2.4
- Apache Ambari 2.6.2
- Apache Zookeeper 3.4.12
- Apache Oozie 5.0.0
- Apache Zeppelin 0.7.3
- Apache Hue 4.1

Hadoop Configurazione Server :

- Un Datanode e quattro Namenode
- Datanode 12 core, 96 GB Ram, 2 TB disco, hostname = master
- 4 Namenode 6 core, 64 GB Ram, 3 TB Disco, hostname = slave01 > slave04
- Gestione dati 10 TB
- Retention Policy 2 anni

Componenti software :

- Sistema operativo CentOS 7.4 con GUI
- Java JDK 1.8
- Apache Maven 3.3.9
- Sbt 1.1.6
- Python 2.7
- Scala 2.11

## 1.5 Realizzazione della infrastruttura Big Data

La fase di implementazione è stata costituita dal reperimento dei software sopra indicati, nel rispetto delle matrici di compatibilità di versione. Una volta avuti a disposizione i server si è quindi proceduto all'installazione dei moduli su cinque server, di cui uno con ruolo di Name Node (master) e quattro con ruolo di Data Note.

A valle della installazione di tutti i componenti si è prodotto un piano di test per la verifica della corretta implementazione dell'architettura big data (Data Lake) usato anche per l'esecuzione degli stessi test.

### 1.5.1 Esecuzione del Piano di test

Definizioni :

- Affidabilità : Insieme di attributi (maturità, Tolleranza ai guasti, ripristinabilità) che riguardano la capacità del software di mantenere il proprio livello di funzionamento sotto determinate condizioni per un determinato periodo di tempo.
- Efficienza : Insieme di attributi (Tempi di risposta, uso di risorse, aderenza agli standard), che riguardano la relazione tra il livello di prestazioni del software e la qualità di risorse impiegate, in determinate condizioni.

- **Funzionalità** : Insieme di attributi (adeguatezza, accuratezza, interoperabilità, aderenza agli standard, sicurezza), che riguardano l'esistenza di un insieme di funzioni e le loro proprietà. Le funzioni sono quelle che soddisfano determinati requisiti utente.
- **Manutenibilità** : Insieme di attributi (analizzabilità, modificabilità, stabilità, facilità di testing, aderenza agli standard), che riguardano lo sforzo richiesto per effettuare determinate modifiche.
- **Portabilità** : Insieme di attributi (adattabilità ai cambiamenti, installabilità, coesistenza, ricollocabilità, aderenza agli standard), che riguardano la possibilità di trasferire il software da un ambiente di lavoro ad un altro (l'ambiente di lavoro comprende hardware, software e aspetti organizzativi).
- **Usabilità** : Insieme di attributi ( comprensibilità, apprendibilità, operabilità, interfaccia utente), che riguarda lo sforzo necessario per l'uso, e il giudizio soggettivo su tale uso da parte di un determinato insieme di utenti.

### 1.5.2 Apache Maven

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Maven

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

Le variabili di ambiente devono essere correttamente impostate.

#### **INPUT**

Eseguire il comando su shell-namenode:

```
mvn -version
```

#### **OUTPUT**

```
Apache Maven 3.3.9 (bb52d8502b132ec0a5a3f4c09453c07478323dc5; 2015-11-10T17:41:47+01:00)
```

```
Maven home: /usr/local/src/apache-maven
```

```
Java version: 1.8.0_171, vendor: Oracle Corporation
```

```
Java home: /opt/jdk1.8.0_171/jre
```

```
Default locale: it_IT, platform encoding: UTF-8
```

```
OS name: "linux", version: "3.10.0-862.3.3.el7.x86_64", arch: "amd64", family: "unix"
```



### 1.5.3 Java 8

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Java 8

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

Le variabili di ambiente devono essere correttamente impostate.

#### **INPUT**

Eeguire il comando su tutti i server:

```
java -version
```

#### **OUTPUT**

```
java version "1.8.0_171"
```

```
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.8.0_171-b11)
```

```
Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM (build 25.171-b11, mixed mode).
```

### 1.5.4 Apache Hadoop

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Hadoop

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere installata.

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109). Recarsi in `$HADOOP_HOME/sbin` ed eseguire il comando: `./start-dfs.sh` e `./start-yarn.sh`

- 1) Eseguire il comando “hdfs dfs -copyFromLocal /tmp/CounterReading-1.0-Template.json /user/hdpuser”
- 2) Eseguire il comando “yarn jar /opt/hadoop/share/hadoop/mapreduce/hadoop-mapreduce-examples-2.7.6.jar pi 16 1000”

## **OUTPUT**

L'esecuzione di HDFS e Yarn deve restituire in output:

starting namenodes on [namenode]

namenode: starting namenode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-namenode-pell-namenode.out

datanode2: starting datanode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-datanode-pell-datanode2.out

datanode1: starting datanode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-datanode-pell-datanode1.out

datanode4: starting datanode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-datanode-pell-datanode4.out

datanode3: starting datanode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-datanode-pell-datanode3.out

namenode: starting datanode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-datanode-pell-namenode.out

Starting secondary namenodes [0.0.0.0]

0.0.0.0: starting secondarynamenode, logging to /opt/hadoop/logs/hadoop-hdpuser-secondarynamenode-pellnamenode.out

starting yarn daemons

starting resourcemanager, logging to /opt/hadoop/logs/yarn-hdpuser-resourcemanager-pell-namenode.out

datanode1: starting nodemanager, logging to /opt/hadoop/logs/yarn-hdpuser-nodemanager-pell-datanode1.out

datanode2: starting nodemanager, logging to /opt/hadoop/logs/yarn-hdpuser-nodemanager-pell-datanode2.out

datanode3: starting nodemanager, logging to /opt/hadoop/logs/yarn-hdpuser-nodemanager-pell-datanode3.out

namenode: starting nodemanager, logging to /opt/hadoop/logs/yarn-hdpuser-nodemanager-pell-namenode.out

datanode4: starting nodemanager, logging to /opt/hadoop/logs/yarn-hdpuser-nodemanager-pell-datanode4.out

- 1) Per verificare la correttezza del copy from local è sufficiente aprire il file da hdfs con il comando

hdfs dfs -cat /user/hdpuser/CounterReading-1.0-Template.json

E verificare che il contenuto del file sia identico al contenuto del file sul server locale.

- 2) Il comando sottomette il job MapReduce relativo al calcolo del pi greco a Yarn, mostrando i progressi dell'esecuzione. Se eseguito correttamente, l'output mostrato su shell dovrà essere:

“Estimated value of Pi is 3.14250000000000000000”

### 1.5.5 Apache Phoenix

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

### **OBIETTIVO DEL TEST**

Esecuzione di uno script SQL.

### **LIVELLO DI CRITICITA' DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere operativa e in esecuzione.

Apache Phoenix installato come libreria di HBase.

L'infrastruttura HBase deve essere operativa e in esecuzione.

### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109)

Posizionarsi sotto la cartella */home/hdpuser/apache-phoenix-5.0.0-alpha-HBase-2.0-bin*

Eseguire: `bin/sqlline.py localhost examples/STOCK_SYMBOL.sql`

### **OUTPUT**

Esecuzione dello script SQL con visualizzazione dei dati di esempio per SYMBOL/COMPANY:

CRM/SalesForce.com

## 1.5.6 Apache HBase

### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache HBase

### **LIVELLO DI CRITICITA' DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere operativa e in esecuzione.

L'infrastruttura HBase deve essere operativa e in esecuzione.

### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109)

Eseguire il comando: `hbase shell`

Sotto il prompt di hbase (`hbase(main):xxx:x>`) digitare:

```
create 'Contacts', 'Personal', 'Office'  
put 'Contacts', '1000', 'Personal:Name', 'John Dole'  
put 'Contacts', '1000', 'Personal:Phone', '1-425-000-0001'  
put 'Contacts', '1000', 'Office:Phone', '1-425-000-0002'  
put 'Contacts', '1000', 'Office:Address', '1111 San Gabriel Dr.'  
get 'Contacts', '1000'
```

### **OUTPUT**

Hbase shell restituirà in output i dettagli della tabella 'Contacts' relativi all'identificativo '1000':

COLUMN CELL

Office:Address timestamp=1531313107480, value=1111 San Gabriel Dr.

Office:Phone timestamp=1531313106245, value=1-425-000-0002

Personal:Name timestamp=1531313106208, value=John Dole

Personal:Phone timestamp=1531313106229, value=1-425-000-0001

### **1.5.7 Apache Zookeeper**

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Zookeeper

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109)

Eeguire il comando: `zkServer.sh status`

#### **OUTPUT**

Zookeeper fornirà alcune informazioni sul suo stato:

ZooKeeper JMX enabled by default

Using config: /opt/zookeeper-3.4.12/bin/../conf/zoo.cfg

Mode: follower | leader

### 1.5.8 Apache Hive

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Hive

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hduser* sul server *namenode* (192.168.34.109)

Eeguire i comandi:

```
cd /opt/apache-hive-2.3.3-bin/
```

```
bin/hive
```

```
CREATE EXTERNAL TABLE IF NOT EXISTS test_ext(ID int, DEPT int, NAME string) ROW FORMAT DELIMITED  
FIELDS
```

```
TERMINATED BY ',' STORED AS TEXTFILE LOCATION '/user/hive/warehouse/test';
```

```
INSERT INTO TABLE test_ext VALUES (1,1,'Google Inc'), (1,2,'Apple Inc.');
```

#### **OUTPUT**

Si presenterà un output simile al seguente:

WARNING: Hive-on-MR is deprecated in Hive 2 and may not be available in the future versions. Consider using a

different execution engine (i.e. spark, tez) or using Hive 1.X releases.

Query ID = *hduser\_20180711180051\_f4f710a5-1287-48cb-9d42-1d1f546d6b53*

Total jobs = 3

Launching Job 1 out of 3

Number of reduce tasks is set to 0 since there's no reduce operator

Starting Job = *job\_1531149825485\_0001*, Tracking URL =

[http://namenode:8088/proxy/application\\_1531149825485\\_0001/](http://namenode:8088/proxy/application_1531149825485_0001/)

Kill Command = */opt/hadoop/bin/hadoop job -kill job\_1531149825485\_0001*

Hadoop job information for Stage-1: number of mappers: 1; number of reducers: 0

2018-07-11 18:01:00,158 Stage-1 map = 0%, reduce = 0%

2018-07-11 18:01:06,394 Stage-1 map = 100%, reduce = 0%, Cumulative CPU 2.26 sec

MapReduce Total cumulative CPU time: 2 seconds 260 msec

Ended Job = job\_1531149825485\_0001

Stage-4 is selected by condition resolver.

Stage-3 is filtered out by condition resolver.

Stage-5 is filtered out by condition resolver.

Moving data to directory hdfs://namenode:54310/user/hive/warehouse/test/.hive-staging\_hive\_2018-07-11\_18-00-

51\_452\_5782270273299476481-1/-ext-10000

Loading data to table default.test\_ext

MapReduce Jobs Launched:

Stage-Stage-1: Map: 1 Cumulative CPU: 2.26 sec HDFS Read: 4327 HDFS Write: 102 SUCCESS

Total MapReduce CPU Time Spent: 2 seconds 260 msec

OK

Time taken: 16.555 seconds

### 1.5.9 Apache Spark

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Spark

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere operativa e in esecuzione.

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hduser* sul server *namenode* (192.168.34.109). Recarsi in `$SPARK_HOME/sbin` ed

eseguire il comando: `./start-all.sh`

Recarsi in `$SPARK_HOME/bin` ed eseguire il comando: `./pyspark`. Nella shell interattiva scrivere

```
df = spark.read.json("/user/hduser/CounterReading-1.0-Template.json ")
```

```
df.show()
```

#### **OUTPUT**

L'esecuzione di `start-all` deve restituire in output:

```
starting org.apache.spark.deploy.master.Master, logging to /var/log/spark/spark-hduserorg.
```

```
apache.spark.deploy.master.Master-1-pell-namenode.out
datanode1: starting org.apache.spark.deploy.worker.Worker, logging to /var/log/spark/spark-hdpuserorg.
apache.spark.deploy.worker.Worker-1-pell-datanode1.out
datanode2: starting org.apache.spark.deploy.worker.Worker, logging to /var/log/spark/spark-hdpuserorg.
apache.spark.deploy.worker.Worker-1-pell-datanode2.out
datanode3: starting org.apache.spark.deploy.worker.Worker, logging to /var/log/spark/spark-hdpuserorg.
apache.spark.deploy.worker.Worker-1-pell-datanode3.out
datanode4: starting org.apache.spark.deploy.worker.Worker, logging to /var/log/spark/spark-hdpuserorg.
apache.spark.deploy.worker.Worker-1-pell-datanode4.out
```

L'esecuzione dello script python deve restituire i dati così come presenti nel json in lettura.

#### 1.5.10 Apache Mahout

##### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

##### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Mahout

##### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

##### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere operativa e in esecuzione, Spark deve essere in esecuzione (start-all)

##### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109). Recarsi in `$MAHOUT_HOME/bin` ed

eseguire il comando: `./mahout spark-shell`

##### **OUTPUT ATTESO**

Ad avvio ultimato, deve comparire l'import delle librerie di Mahout.

```
Loading /opt/mahout/bin/load-shell.scala...
```

```
import org.apache.mahout.math._
```

```
import org.apache.mahout.math.scalabindings._
```

```
import org.apache.mahout.math.drm._
```

```
import org.apache.mahout.math.scalabindings.RLikeOps._
```

```
import org.apache.mahout.math.drm.RLikeDrmOps._
```

```
import org.apache.mahout.sparkbindings._
```

### 1.5.11 Apache Kudu

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Kudu

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere installata ed in esecuzione, Apache Kudu deve essere installato, Kudu Master e i

Kudu Tablet Server devono essere in esecuzione.

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109).

Recarsi in `/usr/lib/kudu/bin/` ed eseguire il comando: `./ ./kudu test loadgen 192.168.34.109:7051 - keep_auto_table -`

`use_random`

Il comando effettua la creazione di una tabella random con l'inserimento di dati auto generati nel tempo più veloce

possibile (dal cluster).

#### **OUTPUT**

Se Kudu è operativo, il risultato del test deve essere un report con delle statistiche sulla creazione della tabella e

l'inserimento di dati casuali, come ad esempio:

Using auto-created table 'loadgen\_auto\_ba935c37b380493c8f4c4998a3984a3d'

Generator report

time total : 15.4474 ms

time per row: 0.00772372 ms

### 1.5.12 Apache Kafka

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Kafka



### **LIVELLO DI CRITICITA' DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere installata ed in esecuzione, Apache Kafka deve essere installato, il server Kafka

deve essere in esecuzione su tutti i nodi.

### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109).

Recarsi in `/opt/kafka_2.12-1.1.0/bin/` ed eseguire il comando:

```
kafka-topics.sh --create --zookeeper localhost:2181 --replication-factor 5 --partitions 1 --topic testDDMMMAAAinstall
```

### **OUTPUT ATTESO**

Se il topic e stato correttamente creato, deve comparire come output:

Created topic " testDDMMMAAAinstall ".

Con il comando:

```
kafka-topics.sh --list --zookeeper localhost:2181
```

e possibile verificare tutti i topic creati, tra cui deve comparire testDDMMMAAAinstall

## **1.5.13 Elastic Search**

### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Elastic Search

### **LIVELLO DI CRITICITA' DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

### **PREREQUISITI**

Elastic Search deve essere installato e configurato

### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109).

Eseguire il comando su tutti i server del cluster:

```
/opt/elasticsearch/bin/elasticsearch
```

Eseguire la seguente interrogazione per verificare lo stato di salute del cluster:

1) curl -X GET "namenode:9200/\_cat/health?v"

Eseguire la seguente interrogazione per verificare il numero di nodi con Elastic Search in esecuzione:

2) curl -X GET "namenode:9200/\_cat/nodes?v"

Creare un nuovo indice "customer" e verificarne la presenza:

3) curl -X PUT "namenode:9200/test?pretty"

4) curl -X GET "namenode:9200/\_cat/indices?v"

### **OUTPUT**

1) status: green, node.total 5, node.data 5

2) name: namenode, datanode1, datanode2, datanode3, datanode4

3) {

"acknowledged" : true,

"shards\_acknowledged" : true,

"index" : "test"

}

4) Deve essere presente l'indice test

### 1.5.14 Kibana

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Kibana

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

Kibana deve essere installato e configurato, Elastic Search deve essere installato e in esecuzione.

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109).

Eseguire il comando su namenode:

```
sudo systemctl start kibana.service
```

Recarsi da browser alla pagina <http://192.168.34.109:5601>

## **OUTPUT**

L'app di Kibana deve aprirsi senza errori sulla homepage

### 1.5.15 Apache Zeppelin

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Zeppelin

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere installata ed in esecuzione.

## **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109).

Eseguire il comando:

```
zeppelin-daemon.sh start
```

Recarsi da browser all'indirizzo 192.168.34.109:8070. Accedere con le credenziali disponibili (ad esempio enea/enea).

Creare un nuovo notebook e su due script differenti scrivere:

```
script_1
```

```
%elasticsearch
```

```
Help
```

```
Script_2
```

```
%spark.pyspark
```

```
from pyspark.sql import SparkSession
```

```
spark = SparkSession \
```

```
.builder \
```

```
.appName("Python Spark SQL") \
```

```
.getOrCreate()
```

```
df = spark.read.json("/user/hdpuser/CounterReading-1.0-Template.json")
```

```
df.show()
```

## **OUTPUT**

L'esecuzione dello script Elastic Search deve restituire un elenco con i comandi che e possibile eseguire in Elastic Search.

L'esecuzione dello script python deve restituire i dati cosi come presenti nel json in lettura.

### 1.5.16 Apache Hue

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Hue

#### **LIVELLO DI CRITICITA' DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop, Livy Server, Thrift Server e le Rest API di Hbase, Oozie, Zookeeper devono essere installata ed

in esecuzione.

#### **INPUT**

Effettuare Login in ssh con utente *hdpuser* sul server *namenode* (192.168.34.109).

Recarsi in `/opt/hue/build/env/bin` ed eseguire il comando: `./supervisor`. Recarsi da browser all'indirizzo 192.168.34.109:8000. Accedere con le credenziali *enea/enea*. Cliccare sulla freccia in alto a sinistra (dove e scritto

Query), scegliere Editor e PySpark. Scrivere il seguente script:

```
from pyspark.sql import SparkSession
spark = SparkSession \
    .builder \
    .appName("Python Spark SQL") \
    .getOrCreate()
df = spark.read.json("/user/hdpuser/CounterReading-1.0-Template.json")
df.show()
```

#### **OUTPUT**

L'esecuzione dello script python deve restituire i dati cosi come presenti nel json in lettura.

### 1.5.17 Apache Pig

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache Pig

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere installata ed in esecuzione.

Apache Pig installato

Il file /home/hdpuser/SalesJan2009.csv, e su file system hdfs al medesimo path

#### **INPUT**

Effettuare in ssh login sul namenode con utente *hdpuser*, digitare i seguenti comandi:

```
hdfs dfs -copyFromLocal /tmp/SalesJan2009.csv /user/hdpuser
```

Avviare la console di pig con il comando di /opt/pig-0.17.0/bin/pig

```
salesTable = LOAD '/user/hdpuser/SalesJan2009.csv' USING PigStorage(',') AS
```

```
(Transaction_date:chararray,Product:chararray,Price:chararray,Payment_Type:chararray,Name:chararray,City:charar
```

```
ray,State:chararray,Country:chararray,Account_Created:chararray,Last_Login:chararray,Latitude:chararray,Longitude
```

```
:chararray);
```

```
GroupByCountry = GROUP salesTable BY Country;
```

```
CountByCountry = FOREACH GroupByCountry GENERATE  
CONCAT((chararray)$0,CONCAT(':',(chararray)COUNT($1)));
```

```
STORE CountByCountry INTO 'pig_output_sales' USING PigStorage('\t');
```

#### **OUTPUT**

Dopo una serie di elaborazioni, che possono durare alcuni minuti e presentare errori e warning, viene conclusa

l'elaborazione (compare Success!); al termine e necessario uscire dalla console di pig e visualizzare il file con i

risultati:

```
2018-07-12 12:43:57,979 [main] INFO
```

```
org.apache.pig.backend.hadoop.executionengine.mapReduceLayer.MapReduceLauncher - Success!
```

Uscire da pig:

grunt> exit

da prompt linux normale visualizzare il contenuto file su hdfs:

hdfs dfs -cat /user/hdpuser/pig\_output\_sales/part-r-00000

il risultato atteso inizia con:

CO:1

China:1

India:2

Italy:15

Japan:2

Malta:2

Spain:12

Brazil:5

Canada:76

France:27

Greece:1

Israel:1

Jersey:1

Kuwait:1

Latvia:1

Monaco:2

Norway:16

.....

#### 1.5.18 Lightbent SBT

##### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

##### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di sbt

##### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

##### **PREREQUISITI**

Sbt deve essere installato sul namenode

##### **INPUT**

Effettuare in ssh login sul namenode con utente *hdpuser*, digitare i seguenti comandi:  
sbt sbtVersion

### **OUTPUT**

```
[hdpuser@pell-namenode ~]$ sbt sbtVersion  
[info] Loading project definition from /home/hdpuser/project  
[info] Set current project to hdpuser (in build file:/home/hdpuser/)  
[info] 1.1.6
```

### 1.5.19 Apache oozie

#### **OBIETTIVO QUALITÀ DA TESTARE**

Funzionalità x Affidabilità x Usabilità x Efficienza x Manutenibilità x Portabilità x

#### **OBIETTIVO DEL TEST**

Verificare il corretto funzionamento di Apache oozie

#### **LIVELLO DI CRITICITÀ DEL TEST**

Opzionale Normale x Critico A rischio vite umane

#### **PREREQUISITI**

L'infrastruttura Hadoop deve essere installata ed in esecuzione.  
Apache oozie installato

#### **INPUT**

Effettuare in ssh login sul namenode con utente *hdpuser*, digitare i seguenti comandi:  
cd \$OOZIE\_HOME  
oozie job -oozie http://localhost:11000/oozie -config examples/apps/map-reduce/job.properties -run  
Compare il nome di un job con una sintassi del tipo:  
job: 000.....

#### **OUTPUT**

Recarsi tramite browser alla url: <http://192.168.34.109:11000/oozie/>  
Si aprirà la console di oozie, in corrispondenza della colonna *job id* ricercare il numero del job precedentemente mostrato nella shell: nella colonna *Status* comparirà alla riga corrispondente lo stato *Succeeded*.

## 1.6 Smart City Platform Specification for PELL

### 1.6.1 Formato e Trasporto SCPS-based

Questa attività consiste nell'utilizzo delle specifiche Smart City Platform Specification (SCPS) per consentire a una Solution verticale Smart Lighting di inviare periodicamente i consumi elettrici alla Piattaforma PELL.

Per "Solution verticale Smart Lighting", intendiamo una piattaforma software che raccoglie i dati provenienti dalla sensoristica degli impianti di Illuminazione Pubblica (IP), li elabora e li rende eventualmente disponibili ad altre piattaforme ICT (come il PELL, in questo caso).

Le specifiche rese disponibili al termine della seconda annualità erano:

- il Modello Dati astratto dell'UrbanDataset "POD Reading"
- l'implementazione in formato XML del Modello Dati astratto dell'UrbanDataset "POD Reading"
- l'interfaccia del web service "UrbanDatasetGateway"

L'attività della terza annualità ha previsto un ulteriore confronto con i gestori delle reti IP, che ha portato degli aggiornamenti a questo set di specifiche; in particolare:

- aggiornamento del nome e specializzazione dello scopo dell'UrbanDataset per l'invio periodico dei consumi elettrici: l'UrbanDataset è stato rinominato da "POD Reading" a "Counter Reading" (denominazione che sarà usata in seguito) e ha assunto lo scopo di inviare periodicamente i consumi elettrici degli impianti trifase
- aggiornamento del Modello Dati astratto dell'UrbanDataset "Counter Reading"
- implementazione in formato JSON del Modello Dati astratto dell'UrbanDataset "Counter Reading"
- definizione di un nuovo UrbanDataset, "Counter Reading Monophase", specifico per l'invio dei consumi elettrici degli impianti monofase
  - ✓ definizione del Modello Dati Astratto
  - ✓ implementazione nei formati XML e JSON
- aggiornamento dell'interfaccia "UrbanDatasetGateway"
- implementazione del web service "UrbanDatasetGateway" basato su tecnologia RESTful/JSON

Le modifiche/estensioni apportate alle specifiche sono descritte nei paragrafi seguenti.

### 1.6.2 Caso Studio "Smart Lighting to PELL"

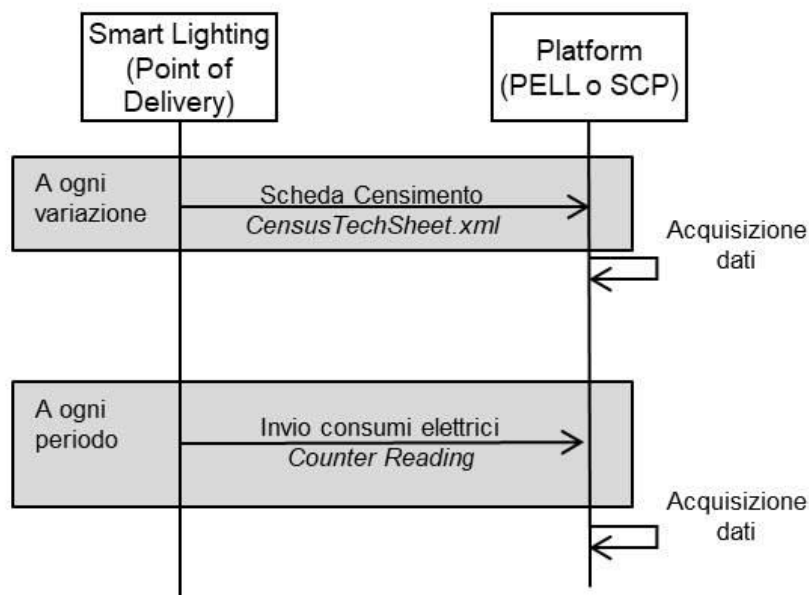
Lo scenario prevede che un gestore della Illuminazione Pubblica (IP), invii i consumi elettrici a:

- la piattaforma della città/distretto SCP (Smart City Platform), oppure
- la piattaforma nazionale PELL (Public Energy Living Lab) che raccoglie i consumi elettrici da tutte le municipalità aderenti per offrire un servizio di monitoraggio e benchmarking.

Tale scenario è rappresentato dal caso studio descritto in Figura 2 che definisce il flusso di dati che avviene tra un Gestore IP (o solution verticale "Smart Lighting" equivalente) e una Piattaforma ICT di integrazione (PELL o SCP) al fine di recuperare periodicamente i consumi elettrici dagli impianti IP.

Si ricorda che l'implementazione della prima transazione del diagramma di sequenza UML Figura 2 è supportata da specifiche per l'implementazione della Scheda Censimento in formato XML che sono fuori dall'ambito delle SCPS.





**Figura 2: Caso Studio “Smart Lighting to PELL”**

Relativamente all'implementazione della seconda transazione in figura, invece, la nuova versione delle specifiche “SCPS Information Level” supporta l'implementazione di 4 formati:

- Formato XML di rappresentazione dei consumi degli impianti trifase (aggiornamento del PAR2016);
- Formato JSON di rappresentazione dei consumi degli impianti trifase (nuovo)
- Formato XML di rappresentazione dei consumi degli impianti monofase (nuovo);
- Formato JSON di rappresentazione dei consumi degli impianti monofase (nuovo)

Relativamente al protocollo di comunicazione per supportare l'invio dei consumi elettrici periodici tramite invocazione del servizio *UrbanDatasetGateway*, la nuova versione delle “SCPS Communication Level”:

- definisce l'interfaccia del web service per il trasporto dei dati, andando a definire 10 metodi per abilitare la comunicazione client-server;
- è implementata con tecnologia RESTful nella “Smart City Platform Smart Village Casaccia” (prototipo SCP-ENEA) per permettere l'invio dei consumi elettrici nella sperimentazione dell'obiettivo “Piattaforma ICT per la gestione dello Smart District”.

L'ultima versione 1.0 delle SCPS si trova a questo URL: <http://smartcityplatform.enea.it/specification/>

### 1.6.3 Formato Dati XML e JSON

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

Le **Smart City Platform Specification (SCPS) Information Level** si trovano a questo URL <http://smartcityplatform.enea.it/specification/information/1.0/>

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 UrbanDataset
- 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' UrbanDataset 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'UrbanDataset, raggruppati in righe.

La definizione di un UrbanDataset 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 Studio in cui devono essere utilizzati.

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

Le specifiche SCPS mettono a disposizione un insieme predefinito di UrbanDataset da utilizzare in Casi Studio 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 gli UrbanDataset da utilizzare nell'ambito della Ricerca di Sistema elettrico, al fine da uniformare il formato dati con cui, in maniera ambivalente:

- le municipalità possono inviare i dati di consumo dell'IP alla piattaforma nazionale PELL;
- le Solution verticali "Smart Lighting" (Gestori) possono inviare i dati di consumo dell'IP alla piattaforma ICT orizzontale dello Smart District / della Smart City.

Gli UrbanDataset "Counter Reading" e "Counter Reading Monophase" consentono di inviare i dati relativi alle letture di consumo energetico degli impianti trifase e monofase parte della rete della pubblica d'illuminazione; sono stati definiti al fine di supportare lo scambio di informazioni nell'ambito del Caso Studio "Smart Lighting to PELL".

Nel corso della seconda annualità, partendo da uno studio realizzato nell'ambito del progetto PELL sui flussi di dati inviati trasmessi dagli Smart Meter usualmente applicati presso i quadri elettrici dell'IP, era stato definito un primo set di specifiche per l'invio dei dati relativi alle letture di consumo energetico degli impianti dell'IP (Modello Dati Astratto e implementazione XML dell'UrbanDataset "POD Reading").

Nel corso della terza annualità, da un ulteriore confronto con i gestori della rete dell'IP sul set di specifiche prodotte sono emerse delle differenze tra i set di dati inviati a seconda che l'impianto sia monofase o trifase; da qui la decisione di creare due UrbanDataset distinti, ognuno per lo specifico caso. Parallelamente è stato anche ritenuto opportuno utilizzare per i due UrbanDataset un nome più coerente con lo scopo degli UrbanDataset. Per rispondere a queste esigenze, l'UrbanDataset "POD Reading" è stato rinominato in "Counter Reading", aggiornato e specializzato per l'invio dei consumi relativi agli impianti trifase; è stato definito poi un nuovo UrbanDataset "Counter Reading Monophase" per l'invio dei consumi degli impianti monofase. I Modelli Dati Astratti specializzati per i due UrbanDataset sono riportati in Tabella 1 e Tabella 2

<b>UrbanDataset</b>	Counter Reading		
<b>Scopo</b>	Monitorare il consumo elettrico di un sistema di Illuminazione Pubblica con impianti trifase		
<b>Aggregazione spaziale</b>	City		
<b>Categoria / Sottocategoria</b>	Energy / Energy demand		
<b>Aggregazione temporale</b>	Valori totali		
<b>SPECIFICAZIONE DELL'URBANDATASET</b>			
<b>UrbanDatasetId</b>	CounterReading-1.0		
<b>UrbanDatasetUri</b>	<a href="http://smartcityplatform.enea.it/specification/semantic/1.0/ontology/scps-ontology-1.0.owl#CounterReading">http://smartcityplatform.enea.it/specification/semantic/1.0/ontology/scps-ontology-1.0.owl#CounterReading</a>		
<b>UrbanDatasetName</b>	Counter Reading		
<b>CONTESTUALIZZAZIONE DELL'URBANDATASET</b>			
	<b>Unità di Misura:</b>	<b>Formato</b>	<b>Descrizione / Esempio</b>
<b>Timestamp</b>	Adimensionale	Date-Time gg-mm-aaaaThh:mm:ss	Tempo di generazione dell'UrbanDataset
<b>Timezone</b>	Adimensionale	String	Es. UTC, UTC+01, UTC-05
<b>Coordinates</b>	Adimensionale	WGS84 (World Geodetic System)	Coordinate che identificano la posizione del centro dell'insieme di POD monitorati
<b>Producer</b>	Adimensionale	String	Identificatore del Sistema che ha prodotto i dati
<b>PROPRIETÀ DELL'URBANDATASET</b>			
	<b>Unità di Misura:</b>	<b>Formato</b>	<b>Descrizione / Esempio</b>
<b>PODID</b>	Adimensionale	String	Codice POD che identifica univocamente il punto di prelievo
<b>Start Period</b>	Adimensionale	Date - Time gg-mm-aaaaThh:mm:ss	Data/Ora di inizio del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017T14:00:00)
<b>End Period</b>	Adimensionale	Date - Time gg-mm-aaaaThh:mm:ss	Data/Ora in cui di fine del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017T14:30:00)
<b>activeEnergy</b>	kWh	Double	Energia attiva consumata
<b>voltagePhase1</b>	V	Double	Tensione della fase R
<b>voltagePhase2</b>	V	Double	Tensione della fase S
<b>voltagePhase3</b>	V	Double	Tensione della fase T
<b>currentLine1</b>	A	Double	Corrente della linea 1
<b>currentLine2</b>	A	Double	Corrente della linea 2
<b>currentLine3</b>	A	Double	Corrente della linea 3
<b>activePowerPhase1</b>	kW	Double	Potenza attiva fase R
<b>activePowerPhase2</b>	kW	Double	Potenza attiva fase S
<b>activePowerPhase3</b>	kW	Double	Potenza attiva fase T
<b>totalActivePower</b>	kW	Double	Potenza attiva totale
<b>powerFactorPhase1</b>	Adimensionale	Double	Fattore di potenza R
<b>powerFactorPhase2</b>	Adimensionale	Double	Fattore di potenza S
<b>powerFactorPhase3</b>	Adimensionale	Double	Fattore di potenza T
<b>reactivePowerPhase1</b>	kVAR	Double	Potenza reattiva R
<b>reactivePowerPhase2</b>	kVAR	Double	Potenza reattiva S
<b>reactivePowerPhase3</b>	kVAR	Double	Potenza reattiva T
<b>totalReactivePower</b>	kVAR	Double	Potenza reattiva totale
<b>apparentPowerPhase1</b>	kVA	Double	Potenza apparente S
<b>apparentPowerPhase2</b>	kVA	Double	Potenza apparente R
<b>apparentPowerPhase3</b>	kVA	Double	Potenza apparente T
<b>totalApparentPower</b>	kVA	Double	Potenza apparente totale
<b>reactiveEnergy</b>	kVARh	Double	Energia reattiva (inductiveEnergy + apactiveEnergy)

**Tabella 1: Modello Dati Astratto dell'UrbanDataset "Counter Reading"**

<b>UrbanDataset</b>	Counter Reading Monophase		
<b>Scopo</b>	Monitorare il consumo elettrico di un sistema di Illuminazione Pubblica con impianti monofase		
<b>Aggregazione spaziale</b>	City		
<b>Categoria / Sottocategoria</b>	Energy / Energy demand		
<b>Aggregazione temporale</b>	Valori totali		
<b>SPECIFICAZIONE DELL'URBANDATASET</b>			
<b>UrbanDatasetId</b>	CounterReadingMonophase-1.0		
<b>UrbanDatasetUri</b>	<a href="http://smartcityplatform.enea.it/specification/semantic/1.0/ontology/scps-ontology-1.0.owl#CounterReadingMonophase">http://smartcityplatform.enea.it/specification/semantic/1.0/ontology/scps-ontology-1.0.owl#CounterReadingMonophase</a>		
<b>UrbanDatasetName</b>	Counter Reading Monophase		
<b>CONTESTUALIZZAZIONE DELL'URBANDATASET</b>			
	<b>Unità di Misura:</b>	<b>Formato</b>	<b>Descrizione / Esempio</b>
<b>Timestamp</b>	Adimensionale	Date-Time gg-mm-aaaaThh:mm:ss	Tempo di generazione dell'UrbanDataset
<b>Timezone</b>	Adimensionale	String	Es. UTC, UTC+01, UTC-05
<b>Coordinates</b>	Adimensionale	WGS84 (World Geodetic System)	Coordinate che identificano la posizione del centro dell'insieme di POD monitorati
<b>Producer</b>	Adimensionale	String	Identificatore del Sistema che ha prodotto i dati
<b>PROPRIETÀ DELL'URBANDATASET</b>			
	<b>Unità di Misura:</b>	<b>Formato</b>	<b>Descrizione / Esempio</b>
<b>PODID</b>	Adimensionale	String	Codice POD che identifica univocamente il punto di prelievo
<b>Start Period</b>	Adimensionale	Date - Time gg-mm-aaaaThh:mm:ss	Data/Ora di inizio del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017T14:00:00)
<b>End Period</b>	Adimensionale	Date - Time gg-mm-aaaaThh:mm:ss	Data/Ora in cui di fine del periodo di rilevazione (es- 03-10-2017T14:30:00)
<b>activeEnergy</b>	kWh	Double	Energia attiva consumata
<b>voltagePhase</b>	V	Double	Tensione della fase
<b>currentLine</b>	A	Double	Corrente della linea
<b>activePowerPhase</b>	kW	Double	Potenza attiva fase
<b>powerFactorPhase</b>	Adimensionale	Double	Fattore di potenza
<b>reactivePowerPhase</b>	kVAR	Double	Potenza reattiva
<b>apparentPowerPhase</b>	kVA	Double	Potenza apparente
<b>reactiveEnergy</b>	kVARh	Double	Energia reattiva (inductiveEnergy + apactiveEnergy)

**Tabella 2: Modello Dati Astratto dell'UrbanDataset "Counter Reading Monophase"**

Le versioni più aggiornate dei template, che rappresentano l'implementazione del Modello Dati specializzato nelle sintassi XML e JSON, e delle guide prodotte per il Contesto Applicativo del PELL, sono pubblicati a questo URL: <http://smartcityplatform.enea.it/casestudies/pell/>

Di seguito un esempio di UrbanDataset "Counter Reading Monophase" in formato JSON.

```

{"UrbanDataset": {
  "specification": {
    "id": {
      "value": "CounterReadingMonophase-1.0"
    },
    "name": "Counter Reading Monophase",
    "uri": "http://smartcityplatform.enea.it/specification/semantic/1.0/ontology/scps-ontology-1.0.owl#CounterReadingMonophase"
  },
  "context": {
    "producer": {
      "id": "SmartLightingRM-01"
    },
    "timeZone": "UTC+1",
    "timestamp": "2018-11-05T17:33:53",
    "coordinates": {
      "format": "WGS84-DD",
      "latitude": 44.52,
      "longitude": 12.34
    },
    "language": "IT"
  },
  "values": {"line": [{
    "id": 1,
    "period": {
      "start_ts": "1000-12-31T00:00:00",
      "end_ts": "1000-12-31T23:59:00"
    },
    "property": [
      {
        "name": "ActiveEnergy",
        "val": "503023.4"
      },
      {
        "name": "PODID",
        "val": "IT120E12345678"
      },
      {
        "name": "ReactiveEnergy",
        "val": "31387.96"
      },
      {
        "name": "ActivePowerPhase",
        "val": "4.656"
      },
      {
        "name": "ApparentPowerPhase",
        "val": "0.871"
      },
      {
        "name": "CurrentLine",
        "val": "22.86"
      },
      {
        "name": "PowerFactorPhase",
        "val": "0.92"
      },
      {
        "name": "ReactivePowerPhase",
        "val": "0.248"
      },
      {
        "name": "VoltagePhase",
        "val": "222.8"
      }
    ]
  ]}]}}

```

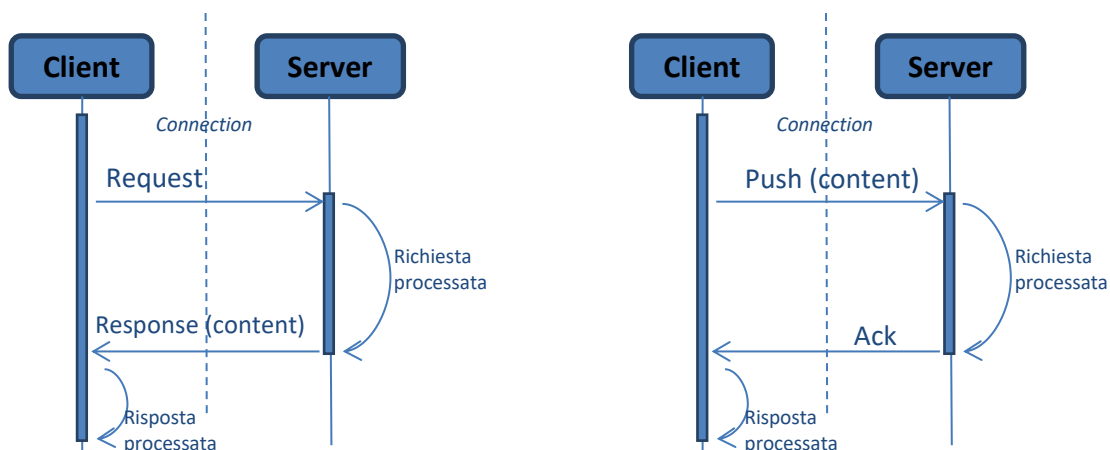
### 1.2.4 Trasporto Dati Web Service

Il web service “UrbanDatasetGateway” rappresenta il canale di comunicazione descritto nelle specifiche “Smart City Platform Specification Communication Level”; qui verrà data una descrizione dell’interfaccia sufficiente all’utilizzo nel contesto applicativo del PELL.

Le **Smart City Platform Specification (SCPS) Communication Level** si trovano a questo URL

<http://smartcityplatform.enea.it/specification/communication/1.0/>

Le specifiche *SCPS Communication Level* mettono a disposizione due pattern architetturali: REQUEST/RESPONSE e PUSH; nel corso della seconda annualità, il pattern ipotizzato per la comunicazione è stato il REQUEST/RESPONSE; nel corso della terza annualità, si è deciso di supportare a livello di specifiche SCPS entrambi i pattern architetturali ma, nello sviluppo della comunicazione tra Solution “Smart Lighting” e piattaforma ICT dello Smart District, si è implementato e testato solo il pattern PUSH; implementare il pattern REQUEST/RESPONSE implicherebbe, lato server (gestore/solution), di implementare un sistema di autenticazione.



**Figura 3: Pattern Request /Response (sinistra) Pattern Push (destra)**

Nelle chiamate web service su HTTP, il pattern PUSH viene implementato in modo sincrono: nella richiesta dal componente Client si invia l’UrbanDataset JSON e si mantiene una connessione aperta fino a quando la risposta del componente Server, oppure scade un timer (dunque è bloccante) (Figura 3: Pattern Request /Response (sinistra) Pattern Push (destra)).

Adottando il pattern PUSH, nel caso studio “Smart Lighting to PELL”, si intende la seguente implementazione di servizio, per l’INVIO dell’UrbanDataset “Counter Reading”:

- Il componente Client del Gestore/Solution effettua una PUSH per INVIARE l’UrbanDataset “Counter Reading” al componente Server della Piattaforma di integrazione (PELL o SCP);
- Il componente Server della Piattaforma di integrazione (PELL o SCP) autentica il client, riceve l’UrbanDataset con i consumi elettrici, e restituisce come risposta un codice e un messaggio per comunicare l’avvenuto successo o fallimento della transazione.

### 1.6.5 UrbanDatasetGateway Interface

La seguente tabella descrive l'interfaccia del Web Service *UrbanDatasetGateway* a prescindere dall'implementazione.

Servizio	UrbanDatasetGateway	
Metodi	test()	permette a un client di testare la presenza del web service
	login (username, password)	permette a un client di autenticarsi presso il servizio che espone questo metodo tramite username e password e ricevendo un token JWT (stringa) che utilizzerà nelle successive chiamate
	logout ( )	permette a un client di annullare l'autenticazione presso il servizio che espone questo metodo rendendo invalido il token ricevuto nella precedente chiamata di login
	isAlive ( )	permette di verificare che il token sia ancora valido
	push (dataset)	permette di inviare un Urban Dataset tramite una singola chiamata PUSH
	basicRequest (resource_id)	permette di richiedere un Urban Dataset tramite una singola chiamata REQUEST/RESPONSE senza raffinamento della ricerca.
	specificRequest (resource_id, timestamp)	permette di richiedere un particolare Urban Dataset generato a uno specifico Timestamp, tramite una singola chiamata REQUEST/RESPONSE
	delete (resource_id, timestamp)	permette di eliminare uno specifico Urban Dataset
	searchingRequest (resource_id, period_start*, period_end*, center_latitude*, center_longitude, radius*)	permette di richiedere un Urban Dataset tramite una singola chiamata REQUEST/RESPONSE con raffinamento spazio-temporale della ricerca a livello di context (elemento di contestualizzazione UD presente nel formato)
	deepSearchingRequest (resource_id, period_start*, period_end*, center_latitude*, center_longitude, radius*)	permette di richiedere un Urban Dataset tramite una singola chiamata REQUEST/RESPONSE con raffinamento spazio-temporale della ricerca a livello di linea (elementi di specificazione dei record di valori del dataset, presenti nel formato)

\*valori opzionali

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

Per gestire i possibili errori che possono verificarsi, vengono indicati alcuni codici relativi alla comunicazione basata su specifiche SCPS che devono essere contenuti nella risposta.

Si veda l'appendice A delle "SCPS Communication Level" per una descrizione completa di tutti i codici.

Verranno riportati di seguito i due metodi necessari per una Solution verticale "Smart Lighting" per integrarsi a una piattaforma di integrazione (PELL o SCP) che implementi l'UrbanDatasetGateway con tecnologia RESTful, attraverso le chiamate al metodo di *login* e al metodo di *push*.

### 1.6.6 login REST method

Il metodo “login” permette a un client di autenticarsi presso il servizio che espone questo metodo tramite username e password e ricevendo un token (stringa) che utilizzerà nelle successive chiamate.

General	
Servizio	[URL_BASE]/UrbanDatasetGateway
Metodo	[URL_BASE]/UrbanDatasetGateway/login
Tipo Chiamata	POST
Header	
Content-Type	application/json
Accept	application/json
Body	
Type	URLencoded form data
Parametri	username=[string/string]
	password=[string/string]
Esempio	{ "username": "myusername", "password": "mypassword" }
Return	
Success	{ "code": "01", "message": "Authentication Successful", "token": "[JWT-TOKEN]" }
Failure	{ "code": "11", "message": "Authentication Failure", "token": "" }
Esempio di Success	{ "code": "01", "message": "Authentication Successful", "token": "eyJraWQiOiIzMUUzRDZaM0xaMVdFSEJGWVRQRksxRzY4liwiYWxnIjoicSFMyNTYifQ.e yJqdGkiOiI2a3NjVFMjUjZuYU3c1RhZ0h0aWFXIiwiaWF0IjoxNDQ1ODU0Njk0LCJpc3M iOiJodHRwczovL2FwaS5zdG9ybXBhdGguY29tL3YxL2FwcGxpY2F0aW9ucy8zUUINbEpL S04yd2hHQ1I6WFh3MXQ4Iiwic3ViljoiaHR0cHM6Ly9hcGkuc3RvcmlwYXRoLmNvbS92 MS9hY2NvdW50cy8xeG15U0dLMXB5Vvc1c25qOENvcml1liwiZXhwIjoxNDQ1ODU4 Mjk0LCJydGkiOiI2a3NjVE9pTUNESVZWM05qVTlyUnlITIn0.VJyMOicMOdcOCtytsx4hoP Hy3HI3AfGNfi2ydy8AmG4" }

Internamente, il componente server che espone il servizio e riceve la chiamata al metodo “login”, effettua il servizio di autenticazione per il client chiamante; può essere chiamata una terza parte (p.es. un server di autenticazione dedicato).

Il valore di ritorno riporta il codice SCPS di ritorno (si veda Appendice A delle specifiche SCPS Communication Level), il relativo messaggio e, in caso di successo, il JSON Web Token.



### 1.6.7 Push REST method

Il metodo “push” permette di inviare un Urban Dataset tramite una singola chiamata PUSH.

General	
Servizio	[URL_BASE]/UrbanDatasetGateway
Metodo	[URL_BASE]/UrbanDatasetGateway/push
Tipo Chiamata	POST
Header	
Content-Type	application/json
Accept	application/json
Authorization	Bearer [JWT-TOKEN]  Dove [JWT-TOKEN] = token di autenticazione per l’accesso ai dati, rilasciato dal metodo di login
Body	
Parametri	resource_id=[string/resource_id] identifica univocamente un Urban Dataset prodotto da una specifica Solution producer (segue la sintassi definita nelle SCPS Core (Appendice B.3)
	dataset=[string/dataset] la rappresentazione dell’Urban Dataset secondo specifiche SCPS in formato JSON
Esempio	{ "resource_id": "SCP-1_SmartBuildingCasaccia-3_SmartBuildingAnomalies-1.0_20180125120000", "dataset": { "UrbanDataset": { "specification": { ... } ... } } }
Return	
Success	{ "code": "02", "message": "Push Successful" }
Failure	{ "code": "[CODE]", "message": "[MSG]" } Dove [CODE] e [MSG] assumono specifici valori dipendentemente dal tipo di errore riscontrato (si veda la lista completa dei codici di ritorno in Appendice A)

Nel metodo “push”:

- si verifica il token e si recupera il ruolo per quello user;
- si verifica la “buona forma” del resource\_id (ovvero l’identificatore della risorsa inviata);
- se il client è abilitato per quell’invio e l’UD è valido, allora l’UD è accettato e memorizzato nel database;
- viene ritornato un codice di ritorno (si veda Appendice A delle SCPS) con relativo messaggio.

Il Caso Studio implementato e sperimentato è il seguente: la Solution “Smart Lighting Casaccia” invoca il metodo “push” per inviare l’UD “Counter Reading” alla Smart City Platform “Smart Village Casaccia”.

## 1.7 Specifiche di contenuto di riferimento PELL – Illuminazione Pubblica

In questa annualità è stato completato il processo, avviato nella scorsa annualità, di messa a punto di percorsi per la produzione di meta informazioni relativi ai dati prodotti nell'ambito del PELL IP secondo le direttive INSPIRE.

Questa attività ha visto quindi la trasformazione dei dati contenuti nella scheda censimento PELL per l'Illuminazione Pubblica secondo lo standard del SINFI (riferimenti legislativi <http://www.sinfi.it/>) per quanto riguarda la loro raccolta, trasmissione ed immagazzinamento nella Piattaforma PELL così da consentire al DB del PELL di divenire un riferimento nazionale per l'Illuminazione Pubblica.

### 1.7.1 Il Data model PELL - Illuminazione Pubblica

In collaborazione con AgID (Agenzia per l'Italia Digitale) sono state prodotte e pubblicate il 14 settembre 2018 le **“Specifiche di contenuto di riferimento PELL - Illuminazione Pubblica”** (Figura 4) che costituiscono la base per l'avvio di un censimento omogeneo dell'Illuminazione Pubblica a livello nazionale e la costituzione di un database strategico, e sono il risultato dell'attività svolta da ENEA in collaborazione con l'Agenzia per l'Italia Digitale, nell'ambito del Progetto PELL (Public Energy Living Lab), focalizzato sull'infrastruttura dell'Illuminazione Pubblica (IP) (link: <http://geodati.gov.it/geoportale/17-avviso/303-pubblicata-la-versione-1-0-1-delle-specifiche-pell-illuminazione-pubblica>).

L'obiettivo della specifica tecnica (di seguito richiamata con il termine data model) è quello di garantire la raccolta standardizzata delle informazioni strategiche dell'infrastruttura IP in un'ottica di interoperabilità dei sistemi informativi, di condivisione dei dati tra soggetti interessati e in particolare di fornitura di servizi alle pubbliche amministrazioni. In tal senso è stata assicurata la coerenza con le specifiche già in uso (regole tecniche sui DBGT) e, in particolare, con le il modello dati SINFI, anche attraverso il contributo di Infratel Italia, incaricato della gestione del SINFI per conto del MISE. L'adesione al PELL consente alle amministrazioni di poter fruire di un insieme di servizi volti a monitorare e valutare lo stato degli impianti e il loro livello tecnologico/prestazionale.

Il Progetto PELL, avviato nel 2014 da ENEA su finanziamento del MISE, ha l'obiettivo 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 e dallo sviluppo di protocolli di scambio dei dati che ne consentano l'operabilità per approdare, in ultimo, alla creazione di un vero e proprio catasto nazionale, strutturato in un DB interoperabile e alla realizzazione di un tool di monitoraggio e valutazione delle prestazioni dei servizi.

Il modello di raccolta dei dati definito nel progetto PELL IP, a seguito della collaborazione con AgID, è stato quindi elaborato come un modello di riferimento per il censimento degli impianti di Illuminazione pubblica e definito come “Specifiche di contenuto di riferimento PELL - IP”, divenendo il punto di confluenza delle attività ENEA per il monitoraggio dei dati d'identità e consumo delle infrastrutture pubbliche energivore, e quelle di AgID rivolte alla interoperabilità dei sistemi informativi e al coordinamento informatico dell'amministrazione centrale, regionale e locale, nonché alla valorizzazione del patrimonio informativo pubblico e al supporto di progetti innovativi connessi all'attuazione dell'Agenda digitale. Le “Specifiche di contenuto di riferimento PELL - IP” sono state definite mediante una struttura che consente di riferire e contenere sia i dati tematici propri dell'illuminazione pubblica (PELL), sia un sottoinsieme di dati territoriali di base rappresentativi dell'attività antropica (principalmente derivati dai DataBase Geotopografici regionali). In questo modo viene altresì promosso il censimento georeferenziato delle componenti energivore nonché l'evoluzione e l'estensione della rappresentazione dei dati, inserendo anche quelli georeferenziati, relazionando così l'illuminazione pubblica al contesto territoriale in cui insiste.

Tenuto conto della logica dell'interoperabilità, anche per le finalità contemplate dalla direttiva INSPIRE, la maggior parte dei dati previsti dalle Specifiche e utilizzati dal PELL IP, sono condivisi con il sistema informativo SINFI, comportando, tra l'altro, una semplificazione delle attività di implementazione della piattaforma PELL, anche attraverso il riuso di componenti di sistemi informatici già sviluppati per il SINFI, e il conseguente uso condiviso (senza duplicazioni) dei dati territoriali comuni ai due sistemi.



**Figura 4: Data model PELL Illuminazione Pubblica**

Il data model è costituito da 174 campi direttamente riconducibili all'infrastruttura dell'illuminazione pubblica (oltre ai campi specifici riferiti ai dati territoriali di base rappresentativi per attività antropica) dei quali 107 sono dati "da popolare Obbligatoriamente" discriminati con la lettera P), 49 sono facoltativi (discriminati senza la lettera P) e 18 sono dati che presentano la cardinalità (0...1) per cui ammettono, in prima battuta, anche un dato nullo che successivamente dovrà essere valorizzato.

Il data model PELL IP di fatto aggiunge il TEMA 0708 – Illuminazione Pubblica allo "strato 07 Reti di sotto servizi" che si occupa di tutte le reti interrate.

Il tema 0708 – IP definisce l'organizzazione del sistema di rilevamento degli impianti di illuminazione al servizio di vie e piazze pubbliche, di luoghi pubblici in genere, comprese le aree di pertinenza, i cui costi energetici e manutentivi sono sostenuti direttamente o, tramite concessione, da enti locali, compresi gli impianti corredati da sistemi di rilevazione del fabbisogno d'illuminazione e conseguenti meccanismi di regolazione dell'intensità del flusso luminoso. I concetti su cui si fonda la strutturazione del tema, riguardano le modalità con cui devono essere descritti gli elementi utili alla conoscenza ed al monitoraggio del processo gestionale delle infrastrutture e dei servizi di pubblica illuminazione.

La strutturazione in Classi considera sia l'esigenza di censire puntualmente i dati degli impianti (POD, quadri elettrici e punti luce), sia la conoscenza del contesto territoriale in cui gli stessi sono collocati (zone omogenee e altre Classi del soprasuolo) al fine di rendere più efficaci gli impianti rispondendo in maniera più efficiente alle esigenze dei cittadini e del Paese (Figura 5).

A titolo di esempio si riporta la pagina del data model relativo a " Anagrafica Illuminazione Pubblica"

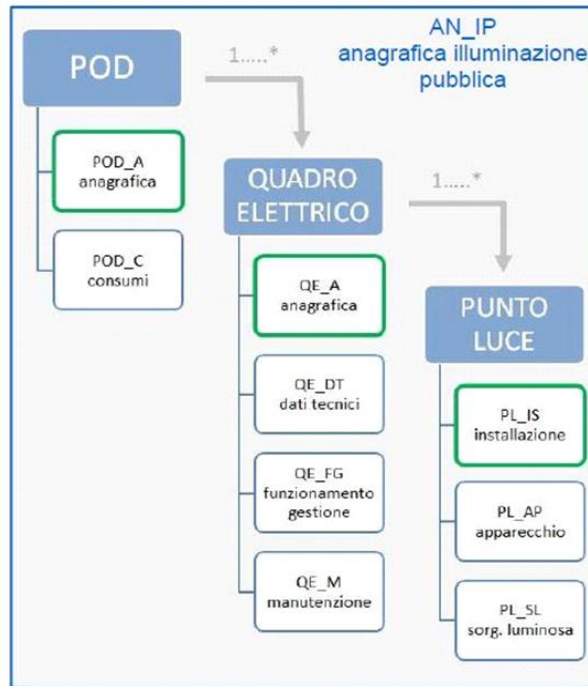


Figura 5: Struttura in classi del data model

CLASSE: Anagrafica illuminazione pubblica (AN\_IP - 070804)

				PELL
Popolamento della classe				P

**Definizione**  
Ambito amministrativo afferente l'impianto di illuminazione pubblica. Relazionata spazialmente alla Classe "090101 Comune" delle regole tecniche sui database geotopografici (allegato DM 10 novembre 2011)

Attributi				
Attributi della classe				PELL
07080101	AN_IP_IST	codice istat comune	NumericString (16)	P
Codice ISTAT del comune a cui afferisce l'anagrafica. Relazionato con l'attributo "09010101 COMUNE_IST" della Classe "090101 - Comune"				
07080102	AN_IP_NOM	nome comune [1..*]	Multilinguismo (DataType)	P
Nome del Comune a cui si riferisce l'anagrafica dell'illuminazione pubblica. Relazionato con l'attributo "09010102 COMUNE_NOM" della Classe "090101 - Comune"				
07080103	AN_IP_REG	regione	String (40)	P
Regione di appartenenza dell'anagrafica				
07080104	AN_IP_N_AB	numero di abitanti	Integer	P
Numero di abitanti				
07080105	AN_IP_SUP	superficie (km2)	Real	P
Superficie complessiva servita dall'anagrafica				
07080106	AN_IP_RE_C	responsabile comunale	String (50)	P
Cognome e nome del responsabile comunale dell'anagrafica				
07080107	AN_IP_GEST	nome gestore	String (50)	P
Nome del gestore dell'anagrafica				
07080108	AN_IP_GE_F	gestione impianto a forfait	Boolean	P
Discrimina le anagrafiche con impianti di illuminazione pubblica gestiti a forfait				
07080109	AN_IP_N_FL	punti luce totali	Integer	P
Numero di punti luce associati all'anagrafica				
07080110	AN_IP_N_FR	numero di punti luce di proprietà	Integer	P
07080181	AN_IP_MET	metadati di istanza	Metadati di istanza (DataType)	P

Componenti spaziali della classe				PELL
070801102	AN_IP_EXT	Estensione	GU_CXSurface2D - Complex Surface 2D	P

Figura 6: Anagrafica IP

Il data model è stato inserito nel bando di Consip Luce 4 e sarà adottato per effettuare il censimento degli impianti afferenti ai lotti assegnati con il Bando stesso.

### 1.7.2 Il Formato di scambio dati PELL - Illuminazione Pubblica

Il Data model "PELL - Illuminazione pubblica" costituisce un modello di riferimento condiviso che, in modo indipendente da qualsiasi formato elettronico di scambio dati, rappresenta e definisce l'insieme delle informazioni necessarie per descrivere gli impianti di Pubblica Illuminazione di un Comune. Più precisamente, il data model definisce la semantica delle informazioni da raccogliere (specificandone significato, obbligatorietà, liste e intervalli di valori ammessi, etc...), ma non fornisce alcuna indicazione sulla sintassi, ovvero sul formato da adottare per lo scambio elettronico delle informazioni.

Quindi, al fine di evitare la libera scelta sul formato e favorire quanto più possibile l'interoperabilità tra i sistemi aderenti al PELL, è stato ritenuto opportuno identificare un formato per strutturare e raccogliere i dati in maniera uniforme e, conseguentemente, fornire una specifica di riferimento per la sua implementazione.

La scelta del **formato** è caduta sullo **standard XML** (eXtensible Markup Language) del W3C<sup>1</sup> che, oltre ad essere uno standard di pubblico dominio, offre i seguenti vantaggi:

- diffusione
- indipendenza dal tipo di piattaforma hardware e software su cui viene utilizzato e dai dispositivi di archiviazione e visualizzazione
- possibilità di realizzare documenti XML modulari e leggibili da umani (con strutture ben definite, nomi dei tag comprensibili e possibilità di aggiungere commenti e documentazione) ma al tempo stesso trattabili automaticamente dalle macchine
- disponibilità di applicazioni e librerie open source per la manipolazione di dati in formato XML basate su diversi linguaggi di programmazione (Java, Python, Perl, PHP...)
- disponibilità di linguaggi per definire le regole di costruzione (struttura, tipi di dato, liste e intervalli di valori ammessi) e di validazione documenti XML (ad esempio XML Schema<sup>2</sup>)
- estensibilità e flessibilità (non c'è limite alle informazioni che si possono aggiungere in un documento XML e la struttura del documento definita in un primo momento può essere ampliata garantendo la retrocompatibilità).

Coerentemente con la scelta fatta, come **specifica** di riferimento per l'implementazione in formato XML del data model PELL è stato progettato e realizzato un **XML Schema** (di seguito richiamato con il termine **CensusTechSheet.xsd**).

Il *CensusTechSheet.xsd* definisce struttura e regole per la creazione di un documento XML che, potenzialmente, può contenere tutti i 174 campi definiti nel data model e presenta le seguenti caratteristiche:

- ogni elemento XML implementa o una classe o un campo del data model; nel caso in cui implementi un campo ne rispetta il tipo, l'eventuale lista o intervallo di valori ammessi e le regole di obbligatorietà e ammissibilità di valori nulli
- gli elementi XML che implementano le classi del data model aggregano elementi XML che implementano campi e/o altre classi; in questo modo l'intera la struttura del documento XML segue l'organizzazione in classi definita dal data model tutti gli elementi XML corrispondenti alle varie classi del data model sono obbligatori poiché esso impone che tutte le classi siano popolate

---

<sup>1</sup> <https://www.w3.org/XML/>

<sup>2</sup> <https://www.w3.org/XML/Schema>

- per i nomi degli elementi XML è stato scelto di non utilizzare i nomi dei campi del data model ma dei nomi in lingua inglese sia per rendere le etichette "parlanti", sia per predisporre il formato ad un eventuale ambito di utilizzo internazionale.

A titolo di esempio, Figura 7 mostra un sottoinsieme del *CensusTechSheet.xsd*; in particolare, gli elementi in figura implementano le seguenti classi/elementi del data model:

- Area --> classe "Ambito omogeneo per la metainformazione" (META - 000202)
- PLSystemGeneralData --> classe "Anagrafica illuminazione pubblica" (AN\_IP - 070801)
- POD che aggrega
  - PODCod --> elemento "codice pod" (POD\_COD - 07080201 e 07080301)
  - PODGeneralData --> classe "Pod – anagrafica del punto di prelievo dell'elettricità" (POD\_A - 070802)
  - PODConsumptionData --> classe "Pod - consumi" (POD\_C - 070803)
- ElectricPanel --> aggrega gli elementi che implementano le classi relative al "Quadro elettrico"
- LightSpot --> aggrega gli elementi che implementano le classi relative al "Punto luce"
- HomogeneousArea --> classe "Zone omogenee" (ZO - 070812).

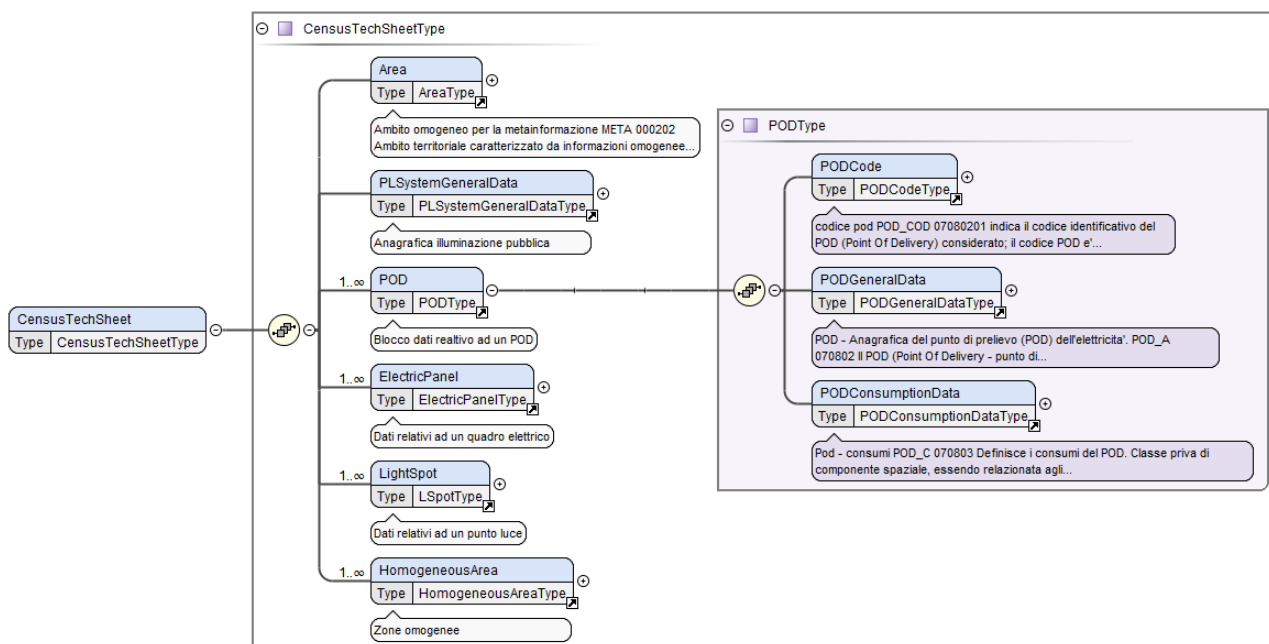


Figura 7 Screenshot del *CensusTechSheet.xsd*

Al fine di facilitare gli implementatori, nel *CensusTechSheet.xsd* sono stati inseriti blocchi di documentazione (conformi allo standard XML Schema) che esplicitano la mappatura tra gli elementi del data model e gli elementi XML. In particolare, utilizzando il blocco "xsd:annotation/xsd:documentation", per ogni elemento vengono fornite le seguenti informazioni estratte dal data model:

- codice numerico
- codice alfabetico
- nome
- descrizione (se fornita nel data model).

Per meglio chiarire questo aspetto, si consideri, ad esempio, il campo "codice istat" mostrato nel frammento di

di	data	model	riportato	in
----	------	-------	-----------	----

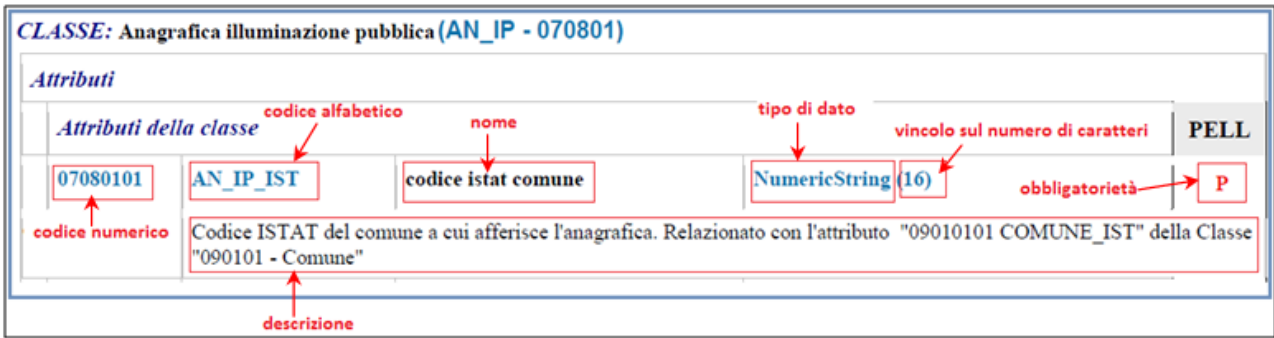


Figura 8.

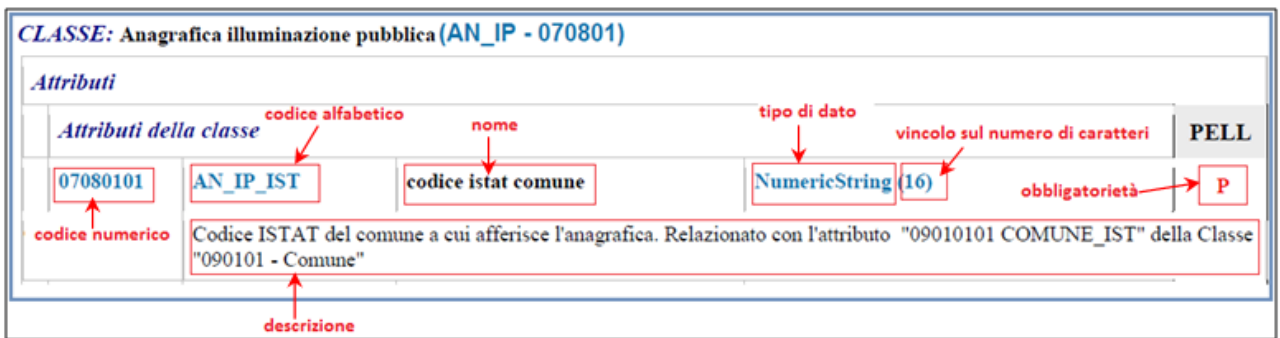


Figura 8: Esempio di campo del data model

La mappatura a livello di *CensusTechSheet.xsd* relativa a questo campo del data model è mostrata in Figura 9 in cui è riportata la definizione del tipo XML "PLSystemGeneralDataType" che implementa la classe del data model "Anagrafica illuminazione pubblica" a cui appartiene il campo "codice istat":

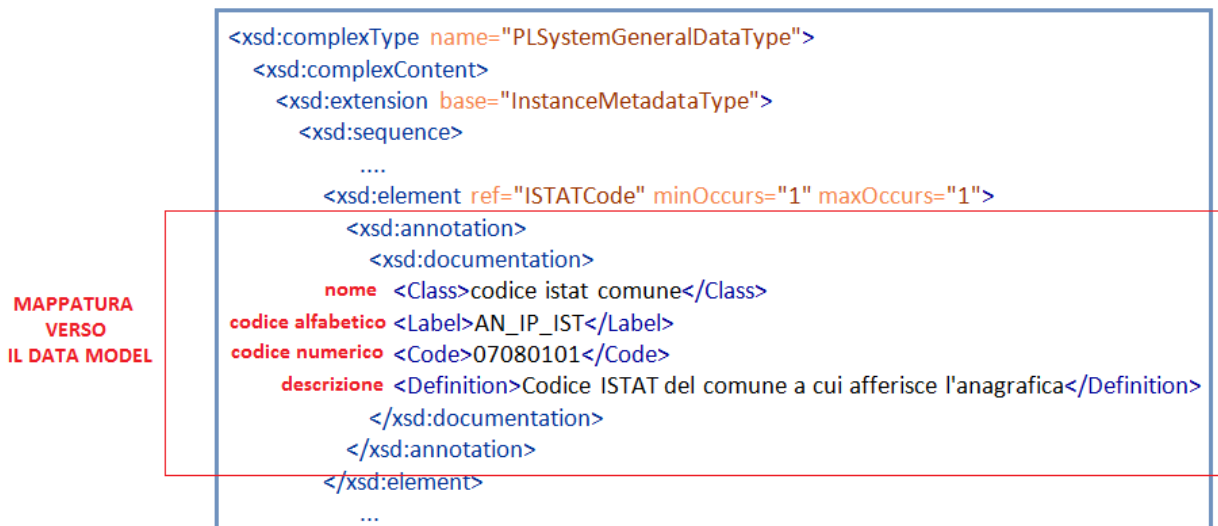


Figura 9 Esempio di mappatura verso data model

Figura 10, invece, riporta il frammento del *CensusTechSheet.xsd* relativo alla dichiarazione dell'elemento XML che implementa il campo "codice istat" e la definizione del suo tipo (si noti la corrispondenza del tipo di dato e il vincolo sul numero di caratteri indicati nel data model):

```

<xsd:element name="ISTATCode" type="ISTATCodeType"/>

<xsd:simpleType name="ISTATCodeType">
  <xsd:restriction base="xsd:string"> ← tipo di dato
    <xsd:maxLength value="16"/>
  </xsd:restriction>
</xsd:simpleType>

```

vincolo sul numero di caratteri

**Figura 10** Esempio di dichiarazione di elemento XML e definizione del suo tipo

L'XML Schema *CensusTechSheet.xsd* è l'unico riferimento normativo per l'implementazione in formato XML del data model PELL e la validazione delle istanze.

Tuttavia, per supportare gli sviluppatori e gli utenti che dovranno realizzare delle Schede censimento XML compilate, è stato realizzata anche una "Guida all'implementazione in formato XML del data model PELL". Questa guida fornisce una rappresentazione semplificata del *CensusTechSheet.xsd*, completa di descrizione degli elementi che lo compongono e, coerentemente con quanto documentato nell'XML Schema, della loro mappatura verso il data model.

Se ne riportano due frammenti a titolo di esempio: Figura 11 che illustra la copertina della Guida e primo livello di rappresentazione del *CensusTechScheet.xsd*, Figura 12 che mostra la rappresentazione degli elementi che implementano la classe *POD\_A*.



# GUIDA ALL'IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO ASTRATTO PER PER LA SCHEDA CENSIMENTO PELL

Nome file: CensusTechSheet-ImplementationGuide.html

Versione: Draft 9

Ultimo aggiornamento: 31/10/2018

Note: Questo documento puo' essere visualizzato correttamente con browser Mozilla, Opera, Chrome e IE (versioni < 8.x)

## Indice

- [1. Contesto](#)
- [2. Struttura](#)
- [Riferimenti](#)

### 1. Contesto

Questo documento costituisce una guida all'implementazione in formato XML del Modello Dati definito dalle "Specifiche di contenuto di riferimento PELL - illuminazione pubblica - versione 1.0.1 (14 settembre 2018)" [1].

Le istanze XML implementate secondo la struttura qui descritta devono essere valide rispetto allo schema CensusTechSheet.xsd fornito insieme a questo documento e che costituisce l'UNICO riferimento normativo per la validita' dei documenti XML; tale XML Schema utilizza le specifiche OpenGIS, in particolare il vocabolario appartenente al namespace "http://www.opengis.net/gml/3.2".

### 2. Struttura

Tutti i dati che possono essere contenuti nei documenti XML sopracitati sono illustrati nella seguente tabella dove:

1- la colonna 'Elemento' indica gli elementi richiesti (secondo la posizione e la cardinalita' indicate), dove:

- i due numeri che seguono ciascun elemento indicano la sua 'cardinalita' (numero minimo e massimo di ripetizioni ammesse); il numero minimo uguale a 0 indica un elemento opzionale, il numero minimo maggiore o uguale a 1 indica un elemento obbligatorio;
- il simbolo '+' denota gli elementi 'complessi' ovvero aggregati di dati elementari;
- il simbolo '@' denota un attributo riferito all'elemento che lo precede nella tabella; la condizione d'uso (required, optional, ecc.) e' indicata fra parentesi quadre;

2- la colonna 'Descrizione' fornisce la mappatura di ciascun elemento verso gli elementi del Modello Dati [1]; in particolare:

- il 'nome esteso' con cui l'elemento è identificato nel modello dati astratto ('Class');
- il 'tag' con cui l'elemento è identificato nel modello dati astratto e nei database sulla base dei quali il modello è stato realizzato ('Label');
- il 'codice' con cui l'elemento è identificato nel Modello Dati ('Code');
- la descrizione dell'elemento('Definition')
- l'eventuale lista di codici da utilizzare per l'elemento ('codelist info')
- eventuali altri vincoli sul contenuto dell'elemento, ad esempio massima lunghezza caratteri ('facets info info')
- il tipo da cui è stato derivato l'elemento ('derivation info')

NOTA BENE: gli elementi/attributi il cui nome e' preceduto dal prefisso "gml" appartengono al namespace "http://www.opengis.net/gml/3.2"

Elemento	Descrizione
- <b>CensusTechSheet</b>	
+ <b>Area (1-1)</b>	Class: Ambito omogeneo per la metainformazione Label: META Code: 000202 Definition: Ambito territoriale caratterizzato da informazioni omogenee rispetto ad un sottoinsieme sintetico di metadati
+ <b>PLSystemGeneralData (1-1)</b>	Definition: Anagrafica illuminazione pubblica
+ <b>POD (1-unbounded)</b>	Definition: Blocco dati realtivo ad un POD
+ <b>ElectricPanel (1-unbounded)</b>	Definition: Dati relativi ad un quadro elettrico
+ <b>LightSpot (1-unbounded)</b>	Definition: Dati relativi ad un punto luce
+ <b>HomogeneousArea (1-unbounded)</b>	Definition: Zone omogenee

### Riferimenti

[1] Specifiche di contenuto di riferimento PELL - illuminazione pubblica - versione 1.0.1 (14 settembre 2018) [http://geodati.gov.it/geoportale/dati/territoriali/regole\\_tecniche](http://geodati.gov.it/geoportale/dati/territoriali/regole_tecniche)

Figura 11 Guida all'implementazione - copertina e primo livello di rappresentazione del CensusTechSheet.xsd

<b>- POD (1-unbounded)</b>		<i>Definition:</i> Blocco dati realtivo ad un POD
PODCode (1-1)		<p><i>Class:</i> codice pod  <i>Label:</i> POD_COD  <i>Code:</i> 07080201  <i>Definition:</i> indica il codice identificativo del POD (Point Of Delivery) considerato: il codice POD e' un codice composto da 14 caratteri che identifica in modo certo il punto fisico sulla rete di distribuzione nel territorio nazionale in cui l'energia viene consegnata dal fornitore e prelevata dal cliente finale  <i>facets info:</i>  <i>length:</i> 14  <i>derivation info:</i>                      PODCodeType <b>restrict</b> xs:string</p>
<b>- PODGeneralData (1-1)</b>		<p><i>Class:</i> POD - Anagrafica del punto di prelievo (POD) dell'elettricit�.  <i>Label:</i> POD_A  <i>Code:</i> 070802  <i>Definition:</i> Il POD (Point Of Delivery - punto di prelievo dell'elettricit�) identifica in modo certo il punto fisico sulla rete di distribuzione nel territorio nazionale in cui l'energia viene consegnata dal fornitore e prelevata dal cliente finale. e' identificato con un codice alfanumerico (14 caratteri) che serve ad individuare con precisione l'utenza. Il POD e' il punto di riferimento per la contabilizzazione del consumo di energia elettrico. In un comune possono esserci pi� POD, in relazione alle dimensioni del Comune. Ad ogni POD possono essere associati 1 o pi� quadri elettrici</p>
ValidityStartDate (1-1) [nillable]		<p><i>Class:</i> inizio validita' del dato  <i>Label:</i> DATA_INI  <i>Code:</i> 01</p>
ValidityEndDate (1-1) [nillable]		<p><i>Class:</i> fine validita' del dato  <i>Label:</i> DATA_FIN  <i>Code:</i> 02</p>
Source (1-1)		<p><i>Class:</i> fonte del dato  <i>Label:</i> FONTE  <i>Code:</i> 03  <i>codelist info:</i>                      Source [mandatory]                      ▼  <i>derivation info:</i>                      SourceType <b>restrict</b> xs:string</p>
Scale (1-1)		<p><i>Class:</i> scala  <i>Label:</i> SCALA  <i>Code:</i> 04  <i>Definition:</i> scala di riferimento dell'oggetto  <i>codelist info:</i>                      Scale [mandatory]                      ▼  <i>derivation info:</i>                      ScaleType <b>restrict</b> xs:string</p>
<b>+ gml:Point (1-1)</b>		<p><i>Class:</i> Posizione  <i>Label:</i> POD_A_POS  <i>Code:</i> 070802101  <i>Definition:</i> corrisponde alla localizzazione geografica del POD</p>
Toponym (1-1)		<p><i>Class:</i> toponimo stradale pod  <i>Label:</i> POD_A_TOP  <i>Code:</i> 07080202  <i>Definition:</i> Nome della strada, via o piazza o largo, etc., comprensivo di apposizione. Unitamente all'attributo "07080203 -POD_RIF" (elemento StreetNumber) compone l'indirizzo  <i>facets info:</i>  <i>maxLength:</i> 100  <i>derivation info:</i>                      LongStringType <b>restrict</b> xs:string</p>
LocationReference (1-1) [nillable]		<p><i>Class:</i> riferimento localizzazione  <i>Label:</i> POD_A_RIF  <i>Code:</i> 07080203  <i>Definition:</i> riporta l'eventuale numero civico associato al POD o un testo che ne descriva la proximit� ad un oggetto territoriale conosciuto  <i>facets info:</i>  <i>maxLength:</i> 100  <i>derivation info:</i>                      LongStringType <b>restrict</b> xs:string</p>
DetectionDate (1-1)		<p><i>Class:</i> data del rilievo  <i>Label:</i> POD_A_RIL  <i>Code:</i> 07080204  <i>Definition:</i> indica la data in cui e' stato effettuato il rilievo della situazione del POD in situ</p>
VarietyFlag (1-1)		<p><i>Class:</i> promiscuita'  <i>Label:</i> POD_A_PR  <i>Code:</i> 07080205  <i>Definition:</i> Indica la presenza di situazioni di promiscuita' elettrica (true = presenza di situazioni di promiscuita', false = assenza di situazioni di promiscuita')</p>
NumberOfElectricPanels (1-1)		<p><i>Class:</i> numero quadri elettrici  <i>Label:</i> POD_A_N-Q  <i>Code:</i> 07080206  <i>Definition:</i> numero quadri elettrici afferenti il POD</p>
NumberOfElectricPanelsToBeChanged (1-1) [nillable]		<p><i>Class:</i> numero quadri elettrici da sostituire  <i>Label:</i> POD_A_N-QS  <i>Code:</i> 07080207  <i>Definition:</i> numero quadri elettrici afferenti il POD da sostituire</p>
NumberOfElectricPanelsToBeReconditioned (1-1) [nillable]		<p><i>Class:</i> numero quadri elettrici da ricondizionare  <i>Label:</i> POD_A_N-QR  <i>Code:</i> 07080208  <i>Definition:</i> numero quadri elettrici afferenti il POD da ricondizionare</p>
PODPreservationStatus (0-1)		<p><i>Class:</i> stato di conservazione del manufatto contenente il pod  <i>Label:</i> POD_A_MAN  <i>Code:</i> 07080209  <i>Definition:</i> indica lo stato di conservazione del manufatto che contiene il POD  <i>codelist info:</i>                      PODPreservationStatus [mandatory]                      ▼  <i>derivation info:</i>                      PODPreservationStatusType <b>restrict</b> xs:string</p>
CustomerID (0-1) [nillable]		<p><i>Class:</i> codice cliente  <i>Label:</i> POD_A_CLIE  <i>Code:</i> 07080210  <i>facets info:</i>  <i>maxLength:</i> 50  <i>derivation info:</i>                      MidStringType <b>restrict</b> xs:string</p>

Figura 12 Guida all'implementazione - Dettaglio implementazione classe POD\_A

In Figura 13   riportato un frammento di una Scheda Censimento XML, conforme al *CensusTechSheet.xsd*, che mostra le informazioni relative alle classi POD\_A e POD\_C del data model.

```

<CensusTechSheet xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco" xmlns:gmd="http://www.isotc211.org/2005/gmd" xmlns:gts="http://www.isotc211.org/2005/gts" xmlns:gss="http://www.isotc211.org/2005/gss" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <Area> [16 lines]
  <PLSystemGeneralData> [38 lines]
  <POD>
    <!-- codice pod - POD_COD -->
    <PODCode>IT001E04172906</PODCode>
    <!-- Inizio blocco dati "Anagrafica del punto di prelievo (POD) dell'elettricità" -->
    <PODGeneralData>
      <!-- DATA_INI -->
      <ValidityStartDate>2006-05-04</ValidityStartDate>
      <!-- DATA_FIN -->
      <ValidityEndDate>2006-05-04</ValidityEndDate>
      <!-- FONTE -->
      <Source>01</Source>
      <!-- SCALA -->
      <Scale>01</Scale>
      <gml:Point gml:id="PT01" srsName="http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4936" srsDimension="2">
        <gml:pos>-30.7 134.1</gml:pos>
      </gml:Point>
      <!-- toponimo stradale pod - POD_A_TOP-->
      <Toponym>via roma</Toponym>
      <!-- riferimento localizzazione - POD_A_RIF -->
      <LocationReference>incrocio tra via roma e via verdi</LocationReference>
      <!-- data del rilievo - POD_A_RIL-->
      <DetectionDate>2018-03-05</DetectionDate>
      <!-- promiscuità - POD_A_PR -->
      <VarietyFlag>false</VarietyFlag>
      <!-- numero quadri elettrici - POD_A_N-Q -->
      <NumberOfElectricPanels>3</NumberOfElectricPanels>
      <!-- numero quadri elettrici da sostituire - POD_A_N-QS -->
      <NumberOfElectricPanelsToBeChanged>2</NumberOfElectricPanelsToBeChanged>
      <!-- numero quadri elettrici da ricondizionare - POD_A_N-QR -->
      <NumberOfElectricPanelsToBeReconditioned>1</NumberOfElectricPanelsToBeReconditioned>
      <!-- stato di conservazione del manufatto contenente il pod - >POD_A_MAN -->
      <PODPreservationStatus>03</PODPreservationStatus>
      <!-- codice cliente - POD_A_CLIE-->
      <CustomerID>CIRC09MOD</CustomerID>
    </PODGeneralData>
    <!-- Fine blocco dati "Anagrafica del punto di prelievo (POD) dell'elettricità" -->
    <!-- Inizio blocco dati "Pod - consumi" -->
    <PODConsumptionData>
      <!-- DATA_INI -->
      <ValidityStartDate>2006-05-04</ValidityStartDate>
      <!-- DATA_FIN -->
      <ValidityEndDate>2006-05-04</ValidityEndDate>
      <!-- FONTE -->
      <Source>01</Source>
      <!-- SCALA -->
      <Scale>01</Scale>
      <!-- anno di riferimento consumi - POD_C_DAT-->
      <ReportingYear>2017</ReportingYear>
      <!-- tipologia contratto - POD_C_TY-->
      <ContractType>02</ContractType>
      <!-- denominazione del distributore - POD_C_DIS -->
      <DistributorName>GINESTRA SRL</DistributorName>
      <!-- denominazione del fornitore - POD_C_FOR -->
      <SupplierName>RRST</SupplierName>
      <!-- potenza installata - POD_C_KWI -->
      <InstalledPower>15</InstalledPower>
      <!-- consumo annuale (anno precedente) - POD_C_CON -->
      <PreviousYearAnnualConsumption uom="kWh">150000</PreviousYearAnnualConsumption>
      <!-- costo annuale (anno precedente) per la sola fornitura di energia elettrica per pubblica illuminazione - POD_C_COS -->
      <PreviousYearElectricEnergyAnnualAmount currency="currency0">0.20</PreviousYearElectricEnergyAnnualAmount>
      <!-- potenza contrattuale impegnata - POD_C_KWC-->
      <ContractuallyCommittedPower>15</ContractuallyCommittedPower>
      <!-- cosφ tipico - POD_C_COST -->
      <PowerFactor>0.95</PowerFactor>
      <!-- consumo annuale (anno attuale) - POD_C_CN_A -->
      <CurrentYearAnnualConsumption uom="kWh">130000</CurrentYearAnnualConsumption>
      <!-- costo annuale (anno attuale), per la sola fornitura di energia elettrica per pubblica illuminazione - POD_C_CS_A -->
      <CurrentYearElectricEnergyAnnualAmount currency="currency1">0.21</CurrentYearElectricEnergyAnnualAmount>
    </PODConsumptionData>
    <!-- Fine blocco dati "POD Consumi" -->
  </POD>

```

Figura 13 Frammento della Scheda censimento XML

### 1.8 Produzione di Materiale multimediale del PELL

In questa annualità si è proceduto alla predisposizione e configurazione della Learning Room dell'ENEA (C.R.Casaccia), all'individuazione degli standard e del template delle slide da utilizzare per predisporre n° 15 lezioni, registrate ed inserite nella sezione del Portale PELL "Sezione "Video lezioni" appositamente realizzata (<https://www.pell.enea.it> connessione con certificato sul server).

La registrazione delle lezioni ha l'obiettivo di informare il cittadino, gli stakeholders e le Pubbliche Amministrazioni sugli sviluppi delle attività svolte nell'ambito del PELL e delle attività ad esso associate e finanziate con il PAR 2015-2017.

In particolare le attività sono state articolate nel seguente modo:

- configurazione/gestione dei sistemi avanzati di comunicazione per l'e-learning integrati con apparecchiature e sistemi di nuova generazione LIM Sharp 70" e Video-Wall Samsung, relativi alla Learning Room installati presso i laboratori ENEA del Centro Ricerche Casaccia;
- predisposizione e configurazione dell'apparecchiatura audio-video;
- predisposizione di un calendario delle lezioni da registrare tra maggio e luglio 2018;
- individuazione di uno standard per le slide;
- creazione di una nuova sezione sul sito PELL ENEA e integrazione con la piattaforma di e-learning ENEA.
- registrazione delle singole lezioni;
- acquisizione, editing e post produzione dei file video;
- sincronizzazione delle slides;
- upload sulla piattaforma Netlessons 1.1 dell'ENEA;
- integrazione delle lezioni nella pagina "Video lezioni" della piattaforma PELL.

#### 1.8.1 Predisposizione e configurazione della Learning Room

L'aula Multimediale è stata configurata, come mostrato in Figura 14, utilizzando le seguenti periferiche:

1 Workstation (real time recording);

1 laptop, che sarà usato dal docente e sul quale è stato installato un software che permette la sincronizzazione delle slide;

1 video camera;

1 mixer audio (the audio input management);

1 radio-microfono;

1 70" double touch screen SHARP ;

1 monitor 10" per visualizzare le anteprime.

L'aula è connessa in rete internet a 10 GBit/sec ed è dotata di una Wi-Fi area a 500 Mbits per sec.

Per la registrazione e la messa in rete delle lezioni è stata predisposta una configurazione standard ENEA e adattata al contesto specifico del progetto PELL.

In particolare la configurazione utilizzata consente di integrare l'hardware, i software e la piattaforma di e-learning MATRIX (Figura 15).

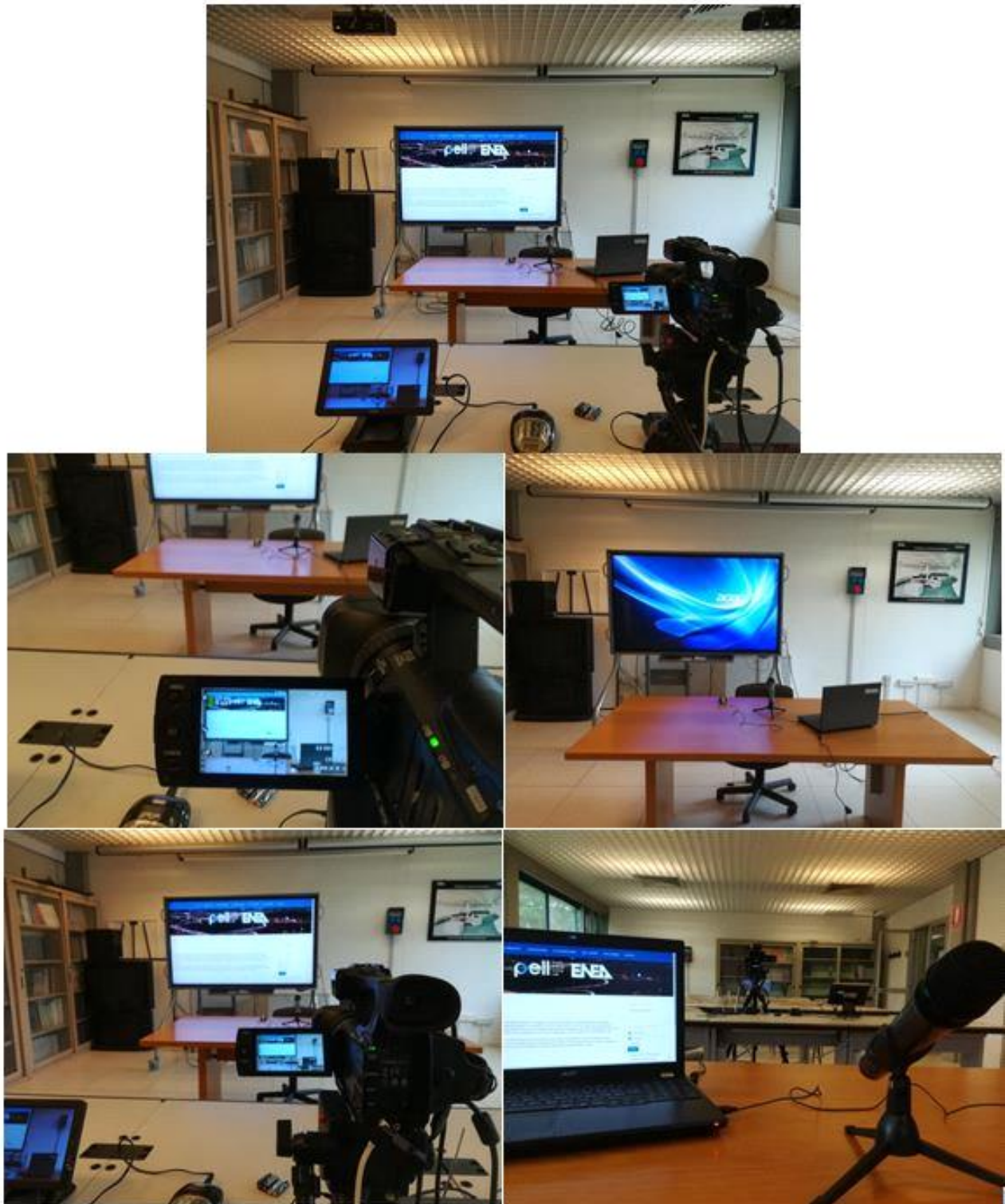


Figura 14: Learning Room

### PELL Virtual Scenario & Networks

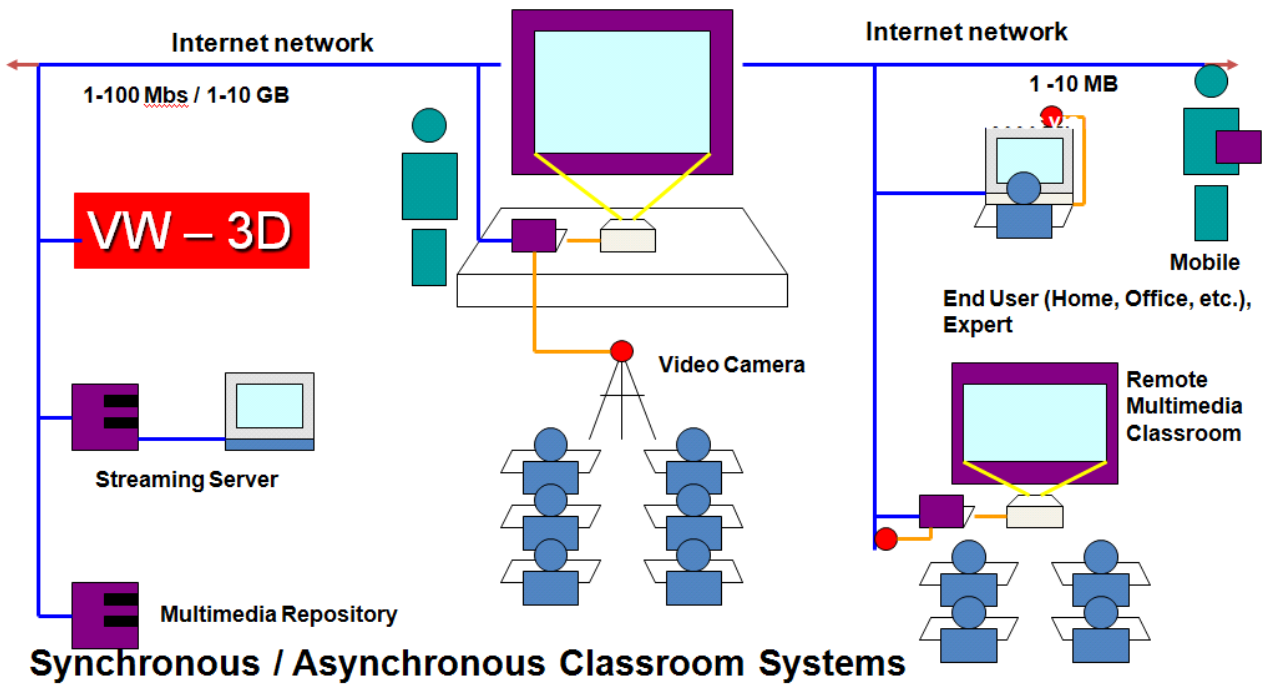


Figura 15: Configurazione aula per la dissemination



Figura 16: Apparecchiature audio-video configurate

### 1.8.2 Contenuto delle lezioni registrate

Prima di poter procedere alla registrazione delle lezioni, è stato definito il template della presentazione ppt (Figura 17) che è stato distribuito ai relatori, in quanto era necessario che fosse rispettato uno specifico standard (Figura 18) da seguire, sia per alcuni vincoli imposti dalla piattaforma stessa sia per rendere omogenei i contenuti e per mantenere un unico format progettuale.

In particolare, è stato creato un template per tutte le presentazioni unitamente ad una lista delle indicazioni da seguire per raggiungere i risultati desiderati.



Figura 17: Template per le slide

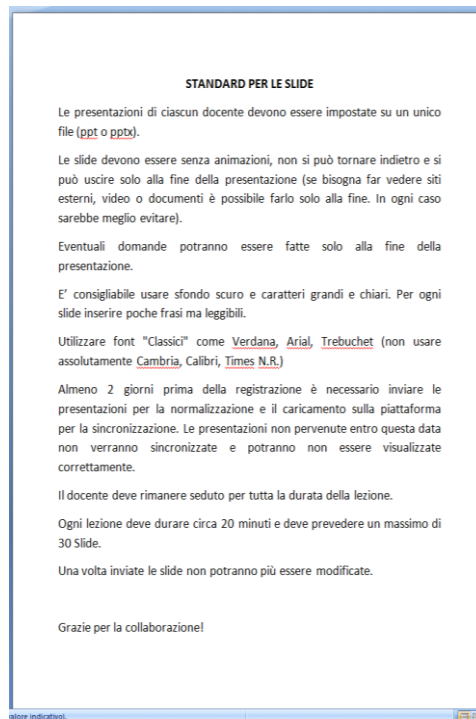


Figura 18: Standard per le presentazioni

Gli argomenti che sono stati selezionati per la produzione delle lezioni sono:

- PELL IP, a cura di ENEA;
- Data model PELL IP (Scheda censimento), a cura di ENEA;
- Software LENICALC e PdR UNI, a cura di ENEA;
- Smart city, a cura di ENEA;
- Convergenza, a cura di ENEA;
- Specifiche bando smart city, a cura di ENEA;
- Sostenibilità economica/finanziaria, a cura di ISIMM Ricerche;
- WebGIS, a cura di ENEA;
- DB Georeferenziati-regole datamodel, a cura di AgID;
- Smart Community, a cura di ENEA;
- Smart home, a cura di ENEA;
- Sensore Sesto Senso, a cura di ENEA;
- Scheda Censimento PELL Edificio, a cura di ENEA;
- Controllo microclima urbano, a cura di ENEA,
- La piattaforma Tecnologica, a cura di ENEA.

### 1.8.3 Sezione dedicata alle Video lezioni nel portale PELL

Si è quindi proceduto alla progettazione e sviluppo di un ambiente per la formazione in modalità e-learning per permette di fruire delle lezioni online.

In particolare, nel sito di PELL (<https://www.pell.enea.it>) è stata creata una sezione dalla quale è possibile accedere alle video lezioni.

L'ambiente rappresenta un'interfaccia di accesso user-friendly alla piattaforma Matrix dell'ENEA che ne semplifica l'accessibilità (Figura 19). La pagina è stata implementata in html5, CSS3 e Bootstrap per renderla fruibile da diversi dispositivi in modalità Responsive.

In questa sezione sono state inserite le video lezioni ENEA che possono essere fruite dall'utente a seguito dell'accesso alla piattaforma l'utente. La fruizione del corso avviene direttamente sulla piattaforma NetLesson ENEA, mantenendone dunque le caratteristiche inalterate.

NetLesson 13 gestisce la diffusione delle lezioni web sincrone ed asincrone.

L'interfaccia visiva mostra sia un video che le slide di una lezione usando file standard (HTML, mp4, ppt) (Figura 20).



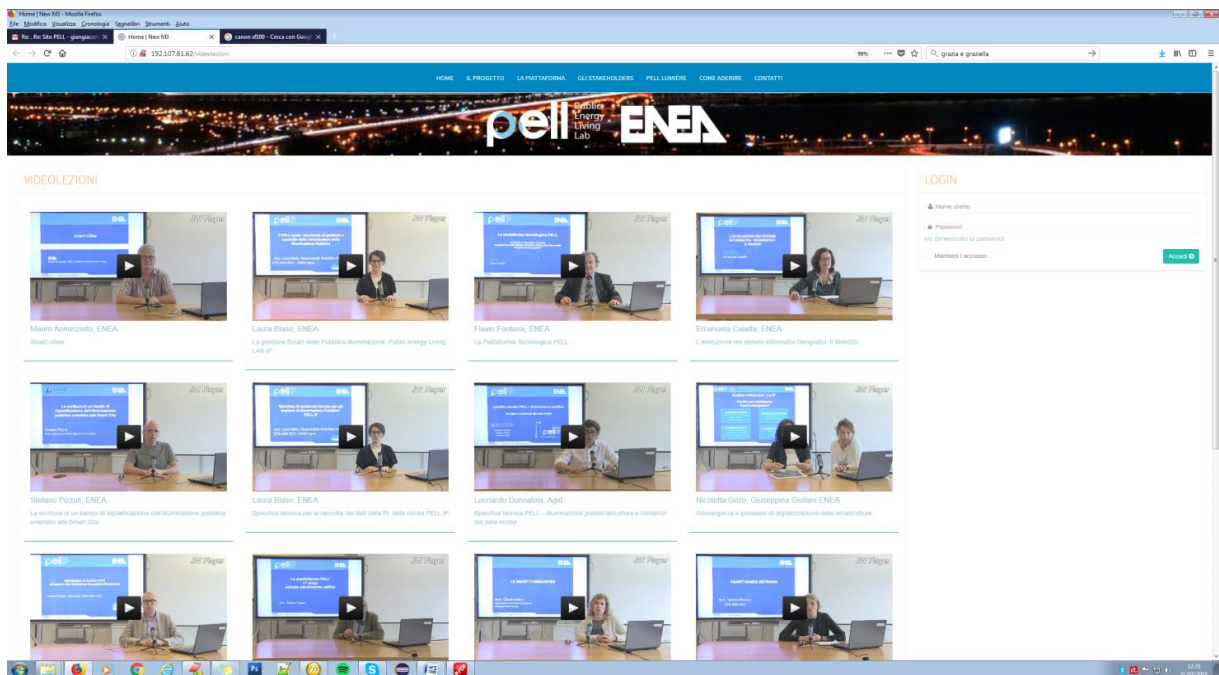


Figura 19: Sezione Video lezioni



Figura 20: Esempio di video lezione

#### 1.8.4 Registrazione delle video lezioni

Le registrazioni sono state realizzate utilizzando le seguenti periferiche, predisposte e configurate nella prima fase del contratto:

- 1 Workstation (real time recording);
- 1 laptop;
- 1 video camera;
- 1 mixer audio;
- 1 radio-microfono;

- 1 70" double touch screen SHARP ;
- 1 monitor 10" per visualizzare le anteprime.



Figura 21: Postazione del docente

Le 15 lezioni sono state registrate tra maggio e luglio 2018 (Figura 21). Le slide, che sono state consegnate dai relatori prima della registrazione, sono state sincronizzate con il video.

Nel dettaglio le presentazioni sono state caricate su un server ENEA che permette di convertire le slide in formato HTML5 attraverso un plug-in del software Slideo che è stato opportunamente installato e configurato sul server stesso (Figura 22).



Figura 22: Server di gestione e conversione

La conversione ha permesso di creare per ogni presentazione un file "index.html" che una volta aperto sul browser e che ha permesso di calcolare il tempo intercorso tra una slide e quella successiva. I tempi sono poi

stati salvati su un file .txt e caricati sulla piattaforma ENEA Netlesson. Di seguito un esempio del file tempi.txt (Figura 23).

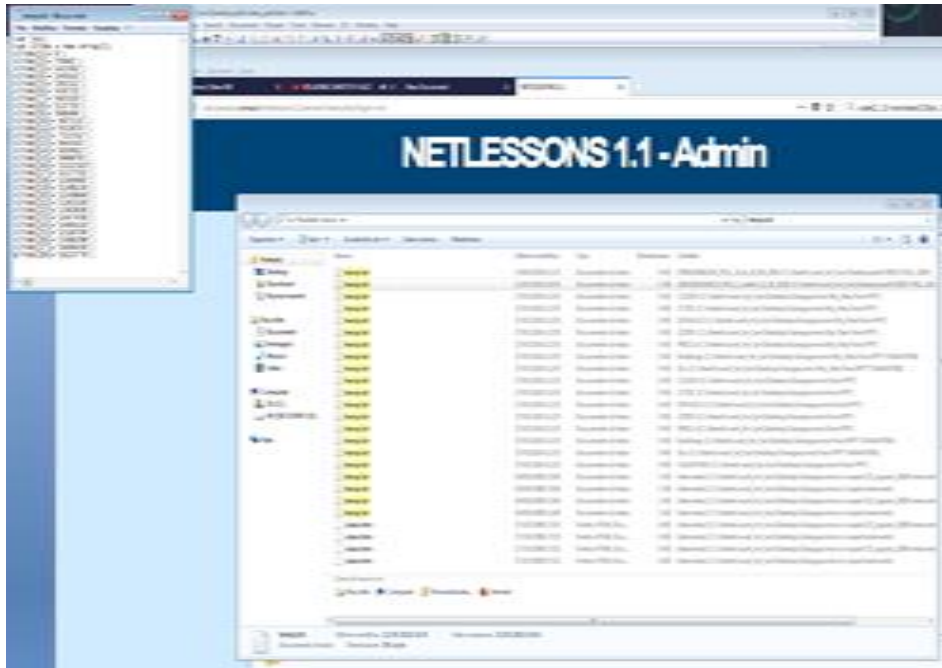


Figura 23: File tempi.txt

### 1.8.5 Post produzione

Per le registrazioni è stata utilizzata una Canon XF100 - Camcorder - 1080p che salva i file in formato XMF. I file sono stati acquisiti attraverso il software Canon XF Utility (Figura 24) e successivamente convertiti in mp4 con FFmpeg da riga di comando attraverso la creazione e l'esecuzione di un file batch.

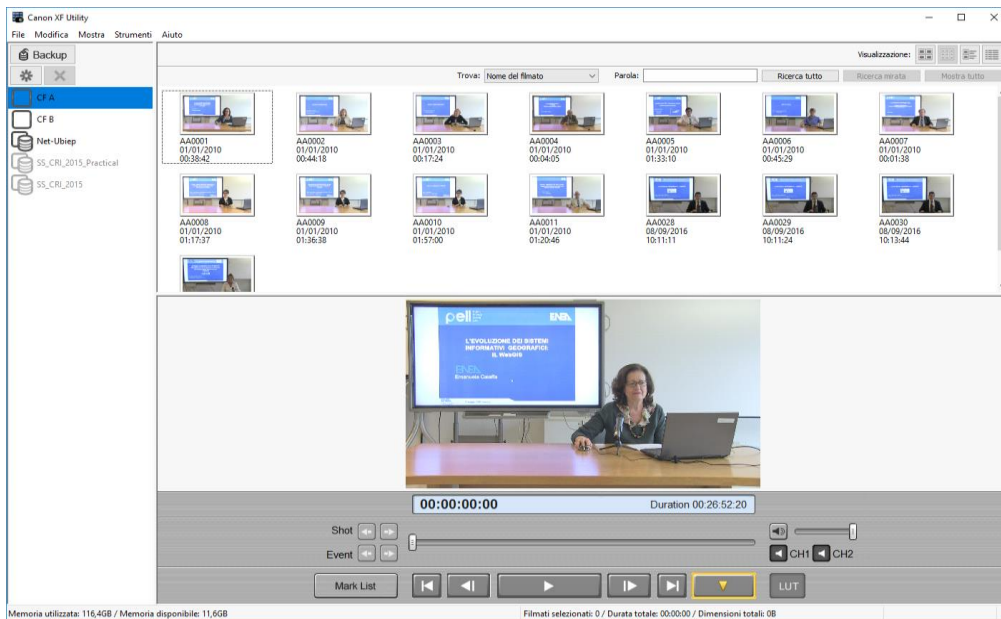


Figura 24: Acquisizione con Canon XF Utility

Il video editing (processo mediante il quale si modificano delle sequenze di riprese video e si aggiungono effetti speciali e una traccia audio) (Figura 25) e il montaggio (che serve per meglio comunicare il messaggio

contenuto nella ripresa video) sono stati realizzati con Adobe Premiere.

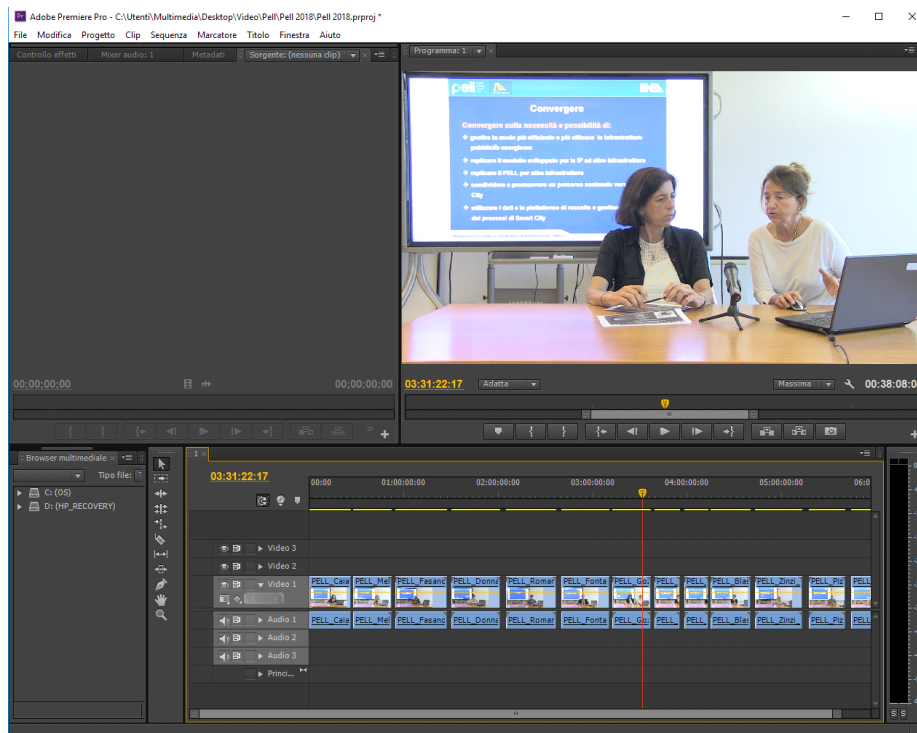


Figura 25: Editing e montaggio con Adobe Premiere

Successivamente, per poter essere caricati sul server e trasmessi in streaming web, i video sono stati esportati in un formato leggero e fruibile sui diversi dispositivi, anche in regime di mobilità.

Nello specifico è stato utilizzato il formato MP4 codifica H264 e con una risoluzione 720p (1280 x 720) rimanendo comunque nell'HD a 16:9.

### 1.8.6 Pubblicazione su Netlessons e sul portale PELL

Tutte le lezioni sono state caricate sulla piattaforma Matrix dell'ENEA. La procedura di caricamento è stata fatta dalla console di amministrazione, seguendo la procedura standard ENEA (Figura 26).



Figura 26: Matrix IV gen - Area Admin

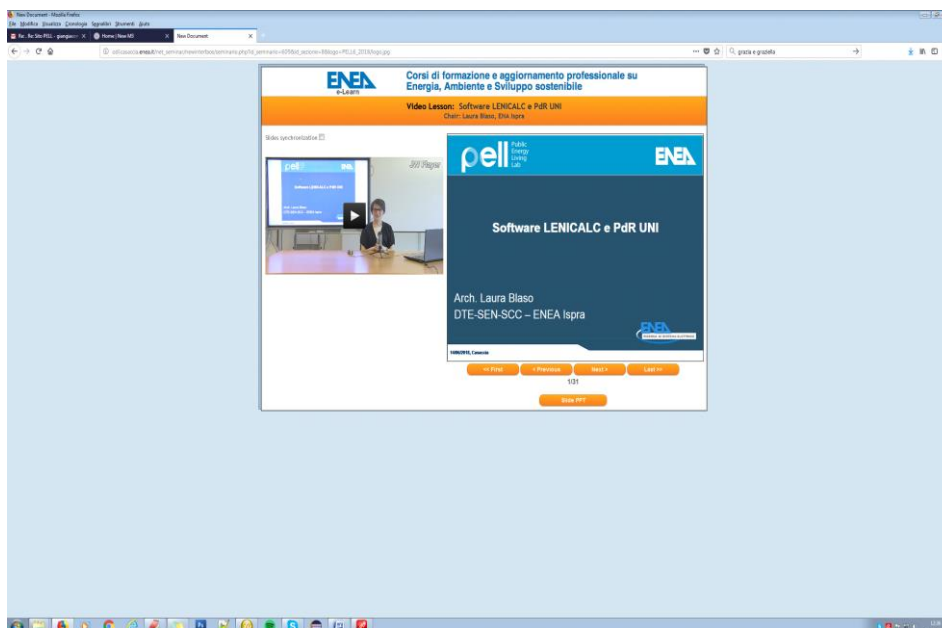


Figura 27: Vista lezione su Netlessons 1.1

Tutte le video lezioni sono state successivamente integrate nella specifica sezione della piattaforma PELL (Figura 28).

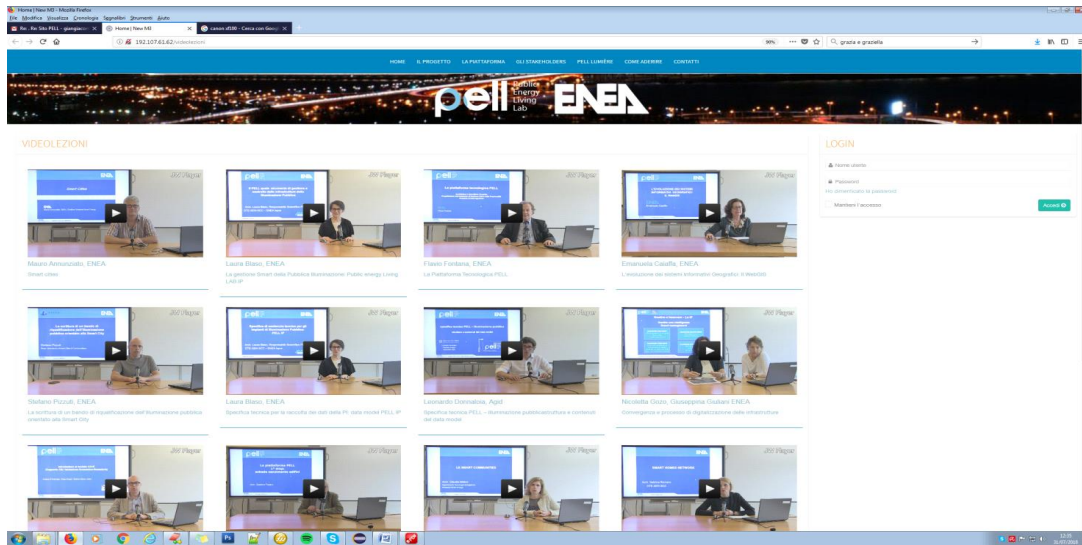


Figura 28: La pagina video lezioni sulla piattaforma PELL

### 1.8.7 Codice definitivo pagina HTML e fogli di stile sito PELL

```

<style>
.video{
    background: #f8f8f8;
    border-bottom: 2px solid #0083bc;
    padding: 15px;
}
.vedeo a{
    color: #848484;
}
.media:first-child {
    margin-top: 15px;
}
.video .media {
    margin-top: 40px;
    padding-bottom: 20px;
    background: #f8f8f8;
    border-bottom: 2px solid #9d426b;
}
.video .work:hover {
    box-shadow: 0 5px 15px 0 rgba(0,0,0,.05), 0 1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset, 0 -1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset;
    -o-transition: all .5s;
    -moz-transition: all .5s;
    -webkit-transition: all .5s;
    -ms-transition: all .5s;
}
.video .media h4 {
    margin-top: 20px;
    font-family: 'Droid Sans', Helvetica, Arial, sans-serif;
    font-size: 14px;
}
    
```

```

color: #5d5d5d;
text-transform: uppercase;
text-shadow: 0 1px 0 rgba(255,255,255,.7);
}
.video .media p {
  line-height: 24px;
  font-style: italic;
}
p {
  margin: 0 0 20px;
}
.span3 img{
  width:100%;
}
.video .media .icon-awesome {
  margin-top: 15px;
  font-size: 22px;
  line-height: 22px;
}
.video .media .icon-awesome a {
  display: inline-block;
  padding: 5px 9px;
  background: #9d426b;
  color: #fff;
  -moz-border-radius: 19px;
  -webkit-border-radius: 19px;
  border-radius: 19px;
  -moz-box-shadow: 0 1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset, 0 -1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset;
  -webkit-box-shadow: 0 1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset, 0 -1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset;
  box-shadow: 0 1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset, 0 -1px 25px 0 rgba(0,0,0,.05) inset;
}
</style>

```

<!-- start: PAGE CONTENT -->

```

<div class="row">
  <div class="col-md-12">
    <div class="panel panel-white">
      <div class="panel-heading border-light">
        <h4 class="panel-title">Videolezioni</h4>
      </div>
      <div class="panel-body">
        <div class="row">
          <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
            <div class="video">
              <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=15" target="_blank">
                
                <h4>Mauro Annunziato, ENEA </h4>
                <p>Smart cities</p>

```

```

        </a>
        </div>
        </div>
        <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
            <div class="video">
                <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=6" target="_blank">
                
                <h4>Laura Blaso, ENEA</h4>
                <p>La gestione Smart della Pubblica Illuminazione: Public energy Living LAB IP</p>
                <div class="icon-awesome">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=602&id_sezione
=1&logo=PELL1/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>
                </div>
                    </a>
                </div>
            </div>
            <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=12" target="_blank">
                    
                    <h4>Flavio Fontana, ENEA </h4>
                    <p>La Piattaforma Tecnologica PELL</p>
                    </a>
                </div>
                </div>
            </div>
            <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=1" target="_blank">
                    
                    <h4>Emanuela Caiaffa, ENEA </h4>
                    <p>L'evoluzione dei sistemi Informativi Geografici: Il WebGIS</p>
                    </a>
                </div>
                </div>
            </div>
            <div class="clearfix"></div>
            <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=13" target="_blank">
                    <img      src="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/thumbs/PELL_Pizzuti_19_06_2018.jpg"

```



alt="">

<h4>Stefano Pizzuti, ENEA </h4>

<p>La scrittura di un bando di riqualificazione dell'illuminazione pubblica orientato alla Smart

City</p>

</a>

</div>

</div>

<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">

<div class="video">

<a

href="http://odl.casaccia.enea.it/net\_seminar/newinterface/seminario.php?id\_seminario=609&id\_sezione=7" target="\_blank">



<h4>Laura Blaso, ENEA</h4>

<p>Specifica tecnica per la raccolta dei dati della PI: data model PELL IP</p>

<div class="icon-awesome">

<a

href="http://odl.casaccia.enea.it/net\_seminar/newinterface/seminario.php?id\_seminario=602&id\_sezione=2&logo=PELL2/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>

</div>

</a>

</div>

</div>

<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">

<div class="video">

<a

href="http://odl.casaccia.enea.it/net\_seminar/newinterface/seminario.php?id\_seminario=609&id\_sezione=5" target="\_blank">



<h4>Leonardo Donnaloia, Agid </h4>

<p>Specifica tecnica PELL – illuminazione pubblica

struttura e contenuti del data model</p>

<div class="icon-awesome">

<a

href="http://odl.casaccia.enea.it/net\_seminar/newinterface/seminario.php?id\_seminario=602&id\_sezione=2&logo=PELL2/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>

</div>

</a>

</div>

</div>

<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">

<div class="video">

<a

href="http://odl.casaccia.enea.it/net\_seminar/newinterface/seminario.php?id\_seminario=609&id\_sezione=10" target="\_blank">



<h4>Nicoletta Gozo, Giuseppina Giuliani ENEA </h4>

<p>Convergenza e processo di digitalizzazione delle infrastrutture</p>

```

        </a>
    </div>
</div>
<div class="clearfix"></div>
<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
    <div class="video">
        <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=14" target="_blank">
            
            <h4>Andrea D'Ambrogio, Università di Roma "Tor Vergata" </h4>
            <p>Introduzione al modulo SAVE (Supporto Alla Valutazione Economico-finanziaria)</p>
        </a>
    </div>
</div>
<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
    <div class="video">
        <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=4" target="_blank">
            
            <h4>Gaetano Fasano, ENEA</h4>
            <p>La piattaforma PELL 1° step: scheda censimento edifici</p>
            <div class="icon-awesome">
                <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=602&id_sezione
=1&logo=PELL1/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>
            </div>
        </a>
    </div>
</div>
<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
    <div class="video">
        <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=2" target="_blank">
            
            <h4>Claudia Meloni, ENEA</h4>
            <p>Le Smart Communities</p>
            <div class="icon-awesome">
                <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=602&id_sezione
=1&logo=PELL1/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>
            </div>
        </a>
    </div>
</div>
<div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">

```

```

                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=3" target="_blank">
                
                <h4>Sabrina Romano, ENEA </h4>
                <p>Smart Homes Network</p>
                <div class="icon-awesome">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=602&id_sezione
=2&logo=PELL2/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>
                </div>
                    </a>
                </div>
        </div>

                <div class="clearfix"></div>
                <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=11" target="_blank">
                
                <h4>Francesco Romanello, ENEA </h4>
                <p>Sesto Senso</p>
                    </a>
                </div>
                </div>
                <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=9" target="_blank">
                
                <h4>Michele Zinzi, ENEA </h4>
                <p>Analisi e mitigazione del clima urbano. Impatto sull'ambiente costruito e sul comfort outdoor
a Roma</p>
                    </a>
                </div>
                </div>
        <div class="col-md-3 col-sm-6 col-xs-12 media span3">
                <div class="video">
                    <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=609&id_sezione
=8" target="_blank">
                
                <h4>Laura Blaso, ENEA</h4>
                <p>Software LENICALC per la determinazione del LENI secondo la UNI EN 15193-1:2017</p>
                <div class="icon-awesome">

```

```
        <a
href="http://odl.casaccia.enea.it/net_seminar/newinterface/seminario.php?id_seminario=602&id_sezione
=1&logo=PELL1/logo.jpg" rel="prettyPhoto"><i class="icon-play"></i></a>
        </div>
                </a>
                </div>
        </div>
</div>
        </div>
        </div>
</div>
<!-- end: PAGE CONTENT-->
```

## 2 Sviluppo ed applicazione di strumenti e metodi per l'analisi energetica di edifici scolastici attraverso piattaforma web

L'attività svolta in questa annualità si è concentrata essenzialmente all'estensione dell'approccio metodologico al tessuto edilizio degli edifici pubblici, con focus sull'edilizia scolastica, ed alla prosecuzione dello sviluppo della piattaforma web PELL edifici. Lo sviluppo delle attività è stato allineato anche ai nuovi obiettivi e indirizzi strategici previsti dalla nuova SEN in termini di prestazione energetica, risparmi energetici e riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, miglioramento del comfort ambientale indoor.

In questo senso è stata rivisitata la scheda censimento, che include elementi di approfondimento, atti a caratterizzare con più accuratezza la stima dei KPI, nonché delle procedure di analisi per la stima di eventuali risparmi energetici da conseguire con misure di retrofit, da validare attraverso il monitoraggio continuo del sistema edificio impianto.

In questo quadro è anche iniziato un processo di confronto con i principali stakeholders, in particolare ASSISTAL, con incontri tematici e condivisione della scheda censimento per ulteriori sviluppi e rifiniture. Contestualmente è stato condotto un testing della scheda, per verificarne l'efficacia sul campo ma anche le criticità affrontate durante tutto il processo di raccolta dati; questa attività è stata svolta con il supporto del Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica dell'Università di Roma La Sapienza.

Altra linea di attività condotta durante l'annualità è stata quella inerente l'individuazione di metodologie per la stima dei risparmi energetici conseguibili attraverso azioni di riqualificazione energetica a partire da dati misurati sul campo. Diversi aspetti sono stati investigati: le dispersioni termiche, il ruolo della ventilazione meccanica, l'integrazione di luce naturale ed artificiale. Le soluzioni individuate, là dove necessario, hanno anche introdotto ed evidenziato la criticità della correzione del dato climatico locale. L'attività in questione è stata svolta con il supporto del Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano.

Inoltre, è stata proseguita l'attività relativa alla realizzazione del tool LENICALC che in questa annualità è stato completato (LENICALC V3), con l'implementazione di funzioni che consentano l'invio dei dati dei progetti realizzati dagli utenti per una raccolta di informazioni, da parte di ENEA, utili alla definizione di benchmark nazionali, ed il confronto dei risultati ottenuti nella precedente annualità dall'uso di LENICALC V.2 sullo studio parametrico con altri strumenti di calcolo del fabbisogno per l'illuminazione (attività svolta dal Politecnico di Torino – Dipartimento Energia). È stata infine avviata una attività di monitoraggio dei parametri radiometrici e fotometrici esterni (radiazione naturale) presso il laboratorio dell'ENEA di Ispra utile per la raccolta di informazioni (Irradianza diretta/Irradianza diffusa) da utilizzarsi nelle simulazioni con LENICALC sia per la caratterizzazione illuminotecnica degli ambienti confinati grazie alla definizione di un protocollo di monitoraggio.

### 2.1 Architettura macro-funzionale della piattaforma PELL per edifici scolastici (ENEA)

#### 2.1.1 Introduzione

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 ed alla recente 2018/844/UE in cui si prescrive 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 e di applicare tecnologie e sistemi la gestione intelligente degli edifici. La Direttiva 2018/27/UE è stata recepita dal DLgs 102/2014 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 obiettivi di quanto sopra presentato è lo sviluppo e la messa a punto di strumenti e metodologie per la conoscenza della consistenza del patrimonio edilizio e la

definizione degli edifici (involucro e impianti) per poterli caratterizzare e classificare, in particolare, per gli aspetti energetico-ambientale.

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.

L'attività rappresenta una nuova applicazione metodologica sistemica della piattaforma PELL e si rivolge, in particolare, agli edifici della PA. Ci si pone l'obiettivo di mettere a disposizione della PA, metodologie e strumenti che, grazie alla 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, è in grado di caratterizzare e valutare, in termini di prestazioni energetiche, i consumi energetici, le emissioni di CO<sub>2</sub> e fornire utili indicazioni di interventi da promuovere per migliorare il comportamento energetico di questi edifici.

La piattaforma software verticale Public Energy Living Lab (PELL) ha l'obiettivo di realizzare uno strumento che, su scala nazionale, consenta di effettuare il controllo e la valutazione delle prestazioni inerenti i consumi energetici e le funzionalità delle infrastrutture pubbliche energivore.

L'approccio metodologico sistemico alla base della piattaforma consente la realizzazione di un sistema standardizzato che, con opportuni indicatori di progetto e prestazione, permetta la valutazione e validazione delle prestazioni delle infrastrutture pubbliche trasformandole in reti intelligenti attraverso la digitalizzazione delle informazioni, il monitoraggio, l'elaborazione in tempo reale delle informazioni acquisite e la redistribuzione aperta delle informazioni aggregate.

Lo strumento, macro funzionale dei servizi energetico-ambientali, che si intende realizzare è finalizzato, pertanto, 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". La piattaforma software verticale Public Energy Living Lab (PELL), si rimarca, ha l'obiettivo di realizzare:

- uno strumento che, su scala nazionale, consenta la conoscenza del patrimonio edilizio e di effettuare il controllo e la valutazione delle prestazioni, dei consumi energetici e delle funzionalità delle infrastrutture pubbliche energivore.
- una rete territoriale e di una infrastruttura di raccordo per la raccolta, organizzazione, valutazione, gestione, validazione e controllo sui dati tecnologici, energetici, prestazionali degli edifici pubblici.
- creare conoscenza e consapevolezza su consumi, sprechi, potenzialità di miglioramento; sviluppo di trasparenza tra comuni, utenti e concessionari dei servizi e certezza dei risultati
- favorire la bancabilità dei progetti di riqualificazione attraverso la possibilità di utilizzare contratti con garanzia di risultati.

L'attività del PELL edifici si sviluppa su 5 azioni fondamentali:

- sviluppo e definizione di una scheda conoscitiva in grado di poter rappresentare l'edificio, per gli aspetti logistici, dimensionali, prestazionali ed energetico-ambientali, in modo da poterli caratterizzare sullo stato di fatto e consentire le analisi, valutazioni e servizi da fornire ai potenziali utenti, pubblici e privati;
- sviluppo d'indicatori di prestazione atti a indicare sinteticamente il livello qualitativo della struttura e/o funzionamento dell'impianto e del servizio;

- implementazione di una rete per il monitoraggio dei consumi degli impianti e di un sistema di verifica incrociata sui dati raccolti.
- sviluppo di una piattaforma ICT basata su criteri di standard open ed interoperabilità ospitata su infrastruttura cloud per la raccolta dei dati, la loro elaborazione e la visualizzazione, tramite tecnologie WebGIS, di tutte quelle informazioni utili agli scopi di controllo e supervisione, raccordo ed accesso ai diversi sistemi territoriali locali;
- coinvolgimento e sensibilizzazione di tutti gli stakeholders direttamente ed indirettamente coinvolti nei processi gestionali degli impianti e del servizio (Comuni – amministratori – ESCo – progettisti ecc.) affinché il nuovo approccio gestionale proposto dal PELL sia condiviso tanto nella fase di sviluppo quanto di applicazione;

L'approccio metodologico sistemico alla base della piattaforma consentirà la realizzazione di un sistema standardizzato che, con opportuni indicatori prestazionali, permetterà la valutazione e validazione delle prestazioni delle infrastrutture pubbliche trasformandole in reti intelligenti attraverso la digitalizzazione delle informazioni, il monitoraggio, l'elaborazione in tempo reale delle informazioni acquisite e la redistribuzione aperta delle informazioni aggregate.

L'attività di questa annualità si è focalizzata sull'estensione dell'approccio metodologico al tessuto edilizio degli edifici pubblici (edifici scolastici) oltre che proseguire lo sviluppo della piattaforma PELL sull'infrastruttura degli edifici.

### 2.1.2 Finalità del progetto

L'applicazione della scheda consentirà alla piattaforma PELL di promuovere e supportare il processo di riorganizzazione del servizio, relativo al parco edifici della Pubblica Amministrazione e del settore privato. Tale attività si pone l'obiettivo di realizzare uno strumento in grado, sulla base del quadro conoscitivo, di poter gestire e valutare, in maniera trasparente, strutturata e standardizzata, i dati relativi agli edifici, ai loro consumi energetici e le potenzialità di mettere in efficienza l'edificio, ottimizzare gli interventi di manutenzione, ridurre i consumi e le emissioni di gas serra e migliorare la qualità degli edifici.

L'attività svolta per lo sviluppo della scheda si pone la finalità, per le P.A., di:

- avere una conoscenza puntuale, standardizzata e costantemente aggiornata sullo stato di fatto degli impianti;
- conoscere e controllare il funzionamento dell'edificio ed eventuali disfunzioni in termini di prestazioni, consumi e costi;
- valutare e validare, in prima approssimazione, per mezzo di KPI (indicatori di prestazione) il livello qualitativo di funzionamento e prestazioni rese dall'edificio;
- monitorare in tempi definiti (orario, giornaliero, mensile annuale) i consumi energetici;
- poter simulare i risultati conseguibili mediante interventi di riqualificazione e la verifica dei risultati ipotizzati ad intervento realizzato.

In pratica ci si pone di offrire alla governance uno strumento di conoscenza e monitoraggio di un servizio pubblico in termini di dati infrastrutturali, consumi, costi e livello tecnologico; al mercato un sistema di ufficializzazione e riconoscimento delle buone pratiche a supporto della bancabilità dei progetti, agli operatori di disporre di uno strumento di conoscenza e monitoraggio di un servizio pubblico in termini di dati infrastrutturali, consumi, costi e livello tecnologico, ed agli utenti la possibilità di essere più partecipi e informati in merito al livello qualitativo di un servizio pubblico.

In tal senso le funzionalità dei dati dovranno soddisfare una serie di servizi tra cui:

1. dati per verificare le reali prestazioni di comfort,
2. dati per calcolare KPI per fare dei benchmarking,
3. dati per poter fare una stima del consumo ipotetico in modo poterlo confrontare con le misure,

4. dati per effettuare un minimo di diagnostica dell'edificio,
5. dati per valutare in via preliminare potenziale miglioramenti (costi e risparmi).

In tal senso il progetto della scheda e la sua applicazione, tramite la piattaforma PELL, si pone come strumento per sviluppare una rete territoriale ed una infrastruttura di raccordo per la raccolta, organizzazione, valutazione, gestione, validazione e controllo dei dati tecnologici, energetici e prestazionali degli edifici.

Per questo il progetto ha considerato, per i campi che caratterizzano la scheda ed i dati da acquisire ed utilizzare per i servizi previsti, i seguenti fattori:

- utilizzo di dati “standard” in modo da permettere la loro gestione in formato open ed interoperabile dalla infrastruttura ICT per la raccolta, gestione e valutazione dei dati;
- caratterizzazione dei dati per la loro gestione per lo sviluppo di metodi (standard, modelli, tool, ecc.) ed iniziative per la loro remotizzazione, anche a scopi formativi. Inoltre consentiranno anche la valutazione dei benefici degli interventi di efficientamento, la elaborazione di metodi per il calcolo tecnico-economico degli investimenti legati all’efficientamento e la promozione dell’utilizzo dello strumento PELL all’interno di gare e contratti nazionali (Consip, MEPA ecc.) e locali;
- in relazione ai campi compilati ed ai dati acquisiti, in relazione alle funzionalità sopra descritte, potranno essere utilizzati diversi servizi tra cui un tool, sviluppato nelle future attività, per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici negli ambienti confinati (edifici pubblici, residenziali e non es. LENICALC pag. 94), che sarà integrato nella piattaforma PELL.

### 2.1.3 Descrizione degli stakeholder e collaborazioni di sviluppo

Lo sviluppo del progetto si avvale del coinvolgimento di diversi operatori costituiti da diversi tavoli operativi, rappresentativi dei seguenti settori:

- produttori di tecnologie;
- fornitori e distributori energia;
- ESCo/gestori;
- certificatori;
- progettisti, installatori;
- ambientalisti e sostenibilità;
- amministrativisti legali/economisti;
- bancario/finanziario;
- ricerca e università;
- Associazioni e Unioni di Comuni;
- pubblica amministrazione e governance;
- cittadini, associazioni di consumatori .

### 2.1.4 Modalità di accesso e utilizzo

Come già presentato nella scorsa annualità (Report RdS\_PAR2016\_011) l’accesso alla piattaforma PELL è prevista secondo una logica di accesso che prevede due categorie di macro utenti, registrati o non registrati, e la possibilità di fruire determinati servizi e informazioni, seguendo un criterio gerarchico e differenziato tra pubblico e privato (Figura 29).





**Figura 29: Architettura sistema Smart Street**

Le modalità di accesso al Pell saranno differenziate per 2 categorie di Utenti:

- Utente Non Registrato = USER NR (Utente che non ha effettuato la registrazione alla piattaforma PELL e accede al sito per usufruire dei Servizi pubblicamente disponibili. L'accesso alla piattaforma, per questo utente non è subordinato al rilascio di alcun dato e si collega al portale, visualizza la spiegazione del PELL e delle modalità di accesso da registrato, sceglie quindi di non registrarsi e comincia a navigare).
- Utente Registrato = USER RE (P.A. (Istituzioni Centrali, Comune, Provincia, Regione ecc.), con la prerogativa di utilizzare la piattaforma per il caricamento dei dati (anagrafica comunale e/o schede censimento) in forma parziale e/o totale con la possibilità, a dati completati, ottenere indicatori di prestazione o Utilizzatore, utente che utilizza il Pell allo scopo di fare analisi delle prestazioni e simulazioni migliorative).

## 2.2 Aggiornamento metodologico scheda censimento edifici (ENEA)

La specificità della scheda mantiene la sua priorità di raccogliere dati e informazioni necessarie alla caratterizzazione di tali edifici e acquisire una serie di dati necessari per definire una diagnostica utile alla individuazione di interventi per migliorare l'efficienza energetica dell'edificio.

Sono stati definiti criteri e variabili, in previsione dell'inserimento dei dati della scheda nella piattaforma PELL, che hanno considerato, in particolare, metodi e tecnologie per 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. In questa fase sono stati organizzati e sono in corso incontri di confronto con gli stakeholder, che contribuiranno ad apportare eventuali modifiche/integrazioni e condividere le modalità di utilizzo.

Per una più mirata applicazione e verifica della operatività della scheda si è scelto di proseguire le attività di indagine sulla popolazione di edifici scolastici dalla Pubblica Amministrazione, sulla base conoscitiva della popolazione di edifici scolastici, facendo riferimento agli 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 stata integrata e modificata finalizzandola, in modo più completo, alla raccolta di una serie di dati per:

- caratterizzare il parco immobiliare scolastico con dati che riguardano non solo la parte energetico-ambientale ma anche quella logistica-funzionale;
- costruire una Banca Dati che consenta di poter aumentare la conoscenza di questi edifici e classificarli per ulteriori studi;
- sviluppare degli indicatori energetici specifici (KPI), tramite i quali poter valutare lo stato di efficienza di questi edifici e le potenzialità di interventi di riqualificazione;
- poter mettere a confronto, tramite un processo di normalizzazione dei dati energetici, le loro prestazioni.

La scheda, in questa nuova versione, è strutturata in un formato di listato suddiviso in sezioni di seguito illustrate.

La versione attuale 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.

Le principali funzioni della scheda, sono quelle di determinare e verificare, per i singoli edifici, una serie di condizioni per poter:

- 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.

La scheda è organizzata nei seguenti campi:

1. I dati identificativi edificio diviso in tre sezioni:
  - a. Identificazione del Soggetto (Scuola, Ufficio ecc.),
  - b. Eventuali vincoli (paesaggistico, storico o altro)
  - c. Localizzazione, quali: comune, provincia, indirizzo di riferimento CAP, Gradi Giorno ed altro.
  - d. Consistenza dell'edificio in termine di superfici e volumi
2. Dati geometrico-dimensionali, 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..
3. Dati energetici: relativi ai servizi energetici presenti, alle fonti energetiche utilizzate ed ai consumi energetici, da bolletta;
4. Caratteristiche involucro edilizio: caratteristiche geometriche e dimensionali dell'edificio;
5. Dati di involucro:
6. Impianto termico: per gli impianti di climatizzazione vengono richiesti dati tecnici, tipologia di impianto ( Caldaia , Pompe di 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".



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

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

In caso di palestra e auditorium collegate all'edificio scolastico ma servite da impianti dedicati o da medesimo impianto adeguatamente misurato, le schede seguenti andrebbero distinte per le tre destinazioni: scuola, palestra, auditorium.

## **II – CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DIMENSIONALI**

Numero di piani totali:

Numero di piani fuori terra:

- Piano (semi)interrato climatizzato
- Piano (semi)interrato non climatizzato

Numero di corpi scala:

Posizione del corpo scala i-esimo: Interno - Esterno - Di Sicurezza (cancellare quelli non corretti)

Superficie utile riscaldata (m<sup>2</sup>):

Superficie utile riscaldata con set-point 20°C(m<sup>2</sup>):

Superficie utile riscaldata con set-point inferiori per zone comuni (m<sup>2</sup>) (specificare set point di temperatura):

Superficie utile del piano tipo (m<sup>2</sup>):

Superficie utile raffrescata (m<sup>2</sup>):

Volume lordo riscaldato (m<sup>3</sup>):

Volume lordo riscaldato con set-point 20°C(m<sup>2</sup>):

Volume lordo riscaldato con set-point inferiori per zone comuni (m<sup>2</sup>) (specificare set point di temperatura):

Volume lordo raffrescato (m<sup>3</sup>):

Superficie disperdente totale (m<sup>2</sup>):

### **III – DATI ENERGETICI**

Servizi Energetici presenti:

- Climatizzazione invernale
- Climatizzazione estiva
- Ventilazione meccanica
- Produzione ACS
- Illuminazione artificiale
- Trasporto di persone o cose

Attestato Prestazione Energetica:  SI  NO

In caso di risposta affermativa indicare:

Indice della prestazione energetica globale non rinnovabile (kWh/m<sup>2</sup>a):

Indice della prestazione energetica globale rinnovabile (kWh/m<sup>2</sup>a):

Emissioni di CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>a)

Classe energetica:

Fonti energetiche utilizzate e uso in condizioni standard (con indicazione dell'unità di misura):

- Energia elettrica da rete:
- Gas naturale:
- GPL:
- Carbone:
- Gasolio e olio combustibile:
- Biomasse solide:
- Biomasse liquide:
- Biomasse gassose:
- Solare fotovoltaico:
- Solare termico:
- Eolico:
- Teleriscaldamento:
- Teleraffrescamento:
- Altro (specificare):

## **Dati di consumo reali (possibilmente per un periodo di almeno tre anni):**

### USI ELETTRICI

- Uso di energia elettrica totale\* (kWh/a):
- Energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile i-esima (kWh/a):
- Energia elettrica esportata da fonte rinnovabile i-esima (kWh/a):
- Energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile i-esima e utilizzata sul posto (kWh/a):
- Energia elettrica importata da rete totale (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per climatizzazione invernale (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per climatizzazione estiva (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per ventilazione meccanica (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per illuminazione artificiale (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per trasporto di persone o cose (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per lavastoviglie (kWh/a):
- Uso di energia elettrica per lavatrice (kWh/a):
- Costo medio annuale (€):

### USI TERMICI

- Uso di energia termica totale prodotta da fonte i-esima (quantità in unità di misura pertinente):
- Uso di energia termica prodotta da fonte i-esima per climatizzazione invernale (quantità in unità di misura pertinente):
- Uso di energia termica prodotta da fonte i-esima per produzione di acqua calda sanitaria (quantità in unità di misura pertinente):
- Uso di energia termica prodotta da fonte i-esima per ventilazione meccanica (*la includerei nel riscaldamento*) (quantità in unità di misura pertinente):
- Uso di energia termica prodotta da fonte i-esima per uso cucina (quantità in unità di misura pertinente):
- Energia termica totale prodotta da fonte rinnovabile i-esima (kWh/a):
- Energia termica rinnovabile da fonte i-esima per climatizzazione invernale (kWh/a):
- Energia termica rinnovabile da fonte i-esima per produzione di acqua calda sanitaria (kWh/a):
- Uso di energia termica rinnovabile da fonte i-esima per ventilazione meccanica (*la includerei nel riscaldamento*) (kWh/a):
- Energia termica rinnovabile da fonte i-esima per uso cucina (kWh/a):
- Costo medio annuale (€):

### ACQUA

- Consumo medio annuo (m<sup>3</sup>):
- Costo medio annuale (€):

## **IV – DATI DI INVOLUCRO**

*[Si prevedono diverse modalità di input, alle quali è possibile associare analisi energetiche con minore o maggiore livello di accuratezza. Scelto il livello di inserimento dati, è necessario cancellare le modalità non selezionate]*

### **Livello 0**

- Superficie disperdente totale (m):
- Descrizione qualitativa di\*:
  - muri esterni
  - solaio di base
  - copertura

serramenti

\*indicare presunte stratigrafie, eventuale presenza di isolante termico, se possibile stima della trasmittanza termica

### Involucro opaco

#### Livello 1

Superficie disperdente totale (m<sup>2</sup>):

Superficie disperdente verso esterno (m<sup>2</sup>):

Superficie disperdente verso terreno (m<sup>2</sup>):

Superficie disperdente verso solaio di base non riscaldato (m<sup>2</sup>):

Superficie disperdente verso sottotetto non riscaldato (m<sup>2</sup>):

Trasmittanza termica muro esterno (W/m<sup>2</sup>K)

Trasmittanza termica solaio di base (W/m<sup>2</sup>K)

Trasmittanza termica copertura (W/m<sup>2</sup>K)

#### Livello 2

Codice	Descrizione	U (W/m <sup>2</sup> K)	Orientamento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Confina con*
1					
....					
....					
n					

\*1 aria esterna, 2 vano non riscaldato, 3 sottotetto non riscaldato, terreno, altro (specificare)

### Involucro trasparente

#### Livello 1

Superficie disperdente totale (m<sup>2</sup>):

Trasmittanza termica serramenti (W/m<sup>2</sup>K):

Descrizione dei serramenti:

Telaio:

Legno,  Alluminio,  Altro metallo  PVC,  Altro (specificare)

Sistema trasparente:

Vetro singolo,  Doppio vetro,  Doppio vetro basso emissivo,  Triplo vetro,  Altro (spec.)

#### Livello 2

Codice	Descrizione (caratteristiche parte opaca e trasparente)	U (W/m <sup>2</sup> K)	g (%)	Orientamento	Superficie (m <sup>2</sup> )
1					
....					
....					
n					

### V – Impianto termico

Impianto per:

1. Riscaldamento

2. Riscaldamento + ACS

*[Se la risposta è 1, la sottoscheda IV va compilata separatamente per l'impianto di produzione ACS, con titolo IVbis- Impianto produzione ACS, se esistente]*

Tipo di caldaia utilizzata (se più di una indicare per ognuna):

- Ha più di 15 anni di esercizio
- Due stelle \*\*
- Tre stelle \*\*\*
- Quattro stelle \*\*\*\*

Anno di installazione:

Rendimento di combustione (%):

*[Riportare il dato come indicato sul libretto di impianto o centrale, o sul libretto di uso e manutenzione della caldaia.]*

Combustibile utilizzato:

- Gas metano
- Gasolio
- GPL
- Carbone
- Altro (specificare):

Potenza della caldaia [kWt]:

*[Riportare il dato come indicato sulla targhetta della caldaia, sul libretto di impianto o centrale, o sul libretto di uso e manutenzione della caldaia.]*

Interventi di manutenzione negli ultimi tre anni: descrizione e costo

.....

Contatore di calore

- Sì
- No

Regolazione climatica della temperatura?

- Sì
- No

Terminali di emissione del calore:

- Termosifoni 
  - numero totale:
- Pannelli radianti
- Ventilconvettori (Fan-Coil) 
  - numero totale:
  - potenza termica totale complessiva (kWt):
  - potenza frigorifera totale complessiva (kWf):
  - anno di installazione:
- Altro (specificare):

## **VI – Altri impianti a integrazione dell'impianto di riscaldamento**

*[In caso di impianto dedicato a produzione ACS, la sottoscheda V va compilata separatamente per tale impianto, con titolo Vbis- Altri impianti a integrazione dell'impianto di riscaldamento ACS]*



Ulteriore impianto di produzione di acqua calda/riscaldamento integrato alla/e caldaia/e

Sì

No

- **Se sì**, quale tipologia di impianto è:

Cogenerativo  Potenza elettrica (kWe)  
Potenza termica (kWt)

Pompa di calore  Potenza elettrica (kWe)  
COP  
EER

Biomasse  Potenza elettrica (kWe)  
Potenza termica (kWt)

Geotermico  Potenza elettrica (kWe)  
COP  
EER

Solare termico  Potenza termica (kW)  
Superficie netta ( m<sup>2</sup>):  
Tipo installazione (tetto piano, falda, ecc):  
Inclinazione rispetto all'orizzontale (°):  
Orientamento: N S E O NE NO SE SO  
Accumulo (litri):  
Fluido di scambio:  
Acqua   
Glicole   
Altro (specificare):

## **VII – Gestione idrica**

Sono presenti:

- Regolatori di flusso per rubinetti

Sì

No

- Impianto di recupero delle acque piovane

Sì

No

- Impianto di recupero delle acque grigie

Sì

No

## **VIII – Usi elettrici**

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

## Livello 1. Dato aggregato per tutto l'edificio

**Livello 2. Dato disaggregato per zone omogenee per servizio di illuminazione. In questo caso le informazioni richieste devono essere fornite per ogni zona, che deve essere indicata in modo univoco (e.g. zona corridoi)**

Per ogni tipologia di corpo illuminante (lampada+plafoniera) installato indicare:

Task visivo° (lx)

Potenza complessiva\* (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

Per ogni tipologia lampade indicare

Quantità

Numero

Tipo Installazione

### **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 in kWh

Se non conosciuta indicare consumo ultimo anno in kWh

Spazi Esterni

Su pali

a livello terreno

Ioduri Metallici

altro

Vapori Sodio

a livello terreno

altro

Led

altro

Altro

altro

Consumo medio annuale Ultimi 3 anni Se conosciuta

° Non necessario in caso di livello 1

\*includere la potenza assorbita da eventuali reattori

#### ASCENSORI

Numero:

Ascensore i-esimo:

Tipologia:

Potenza (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

#### MOTORI ELETTRICI

Numero:

Motore i-esimo:

Tipologia:

Potenza (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

#### FORNI ELETTRICI

Numero:

Forno i-esimo:

Tipologia:

Potenza (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

#### FRIGORIFERI

Numero:

Frigorifero i-esimo:

Tipologia:

Potenza (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

#### LAVATRICI

Numero:

Lavatrice i-esima:

Tipologia:

Potenza (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

## LAVASTOVIGLIE

Numero:

Lavastoviglie i-esima:

Tipologia:

Potenza (kW):

Classe energetica (se conosciuta):

Anno di produzione:

Numero di ore/giorno di utilizzo:

## IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

- numero totale di unità:

- superficie climatizzata:

- potenza complessiva (kW):

- anno di installazione:

- numero di ore/giorno di utilizzo:

## **IX – Impianti di gestione automatica/intelligente**

TIPOLOGIA	Descrizione	
Intelligenza distribuita	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
PLC	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Misto	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Controlli	Zona <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Stanza	
	Edificio	<input type="checkbox"/>
Sensoristica		
	Temperatura	<input type="checkbox"/>
	Umid Relat	<input type="checkbox"/>
	Illuminaz.	<input type="checkbox"/>
	Presenza	<input type="checkbox"/>
	Altro	<input type="checkbox"/>
Specificare		
Mezzo trasmissione		
BUS	<input type="checkbox"/>	
WIFI	<input type="checkbox"/>	
Onde convogliate	<input type="checkbox"/>	
Misto	<input type="checkbox"/>	
Altro		

## **X – ALTRI IMPIANTI PER PRODUZIONE DA FONTI RINNOVABILI**

Solare termico

Potenza termica (kW)

Superficie netta ( m<sup>2</sup>):

Tipo installazione (tetto piano, falda, ecc):

Inclinazione rispetto all'orizzontale (°):

Orientamento: N S E O NE NO SE SO

Accumulo (litri):

Fluido di scambio:

Acqua

Glicole

Altro (specificare):

Impianto fotovoltaico

- Potenza totale (kWp):

- Produzione totale (kWh/anno):

*[Nel caso di impianto realizzati da gruppi di collettori differenti per: esposizione, orientamento e materiali, le voci seguenti dovrebbero essere disaggregati per gruppi omogenei]*

- Superficie netta ( m<sup>2</sup>):

Tipo installazione (tetto piano, falda, ecc):

Inclinazione rispetto all'orizzontale (°):

Orientamento: N S E O NE NO SE SO

Tecnologia:

Silicio monoc.

Silicio polic.

Silicio amorfo.

Altro (specificare):

Impianto eolico

- Potenza totale (kW):

- Produzione totale (kWh/anno):

*[Nel caso di impianto realizzati più aerogeneratori, indicare i dati per ciascuno di essi]*

Altro (specificare):

- Descrizione della tecnologia:

- Potenza (kW):

- Produzione (kWh/anno):

Superfici solarizzabili:

- Superfici disponibili per l'installazione di tecnologie di fonti rinnovabili:

Sì

No

- **Se sì**, indicare:

In copertura  m<sup>2</sup> (circa):

In facciata  m<sup>2</sup> (circa):

A terra  m<sup>2</sup> (circa):

## **B. MONITORAGGIO PARAMETRI PER PRESTAZIONI ENERGETICHE E AMBIENTALI**

### **IB – IMPIANTI TERMICI**

#### Livello 0

Consumo di gas al contatore - lettura oraria (dato aggregato per tutti gli usi termici: riscaldamento, ACS, usi cucina).

#### Livello 1

Livello 0 + monitoraggio usi termici sulle linee dedicate a riscaldamento e ACS, ovvero una delle due.

#### Livello 2

Livello 1 + monitoraggio degli usi termici per riscaldamento e ACS sui circuiti a servizio di singole zone termiche.

### **IIB – IMPIANTI ELETTRICI**

#### Livello 0

Consumo di elettricità al contatore - lettura oraria (o con risoluzione temporale maggiore) (dato aggregato per tutti gli usi elettrici).

#### Livello 1.

Usi di elettricità disaggregati per servizio illuminazione, ausiliari elettrici di impianti termici e forza motrice - lettura oraria (o con risoluzione temporale maggiore) (dato aggregato per tutti gli usi elettrici).

#### Livello 2.

Usi di elettricità disaggregati per tutti i servizi energetici - lettura oraria (o con risoluzione temporale maggiore) (illuminazione, forza motrice, ausiliari elettrici (pompe, ventilatori, fan coils), grandi elettrodomestici, movimentazione).

### **IIIB – IMPIANTI DA FONTI RINNOVABILI**

#### Livello 0

Produzione elettrica/termica al contatore dell'impianto. (dato aggregato per tutti gli usi elettrici).  
Frazione utilizzata dall'edificio e componente ceduta alla rete.

#### Livello 1.

Livello 0 + monitoraggio dell'impianto cui si integra l'energia prodotta da rinnovabile.

### **IVB – COMFORT E QUALITA' AMBIENTALE INDOOR**

#### Livello 0

Misure spot delle grandezze principali (temperatura e umidità relativa dell'aria, concentrazione di CO<sub>2</sub>) in ambienti tipo (aule, laboratori, uffici).

#### Livello 1

Misure ed elaborazioni spot delle grandezze e parametri principali (temperatura, velocità e umidità relativa dell'aria, temperatura media radiante, voto medio previsto, percentuale di insoddisfatti, concentrazione di CO<sub>2</sub>, altri gas presenti) in ambienti tipo (aule, laboratori, uffici)

#### Livello 2.

Livello 0 o livello 1 con monitoraggio in continuo.

## *2.4 Individuazione di edifici scolastici di riferimento per diverse destinazioni d'uso, applicazione della Scheda PELL Edifici Scolastici ed individuazione dei diversi KPI di riferimento (Università La Sapienza DIAEE)*

L'attività svolta dall'Università La Sapienza ha avuto l'obiettivo di collaudare la scheda "PELL Edifici Scolastici" per la valutazione energetica semplificata degli edifici scolastici, andando ad approfondire la valutazione dei consumi energetici e la verifica dello stato del sistema edificio-impianto per i fabbricati ad uso scolastico (Report RdS/PAR2017/054).

Al fine di effettuare dei sopralluoghi ben organizzati, senza trascurare alcun dato essenziale, il Dipartimento DTE-SEN dell'ENEA, nella scorsa annualità, ha elaborato appositamente una nuova Scheda Tipo di Indagine Edifici Scolastici che è stata impiegata in questa attività (Report RdS/PAR2016/011), potendosi quindi verificare la funzionalità e, ove necessario e possibile, segnalarne eventuali miglioramenti in base alle prove fatte realmente sul campo.

Data l'esperienza degli anni passati, di tutte le scuole presenti sul territorio, è stata ritenuta adeguata a partecipare alla ricerca solo una piccola percentuale. Questo perché la maggior parte degli istituti non acquisiscono, gestiscono ed archiviano i dati energetici in maniera corretta. Pertanto si è ritenuto possibile applicare tale ricerca ad un campione di 15 unità. Tale dato, derivante dall'esperienza, si conferma effettivamente reale durante la fase di indagine.

L'indagine energetica è stata effettuata, contemporaneamente, per la parte elettrica e per la parte termica non potendo scindere né gli impianti per tipologia né le diverse forme di energia. Sono oggi numerosissimi gli impianti che prevedevano, ad esempio, la generazione di caldo o di freddo tanto da fonte GAS quanto da fonte elettrica. In ogni caso, l'impiego dell'energia elettrica era necessaria anche negli impianti termici tradizionali a GAS per pompe, valvole, bruciatori, centraline di controllo, e molti altri componenti.

Il lavoro è stato quindi suddiviso nelle seguenti parti:

- Individuazione degli edifici scolastici con sufficiente disponibilità di dati nonché di addetti alla manutenzione ed alla gestione situati nel territorio di Roma. Tutti comunque compresi nella zona climatica D a parità di condizioni ambientali.
- Verifica della disponibilità dei Dirigenti Scolastici a partecipare alla ricerca e gestione delle relazioni organizzative al fine dell'ottenimento della documentazione tecnica e dei dati economici ed energetici in loro possesso. Gestione di tutta la documentazione legale autorizzativa per accedere agli edifici ed ai dati. Verifica di eventuali interessanti interventi di risparmio o di produzione da rinnovabili già presenti.
- Contatto con Città Metropolitana di Roma Capitale, in quanto addetta alla gestione globale degli edifici, per l'autorizzazione a trattare i dati e l'ottenimento dei valori di interesse.
- Valutazione dei dati in possesso, scelta delle scuole con i dati di base disponibili e relativa organizzazione dei sopralluoghi.
- Effettuazione di sopralluoghi tecnici presso le scuole campione scelte con analisi dello stato generale dell'involucro edile e degli impianti, verifica generale dei dati di consumo e compilazione contemporanea delle schede di indagine fornite da ENEA.
- Analisi della funzionalità delle schede informative e di rilevazione dati fornite da ENEA.
- Valutazione delle necessarie modifiche da effettuare alle schede di indagine.
- Ulteriore compilazione delle schede di indagine migliorate ed archiviazione dei dati ottenuti.
- Definizione e presentazione degli indicatori di consumo generali e particolari rilevati durante i sopralluoghi.
- Inoltre, è stata lasciata ai dirigenti scolastici ed a Città Metropolitana, data la loro gratuita disponibilità, una valutazione energetica generale degli stabili indagati, con l'aggiunta di possibili interventi di risparmio applicabili e dei conseguenti benefici ottenibili. Per tale motivo il report finale dell'attività è stato completato con una ampia parte descrittiva per ogni edificio visitato. Ad ogni edificio è stato dedicato un capitolo contenente tutte le criticità tecniche ed energetiche riscontrate; ove possibile è stata indicata almeno una soluzione immediata al problema.



- Raccolta e presentazione di tutte le criticità riscontrate in fase di acquisizione dati e di utilizzo della scheda.
- Stesura della presente relazione finale focalizzata principalmente sul rapporto di utilizzo delle schede di indagine energetica degli edifici scolastici.

Il lavoro ha quindi permesso di validare, sul campo, la funzionalità della scheda informativa di rilevazione dati energetici, Scheda PELL Edificio, per gli edifici ad uso scolastico evidenziando anche la sua utilità come strumento utile, ai Dirigenti delle scuole aderenti, per redigere una relazione sullo stato di ottimizzazione energetica dell'edificio, fornendo anche alcuni consigli sulle strade da intraprendere per un pronto miglioramento.

La scheda PELL edificio è risultata centrata e ben strutturata. Alcune piccole carenze, come la mancanza di qualche campo o di qualche tabella, sono state segnalate ed integrate, aggiornandola in funzione delle criticità riscontrate in fase di sopralluogo. Alcuni campi di poca importanza o di difficile compilazione sono stati eliminati.

Di seguito sono riportate le principali criticità rilevate in fase di compilazione della scheda. Contemporaneamente sono state indicate le migliorie apportate alla scheda.

- Nella scheda iniziale mancava il campo relativo alla tipologia di scuola o istituto. Tale dato risulta importante in quanto è strettamente legato alla tipologia di carichi presenti nell'edificio e quindi dei consumi. Si è dunque considerato necessario aggiungere nella scheda un campo relativo alla tipologia di scuola ospitata.
- Anche il numero di aule presenti nella struttura risultava assente nella scheda iniziale. Si è pensato di aggiungere tale campo per correlare al meglio gli indicatori di consumo alla effettiva capacità dell'edificio. Si rileva come in numerosi edifici ci sia un rapporto completamente diverso tra aule e spazi comuni, in termini di superfici.
- La presenza dei campi "Piano seminterrato climatizzato" e "Piano seminterrato non climatizzato", non risultando particolarmente necessari ai fini dell'indagine energetica, sono stati eliminati in quanto mai rilevati sul campo. Inoltre sono presenti altri campi che forniscono un'informazione più precisa ai fini di un'indagine energetica, "Superficie riscaldata" e "Volume climatizzato".
- Si è ritenuto necessario aggiungere uno spazio in cui è possibile discutere della tipologia costruttiva dell'edificio, del tipo di materiali, dell'alberazione, dell'esposizione al sole, etc.
- È risultata necessaria, ai fini di una buona descrizione del carico elettrico, l'aggiunta della tabella "Utilizzazione energia elettrica". In questa tabella vanno riportate anche informazioni fondamentali relative al contatore come, ad esempio, il codice POD, la potenza di dimensionamento, i dati di consumo dell'energia elettrica, ed altri dati. La tabella inoltre dà informazioni sulla presenza dei misuratori di energia, cosa importante in quanto la loro presenza è richiesta dalla legge. Infine viene riportata anche la suddivisione degli utilizzatori su diversi circuiti.
- Si è ritenuto necessario inoltre aggiungere uno spazio in cui fosse possibile annotare informazioni aggiuntive riguardanti il settore elettrico.
- Nella scheda iniziale non vi era uno spazio per discutere delle potenzialità energetiche dell'edificio. Di conseguenza è stata aggiunta una tabella denominata "Potenzialità energetiche" che è stata divisa in diversi settori: Edificio, Risparmio energetico, Fonti rinnovabili e Utilizzazione. L'importanza di prendere nota di tali disponibilità dell'edificio sta nel poter consigliare la migliore strada da intraprendere per una eventuale generazione locale di energia.
- È stata infine rilevata la necessità di aggiungere uno spazio relativo alle criticità riscontrate in fase di indagine. È stata aggiunta una tabella in cui è possibile annotare le criticità impiantistiche, strutturali e di indagine. Risulta inoltre utile per tenere nota di eventuali interventi urgenti da effettuare.

È stata quindi presentata la scheda di indagine migliorata, a valle di tutte le considerazioni appena delineate nel paragrafo precedente. Alcuni dati aggiunti alla scheda, tra l'altro di facile reperimento, si sono dimostrati importanti per chiarire meglio il comportamento energetico di un edificio. Ad esempio il numero di aule risulta fondamentale per capire quanto è sfruttato l'edificio; in numerosi casi è stato rilevato infatti che

l'indicatore in funzione del numero alunni è completamente differente da quello in funzione del numero di aule.

Analogamente è stato possibile apprezzare come alcuni campi, es. quelli di criticità e potenzialità, siano ampiamente compilati e presentino numerose informazioni utili. Questo al contrario dei campi contenenti dati tecnici o energetici che, purtroppo, spesso rimangono vuoti.

Il fatto che siano state aggiunte numerose note aggiunte si è reso necessario per caratterizzare un edificio e, soprattutto, per distinguerlo da altri. Infatti, già dall'inizio dell'analisi della scheda, si rileva che non si tratta di impianti con sistemi semplici bensì di strutture ed impianti complessi che necessitano di essere seguiti costantemente da un tecnico preparato.

Sono state anche definite delle tabelle di indicatori energetici, da cui poter trarre interessanti conclusioni qualitative e quantitative dell'andamento dei consumi energetici delle scuole.

Per gli indici di consumo di GAS, non ci sono degli edifici che spiccano di più rispetto ad altri. Infine per quanto riguarda i consumi idrici c'è il liceo Pascal che dei consumi di acqua notevolmente ridotti, rispetto agli altri edifici. Insomma, ogni edificio si dimostra differente dagli altri e merita uno studio particolareggiato.

Tra le numerose criticità riscontrate, è stata fatta una suddivisione tra quelle di impianto o gestione e quelle di rilevazione dei dati e di indagine. In particolare, le criticità rilevate e sfruttate per migliorare il sistema sono state:

- gli impianti sono risultati spesso manomessi, mancanti di documentazione, non identificabili da schemi o da sigle correttamente archiviati dall'amministrazione. Spesso anche i codici dei contatori non corrispondono a quelli indicati.
- Spesso, nella raccolta dei dati, enti diversi archiviano i valori di consumo in funzione dell'anno scolastico piuttosto che dell'anno solare. Nel caso di gestori non tecnici è frequente ricevere dati confusi o con unità di misura non chiare.
- Nella maggior parte mancavano informazioni e dati certi sulla struttura e sugli impianti, in alternativa si è stati costretti a basarsi su ricordi e pareri di un vasto numero di impiegati, gestori ed utenti che, ovviamente, risultavano spesso inattendibili.
- Numerosi impianti fotovoltaici non producono quanto dovrebbero denotando gravi carenze di controllo, gestione e manutenzione. Si è rilevata la necessità di un responsabile tecnico di edificio che viva giornalmente la struttura e assicuri il corretto funzionamento di tutti i sistemi in essa integrati.
- Mancavano spesso i dati relativi alla produzione da fotovoltaico, nella disponibilità del sistema di gestione di Città Metropolitana.
- Numerosi impianti sono abbandonati aperti a causa delle serrature rotte oppure chiusi ed in assenza di chiavi che risultano in possesso esclusivo della impresa esterna delegata alla manutenzione. Pertanto i locali sono spesso non accessibili anche agli addetti alla gestione.
- Numerosi edifici scolastici sono in condivisione con più di un istituto con il quale, in maniera assolutamente casuale, condividono alcune delle utenze in maniera totale o parziale. Nel caso complesso in cui convivono una scuola dipendente dal Comune ed una dalla Provincia la gestione del sistema quanto quella dell'indagine si complica in maniera esponenziale.
- I dati letti dai contatori non erano utilizzabili in quanto non veniva dichiarata, né scritta sulle targhette applicate negli appositi scomparti, la costante moltiplicativa che tiene conto del fattore di trasformazione dei TA di inserzione.
- Alcuni edifici non si rendevano né analizzabili né gestibili, al pari degli altri, in quanto ospitanti realtà completamente diverse da quelle scolastiche tipiche: circoli sociali di quartiere, teatri, sale da ballo, associazioni culturali, palestre, piscine, ed altro. Tutti con le utenze in condivisione totale, parziale o separate in maniera casuale. In alcuni casi i locali ospitano anche corsi pomeridiani e serali con orari

variabili; cosa che rende ancora più complicato dare valore ad un indicatore di consumo se non si costruisce un preciso modello matematico di valutazione del sistema.

- Carenze nella manutenzione edile che pregiudicavano anche il corretto utilizzo dell'energia: tetti sporchi o scuri, coibentazioni deteriorate, infiltrazioni ed umidità, ricambi d'aria incontrollati, ed altro.
- Assenza di sistemi di regolazione o di misura dell'energia, ad esempio le manopole termostate sui radiatori non vengono mai utilizzate. Solo alcune scuole avevano un misuratore generale di energia elettrica sul quadro generale, senza alcuna suddivisione dei consumi per diversi utilizzi.
- Assenza di una gestione tecnica oculata dell'energia, specialmente della parte fonti rinnovabili. In nessun caso veniva trovato un addetto alla verifica della producibilità, dell'esercizio e della pulizia dell'impianto fotovoltaico, quando presente.
- Eccessiva differenza di gestione della climatizzazione all'interno dei diversi edifici, con consumi nettamente diversi, spesso con eccessi o carenze di comfort lamentate dagli utenti. Inoltre, in tale maniera le diverse scuole non risultavano confrontabili nei consumi.
- La maggior parte dei campi indicati nella scheda non potevano essere compilati, come si evince da quelle compilate in fase di sopralluogo, in quanto solo pochissimi dati essenziali risultavano reperibili. Se si volesse approfondire la scheda sarebbero necessarie tali ricerche tecniche che, ancora una volta, andrebbero a giustificare la necessità della presenza di un tecnico all'interno di ogni edificio.

Per quanto riguarda la parte operativa della gestione energetica, sia in fase di indagine sia in fase di esercizio, ci si rende conto con evidenza che il sistema alle condizioni attuali non è analizzabile né gestibile. Il sistema edificio risulta talmente complesso per la quantità di enti che lo dividono e che lo gestiscono che si conferma come unica necessità essenziale la presenza di un dipendente tecnico di edificio che segua personalmente e giornalmente l'intero sistema, dalle manutenzioni alla gestione dell'energia.

La necessità di un tecnico presente, che conosca anche la storia dell'edificio e dell'impianto, risulta ancora più necessaria a causa della continua variabilità di utilizzo o di destinazione d'uso dei locali.

Gli sprechi rilevati risultano numerosi ed energivori in quantità tale da sospettare che, con il risparmio ottenibile da una presente ed accorta gestione, si possa facilmente rientrare del costo di una risorsa umana addetta alla gestione continuativa. Se solo si conteggiasse il danno derivante da mancata produzione fotovoltaica, a causa dell'assenza di supervisione del sistema, si potrebbero delineare cifre pesanti.

La scheda risulta chiara e comoda per un utilizzo immediato da parte di un tecnico; se si volesse creare una scheda facilitata che il Direttore Scolastico possa compilare in maniera autonoma è possibile fare uno studio di semplificazione.

Data la forte discrepanza rilevata tra gli indicatori di diverse realtà scolastiche si rende necessaria una ricerca più approfondita per comprendere il comportamento di un edificio. Studiare un modello matematico semplice, utilizzabile anche da un utente con scarse capacità tecniche o da un Dirigente Scolastico, potrebbe fornire una buona caratterizzazione dell'edificio.

In aggiunta sarebbe possibile creare un software *user-friendly* che possa essere utilizzato, a tutti i livelli, per identificare il comportamento di un edificio e correlarlo con gli indicatori di consumo statistici; cosa che oggi non è possibile a causa della disomogeneità di edifici, impianti e gestioni.

## *2.5 Criteri di normalizzazione dei KPI di riferimento e di stime di risparmi energetici conseguibili in reali condizioni d'uso per edifici scolastici esistenti (Politecnico di Milano eERG)*

L'attività di ricerca svolta ha avuto lo scopo di definire metodi semplificati, di prima approssimazione, per la quantificazione dei risparmi di energia conseguibili a fronte di interventi di efficientamento da prevedere su edifici esistenti (Report RdS/PAR2017/055) quali gli edifici scolastici.

Lo scopo di tale ricerca non è stato quello di proporre metodologie alternative a valutazioni come diagnosi energetiche, o certificati di prestazione energetiche che implementano al loro interno metodologie di calcolo legate agli standard nazionali vigenti. Spesso queste valutazioni restituiscono indicazioni sui risparmi di energia primaria dell'edificio che non tengono conto del reale profilo di utilizzo e gestione del fabbricato, influenzando così le valutazioni di sostenibilità e fattibilità economica degli investimenti di retrofit energetico. A volte, i risultati di tali valutazioni si pongono come barriera all'efficienza, soprattutto quando vengono valutati i tempi di ritorno degli investimenti.

Ma bensì, lo studio condotto è da intendersi come base nella definizione di metodi di analisi di risparmi di energia, e quindi anche economici, di alcuni interventi di efficientamento energetico (i più ricorrenti), da attuare sugli edifici scolastici considerando, per quanto possibile, i consumi reali dell'edificio in modo da fare stime più consone alla reale risposta energetica che la costruzione ha al variare delle condizioni climatiche esterne ed in base alla conduzione che i gestori e gli occupanti hanno dei sistemi impiantistici installati al suo interno.

La modellazione fisica del comportamento prestazionale di un elemento di involucro, nonché la stima dell'efficienza energetica di un sistema impiantistico, unitamente alla conoscenza delle gestione dell'edificio dell'occupante permetterebbe al conduttore dell'edificio, oppure alla pubblica amministrazione responsabile della gestione e manutenzione dell'immobile tramite i suoi amministratori e tecnici, di valutare con maggior consapevolezza i benefici ottenibili da interventi di efficientamento energetico dell'immobile.

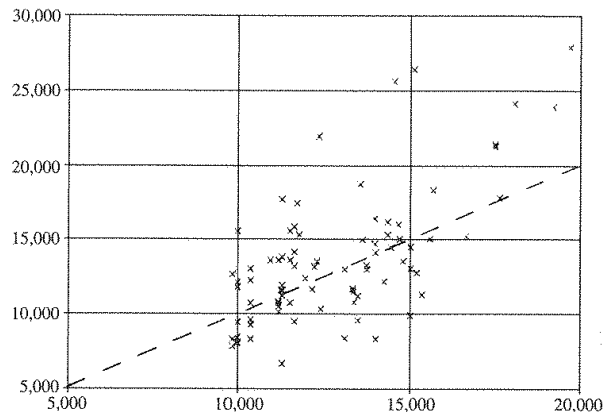
L'attività svolta ha proposto una prima metodologia semplificata per la valutazione delle prestazioni energetiche di un edificio scolastico. Il metodo che si è inteso proporre ha lo scopo di caratterizzare gli edifici nel loro stato di fatto, al fine di valutare le potenzialità di risparmio energetico dovute a possibili interventi di riqualificazione energetica da attuare sull'organismo edilizio, in previsione di interventi edilizi da attuare nel prossimo futuro.

In alcuni casi, le diagnosi energetiche che applicano le procedure di calcolo normativo restituiscono indicazioni della domanda di energia importata poco verosimile con l'effettiva richiesta dell'edificio. Una possibile causa di questo effetto indesiderato è dovuta ad una conduzione da parte dell'occupante o del gestore dell'edificio che difficilmente è descrivibile in una procedura di calcolo normativa. L'occupante infatti, con le sue azioni e logiche di gestione dell'edificio può influenzare significativamente i profili di consumo a servizio dei diversi usi finali. Il risultato è una stima dei possibili risparmi energetici e conseguentemente una valutazione della sostenibilità economica dell'intervento che difficilmente rappresenta le reali potenzialità dell'edificio.

Spesso accade che, nonostante una accurata e precisa definizione dei dati di ingresso nel modello energetico predittivo, le prestazioni effettive dell'edificio, valutate attraverso una campagna di monitoraggio, si discostino notevolmente rispetto a quanto calcolato e le ragioni di queste discrepanze possono essere tra le più svariate: dal contesto climatico considerato, alla definizione delle prestazioni degli elementi edilizi e dei sistemi impiantistici, alla modalità di uso e gestione dell'edificio da parte degli occupanti, ai valori di set point ed ai momenti di attivazione dei diversi sistemi impiantistici.

Il confronto con valori misurati è una dei metodi utilizzati per la verifica e l'analisi di una metodologia di stima. Ma spesso anche il valore misurato è caratterizzato da un certo grado di incertezza. Frequentemente queste campagne di monitoraggio sono poco presidiate e pertanto risulta difficile tenere traccia di tutti gli eventi che caratterizzano la domanda di energia utilizzata per i diversi usi presenti nell'edificio. A titolo di esempio,

in Figura 30 è riportata una analisi per la destinazione d'uso residenziale, dove i profili di occupazione ed i set point impiantistici sono normalmente meno variabili nel tempo rispetto alle altre destinazioni d'uso.



**Figura 30: confronto tra le domande di energia importata in edifici residenziali. In ascissa i kWh calcolati ed in ordinata i kWh misurati**

Anche in questo caso, come per gli edifici non residenziali, si osserva una importante dispersione dei risultati contraddistinta da una tendenza nel sottostimare in fase di calcolo le prestazioni ed i consumi rispetto a quanto misurabile nella realtà.

Tali valutazioni risultano ancora più difficili nel caso di edifici con occupazione intermittente, come una scuola.

La metodologia in via di definizione è da intendersi come una prima proposta di analisi e calcolo della domanda di energia consegnata (per ciascun vettore energetico), di un generico edificio scolastico, a supporto dello sviluppo di una piattaforma informatica finalizzata alla categorizzazione, analisi prestazionale e monitoraggio remoto dei consumi, da mettere a disposizione dei tecnici e degli amministratori locali come aiuto al processo decisionale di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico esistente.

Nel rapporto è presente una ricerca nella letteratura scientifica di metodologie analoghe in cui il numero di dati di input richiesti per la stima delle prestazioni energetiche sia ridotto.

Sulla base della fase esplorativa si sta definendo un quadro metodologico per la quantificazione dei flussi energetici in ingresso al sistema edificio, limitando per quanto possibile i dati di input ed introducendo semplificazioni di calcolo con lo scopo di permettere una valutazione semplificata degli effetti di un determinato canale di intervento di efficientamento energetico in termine di risparmio.

Il quadro metodologico in costruzione è pensato per utenti che abbiano a disposizione una serie di informazioni inerenti la geometria e le caratteristiche fisiche degli elementi edilizi ed impiantistici.

Attualmente il livello di preparazione richiesto ad un possibile utilizzatore della futura piattaforma elettronica è quella di un tecnico con una buona preparazione tecnico-scientifica nella valutazione delle prestazioni energetiche di un edificio e del suo sistema impiantistico. Questo può risultare inizialmente come un possibile limite, ma data la complessità del problema energetico degli edifici, per una migliore affidabilità dei risultati finali, si ritiene che tale tipologia di valutazioni debbano essere in via prioritaria effettuate da personale competente. Possibili sviluppi potrebbero essere quelli di semplificare ulteriormente i dati di ingresso al metodo in modo da ampliare il bacino di utenza della futura piattaforma informatica.

Il metodo che verrà proposto non esclude altre metodologie che la letteratura scientifica propone per queste tipologie di valutazioni. Il metodo si propone come possibile alternativa costruito sulla base di poche leggi della fisica che governano lo scambio di energia termica tra lo spazio interno e l'esterno. Una particolare attenzione è stata posta nell'inserimento di logiche che considerino il più possibile il profilo di utilizzo dell'edificio e le modalità di gestione e conduzione dell'immobile da parte dell'occupante.

Il metodo dovrà essere testato in futuro su casi reali, prima di una sua effettiva applicazione. Di seguito viene proposto lo stato attuale del quadro metodologico in via di definizione (Figura 31).

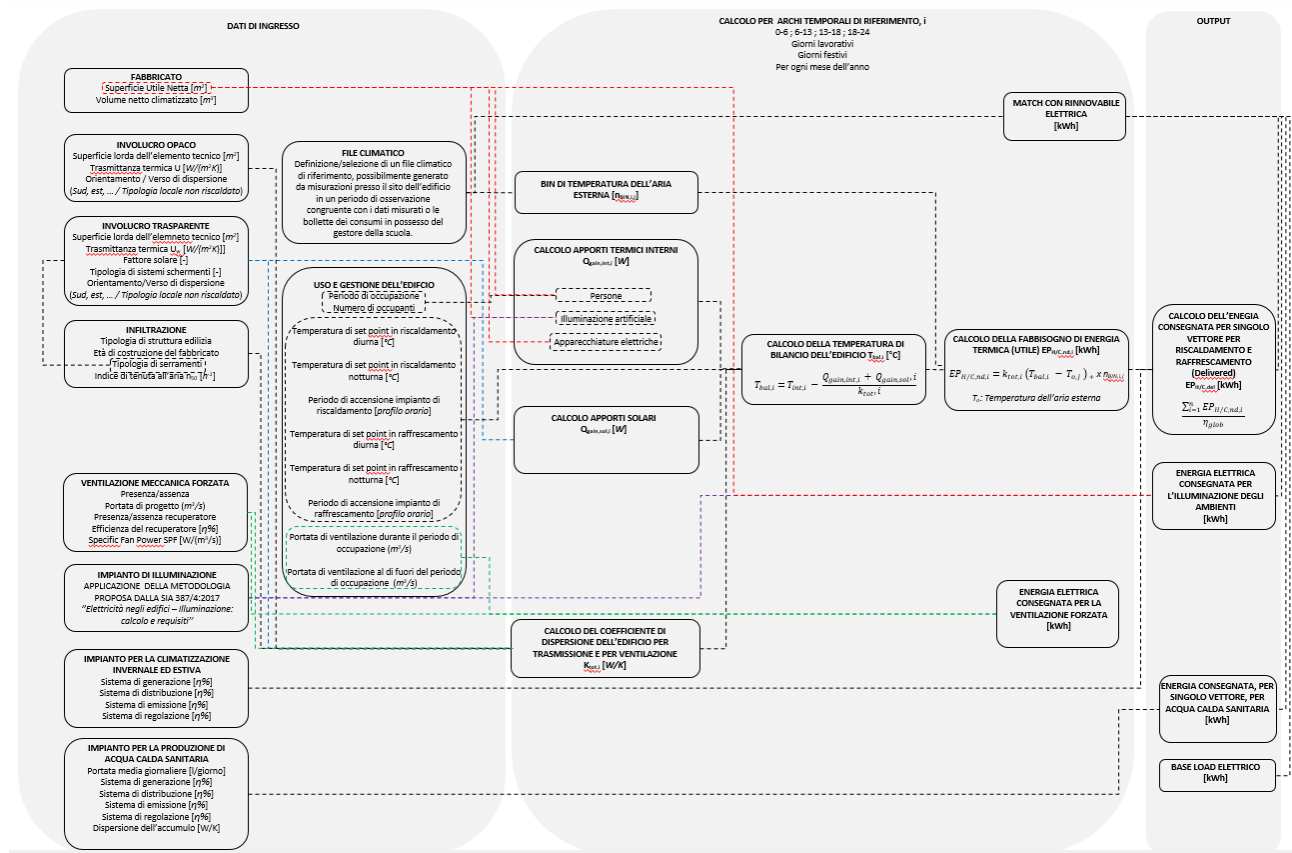


Figura 31: quadro metodologico in via di definizione

Inoltre, è stati effettuati alcuni approfondimenti relativi ad un allineamento strutturato della nomenclatura e relative definizioni proposte nei diversi standard non sempre in modo coordinato, oltre alla discussione inerente la definizione dei gradi giorno (GG) per riscaldamento, essendo questo uno dei parametri comunemente utilizzati per la normalizzazione delle prestazioni energetiche di un edificio rispetto al contesto climatico. La metodologia di definizione dei gradi giorno può utilizzare temperature di riferimento o "balance temperature" convenzionali e passi di integrazione diversi. Occorre dunque esplicitare il metodo per non incorrere in errori quando si utilizzano GG provenienti da diverse fonti.

Sono stati inoltre definiti semplici algoritmi di prima approssimazione nella definizione dei consumi per ogni uso finale tra cui il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione meccanica, l'illuminazione artificiale che sono stati inseriti all'interno del quadro metodologico presentato.

Infine, sono state individuate metodologie di stima semplificata che non prevedono la realizzazione di un vero e proprio bilancio energetico dell'edificio ma l'analisi di database strutturati per la definizione delle prestazioni energetiche dell'edificio. Tali metodi, conosciuti comunemente come analisi di regressione multipla o alberi decisionali (machine learning), hanno visto principalmente una applicazione per la stima della prestazione energetica dell'edificio, relativamente ai soli usi finali che hanno una dipendenza dalle condizioni climatiche esterne (riscaldamento). Altri usi finali, quali ad esempio la ventilazione meccanica e l'illuminazione artificiale non sono stati considerati.

## 2.6 Software LENICALC V.3 e primi risultati numerici di confronto

In questa annualità si è proceduto al completamento del software LENICALC V2 che ha visto la realizzazione

della versione LENICALC V3.

In particolare si è proceduto con quattro differenti attività:

- l'implementazione di funzioni che consentano l'invio dei dati dei progetti realizzati dagli utenti per una raccolta di informazioni, da parte di ENEA, utili alla definizione di benchmark nazionali (attività svolta da ENEA);
- rivisitazione dell'intera struttura del software per migliorarne ulteriormente l'utilizzo da parte degli utenti (attività svolta da ENEA);
- l'avvio di una campagna di misure di grandezze radiometriche e fotometriche da utilizzare per la caratterizzazione illuminotecnica degli ambienti confinati (attività svolta da ENEA);
- confronto dei risultati ottenuti nella precedente annualità dall'uso di LENICALC V.2 sullo studio parametrico con altri strumenti di calcolo del fabbisogno per l'illuminazione (attività svolta dal Politecnico di Torino – Dipartimento Energia).

### 2.6.1 Completamento del Software LENICALC V.3 (ENEA)

In questa annualità il gruppo di lavoro congiunto ENEA – UNI/CT023/GL10, che lavora alla realizzazione del software LENICALC V3 (nell'ambito del Gruppo di lavoro UNI GL10 – Efficienza Energetica degli edifici, della Commissione Tecnica Luce e Illuminazione) ha identificato le informazioni che ogni progetto eseguito con LENICALC V3 potrebbe mettere a disposizione dell'ENEA per consentire una valutazione utile alla definizione di valori di benchmark nazionali di LENI, Potenze impegnate per l'illuminazione artificiale, etc.... nell'ambito dell'illuminazione artificiale degli ambienti confinati (in base alle differenti tipologie edilizie prese in considerazione dalla norma UNI EN 15193-1: 2017 ed implementate nel software stesso).

I dati sono:

- Nome progetto,
- Tipologia di edificio dominante
- Latitudine e longitudine
- Data di realizzazione dell'edificio (year) o anno in cui sarà realizzato (year),
- Data di creazione del progetto ("yyyy-mm-dd"),
- Data di realizzazione dell'impianto (yyyy-mm-dd),
- Area totale di pavimento dell'edificio ( $m^2$ ) (somma delle area delle superfici di pavimento)
- Altezza totale dell'edificio ( $m^2$ )
- superficie totale finestrata dell'intero edificio ( $m^2$ ) (somma dei valori disponibili per ciascun piano),
- $F_o$  medio dell'edificio (Fattore di occupazione)
- Potenza totale installata ( $P_n$ ),
- Potenza parassita totale installata ( $P_{pc}$ ),
- Potenza per illuminazione di emergenza totale installata ( $P_{em}$ ),
- LENI annuale dell'edificio,
- Energia annuale dell'edificio spesa per garantire i requisiti prestazionali ( $W_L$ ) e spesa per i dispositivi di controllo e la ricarica dell'illuminazione di emergenza ( $W_p$ ),
- Energia mensile dell'edificio spesa per garantire i requisiti prestazionali ( $W_L$ ) e spesa per i dispositivi di controllo e la ricarica dell'illuminazione di emergenza ( $W_p$ ),

Quando un utente termina la simulazione per la determinazione del LENI effettuata con LENICALC V3, può procedere all'esportazione in formato **XML** di una serie di dati predefiniti andando a selezionare, dal menù a tendina File, la sezione "Create ENEA DB file" ed all'invio del file xml creato (che sarà nella cartella del

progetto) all'indirizzo di posta del Progetto PELL "[pell.project@enea.it](mailto:pell.project@enea.it)" (Figura 32).

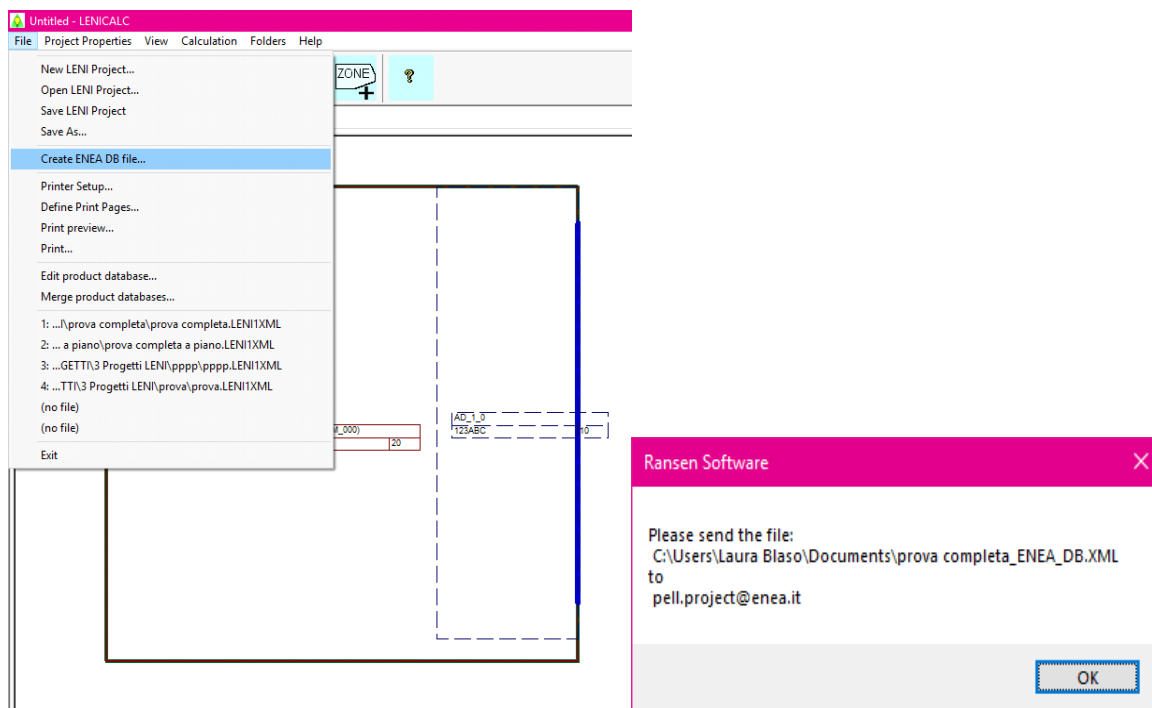


Figura 32: Esportazione dati del progetto nell'xml

A titolo di esempio si riporta la struttura del file xml creato per un esempio di prova:

```
<?xml version="1.0"?>
-<LENI_DB_V1>
  <ProjectName>prova completa</ProjectName>
  <DominantBuildingType>Offices</DominantBuildingType>
  <Latitude>45.7000000</Latitude>
  <Longitude>4.8000000</Longitude>
  <YearToBeBuilt>2020</YearToBeBuilt>
  <YearBuilt>0</YearBuilt>
  <FileCreationDate>2018-09-01</FileCreationDate>
  <YearToBeBuilt>2020.0000000</YearToBeBuilt>
  <YearBuilt>2.0000000</YearBuilt>
  <TotalBuildingArea>1000.0000000</TotalBuildingArea>
  <TotalBuildingHeight>13.2000000</TotalBuildingHeight>
  <TotalWindowsArea>12.0000000</TotalWindowsArea>
  <NumberOfFloors>4</NumberOfFloors>
  <AverageFo>0.9000000</AverageFo>
  <InstalledLightingPowerPn>1000.0000000</InstalledLightingPowerPn>
  <InstalledStandbyPowerPpc>0.1000000</InstalledStandbyPowerPpc>
  <InstalledChargingPowerPem>40.1000000</InstalledChargingPowerPem>
```



<AnnualLENI>**20.1421432**</AnnualLENI>

<EnergyForLightingWI>**1662.0623203**</EnergyForLightingWI>

<EnergyForStandbyAndChargingWp>**352.1520000**</EnergyForStandbyAndChargingWp>

-<MonthlyCalculation>

-<M1>

<SpecificEnergy>1.7883380</SpecificEnergy>

<WI>149.4878039</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M1>

-<M2>

<SpecificEnergy>1.7043208</SpecificEnergy>

<WI>141.0860821</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M2>

-<M3>

<SpecificEnergy>1.6413079</SpecificEnergy>

<WI>134.7847907</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M3>

-<M4>

<SpecificEnergy>1.5992993</SpecificEnergy>

<WI>130.5839298</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M4>

-<M5>

<SpecificEnergy>1.5712936</SpecificEnergy>

<WI>127.7833559</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M5>

-<M6>

<SpecificEnergy>1.5642921</SpecificEnergy>

<WI>127.0832124</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M6>

-<M7>

<SpecificEnergy>1.5782950</SpecificEnergy>

<WI>128.4834994</WI>

<Wp>29.3460000</Wp>

</M7>

-<M8>

```
<SpecificEnergy>1.6063007</SpecificEnergy>
<WI>131.2840733</WI>
<Wp>29.3460000</Wp>
</M8>
-<M9>
  <SpecificEnergy>1.6553108</SpecificEnergy>
  <WI>136.1850777</WI>
  <Wp>29.3460000</Wp>
</M9>
-<M10>
  <SpecificEnergy>1.7253251</SpecificEnergy>
  <WI>143.1865125</WI>
  <Wp>29.3460000</Wp>
</M10>
-<M11>
  <SpecificEnergy>1.8163438</SpecificEnergy>
  <WI>152.2883778</WI>
  <Wp>29.3460000</Wp>
</M11>
-<M12>
  <SpecificEnergy>1.9213653</SpecificEnergy>
  <WI>162.7905301</WI>
  <Wp>29.3460000</Wp>
</M12>
</MonthlyCalculation>

</LENI_DB_V1>
```

## 2.6.2 Rivisitazione della struttura di LENICALC V3 (ENEA)

Durante questa annualità si è altresì proceduto alla **rivisitazione dell'intera struttura del software LENICALC V3** per migliorarne ulteriormente l'utilizzo da parte degli utenti (Figura 33)

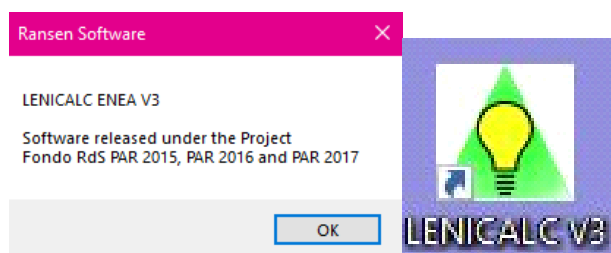
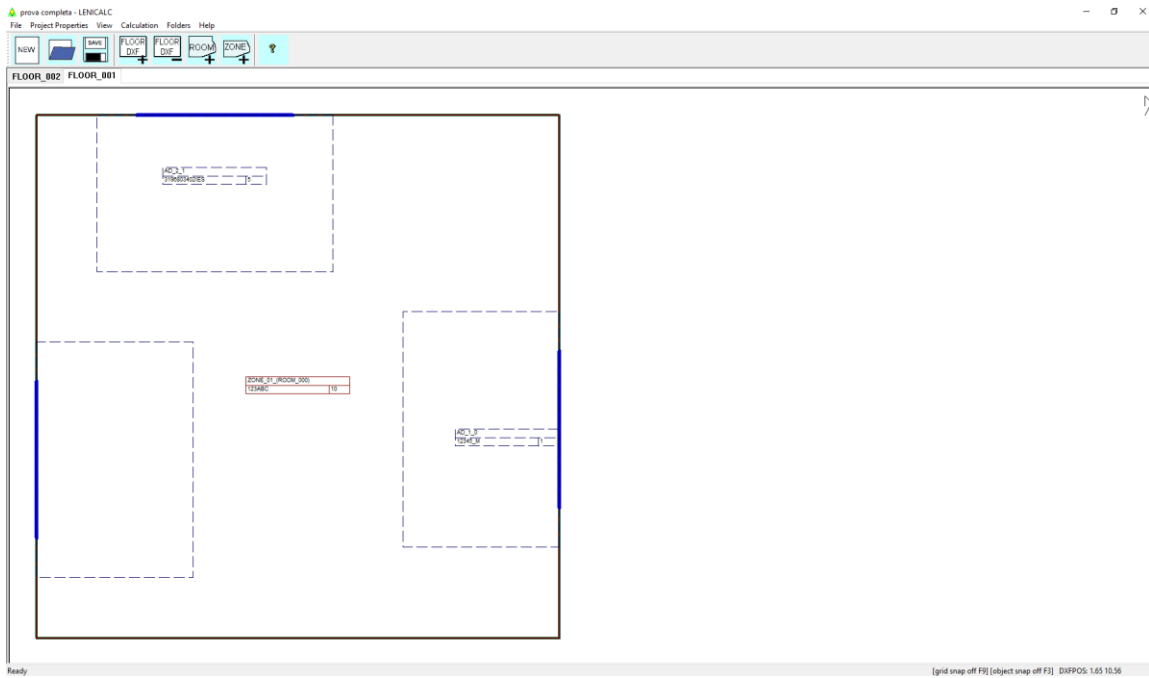


Figura 33: LENICALC V3

Di seguito si riportano gli screenshot di **LENICALC V3**, relativamente al menù a tendina dell'interfaccia principale (Figura 34, Figura 35, Figura 36).



**Figura 34: interfaccia principale**

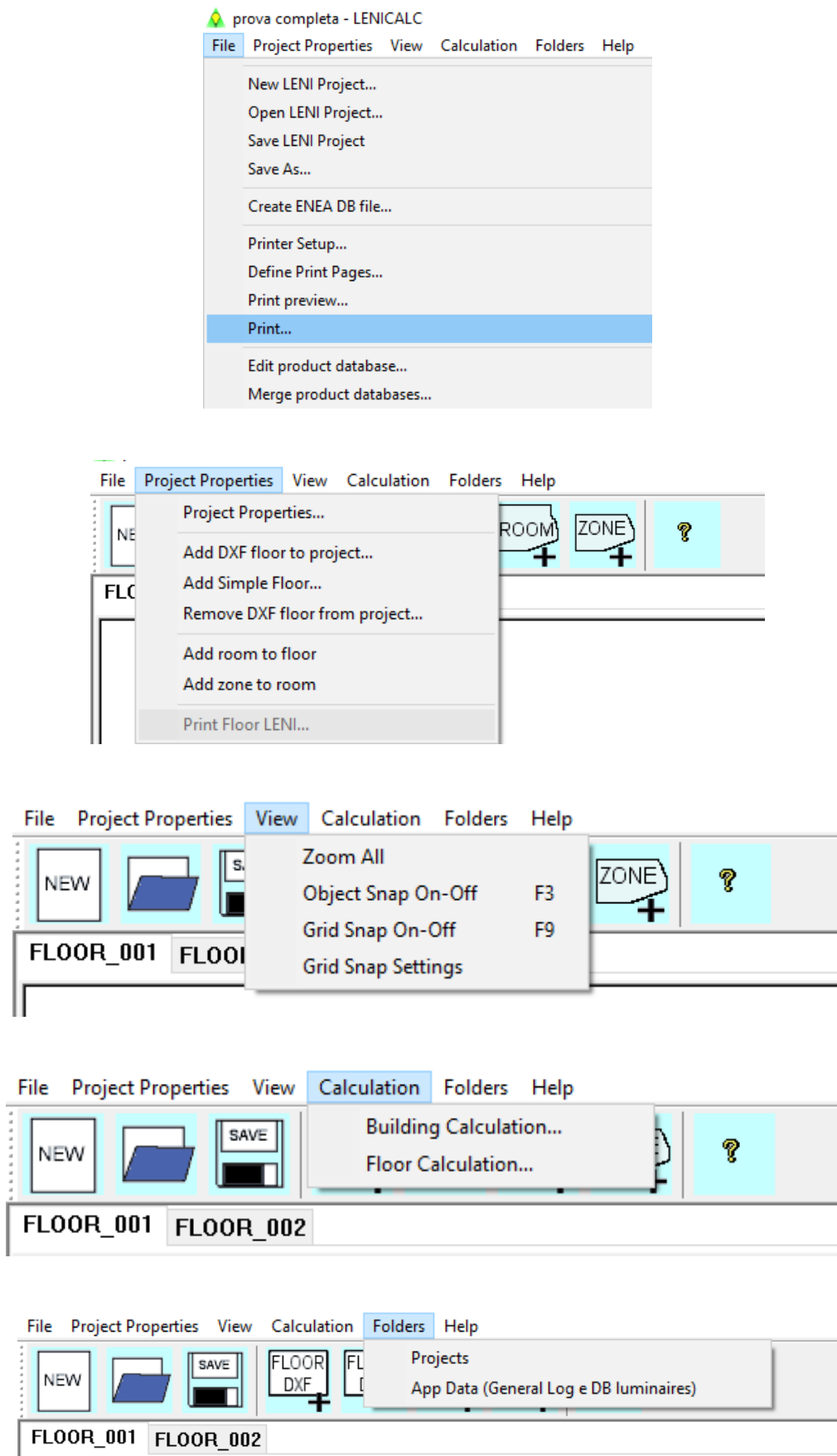


Figura 35: Menù a tendina dell'interfaccia principale

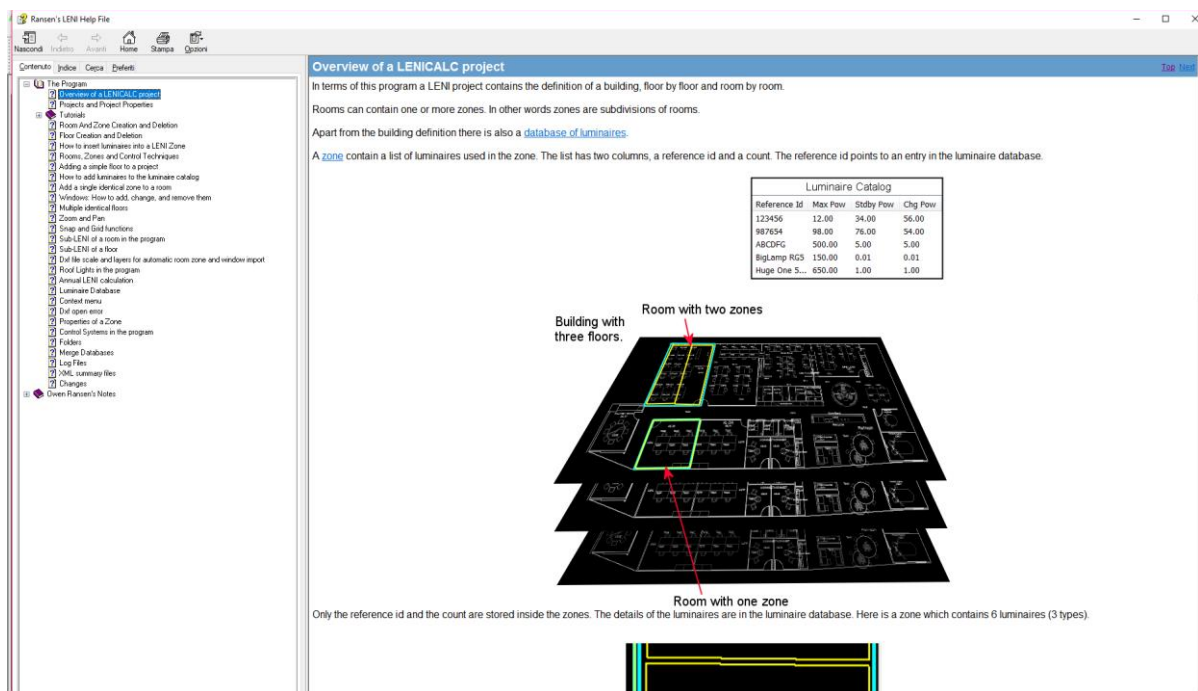


Figura 36: Sezione Help

Di seguito si riportano gli screenshot delle sezioni relative alla caratterizzazione del progetto (Figura 37), degli ambienti inseriti in ciascun piano (Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41), dei prodotti che costituiscono l'impianto, quali gli apparecchi di illuminazione ed i dispositivi di controllo (Figura 42, Figura 43) e la vista 3D degli ambienti (Figura 44).

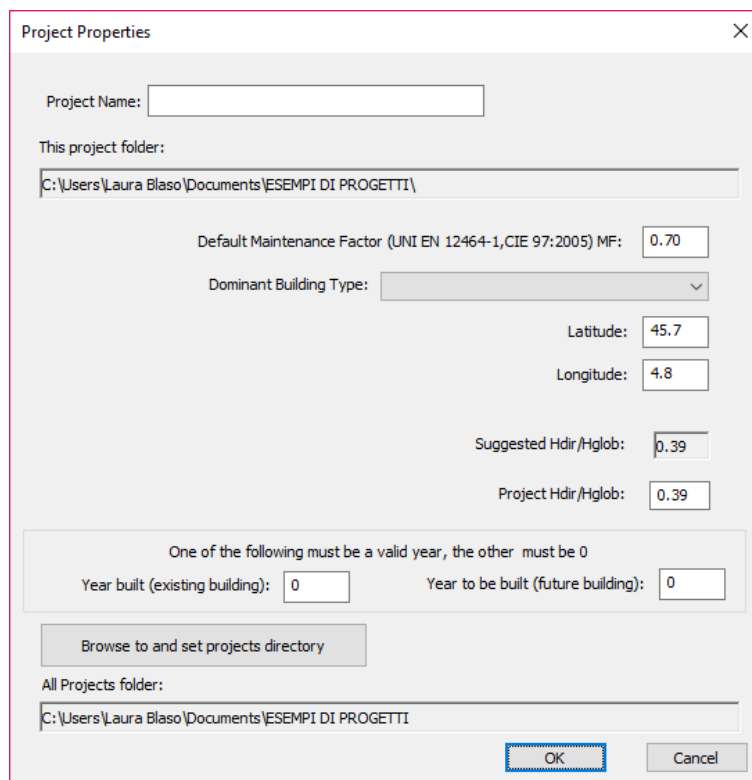


Figura 37: Sezione Project Properties

**Room Properties** [X]

Room Name:

Area=100.0 m<sup>2</sup> (bounding box 10.0m x 10.0m) height = 3.0m Em=500.0lx

Room Type:

Worksurface height:

Room MF (UNI EN 12464-1,CIE 97:2005):

Dcaj:

User Dcaj:

Shading:

Annual daylight hours, td:  Annual nighttime hours, tn:

Figura 38: Sezione Proprietà della stanza

**Zone Properties** [X]

Name:  Area:

Maintained Illuminance Of Zone (lx): (E task)

"Real" zone lux:

**Control System**

Has Constant Lumens Output (CLO)

Has constant illuminance sensor for AND (CIC)

Eff. Factor of Constant Illuminance Control, Fcc:

Fc=1.0

**Daylight Control Technique:**

Occupancy, Fo:  User Absence Factor, Fa:

Figura 39: Sezione Proprietà della zona

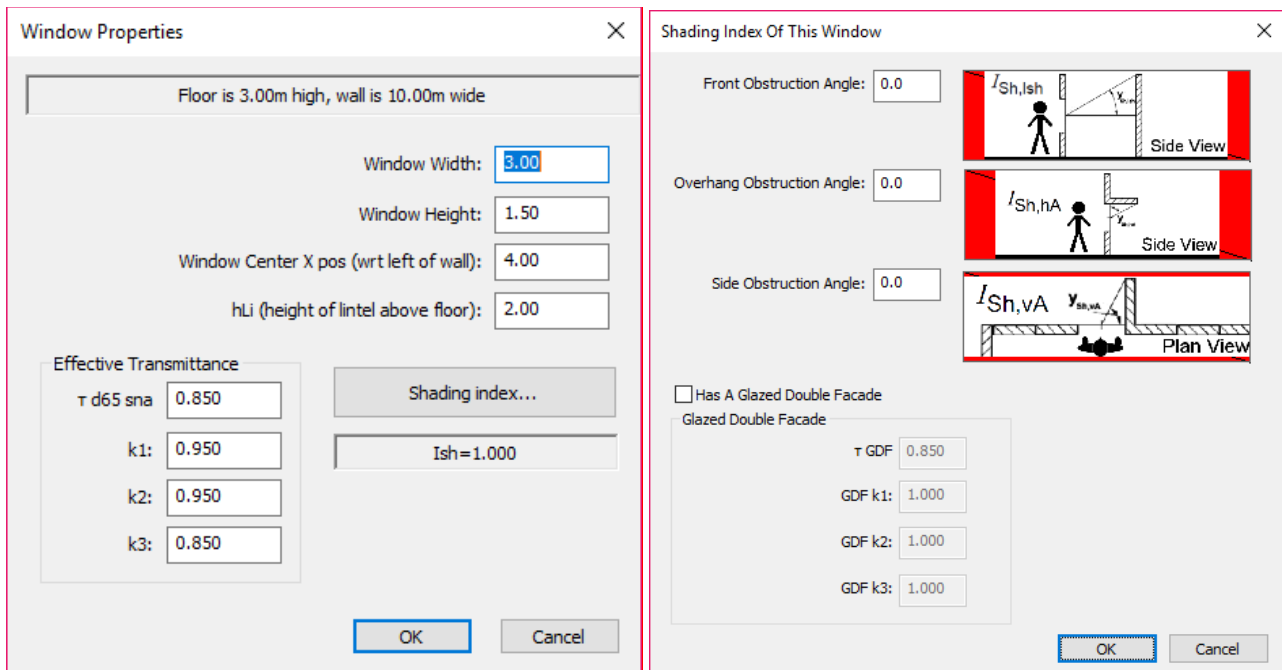


Figura 40: Sezione Proprietà della finestra verticale e relative ostruzioni

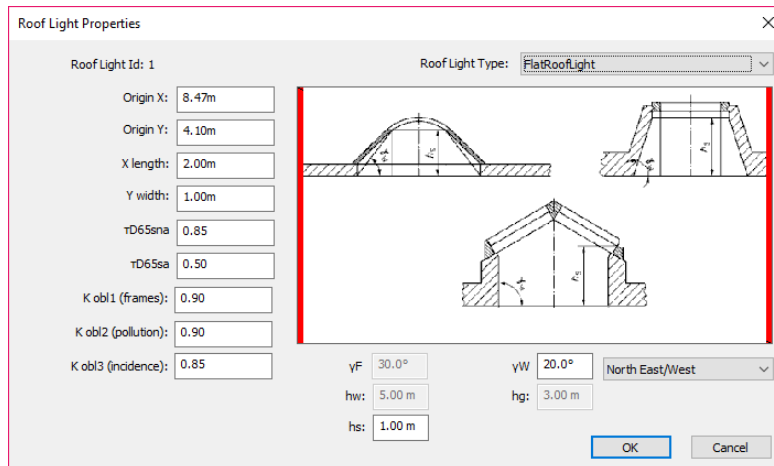
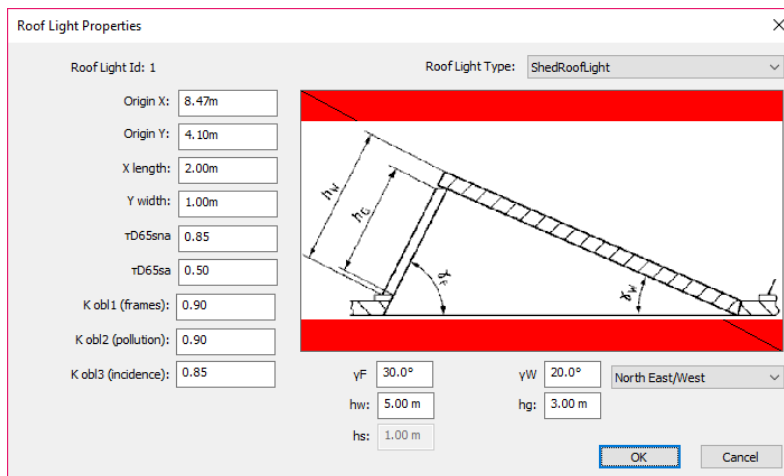


Figura 41: Sezione Proprietà della finestra orizzontali

**Luminaire Type Edit** [X]

Reference Id: 3196803402IES

Description: 620, PC (bruchsicher) opalweiss, raumstrahlend

Product Type: Luminaire

Luminaire Circuit Power (Pi)[W]: 54.00 W

Luminaire Control Standby Power (Pci)[W]: 0.00 W

Control Type: Occupancy

Luminaire Standby Emergency Charge Power (Pei)[W]: 0.00 W

[OK] [Cancel]

Figura 42: Caratterizzazione prodotti

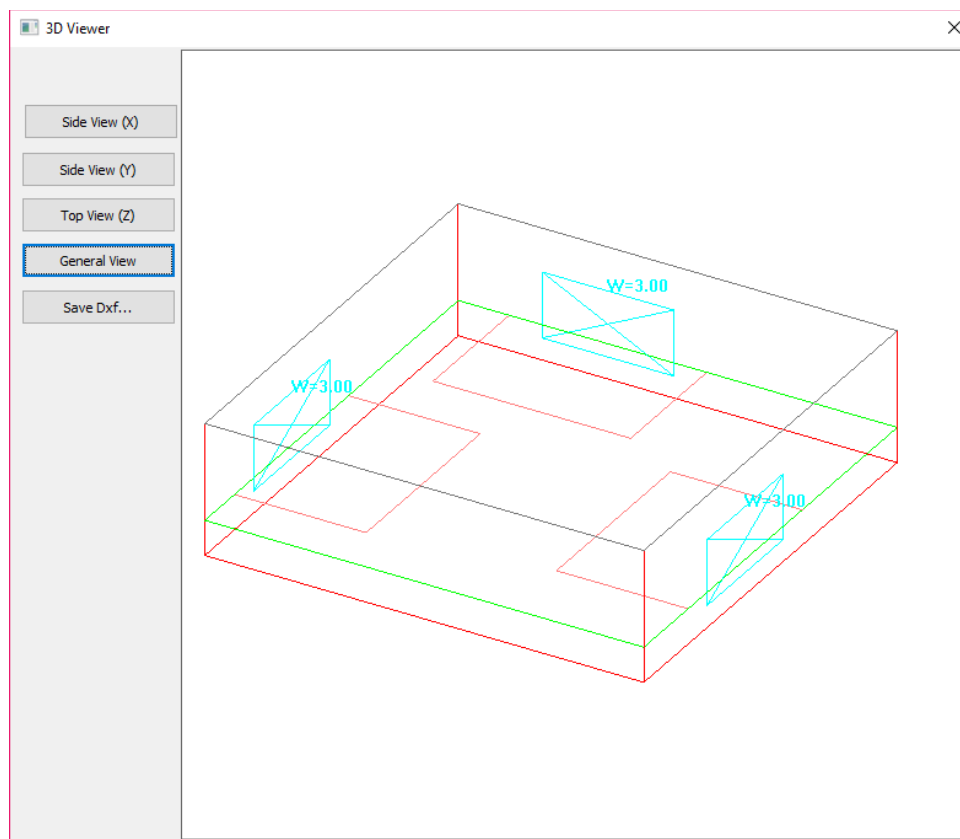
**Product Database** [X]

Reference Id	Description	Piw	Standby Pci	Chg Pei	Product Type
0123AAA	fngfhgf	30.00 W	0.00 W	0.00 W	Control
1234	ACME 1234	1.00 W	2.00 W	34.0	Control
12344321	EMER	0.00 W	0.00 W	2.00 W	Emergency
12345_M	12345 EMM	30.00 W	0.10 W	0.00 W	Luminaire+Emergency
12345_S	ESSE	50.00 W	1.00 W	0.00 W	Luminaire+Control
123ABC	ACME LUX 12...	100.0	0.01 W	0.01 W	Luminaire+Control+Emergency
2103-DN-0011	TACTO S4 EL...	10.00 W	0.50 W	0.50 W	Luminaire+Control+Emergency
2x Linear Basi...	2x Linear	120.0	0.00 W	0.00 W	Luminaire
3196803402IES	PHALANX 620...	54.00 W	0.00 W	0.00 W	Luminaire
3196803402LDT	PHALANX 620...	54.00 W	0.00 W	0.00 W	Luminaire
4234	ACME 4234	4.00 W	23.00 W	4.00 W	Luminaire
5678	ACME 5678	56.00 W	7.00 W	8.00 W	Luminaire
705 FLC 2X55L	705 Airone	116.0	0.00 W	0.00 W	Luminaire
A1234	ACME 1234	1.00 W	2.00 W	34.0	Luminaire
A123ABC	ACME LUX 12...	100.0	0.01 W	0.01 W	Luminaire
A5678	ACME 5678	56.00 W	7.00 W	8.00 W	Luminaire

[Add Object To Zone]

Figura 43: Data base prodotti





**Figura 44: Visualizzazione 3D del progetto**

Di seguito si riportano gli screenshot delle sezioni relative agli output dei calcoli energetici che il software effettua:

- su base annua (LENI edificio) e su base mensile (Energia specifica) relativamente all'edificio (Figura 45) ,
- su base annuale (LENI Sub) e su base mensile (Energia specifica) relativamente al piano (Figura 46),
- su base annuale (LENI Sub) e su base mensile (energia specifica) relativamente alla stanza (Figura 47).

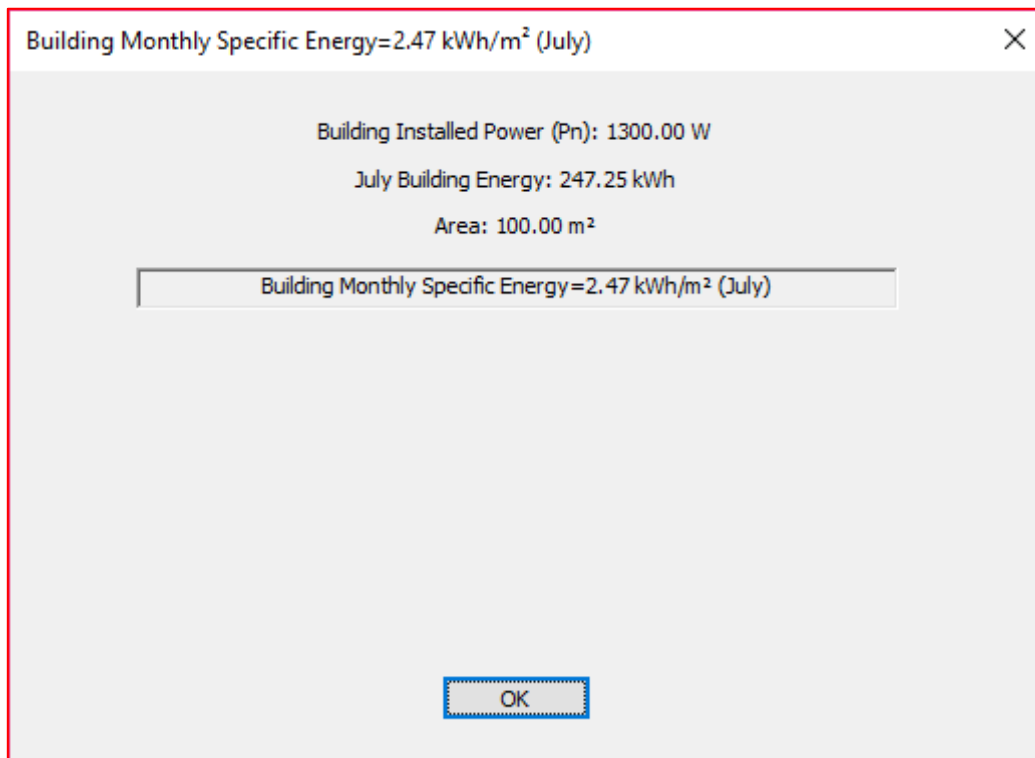
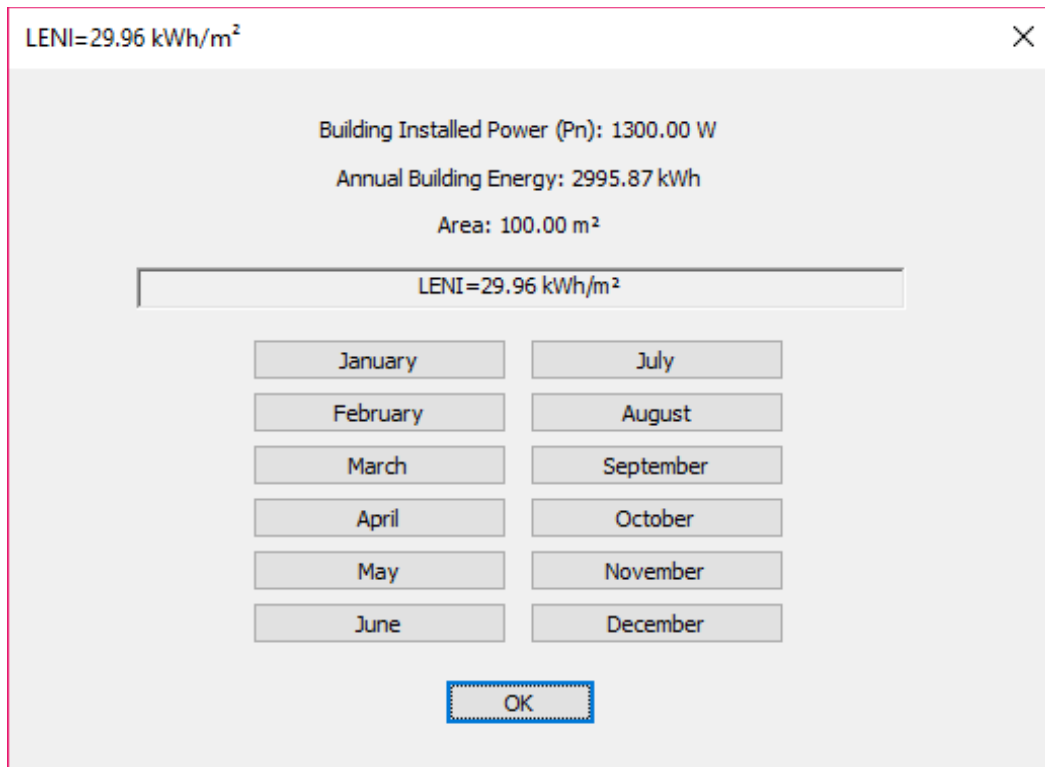


Figura 45: Sezione calcolo energetico riferito all'edificio

LEN<sub>sub</sub>=29.96 kWh/m<sup>2</sup> ✕

Floor Installed Power (P<sub>n</sub>): 1300.00 W  
Annual Floor Energy: 2995.87 kWh  
Floor Area: 100.00 m<sup>2</sup>

LEN<sub>sub</sub>=29.96 kWh/m<sup>2</sup>

January	July
February	August
March	September
April	October
May	November
June	December

OK

Floor monthly specific energy=2.47 kWh/m<sup>2</sup> (July) ✕

Floor Installed Power (P<sub>n</sub>): 1300.00 W  
July Floor Energy: 247.25 kWh  
Floor Area: 100.00 m<sup>2</sup>

Floor monthly specific energy=2.47 kWh/m<sup>2</sup> (July)

OK

Figura 46: Sezione calcolo energetico riferito al piano

**Annual Calculation** ✕

Room Installed Power Pn:  Room Area:

Daylight Time, td:  Daylight Absence Time, tn:

Energy for illumination, Wl:

Charging and Standby Energy, Wp:

Total Energy, W:

Annual LENIsub:

**July Calculation** ✕

Room Installed Power Pn:  Room Area:

Daylight Time, td:  Daylight Absence Time, tn:

Energy for illumination, Wl:

Charging and Standby Energy, Wp:

Total Energy, W:

Monthly Specific Energy:

Figura 47: Sezione calcolo energetico riferito alla stanza

In concomitanza con il completamento del software LENICALC V3 è proseguita, ma non ancora terminata, la redazione del testo della Prassi di Riferimento UNI (PdR UNI) che sarà distribuita unitamente al software. La distribuzione online di LENICALC V3 è prevista per inizio anno 2019 unitamente alla PdR UNI.

La PdR UNI è una linea guida semplificata messa a disposizione del progettista laddove egli vorrà applicare il metodo di calcolo completo della norma UNI EN 15193-1:2017 utilizzando LENICALC V3, ed è quindi una versione "parlata" del software, in quanto fornisce indicazione passo-passo seguendone la struttura (data entry, elaborazione, output) e rimandando alla norma per le definizioni e le formule di calcolo.

### 2.6.3 Campagna di acquisizione di dati meteo e fotometrici ad Ispra

Nell'ambito dell'attività di sviluppo del software LENICALC, già nella scorsa annualità era emersa la carenza di dati reali disponibili, di tipo radiometrico, per la corretta caratterizzazione del parametro di input della interfaccia di LENICALC relativamente al campo Hdir/Hglob (Irradianza diretta/Irradianza globale) (Figura 37), che viene suggerita dal software sulla base dei corridoi di Irradianza (segmentazione per ogni 15° delle varie località mondiali) definiti dalla ISO 10916, ma che l'utente deve inserire indicando il valore riferito al luogo nel quale è sito l'edificio.

È noto che per la valutazione dell'ambiente luminoso negli edifici confinati è estremamente importante poter attingere a dati meteo e fotoradiometrici reali ottenuti da monitoraggi in campo. Infatti, simulazioni con software dedicati necessitano di dati reali relativi a grandezze fotoradiometriche acquisite in continuo (con un campionamento ogni 5 minuti) con apposita strumentazione dedicata.

Al contrario, attualmente in Italia vi è scarso accesso a dati reali fotoradiometrici, poiché la loro acquisizione richiede strumentazione dedicata che è differente dalla normali centraline meteo<sup>3</sup>; in generale, i dati accessibili sono datati (generalmente anni 80), e ottenuti come valore medio orario di un periodo del passato, quindi non più rappresentativi delle condizioni climatiche di oggi.

La necessità di attingere a dati reali fotoradiometrici ha quindi stimolato l'installazione e lo sviluppo di un punto di acquisizione di dati meteo e fotoradiometrici in continuo presso la sede ENEA di Ispra. Tale postazione può sicuramente diventare punto di riferimento sia a livello locale che nazionale, e le grandezze misurate potranno essere messe a disposizione degli utenti interessati mediante creazione di un Database dedicato.

Poiché la conoscenza delle condizioni di illuminamento naturale negli ambienti confinati risulta essenziale, per garantire livelli alti di confort visivo, in contemporanea ai rilievi esterni in continuo sono state effettuate misure fotoradiometriche anche all'interno dell'edificio ENEA sede di Ispra, in ambienti lavorativi reali; per l'effettuazione di tali rilievi si è seguito un protocollo messo a punto negli anni passati per la valutazione delle condizioni luminose naturali.

In particolare, l'attività di monitoraggio che è stata avviata ha previsto il rilievo di dati fotoradiometrici a livello degli occhi dell'utente nella postazione di lavoro, una procedura innovativa che assicura di rilevare lo scenario luminoso reale a cui sono sottoposti gli utenti. La scelta della misura di grandezze radiometriche

---

<sup>3</sup> Ad oggi sono disponibili, su scala nazionale, dati meteo storici provenienti da centraline dislocate sul territorio italiano (centraline Meteo Arpa o aeroporti) che tra le varie grandezze hanno anche acquisito la radianza solare globale e diretta ( $W/m^2$ ) su base oraria. Sul sito del CTI (Comitato termotecnico Italiano <https://www.cti2000.it/>) sono disponibili i dati degli anni tipo per ciascuna regione (misure orarie). Sono anche presenti alcuni allestimenti presso centri/università, spesso con rilievi non in continuo, e finalizzati a fotovoltaico o specifiche applicazioni, e non sempre i dati sono facilmente reperibili. E' possibile inoltre fare riferimento a dati storici di radiazione solare al suolo messi a disposizione da ENEA (<http://www.solaritaly.enea.it/>), oppure consultare archivi meteo come Energy Plus, o simulare le grandezze meteo mediante software come Daysim (<http://daysim.ning.com/page/daysim-file-type-daysim-weather-file>). È disponibile anche la ISO 10916:2014 "Calculation of the impact of daylight utilization on the net and final energy demand for lighting" che mette a disposizione dei corridoi di irraggiamento globali (Irraggiamento diretto/Irraggiamento globale) per range di latitudini, considerando esclusivamente la fascia di orario 8.00 – 17.00. Anche in questo caso questo tipo di informazioni trova solo alcuni ambiti di applicazione ma non può ritenersi esaustivo per una valutazione più ampia dell'ambiente luminoso in ambienti confinati.

come l'irradianza spettrale risiede nel fatto che, poiché gli effetti fotobiologici della luce sono legati alle caratteristiche dell'energia luminosa incidente sulla retina, è importante stimare la luce indirizzata all'occhio, cioè la somma della luce proveniente dalla sorgente luminosa e da quella riflessa dalle superfici e oggetti circostanti, e non soltanto, come viene attualmente fatto, per quella emessa o che investe le superfici costituenti l'ambiente.

L'insieme dei dati acquisiti (esterni ed interni) forniscono quindi un supporto esaustivo alla simulazione e progettazione illuminotecnica all'interno degli ambienti confinati, e alla massimizzazione del confort visivo ed ambientale a cui sono soggetti gli utenti reali.

Lo studio proposto rappresenta inoltre un volano per la futura revisione della normativa di riferimento per la progettazione illuminotecnica di un ambiente (luce naturale ed artificiale), la EN 15193-1:2017 "Energy performance of Buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Specifications, Module M9, che per poter essere aggiornata con gli sviluppi tecnologici e le nuove conoscenze nel settore, necessita di dati ottenuti da monitoraggio in campo per un certo lasso di tempo. In particolare, per l'applicazione del metodo di calcolo dell'indicatore energetico LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) è necessario avere dati reali del rapporto Irraggiamento diretto/Irraggiamento globale.

L'attività ha previsto nel dettaglio:

- A. L'acquisizione in continuo di grandezze meteo e fotoradiometriche, mediante l'allestimento di una apposita centralina corredata di strumentazione e sistema di acquisizione, quali:
- Velocità del vento (m/s)
  - Direzione del vento (0°-360°)
  - Pressione barometrica (hPa)
  - Umidità relativa (0-100% UR)
  - Temperatura (°C)
  - Quantità di pioggia (mm)
  - Illuminamenti (lx) orizzontale e verticali sui 4 punti cardinali
  - Irraggiamento solare diretto ( $W/m^2$ )
  - Irraggiamento solare globale ( $W/m^2$ ) (diretto + diffuso)
- B. L'acquisizione spot, all'interno di spazi lavorativi reali, di parametri fotoradiometrici a livello degli occhi degli utenti nelle postazione di lavoro, quali:
- Illuminamento medio a livello di occhio (lx)
  - Irradianza spettrale livello di occhio ( $W/m^2\ nm$ )
  - Temperatura di colore correlata (CCT) a livello di occhio (K)

#### **Centralina meteo**

La centrale meteo dei laboratori di Ispra (Fig. 48), attiva dalla fine di ottobre 2017, è basata su hardware DeltaOhm e si compone di:

- 1) Datalogger HD32MT con possibilità di memorizzazione interna dei valori acquisiti, connessa tramite un web modem, che converte la sua porta RS232 in un piccolo server web, alla rete locale dei laboratori con un indirizzo IP privato appartenente a una serie diversa da quella alla quale sono collegati i PC in dotazione al personale, al fine di evitare ogni possibile intrusione nel sistema. I computer che devono operare con essa vengono impostati in modo da conoscere esclusivamente l'indirizzo del router che instrada il traffico verso la centrale meteo;
- 2) Anemometro a ultrasuoni DeltaOhm HD52 che fornisce oltre al dato del vettore vento (intensità e direzione) anche i valori di Pressione assoluta, Umidità relativa, Temperatura dell'aria. In aggiunta alla temperatura misurata direttamente con una PT100, il sensore fornisce anche una cosiddetta temperatura Sonica calcolata in base alle condizioni di pressione e umidità, utile per determinare lo stato di funzionamento del sensore (uno scarto eccessivo fra questa lettura e quella della PT100 significa un'anomalia nel circuito sonico);
- 3) Piranometro LP PYRA 02, piranometro di prima classe secondo ISO 9060 con una sensibilità di  $10\mu V/Wm^2$

- 4) Pluviometro a vaschetta basculante HD2013 provvisto di elemento riscaldante per misurare anche la precipitazione nevosa equivalente, con sensibilità di 0,2mm di pioggia ogni commutazione
- 5) Cinque luxmetri con sensibilità tipica di 0,5...2,0 mV/Klux e campi di misura da 0 a 150Klux, orientati verso i quattro punti cardinali e verso la verticale;
- 6) Pireliometro con filtri, con una portata da 0 a 2000W/m<sup>2</sup> e uscita 0÷10V, i cui filtri hanno le caratteristiche presentate in Tabella 3.

Tipo filtro	Lunghezze d'onda di taglio [nm]		Coefficiente medio di trasmissione
	Lambda corte	Lambda lunghe	
OG 530	526	2900	0,92
RG 630	630	2900	0,92
RG 695	695	2900	0,92

**Tabella 3: Caratteristiche filtri pireliometro**

La centrale meteo è installata provvisoriamente sulla terrazza dell'edificio ENEA a Ispra, in una zona che ha quasi visibilità totale a SUD e totale a NORD. Si è valutata come possibile collocazione definitiva la sua installazione sul tetto dell'edificio in una zona terrazzata, facilmente accessibile e raggiungibile dalle necessarie reti tecnologiche. La nuova collocazione offrirà la totale visibilità a 360°; inoltre, l'utilizzo di un trabattello fisso consentirà di lavorare in tutta sicurezza anche ad altezze superiori ai due metri rispetto al piano della terrazza, anche a personale privo di formazione per eseguire lavori in quota ai sensi del D.lgs. 81/2008.

Attualmente i dati sono scaricati manualmente tramite un server dotato di sistema operativo Windows 2003 server ma è stato acquistato, ed è in via di configurazione, un software che consentirà lo scarico dei dati in automatico secondo uno schema programmato.

Il software dato in corredo con la centrale meteo permette di impostare le tabelle di acquisizione (Fig. 51), cioè l'elenco dei vari sensori acquisiti e/o parametri derivati dai relativi segnali quali: valori minimi e massimi, medie etc. Il software permette, altresì, lo scarico dei dati [Fig. 49] e una loro semplice visualizzazione (Fig. 50), oltre a monitorare in tempo reale il funzionamento della centrale (Fig. 52) e la conversione dei dati scaricati (Fig. 50) in un formato utilizzabile con fogli di calcolo e software di elaborazione come Matlab o Octave.

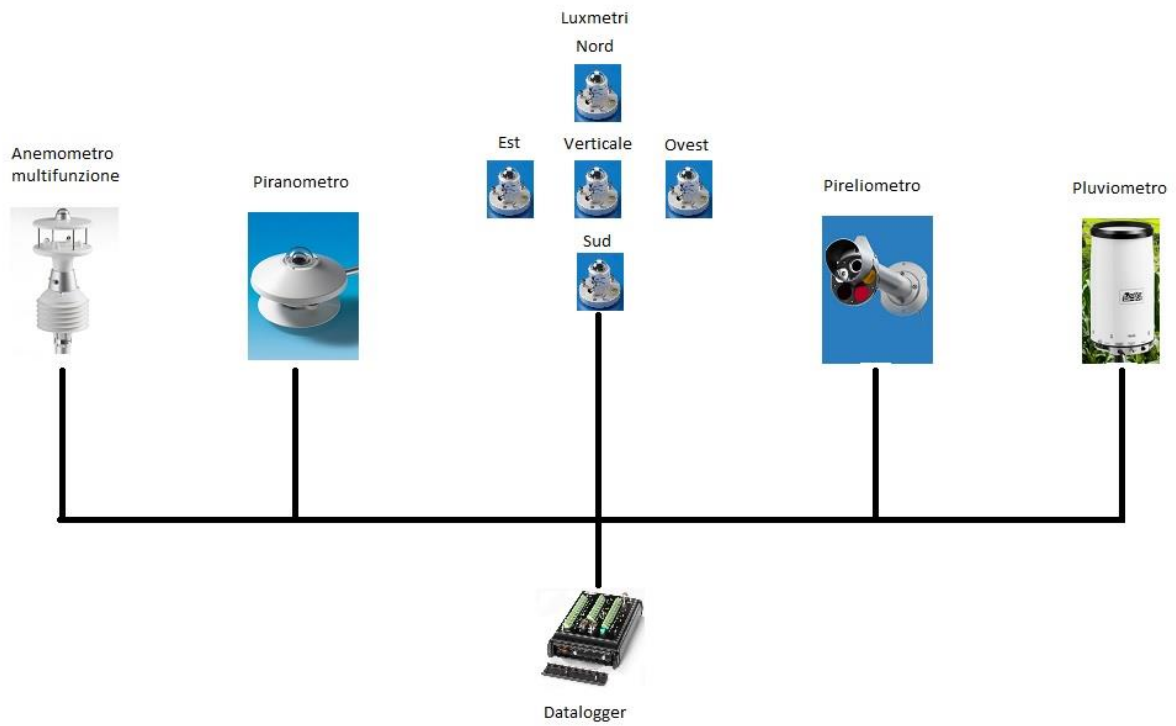


Fig. 48: Schema logico di collegamento della centrale meteo

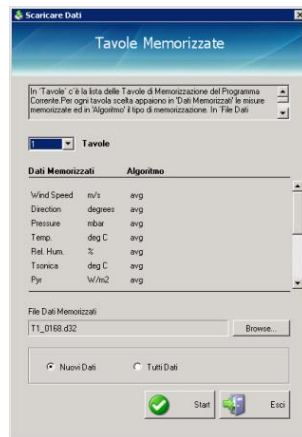


Fig. 49: Funzione di scaricamento dati

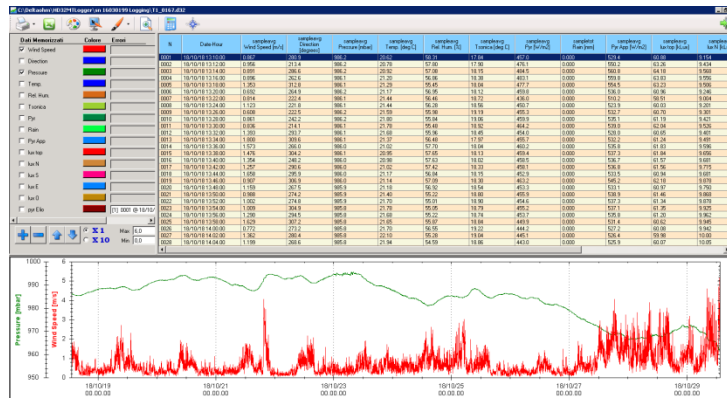


Fig. 50: Visualizzazione e conversione dati scaricati



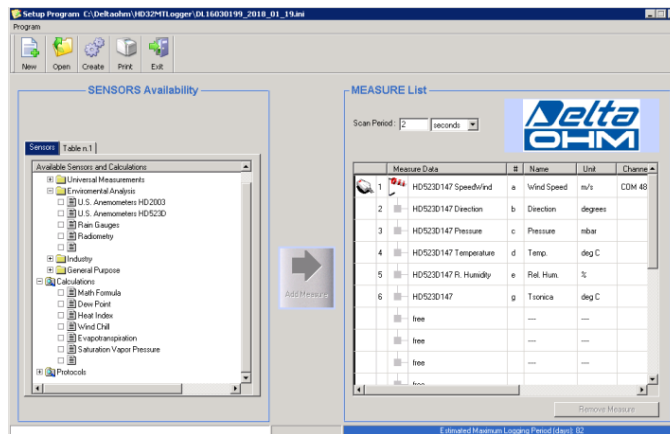


Fig. 51: Impostazione tabelle da acquisire

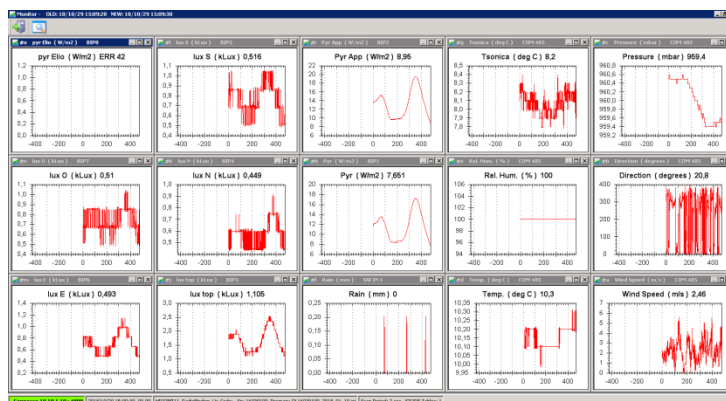


Fig. 52: monitoraggio in tempo reale canali acquisiti.

### Monitoraggio ambienti di lavoro

Le attività di monitoraggio della luce naturale nell'edificio ENEA di Ispra hanno seguito le modalità già sviluppate negli anni passati (RdS/PAR2014/029). Le misurazioni sono state effettuate negli stessi due uffici con esposizioni a SUD e a NORD, situati al piano terra della sede Enea di Ispra. L'acquisizione si è svolta nei mesi di febbraio e marzo del corrente anno.

A differenza delle attività precedentemente svolte, In questa annualità si è voluto sostituire l'utilizzo dello spettroradiometro con due spettrometri portatili di costo contenuto, posti a 0° e a -45° ad altezza occhi dell'utente nelle due postazioni di lavoro (Fig. 53). Tale scelta è motivata dalla necessità di sviluppare un protocollo di monitoraggio dello scenario luminoso applicabile senza disporre di strumenti costosi da laboratorio, e prediligere strumentazione da campo, per stimolare i lighting designer ad effettuare misure in campo significative delle condizioni luminose degli ambienti confinati.

Le acquisizioni sono state effettuate manualmente con cadenza di 15 minuti in orario di lavoro (dalle 09:00 alle 17:00). Un pacchetto software aggiuntivo permetterà in futuro lo scarico dei dati in automatico.

Si riportano i risultati di due giornate di misure nelle stanze con esposizione a SUD e a NORD, effettuate a marzo a breve distanza l'una dall'altra, e con uguali condizioni meteo (sereno variabile al mattino, nuvoloso al pomeriggio). I rilievi interni sono stati confrontati tra loro e rapportati alle condizioni di illuminamento e radianza globale rilevate all'esterno dalla centralina meteo (Fig. 54, Fig. 55, Fig. 56, Fig. 57).



Fig. 53: Attrezzatura rilevanti interni

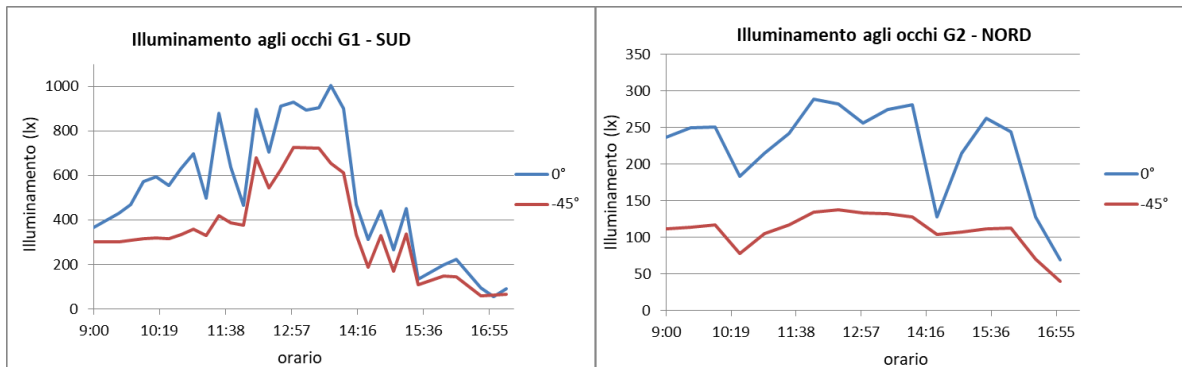


Fig. 54: Illuminamenti a livello di occhi per i due uffici nelle giornate di misura G1 e G2

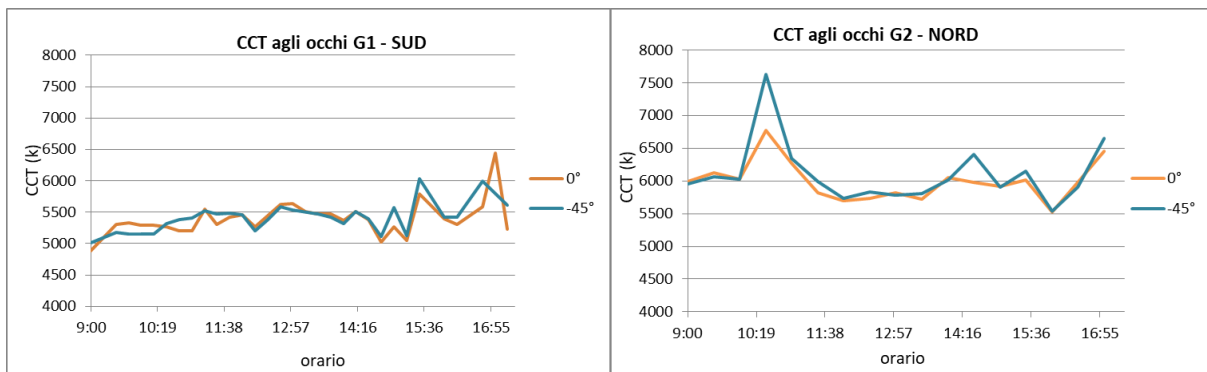
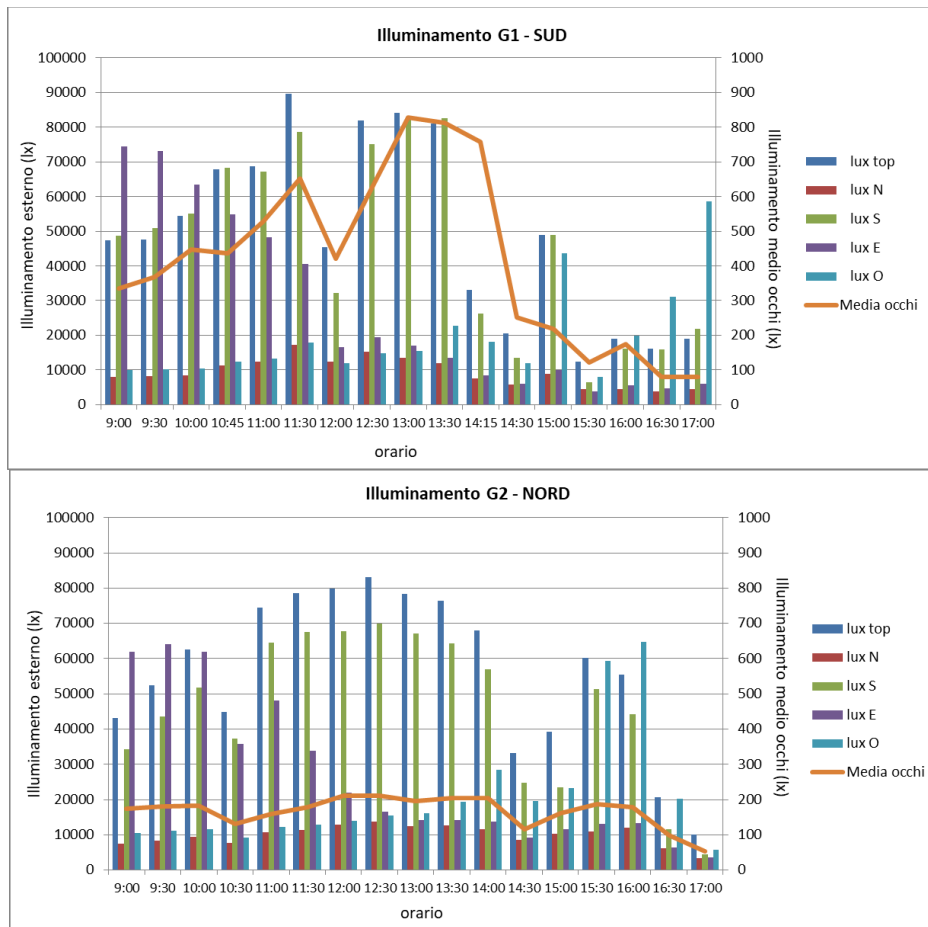


Fig. 55: Temperatura di colore correlata (CCT) a livello di occhi per i due uffici nelle giornate di misura G1 e G2



**Fig. 56: Illuminamenti esterni (orizzontale e verticali sui 4 punti cardinali) e interni (medi a livello di occhi) per i due uffici nelle giornate di misura G1 e G2**

Come risultato della differente esposizione a NORD e a SUD, notiamo livelli di illuminamento medio a livello degli occhi degli utenti sostanzialmente diversi, con un massimo di 830 lux ed un minimo di 79 lux a Sud contro i 210 lux di massimo e i 54 lux di minimo a NORD (Fig. 56).

Stesse differenze a livello di occhi si riscontrano nei valori di temperatura di colore correlata (CCT), con un valore medio nell'arco della giornata di 6047 K per l'esposizione a NORD, e di 5380 per quella a SUD (Fig. 55).

Anche l'irradianza media a livello di occhi risente chiaramente della diversa esposizione delle stanze, ottenendo un valore di massimo di 4,4 W/m<sup>2</sup> alle 13:45 e di minimo di 0,43 W/m<sup>2</sup> alle 16:45 nella stanza a SUD, contro il valore massimo di 1,5 W/m<sup>2</sup> alle 12:00 e minimo di 0,2 W/m<sup>2</sup> alle 17:00 per quella a NORD (Fig. 57)

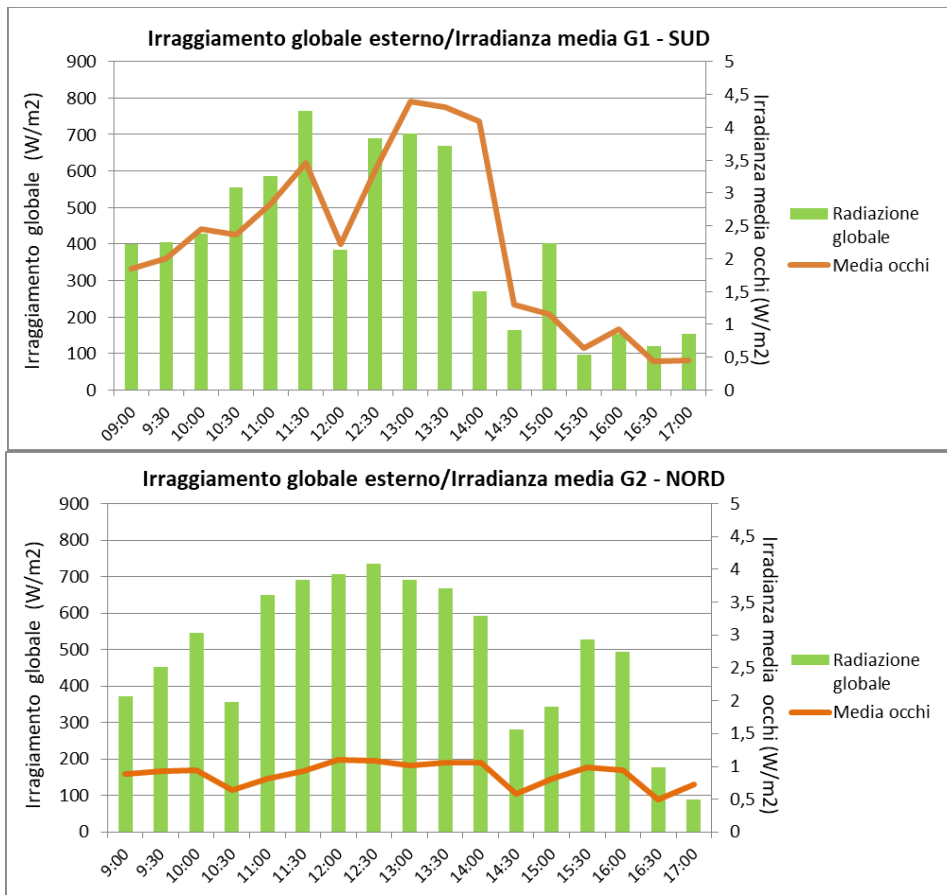


Fig. 57: Irraggiamento solare globale e irradianza media a livello di occhi per i due uffici nelle giornate di misura G1 e G2

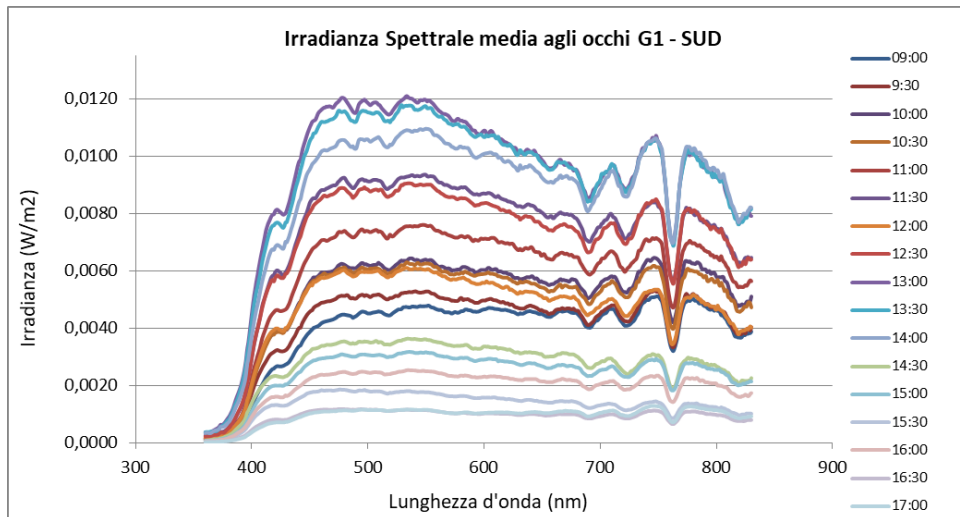
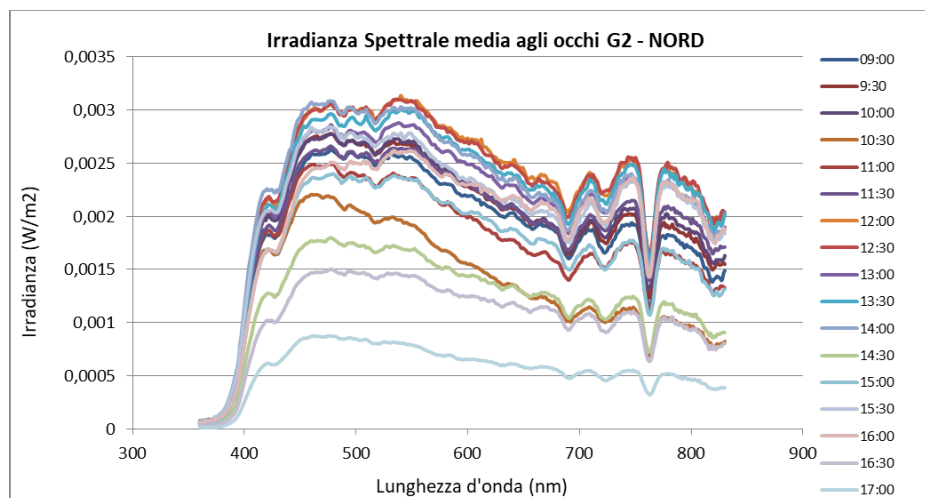


Fig. 58: Irradianza spettrale media a livello di occhi per i due uffici nelle giornate di misura G1



**Fig. 59: Irradianza spettrale media a livello di occhi per i due uffici nelle giornate di misura G2**

### Sviluppi futuri

- L'applicazione di un software specifico per la gestione dei dati meteo esterni (già in dotazione ed in fase di configurazione) permetterà lo scarico automatico dei dati.
- E' inoltre in fase di configurazione un software che permetta il salvataggio automatico dei rilievi interni, in modo da poter operare in modalità continua e non spot.
- Per poter mettere a disposizione degli utenti interessati le grandezze misurate in continuo, e rappresentare quindi un punto di riferimento di acquisizioni meteo reali a livello nazionale, è in fase di creazione un Database dedicato.
- L'installazione della centralina meteo nella sua postazione definitiva in quota, permetterà una totale visibilità a 360° della stessa.

### 2.6.4 Calcolo del fabbisogno energetico per l'illuminazione degli edifici: confronto tra il software LENICALC v.2 e software di simulazione dinamica climate-based (Politecnico di Torino - DENERG)

L'attività di ricerca sviluppata in questa annualità è consistita nel mettere a confronto le procedure di calcolo e i risultati ottenuti con l'applicazione di due software in grado di stimare il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione degli edifici (Report RdS/PAR2017/056).

Dei due strumenti di calcolo il primo, LENICALC V2.0 riproduce il metodo di calcolo analitico semplificato definito nella normativa tecnica UNI EN 15193-1:2017, mentre il secondo, DIVA-for-Rhino, è un plugin del software di modellazione 3D RHINO, inizialmente sviluppato presso la Graduate School of Design dell'Harvard University, in costante implementazione e attualmente distribuito da Solemna LLC. DIVA consente di svolgere simulazioni dinamiche e valutazioni delle prestazioni ambientali di edifici.

Per quanto attiene l'ambito illuminotecnico, DIVA consente il calcolo dell'illuminazione naturale a partire da dati climatici orari specifici della località oggetto di progetto ed il calcolo del fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale in funzione di specifiche logiche di controllo degli impianti.

Il confronto tra i due strumenti di calcolo è stato implementato mediante uno studio parametrico su singoli ambienti e su edifici pubblici di riferimento. In particolare, tra gli edifici pubblici si è scelto come caso studio quello degli edifici scolastici, che, nella realtà italiana, rappresenta un ambito con elevate potenzialità di risparmio energetico, anche in campo illuminotecnico. Le scuole esistenti sono infatti spesso datate e presentano in molti casi impianti di illuminazione artificiale o sistemi di controllo piuttosto obsoleti.

Lo studio sugli edifici scolastici mediante il software LENICALC V2.0 è stato inoltre orientato ad individuare dei valori benchmark di riferimento per i consumi dell'illuminazione degli edifici scolastici esistenti, sia in presenza di impianti tradizionali che nel caso di soluzioni che adottano nuove tecnologie (apparecchi a LED e sistemi di controllo automatici).

### Gli strumenti di calcolo a confronto

Il calcolo del fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale presuppone un'analisi che coinvolge diverse caratteristiche dell'edificio: condizioni di illuminazione naturale, di funzionalità (tipologia di edificio e profilo d'uso), e impiantistiche (sistema di illuminazione e sistema controllo). Entrambi i software utilizzati nella ricerca considerano l'insieme di questi fattori ma con diverso grado di dettaglio e accuratezza, in particolare per quanto riguarda il calcolo delle condizioni di illuminazione naturale degli ambienti interni all'edificio.

LENICALC V2.0 si basa, come descritto in precedenti pubblicazioni su un metodo di calcolo tabellare, con variazioni discrete dei parametri influenti, mentre DIVA utilizza Radiance come algoritmo di calcolo delle quantità fotometriche.

Il calcolo di queste quantità avviene attraverso un approccio combinato che si basa su due concetti: il metodo dei daylight coefficients, per discretizzare la volta celeste e collegare ogni punto della volta stessa ad un punto della griglia di calcolo interna all'ambiente; il modello "all-weather sky" di Perez per la generazione delle condizioni di cielo durante il corso dell'anno.

Attraverso questo approccio combinato, il software calcola l'illuminamento in ogni punto della griglia durante il corso di un anno con una risoluzione temporale corrispondente ad un time-step di un'ora. Come input vengono utilizzati i dati climatici specifici della località di progetto e il modello 3D realizzato in Rhino, avendo cura di assegnare ad ogni superficie un materiale compatibile con Radiance, e specificandone le proprietà ottiche quali la riflessione luminosa (componenti opachi) e la trasmissione luminosa (componenti trasparenti).

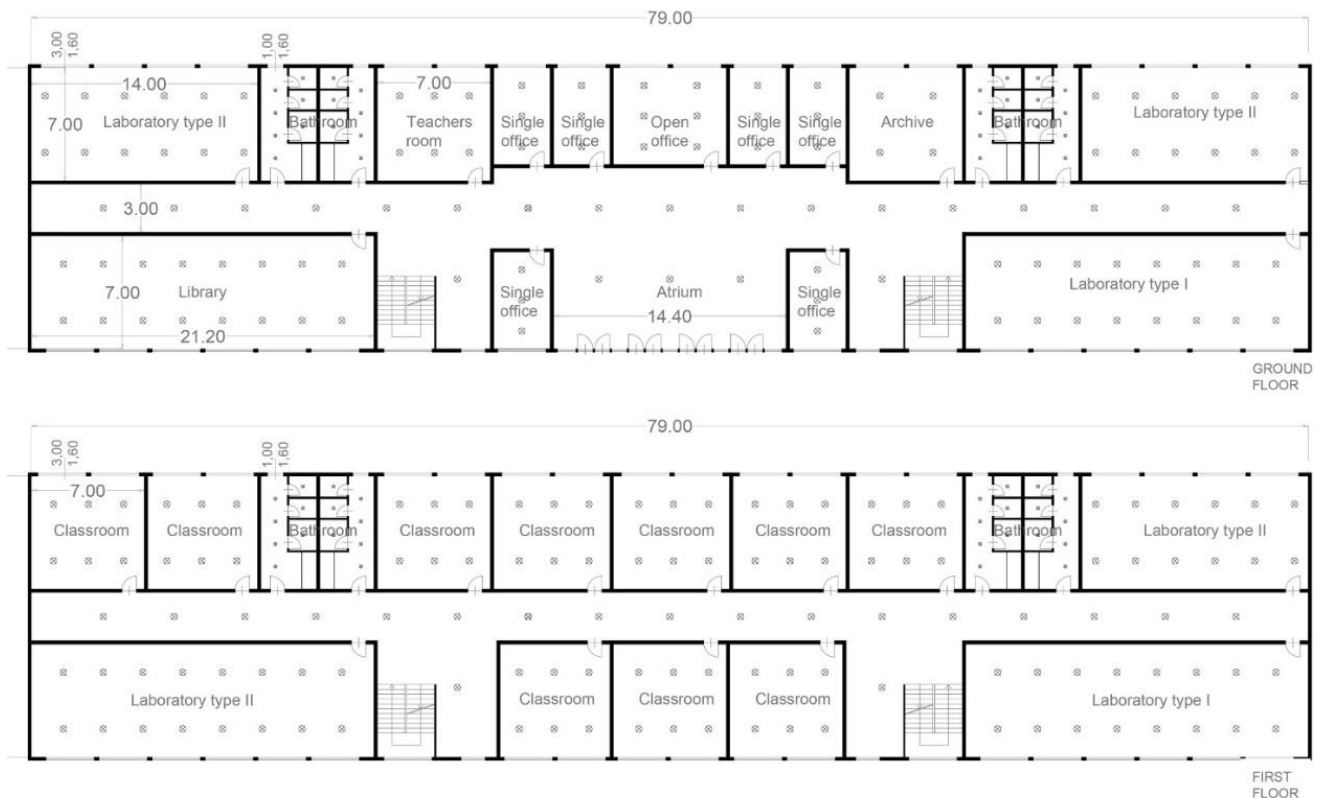
### Caso studio: l'edificio scolastico

L'edificio scolastico utilizzato come caso studio è stato definito in nella prima annualità ed ha caratteristiche scelte perché possa essere rappresentativo della scuola superiore "tipo" italiana ( Report RdS/2016/015) .

Si tratta di un edificio a stecca di 3 piani fuori terra, con pianta a doppia manica, sviluppata attorno ad un corridoio centrale, con due blocchi con servizi e scale e ascensori in posizione simmetrica, dimensionato per ospitare 500 studenti, divisi in 20 classi (25 studenti per classe). Le dimensioni del piano tipo sono 79 m x 17 m, pari a 1343 m<sup>2</sup> e altezza interna di ciascuno piano di 3 m.

Al piano terra sono presenti laboratori didattici e uffici per il personale amministrativo e docente, mentre il primo e il secondo piano, identici in planimetria, ospitano aule e laboratori didattici. Gli impianti di illuminazione prevedono apparecchi a plafone distribuiti secondo una griglia regolare in tutti gli ambienti. Questi sono dimensionati in modo da garantire i requisiti richiesti dalla norma UNI EN 12464-1:2011 (aule, laboratori di tipo I e uffici:  $E_{med} = 500$  lux; laboratori di tipo II e sala docenti:  $E_{med} = 300$  lux; spazi di distribuzione e archivio:  $E_{med} = 100$  lux; bagni:  $E_{med} = 200$  lux).

In Figura 60 sono riportate le piante del piano terra e del piano tipo con indicate le destinazioni d'uso dei locali e le posizioni degli apparecchi di illuminazione.



**Figura 60: Planimetrie del piano terra e del piano tipo dell'edificio scolastico di riferimento, con le destinazioni d'uso dei locali e disposizione degli apparecchi di illuminazione**

Nell'ambito dello studio, sia per il confronto tra LENICAL V2.0 e DIVA, sia per la determinazione dei valori benchmark di LENI per l'edilizia scolastica, sono state fatte variare alcune caratteristiche dell'edificio. In particolare si è considerato l'edificio collocato in diverse località, in contesti urbani a diversa densità e con orientamenti differenti. Inoltre, per quanto riguarda le caratteristiche degli impianti di illuminazione, sono stati considerati diversi scenari, corrispondenti a tipologie impiantistiche tradizionali e di nuova generazione e con differenti soluzioni di controllo. La sintesi delle variabili considerate è riportata nella Tabella 4.

#### Metodo di analisi e dati di input

A titolo esemplificativo dell'attività svolta e dei risultati ottenuti si riportano, di seguito, i risultati relativi al confronto tra LENICAL V2.0 e DIVA per l'edificio scolastico nella configurazione:

Torino, densità urbana media, orientamento edificio Nord-Sud, scenari di illuminazione 0 e 3. Il confronto tra i due software è stato sviluppato su due livelli: stima di disponibilità di luce naturale e fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione. La disponibilità di luce naturale è stata calcolata in ciascun locale suddividendo l'area, coerentemente con il metodo di calcolo della normativa UNI EN 15193-1 e quindi con il software LENICALC, in zone che ricevono o non ricevono la luce naturale -  $A_D$  e  $A_{ND}$  (Figura 61).

Per il calcolo del LENI sono state quindi specificate, per le diverse aree e per i due scenari, le caratteristiche del sistema di illuminazione artificiale in termini di potenze assorbite e caratteristiche del sistema di controllo.

Di seguito si riportano i principali dati di input per il calcolo in LENICALC V2.0 e in DIVA.

POSIZIONE E ORIENTAMENTO DELL'EDIFICIO				
Località	Torino Lat 45°; $H_{dir}/H_{glob}$ 0.43		Palermo Lat 38°; $H_{dir}/H_{glob}$ 0.55	
Densità Urbana	Bassa – angoli di ostruzione: 5° PT; 0° P1; 0° P2	Media – angoli di ostruzione: 22,8° PT; 14,3° P1; 5° P2	Alta – angoli di ostruzione: 40° PT; 26,9° P1; 10° P2	
Orientamento	Nord - Sud		Est - Ovest	
SCENARI DI ILLUMINAZIONE				
	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Caratteristiche apparecchi	Sorgenti FLUO Potenza apparecchio 86,1W (ogni punto luce) 21,6W (bagni)	Sorgenti LED Potenza apparecchio 61,0W (ogni punto luce) 15,0W (bagni) 22,0W (archivio)	Sorgenti LED Potenza apparecchio 61,0W (ogni punto luce) 15,0W (bagni) 22,0W (archivio)	Sorgenti LED Potenza apparecchio 61,0W (ogni punto luce) 15,0W (bagni) 22,0W (archivio)
Controllo occupazione	Manual ON/OFF (in ogni locale)	Manual ON/OFF (in ogni locale)	Manual ON/Auto OFF (aule, lab., uffici) Auto ON/OFF (bagni) Manual ON/OFF (spazi di distribuzione)	Manual ON/Auto OFF (aule, lab., uffici) Auto ON/OFF (bagni) Manual ON/OFF (spazi di distribuzione)
Controllo luce naturale	Manuale (in ogni locale)	Manuale (in ogni locale)	Auto dimmed con consumi di stand-by (aule, lab., uffici) Manuale (bagni e spazi di distribuzione)	Auto dimmed senza consumi di stand-by (aule, lab., uffici) Manuale (bagni e spazi di distribuzione)

Tabella 4: sintesi delle variabili considerate

DATI COMUNI TRA LENICALC E DAYSIM

- **Caratteristiche architettoniche** dell'edificio: dimensioni in pianta degli ambienti, altezze dei locali, altezza del piano di lavoro (h 0 m - spazi distributivi e h 0.8 m - altri locali) e angoli di ostruzione
- **Posizione geografica:** Torino, Lat: 45.1°N
- **Illuminamento medio mantenuto** per ciascun locale: 500 lx per classi, laboratori di tipo I, biblioteca, uffici singoli e ufficio open-space; 300 lx per laboratori di tipo II e sala docenti; 100 lx per spazi di distribuzione, bagni e archivio
- **Dimensione delle finestre:** 3,00 m x 1,60 m in tutti i locali; 1,00 m x 1,60 per i bagni;  $h_{Li}$  2,70 per tutte le finestre.

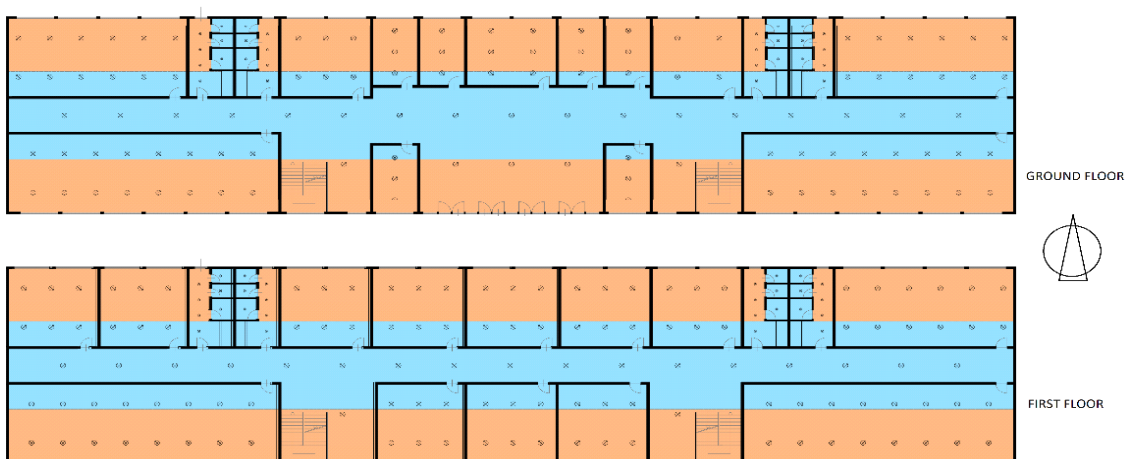


Figura 61: Planimetria del piano terra e del piano tipo con indicazione, per ciascun locale, delle aree AD (arancio) e AND (azzurro) e posizionamento degli apparecchi.



#### DATI DI INPUT SPECIFICI PER LENICALC

- **Luminous exposure  $H_{dir}/H_{glob}$**  0.43 (calcolato dal file climatico utilizzato per le simulazioni dinamiche in DIVA)
- **Fattore di manutenzione:** 0,8
- **Edificio di riferimento:** edifici scolastici
- **Room type** (e relativi fattori di assenza): per ciascun locale (cfr. fig. 1) in base ai valori della tabella E.2 della norma UNI EN 15193-1:2017
- **Effective transmittance:**  $T_{vis} = 0,75$ ;  $k_1 = 0,90$ ;  $k_2 = 1$ ;  $k_3 = 0,85$  ( $T_{vis, effective} = 0.57$ )
- **Sistema di schermatura:** glare protection
- **$t_d / t_n$ :** 1800 h / 200 h

Per lo scenario 0:

- **Controllo rispetto all'occupazione:** Manual ON/OFF (in ogni locale)
- **Controllo rispetto alla luce naturale:** Manual type 1 (in ogni locale)

Per lo scenario 3:

- **Controllo rispetto all'occupazione:** Manual ON/Auto OFF (in aule, laboratori e uffici), Auto ON/OFF (nei bagni), Manual ON/OFF (negli spazi di distribuzione).
- **Controllo rispetto alla luce naturale:** Auto dimmed type VIII (in aule, laboratori e uffici), Manual type I (nei bagni e negli spazi di distribuzione)

#### DATI DI INPUT SPECIFICI PER DAYSIM

- **Riflessione luminosa:** 70% soffitti; 50% muri; 30% pavimenti; 25% ostruzioni, albedo, facciate dell'edificio stesso.
- **Trasmissione luminosa effettiva dei vetri:** 0.64
- **Sistema di schermatura:** Conceptual dynamic shading\*
- **Griglia di calcolo:** su tutta l'area dei locali, con 50 cm di margine dalle pareti; interdistanza 50 cm;
- **$t_d / t_n$ :** 2046 h / 40 h (in base al profilo di occupazione lunedì-venerdì, dalle 7 alle 15);

Per lo scenario 0:

- **Controllo** Manual ON/OFF (in ogni locale)

Per lo scenario 3:

- **Controllo:** Photodimming con manual ON e Auto OFF senza consumi di stand-by (in aule, laboratori e uffici), Auto ON/OFF (nei bagni), Manual ON/OFF (negli spazi di distribuzione).

#### Risultati ottenuti

Il confronto dei risultati ottenuti mediante i due software analizzati (LENICALC e DIVA) è stato fatto sulla base delle seguenti metriche che descrivono la disponibilità di luce naturale negli spazi considerati e il relativo consumo di energia elettrica per illuminazione:

- **Fattore di luce diurna - D (LENICALC) e Daylight Factor - DF (DIVA)**
- **Daylight Supply Factor FDS (LENICALC) e continuous Daylight Autonomy DAcon (DIVA)**
- **LENI (LENICALC) e 'annual electric lighting energy use' rapportato all'area di pavimento (DIVA) – di seguito riportato come LENI\_DIVA**

*Confronto fra metriche relative alla disponibilità di luce naturale in ambiente*

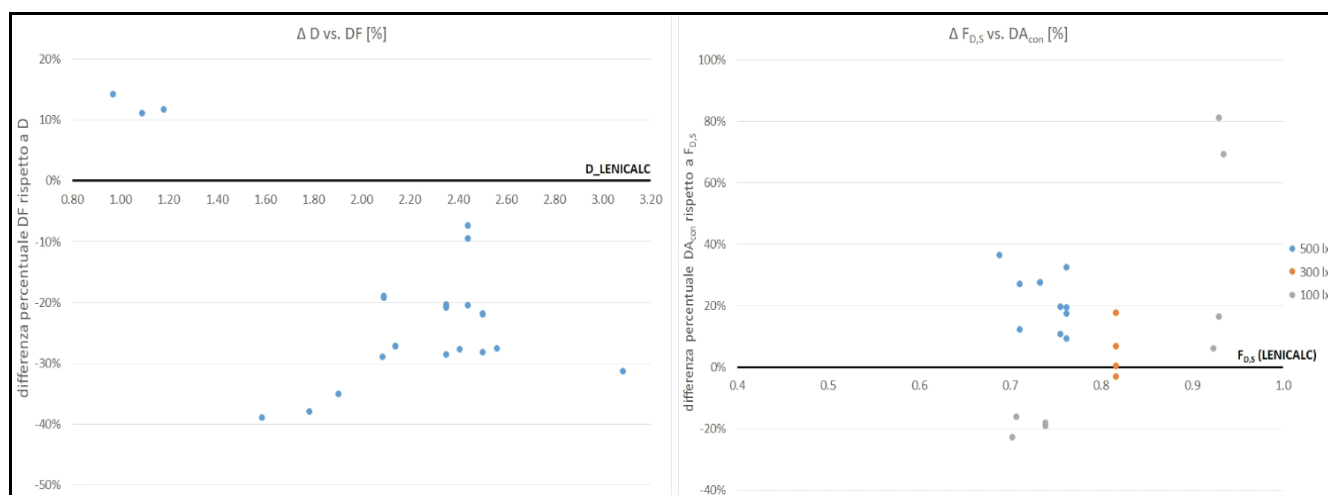
In Figura 62 viene riportato il confronto fra D e DF e fra  $F_{D,S}$  e  $DA_{con}$ , dati espressi come differenza percentuale dei valori calcolati con DIVA (DF,  $DA_{con}$ ) rispetto ai dati calcolati con LENICALC (D,  $F_{D,S}$ ).

Si nota un andamento prevalente contrapposto: nel calcolo del fattore di luce diurna, i valori D calcolati con LENICALC sono (a parte 3 casi) inferiori ai valori DF calcolati con DIVA (media delle differenze in valore assoluto: 23.4%), mentre per la maggior parte dei casi i valori di  $F_{D,S}$  calcolati con LENICALC risultano superiori ai valori di  $DA_{con}$  calcolati con DIVA (media delle differenze in valori assoluto: 22.4%).

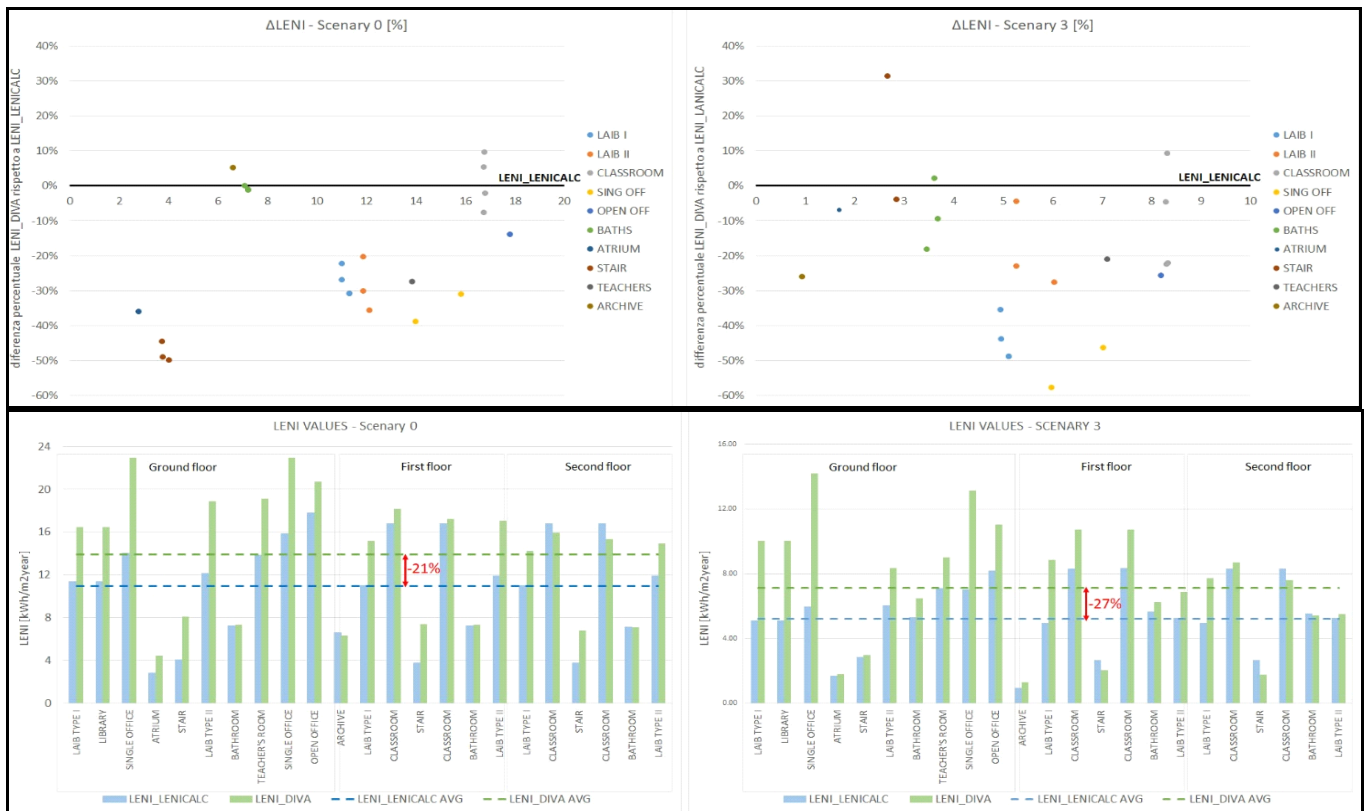
*Confronto fra metriche relative al consumo di energia per illuminazione*

La Figura 63 riporta il confronto fra i valori LENI calcolati attraverso i 2 software: analizzando le differenze percentuali, si nota come i valori LENI\_LENICALC siano generalmente inferiori ai corrispondenti valori LENI\_DIVA (media delle differenze in valori assoluto: 22.7% per lo scenario 0, 25.8% per lo scenario 3).

In figura vengono riportati anche i valori LENI assoluti distinti per i singoli ambienti e aggregati per l'intero edificio: anche attraverso questa lettura, i valori LENI\_LENICALC sono inferiori rispetto agli omologhi valori LENI\_DIVA (in relazione al dato aggregato di edificio: -21% per lo scenario 0, -27% per lo scenario 3).



**Figura 62: Confronto fra valori D e DF (a sinistra) e fra valori  $F_{D,S}$  e  $DA_{con}$  (destra).**



**Figura 63: Confronto fra valori LENI per gli scenari 0 e 3: differenze relative dei valori calcolati con i due software (in alto) e valori assoluti (in basso).**

I dati riportati rappresentano una parte dei risultati relativi al confronto tra i due software. Una ulteriore fase dello studio è consistita nell'individuare alcuni singoli ambienti significativi e nel variarne le caratteristiche in modo parametrico al fine di coprire una casistica di situazioni più ampia in riferimento a: caratteristiche climatiche, contesto urbano; rapporto fra area  $A_D$  e area  $A_{ND}$ ; attribuzione degli apparecchi a  $A_D$  e area  $A_{ND}$  ecc. I dati finali relativi delle differenze nella stima della disponibilità di luce naturale e del LENI tra LENICALC e DIVA

Infine, in riferimento ai valori di benchmark calcolati con LENICALC v2.0, i valori LENI sono stati calcolati per l'edificio scolastico di riferimento, in relazione a 4 diversi scenari impiantistici relativi agli apparecchi di illuminazione (a fluorescenza e a LED, con diversi sistemi di controllo).

Nell'intento di rendere l'edificio rappresentativo dell'edilizia scolastica italiana, si sono assunte 2 località, 3 densità urbane e 2 diversi orientamenti.

In sintesi, i risultati possono essere riassunti come segue:

**in relazione ai valori LENI dell'intero edificio:**

- il passaggio dagli impianti fluorescenti tradizionali (scenario 0) a quelli LED (scenario 1) comporta una sensibile diminuzione dei consumi, dovuta esclusivamente alla maggiore efficienza luminosa della tecnologia LED. L'introduzione di sistemi di controllo relativi all'occupazione e alla luce naturale (scenario 2) porta ad un ulteriore abbassamento del consumo di energia elettrica per l'illuminazione. Il passaggio ad un sistema di controllo della luce naturale senza consumi di stand-by (scenario 3), invece, non ha effetti di particolare rilievo sulla riduzione complessiva dei consumi,
- si è osservato un leggero aumento del LENI nei casi di Palermo rispetto a Torino,
- gli orientamenti Sud-Nord sono risultati avere consumi leggermente inferiori rispetto agli orientamenti Est-Ovest,
- le diverse densità urbane non sono risultate avere un impatto significativo sui valori LENI di edificio

**in relazione ai valori LENI per le diverse tipologie di ambienti,:**

- si è osservato come le aule, pur occupando circa il 28% della superficie dell'interno edificio, contribuiscono al LENI dell'edificio per il 40%, i corridoi a fronte del 20% di superficie hanno un impatto del 10% sul LENI. Questo andamento è dovuto, oltre che alle caratteristiche dell'impianto di illuminazione, ai livelli di illuminamento target (500 lux per le aule; 100 lux per i corridoi) e al fattore di assenza ( $F_A = 0,25$  per le aule;  $F_A = 0,60$  per i corridoi).

### 3 Sistema di Smart Service integrato nell'ambiente urbano

L'attività svolta in questo sotto obiettivo ha riguardato lo studio di diversi aspetti legati ai sistemi Smart Service: l'aspetto economico-finanziario attraverso l'analisi degli indicatori di redditività di interventi di riqualificazione di tipo *smart adaptive lighting* (SAL) e *smart street services* (SSS) al variare del modello di business implementato. L'aspetto sicurezza informatica attraverso l'analisi di sistemi di anomaly detection system utilizzando tecniche di protezione tra le più efficienti cioè quelle basate su Intrusion Detection System (IDS). E' stata fatta un'Analisi di Supporto Logistico (LSA) di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica già operativa in un contesto urbano al fine di valutare l'affidabilità del sistema e dei suoi componenti. 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. E' stata condotta un'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione con riferimento anche ai servizi smart forniti analizzando anche le principali ricadute economico-sociali e ambientali connesse. Sono state applicate le linee guida che individuano i servizi smart di un impianto di illuminazione pubblica rendendole parte integrante di un capitolato tecnico di un bando di riqualificazione dell'illuminazione pubblica che un ipotetico comune potrebbe utilizzare. 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. E' proseguito il progetto di una smart street prototipale all'interno di un contesto controllato Smart Village Casaccia. Si è estesa la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali, europei ed internazionali nel settore dell'illuminazione (collaborazione con comitati di standardizzazione e normativa). All'interno di ciascun gruppo l'ENEA ha dato il proprio contributo a proposte, revisioni e stesura di norme e raccomandazioni tecniche nei relativi campi di competenza.

Alcune attività sono state svolte da Università, altre sviluppate direttamente da ENEA altre in collaborazione con industrie del settore.

#### 3.1 Applicazione delle linee guida ad un contesto reale, da un impianto di illuminazione ad un sistema di Smart Services

L'applicazione di linee guida al fine della transizione da un impianto di illuminazione pubblica ad un sistema di Servizi Smart si è tradotta per ENEA nel supporto alla scrittura di un bando di riqualificazione dell'illuminazione pubblica orientato alla Smart City.

La riqualificazione di impianti di illuminazione pubblica non deve avere solo un approccio convenzionale tipo la semplice sostituzione dei corpi illuminanti poco efficienti ma per esempio in un ottica smart investire parte dei risparmi in servizi aggiuntivi integrati all'infrastruttura IP.

L'obiettivo è l'installazione di tecnologie che consentano la maggiore efficienza possibile nell'illuminazione pubblica, l'opportunità di controllo puntuale dei consumi e delle prestazioni e la compatibilità con la installazione di ulteriori dispositivi e sensori al fine di rendere la rete della illuminazione una infrastruttura portante di Smart Services.

Le attività svolte da Enea si possono riassumere nelle seguenti linee operative: Supporto alle amministrazioni per la predisposizione della documentazione tecnica da porre a base per la gara per la riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione di un ipotetico Comune, caratterizzandolo con tecnologie "Smart".

In pratica l'attività è stata realizzata tramite:

- la redazione di indicazioni per la transizione dell'impianto da tradizionale a smart secondo le Best Practice Smart Cities.
- Il supporto del Network Lumière nell'individuazione di soluzioni di partenariato pubblico privato anche in applicazione delle nuove procedure previste nelle direttive comunitarie n.23 e 24 del 2014;

- Il supporto allo sviluppo di una griglia di criteri di ammissibilità e criteri tecnici premianti (Figura 64) ai fini di facilitare il Comune nella valutazione delle diverse offerte;
- Collaborazione all’organizzazione di tavoli di lavoro propedeutici all’applicazione della piattaforma PELL;
- Supporto alla applicazione del modello gestionale Lumière fino alla redazione del bando di gara, tramite;
- Supporto alla realizzazione e/o integrazione del censimento secondo lo standard Lumière & PELL, per mezzo di istruzioni alla compilazione e un’attività di formazione/diffusione agli operatori comunali;
- Fornitura delle specifiche tecniche per aderire al Progetto PELL da inserire nel bando di gara.
- Attività di diffusione presso il Comune di temi relativi all’efficientamento del servizio di pubblica illuminazione (Workshop).

						P.ti assegnabili	P.ti assegnati
1.	Possesso OHSAA 18001	certificazione	conforme	alla	norma	2	
2.	Possesso ISO 14001	certificazione	conforme	alla	norma	2	
3.	Possesso SA8000	certificazione	conforme	alla	norma	2	
4.	Qualità della relazione tecnico gestionale					max	10
5.	Piano delle manutenzioni					max	10
6.	Qualità della reportistica e della gestione dei dati					max	6
7.	Indicatori di performance					max	6
8.	Illuminazione monumentale					max	8
9.	Qualità del progetto dei lavori					max	18
10.	Miglioramento criteri ambientali minimi					max	8
11.	Adeguatezza della matrice dei rischi					max	8
12.	Qualificazione e quantificazione dei servizi smart offerti					max	20
TOTALE PUNTEGGI						Max	100

Figura 64 Esempio di griglia di valutazione

Un ipotetico comune potrebbe decidere di avvalersi del “Dialogo competitivo” per per un bando di riguardante la progettazione e realizzazione di interventi di riqualificazione e di efficientamento energetico, gestione comprensiva dell'utenza, pronto intervento, manutenzione degli impianti di illuminazione pubblica e semaforica della città nell'ottica della creazione di un sistema di “smart city”.

In merito alla definizione di sistema “Smart Service” e dei principali servizi associati si rimanda alla lettura del report della seconda annualità ( RdS\_PAR2016\_011). Oggetto di questa annualità è stata l’analisi di Smart service avanzati.

### Smart service avanzati

Di seguito vengono elencati dei servizi aggiuntivi che possiamo considerare come un valore aggiunto di un sistema Smart Service, quali:

- **Smart mobility e Smart parking:** servizi di supporta all’ottimizzazione dei flussi di mobilità, tramite l’installazione di telecamere per l’identificazione dei veicoli, la classificazione dei flussi (calcolo della velocità media e del tempo medio di percorrenza della tratta), l’analisi multispace e monospace dei parcheggi, il bike sharing ed il ride sharing, gestione della sosta (tempo medio di sosta, conteggio di aree libere per la sosta), etc..

- **Smart Security:** servizi di sicurezza e risparmio energetico di impianti semaforici tramite controllo in tempo reale dello stato della rete.
- **Smart Healthcare and Utility:** servizi che prevedono l'installazione di sensori smart weather, smart air, controllo allagamento sottopassi, torrette di ricarica per bici elettrica, auto elettrica, torrette di utilità con SOS e defibrillatori DAE.
- **Smart Surveillance:** servizi che prevedono la presenza di postazioni smart costituite da sistema di videosorveglianza e hot spot wifi.
- **Smart Communication:** creazione di servizi di comunicazione per la presentazione di tematiche, per la sensibilizzazione dei cittadini, tramite brand identity, pannelli informativi, totem interattivi e panchine smart.

### 3.2 Analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione attraverso l'applicazione su dei casi reali dei modelli sviluppati nel PAR2016 (Politecnico di Milano; ENEA)

Lo studio prosegue l'analisi condotta nell'ambito del Report RdS/PAR2016/017 applicando a casi di studio reali i modelli sviluppati durante la precedente annualità del PAR. Sono stati pertanto valutati da un punto di vista economico-finanziario gli interventi di riqualificazione di tipo *smart adaptive lighting* (SAL) e *smart street services* (SSS) al variare del modello di business usato, i cui elementi costitutivi fondamentali sono gli attori coinvolti e le modalità di finanziamento impiegate. In particolare Il presente rapporto di ricerca si articola in due parti (report RdS/PAR2017/059):

- ✓ la prima volta ad analizzare la sostenibilità economica di tre progetti reali di riqualificazione della pubblica illuminazione in ottica *smart adaptive lighting* e *smart street service* nelle tre ipotesi di modello di business individuate (self-made; ESCo e Consip)
- ✓ la seconda finalizzata all'analisi del livello di diffusione di tali interventi in Italia ed alla valutazione dei diversi scenari di diffusione attesa delle riqualificazioni SAL e SSS dal punto di vista economico, sociale ed ambientale.

Scendendo più nel dettaglio, nella prima parte del rapporto sono stati calcolati il *Net Present Value* (NPV), il *Pay-Back Time* (PBT) e l'*Internal Rate of Return* (IRR) per i progetti di riqualificazione relativi alle infrastrutture di pubblica illuminazione di Potenza e Parma nelle diverse ipotesi di finanziamento. Inoltre nell'ipotesi self-made è stata condotta un'analisi di sensitività su ciascuno dei parametri che influenza gli indicatori di sostenibilità economica sopra indicati. I dati relativi ai 3 casi di studio sono stati forniti da ENEA.

A titolo esemplificativo di seguito sono presentati i risultati del progetto "Potenza".

Il progetto ha previsto la sostituzione di 100 lampade SAP da 250 W con 90 lampade LED da 98 W, installate in Viale Unicef per una lunghezza complessiva oggetto dell'intervento di 1.500 metri. È stato inoltre implementato un sistema di controllo di tipo TAI (con la presenza di 4 sensori *standard* di traffico).

Si è registrato un investimento complessivo di 92.480 €.

La realizzazione del progetto ha consentito al Comune di ridurre del 74% i consumi energetici annui per l'illuminazione delle strade oggetto dell'intervento, che con un prezzo di 0,20 €/kWh (fonte ENEA) si traduce in un risparmio annuo di 19.539 €.

Il progetto "Potenza" è stato realizzato in modalità *Autofinanziamento*. Come dati di input al modello di valutazione si sono ipotizzati un costo del capitale per il Comune del 3% ed una vita utile dell'impianto pari a 15 anni. Con tali valori gli *economics* del progetto si dimostrano estremamente interessanti: un IRR pari al 18%, un NPV di 124.912 € e un PBT di circa 6 anni.

Al fine di valutare la robustezza degli *economics* calcolati nella sezione precedente è stata condotta un'analisi di sensitività su tre variabili di input al modello di calcolo. Le variabili su cui si è condotta tale analisi di sensitività sono:

- costo del capitale per il Comune;
- costo dell'energia elettrica;
- risparmio energetico conseguito a valle dell'intervento.

Le Tabella 5 seguenti mostrano i valori di IRR, PBT e NPV che si ottengono modificando le tre variabili appena presentate (non è possibile calcolare l'IRR al variare del costo del capitale per il Comune, dal momento che la funzione IRR restituisce proprio come output il costo del capitale k).

**Tabella 5 Analisi di sensitività sul costo del capitale per il Comune**

k_comune	PBT	NPV
----------	-----	-----



2%	6 anni	141.507 €
3%	6 anni	124.912 €
4%	6 anni	109.988 €

**Tabella 6 Analisi di sensitività sul costo dell'energia**

Costo dell'energia	IRR	PBT	NPV
18 c€/kWh	16 %	7 anni	101.586 €
20 c€/kWh	18 %	6 anni	124.912 €
22 c€/kWh	20 %	6 anni	148.238 €

**Tabella 7 Analisi di sensitività sul risparmio energetico post intervento**

Risparmio energetico	IRR	PBT	NPV
69 %	16 %	7 anni	108.127 €
74 %	18 %	6 anni	124.912 €
79 %	20 %	6 anni	139.500 €

La variabile che ha il maggiore impatto sugli *economics* del progetto è il prezzo dell'energia: una variazione di soli 2 c€/kWh rispetto al costo originario fa infatti variare il NPV di circa il 19%, fa aumentare/diminuire il PBT di circa 0,5 anni e fa registrare un incremento/decremento dell'IRR di 2 punti percentuali.

Uno scostamento del 5% del risparmio energetico conseguito fa invece registrare una variazione del NPV del 12% e quasi il medesimo impatto sul NPV è determinato anche dalla variazione di un punto percentuale del costo del capitale per il Comune.

L'analisi è stata ripetuta seguendo la stessa metodologia per altre due ipotesi di riqualificazioni relative al comune di Parma sempre nella modalità di Autofinanziamento o self-made. Anche gli *economics* del progetto "Parma1" si dimostrano interessanti: IRR pari al 10%, NPV di 37.465 € e un PBT inferiore ai 10 anni (per la precisione pari a 9 anni). Il progetto "Parma2" presenta invece un IRR del 7%, un NPV di 10.511 € e PBT di poco superiore ai 10 anni (per la precisione pari a 11 anni). Appare legittimo ipotizzare che gli *economics* meno attrattivi rispetto agli altri due progetti siano ascrivibili principalmente alle ridotte dimensioni del progetto "Parma2" che, a fronte di un livello di *smartness* pressoché equivalente delle soluzioni adottate, permettono di ottenere benefici in termini di risparmi energetici più contenuti.

La prima parte del rapporto prosegue con una *Scenario Analysis* in cui si è ipotizzato di realizzare i 3 progetti di riqualificazione con altre forme di finanziamento. Anche in questo caso, a titolo esemplificativo di seguito sono presentati i risultati del progetto "Potenza" nelle modalità di finanziamento *Project Financing*, *Consip* e *Partenariato Pubblico Privato*.

In queste tre modalità di finanziamento cambia la prospettiva dell'analisi economica: nel modello *Autofinanziamento* il Comune, in analogia a quanto accade per qualsiasi altra tipologia di appalto per infrastrutture, si rivolge a studi di progettazione, ingegneria, architettura, come principale interlocutore per la definizione del progetto d'investimento e le formule contrattuali non sono basate sulla condivisione dei benefici economici tra i soggetti coinvolti (come ad esempio l'Energy Performance Contract - EPC). Al contrario, nei modelli *Project Financing*, *Consip* e *PPP* è un operatore terzo (ad esempio una ESCo) a farsi carico dell'investimento, a realizzare l'intervento e a mantenere l'impianto a fronte di un canone annuo che il Comune versa a tale operatore. Per ciascuna delle 3 modalità di finanziamento è stato calcolato un canone annuo minimo, con cui il NPV dell'operatore che ha realizzato l'intervento è pari a 0, e un canone annuo massimo, con cui il PBT dell'operatore che ha realizzato l'intervento è pari a 4 anni.

Nella Tabella 8 sono riportati i valori del canone annuo massimo e minimo del progetto "Potenza" per la modalità *Project Financing*, *Consip* e *PPP*.

**Tabella 8 Canone MIN e MAX per le modalità Project Financing, Consip e PPP**

	Canone annuo MIN	Canone annuo MAX

Project Financing	17.424 €	45.700 €
Consip	23.726 €	45.600 €
PPP	8.137 €	28.200 €

Per confrontare le 3 modalità di finanziamento si è ipotizzato un canone annuo che assumesse un valore medio tra i valori della Tabella 8: si è imposto quindi un canone pari a 25.000 € e si è condotta una *Scenario Analysis* facendo variare tale canone del 10%.

Nella Tabella 9 sono riportati i risultati della *Scenario Analysis* al variare delle modalità di finanziamento e del canone annuo.

**Tabella 9 Scenario Analysis per il progetto “Potenza”**

Canone annuo	Project Financing			Consip			PPP		
	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT
<b>22.500 €</b>	21.900 €	15 %	10 anni	-4.074	10 %	>9 anni	76.545 €	24 %	6 anni
<b>25.000 €</b>	36.685 €	17 %	9 anni	4.230 €	12 %	9 anni	89.868 €	26 %	5 anni
<b>27.500 €</b>	43.471 €	19 %	8 anni	12.536 €	14 %	8 anni	103.192 €	29 %	5 anni

Il modello più redditizio per un operatore che realizza l'intervento è il Partenariato Pubblico Privato: ipotizzando un canone annuo tra i 27.500 e i 22.500 €, tale modalità di finanziamento garantisce un PBT compreso tra i 6 e i 5 anni, un IRR tra il 29% e il 24% e un NPV compreso tra i 103.192 e i 76.545€.

L'analisi è ripetuta seguendo la stessa metodologia per altre due ipotesi di riqualificazioni relative al comune di Parma. Nelle Tabella 10 e Tabella 11 sono riportati, per completezza, i risultati della *Scenario Analysis* per i progetti “Parma1” e “Parma2”.

**Tabella 10 Scenario Analysis per il progetto “Parma1”**

Canone annuo	Project Financing			CONSIP			PPP		
	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT
<b>16.000 €</b>	14.645 €	15 %	11 anni	67 €	11 %	9 anni	50.323 €	22 %	6 anni
<b>18.000 €</b>	23.273 €	17 %	9 anni	6.712 €	14 %	8 anni	60.982 €	25 %	5 anni
<b>20.000 €</b>	31.902 €	19 %	8 anni	13.356 €	16 %	7 anni	71.641 €	28 %	5 anni

**Tabella 11 Scenario Analysis per il progetto “Parma2”**

Canone annuo	Project Financing			CONSIP			PPP		
	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT	NPV	IRR	PBT
<b>9.000 €</b>	8.108 €	16 %	11 anni	6.724 €	17 %	7 anni	33.069 €	28 %	5 anni
<b>9.500 €</b>	10.265 €	17 %	9 anni	8.385 €	18 %	7 anni	35.733 €	30 %	4 anni
<b>10.000 €</b>	12.422 €	18 %	8 anni	10.046 €	19 %	6 anni	38.398 €	31 %	4 anni

Nella seconda parte del Rapporto è stata condotta un'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica *smart adaptive lighting* (SAL) e *smart street service* (SSS) in Italia

Il campione comprende 93 progetti di ammodernamento di impianti di Pubblica Illuminazione, realizzati in altrettanti Comuni italiani.

Sono contenuti dati relativi a 15 variabili, suddivise tra variabili relative all'anagrafica del comune (collocazione geografica<sup>4</sup> e numero di abitanti), quelle relative ai punti luce interessati (numero totale delle lampade sostituite/installate, numero di lampade a LED e numero di lampade a scarica), quelle relative alla tipologia di regolazione (predefinita, TAI, FAI) ed infine quelle relative all'integrazione di SSS (monitoraggio del traffico, monitoraggio ambientale, smart parking, videosorveglianza, totem e pannelli informativi, colonnine di ricarica per veicoli elettrici e Wi-fi).

I dati sono stati raccolti utilizzando diverse fonti, che comprendono esiti dei bandi CONSIP Luce, progetti che hanno avuto accesso ai fondi europei POR-FESR, risultati della ricerca "Agenda Urbana" condotta dall'ANCI, casi studio raccolti durante a interviste a fornitori tecnologici e imprese attive nel settore, oltre a database interni.

Una prima distinzione può essere effettuata sul numero di abitanti dei comuni che hanno realizzato i progetti censiti. Si è scelto di separare i dati in tre classi:

- Comuni con popolazione superiore ai 100.000 abitanti
- Comuni con popolazione compresa tra i 20.000 e i 100.000 abitanti
- Comuni con popolazione inferiore ai 20'000 abitanti

La classe più numerosa risulta essere quella dei Comuni con popolazione compresa tra i 100.000 e i 20.000 abitanti, che comprende il 43% dei dati contenuti nel campione.

Separando i dati per collocazione geografica si ottiene una sostanziale equivalenza tra le zone *Nord* e *Sud e isole* (rispettivamente 38% e 41%); solo un quinto circa dei progetti censiti è stato realizzato nelle regioni dell'Italia centrale.

Gli interventi di ammodernamento degli impianti di Illuminazione Pubblica che compongono il database hanno interessato, nel complesso, circa 800.000 punti luce

In occasione degli interventi di riqualificazione degli impianti, nel 100% dei casi analizzati si è scelto di implementare un sistema di telegestione.

Distinguendo tra i sistemi di regolazione adottati, si osserva che il 100% dei progetti prevede una gestione predefinita del flusso luminoso, anche se non mancano casi di installazione di sistemi in grado di regolare l'illuminazione tramite sistemi FAI (il 5% del campione). Va tuttavia sottolineato che questi ultimi, ove presenti, interessano solo alcuni punti dell'impianto (come strade di accesso principali o punti di particolare interesse) mentre il resto della rete è controllato in maniera predefinita.

Con riferimento ai servizi *smart* elencati in precedenza, i dati contenuti nel database esprimono una frequenza pari al 24,5% di attivazione di almeno uno dei servizi aggiuntivi in occasione all'attuazione del progetto. Osservando la frequenza di installazione per ognuna delle tipologie di servizio, emerge come l'installazione di telecamere di sorveglianza è la soluzione più diffusa, sia per numero di comuni interessati che per numerosità sul territorio cittadino (circa il 18% dei Comuni nel campione d'analisi ha implementato tale SSS). La scelta di installare *hotspot Wi-fi* è altrettanto frequente (circa il 17%), ma la loro presenza è spesso limitata ai punti di maggiore interesse della città.

In una percentuale non trascurabile dei casi si osserva anche la presenza di sistemi di monitoraggio ambientale - che siano essi relativi alla qualità dell'aria o all'inquinamento acustico - (SSS implementato da circa l'8% dei Comuni presenti nel campione d'analisi), di pannelli o totem informativi (circa il 7%) oltre che sistemi di monitoraggio del traffico (poco più del 5%).

La diffusione di servizi più innovativi quali i sistemi di *smart parking* o di ricarica dei veicoli elettrici è al contrario estremamente limitata.

---

<sup>4</sup> per la collocazione geografica è stata utilizzata la seguente distinzione: Nord, Centro, Sud e isole.

Nord: Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Trentino alto Adige, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia Romagna. Centro: Toscana, Umbria, Marche, Abruzzo, Molise, Lazio. Sud e isole: Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

Riguardo la diffusione dei servizi *smart* va comunque sottolineato che il passaggio a sistemi di telegestione punto-punto costituisce un importante fattore abilitante per una maggiore diffusione futura, che potrà contare su una infrastruttura in grado di consentirne l'installazione senza dover affrontare costi aggiuntivi particolarmente onerosi.

Da una opportuna combinazione delle variabili riguardanti le caratteristiche del Comune e le caratteristiche degli impianti descritte in precedenza, sono state effettuate ulteriori analisi presentate di seguito.

Dalle osservazioni risulta che i Comuni di media dimensione sono quelli più attivi nell'includere l'installazione di SSS fase di ammodernamento degli impianti di illuminazione pubblica, seguiti da quelli con popolazione inferiore ai 20.000 abitanti. In particolare il 31% dei Comuni con una popolazione compresa tra i 20.000 e i 100.000 abitanti del campione hanno implementato almeno un SSS, a fronte del 22% valido per i comuni con una popolazione inferiore ai 20.000 abitanti ed il 15% sei comuni con una popolazione maggiore superiore ai 100.000 abitanti.

Si deve tuttavia considerare che spesso le grandi città possono già contare sulla diffusione di alcuni di essi sul territorio comunale (soprattutto telecamere di videosorveglianza e hotspot Wi-fi), che essendo indipendenti dai progetti censiti non rientrano nel campione di analisi.

Considerando la collocazione geografica i Comuni delle regioni del Centro scelgono di implementare almeno un SSS in più del 50% dei casi analizzati (il 53% per la precisione), seguiti da quelli del Nord che li installano in un caso su cinque (23%). I Comuni appartenenti alla regione Sud e Isole censiti nel database risultano, ad oggi, quelli meno interessati al tema (solamente l'11%).

A valle dell'analisi del livello di diffusione degli interventi di riqualificazione dell'infrastruttura di Pubblica Illuminazione in ottica *smart adaptive lighting* (SAL) e *smart street service* (SSS) in Italia è stata effettuata valutazione di diversi scenari di diffusione attesa di tali interventi dal punto di vista economico, sociale e ambientale. In particolare, sono state effettuate le analisi di 3 scenari – ottimistico, inerziale, pessimistico – di diffusione attesa, caratterizzati da un diverso livello di penetrazione degli interventi di SAL e SSS all'interno delle infrastrutture di pubblica illuminazione in Italia.

Per ciascuno scenario sono state analizzate le seguenti ricadute economico-sociali e ambientali:

- volume di affari generato dall'implementazione delle nuove soluzioni tecnologiche;
- ricaduta occupazionale misurata dal numero di Unità Lavorative Annue complessivamente generate dall'implementazione delle nuove soluzioni tecnologiche;
- variazioni del volume di affari delle utility conseguente alla variazione dei consumi elettrici derivanti dall'implementazione delle nuove soluzioni tecnologiche;
- variazione del gettito fiscale (in particolare IRES e IVA) originato dalla variazione del volume d'affari per effetto dell'implementazione delle nuove soluzioni tecnologiche;
- variazione della bolletta energetica derivante dalle variazioni di energia elettrica conseguiti attraverso l'implementazione delle nuove soluzioni tecnologiche;
- variazione delle tonnellate di CO<sub>2</sub> emesse in seguito all'implementazione delle nuove soluzioni tecnologiche.

Dopo aver analizzato nel dettaglio, da un punto di vista tecnologico e di benefici economici, sociali ed ambientali gli *smart street services* che possono essere implementati su una infrastruttura di PI, è emersa una criticità, legata alla valorizzazione a priori di tali benefici che a sua volta impatta sul grado di attrattività degli *smart street services* e sul loro livello di diffusione. Alla luce di questo si rende necessario un approfondimento dell'argomento al fine di sviluppare strumenti metodologici che favoriscano la diffusione dei cosiddetti *smart street services* con particolare riferimento all'individuazione del grado di attrattività di tali servizi in diversi contesti applicativi (residenziale, turistico e business), alle tecnologie ed ai nuovi paradigmi che ne abilitano l'adozione (*blockchain, smart contracts*) allo sviluppo di un algoritmo di calcolo

che permetta di quantificare i benefici attesi derivanti dall'implementazione dello smart street service, in funzione di uno o più parametri rilevanti.

### *3.3 Anomaly detection system per smart street: Studio dei principali strumenti presenti in ambito europeo e progettazione di un sistema di supporto per l'operatore (Università degli Studi Roma Tre Dipartimento Ingegneria)*

L'attività di ricerca svolta, ha avuto l'obiettivo di analizzare il sistema di Smart Street installato presso il CR ENEA Casaccia dal quale è emerso che, a causa del collegamento Internet tra sistema di telegestione digitale per Smart Street e centrale operativa, i servizi associati potrebbero essere degradati da un attacco cyber (Report RdS/PAR2017/058).

La sicurezza dei sistemi di smart street è fortemente legata alla duplice natura del sistema stesso. Esso, infatti, è composto da una parte fisica che realizza la struttura di illuminazione ed una parte software che ne controlla il corretto funzionamento. Il mantenimento della sicurezza di questo sistema, quindi, deve abbracciare categorie diverse, prevedendo la protezione dell'infrastruttura fisica, il corretto funzionamento dei processi, la salvaguardia delle comunicazioni e la gestione del ciclo di vita sia dell'hardware che del software del sistema. Questo rende, ovviamente, la gestione della sicurezza di un tale sistema più complessa della normale gestione di un sistema informatico e, per alcuni aspetti, più vicina a quella di un sistema di controllo industriale (Industrial Control System - ICS) o di un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Riguardo la prevenzione e la protezione dei sistemi SCADA e degli ICS da attacchi informatici, in letteratura sono presenti diversi studi. Questi sono in genere limitati ad aspetti specifici di un sistema di controllo applicato in un particolare ambito, tuttavia è radicata la convinzione che, al fine di proteggere adeguatamente tali sistemi, è necessario tenere sotto controllo sia la parte cyber che quella fisica contemporaneamente.

A tale riguardo, pertanto, le tecniche di protezione più efficienti si rivelano quelle basate su Intrusion Detection System (IDS): queste, infatti, sono in grado di rilevare comportamenti non regolari del sistema a partire dal traffico dei dati scambiati all'interno di esso e dare un allarme all'operatore. Questo aspetto di coinvolgimento dell'operatore è fondamentale quando si gestiscono sistemi fisici, il cui malfunzionamento può avere delle ripercussioni a cascata difficilmente controllabili con azioni automatiche: si pensi, ad esempio, ad un sistema di semafori intelligenti, il cui blocco automatico potrebbe avere ripercussioni sul traffico, se non gestito adeguatamente.

In linea generale, un IDS è un sistema che analizza il traffico di una rete per identificarne eventuali malfunzionamenti. A tale fine, l'IDS deve essere in grado di analizzare i pacchetti che viaggiano all'interno della rete e di estrarre le opportune informazioni riguardanti lo stato del sistema, mediante l'analisi di dati contenuti nell'header del pacchetto o nel payload. Differenti tipologie di IDS possono essere implementate a seconda dei parametri che vengono considerati per analizzare il traffico di rete.

Una prima classificazione può essere fatta in base alle tecniche utilizzate per raccogliere i pacchetti dalla rete. In letteratura vengono distinti due approcci differenti, detti, rispettivamente, passivo e attivo. Le misure passive sfruttano dispositivi che osservano il traffico di rete senza interferire con esso. Le misure attive, invece, vengono effettuate agendo direttamente sul traffico di rete in base a regole predefinite (e.g., interruzione di flussi di traffico di rete) oppure mediante dei pacchetti di saggio (probe packets) che vengono immessi sulla rete da analizzare al fine di effettuare misure statistiche. Quando si considera un sistema di controllo, l'approccio attivo non è comunemente utilizzato, in quanto l'azione attiva di bloccaggio o i pacchetti di saggio possono alterare il funzionamento nominale del sistema introducendo ritardi e portando il sistema verso l'instabilità. Inoltre, le statistiche elaborate tramite i probe packets all'interno di un sistema di controllo non sono così interessanti: per le caratteristiche di ripetitività, infatti, le statistiche di un sistema di controllo possono essere facilmente ricavate osservando in maniera passiva il sistema stesso.

Un'altra classificazione riguarda il tipo di dati che viene elaborato dall'IDS. Anche in questo caso, si hanno due tipologie di analisi. La prima riguarda le statistiche dei pacchetti, ad esempio il numero di pacchetti scambiati, il numero di byte, la lunghezza media dei pacchetti, etc. Questi dati possono essere ricavati considerando l'header del pacchetto e lavorando a livello 2 e 3 della pila ISO/OSI. Questa tipologia di analisi

può essere facilmente effettuata online e serve ad identificare traffici anomali nelle reti. Per i sistemi di controllo, tuttavia, un'analisi più approfondita del contenuto dei pacchetti potrebbe rivelarsi più interessante. L'analisi statistica, infatti, ci fornisce i parametri entro cui il traffico di una rete può essere considerato sintatticamente corretto. L'analisi del payload lavora a livello semantico: essa è nota con il termine di Deep Packet Inspection (DPI) e si effettua mediante un filtraggio a livello 7 della pila ISO/OSI. Essa verifica la consistenza dei pattern contenuti nei payload con il corretto funzionamento del sistema. Il maggior svantaggio della DPI risiede nella complessità degli algoritmi di ricerca di pattern, sulla cardinalità dell'insieme dei pattern ammissibili, sul possibile overlapping di pattern differenti. Per risolvere parzialmente questi problemi, non ci si può affidare ad algoritmi software per la comparazione delle stringhe, ma si devono considerare soluzioni hardware. Per implementare la DPI, infatti, si utilizzano dispositivi specializzati come Field-Programmable Gate Arrays, Content Addressable Memory o Network Processors. Questi sono in grado di ridurre i ritardi introdotti dalla DPI riducendo al minimo l'impatto sulle prestazioni del sistema.

Un'altra classificazione che può essere fatta è quella in base alla modalità con cui il traffico di rete è catturato e analizzato. Il modello più semplice è quello del Port Mirroring: tutti i pacchetti che viaggiano sulla rete vengono copiati ed inviati ad una porta specifica. Un sistema di analisi procederà poi ad analizzare tutto il traffico per identificare attività malevole. Il maggior problema relativo a questa modalità è la quantità di dati da analizzare. Se si procede ad un'identificazione online, l'IDS deve essere sufficientemente potente per processare tutti i dati. Se si procede ad un'identificazione offline, la memoria utilizzata per raccogliere i dati diventa rilevante. Una modalità differente permette di analizzare solo quelli che vengono detti statistical probes. Quest'ultimi sono flussi di dati, ossia sequenze di pacchetti che hanno lo stesso mittente e lo stesso destinatario, che, statisticamente, sono soggetti ad essere attaccati.

L'attività malevola, quindi, può essere identificata comparando i pattern nominali con quelli attuali del sistema: ogni deviazione della baseline viene considerata come un attacco. Diversi vendors propongono prodotti con supporti per l'estrazione e l'analisi di flussi di comunicazione. Dal 2003, l'Internet Engineering Task Force (IETF) ha accettato come standard industrial NetFlow introdotto da Cisco ed ha proposto l'Internet Protocol Flow Information eXport (IPFIX). L'architettura di NetFlow è composta da:

1. NetFlow Exporter: raccoglie e decodifica i pacchetti della rete, aggrega i pacchetti in flussi utilizzando una chiave per ogni flusso e li inserisce nel NetFlow Collector.
2. NetFlow Collector: colleziona i record dei flussi per ulteriori analisi e li rende disponibili all'Analysis Console.
3. Analysis Console: elabora i flussi per identificare eventi malevoli e valutare le prestazioni della rete.

Molti vendors di dispositivi di rete hanno considerato come standard NetFlow: Huawei Technology ha introdotto nei suoi prodotti NetStream e Juniper Networks ha sviluppato J.Flow.

NetFlow è uno strumento per analizzare il traffico di una rete in tempo reale a livello macroscopico. Un IDS che sia in grado di identificare azioni malevole deve, tuttavia, analizzare i pacchetti anche ad un livello microscopico. A tale scopo, diversi strumenti software sono stati sviluppati. L'IDS open source più popolare è sicuramente Snort. Nato come sniffer e logger, viene costantemente aggiornato. Snort si configura come un IDS basato su regole: la sua caratteristica base, infatti, è quella di poter definire semplici regole (signatures) che possano essere utilizzate per identificare un grande insieme di attacchi malevoli, come, ad esempio, bug per corrompere la memoria, scan delle porte, attacchi web-based. Snort fornisce funzionalità per inviare file di log del sistema mediante mail o syslog. Esso è disponibile per molte piattaforme e sfrutta il paradigma di community per aggiornare continuamente le signatures degli attacchi distinguibili. Un sistema simile è lo strumento software Suricata: quest'ultimo supporta la sintassi delle signatures di Snort, tuttavia, la sua architettura di basso livello è differente. Un altro strumento software per l'analisi della sicurezza delle reti è Bro, anch'esso open-source. Lo strumento Bro converte il traffico di rete in una serie di eventi che possono essere analizzati tramite script appositi, sviluppati dagli amministratori di sistema in base alle specifiche di monitoraggio della rete. La piattaforma Linux fornisce degli strumenti integrati nel kernel del sistema per il filtraggio dei pacchetti di rete dalla versione 2.4.x, mentre L7-filter rappresenta una potente classificatore a livello applicazione. Sempre per l'analisi a livello applicazione dei pacchetti di rete, un altro

strumento molto efficace è la libreria nDPI. Tale pacchetto ha un supporto cross-platform per l'ispezione di pacchetti di rete a livello applicazione ed è progettata per identificare i protocolli di rete senza basarsi sulle porte utilizzate.

Riguardo l'analisi semantica del contenuto dei pacchetti di rete (cioè l'analisi a livello 7 della pila ISO/OSI), differenti tecniche si possono applicare per identificare pattern che non dovrebbero accadere (i.e., outliers, eccezioni, faults, etc.). In, gli approcci che maggiormente vengono utilizzati sono divisi nelle seguenti categorie:

- Approcci basati sulla classificazione: consistono nel creare dei pattern analizzando la rete durante il suo funzionamento nominale (fase di learning) per poi classificarne il comportamento. Utilizzano tecniche come le reti neurali, le reti bayesiane e le support vector machines.
- Approcci basati sul nearest neighbour: assumono che istanze di dati con caratteristiche simili rappresentano la situazione normale, mentre situazioni anomali presentano caratteristiche diverse.
- Approcci basati sul clustering: dividono istanze di dati in cluster e identificano l'anomalia come l'impossibilità di assegnare ad un cluster un'istanza di dati.
- Approcci statistici: assumono che il comportamento nominale del sistema occorra con una probabilità più alta delle anomalie.
- Approcci basati sulla teoria dell'informazione: assumono che le anomalie inducono dati irregolari.
- Approcci basati su analisi spettrale: riducono il set dei dati in un sottospazio più piccolo dove è più facile identificare le anomalie.

Un approccio più interessante si può mutuare dal contesto dei controlli tolleranti ai guasti. Questo approccio è a livello computazionale più efficiente di quelli proposti in precedenza in quanto considera il modello del sistema fisico, riducendo lo spazio di ricerca delle anomalie.

### 3.3.1 Analisi dei requisiti per gli Anomaly Detection system per smart service di illuminazione pubblica

Lo smart service di illuminazione pubblica si presenta come un cyber-physical system dove i processi fisici, in questo caso inerenti l'illuminazione intelligente di ambienti esterni, vengono gestiti attraverso comunicazioni di rete TCP/IP e Power Line Communication (PLC).

Al fine di poter analizzare i sistemi di Anomaly Detection per scenari smart street, si presentano due possibili approcci implementativi con relativi requisiti:

- Host-Based Anomaly Detection System: il prototipo di Anomaly Detection System viene implementato all'interno del nodo concentratore. In questo modo è possibile monitorare direttamente il traffico su un nodo appartenente alla rete di comunicazione principale. Il vantaggio di questo approccio risulta nel poter applicare meccanismi difensivi attivi ed automatizzati direttamente sul concentratore interrompendo potenziali flussi dati malevoli. Possibili criticità di questa tipologia di Anomaly Detection System potrebbero essere rappresentate dal carico computazionale derivante dall'analisi del traffico sul nodo concentratore. Il totale accesso al sistema operativo implementato all'interno del concentratore rappresenta il requisito principale per lo studio ed implementazione del prototipo di Host-Based Anomaly Detection System.
- Mirrored-Based Anomaly Detection System: il prototipo di Anomaly Detection System viene implementato su un sistema ad hoc predisposto all'analisi passiva del traffico di rete sfruttando la tecnologia del Port Mirroring. In questo modo, il sistema di monitoraggio implementato analizza il traffico di rete senza interagire attivamente con esso. Il vantaggio di tale approccio risulta nel poter identificare anomalie sul traffico senza congestionare a livello computazionale le operazioni effettuate dal concentratore, ma sfruttando un sistema predisposto appositamente per l'analisi di sicurezza. Per poter implementare tale sistema è necessario che lo switch di rete al quale è collegato il concentratore sia predisposto per la funzionalità di Port Mirroring. Ulteriore requisito specifico per il Mirrored-Based Anomaly Detection è la disponibilità di una workstation dedicata predisposta per l'analisi passiva del traffico di rete.



I requisiti per sistemi di Anomaly Detection per smart service di illuminazione pubblica che sono comuni ai due approcci presentati sono:

1. l'identificazione delle caratteristiche principali dei flussi di dati per generare un profilo base per Anomaly Detection;
2. la disponibilità di un Training Set caratterizzato dall'assenza di azioni malevoli;
3. la presenza di uno o più attori malevoli connessi alla rete dello smart service di illuminazione pubblica per la generazione di attacchi cyber controllati.

Considerando lo stato attuale dei sistemi a disposizione e avendo identificato la minaccia alla disponibilità delle risorse come rilevante per lo studio scientifico, in questo lavoro si opterà per analizzare la possibile implementazione di IDS per attacchi informatici volti a ledere la disponibilità delle risorse di sistema.

Per la valutazione dell'efficacia di uno strumento di security è necessaria la presenza di azione (singola o multipla) malevola sulla network in esame. Avendo identificato l'azione malevola sulla disponibilità delle risorse particolarmente problematica per i sistemi implementati per smart service di illuminazione pubblica, si effettueranno specifici esperimenti il cui scopo finale sarà quello di identificare attacchi alla "Availability" delle risorse interconnesse.

Data la natura invasiva delle sperimentazioni, si utilizzerà un testbed appositamente sviluppato per valutare gli attacchi informatici ai sistemi. Il testbed, in maniera semplificata, permette di replicare in ambiente sicuro e controllato il sistema installato presso lo Smart Village nella sede di ENEA – Casaccia.

Verrà quindi effettuato uno studio di prototipo di Anomaly Detection system per l'identificazione di minacce informatiche relative alla disponibilità delle risorse dei sistemi nello scenario di smart street. Tale sistema verrà implementato come Mirrored-Based Anomaly Based e testato sul traffico di rete generato utilizzando il testbed realizzato in laboratorio. Tuttavia, il prototipo di Anomaly Detection system sarà compatibile con entrambi gli approcci implementativi (Host-Based e Mirrored-Based) descritti in precedenza.

### 3.3.2 Progettazione di un Anomaly Detection system per smart service di illuminazione pubblica

La progettazione di un Anomaly Detection system per smart service di illuminazione pubblica proposta in questo lavoro si basa su un approccio ampiamente validato nell'ambiente dei controlli industriali. Secondo questo approccio, il sistema viene considerato come un Cyber-Physical System (CPS) e le caratteristiche ibride di tale sistema vengono utilizzate per realizzare un Anomaly Detection system.

In particolare, a livello cyber, vengono utilizzati gli IDS per identificare eventuali attacchi sulla rete. In questo contesto verranno utilizzati degli strumenti classici, opportunamente adattati al caso di studio, unitamente con strumenti creati appositamente per lo scenario in esame. In particolare, si farà riferimento alla creazione di profili specifici per il set up considerato.

Più interessante e, sotto alcuni punti di vista, più innovativa, è l'analisi relativa al livello fisico del processo. L'idea principale è quella di creare un modello virtuale di alcune parti del sistema fisico. Questo modello virtuale verrà alimentato con gli stessi input del sistema fisico ed i suoi output verranno comparati con quelli reali per identificare eventuali anomalie. Alcuni attacchi informatici, infatti, sono volti ad indurre malfunzionamenti nei sistemi fisici in modo da provocare disastri. In questo modo, si potrà prevenire anche questa tipologia di attacchi. Una volta finalizzata la progettazione di Anomaly Detection system prevista, sarà possibile in lavori futuri prevedere l'implementazione di meccanismi più avanzati di virtualizzazione del modello fisico per tecniche di sicurezza innovative nel contesto dei smart service di illuminazione e compatibili con le tecnologie presentate in questo lavoro.

### 3.4 Studio affidabilistico dei componenti di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica operativa in contesto urbano: vantaggi e criticità (Università degli Studi Roma Tre. Dipartimento di Scienze)

L'attività di ricerca svolta ha riguardato lo studio riguarda l'Analisi di Supporto Logistico (LSA) di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica già operativa nel contesto urbano del comune di Potenza mettendo a frutto i dati ed i risultati di un progetto operante in un ambiente (environment) reale e sottoposto a cicli e problematiche reali e concrete (Report RdS/PAR2017/060).

Il processo dell'analisi del supporto logistico consiste in un'analisi sistematica e completa che viene condotta, in maniera iterativa, attraverso tutte le fasi del ciclo di vita del sistema in modo da soddisfare gli obiettivi di supportabilità.

In prima battuta viene effettuata l'analisi di affidabilità attesa del sistema a cui fa 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.

La seconda analisi è quella della disponibilità del sistema ovvero quanto è in grado di lavorare con continuità. Inoltre, l'identificazione di componenti critici (al livello di sottosistema o di unità) permette di poter dapprima apporzonare le eventuali scorte di magazzino e successivamente di valutare lo sforzo di costo in termini di tempo e di ore/uomo legate alla manutenzione.

La terza analisi chiamata FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis - Analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti) serve a stabilire, tramite successioni logiche di funzionamento, l'effetto di un eventuale guasto al livello di sottosistema o di componente al fine di mitigarne la gravità.

La sintesi delle tre analisi precedenti ci fornisce una sorta di "radiografia" del sistema evidenziandone gli anelli deboli: tutti questi dati sono utilissimi per poter valutare i costi logistici in termini di scorte di magazzino (suggerite), tempi di intervento e di manutenzione.

#### 3.4.1 Descrizione Architettonica

Il sistema "smart street" che stiamo esaminando è una linea di illuminazione stradale pubblica gestita in modo sia automatico (programmabile) che manuale: L'impianto è sito a Potenza, lungo il Viale Unicef (compresa tra le due rotonde laterali)

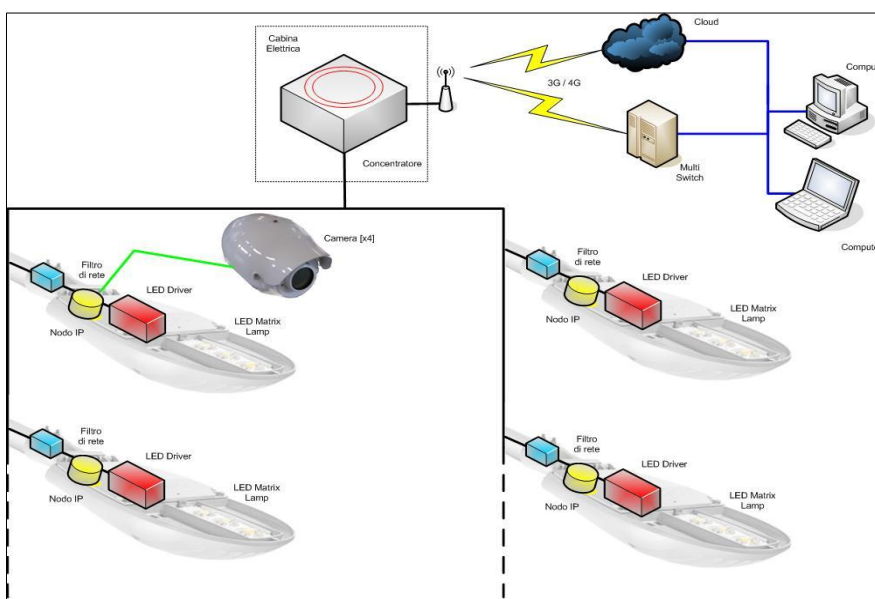


Figura 65 Architettura generale

Il sistema è composto da 100 corpi illuminanti, quattro di questi sono dotati di telecamera Smart Eye per il rilevamento del traffico ed altri dati ambientali. In ogni corpo illuminante è presente un filtro di rete, un nodo IP ed un led driver, oltre alla lampada multiled (figura).

### 3.4.2 Analisi di affidabilità

Il documento MIL-HDBK-217F contiene i modelli ed i coefficienti necessari per il calcolo del tasso di guasto  $\lambda(t)$ . Ci sono fondamentalmente due metodi per calcolare il tasso di guasto. Il primo, detto "Part Stress Analysis", permette di calcolare il  $\lambda$  conoscendo i parametri di stress del singolo componente come, ad esempio, la tensione di lavoro, la temperatura, la potenza dissipata, il tipo di elemento considerato (qualificato o commerciale), ecc. Per ottenere l'affidabilità di un circuito intero si esegue la somma delle singole affidabilità non dimenticando di considerare anche l'affidabilità del circuito stampato (oppure dell'ibrido), delle saldature e dei connettori.

Il secondo metodo, detto "Parts Count", consiste nell'assegnare dei tassi di guasto medi a tutti i componenti di uno stesso tipo (resistenze, condensatori, transistor, ecc.). Anche in questo caso, per un circuito intero si usa una somma. Nella trattazione successiva tratteremo il secondo metodo.

### 3.4.3 Analisi Del Sistema

Per il sistema descritto si riportano di seguito i risultati (Tabella 12)

Analisi Affidabilità del Sistema Completo					
Descrizione	$\lambda_P$ Singolo (F/10 <sup>6</sup> hrs)	Quantità	$\lambda_P$ TOTALE (F/10 <sup>6</sup> hrs)	MTBF (hours)	Incidenza (%)
Concentratore	11,60	1	11,60	86.206,9	0,38%
Camera	232,55	4	930,20	1.075,0	30,22%
Nodo IP	5,41	100	541,00	1.848,4	17,58%
LED Driver	7,00	100	700,00	1.428,6	22,74%
Filtro di rete	0,95	100	95,00	10.526,3	3,09%
Lampada A Matrice Di LED	8,00	100	800,00	1.250,0	25,99%
<b><math>\lambda</math> TOTALE =</b>			<b>3077,80</b>		
<b>MTBF (R<sub>Total</sub>) =</b>			<b>324,91</b>	<b>Ore</b>	<b>724,54</b>
			<b>13,54</b>	<b>Giorni</b>	<b>30,19</b>
			<b>0,48</b>	<b>Mesi</b>	<b>1,08</b>

Analisi Affidabilità dei soli Corpi Illuminanti					
Descrizione	$\lambda_P$ Singolo (F/10 <sup>6</sup> hrs)	Quantità	$\lambda_P$ TOTALE (F/10 <sup>6</sup> hrs)	MTBF (hours)	Incidenza (%)
Nodo IP	5,41	100	541,00	1.848,4	25,33%
LED Driver	7,00	100	700,00	1.428,6	32,77%
Filtro di rete	0,95	100	95,00	10.526,3	4,45%
Lampada A Matrice Di LED	8,00	100	800,00	1.250,0	37,45%
<b><math>\lambda</math> TOTALE =</b>			<b>2136,00</b>		
<b>MTBF (R<sub>Total</sub>) =</b>			<b>468,16</b>	<b>Ore</b>	<b>1.044,01</b>
			<b>19,51</b>	<b>Giorni</b>	<b>43,50</b>
			<b>0,70</b>	<b>Mesi</b>	<b>1,55</b>

Analisi Affidabilità di un singolo Corpo Illuminante					
Descrizione	$\lambda_P$ Singolo (F/10 <sup>6</sup> hrs)	Quantità	$\lambda_P$ TOTALE (F/10 <sup>6</sup> hrs)	MTBF (hours)	Incidenza (%)
Nodo IP	5,41	1	5,41	184.842,9	25,33%
LED Driver	7,00	1	7,00	142.857,1	32,77%
Filtro di rete	0,95	1	0,95	1.052.631,6	4,45%
Lampada A Matrice Di LED	8,00	1	8,00	125.000,0	37,45%
<b><math>\lambda</math> TOTALE =</b>			<b>21,36</b>		
<b>MTBF (R<sub>Total</sub>) =</b>			<b>46.816,48</b>	<b>Ore</b>	<b>104.400,75</b>
			<b>1.950,69</b>	<b>Giorni</b>	<b>4.350,03</b>
			<b>69,67</b>	<b>Mesi</b>	<b>155,36</b>

Tabella 12: Risultati del sistema descritto

### 3.4.4 Disponibilità (Availability) Del Sistema

La disponibilità è direttamente correlata con la capacità di utilizzazione degli impianti, vista sotto l'aspetto tecnico, escludendo cioè cause di fermata di natura organizzativa generale o di politica aziendale. Alla disponibilità può essere attribuito un duplice significato: essa infatti da una parte rappresenta la percentuale di tempo di buon funzionamento del sistema produttivo, calcolata su un lungo periodo di tempo; essa è quindi espressa dal rapporto tra il tempo produttivo lordo e il tempo di utilizzo netto.

$$A = \frac{T_{UN} - T_{gm}}{T_{UN}} = \frac{T_{PL}}{T_{UN}}$$

Dall'altra parte può essere interpretata come probabilità, e precisamente come la probabilità che, in un istante di tempo generico il sistema (riparabile) sia funzionante. Tale probabilità è in generale funzione del tempo trascorso a partire dal momento in cui il sistema è "nuovo".

### 3.4.5 Analisi Del Sistema

Per il sistema descritto abbiamo la seguente tabella dei risultati:

Attività	tempi (hrs)
Preparazione	0,1
Localizzazione	0,05
Smontaggio	0,05
Procurement	0
Riparazione	0
Aggiustaggio e Calibrazione	0,05
Riassemblaggio	0,05
Verifica	0,1
Pulizia e Chiusura	0,2

### 3.4.6 Analisi dei Guasti e di Criticità (FMECA)

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.

I circuiti di interfaccia delle varie unita, invece, vengono analizzati a livello di componente.

Per ogni modalità di guasto, viene studiato:

- il suo effetto;
- la sua causa;
- i modi per ovviare al guasto, con particolare attenzione alle eventuali raccomandazioni per la modifica del progetto o ai metodi di prevenzione, se possibile;
- la frequenza con la quale viene osservata la modalità di guasto.

Questi risultati vengono utilizzate per:

- identificare i guasti "singolari"
- individuare elementi critici;
- identificare gli errori e le sottovalutazioni del progetto;

- verificare, per quanto possibile, che tutte le modalità di guasto critico possano essere completamente testate a livello di sottosistema in sede di assemblaggio.

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 (Tabella 13)

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.

Tabella 13: Categorie di criticità

N.B.: nessun sistema interno o sottosistema è ridonato

### 3.4.7 Formato dell'analisi

Le seguenti informazioni sono riportate nelle colonne della Tabella 14

Nome	Descrizione
Numero Colonna	Numero progressivo riferito alla funzione in esame
Item	Blocco funzionale principale nell'ambito dell'analisi, riferito allo schema a blocchi funzionali
Descrizione e funzionamento	Descrizione del funzionamento blocco funzionale in esame
Modalità Di Guasto	Modalità di guasto presunta della funzione in esame
Sintomi Osservabili	L'effetto osservabile (dall'esterno del sistema) della modalità di guasto
Metodi Di Prevenzione O Compensazione	Operazioni anche preventive da intraprendere per mitigare gli effetti del guasto
Criticità	La categoria di criticità secondo la tabella di cui al punto precedente
Raccomandazioni e commenti	Raccomandazioni per mitigare gli effetti del guasto e commenti <i>a latere</i>

Tabella 14: Informazioni relative al formato di analisi

### Conclusioni

Anche se l'analisi è ancora in divenire, già è possibile delineare alcuni evidenti risultati.

È stata effettuata l'Analisi di Supporto Logistico (LSA) di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica già operativa nel contesto urbano di Potenza mettendo a frutto i dati ed i risultati di un progetto operante in un environment reale. Si noti bene che nessuna parte del sistema è ridondata benché sia doveroso dire che il sistema in sé è abbastanza resiliente, poco "damage sensitive": infatti, non solo può sopportare l'abbassamento dell'intensità luminosa, ma addirittura la perdita di funzionamento di più di un LED o perfino di un lampione intero è sopportata senza arrivare ad un minimo critico di luminosità. Ovviamente nel calcolo dell'affidabilità non ne è stato tenuto conto.

- **Affidabilità**

A rigore non si potrebbe considerare il sistema delle paline come un sistema di affidabilità in parallelo in quanto ai singoli pali, pur essendo tutti rigorosamente uguali (tranne quelli con la camera SmartEye) 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  $MTBF_{TOTsys}$  del sistema completo pari a 724 ore il che equivale a poco più di un mese di funzionamento ininterrotto (con il corpo illuminante attivo 10 ore al giorno – *duty cycle*). Se si escludono dal computo il concentratore e le telecamere arriviamo ad un  $MTBF_{TOTparziale}$  pari a 1045 ore che equivale ad un mese e mezzo abbondante. Per il singolo corpo illuminante abbiamo un  $MTBF_{TOTcorpoilluminante}$  pari a 140.400 ore equivalenti a 155 mesi.

- **Disponibilità**

Il tempo di accesso (manutenzione completa) della singola parte dei corpi illuminanti o del copro intero è sempre lo stesso quindi, per non aggravare la manutenzione del tempo di diagnostica, si è optato direttamente per la sostituzione completa del corpo illuminante.

Questo ci dà una disponibilità del sistema completo pari a:

$$A_{Sistema\ Completo} = 0,999173$$

Mentre la disponibilità del singolo corpo illuminante è:

$$A_{Corpo\ Illuminante\ Singolo} = 0,999426$$

- **FMECA**

Il componente più critico è il concentratore che, a fronte di un confortante  $MTBF_{CONC}$  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.

Il Led Driver che, da solo fornisce poco meno del 33% di tutti i FIT il corpo illuminante risultando il più soggetto a guasto e quindi il candidato più probabile ad un'opportuna scorta di magazzino ove si pensi di riparare in laboratorio, a tempo differito, i corpi illuminanti non funzionanti che sono stati rimossi in sede di manutenzione.

Per quanto riguarda la telecamera, l'analisi effettuata restituisce un valore di  $MTBF_{CAMERA}$  pari a 1.375 ore equivalenti a circa un mese e mezzo di funzionamento ininterrotto. Questo valore apparentemente molto conservativo è stato mediato dai valori di affidabilità di "ritorno dal campo".

### 3.5 *Applicazione di tecniche di mitigazione del clima urbano ne quartiere di Centocelle a Roma: monitoraggio strumentale e soggettivo (ENEA)*

IL PELL ha visto le sue prime applicazioni all'Illuminazione Pubblica ed agli edifici pubblici (edifici scolastici) ma l'obiettivo del progetto è quello di estendere gli ambiti di applicazione a differenti infrastrutture o settori che rivestano un interesse su scala urbana. Per questa ragione, dalla seconda annualità si è voluto studiare un possibile estensione dell'applicazione del PELL ad aspetti legati alla mitigazione del microclima urbano ed al miglioramento del benessere del cittadino, intendendo questo come servizio aggiuntivo integrato nell'ambiente urbano.

Per questa ragione, l'attività svolta si è focalizzata sul monitoraggio strumentale e soggettivo del sistema implementato dall'Università Politecnica delle Marche (cfr 3.6), questa volta integrato in un reale sistema urbano. L'attività strumentale ENEA ha consentito di misurare e comparare il regime termico anche all'esterno dell'area di studio del sistema di nebulizzazione, consentendo così una comparazione più completa dalle tecnologia con altre situazioni "passive", e espandendo i risultati dell'Università.

#### 3.5.1 *Sviluppo del processo realizzativo*

In questa sezione si descrive lo sviluppo del processo, messo in atto per realizzare la sperimentazione; l'implementazione tecnologica è invece descritta alla sezione 3.6.

L'idea di base era di realizzare un dimostratore a basso costo, realmente fruibile dalla cittadinanza, che avrebbe così potuto verificare i benefici di una soluzione di questo tipo e contribuire alla comprensione del fenomeno e a sviluppare il processo di ottimizzazione, rispondendo ad un questionario appositamente redatto, in rispetto delle norme di riferimento.

I seguenti attori sono stati coinvolti nel processo realizzativo del dimostratore:

- ENEA. Coordinamento dell'attività, monitoraggio strumentale addizionale, monitoraggio soggettivo.
- Assessorato Politiche Ambientali V Municipio di Roma. Proprietario dell'area, collegamento con le Aziende Municipalizzate per l'erogazione dei servizi a supporto (acqua ed elettricità), diffusione della campagna sperimentale attraverso i canali istituzionali.
- Associazione di quartiere "100 e a capo". Associazione ha adottato il parco Isola Felice, area nella quale è stata condotta la sperimentazione, attività di supporto per tutti gli aspetti pratici, raccordo con Assessorato, coinvolgimento attivo della cittadinanza.
- Università Politecnica delle Marche. Implementazione tecnologica del dimostratore.

L'attività seppur programmata nel mese di maggio, ha subito ritardi legati al processo burocratico, che ne hanno reso possibile la realizzazione nell'ultima settimana di agosto.

#### 3.5.2 *Area di intervento e procedura di indagine*

L'area di intervento si trova nel quartiere di Centocelle, zona ad alta densità abitativa e aree verdi di una certa dimensione soltanto periferiche al quartiere stesso. La scelta è stata conseguenza di due punti fondamentali:

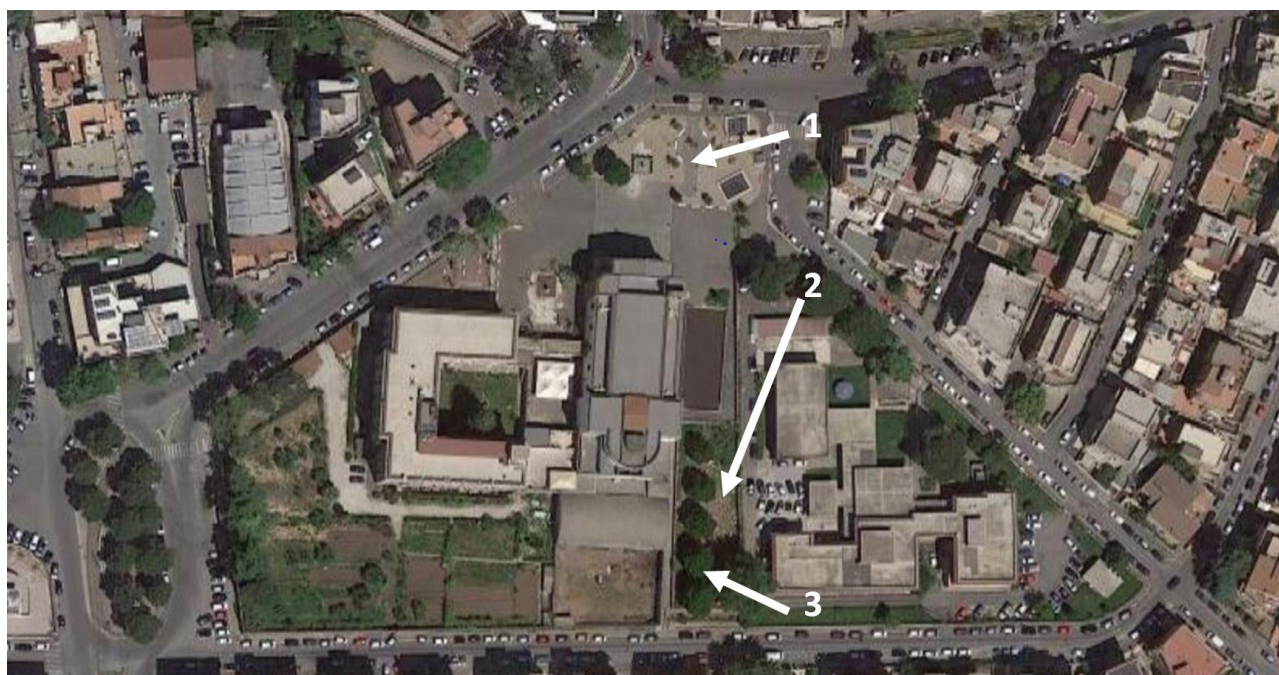
- ENEA è presente nel quartiere con una serie di attività sul tema della smart city e della smart community.
- L'area è recintata e chiusa durante le ore notturne, requisito fondamentale per evitare il montaggio e smontaggio del sistema di nebulizzazione ogni giorno. L'area è il parco Isola Felice, che consentiva di mettere in relazione il raffrescamento evaporativo attivo da testare con il raffrescamento passivo dovuto alle funzioni di evapotraspirazione e schermatura solare delle alberature presenti nel parco.

La Figura 66 mostra il tessuto urbano nel quartiere di Centocelle e individua la zona dedicata alla campagna sperimentale. La Figura 67 è un close-up della zona di intervento, in cui sono evidenziati i punti di installazione dei sensori ambientali:

1. Centralina montata in piazza San Felice in Cantalice a circa 250cm da terra, per ragioni di sicurezza. Questa è la centralina di Riferimento.
2. Centralina completa di 4 punti di misura, ad altezza dal suolo rispettivamente di: 110, 170, 210, 250cm, là dove è stato successivamente installato l'impianto sperimentale. I primi due punti sono rappresentativi di condizione di indagine per persone sedute o in piedi; i rimanenti necessari per comprendere lo sviluppo delle temperature in prossimità degli ugelli, posti ad una altezza di 280cm dal suolo.
3. Centralina montata sotto albero all'interno del parco Isola Felice, a circa 130cm da terra, per avere un riferimento di mitigazione passiva.



**Figura 66: Quartiere di Centocelle e area di intervento**



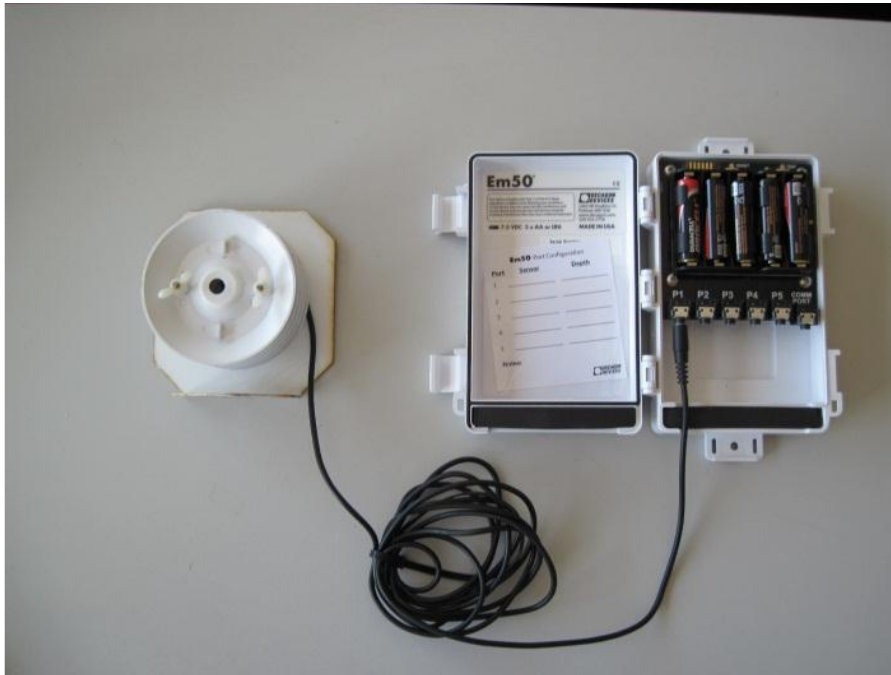
**Figura 67: Close-up dell'area di intervento e posizionamento dei sensori.**

Per il monitoraggio strumentale, ENEA ha installato centraline composte da uno o più sensori termigrometrici e scheda di acquisizione alloggiata in un contenitore impermeabile modello DECAGON EM 50, lo strumento è riportato in Figura 68. La temperatura dell'aria e l'umidità relativa sono state monitorate con un



intervallo di acquisizione di 1 minuto, allineandolo con quello del monitoraggio condotto dall'Università Politecnica delle Marche. Le caratteristiche principali dei sensori sono le seguenti:

- Risoluzione della temperatura: 0.1 °C tra 40 e 82 °C;
- Errore massimo di temperatura:  $\pm 0,5$  tra -5 °C e 60 °C;
- Risoluzione dell'umidità relativa: 0.1% tra 0 e 100%;
- Errore massimo di umidità relativa:  $\pm 5\%$  tra 10 e 100%.

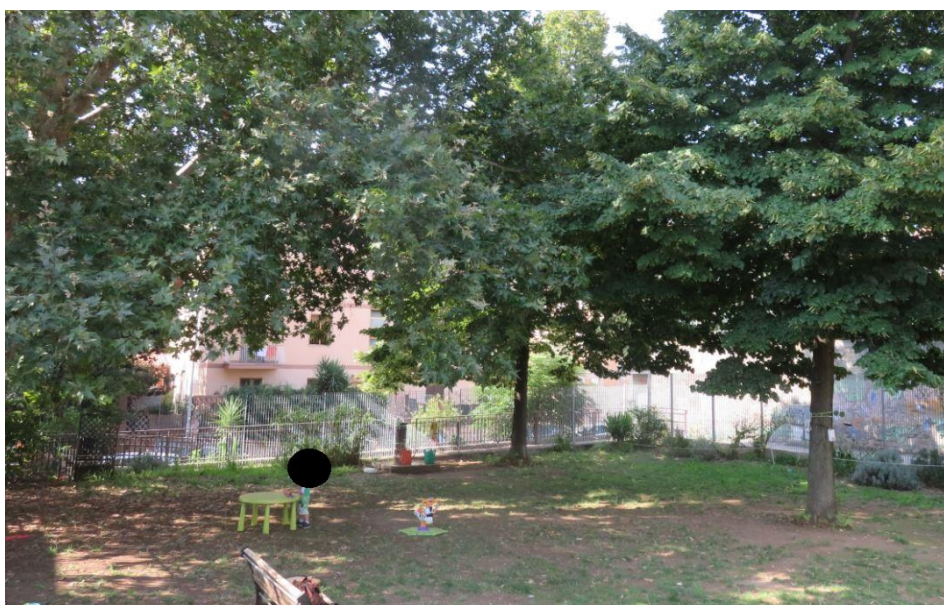


**Figura 68: Termo-Igrometro (sinistra) e scheda di acquisizione.**

Nella parte centrale di Figura 69 si vede il treppiede telescopico nudo sul quale sono montati i termoigrometri a diverse altezze, in prossimità della panchina, posta al centro del sistema di nebulizzazione, presso la quale sono stati compilati i questionari da parte dei partecipanti. In Figura 70 è documentata la zona sud del parco Isola Felice, la più protetta dalla irradiazione solare; sul tronco dell'albero a destra si può vedere la centralina utilizzata per quantificare il raffreddamento passivo.



**Figura 69: Vista del sistema di nebulizzazione e attrezzatura in campo del monitoraggio ENEA**



**Figura 70 Termo-Igrometro (sinistra) e scheda di acquisizione.**

Il monitoraggio strumentale si è concentrato su 3 giorni, con le seguenti procedure:

- 27 agosto. Dalle 12.20 alle 18.00 circa. Il sistema è stato sempre in funzione
- 28 agosto. Dalle 11.00 alle 18.30 circa. Il sistema è stato in funzione con il seguente controllo: 20 secondi di nebulizzazione e 10 secondi di arresto.
- 29 agosto. Dalle 11.00 alle 18.30 circa. Il sistema è stato in funzione con il controllo fuzzy implementato dall'Università Politecnica delle Marche, vedi sezione 3.6

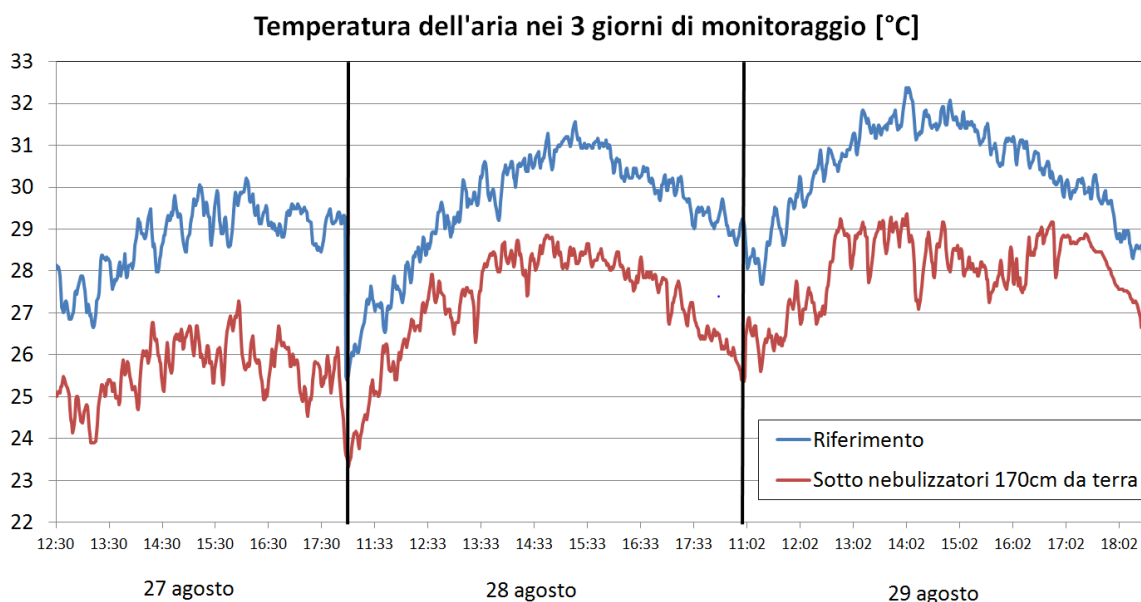
Per quanto riguarda il monitoraggio soggettivo, la campagna sperimentale è durata dal 23 al 30 agosto. La procedura prevedeva il giudizio del partecipante (opportunamente classificato per genere, età, abbigliamento, attività metabolica) sulla percezione termica generale al momento dell'arrivo e quella osservata dopo uno stazionamento di pochi minuti al di sotto del sistema di nebulizzazione.

### 3.5.3 Risultati del monitoraggio strumentale

La Figura 71 riporta l'evoluzione della temperatura dell'aria durante i 3 giorni di misura per rispettivamente il sensore di riferimento, posizionato in piazza San Felice in Cantalice, e quello posto a 170 cm da terra, quindi rappresentativo di una persona in piedi al di sotto del sistema di nebulizzazione. Possono osservarsi alcuni aspetti tipici dei controlli selezionati:

- 27 agosto. Il sistema è sempre in funzione, quindi il potenziale di raffrescamento è molto elevato durante tutto il giorno, con tendenza all'aumento nel pomeriggio, per i motivi che saranno esplicitati a seguire.
- 28 agosto. I profili sono molto simili al giorno precedente, tuttavia l'entità della differenza è ridotta, a causa del controllo on/off, impostato con semplice temporizzazione.
- 29 agosto. I profili sono differenti a causa del sistema di controllo fuzzy, che ottimizza il funzionamento in relazione a diversi parametri ambientali e non semplicemente in base all'evoluzione della temperatura dell'aria. Si noti come il pomeriggio le curve siano vicine, poiché le condizioni microclimatiche sono sufficientemente confortevoli e non richiedono l'intervento del sistema di raffrescamento.

In Figura 72 si riporta invece l'andamento della differenza di temperatura dell'aria misurata dal sensore di riferimento e i 4 sensori atti a misurare la distribuzione verticale delle temperature. Si noti come a partire dalle 15.30 circa (linea rossa verticale), per tutti i sensori si ha un aumento del potenziale di mitigazione; la ragione è lo schermo alla radiazione solare operato dagli alberi ad ovest del sistema sperimentale, che aggiungono al raffrescamento attivo dei nebulizzatori anche quello passivo della protezione solare. È importante nota il notevole impatto sul sensore a quota più bassa che a i minori benefici termici legati alla vaporizzazione dell'acqua, essendo a una quota di 170 cm inferiore rispetto agli ugelli. I risultati dimostrano quindi il vantaggio di un accoppiamento di tecnologie, quando il punto di misura si allontana dalle condizioni ottimali.



**Figura 71 Andamento della temperatura dell'aria misurata dalla centralina di riferimento e del sensore a 170cm da terra sotto il nebulizzatore.**

Differenza di temperatura dell'aria per i sensori posti a diversa altezza dal suolo rispetto al valore di riferimento [°C]

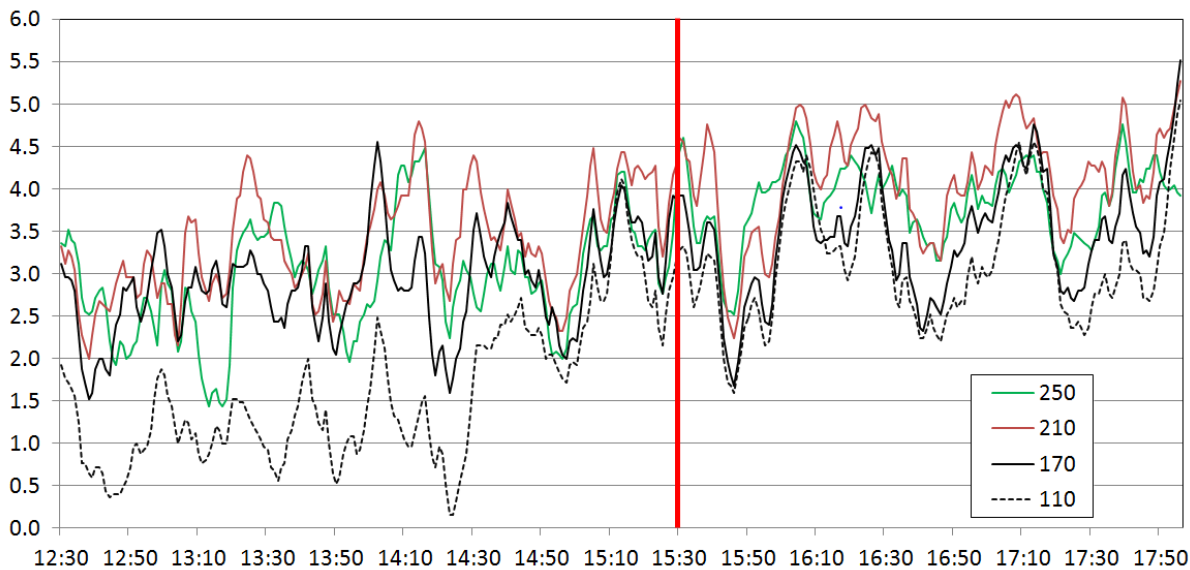


Figura 72 Andamento delle differenze temperatura dell'aria misurata dalla centralina di riferimento e dai sensori a distribuzione verticale.

La Figura 73 riporta dei dati aggregati che ben evidenziano i potenziali di mitigazione della tecnologia. I risultati migliori sono ovviamente ottenuti con il funzionamento in continuo, anche se studi futuri dovrebbero mirare alla correlazione del potenziale di mitigazione con il consumo energetico del sistema e con il comfort degli utenti. In generale il picco di riduzione della temperatura si attesta tra 3.8°C (sistema di controllo a semplice on/off) e 5.5°C del sistema in continuo. In termini di valori medi, la riduzione si attesta tra 2.3 e 3.2°C. È interessante notare anche il contributo della schermatura solare, ad esempio: per il giorno 27 agosto si è misurato un potenziale di mitigazione medio di 2.9°C durante il periodo di esposizione all'irradiazione solare diretta; nel periodo di schermatura di quest'ultima, viceversa, il potenziale di mitigazione è salito a 3.5°C.

Potenziale di mitigazione con diverse strategie di nebulizzazione [°C]

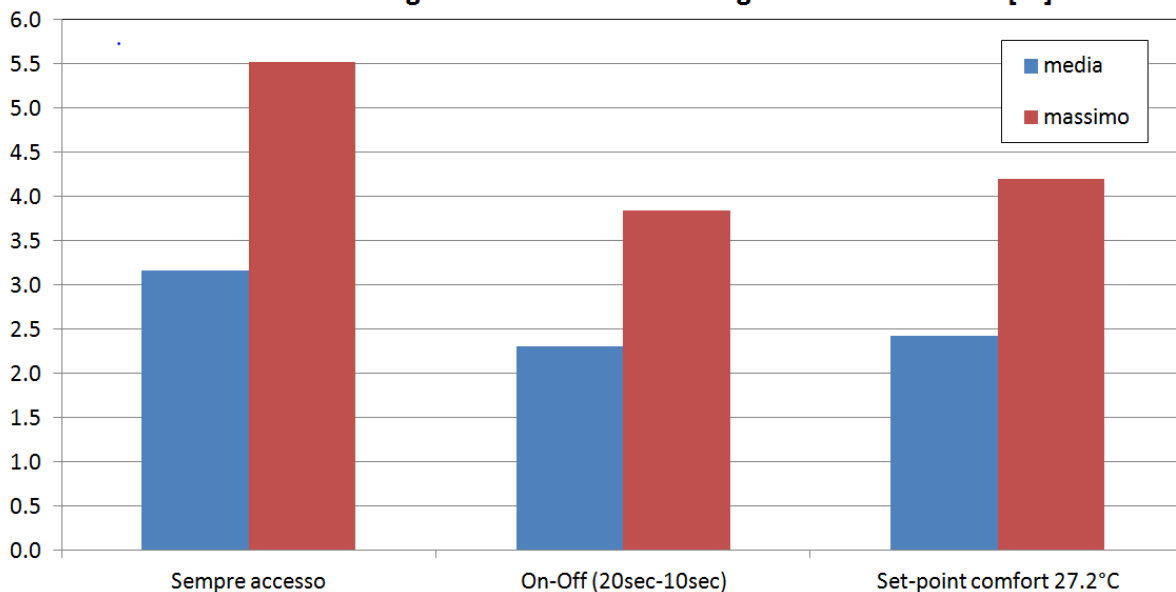
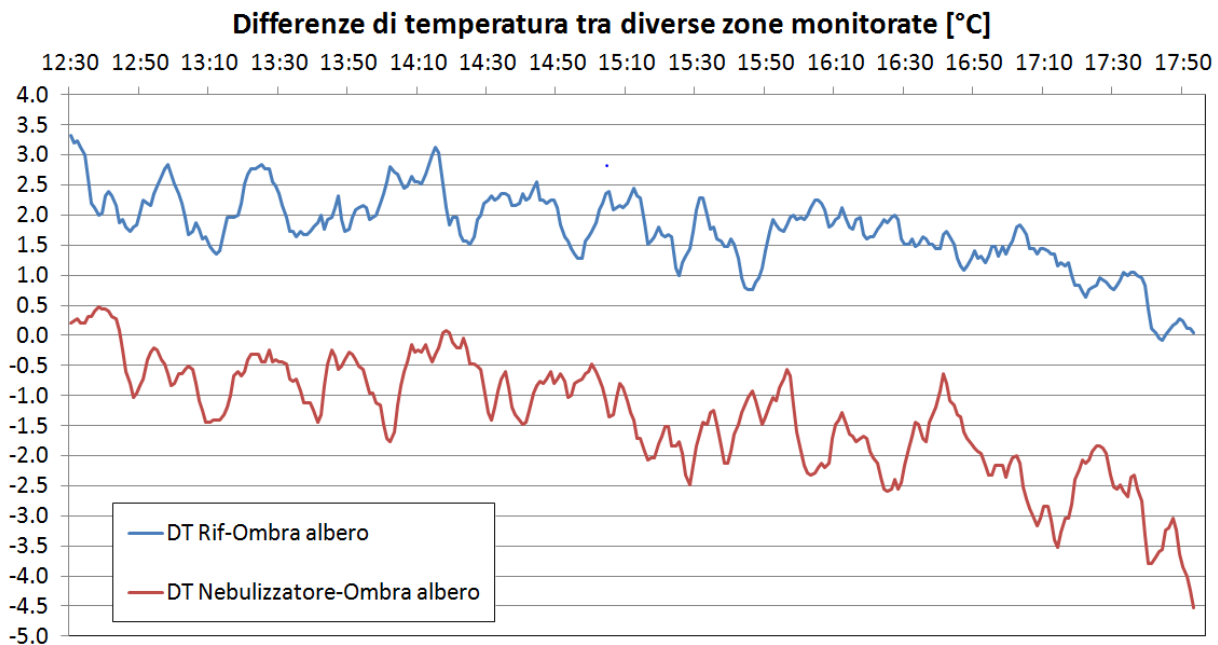


Figura 73 Riduzione delle temperature dell'aria media e massima nel sensore a 170 cm da terra sotto nebulizzazione.

Un ultimo aspetto di interessante valutazione è il confronto tra mitigazione attiva e passiva, con risultati evidenziati in Figura 74. La curva blu presenta la differenza di temperatura dell'aria misurata nel riferimento e sotto un albero del parco Isola felice. Si nota un effetto benefico che è somma di due componenti: effetto evapo-traspirativo, tipicamente notturno e che tende ad esaurirsi rapidamente durante la mattina, ed effetto di protezione solare, che invece si mantiene più efficace durante il giorno; si noti anche come con il passare del giorno e il minore impatto della irradiazione solare, le due letture tendano ad avvicinarsi significativamente.

La curva rossa rappresenta invece la differenza di temperatura dell'aria tra il sensore sotto nebulizzazione a quota 170 cm e quella misurata sotto gli alberi. Nei primi minuti di monitoraggio i sistemi sono molto vicini, ed è possibile stimare un comportamento simile anche nelle ore precedenti, pur in mancanza di dati oggettivi; tuttavia con il passare delle ore e l'innalzarsi della temperatura urbana, il sistema di nebulizzazione attivo diventa decisamente più efficace di quello passivo, anche fino a diversi gradi nelle ultime ore di misura. Va in questi casi osservato, che il sistema di nebulizzazione potrebbe dar luogo a sensazioni di limitato discomfort, con abbassamento troppo drastico delle temperature durante le ore serali.



**Figura 74 Impatto degli alberi e della loro funzione di protezione solare sull'evoluzione delle temperature outdoor.**

### 3.5.4 Monitoraggio soggettivo con questionari

L'analisi del clima urbano e del suo eventuale miglioramento con applicazioni di sistemi evaporativi è stato esplorato con mediante questionari a risposta soggettiva. In totale 116 soggetti sono stati intervistati, di cui il 56% uomini e il 44% donne; la distribuzione per classi di età è riassunta dagli istogrammi in Figura 75, che riporta il dato sia in valori assoluti che in percentuale. La fascia di età più rappresentata è quella dai 36 ai 50 anni, con quasi il 35% del campione, risultato legato anche alla presenza di genitori che portano i figli a giocare al parco, sede della sperimentazione. Come si evince dalla medesima figura, tutte le fasce sono comunque rappresentate, inclusi gli anziani con età superiore a 80 anni, così come i bambini con età inferiore a 10.

Per quanto riguarda il dato aggregato di sensazione termica, in una scala da -3 molto freddo a +3 molto caldo, i risultati evidenziano un notevole miglioramento della percezione termica che passa da +1.49 in condizioni iniziali a -0.72 sotto i nebulizzatori. Si tenga presente che sono considerate confortevoli risposte per le quali ci si attesta tra -0.5 e +0.5 nella scala precedentemente indicata. I valori medi evidenziano quindi un miglioramento delle condizioni, ma anche la necessità di ben calibrare il sistema per garantire reali condizioni

di comfort termico. Da notare come la differenziazione per genere, illustrata in Figura 76, non evidenzia particolari divergenze (ordine di -0.1 della percezione sotto i nebulizzatori, rispetto agli uomini), che invece sono state registrate in altri studi sul comfort termico.

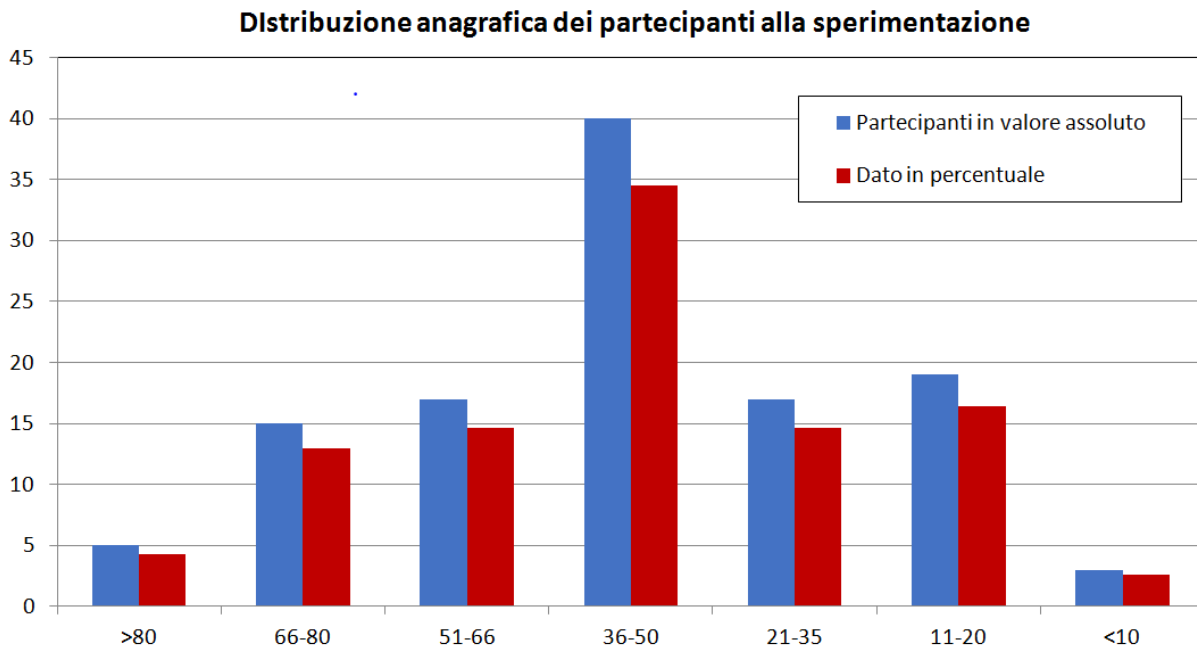


Figura 75 Distribuzione anagrafica dei partecipanti al sondaggio sul clima urbano mediante questionari.

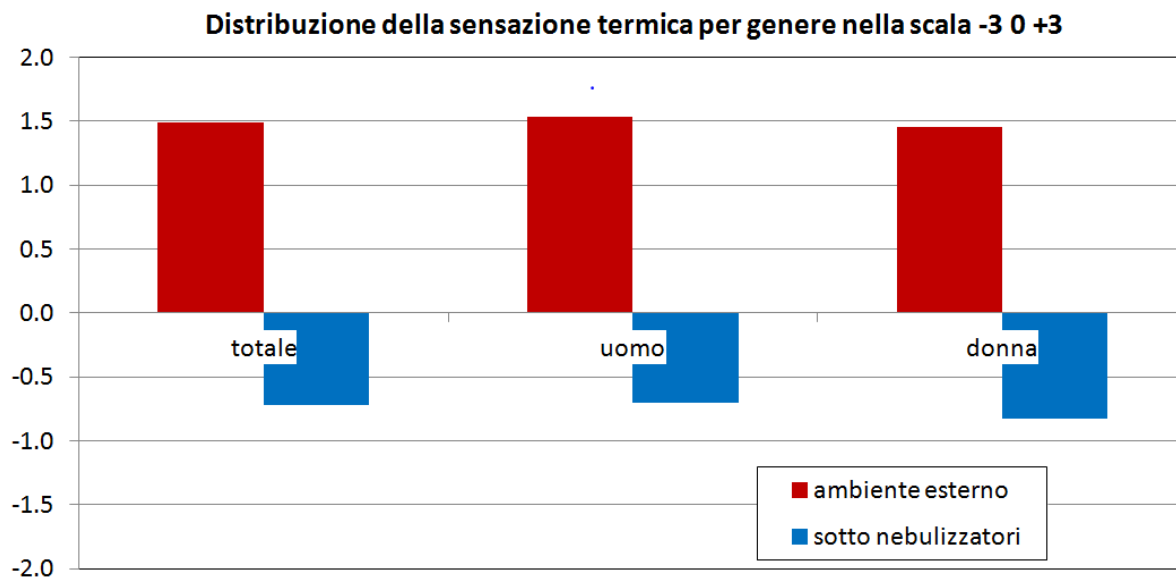


Figura 76 Distribuzione della sensazione termica media per genere.

Molto interessante è l'analisi in frequenza e cumulativa delle risposte degli utenti rispetto alla sensazione termica nel clima urbano usuale e successivamente sotto il sistema evaporativo. I risultati sono presentati nelle Figura 77 e Figura 78.

É necessario partire dal fatto che i 3 giorni di monitoraggio non sono stati particolarmente critici, con temperatura media nelle ore di osservazione di 29.7°C e con temperature superiori a 31°C solo nel 18% del periodo. Tenendo conto che il monitoraggio era condotto nelle ore più critiche, dalla tarda mattinata al tardo pomeriggio, e che la zona soffre di intensa isola di calore, il microclima misurato non risultava essere particolarmente critico. Nonostante questo, il 50% degli intervistati ha manifestato una decisa condizione di

discomfort (voto +2 e +3) e solo il 15% si è espresso per la neutralità termica (voto 0). Una volta testato il microclima sotto i nebulizzatori la risposta è radicalmente cambiata; si sono espressi per la neutralità termica il 18% degli intervistati e solo il 10% ha manifestato evidenti condizioni di discomfort (-2 e +2); il 90% del campione ha manifestato condizioni di relativo benessere all'interno del microclima artificiale, con oltre il 60% che ha assegnato un voto di -1, corrispondente a leggermente fresco. Si ritiene tuttavia necessaria una precisazione di tipo semantico, ossia molti partecipanti hanno dato al giudizio "leggermente fresco" una valenza positiva, quando nella realtà delle analisi di comfort termico questo segnala un allontanamento, seppur limitato, dalle condizioni di neutralità termica, che equivale alle reali condizioni di benessere. Questo aspetto è emerso a monitoraggio avanzato e non è stato modificato, per la necessità di aderire a modelli di questionari accettati e definiti a livello internazionale, ma che sarà necessario correggere nelle future campagne di misura.

### Distribuzione in frequenza relativa della sensazione termica degli utenti

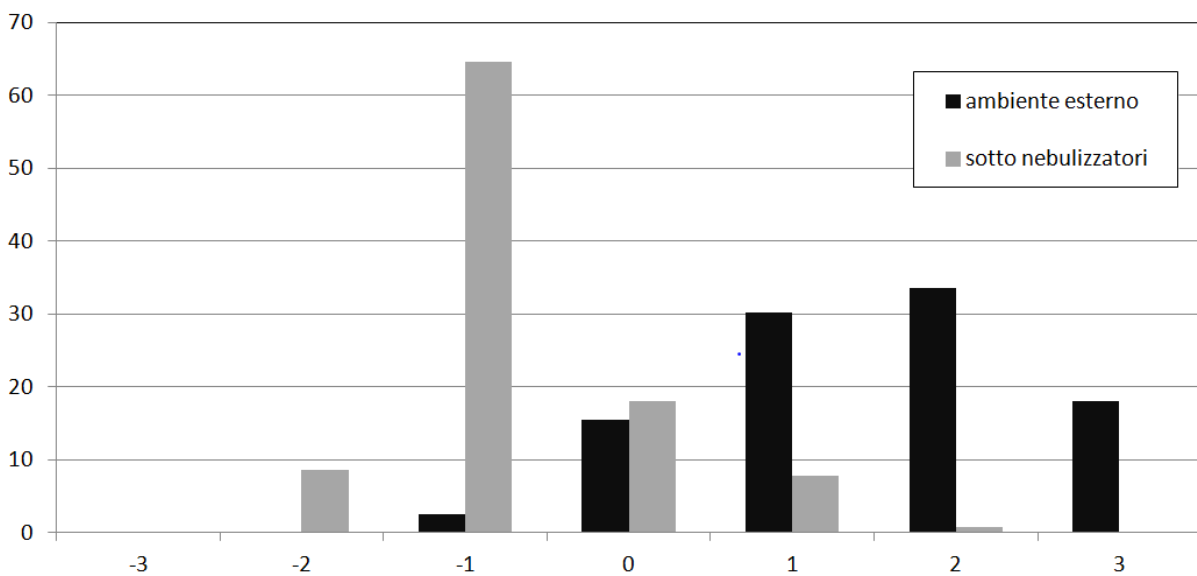


Figura 77 Distribuzione in frequenza della sensazione termica.

### Distribuzione cumulata della sensazione termica

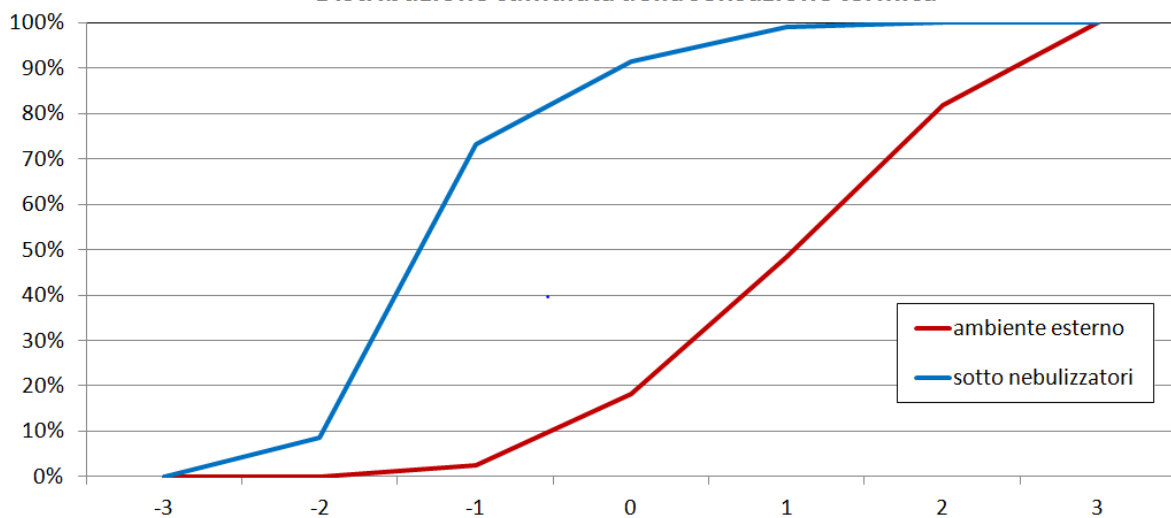


Figura 78 Distribuzione cumulata della sensazione termica.

### 3.6 *Analisi termo-fluido dinamica di soluzioni tecnologiche per la mitigazione locale del clima urbano (UNIVPM – DIISM Università Politecnica delle Marche)*

L'attività di ricerca svolta in questa annualità ha riguardato l'analisi termo-fluido dinamica di soluzioni tecnologiche per la mitigazione locale del clima urbano" (Report RdS/PAR2017/057). In particolare, si riportano sinteticamente la metodologia seguita e i principali risultati ottenuti per le seguenti attività:

1) Progettazione, realizzazione e valutazione sperimentale del prototipo di dispositivo per il raffrescamento di spazi urbani mediante sistemi di nebulizzazione, e sviluppo di un sistema di controllo.

Si è progettato, realizzato e monitorato un dispositivo di micronebulizzazione, in diverse configurazioni ed in relazione al sistema di controllo utile all'ottimizzazione del funzionamento in relazione alle variabili climatiche. Il dispositivo è stato valutato sperimentalmente in due diversi contesti: Ancona (ambiente semplificato) e Roma (ambiente urbano complesso).

2) Modellazione fluidodinamica a piccola e media scala.

Il funzionamento del prototipo è stato caratterizzato in termini di comportamento termofluidodinamico e di impatto sulle grandezze microclimatiche locali, alla piccola e media scala, attraverso, rispettivamente, il software ANSYS Fluent e il software ENVI-met.

#### 3.6.1 *Inquadramento*

Tra le tecniche di mitigazione dell'ambiente urbano, l'uso dell'acqua è quello che vanta una tradizione secolare: ma, nonostante la sua ricca storia, la conoscenza scientifica sul suo potenziale di raffrescamento e sulla sua interazione con ambienti densamente abitati è molto più limitata rispetto ad altre tecnologie più giovani (cool materials in primis).

Questo perchè il loro effetto è più localizzato e richiede una discretizzazione dello spazio-universo dei modelli di simulazione molto più densa nell'intorno dell'elemento mitigante: feature che spesso non è disponibile nei software che si stanno facendo strada in questo settore applicativo.

Le tecnologie water-based, agiscono sugli equilibri termodinamici del sistema in cui sono inseriti attraverso diversi meccanismi (evaporazione, convezione, riflessione) e come tale raggiungono un elevato potenziale di mitigazione locale, tant'è che si parla di "Urban Cooling Islands" nel caso di estese riserve come laghi e fiumi, con riduzioni medie misurate sperimentalmente anche di 1-2°C della temperatura in città.

In un'ottica di efficienza energetica e sostenibilità, l'interesse si rivolge in questo contesto ai sistemi che amalgamano la nebulizzazione (massimo raffrescamento evaporativo a parità di portata di fluido) ad un controllo intelligente dell'emissione.

Data la diretta interazione con il flusso di aria (e di conseguenza con le persone), tale sistema richiede una progettazione particolarmente delicata e consapevole delle interazioni con l'ambiente circostante. L'efficienza di mitigazione, infatti, dipende enormemente dal design della struttura meccanica di supporto e dalle condizioni climatiche esterne.

In questo contesto, l'obiettivo principe del progetto è la ricostruzione del profilo termodinamico nell'intorno della struttura di raffrescamento evaporativo per apprezzarne in dettaglio gli effetti di mitigazione locale.

#### 3.6.2 *Valutazione sperimentale*

Il prototipo sperimentale si propone come piattaforma fisica sia per la convalida del modello di simulazione che per la verifica della fattibilità di realizzazione ed installazione.

La tecnologia di base è la micronebulizzazione. In questi sistemi, la geometria degli ugelli è progettata per polverizzare l'acqua generando finissime goccioline che vengono assorbite immediatamente dall'aria, potenzialmente senza bagnare oggetti e superfici.

AMBIENTE SEMPLIFICATO (ANCONA)



L'apparato sperimentale realizzato presso la terrazza del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Science Matematiche (DIISM) dell'Università Politecnica delle Marche (Ancona) è mostrato in Figura 79.

Il sistema progettato prevede 4 cavi in acciaio di lunghezza 6,7 m, posti ad un'altezza di 3,3 m e ad interasse di 1,25 m, tesi tra due pareti esistenti (una parete in calcestruzzo e una parete in vetro e acciaio delimitante un ufficio). Ciascun cavo supporta 6 ugelli inox da 0,20 mm per la micronebulizzazione posti ad un interasse di 1 m. L'area interessata dalla nebulizzazione è quindi di circa 6,7 m x 4 m ("area nebulizzata").

Gli ulteriori elementi che compongono il sistema sono: pompa da 70 Bar, filtro, matassa da 50 m di tubo in poliammide da 1/4", 24 raccordi porta ugello a innesto rapido, a "T" (x3), a "L" 90° (x4) e 4 valvole di intercettazione. Non è stato previsto un sistema di accumulo a causa del rischio legionella.

Tramite le valvole di intercettazione su ciascun filare nebulizzante e tramite apertura/chiusura del singolo ramo si è potuto testare il funzionamento del sistema anche a carico parzializzato.

Il monitoraggio termo-igrometrico è stato realizzato utilizzando:

- 5 sensori miniaturizzati di temperatura ed umidità (PCMINI52 della Mitchell Instruments) dislocati nell'area nebulizzata (al centro e lungo il perimetro) per mappare i gradienti di raffreddamento locale per ogni condizione di flusso d'aria.
- Una stazione meteorologica (LSI Lastem), posta a circa 50m dal sistema nebulizzante, dunque in ambiente indisturbato, per la misura di: temperatura e umidità relativa dell'aria, velocità e direzione del vento, radiazione solare totale sul piano orizzontale.
- 6 termoresistenze a piattina per le misure di temperatura superficiale del suolo dell'area nebulizzata (1), della parete in cls (1) e della parete dell'ufficio (3).
- un manometro ed un misuratore di potenza per la quantificazione dei consumi della pompa.
- un sensore di rilevamento pioggia per il bypass della routine di nebulizzazione.

Il sistema pompante è stato dotato di un controllore smart sviluppato in LabVIEW, che tramite cicli di accensione e spegnimento ha gestito il tempo di ciclaggio in un base ad una logica fuzzy di autoadattamento alle condizioni meteorologiche esterne (e, per estensione, applicabile in modo predittivo attingendo alle previsioni meteo piuttosto che al dato contingente). L'algoritmo si basa su indici di linearizzazione algebrica tra parametri ambientali atti a quantificare il potenziale di raffreddamento evaporativo per ciascun contesto termodinamico, in particolare, l'offset dalla temperatura neutrale, settata a 27.2°C, come da precedenti studi eseguiti a Roma, la radiazione solare, l'Humidex (H, indice di correlazione lineare tra temperatura dell'aria, umidità relativa e pressione del vapore) ed il Cooling power index (PE, indice che combina gli effetti di temperatura e velocità del vento sulla sensazione di comfort). In totale 300 regole, customizzate per l'applicazione, gestivano l'azione di controllo.

Il sistema di micronebulizzazione è stato testato per un periodo di circa 2 mesi (6/7/2018-20/8/2018), durante i quali si sono eseguite diverse prove sperimentali (pieno carico e carico parzializzato, controllo continuo, on /off, fuzzy) e mappature di distribuzione termoigrometrica orizzontale e verticale (spostando i sensori di T e UR a diverse altezze sul palo centrale).

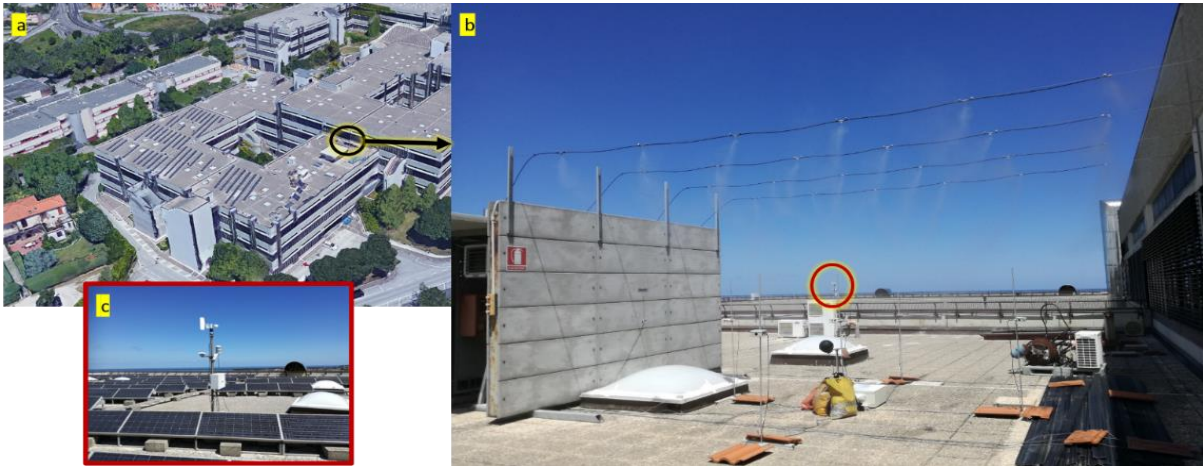


Figura 79 Immagine del setup sperimentale su piccola scala: a) Geolocalizzazione 3d del sito; b) panoramica del sistema di nebulizzazione; c) dettaglio della stazione meteo (cerchiato in rosso nella foto di panoramica).

Ciascuna giornata (dalle 9 alle 21) è stata analizzata in dettaglio sotto il profilo termodinamico (profili di temperatura ed umidità restituiti dalle 5 sonde, caratterizzazione della risposta del controllore in funzione delle grandezze di input, profili di temperatura e umidità relativa in ambiente indisturbato e sotto gli spray, nonché caratterizzazione del potere di raffreddamento e umidificazione.

A titolo di esempio, si riporta per la giornata del 6 Luglio 2018, la mappatura termoigrometrica (Figura 80) ed in il profilo di cooling ed innalzamento igrometrico (Tabella 5), l'orario e la localizzazione della lettura, la corrispondente durata del getto attivo, la distribuzione spaziale (percentuale di occorrenze) dei massimi a time-step di 1 minuto, il minimo, la media e la deviazione standard, i consumi.

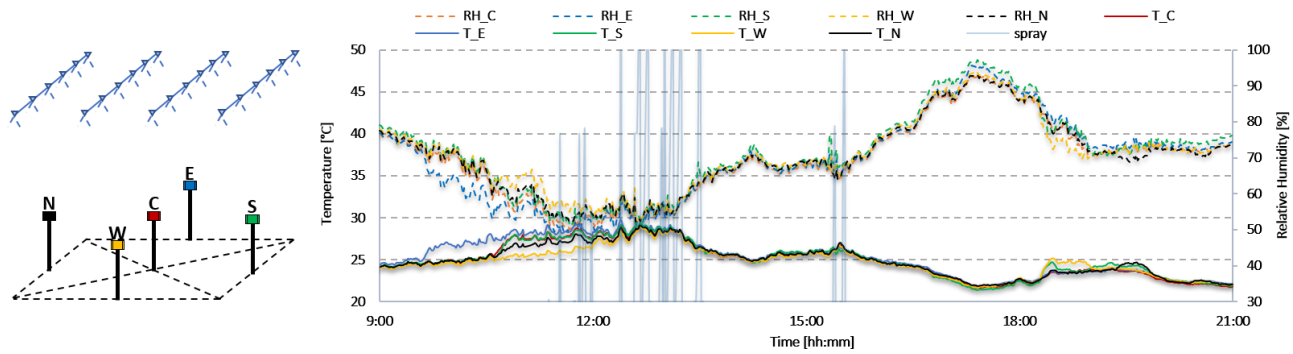


Figura 80 Andamento di temperatura ed umidità sotto i filari nebulizzanti

DATE	COOLING RATE: $\Delta T$ /min													
	max cooling		spatial distribution					min cooling		avg	devst			
	[°C]	where	when	spraying duration [s]	C	E	S	W	N	[°C]	where	when		
06-07-18	-0.45	E	12:25	10	14.89	34.04	21.28	12.77	17.02-0.01	E	12:56	-0.23	0.11	
	HUMIDIFICATION RATE: $\Delta RH$ /min													
	max humidification		spatial distribution					min humidification		avg	devst			
	[%]	where	when	spraying duration [s]	C	E	S	W	N	[%]	where	when		
	8.50S		67.53	30.00	2.22	31.11	37.78	20.00	8.89	0.04S		62.51	1.68	1.63
Electric consumption [kWh/day]					Water consumption [m <sup>3</sup> /day]									
0.477					0.047									

Tabella 15 Caratterizzazione degli effetti di cooling ed innalzamento igrometrico: massimo (con l'orario, la localizzazione della lettura e la corrispondente durata del getto attivo) la distribuzione spaziale (percentuale di occorrenze) dei massimi a time-step di

La comparazione dei dati ha portato a verificare l'efficacia del sistema di controllo rispetto a logiche convenzionali e che l'effetto di massimo raffrescamento, ad un'altezza degli ugelli di 3.3 m, si consumava in una fascia troppo elevata del volume d'aria senza pertanto investire efficacemente l'utenza. Tale osservazione ha portato nella seconda tranche di monitoraggio (eseguita in un parco a Centocelle, Roma) ad abbassare i filari di 0.5 m.

### 3.6.3 Ambiente complesso (Roma)

L'apparato sperimentale è stato installato a Roma, in un'area verde del quartiere Centocelle, di superficie 50 m x16 m (Figura 81). Rispetto al sistema installato ad Ancona, si sono integrati i seguenti componenti, in relazione alla specificità del sito e volontà di estendere la tipologie di dati sperimentali da raccogliere:

- n. 1 cavo di acciaio zincato (diametro 5mm) + n. 2 agganci da amaca per realizzare la struttura di supporto sospeso albero-albero;
- 4 cavi di nylon (diametro 6mm, lunghezza 25m), morsettati ai cavi di acciaio portanti le stringhe di ugelli, e fatti correre con un sistema a carrucole tra l'inferriata ed il cavo di acciaio tra gli alberi ad un'altezza media di 2.8m da terra;
- 6 sonde aggiuntive di temperatura ed umidità (modifica eseguita negli ultimi tre giorni di monitoraggio) 2 per la caratterizzazione degli ambienti di contorno (zona ombreggiata ed indisturbata del parco, piazza a 90m ca. dal perimetro di nebulizzazione) e 4 per la ricostruzione del profilo verticale del getto (da affiancare alla mappatura orizzontale eseguita con le sonde Mitchell mantenute fisse).



**Figura 81 Setup sperimentale a Roma.**

Il monitoraggio è stato condotto nel periodo dal 23/08/2018 al 30/08/2018, nella fascia oraria 11-19.

La caratterizzazione termodinamica è stata condotta in analogia con la sperimentazione in Ancona. Si riportano, a titolo di esempio, i risultati ottenuti il 24 Agosto 2018 (Figura 82 e Tabella 16).

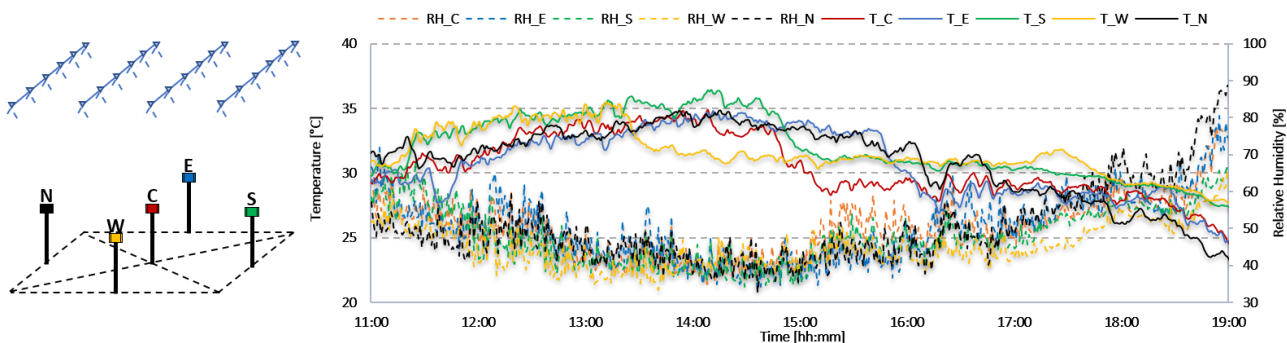


Figura 82 Andamento di temperatura ed umidità sotto i filari nebulizzanti (sperimentazione a media scala)

DATE	COOLING RATE: ΔT-/min										avg	devst
	[°C]	where	when	spatial distribution					avg	devst		
				C	E	S	W	N				
24-08-18	-0.89	W	11:48	18.20	23.93	17.59	18.20	22.09	-0.24	0.16264		
	HUMIDIFICATION RATE: ΔRH+/min											
	[%]	where	when	spatial distribution					avg	devst		
	13.48	C	11:20	16.55	26.17	17.00	16.78	23.49	-0.24	0.16264		
Electric consumption [kWh/day]		Water consumption [m3/day]										
7.352		0.720										

Tabella 16 Capacità di raffreddamento ed umidificazione rapportata ai consumi idrici ed elettrici (sperimentazione a media scala).

La comparazione dei dati ha evidenziato l'efficacia del controllo fuzzy rispetto alle altre soluzioni a temporizzazione fissa o intermittente. Il beneficio è stato riscontrato soprattutto in risposta alle diverse fasi di ombreggiamento che investivano il parco (inclusa l'area nebulizzata) in diversa misura durante la giornata.

Si è inoltre potuto verificare che, avendo abbassato i filari di circa mezzo metro, si è potuto beneficiare di un effetto di raffreddamento medio oltre i 3°C nell'area di interesse dell'utente, ossia tra 1.1m (altezza vita per soggetto medio in piedi e altezza testa per soggetto seduto come da indicazioni della ISO 7726) e 1.7m (altezza testa per soggetto in piedi).

### 3.6.4 Valutazione analitica

#### MODELLO FLUENT DEI NEBULIZZATORI SU PICCOLA SCALA

Il setup sperimentale di Ancona è stato modellato in Ansys FLUENT. Si è considerato il volume di aria delle dimensioni di 6,7 m x 4 m x h.3,3 m, compreso tra la zona uffici e la parete di cemento.

La simulazione dei nebulizzatori, in regime transitorio, è avvenuta tramite opportuno settaggio dei modelli di turbolenza (k-ε), radiazione solare (S2S), specie (mixture) e, soprattutto, di tracking delle particelle.

Il modello "Discrete Phase" consente un approccio Euleriano-Lagrangiano alla modellazione combinata di fase continua (mixture template) e fase discreta (water droplets), particolarmente indicato in presenza di flussi di particelle iniettate nel flusso di fase continua con condizioni di ingresso ed uscita ben specificate. La tipologia e le caratteristiche geometriche dei 24 ugelli modellati sono state settate in base alle specifiche tecniche del setup sperimentale. Di conseguenza è stato selezionato il modello hollow-cone con parametri di forma rispondenti al reale, con distribuzione di diametro delle particelle Rosin Rammmler, 300 streams per getto. Portata e temperatura dell'acqua in uscita dall'ugello sono state settate in accordo con le misure eseguite sul sito di monitoraggio.

Una volta eseguito il calcolo sono state ricavate le informazioni sulle particelle tracciate (Figura 83), in termini di tasso di evaporazione, efficacia del tracciamento particelle e potere di raffreddamento scomposto nei

contributi sensibile e latente. Sono stati inoltre prodotti i grafici delle distribuzioni dei principali parametri fenomenologici (temperatura, concentrazione di acqua, velocità). L'effetto dell'ingresso del vento è causa della deviazione del flusso di particelle dall'asse verticale del getto. Si riporta a titolo d'esempio la distribuzione di temperatura su un piano verticale a 2.5 m dal filare nebulizzante (Figura 83).

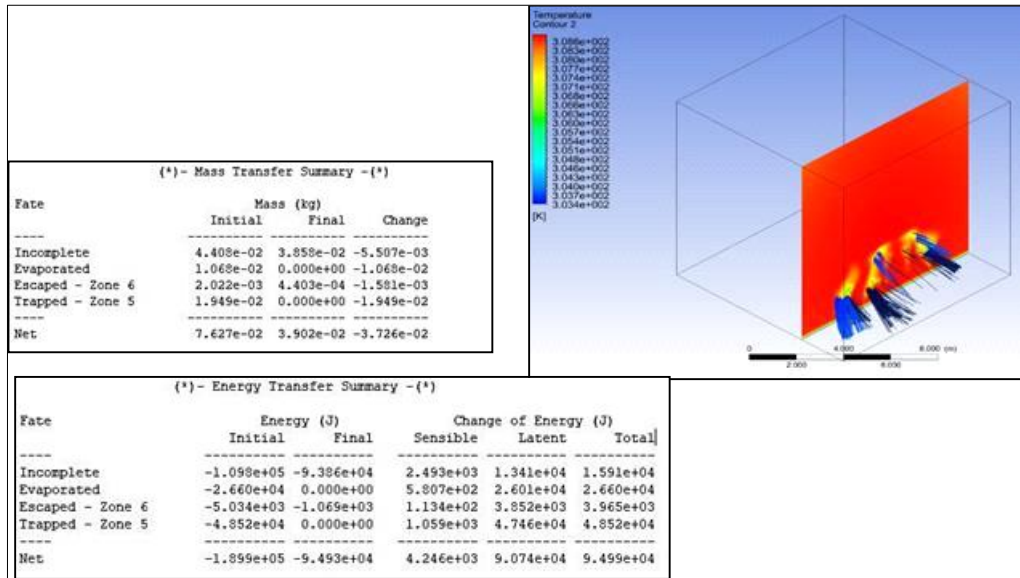
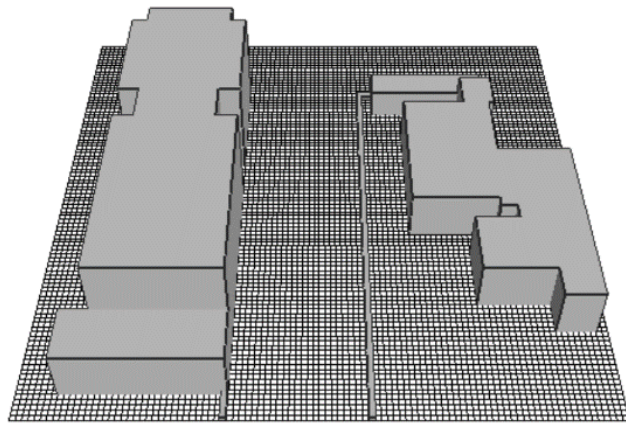


Figura 83 Sommario degli effetti termici indotti dall'evaporazione delle particelle di acqua e distribuzione di temperatura su un piano verticale a 2.5m dal filare dei nebulizzatori.

## MODELLO ENVI-MET DEI NEBULIZZATORI SU MEDIA SCALA

Al fine di valutare l'interazione tra il dispositivo e l'ambiente urbano si è realizzato un modello di analisi micro-climatica mediante il software ENVI-met dell'area di Roma-Centocelle in cui è stato monitorato il sistema. Il software permette l'analisi a scala micro-urbana dell'interazione tra edifici, vegetazione e acqua e comprende la possibilità di inserire "sources", tra cui dispositivi di immissione di acqua anche water-sprayed. Date le caratteristiche dell'ambiente dove si è inserito il dispositivo sperimentale, area verde con edificazione densa su due lati, ampia piazza frontale e zona aperta posta posteriormente, si è ritenuto sufficiente discretizzare un dominio di 100mx100mx40m.

L'analisi è stata condotta su un giorno del mese di agosto, basandosi sui dati di temperatura ed umidità relativa ambientale rilevati nel corso della sperimentazione ed imponendo una velocità del vento iniziale pari a 3 m/s a 10 m di altezza, direzione perpendicolare al "canyon urbano" oggetto di analisi e "roughness" del terreno pari a 0.01 per la ricostruzione del profilo di velocità. Non sono state considerate coperture nuvolose nel periodo di calcolo. Per la turbolenza si è assunto un modello TKE con un time-step pari a max 1s. Per la radiazione si è fatto riferimento ai dati di latitudine e longitudine. I dispositivi di nebulizzazione sono stati inseriti come sorgente, posta a 3 m di altezza, imponendo una erogazione continua nel periodo pari a 1042  $\mu\text{l}/\text{m}^2$  (ogni  $\text{m}^2$  è di pertinenza di un singolo ugello, di 24 totali serviti da una portata globale di 1.5 l/min).



**Figura 84 Discretizzazione del dominio spaziale**

I risultati finora ottenuti evidenziano la capacità del sistema di nebulizzazione di ridurre le temperature dell'aria nella zona circostante i dispositivi di erogazione. Come già rilevato sperimentalmente si è osservata tuttavia la forte influenza della velocità del vento sulle zone ove risulta efficace il dispositivo.

### 3.7 Sviluppo sensore/telecamera per il controllo della mobilità e sicurezza con nuove funzionalità per il riconoscimento del suono

Questa attività ha come obiettivo 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. Aumentare i servizi offerti con l'integrazione di un microfono e lo sviluppo di un modulo intelligente per riconoscimento del suono, funzione "sound detection". Il sistema scelto per la realizzazione del progetto è SmartEye, 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.

#### 3.7.1 Sviluppo di un multisensore con funzionalità "sound detection"

L'attività è la continuazione delle annualità precedenti, dove il sensore è stato customizzato al fine di avere la possibilità di integrazione di nuove interfacce hardware e nuove librerie software, dove è stato integrato un microfono e sviluppato un modulo intelligente per riconoscimento del suono, funzione "sound detection"(Figura 85).

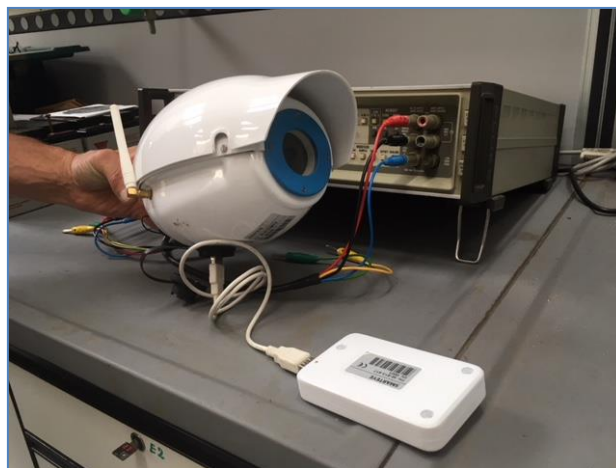


Figura 85 Sensore/telecamera con microfono esterno

In particolare le attività sono stato:

Integrazione hw microfono ad alta sensibilità. Sviluppo software del device driver e del firmware BSP per l'accesso e la configurazione del microfono. Gestione del recording audio sincronizzato e/o indipendente con il video, con attivazione da remoto o in locale.

Sviluppo 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. Sviluppo API base per accesso e modifica dei dati servizi sotto elencati e gestione delle soglie di allarme.

#### 3.7.2 SmartEye Audio Sensing (B13-A17 Module)

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'operatività 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).

Si riportano di seguito delle immagini esplicative dell'unità B13-A17(Figura 86).



**Figura 86 Unità B13-A17**

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 significativa 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. 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 10.

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. Realizzazione 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 e di tecniche di machine/deep learning

- SHOOT detection. Realizzazione di un modulo software di shoot detection attraverso l'utilizzo di tecniche di filtering basate su analisi in frequenza, in ampiezza, e di tecniche di machine/deep learning

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, quali:

- Sirene veicoli di emergenza

- Richieste di aiuto vocale

- Urla o altri indicatori audio di pericolo.

### 3.7.3 Deep learning - sound analysis

La prima parte sviluppata nella libreria di sound analysis è inerente alla differenziazione tra dati strutturati e dati non strutturati. È interessante notare che i dati non strutturati rappresentano un'enorme opportunità sottoutilizzata. È più vicino al modo in cui comunichiamo e interagiamo come esseri umani. Contiene anche molte informazioni utili e potenti. Ad esempio, se una persona parla; non solo ottieni ciò che dice, ma anche quali sono le emozioni della persona dalla voce. I dati non strutturati sono complessi ma l'elaborazione può raccogliere facilmente ricompense.

Direttamente o indirettamente, quando una sorgente dati è sempre in contatto con l'audio, l'acquisizione del segnale audio è continuativa, e ciò necessita un'ampia attività di filtraggio e di pre-processing atta ad alimentare opportunamente i successivi layers di analisi (quali deep learning).

Come con tutti i formati di dati non strutturati, i dati audio hanno dei passaggi di pre-elaborazione che devono essere seguiti prima di essere presentati per l'analisi. Il primo passo è caricare effettivamente i dati in un formato comprensibile dalla macchina. I dati possono essere rappresentati sia nel dominio del tempo che nel dominio della frequenza (Figura 87).

Quando campioniamo un dato audio, abbiamo bisogno di molti più punti dati per rappresentare l'intero dato e anche la frequenza di campionamento dovrebbe essere la più alta possibile. Inoltre, se rappresentiamo dati audio nel dominio della frequenza, è richiesto molto meno spazio di calcolo.

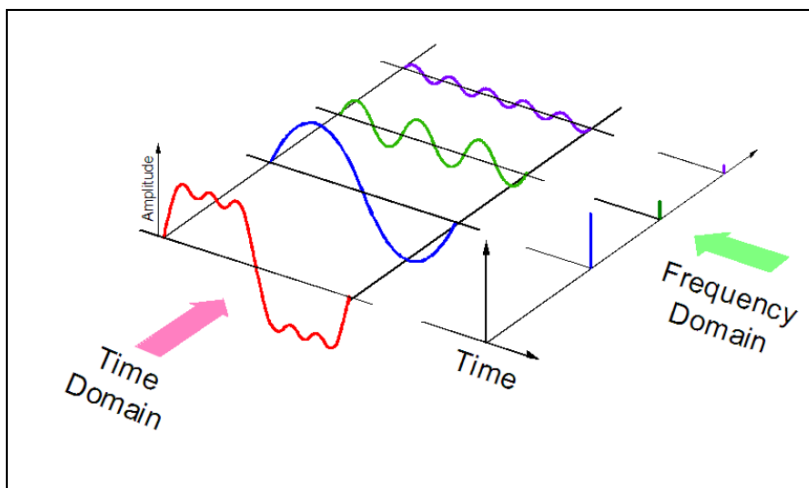


Figura 87 Rappresentazione dati audio

Il passo successivo è quello di estrarre le funzionalità (Figura 88) da queste rappresentazioni audio, in modo che gli algoritmi possano lavorare su queste funzionalità ed eseguire le attività di sound detection per cui sono stati progettati.

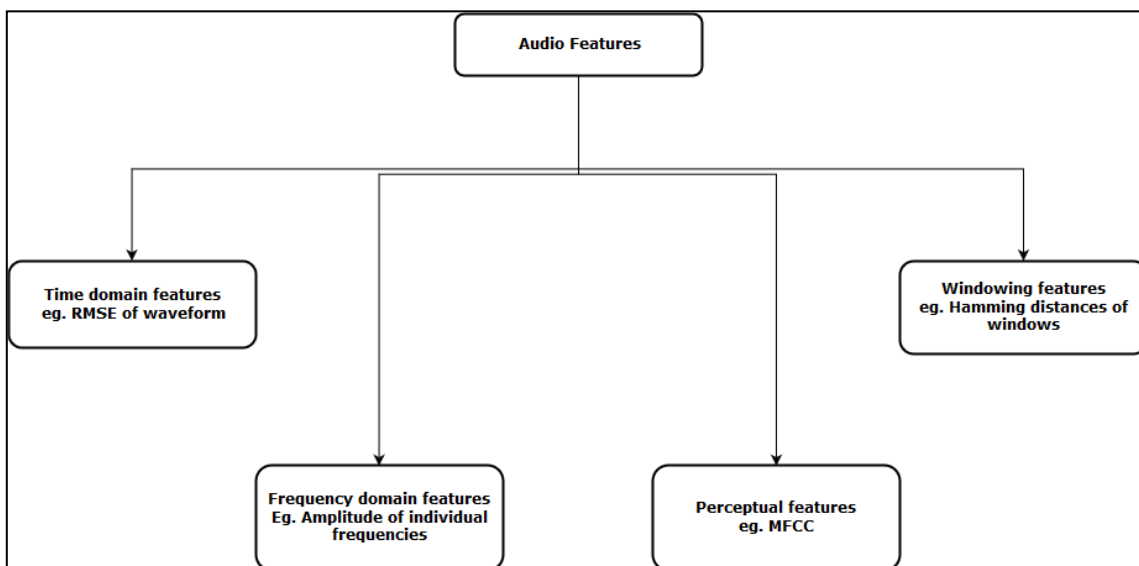


Figura 88 Audio Features

Dopo aver estratto queste funzioni, il dato audio viene inviato al modello di apprendimento automatico per ulteriori analisi.

### 3.7.4 Shoot & explosion detection (deep learning)

Il problema di shoot and explosion detection può essere con più precisione risolto tramite l'utilizzo di tecniche di deep learning. La determinazione di tali classi di suono rientra nel range dei problemi di segmentazione e classificazione tipici degli approcci di Intelligenza Artificiale.

## CLASSIFICAZIONE

La classificazione audio è un problema fondamentale nel campo dell'elaborazione dell'audio. L'attività è essenzialmente quella di estrarre le funzionalità dall'audio e quindi identificare a quale classe appartiene l'audio. Molte applicazioni utili relative alla classificazione audio possono essere trovate in natura - come la classificazione dei generi, il riconoscimento dello strumento e l'identificazione dell'artista.

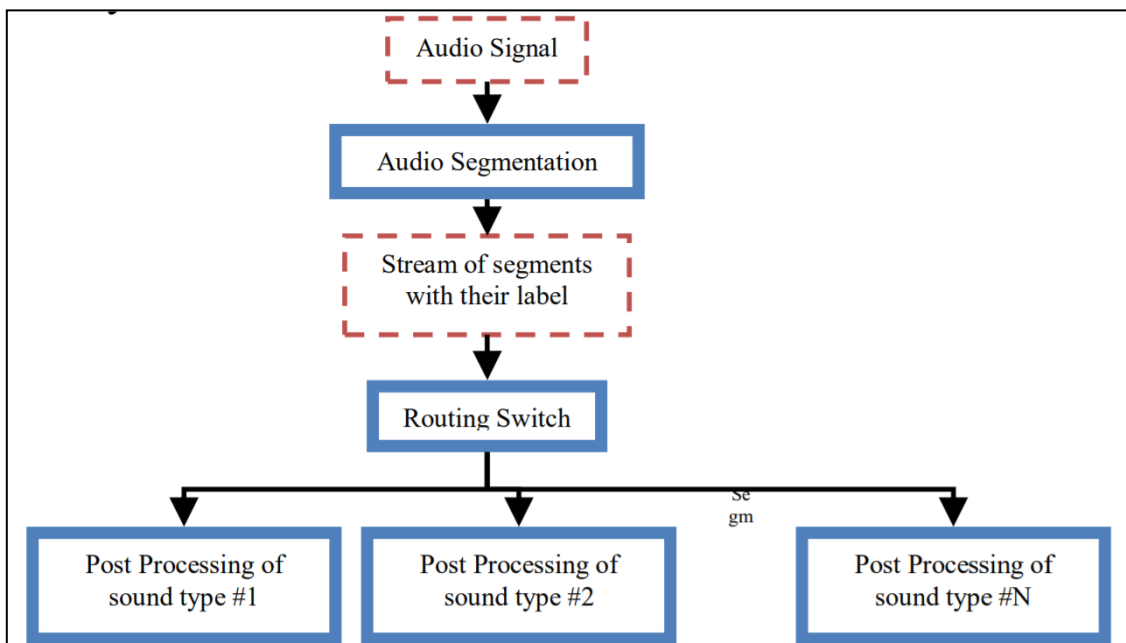
Un approccio comune per risolvere un compito di classificazione audio è pre-elaborare gli input audio per estrarre funzionalità utili e quindi applicare un algoritmo di classificazione su di esso. Un approccio per risolvere questo problema è quello di estrarre una funzione audio chiamata MFCC e quindi passarla attraverso una rete neurale per ottenere la classe appropriata.

## SEGMENTAZIONE

Un'ulteriore fase necessaria per la corretta detection dei suoni, molto rilevante nel caso di analisi di suoni in outdoor è relativa alla segmentazione

La segmentazione automatica dell'audio ha lo scopo di dividere un digitale segnale audio in segmenti, ognuno dei quali contiene audio informazioni da un tipo acustico specifico, come il parlato, musica, suoni di attività umana non verbali, animali vocalizzazioni, suoni ambientali, rumori (il grado di dettaglio nell'analisi dell'audio classe dipende dall'applicazione). Ad esempio nei segnali di trasmissione radio l'interesse cade nel rilevamento delle parti audio che contengono parlato, musica, silenzio e rumori.

Nei quadri di elaborazione delle informazioni che trattano dati audio il ruolo del sottosistema di segmentazione automatica è quello di dividere il segnale audio in acustico categorie di interesse per essere ulteriormente elaborate da i sistemi corrispondenti. Il concetto generale di tale quadro e il ruolo della segmentazione audio al suo interno sono illustrati nella figura successiva. Come si può vedere, l'audio iniziale è guidato in un'architettura di segmentazione audio (Figura 89). Il flusso di output, che contiene una serie di dati aggiuntivi di etichette a livello di segmento, viene inoltrato in un interruttore di routing.



**Figura 89 Architettura di segmentazione audio**

## FEATURE EXTRACTION

Nell'estrazione delle feature si è lavorato principalmente tramite lo spettrogramma di MEL (Figura 90).

La scala Mel è una scala percettiva di campi giudicati dagli ascoltatori che sono uguali a distanza l'uno dall'altro. Il punto di riferimento tra questa scala e la normale misurazione della frequenza viene definito assegnando un pitch percettivo di 1000 mels a un tono a 1000 Hz, 40 dB sopra la soglia dell'ascoltatore. Al di sopra di circa 500 Hz, gli ascoltatori ritengono che intervalli sempre più grandi producano incrementi di uguale altezza. Di conseguenza, quattro ottave sulla scala di Hertz sopra i 500 Hz sono valutate per comprendere circa due ottave sulla scala mel. Il nome Mel deriva dalla parola melodia per indicare che la scala si basa sul confronto del pitch.

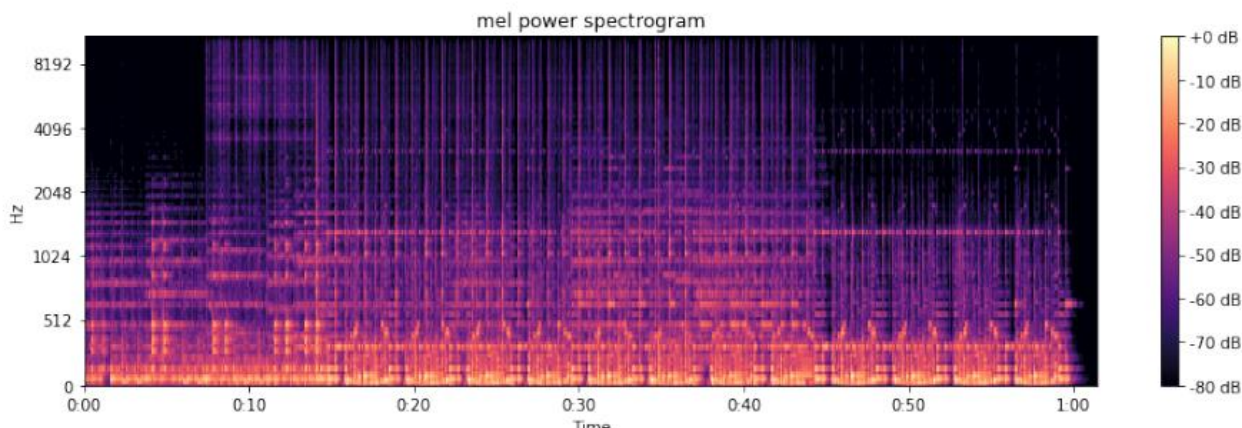


Figura 90 Spettrogramma di MEL

Di seguito si riporta un estratto del codice della libreria utilizzato per l'analisi dello spettro di MEL.

```
# Creation of the mel-scaled power (energy-squared) spectrogram
S = librosa.feature.melspectrogram(y, sr=sr, n_mels=128)

# Convert to log scale (dB). We'll use the peak power (max) as reference.
log_S = librosa.power_to_db(S, ref=np.max)

# Make a new figure
plt.figure(figsize=(12,4))

# Display the spectrogram on a mel scale
# sample rate and hop length parameters are used to render the time axis
librosa.display.specshow(log_S, sr=sr, x_axis='time', y_axis='mel')

# Put a descriptive title on the plot
plt.title('mel power spectrogram')

# draw a color bar
plt.colorbar(format='%+02.0f dB')

# Make the figure layout compact
plt.tight_layout()
```

Prima di fare qualsiasi analisi del segnale, vengono successivamente separate le componenti armoniche e percussive dell'audio, e analizzate per determinarne il contenuto di features utili alla detection dell'evento.

L'approccio seguito nella libreria software è relativo all'uso delle features cromatiche, tramite l'impiego del cromogramma audio (Figura 91). Nel contesto musicale, il termine chroma feature o chromagram si riferisce

strettamente alle dodici diverse classi di pitch. Le funzionalità basate su Chroma, che sono anche riferite a profili di pitch class, sono un potente strumento per l'analisi audio i cui toni possono essere categorizzati in modo significativo (spesso in dodici categorie) e la cui sintonizzazione si avvicina alla scala di uguale intensità. Una delle proprietà principali delle funzionalità chroma è che esse catturano le caratteristiche armoniche e melodiche del segnale audio, pur essendo robuste ai cambiamenti di ampiezza e fase.

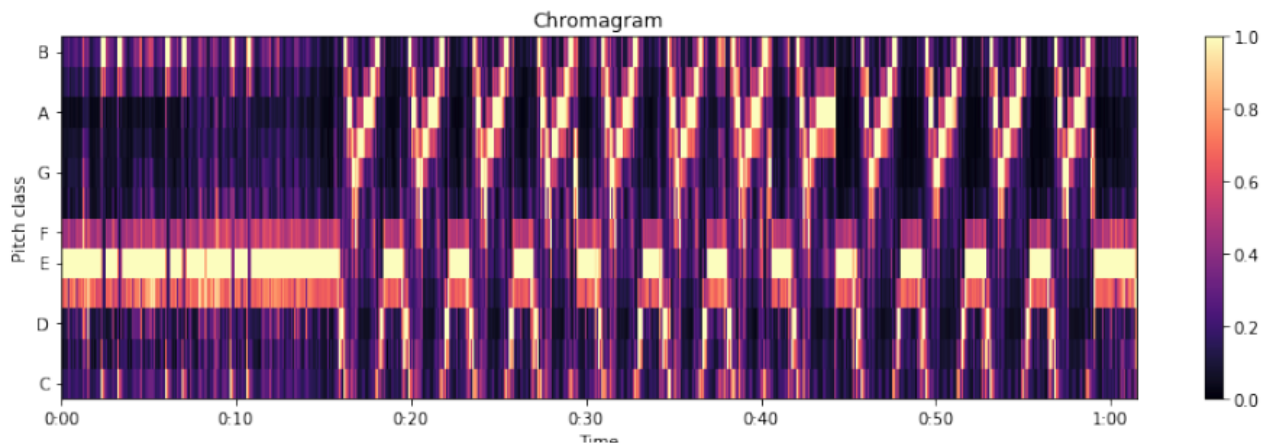


Figura 91 Cromogramma audio

Di seguito si riporta un estratto del codice della libreria utilizzato per la determinazione del cronogramma.

```
# We'll use the harmonic component to avoid pollution from transients
C = librosa.feature.chroma cqt(y=y harmonic, sr=sr)

# Make a new figure
plt.figure(figsize=(12,4))

# Display the chromagram: the energy in each chromatic pitch class as a
function of time
# To make sure that the colors span the full range of chroma values, set
vmin and vmax
librosa.display.specshow(C, sr=sr, x_axis='time', y_axis='chroma', vmin=0,
vmax=1)

plt.title('Chromagram')
plt.colorbar()

plt.tight_layout()
```

Successivamente, vengono impiegate le rappresentazione di MEL. Nell'elaborazione del suono, il MFC è una rappresentazione dello spettro di potenza a breve termine di un suono, basato su una trasformazione lineare del coseno di uno spettro di potenza log su una scala mel di frequenza non lineare.

I coefficienti di cepstral mel-frequency (MFCC) sono coefficienti che costituiscono collettivamente un MFCC (Figura 92). Derivano da un tipo di rappresentazione cepstral della clip audio (uno "spettro-di-uno-spettro" non lineare). La differenza tra il cepstrum e il cepstrum melofrequenza è che nell'MFC, le bande di frequenza sono equamente distanziate sulla scala mel, che approssima la risposta del sistema uditivo umano più da vicino rispetto alle bande di frequenza distanziate linearmente usate nel normale cepstrum.

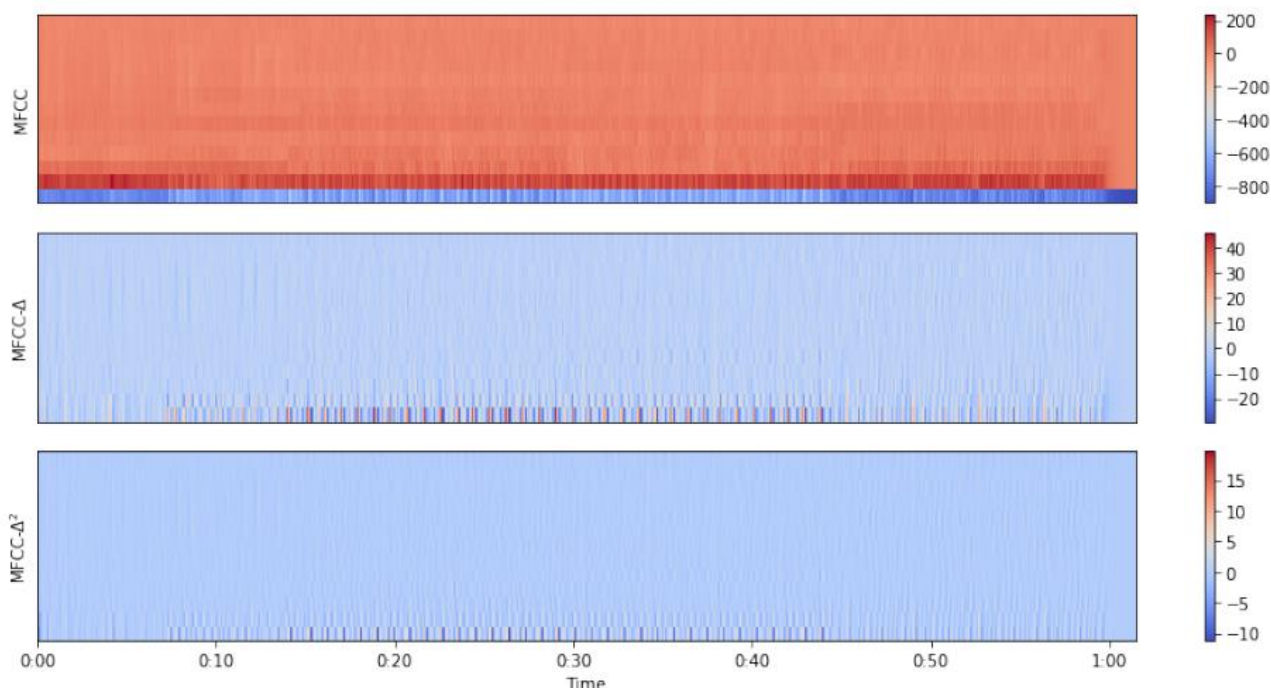


Figura 92 Cepstral mel-frequency (MFCC)

Di seguito si riporta un estratto del codice della libreria utilizzato per l'analisi MFCC.

```
# Next, we'll extract the top 13 Mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs)
mfcc = librosa.feature.mfcc(S=log_S, n_mfcc=13)

# Let's pad on the first and second deltas while we're at it
delta_mfcc = librosa.feature.delta(mfcc)
delta2_mfcc = librosa.feature.delta(mfcc, order=2)

# How do they look? We'll show each in its own subplot
plt.figure(figsize=(12, 6))

plt.subplot(3,1,1)
librosa.display.specshow(mfcc)
plt.ylabel('MFCC')
plt.colorbar()

plt.subplot(3,1,2)
librosa.display.specshow(delta_mfcc)
plt.ylabel('MFCC-Δ')
plt.colorbar()

plt.subplot(3,1,3)
librosa.display.specshow(delta2_mfcc, sr=sr, x axis='time')
plt.ylabel('MFCC-Δ²')
plt.colorbar()

plt.tight_layout()

# For future use, we'll stack these together into one matrix
M = np.vstack([mfcc, delta_mfcc, delta2_mfcc])
```

## FEATURE AGGREGATION

Il passo finale necessario per l'impiego di tecniche di deep learning è inerente l'aggregazione delle features determinate, sempre a partire dal cronogramma impiegato e dalla detection di beat nel dominio del tempo (Figura 93).

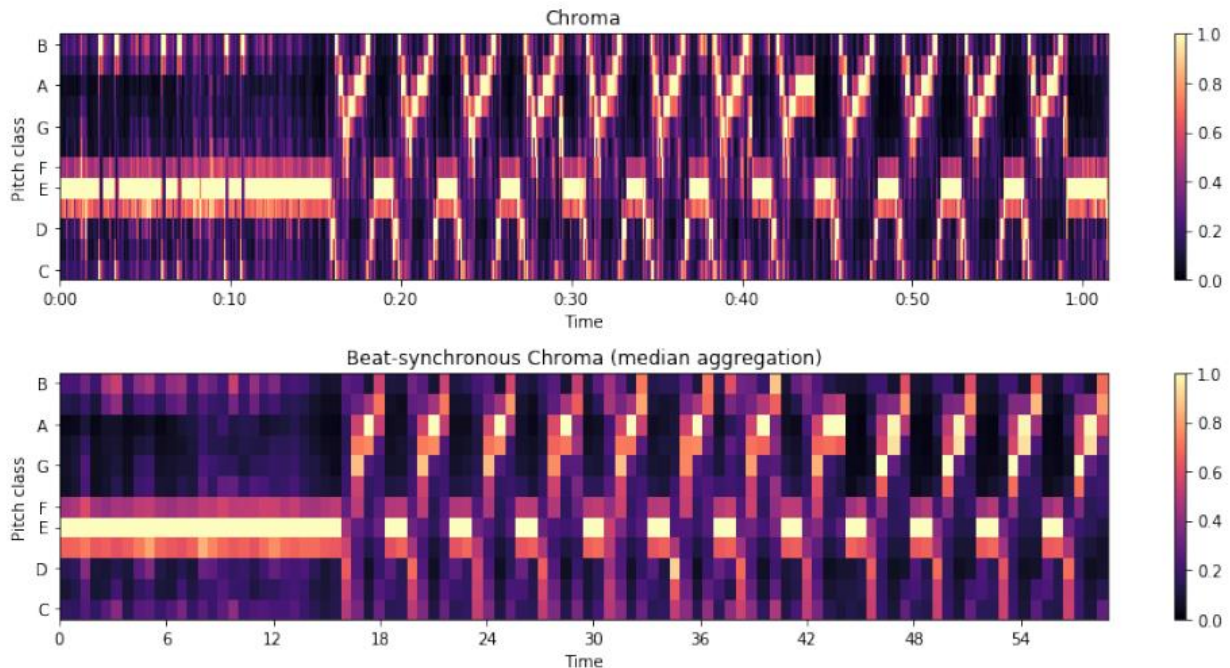


Figura 93 Cronogramma

Di seguito si riporta un estratto del codice della libreria utilizzato per l'analisi MFCC.

```
# Beat synchronization is flexible.
# Instead of computing the mean delta-MFCC within each beat, let's do beat-
# synchronous chroma
# We can replace the mean with any statistical aggregation function, such as
# min, max, or median.

C_sync = librosa.util.sync(C, beats, aggregate=np.median)

plt.figure(figsize=(12,6))

plt.subplot(2, 1, 1)
librosa.display.specshow(C, sr=sr, y axis='chroma', vmin=0.0, vmax=1.0,
x_axis='time')

plt.title('Chroma')
plt.colorbar()

plt.subplot(2, 1, 2)
librosa.display.specshow(C_sync, y_axis='chroma', vmin=0.0, vmax=1.0,
x_axis='time',
```

### DEEP LEARNING MODEL

A partire da dataset di suoni disponibili nella comunità AI (in particolare lo Urban Sound Dataset, <https://urbansounddataset.weebly.com/>) e da campionamenti effettuati tramite l'uso di sorgenti audio derivate da altri media (quali video YouTube), è stato ricavato il dataset utile per la problematica di Shooting & Explosion.

Su architettura AWS proprietaria, tramite l'impiego dei classici strumenti di Deep Learning basati su Keras e Tensor Flow, sono state addestrate le corrispondenti reti neurali convolutive (Figura 94).

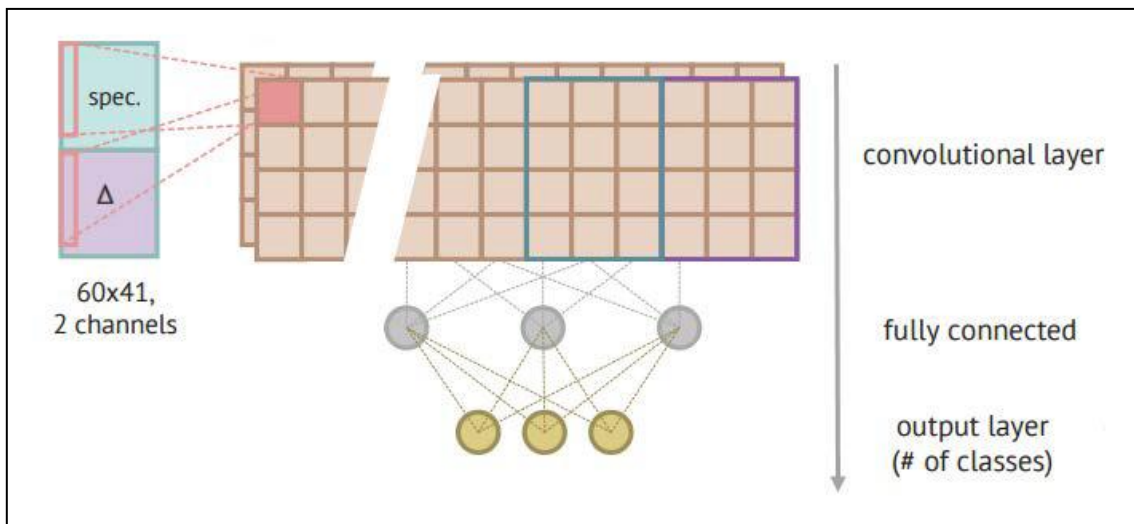


Figura 94 architettura reti neurali convolutive

Di seguito si riporta un estratto del codice della libreria utilizzato per la costruzione della rete neurale.



```

%matplotlib inline
plt.style.use('ggplot')

def windows(data, window_size):
    start = 0
    while start < len(data):
        yield start, start + window_size
        start += (window_size / 2)

def extract_features(parent_dir, sub_dirs, file_ext="*.wav", bands = 60, frames = 41):
    window_size = 512 * (frames - 1)
    log_specgrams = []
    labels = []
    for l, sub_dir in enumerate(sub_dirs):
        for fn in glob.glob(os.path.join(parent_dir, sub_dir, file_ext)):
            sound_clip, s = librosa.load(fn)
            label = fn.split('/')[2].split('-')[1]
            for (start, end) in windows(sound_clip, window_size):
                if(len(sound_clip[start:end]) == window_size):
                    signal = sound_clip[start:end]
                    melspec = librosa.feature.melspectrogram(signal, n_mels = bands)
                    logspec = librosa.logamplitude(melspec)
                    logspec = logspec.T.flatten()[:, np.newaxis].T
                    log_specgrams.append(logspec)
                    labels.append(label)

    log_specgrams =
    np.asarray(log_specgrams).reshape(len(log_specgrams), bands, frames, 1)
    features = np.concatenate((log_specgrams, np.zeros(np.shape(log_specgrams))), axis
    = 3)
    for i in range(len(features)):
        features[i, :, :, 1] = librosa.feature.delta(features[i, :, :, 0])

    return np.array(features), np.array(labels, dtype = np.int)

def one_hot_encode(labels):

```

### 3.8 Continuazione progetto di una smart street prototipale all'interno di un contesto controllato (Smart Village Casaccia) (ENEA)

In questa annualità è proseguita l'attività nell'ambito dello 'Smart Village Casaccia' realizzato nel precedente triennio nell'area del Centro Ricerche Enea:

- Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica
- Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi.
- 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 in cui testare e sviluppare tecnologie per fornire servizi integrati di valore aggiunto, a cominciare da quello di una illuminazione efficiente ed adattiva, da implementare successivamente in contesti urbani reali.

In tale scenario, presso il Centro Ricerche Enea della, grazie ad un accordo di collaborazione siglato tra ENEA e UVAX Italia Srl, è stato realizzato un dimostrativo sperimentale in corrispondenza dell'impianto di illuminazione del viale principale antistante la mensa e le aree limitrofe (Figura 95). La sperimentazione congiunta interessa lo sviluppo di metodologie innovative, aperte ed interoperabili per la gestione dello Smart Lighting e dei servizi aggiuntivi. Grazie all'impiego della tecnologia PLC a banda larga, è stato realizzato di un sistema innovativo che integra diverse funzionalità: illuminazione a led ad alta efficienza, controllo adattivo, telegestione del singolo punto luce e servizi aggiuntivi. La soluzione è in grado di assicurare risparmio energetico e al tempo stesso garantire il comfort e la sicurezza per gli utenti, grazie alla regolazione della tensione di alimentazione delle lampade in funzione delle reali necessità dedotte dai sensori di conteggio veicoli e persone. Inoltre grazie alla definizione e sviluppo di protocolli aperti di comunicazione il sistema sarà in grado di permettere l'integrazione rapida di sensoristica di terze parti sui pali intelligenti al fine di sfruttare il sistema di trasporto del dato. L'istallazione di sensori innovativi, gli SmartEye, consentirà di fornire ulteriori servizi: videosorveglianza, monitoraggio dei flussi di traffico, delle condizioni meteo, dell'inquinamento acustico, mentre il singolo palo potrà essere abilitato ad ospitare alcune funzioni come stazioni di ricarica elettrica, pannelli informativi, hot spot wifi. Nella planimetria che segue è rappresentato il progetto dell'intervento.

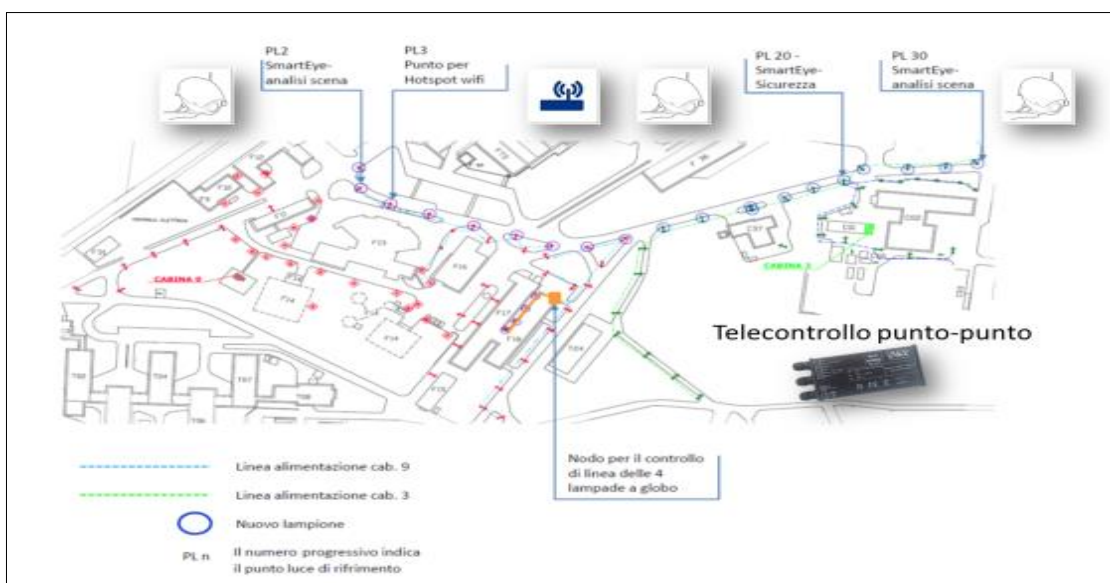


Figura 95 planimetria di smart street prototipale (CR Casaccia)

L'obiettivo è quello di testare in un caso reale un sistema di connessioni innovativi in grado di fornire nuovi servizi, trasferire in tempo reale dati relativi ai consumi di un impianto di illuminazione ad un sistema centrale di supervisione, organizzarli e renderli coerenti e comparabili tramite lo sviluppo di Key Performance Indicators.

Tra le attività che hanno caratterizzato l'attuale annualità del progetto, si sottolinea l'avvenuta messa a sistema di 23 lampioni dell'area "Smart Village Casaccia", per la sperimentazione di tutte quelle *facilities* legate alle tecniche di telecontrollo.

I 23 lampioni in oggetto sono infatti tutti collegati allo stesso sistema di telecontrollo intelligente e, in particolare su uno di essi (*lampione TAI*) sono state anche installate due telecamere SmartEye (Figura 96). Le telecamere, una per ciascun senso di marcia del viale sottostante, forniscono dati utili all'attuazione dei programmi di sperimentazione per Traffic Adaptive Installation.

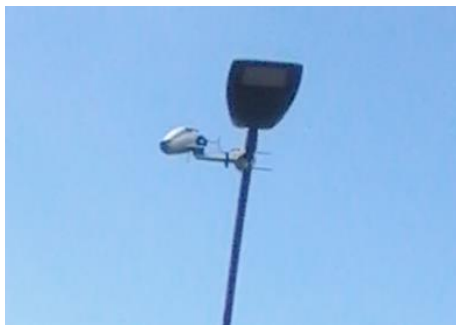


Figura 96 telecamera SmartEye

Tutti i lampioni in oggetto sono georeferenziati e fanno parte dello strato informativo *lampioni\_intelligenti*, e, quindi, oltre ad essere entità localizzabili nel WebGIS smartvillage (Figura 97), sono parte integrante del Geodatabase aprendo la strada alla sperimentazione di scambi di dati e di diagnostiche che potranno essere visualizzate nel webGIS/cruscotto in oggetto.

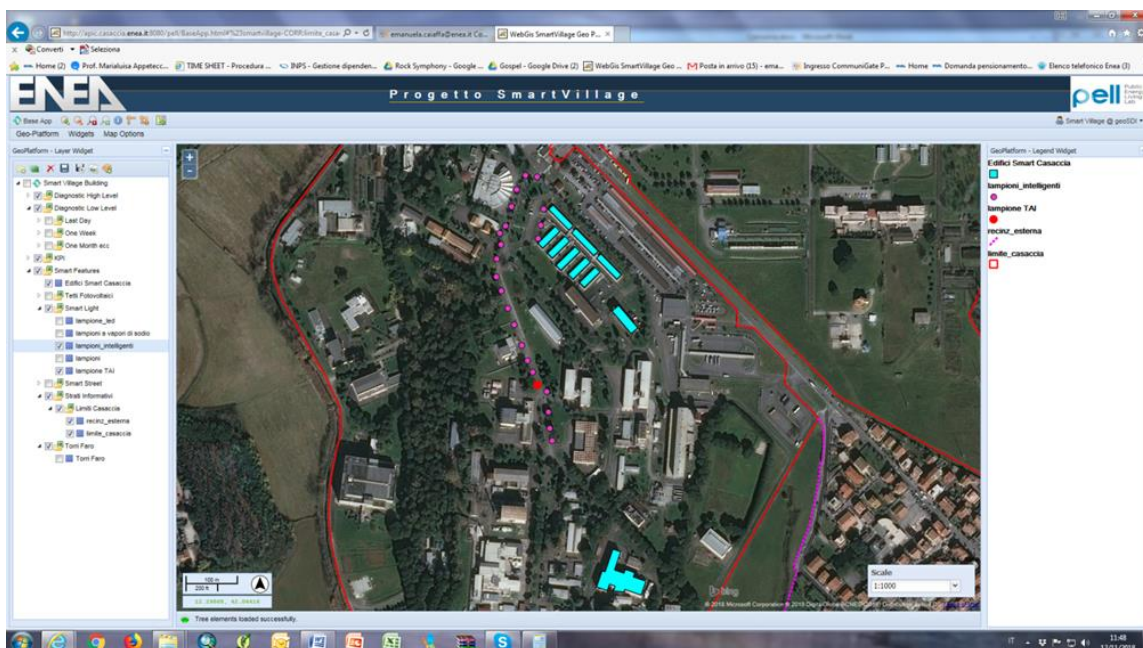


Figura 97 Screen shot WebGis

Nell’ambito di tale attività sono stati completati alcuni lavori inerenti al sistema di telecontrollo e gestione del sistema di illuminazione pubblica UVAX installato in Enea- Casaccia.

In particolare sono state installate altre le 2 telecamere SmartEye nelle immediate vicinanze della cabina elettrica n.3 per avere un controllo accurato del traffico veicolare e pedonale (Figura 98).

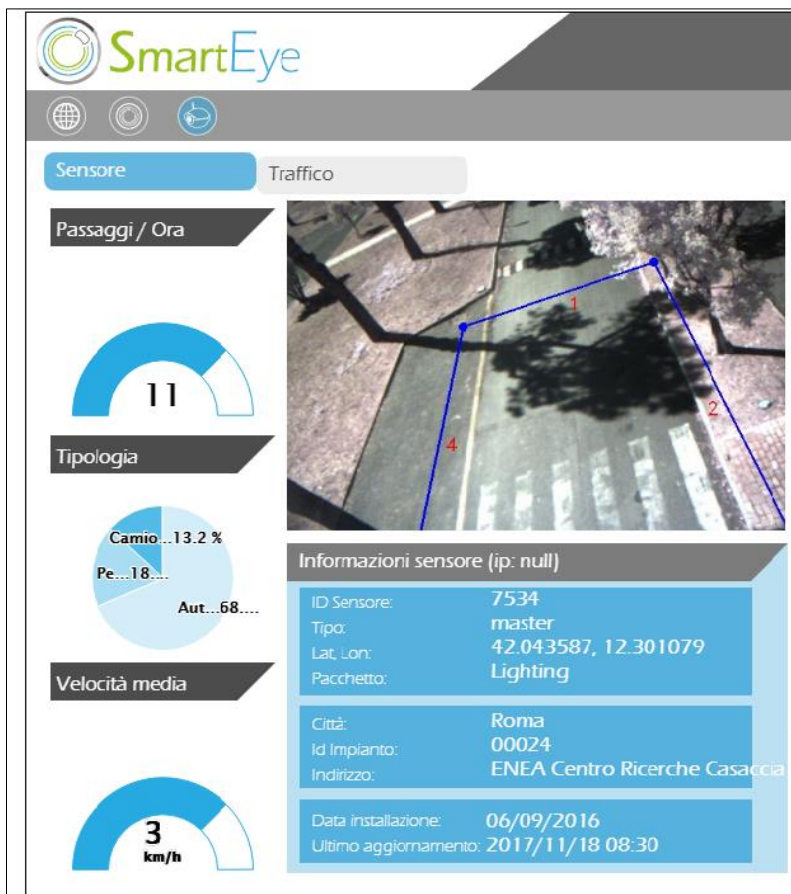


Figura 98 vista della zona controllata

Il sistema così realizzato permette di avere un quadro completo del flusso veicolare nel viale principale del Centro e quindi di poter regolare il flusso luminoso dei corpi illuminanti a tecnologia LED.

E’ stata completata l’installazione del sistema di telecontrollo UVAX con l’aggiunta di un sistema wireless che permette la comunicazione tra la cab.3 e la rete locale WLAN Casaccia.

E’ stato così possibile acquisiti parametri elettrici della linea di alimentazione (Figura 99) che hanno permesso l’analisi dei consumi elettrici (Figura 100) al fine anche di evidenziare eventuali anomalie di funzionamento.

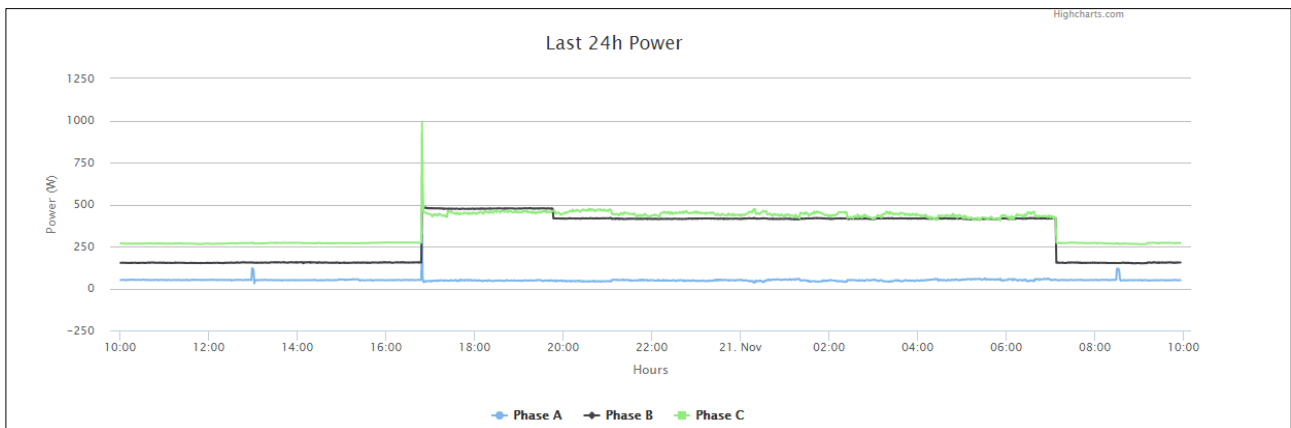


Figura 99 Consumi elettrici IP cabina 3

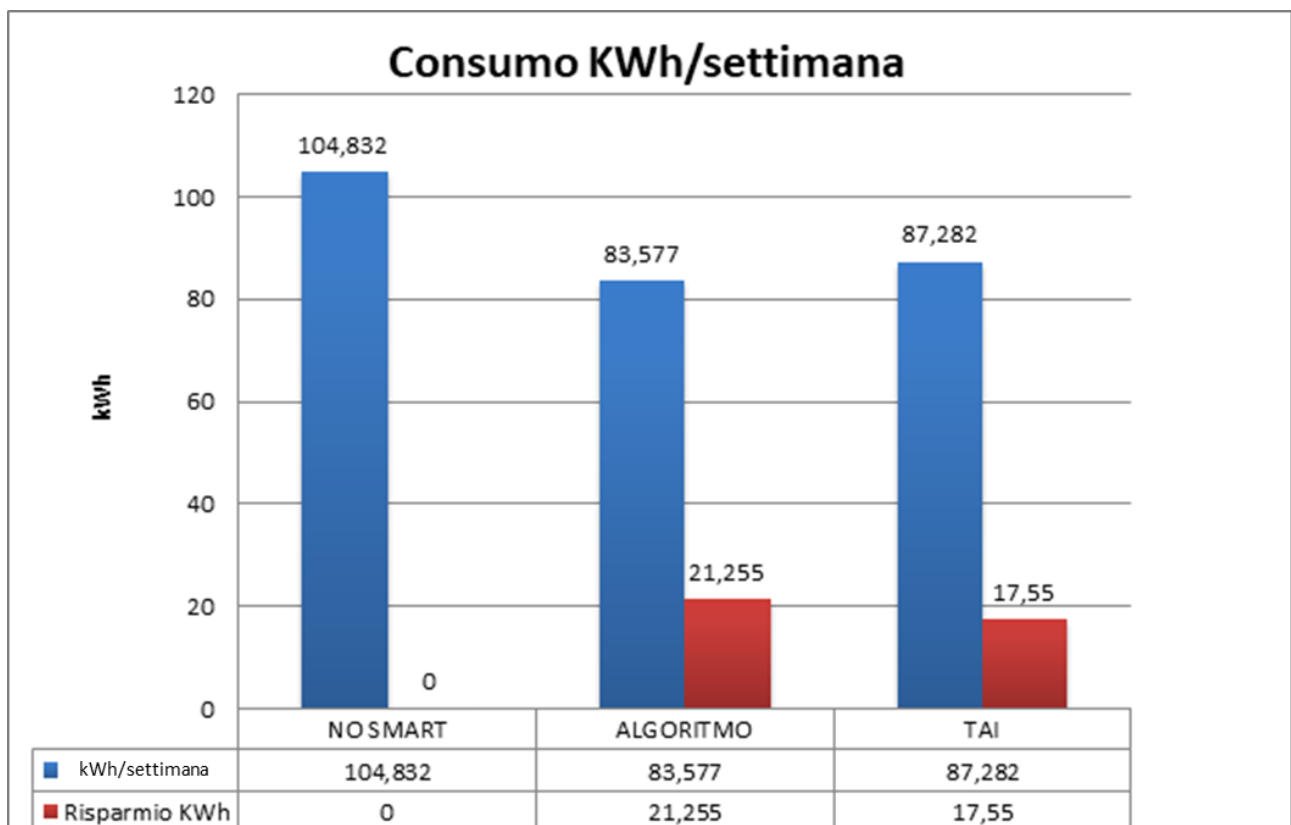


Figura 100 Dati di consumo e risparmio settimanale

Nel contempo sono stati acquisiti dati di traffico per poter attuare una regolazione predefinita dell'impianto di illuminazione.

Si sta sviluppando un sistema di regolazione adattiva che fa uso delle reti neurali applicate allo storico dei dati di traffico. L'algoritmo fa uso anche di una logica fuzzy per l'ottimizzazione dell'accensione e aumentare la sicurezza stradale.

I parametri meteo, necessari alla regolazione adattiva, saranno forniti direttamente dalle telecamere.

### 3.9 Valutazione flusso luminoso disperso con un modello di calcolo simulato mediante software illuminotecnici commerciali (ENEA)

Nell'ambito del tema dell'Inquinamento Luminoso, argomento in cui ENEA è attivo da diversi anni, nella presente annualità si è proceduto alla definizione di un modello di calcolo, finalizzato alla valutazione del flusso luminoso disperso da un qualunque impianto di illuminazione pubblica o privata esterno, di qualunque tipologia, di qualunque estensione e con qualsiasi tipo di sorgente.

Questo modello è attualmente preso in considerazione per la revisione dello standard UNI 10819 "Limitazione della dispersione verso l'alto del Flusso Luminoso" (proposto in Appendice D), attività svolta dal Gruppo di lavoro UNI GL08 del quale l'ENEA è un componente (cfr. Paragrafo 3.10).

**L'ipotesi di base:** è possibile calcolare in modo preciso la quantità di flusso emesso da un qualunque impianto di illuminazione non intercettato dalle superfici illuminate, scopo dell'impianto stesso.

Questo calcolo è attuabile sfruttando i software commerciali attualmente disponibili per la simulazione illuminotecnica, i quali consentono la creazione di mondi simulati in cui l'impianto di illuminazione esterna sia più fedele possibile alla realtà ovvero consenta l'ubicazione di modelli geometrici complessi dei manufatti illuminati.

Data la potenza di calcolo in gioco nelle macchine di ultima generazione e considerando la sempre crescente complessità dei modelli utilizzabili per le simulazioni illuminotecniche, il tempo di calcolo necessario ad una valutazione del flusso disperso appare essere un costo, seppur non trascurabile, accettabile in relazione ai benefici finali ottenibili.

L'ipotesi fatta è quella di "circondare" il modello dell'impianto di illuminazione creato con un contenitore di confinamento: in prima approssimazione può essere una semisfera. Si può dimostrare che dal punto di vista teorico un emicubo è perfettamente equivalente. Il solido scelto in ogni caso deve essere un elemento cavo e deve essere possibile misurare l'illuminamento sulle facce interne.

La scatola di contenimento deve essere tale da simulare una misura in far field photometry, cioè al suo interno l'impianto è idealmente puntiforme: questo significa che la scatola ha dimensioni molto maggiori dell'impianto; usualmente si usa il rapporto "5d", cioè la minima distanza di calcolo di un punto sulle superfici di riferimento della scatola rispetto all'impianto sia maggiore o uguale a 5d dove d è la dimensione massima dell'impianto in esame. Ad esempio, per un impianto che complessivamente occupi una superficie di 50 X 100 m si dovrà immaginare una scatola di lato 1000 m di altezza 500 m.

Per calcolare soltanto il flusso disperso dall'impianto di illuminazione senza considerare quello riflesso dei manufatti il mondo simulato è costituito da un insieme di superfici non riflettenti, quindi sia il modello illuminato sia la superficie su cui esso poggia che il box di misura devono essere costituiti da superfici nere, con riflettanza zero.

Per quanto riguarda i software disponibili, per utilizzare la semisfera questa deve avere le facce orientabili verso l'interno: questa possibilità esiste oggi solo per un solo software. Invece la "black box" è facilmente realizzabile in tutti i software. Per questo motivo, si è scelto di utilizzare la "black box" per il seguito del lavoro, in modo che la fruizione del modello sia possibile per tutti gli utilizzatori indipendentemente dal software abitualmente in uso.

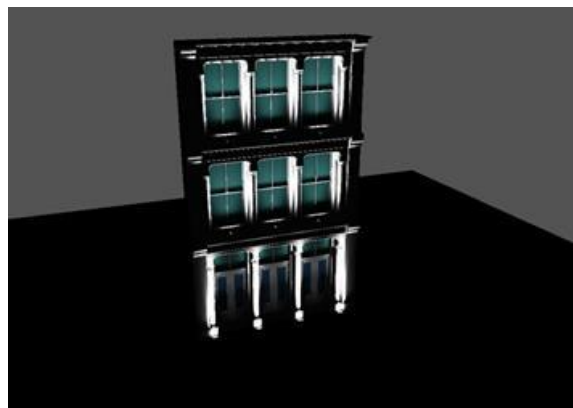
Notiamo che per la "black box" sono importanti 5 facce (laterali e superiore), mentre la faccia di base è in ogni caso il piano "di terra" (stradale o altro), quello su cui insiste l'impianto, e su questa faccia saranno applicate la riflettanza e le altre caratteristiche proprie della specifica situazione simulata.

L'analisi del modello di calcolo verrà completata mediante una misura di laboratorio effettuata su un modello fisico di edificio semplificato: il modellino costruito è un parallelepipedo costituito da superfici Lambertiane illuminate basso verso l'alto da micro LED, il tetto dell'edificio simula inoltre la presenza di un cornicione di contenimento e una facciata dello stesso è costituita da materiale parzialmente traslucido a simulare la presenza di finestrate.

Tutte le superfici possono essere colorate allo scopo di simulare coefficiente di riflessione diversi cosicché si potrà verificare sia la quantità di flusso disperso diretto che la quantità di flusso indiretto dovuto appunto le superfici.

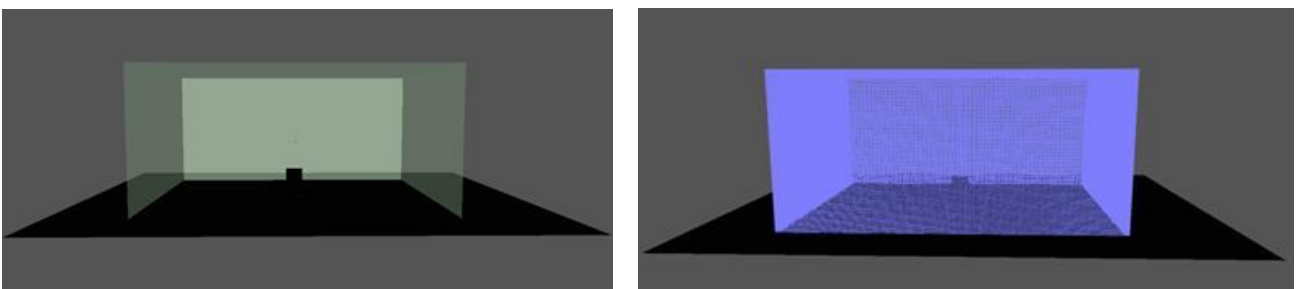
Sono stati quindi fatte delle simulazioni per valutare la diversa risposta dei programmi commerciali ad un calcolo effettuato mediante sistema "black box". Le simulazioni sono state svolte dal GL8 UNI e se ne riportano qui le conclusioni principali per completezza di informazione.

- Tutti i software portano a risultati equivalenti, confermando l'applicabilità del modello fisico. Questo risultato è stato ottenuto utilizzando solidi semplici (cilindri, sfere e parallelepipedi) per schematizzare gli edifici. Sono iniziati anche test su una geometria più complessa, cioè una facciata di edificio (in Figura 101 il rendering della situazione simulata).
- E' possibile utilizzare due diverse configurazioni: con la "black box" costituita da superfici real, oppure assimilata a una griglia discreta di punti di controllo. I due modelli sono equivalenti se la griglia del reticolo non supera il metro. Riducendo la distanza si riduce l'errore ma il tempo di elaborazione aumenta troppo e questo rende poco utilizzabile il metodo.
- Si può ipotizzare anche una situazione non in far field photometry, cioè un un rapporto "2d" invece di "5d": questo è possibile perché le superfici sono non riflettenti e quindi non "emettono" luce e quindi l'impianto può, nella sua globalità, non essere considerato puntiforme ma è sufficiente che il singolo apparecchio sia considerabile puntiforme.



**Figura 101 - facciata edificio simulato in UNI GL8**

In Figura 102 , il modello con la "black box" nelle due ipotesi: superfici di riscontro e reticolo.



**Figura 102 - modello con "black box"**

La considerazione finale su questa attività è che il modello fisico è valido, è stato condiviso e accettato nel mondo della standardizzazione. Poiché la misura diretta del flusso disperso è molto complessa (deve essere effettuata da strumenti mobili in quota ovvero da doni), questa metodologia di valutazione vuole essere uno strumento predittivo che inserito nella nuova norma UNI per l'inquinamento luminoso diventi punto di riferimento per le nuove leggi regionali. Questo garantisce l'adozione di un metodo di calcolo univoco,

fornendo all'amministrazione pubblica uno strumento di pianificazione in grado di definire le percentuali flusso disperso accettabili in relazione al territorio e al tipo di impianto verificabili ex ante in fase di progetto.

### *3.10 Partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali, europei e internazionali nel settore dell'illuminazione*

L'ENEA è componente di gruppi di lavoro inerenti all'illuminazione artificiale sia per esterni che per interni, a livello italiano, europeo e internazionale.

#### **In particolare in Italia nel Gruppo UNI (luce e illuminazione)**

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 contributo 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.

CEN TC169 "Light and Lighting":

- WG7 Photometry
- WG2 Lighting of work places (osservatore)

#### **A livello internazionale:**

CIE Division 2: Physical Measurement of Light and Radiation (associate)

ISO TC 274 Light and lighting

- WG3 Maintenance Factor (joint working group with CIE-JTC 11)

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

- Attività **UNI/CT 023/GL 02** "Illuminazione degli ambienti di lavoro e dei locali scolastici"

Il gruppo si è concentrato sulla revisione, che sta avvenendo a livello europeo (CEN WG2), della EN 12464-1 "Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: posti di lavoro in interni".

Il GL2 ha fatto proposte su diversi punti del documento, ma a livello del WG2, in diverse riunioni (di cui una a Milano, 11-12 giugno 2018, a cui ENEA ha partecipato come osservatore), la discussione è stata



prevalentemente nelle tabelle che riportano i valori normativi da adottare per i vari posti di lavoro. Siamo quindi in attesa di evoluzioni a livello europeo.

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

Presentato alla commissione **CT 023** per la sua approvazione il progetto **UNI1603513** "Progettazione illuminotecnica degli attraversamenti pedonali nelle strade con traffico motorizzato" e sottoposto alla fase di inchiesta pubblica finale, dal 13/03/2018 al 12/05/2018.

E' proseguita la revisione della UNI 11431:2011 *Luce e illuminazione - Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso* sulla base della nuova versione.

- 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

La versione finale è stata presentata alla commissione CT 023 per approvazione.

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

In questa annualità il gruppo ha continuato a lavorare sulla definizione di un nuovo formato di interscambio dati su base XML, per prodotti di illuminazione, con diverse riunioni fisiche e virtuali. Il documento è UNI1603054 "Luce e illuminazione - Specifiche per un formato di interscambio dati fotometrici e spettrometrici degli apparecchi di illuminazione e delle lampade".

La bozza di standard è andata in inchiesta pubblica finale nell'estate 2018: i commenti sono stati esaminati e ora lo standard è pronto per la pubblicazione.

Il formato vuole anche rispondere a una richiesta di MATTM per ottemperare il decreto sui CAM (del 27 settembre 2017).

In parallelo anche gli Stati Uniti hanno preparato un documento (IES Technical Memorandum) su un formato di interscambio dati: ci si è quindi coordinati con loro in modo da avere i rispettivi standard allineati, e un unico formato. Anche il documento IES è in fase di pubblicazione.

L'allineamento dei formati ha uno scopo ben preciso: arrivare a un unico standard mondiale, con evidenti vantaggi per tutti. Per far questo è stata contattato CEN (Comitato Europeo di Normazione), per informare a livello europeo, e CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). La fase successiva sarà ISO (International Standard Organization). Ricordiamo che ISO TC 274 ha come scopo "Standardization in the field of application of lighting in specific cases complementary to the work items of the International Commission on Illumination (CIE) and the coordination of drafts from the CIE...".

La risposta è stata molto positiva e, non appena saranno pronti i rispettivi standard, cioè molto a breve, si potrà far partire l'attività a livello CIE, quindi mondiale.

Durante l'esame dei commenti giunti in inchiesta pubblica sono emersi alcuni punti da migliorare su alcuni campi del formato: per ora si sono adottate soluzioni un po' farraginose ma applicabili senza dover modificare il formato, e per il lavoro a livello mondiale si potrà migliorare lo standard.

- Attività **UNI/CT 023/GL 08** "Inquinamento luminoso"

Sono proseguiti i lavori per la revisione della UNI 10819:1999 *“Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso”*.

E' stata presentato al gruppo (luglio 2018) il modello dettagliato della *“Virtual Box”*, attraverso il quale si può valutare la luce dispersa verso l'alto con qualsiasi software di simulazione illuminotecnica presente sul mercato (cfr. Paragrafo 3.9).

E' stato per questo implementato un software specifico per la validazione del modello di calcolo e realizzato un modello in scala di edificio campione, completo di sistema di illuminazione di facciata a LED per una successiva campagna sperimentale.

- Attività **UNI/CT 023/GL 10** "Risparmio energetico negli edifici"

Il gruppo sta lavorando al completamento del software LENICALC per il calcolo del LENI secondo la procedura del metodo 1 della norma UNI EN 15193-1:2017, oltre alla redazione del testo della Prassi di Riferimento UNI (Non ancora completata) che sarà distribuita unitamente al software. I dettagli dell'attività sono riportati nel Capitolo 2 – Paragrafo 2.6 *“Software LENICALC V.3 e primi risultati numerici di confronto”* di questo report.

- Attività **CEN TC169 “Light and Lighting” WG7 “Photometry”**

L'attività principale ha riguardato il rendere una norma armonizzata la norma EN13032-4 *“Light and lighting Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires -Part 4: LED lamps, modules and luminaires”*.

Il nuovo Amdt1 infatti include l'Annex ZA, per tener conto delle richieste di Ecodesign ed Etichetta Energetica, secondo il mandato della European Commission e European Free Trade Association M/495, per supportare i requisiti essenziali dei Regolamenti 244/2009, 874/2012, 1194/2012 e 2015/1428 amending 244/2009.

Il documento è andato in consultazione interna e il risultato della consultazione è previsto per inizio ottobre 2018: dalle riunioni fatte comunque si prevede un voto positivo.

- Attività **ISO TC 274 “Light and lighting” WG3 “Maintenance Factor”**

L'attività principale ha riguardato la preparazione dello standard *“ISO CIE DTS 22012 Light and lighting - Maintenance factor Determination - Way of working”*.

Il lavoro è iniziato a gennaio 2017 e ora è pressoché terminato: CIE e ISO hanno dato voto positivo (settembre 2018). Dopo che gli ultimi commenti saranno stati opportunamente considerati, il documento sarà pronto per la pubblicazione, che dovrebbe avvenire nei prossimi mesi.

La manutenzione continua delle installazioni illuminotecniche è essenziale per assicurare che le performances stiano nei limiti del progetto e promuove sicurezza e uso razionale dell'energia. In fase di progetto questo è preso in considerazione dal cosiddetto *“maintenance factor”*, il quale a sua volta tiene conto del comportamento del prodotto / installazione, di parametri ambientali e di programmazione degli interventi di manutenzione / pulizia. Esistono validissimi documenti CIE in proposito, che tuttavia sono nati sulla base di sorgenti a incandescenza o a scarica in gas: era quindi necessario fare maggior approfondimenti e chiarezza nel trasferire quei concetti alle applicazioni a LED.

Le tecnologie a LED sono diverse dalle altre per la loro lunga durata, il basso tasso di guasti e per l'integrazione di componenti che in precedenza erano visti come componenti separati: è stato quindi necessario rivedere parametri – e relativi metodi di misura - come il lumen depreciation e il light source failure parameters per poter determinare il maintenance factor per le tecnologie LED, soprattutto per apparecchi a LED. Sono stati integrati concetti da standards IEC e metodologie CIE.

Questo standard mette a disposizione:

- informazioni di background sui principi di maintenance factor e parametri di rilievo per applicazioni indoor e outdoor

- una “way of working” dettagliata su come applicare il metodo per determinare il maintenance factor CIE (CIE 154:2003 e CIE 097:2005) per progetti di illuminazione indoor e outdoor usando le varie tecnologie sul mercato, LED incluse
- spiegazioni ed esempi su come applicare il maintenance factor e assicurare una operatività appropriata nel tempo.
- **Attività Ecodesign ed etichetta energetica illuminazione**

A livello europeo è in corso la revisione dei Regolamenti Ecodesign ed Etichettatura energetica per i prodotti di illuminazione.

L’attività parte più indietro nel tempo, seguendo le regole europee sui tempi per le revisioni di questo tipo di legislazione. L’idea fondamentale è la semplificazione del numero e del contenuto dei Regolamenti Ecodesign, che al momento sono essenzialmente tre:

- 244/2009 per le lampade non direzionali per uso domestico,
- 245/2009 per lampade, apparecchi e alimentatori per il settore terziario
- 1194/2012 per le lampade direzionali per uso domestico e le lampade a LED.

Il tutto con diversi emendamenti, il più importante dei quali è il 1428/2015 che ha spostato l’uscita dal mercato delle lampade alogene non direzionali poco efficienti al settembre 2018, invece dell’originale settembre 2016.

Oggetto dei nuovi Regolamenti Ecodesign sono le “light sources” e i “separate control gears”, e solo le “light sources” per l’Etichetta Energetica. Questo significa ad esempio che l’Etichetta per gli apparecchi di illuminazione non ci sarà più. Tuttavia anche i produttori dei “containing products”, cioè dei prodotti che contengono “light sources”, come per esempio gli apparecchi di illuminazione, dovranno confrontarsi con questi Regolamenti per alcuni obblighi soprattutto legati all’informazione di prodotto.

Contemporaneamente, l’Etichettatura Energetica, che era basata su una Direttiva (2010/30) e su Regolamenti per i vari prodotti (per l’illuminazione il Regolamento è l’874/2012) è stata rivista a livello generale e la Direttiva è stata sostituita dal Regolamento 1369/2017: la principale novità di questa legislazione, oltre alla nuova scala A-G che si applica a tutti i prodotti, è l’introduzione di una banca dati dei prodotti oggetto di etichettatura (EPREL), costituita da una parte pubblica, in cui tutti potranno vedere informazioni legate all’efficienza energetica, e una parte non pubblica, utile anche per la sorveglianza di mercato. Il 1369/2017 è un Regolamento generale e sono previsti, come già in precedenza, Regolamenti specifici per i vari prodotti. Quindi anche per le “light sources” è in corso l’elaborazione del nuovo Regolamento.

Nel corso di questa annualità sono state svolte diverse attività e incontri ufficiali e non, in cui si sono discusse le varie proposte della Commissione Europea per i nuovi Regolamenti di Ecodesign ed Etichettatura Energetica per i prodotti di illuminazione. Una prima proposta è stata esaminata nel dicembre 2017, con vari commenti da parte degli stati membri e stakeholders (Italia compresa). In seguito, una proposta abbastanza diversa è uscita nel luglio 2018 ed è stata discussa. I documenti non sono sicuramente definitivi e si prevedono altri sviluppi prima delle riunioni finali, in cui Ecodesign sarà votato mentre Etichetta andrà direttamente al Parlamento (le due legislazioni seguono iter diverso), prevista originariamente per ottobre 2018 ma più probabilmente in dicembre 2018.

L’Italia - in particolare ENEA - ha dunque svolto una intensa attività di analisi, anche in stretto contatto con l’industria nazionale – ricordiamo che l’Italia è uno dei grandi produttori – e altri stakeholders. E’ stata svolta anche una campagna sperimentale su nuove procedure per valutare le prestazioni nel tempo delle sorgenti a LED (oggetto di una tesi di laurea).

## 4 Controllo e valutazione remota consumi e prestazioni degli impianti IP

L'attività svolta in questo sotto obiettivo è indirizzata alla prosecuzione dell'implementazione della Portale PELL (<https://www.pell.enea.it> connessione con certificato sul server) che rappresenta il prodotto realizzato 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 terza annualità si è proseguito quanto iniziato durante le prime due annualità (RdS/PAR2015/006, RdS/PAR2016/011) focalizzate rispettivamente: la prima sulla sviluppo della metodologia e della progettazione macrofunzionale della piattaforma PELL con una prima applicazione all'Illuminazione Pubblica e la seconda sulla implementazione del Portale PELL IP.

Nello specifico, in questa annualità la prosecuzione dell'implementazione della piattaforma ha riguardato:

- Il Front end,
- Il modulo di caricamento e gestione del data model (paragrafo 1.7.1) in modalità automatica (caricamento del file formato XML) o con form online (compilazione manuale),
- l'aggiornamento dei KPI di progetto e l'implementazione dei KPI dinamici,
- l'implementazione del modulo SAVE per la valutazione economico finanziario di impianti di IP a seguito dell'implementazione degli algoritmi di calcolo che sono stati definiti.

Inoltre, è stata avviata un'attività di consolidamento, integrazione e formalizzazione del processo di acquisizione dei dati individuati quali strategici alla gestione dell'infrastruttura della pubblica illuminazione e rappresentati dal Data Model PELL, quale formato standardizzato per il censimento degli impianti.

### 4.1 Piattaforma PELL IP

L'architettura applicativa della Piattaforma 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 al Modulo SAVE ed ai web service di interfacciamento con il frontend.

In particolare, in questa annualità, l'implementazione della Piattaforma PELL IP si è focalizzata sul *Front end*, che presenta i seguenti servizi

- **Registrazione utente e login:** permette la registrazione utente e l'accesso al portale. La registrazione utente prevede 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 103). Inserendo le credenziali sarà visibile sulla destra il menù utente da cui si potrà accedere alle funzioni del portale (questo per le PA ed i Gestori) (Figura 104).

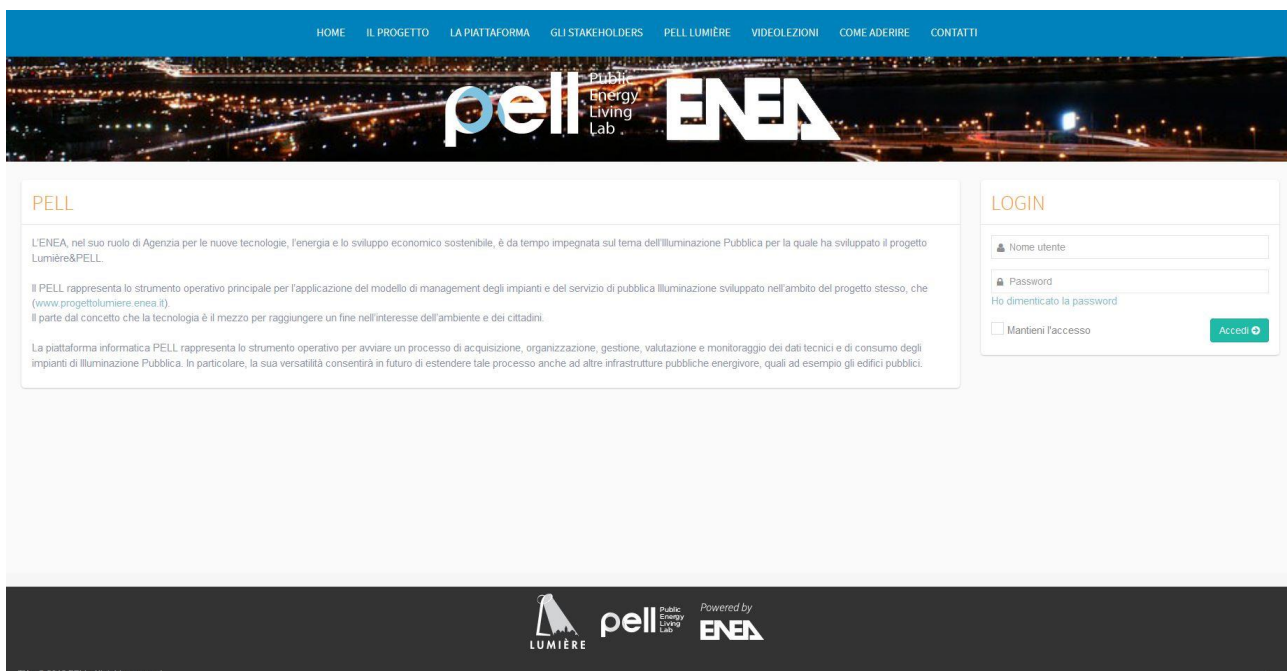


Figura 103: Sezione Registrazione utente e login



Figura 104: Sezione a seguito dell'accesso dell'utente nel portale

- **Modulo 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. In questa annualità sono state introdotte sostanziali modifiche che consentano all'utente di "caricare" o "compilare" una scheda censimento (data model) non più nel formato xls ma nel formato XML .

Al termine della procedura di caricamento della scheda censimento, il sistema consente la visualizzazione degli indicatori statici di progetto (KPI - key performance indicator), KPI tecnologico, KPI geometrico, KPI di confronto tecnologico, KPI dimming, relativi ad ogni POD considerato.

Ogni utente, in fase di accesso al modulo, avrà la schermata di visualizzazione dove sono riportate le schede caricate dall'utente stesso. La schermata di sintesi (Figura 105), oltre alle schede caricate dall'utente, riporta anche informazioni relative a

- Codice ISTAT del comune
- Comune di riferimento
- N. di POD

- N. di quadri elettrici
- N. di punti luce

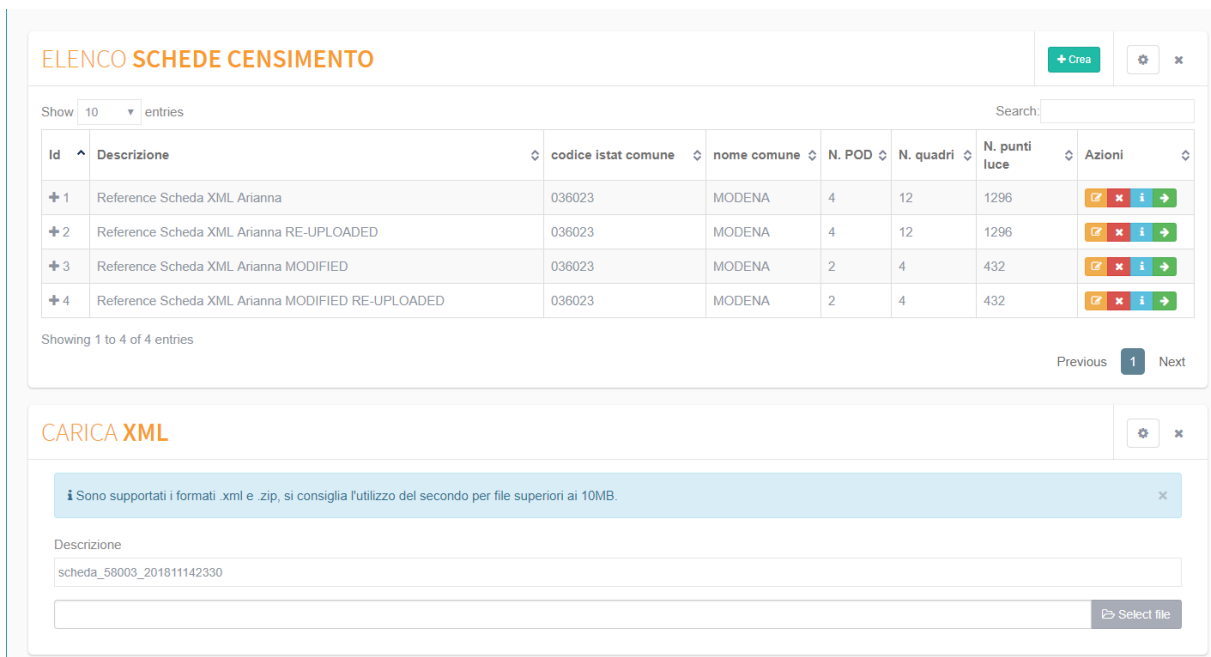


Figura 105: Sezione di visualizzazione di tutte le schede caricate

Ogni scheda censimento caricata è dotata di pulsanti di comando (Figura 106):

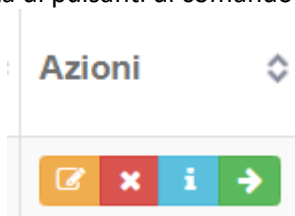






Figura 106: Comandi presenti per ogni scheda caricata

Pulsanti di comando attraverso i quali è possibile:

-  Modificare la scheda
-  Eliminare la scheda
-  Richiedere la visualizzazione delle KPI statiche
-  Sottomettere la scheda al PELL

#### 4.1.1 Upload Scheda censimento nella Piattaforma

L'utente può inserire una scheda censimento all'interno del portale, secondo due modalità:

- Attraverso il caricamento di un file XML opportunamente formattato,
- Attraverso al creazione di una scheda utilizzando il form on-line.

## Creazione tramite XML

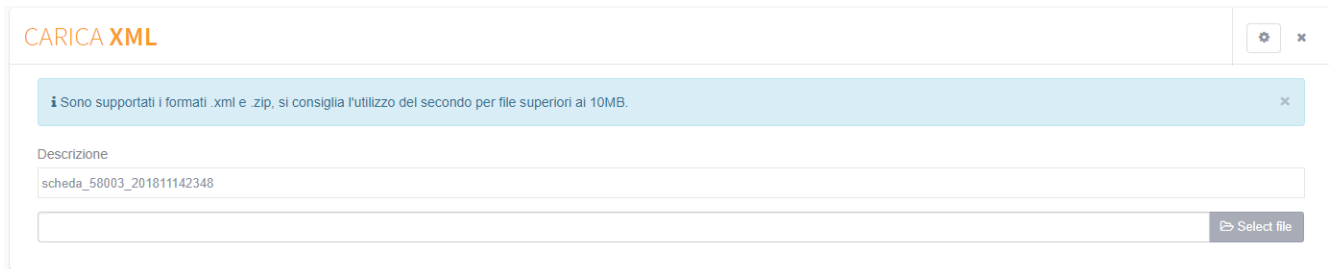
L'XML (eXtensible Markup Language) è un metalinguaggio per la definizione di linguaggi di markup, ovvero un linguaggio marcatore basato su un meccanismo sintattico che consente di definire e controllare il significato degli elementi contenuti in un documento o in un testo.

Una "XML Schema Definition" (XSD) è un esempio (instance) di schema XML scritto in linguaggio XML Schema. Una XSD definisce il tipo di un documento XML in termini di vincoli: quali elementi e attributi possono apparire, in quale relazione reciproca, quale tipo di dati può contenere, e altro. Può essere usata anche con un programma di validazione al fine di accertare a quale tipo appartiene un determinato documento XML.

## Formato

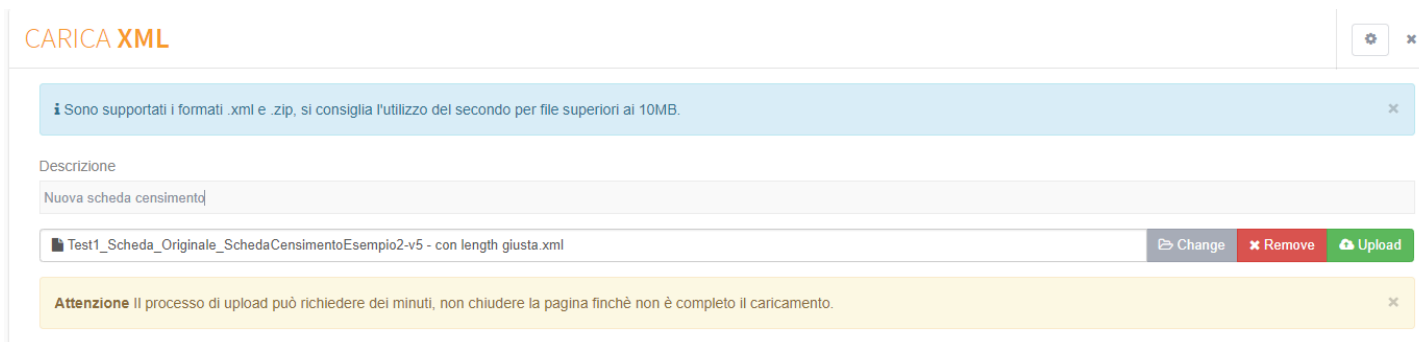
Il formato della scheda censimento è di tipo gerarchico e segue le linee guida introdotte dalle specifiche del data model "**Specifiche di contenuto di riferimento PELL - illuminazione pubblica**" (paragrafo 1.7.1)

Il caricamento del file XML viene fatto attraverso l'interfaccia grafica utilizzando l'apposito form, che accetta sia file semplice che file zippati



The screenshot shows a web form titled "CARICA XML". At the top, there is a blue information bar: "Sono supportati i formati .xml e .zip, si consiglia l'utilizzo del secondo per file superiori ai 10MB." Below this is a text input field for "Descrizione" containing "scheda\_58003\_201811142348". At the bottom right of the form is a "Select file" button.

Selezionando il tasto "select file" è possibile scegliere dal proprio pc in locale il file da caricare.

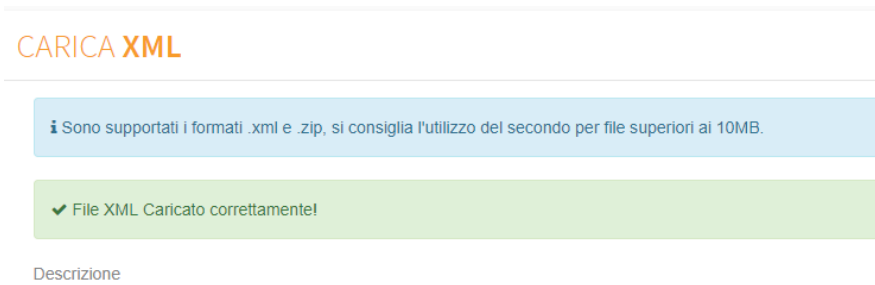


This screenshot shows the "CARICA XML" form after a file upload. The "Descrizione" field now contains "Nuova scheda censimentq". A file named "Test1\_Scheda\_Originale\_SchedaCensimentoEsempio2-v5 - con length giusta.xml" is listed with "Change", "Remove", and "Upload" buttons. A yellow warning bar at the bottom states: "Attenzione Il processo di upload può richiedere dei minuti, non chiudere la pagina finchè non è completo il caricamento."

Per poter identificare il file è possibile associargli un'etichetta con cui sarà possibile poi riconoscerlo.

Il file XML deve rispettare uno specifico formato così come descritto dal file XSD interno al sistema. Il controllo di validazione viene realizzato sempre nella fase di caricamento

Se il file caricato supera tutti i controlli di validazione, viene restituito un messaggio di successo



This screenshot shows the "CARICA XML" form with a green success message: "File XML Caricato correttamente!". The "Descrizione" field is empty.

Se ci dovesse essere un errore, di formato, di riferimenti e/o di qualche altra natura che viola lo standard imposto dall' XSD, verrà generato un messaggio di errore che indica in quale punto del file xml è presente l'errore.

✖ File non valido  
 Element 'ContractType': [facet 'enumeration'] The value 'ERROR\_REFERENCE' is not an element of the set ('01', '02', '03', '04', '95'). | Line 133

Descrizione  
 Nuova scheda censimento

Test1\_Scheda\_Originale\_SchedaCensimentoEsemio2-v5 - con length giusta\_ERROR\_133.xml Change Remove Upload

### Creazione tramite form On-Line

Un'altra modalità di creazione della scheda è quella di utilizzare il form on-line che permette di inserire tutte le informazioni necessarie per la compilazione della scheda censimento.

Nel form sono rispettate le gerarchie imposte dal modello

POD -> Quadri elettrici -> Punti luce

La navigazione e la creazione di *padri* e *figli* è semplificata dall'utilizzo di una struttura ad albero che ne permette una semplice compilazione e navigazione

### Visualizzazione e modifica

Una volta che la scheda è stata importata/creata all'interno del portale è possibile modificarla tramite il tasto di modifica della pagina principale si accede in modalità modifica della scheda stessa.



**SCHEMA CENSIMENTO** Esporta XML Salva una copia Indietro

Cerca

- ▶ An. Illuminazione Pubblica
  - ▶ POD
    - ▶ IT001E04172906
      - ▶ Quadro Elettrico
        - ▶ MD18292030
        - ▶ MD18292031
        - ▶ MD18292032
      - ▶ IT001E04172907
        - ▶ IT001E04172908
          - ▶ Quadro Elettrico
            - ▶ MD18292036
            - ▶ MD18292037
            - ▶ MD18292038
          - ▶ IT001E04172909
  - ▶ Zone Omogenee
    - ▶ Zona Omogenea
      - ▶ Via roma 01
      - ▶ Via perugia 02
      - ▶ Via livorno 03
      - ▶ Via piacenza 04
      - ▶ Via lecce 05
      - ▶ Via catania 06
      - ▶ Via passi 07
      - ▶ Via rossi 08
      - ▶ Via gialli 09
      - ▶ Via venezia 10
      - ▶ Via bolzano 11
      - ▶ Via avellino 12
      - ▶ Via palermo 13

### ANAGRAFICA ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Descrizione

Reference Scheda XML Arianna

Codice istat comune  Nome comune  Regione

# di abitanti  Superficie (km2)

Responsabile comunale  Nome gestore

Gestione impianto a forfait  No  SI # punti luce totali  # punti luce di proprietà

Metadati di istanza

{data_ini}	{data_fin}
<input type="text" value="04/08/2006"/>	<input type="text" value="04/08/2006"/>
{fonte}	{scala}
<input type="text" value="Rilevo diretto"/>	<input type="text" value="rilevo diretto"/>

**Salva**

In maniera agevole si potrà quindi salvare la scheda anche in modo parziale, cliccando sul tasto “salva”.

## Funzionalità

All’interno del portale sono state implementata alcune funzionalità per avere maggior controllo sui caricamenti degli utenti sia per avere una a semplificazione nella compilazione:

- Associazione utenti/comuni
- KPI statiche
- Esportazione XML
- Snapshot

### Associazione utenti/comuni

Ogni utente, in fase di creazione, può essere associato ad uno o più comuni. Siccome ogni scheda ha al suo interno un codice ISTAT che è riferimento al comune di cui si sta cercando la scheda, il portale effettua un controllo, tra:

- Codice ISTAT presenta all’interno della scheda,
- Codice ISTAT dei comuni a cui l’utente è associato.

Se l’utente cerca di caricare una scheda con un codice ISTAT che non appartiene al suo dominio di competenza, viene restituito un messaggio di errore, come si può vedere dal messaggio riportato sotto

### CARICA XML

! Sono supportati i formati .xml e .zip, si consiglia l'utilizzo del secondo per file superiori ai 10MB.

✘ File non valido  
Verifica il codice ISTAT, non puoi caricare una scheda censimento con un codice ISTAT di un comune che non hai in gestione.

Descrizione

## KPI Statiche

**KPI SCHEDA CENSIMENTO** Cerca  + Crea ⚙ ×

POD	KPI Statici di progetto		
	Tecnologico	Geometrico	Dimming
IT001E04172906	2.323846205148726	57.142857142857146	1
IT001E04172907	2.070707070707069	55.35714285714286	0.5651162790697675
IT001E04172908	1.890756302521008	80.95238095238095	0.5651162790697675
IT001E04172909	0.40839178917972596	254.28571428571428	1

Mostra 10 < 1 >

In fase di caricamento della scheda XML vengono calcolate e memorizzate le informazioni relative ai KPI statici (Key Performance Indicator) di progetto, quali: **KPI tecnologico**, **KPI geometrico**, **KPI dimming** relativi ad ogni POD considerato (per maggiore dettaglio sui KPI si rimanda al paragrafo 4.2).

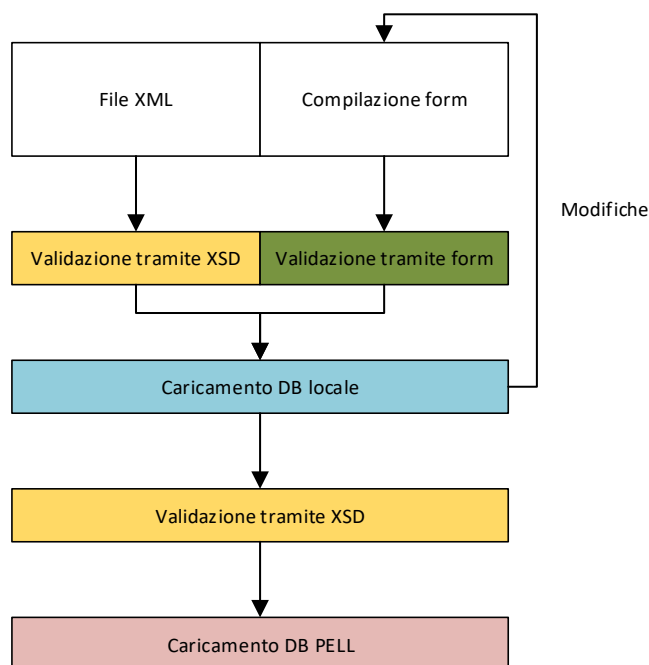
#### 4.1.2 Validazione campi

La validazione dei campi inseriti ha una doppia validazione:

- Validazione a livello di form
- Validazione a livello di XML/XSD

In pratica tutti i valori vengono SEMPRE validati tramite XSD prima di essere inviati al PELL; ed i campi nel form vengono validati in base alla tipologia, tramite regole fornite da interfaccia ad esempio sui campi numerici, la digitazione di caratteri numerici è disabilitata e l’inserimento dei campi data viene facilitato tramite l’utilizzo di un calendario.

Nella Figura 107 è riportato il flusso di validazione seguito dai vari processi di creazione / caricamento.



**Figura 107: Flusso di validazione del processo di creazione / caricamento**

#### 4.1.3 Esportazione XML

Per agevolare l’utente nelle fasi successive alla modifica della scheda censimento, è stata prevista la possibilità per l’utente stesso di esportare il file XML corretto in modo che lo possa sostituire al file XML in suo possesso.

Per evitare che l'utente possa esportare un file XML non ancora validato, la possibilità è resa possibile solo alle componenti informative che sono state sottoposte a validazione.



Solo in quel momento sarà possibile esportare sul proprio file system il file XML

#### 4.1.4 Snapshot

La funzionalità di snapshot permette di creare una "Copia" della propria scheda censimento che potrà essere visualizzata in "sola lettura". Infatti, tramite il tasto "SALVA UNA COPIA" presente sull'interfaccia sarà possibile creare una "snapshot" (istantanea) della scheda censimento su cui si sta correntemente lavorando.

Una volta creata la copia, sarà possibile visualizzare e cliccare il riferimento linkato che quindi permetterà di visualizzare la scheda in sola lettura.

#### 4.1.5 Modulo Save

Un'altra funzione che è stata implementata è relativa al modulo SAVE che consente la "Valutazione economico-finanziaria" (paragrafo 4.3 per le specifiche tecniche funzionali), sulla base del quale calcolare, in termini finanziari ed energetici, l'impatto di possibili interventi di riqualificazione energetica dell'impianto di pubblica illuminazione.

Gli scenari di utilizzo di SAVE che sono stati implementati, sono:

- **STEP 1 - Anagrafica impianto**

Prima di poter effettuare una qualunque simulazione economico-finanziaria è necessario costruire un'anagrafica dettagliata dell'impianto in esame.

Tale sezione dell'applicativo permetterà di descrivere la struttura dell'impianto, la configurazione attuale delle sue sezioni (as-is) e la configurazione desiderata (to-be).

Per ciascun impianto, formato da una o più sezioni, è possibile definire una o più configurazioni desiderate (fino ad un massimo di 3).

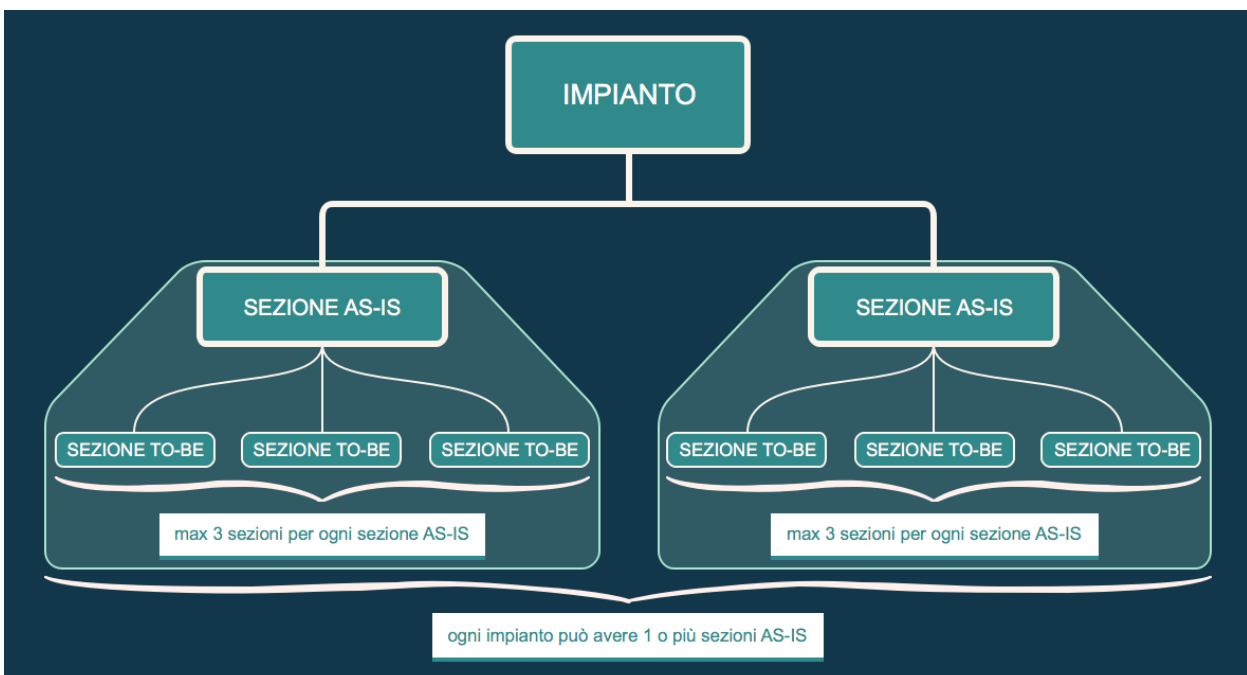


Figura 108: Struttura logica dell'impianto

Ogni impianto è associato ad un comune di riferimento ed avrà quindi una struttura gerarchica così formulata:

- ❖ comune
  - impianto
    - sezione AS-IS
      - sezione TO-BE

Gli utenti o i gestori appartenenti allo stesso comune di riferimento per l'impianto possono amministrare l'anagrafica, quindi aggiungere nuovi impianti o creare sezioni ad esso associate.

Ogni sezione disporrà di campi e servizi personalizzati a seconda della tipologia (as-is, to-be).

[⬅ Ritorna alla gestione impianti](#)

### Gestione impianto

Impianto

Comune

[Aggiorna](#)

---

### Sezioni

[+ Nuova sezione](#)

<b>AS-IS</b>	asis-28sett	<a href="#">+ TO-BE</a>	<a href="#">Gestisci</a>	<a href="#">Elimina</a>
<a href="#">↪</a>	<b>TO-BE</b> tobe-28sett		<a href="#">Gestisci</a>	<a href="#">Elimina</a>
<b>AS-IS</b>	asis sez.2 28sett	<a href="#">+ TO-BE</a>	<a href="#">Gestisci</a>	<a href="#">Elimina</a>
<a href="#">↪</a>	<b>TO-BE</b> tobe sez.2 28sett		<a href="#">Gestisci</a>	<a href="#">Elimina</a>

Direttamente dalla schermata riepilogativa dell'anagrafica, è possibile aggiungere, cancellare o aggiornare le sezioni che saranno poi coinvolte nel calcolo dei parametri economico-finanziari.

E' naturale immaginare che la modifica di un qualunque parametro della sezione porterà all'invalidità dell'intera ipotesi di finanziamento precedentemente valutata. Una volta creati gli impianti, è possibile iniziare la simulazione e quindi procedere al secondo step: calcolo dei parametri economico-finanziari.

#### • STEP 2 - Anagrafica investimenti

Tale sezione dell'applicativo permette all'utente di poter valutare, e salvare per riuso successivo, diverse ipotesi di investimento legate al comune di riferimento dell'impianto selezionato.

Al suo interno, il "gestore investimenti" permette di realizzare nuove ipotesi o aggiornare quelle salvate in precedenza.

Tali ipotesi potranno essere precaricate da database se già salvate in un'altra simulazione.

Per comodità, legheremo i parametri di riqualificazione ad un comune di riferimento permettendo così di poter riutilizzare la stessa ipotesi di riqualificazione per impianti o utenti dello stesso comune.

## Parametri economici-finanziari

Gestisci investimenti

Investimento investimento 28sett

Comune	ROMA
WACC	3.00
Costo unitario energia	0.19
Durata incentivi	5
kWH per TEP	5347.49
Valore monetario TEP	100.00
Costo gestione	0.00
Durata ammortamento	30
Durata progetto	30
Imposte	35.00
Quota finanziata	75.00
Costo finanziamento	0.00

Step successivo →

## Gestione investimenti

Lista degli investimenti disponibili. In questa sezione è possibile visualizzare gli investimenti, aggiornare i dati ed inserire nel sistema un nuovo investimento

+ Nuovo investimento

Comune	Investimento		
Roma	investimento 28sett	Gestisci	Elimina
Roma	Investimento Parma Verdi-Garibaldi	Gestisci	Elimina

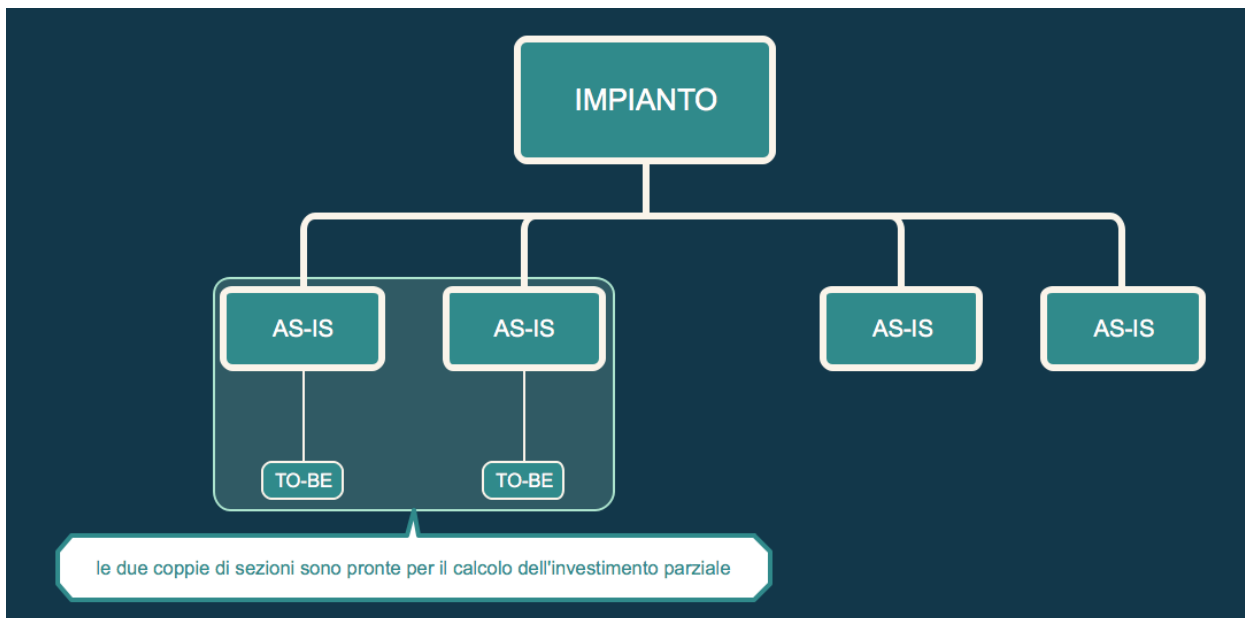
Ogni investimento è caratterizzato da parametri da personalizzare per differenti ipotesi. E' importante associare ogni ipotesi al corretto comune di interesse.

## Gestione investimento

Investimento	<input type="text" value="investimento 28sett"/>
	<small>📘 Testo identificativo dell'investimento</small>
Comune	<input type="text" value="ROMA"/>
	<small>📘 Comune di riferimento</small>
WACC	<input type="text" value="3.00"/> %
	<small>📘 Costo medio ponderato del capitale (Weighted Average Cost of Capital), espresso in percentuale</small>
Costo unitario energia	<input type="text" value="0.19"/> €
	<small>📘 Costo per l'acquisto dell'energia</small>
Durata incentivi	<input type="text" value="5"/>
	<small>📘 Numero di anni nei quali si può usufruire dei benefici economici derivanti da incentivi statali per il risparmio di CO2 emessa, ovvero i cosiddetti "Certificati Bianchi"</small>
KWh per TEP	<input type="text" value="5347.49"/>
	<small>📘 Fattore di conversione kilowattora-TEP, espresso come numero di kilowattora per singolo TEP</small>

- **STEP 3 - Calcolo investimento parziale**

Selezionato l'impianto, quindi l'ipotesi di investimento, è possibile procedere con il calcolo dell'investimento, dapprima "parziale" (ovvero per ogni coppia di sezione as-is/to-be) e poi "totale" (ovvero per tutte le coppie di sezioni).



**L'utente ha la possibilità di scegliere su quali sezioni applicare la riqualificazione.**

In altre parole, è possibile strutturare più sezioni ma non impegnarle tutte nella riqualificazione. E' naturale che per procedere al calcolo dell'investimento parziale sia necessario selezionare almeno una coppia di sezioni (1x as-is, 1x to-be).

## Parametri tecnico-economici

Gestisci impianti

Valutazione:

Impianto:

ROMA

- AS-IS asis-28sett
- TO-BE tobe-28sett
- AS-IS asis sez.2 28sett
- TO-BE tobe sez.2 28sett

Step successivo →

Una volta che l'utente avrà selezionato :

- 1 impianto
- 1 o più coppie di sezioni (1x as-is, 1x to-be)
- 1 configurazione di parametri di riqualificazione

Come conseguenza, l'applicativo produrrà i seguenti risultati definiti "parziali" in quanto di riferimento ad ogni coppia di sezioni:

- Importo investimento
- Delta spesa energetica
- Delta consumo energetico
- Ricavo incentivi
- Costo manutenzione as-is
- Costo manutenzione to-be
- Flussi di cassa parziale

<span style="font-size: 1.2em;">📍</span> <b>Impianto</b> impianto-28sett Roma					
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">AS-IS</span> asis sez.2 28sett           </div>					
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="font-size: 1.5em;">➔</span> <div style="background-color: #0070c0; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">TO-BE</div> tobe sez.2 28sett           </div>					
Ricavo Incentivi	Importo Investimento	Delta Spesa Energetica	Delta Consumo Energetico	Costo Manutenzione Asis	Costo Manutenzione Tobe
794,50 €	77.500,00 €	8.072,34 €	42.486,00 €	27.000,00 €	55.500,00 €
<span style="background-color: #eee; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">+ FLUSSO DI CASSA</span>					
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">AS-IS</span> asis-28sett           </div>					
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="font-size: 1.5em;">➔</span> <div style="background-color: #0070c0; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">TO-BE</div> tobe-28sett           </div>					
Ricavo Incentivi	Importo Investimento	Delta Spesa Energetica	Delta Consumo Energetico	Costo Manutenzione Asis	Costo Manutenzione Tobe
702,69 €	95.000,00 €	7.139,44 €	37.576,00 €	30.000,00 €	70.000,00 €
<span style="background-color: #eee; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">+ FLUSSO DI CASSA</span>					

### Calcolo investimento totale

Una volta completato il calcolo parziale, l'interfaccia utente riporterà direttamente alla pagina riepilogativa finale. L'applicativo ricaverà l'investimento totale tenendo conto dei singoli tutti i flussi di cassa calcolati nell'investimento parziale.

In output avremo, in aggiunta ai precedenti valori, rispettivamente per la PA in modalità di autofinanziamento e per il soggetto privato nelle altre ipotesi di finanziamento avremo i seguenti output, ottenuti dai flussi di cassa calcolati nelle diverse:

- VAN
- TIR
- Payback Time
  
- Canone minimo
- Canone massimo

### Risultati totali

VAN	TIR	Payback Time	Canone annuo min	Canone annuo max
128.374,32 €	9,00 %	11,60	7.832,68 €	13.011,58 €

+ FLUSSO DI CASSA

Tutte le simulazioni vengono salvate su database.

Nella schermata iniziale riepilogativa iniziale è possibile ottenere un collegamento rapido alle simulazioni già valutate, classificate per comune di interesse.

### Storico Valutazioni

Data	Valutazione	Impianto	Sezioni	
13/11/2018 11:57	VALUTAZIONE TEST	impianto-28sett	<ul style="list-style-type: none"> <li>• asis-28set</li> <li>• asis sez.2 28sett</li> </ul>	Visualizza
22/10/2018 13:27	Parma Verdi-Garibaldi 2 sezioni	Impianto Parma Verdi- Garibaldi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdi</li> <li>• Garibaldi 1_1</li> </ul>	Visualizza
28/09/2018 12:48	valutazione due sezioni	impianto-28sett	<ul style="list-style-type: none"> <li>• asis sez.2 28sett</li> <li>• asis-28set</li> </ul>	Visualizza

### Riepilogo parametri

Sarà possibile ritrovare una schermata riepilogativa con quanto calcolato, insieme agli altri parametri definiti in fase di configurazione ipotesi di investimento; questo step è l'ultimo dell'applicativo. Saranno, quindi, previsti grafici dinamici per la personalizzazione di valori-soglia in risposta ai risultati ottenuti.



## Modalità di finanziamento

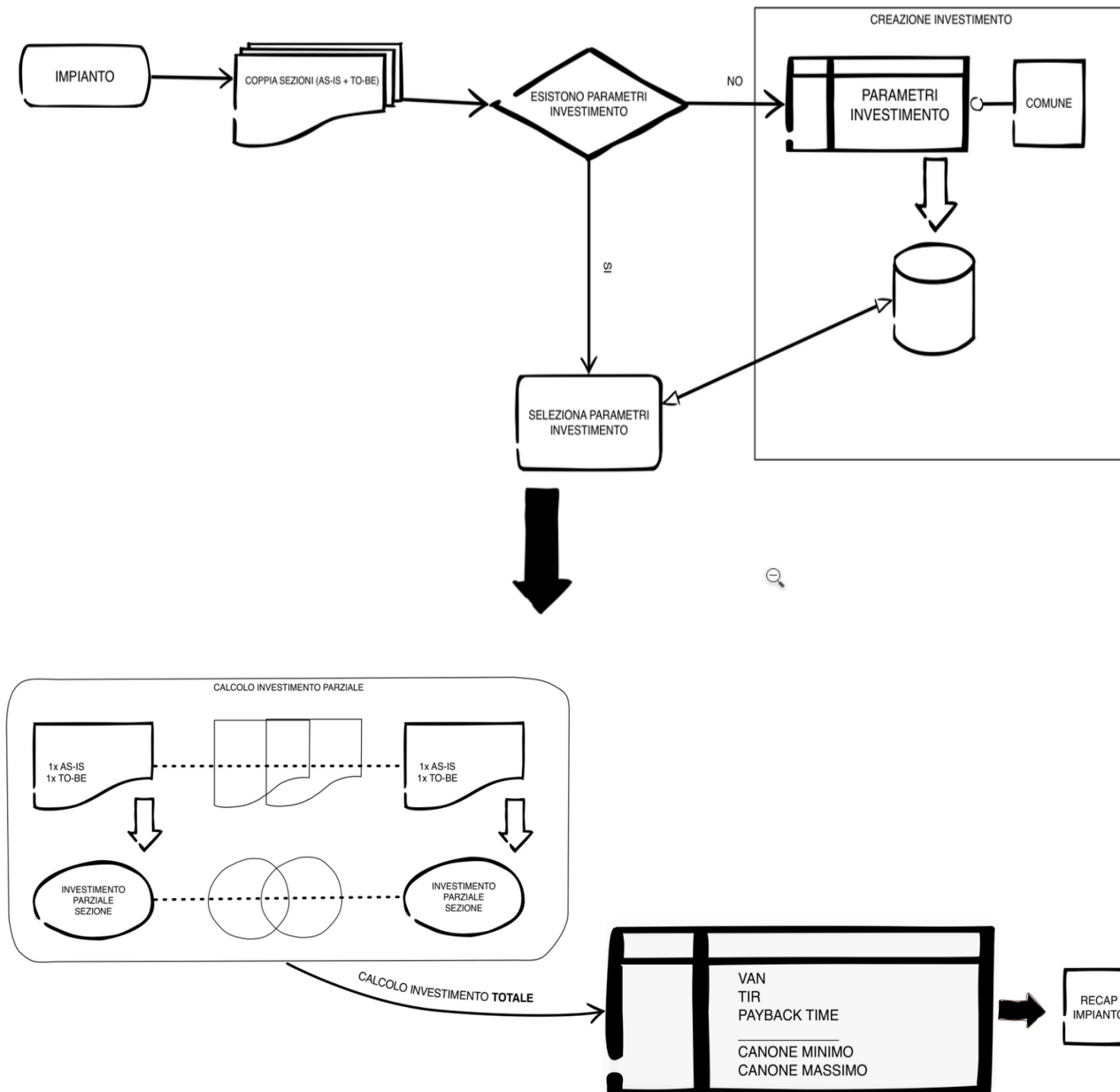
Variabile	Auto Finanziam.	PPP - Project Financing	Finanziam. Tramite Terzi	CONSIP "Servizio Luce"
Limitazione uso risorse economiche (assenza di risorse)	Red	Green	Green	Green
Superamento vincoli di bilancio	Grey	Green	Orange	Orange
Limitazione uso risorse umane (assenza di competenze)	Red	Red	Green	Green
Ripartizione rischi	Grey	Orange	Orange	Orange
Riduzione costi iniziali (attività prodromiche)	Red	Green	Green	Green
Riduzione costi progettuali (gestione procedure gara)	Red	Orange	Orange	Green
Riduzione costi di accesso al mercato (esecuzione lavori)	Red	Orange	Orange	Green
Libertà di scelta per l'ente comunale	Green	Orange	Green	Red
Crescita delle competenze interne	Green	Orange	Orange	Red

### Legenda

	Strumento idoneo e consigliato
	Strumento idoneo ma non consigliato
	Strumento non idoneo
	Strumento non applicabile

**Diagramma di flusso**

Il diagramma di flusso che segue rappresenta nel dettaglio la logica implementata nell'applicativo per la produzione dei risultati attesi.



Per maggiori dettagli di tipo tecnico relativamente alla specifica tecnica che ha permesso di implementare il modulo SAVE nella piattaforma PELL IP si rimanda al Paragrafo 4.3 *“Sviluppo di una specifica tecnica funzionale all’elaborazione di un software utili per poter indirizzare la PA nella scelta della combinazione ottimale tra tecnologia e modalità di finanziamento per interventi di riqualificazione della Pubblica Illuminazione (ENEA)”*

## 4.2 Key Performance Indicator del PELL IP

In questa annualità, a seguito dell'aggiornamento del data model del PELL IP (cfr Paragrafo 1.7) e dei suoi contenuti anche per consentirne l'allineamento dei contenuti della specifica con i Criteri Ambientali Minimi Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica Pubblicati (pubblicati il 27/09/2017 sulla Gazzetta Ufficiale) ed i Criteri Ambientali Minimi per Servizio di Illuminazione Pubblica (pubblicati il 28/04/2018 sulla Gazzetta Ufficiale), si è dovuto procedere anche all'aggiornamento di alcuni valori di riferimento utilizzati per il calcolo dei KPI del PELL IP.

In particolare, l'aggiornamento ha riguardato i **KPI statici di Progetto**:

### ❖ KPI tecnologico

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 (CAM)

$$KPI_{tecnologico} = \frac{(efficienza\ luminosa)_{reale}}{(efficienza\ luminosa)_{minima\ teorica}} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^N (\Phi_i)}{N_{tot}}\right)}{\left(\frac{\sum_{i=1}^N (\eta_i)}{N_{tot}}\right)_{minima\ teorica}}$$

- $\Phi_i$  Flusso luminoso caratteristico della i-esima lampada [lm] (campo del data model: PL\_SL\_FLU)
- $P_i$  Potenza caratteristica della singola i-esima lampada [watt]" (campo del data model PL\_SL\_POW)
- $\eta_i$  Efficienza luminosa minima di riferimento della i-esima lampada (CAM aggiornati)
- $\sum_{i=1}^N \Phi_i$  Somma di tutti i PL\_SL\_FLU (a parità di tecnologia) della singola lampada [lm]"
- $\sum_{i=1}^N P_i$  Somma di tutti i PL\_SL\_POW (a parità di tecnologia) della singola lampada [lm]"

Le due sommatorie si intendono per ogni tipologia di sorgente (SAP, LED, etc.) entro la stessa zona omogenea. Partendo dai KPI per tecnologia, si calcolerà il KPI medio per zona omogenea e quindi di determinerà il KPI medio riferito al POD.

### ❖ KPI geometrico

indica se la potenza elettrica installata della sorgente per m<sup>2</sup> 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.

$$KPI_{geometrico} = \frac{\left(\sum_{i=1}^N P_c / m^2\right)_{reali}}{\left(\sum_{i=1}^N P_c / m^2\right)_{Riferimento}} =$$

- $P_c$  : Potenza caratteristica della sorgente reale [W] (campo del data model PL\_SL\_POW)
- $P$ : Potenza della sorgente di riferimento [W] (i valori sono espressi in W/m<sup>2</sup> tabella dedotta dai CAM).

La sommatoria, per zona omogenea, viene effettuata per tutti gli apparecchi, a parità di tecnologia, presenti nella stessa zona omogenea. Partendo dai KPI per zona omogenea si calcolerà il KPI medio riferito al POD.

### ❖ 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 nel data model PELL IP.

$$KPI \text{ dimming pod} = \frac{(Consumo \text{ energetico})_{previsto}}{(Consumo \text{ energetico})_{teorico \text{ max potenza}}}$$

Il KPI è riferito a livello di POD

**Consumo Energetico Previsto:** questo consumo si deduce dal campo del data model considerando la potenza ai morsetti (PL\_AP\_MOR) degli apparecchi presenti nelle varie zone omogenee che afferiscono al POD, al profilo orario di funzionamento totale dell'impianto (campo QE\_FG\_ORE) ed l'eventuale differente modalità di regolazione che può essere:

- Parzializzazione tutta notte mezza notte (campo data model QE\_FG\_PAR)
- Per riduzione di flusso luminoso (campo data model QE\_FG\_RID)

A Livello di POD bisogna implementare le sommatorie per i vari punti luce presenti nelle zone omogenea (ZO\_NUM\_AP) presenti a livello di QE, dato che le modalità di regolazione sono identiche a livello di QE.

**Consumo Energetico teorico max potenza:** dal campo del data model considerando la potenza ai morsetti (PL\_AP\_MOR) degli apparecchi presenti nelle varie zone omogenee che afferiscono al POD, al profilo orario di funzionamento totale dell'impianto (campo QE\_FG\_ORE) sia pari al 100% della potenza

A Livello di POD bisogna implementare le sommatorie per i vari punti luce presenti nelle zone omogenea (ZO\_NUM\_AP) presenti a livello di QE, dato che le modalità di regolazione sono identiche a livello di QE.

❖ **KPI confronto (vs BAT - Best Available Technology)**

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, considerando l'impianto a piena potenza.

$$KPI \text{ confronto BAT} = \frac{\left(\sum_{i=1}^N Pc / lux/m^2\right)_{reali}}{\left(\sum_{i=1}^N Pc / lux/m^2\right)_{BAT}}$$

$$(Pc / lux/m^2)_{BAT} = (Pc / lux/m^2)_{CAM} * k$$

In questa prima fase si suppone che i valori di P caratteristica /lux/m<sup>2</sup> BAT siano inferiori dei valori di Pc/m<sup>2</sup> CAM. Il fattore di riduzione (k) è in fase di definizione (<1) anche se in prima fase si può supporre essere pari a 0,9.

Il valore di Pc è indicato nel campo del data model PL\_SL\_POW, la superficie è l'area della zona omogenea. L'inserimento nei CAM del parametro W/lux/m<sup>2</sup> richiede che nella prossima specifica tecnica PELL siano inseriti, a livello di zona omogenea, due nuovi campi l'Illuminamento E o la luminanza L di progetto. In questo modo il KPI potrà essere implementato a livello di zona omogenea.

❖ **KPI confronto (vs BAU - Business As Usual) (RIFERITO A LIVELLO DI ZONA OMOGENEA):**

restituisce, sulla base del calcolo illuminotecnico relativo alla zona omogenea, un'indicazione circa il vantaggio in termini energetici derivanti dall'utilizzo della sorgente installata rispetto all'utilizzo della BAU che costituisce la tecnologia usualmente adottata, affiancata anche dall'utilizzo di sistemi di riduzione del flusso in modalità adattiva.

$$KPI \text{ confronto }_{BAU} = \frac{(Pc/lux/m^2)_{reali}}{(Pc/m^2)_{BAU}}$$

$$(Pc/m^2)_{BAU} = (Pc/lux/m^2)_{CAM}$$

Allo stato attuale, si suppone che i valori di  $Pc/lux/m^2$  BAU siano medesimi ai valori di  $P/lux/m^2$  CAM. Il valore di  $Pc$  è indicato nel campo del data model PL\_SL\_POW, la superficie è l'area della zona omogenea. L'inserimento nei CAM del parametro  $W/lux/m^2$  richiede che nella prossima specifica tecnica PELL siano inseriti, a livello di zona omogenea, due nuovi campi l'Illuminamento E o la luminanza L di progetto. In questo modo il KPI potrà essere implementato a livello di zona omogenea.

Di seguito si riportano i **KPI Dinamici di Misura che si riferiscono a livello di POD**. I KPI dinamici di misura sono funzionali all'analisi della potenza installata e del consumo energetico effettivo dell'impianto tenendo conto dei consumi reali che sono rapportati alla modalità di gestione e regolazione dell'impianto, per questa ragione permettono di avere un quadro completo ed esauriente circa l'operatività dell'impianto verificandone anomalie sistematiche o temporanee, scostamenti dei consumi energetici misurati rispetto al trend di funzionamento atteso. Questi KPI sono stati implementati in questa annualità nella Piattaforma PELL IP.

❖ **KPI scostamento consumo atteso**

rivela lo scostamento tra il consumo energetico misurato e quello atteso considerando il profilo di dimming eventualmente adottato per l'impianto in esame come da progetto

$$KPI \text{ measured\_expected} = \frac{(\text{Consumo energetico})_{misurato}}{(\text{Consumo energetico})_{previsto}}$$

**Consumo energetico Misurato:** è il consumo misurato, su base annua, a livello di POD

**Consumo Energetico Previsto:** questo consumo si deduce dal campo del data model considerando la potenza ai morsetti (PL\_AP\_MOR) degli apparecchi presenti nelle varie zone omogenee che afferiscono al POD, al profilo orario di funzionamento totale dell'impianto (campo QE\_FG\_ORE) ed l'eventuale differente modalità di regolazione che può essere:

- Parzializzazione tutta notte mezza notte (campo data model QE\_FG\_PAR)

- Per riduzione di flusso luminoso (campo data model QE\_FG\_RID)

-

❖ **KPI scostamento consumo massimo misurato**

indica lo scostamento tra il consumo energetico misurato e quello totale, come da progetto, nel caso in cui l'impianto funzionasse alla massima potenza per tutto il periodo operativo

$$KPI \text{ measured\_maximum} = \frac{(\text{Consumo energetico})_{misurato}}{(\text{Consumo energetico})_{teorico \text{ max potenza}}}$$

**Consumo energetico Misurato:** è il consumo misurato, su base annua, a livello di POD

**Consumo Energetico teorico max potenza:** dal campo del data model considerando la potenza ai morsetti (PL\_AP\_MOR) degli apparecchi presenti nelle varie zone omogenee che afferiscono al POD, al profilo orario di funzionamento totale dell'impianto (campo QE\_FG\_ORE) sia pari al 100% della potenza

❖ **KPI consumo energetico giornaliero massimo misurato:** è un indicatore che riporta il confronto tra il consumo misurato giornalmente e il consumo massimo teorico che si avrebbe se l'impianto funzionasse alla massima potenza durante il periodo di funzionamento stabilito dai tempi di attivazione e disattivazione del timer astronomico.

$$KPI\ measured_{maximum\ day} = \frac{(Consumo\ energetico)_{misurato\ day}}{(Consumo\ energetico)_{teorico\ max\ potenza\ day}}$$

**Consumo energetico giornaliero massimo misurato:** è il consumo misurato a livello di POD per un giorno selezionato.

**Consumo Energetico teorico max potenza day:** questo consumo si deduce dal campo del data model ed è riferito alla potenza ai morsetti (campo data model PL\_AP\_MOR) degli apparecchi presenti nelle varie zone omogenee che afferiscono al POD, imponendo che il profilo orario di funzionamento totale dell'impianto (QE\_FG\_ORE) sia riferito ad un giorno e che la potenza sia pari al 100%

Sono in fase di studio ulteriori KPI dinamici che potranno essere presi in considerazione e quindi successivamente implementati nella piattaforma.

### 4.3 Sviluppo di una specifica tecnica funzionale all'elaborazione di un software utili per poter indirizzare la PA nella scelta della combinazione ottimale tra tecnologia e modalità di finanziamento per interventi di riqualificazione della Pubblica Illuminazione (ENEA)

In questa annualità è stata svolta una attività di analisi funzionale per lo sviluppo di un software di valutazione economico-finanziaria degli interventi di riqualificazione degli impianti di IP che è stato successivamente sviluppato nel modulo SAVE ed implementato nella Piattaforma PELL IP (Paragrafo 4.1.5.)

Il presente studio si propone di proseguire l'analisi condotta nel Report Rds/PAR2016/017 del Politecnico di Milano "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" ed approfondita nel Report Rds/PAR2017/059 del Politecnico di Milano "Analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione attraverso l'applicazione su dei casi reali dei modelli sviluppati nel PAR 2016" elaborando le specifiche tecniche necessarie allo sviluppo di un software che consenta di guidare la pubblica amministrazione nelle scelte di investimento e finanziamento relative alla riqualificazione delle infrastrutture di pubblica illuminazione.

L'attività svolta si compone di due fasi.

Nella *prima* viene illustrato un **modello economico** relativo al calcolo degli eventuali costi e/o benefici a seguito di un intervento di riqualificazione illuminotecnica dell'impianto di pubblica illuminazione (PI), e un **modello finanziario**, dove vengono illustrate prima le diverse modalità di finanziamento a disposizione degli Enti Locali (per proseguire con il suddetto intervento di riqualificazione, ovvero per reperire le risorse necessarie al suo espletamento), e successivamente delle linee guida che mirano a supportare gli amministratori locali nella scelta tra queste diverse modalità di finanziamento, a seconda delle condizioni in cui si trova l'Ente di appartenenza.

Nella *seconda fase* si procede alla specifica dei requisiti software per un modulo applicativo che è stato sviluppato ed integrato nella piattaforma PELL (Public Energy Living Lab), ovvero la struttura di supporto all'applicazione del modello gestionale ed al conseguimento degli obiettivi del progetto Lumière.

In particolare, il **modulo applicativo**, denominato **SAVE (Supporto Alla Valutazione Economico-finanziaria)** è orientato a fornire agli amministratori degli enti locali un supporto essenziale nella stima dei costi di riqualificazione ed un utile guida nella selezione dello strumento di finanziamento appropriato.

Pertanto, nella prima parte di questo studio si procederà nel censimento delle variabili di costo fondamentali alla modellizzazione di un investimento di riqualificazione e nel computo, in formule, dei relativi benefici economici (risparmi energetici, manutentivi e impatto ambientale). Successivamente, sulla base dell'esperienza empirica in possesso degli autori, il modello economico sarà utilizzato per illustrare e quindi simulare due possibili casi di riqualificazione: in autofinanziamento ed in project financing (PF). Facciamo notare come, data la vocazione generalista del presente studio, i due casi presentati, piuttosto che una ricetta applicabile *as-is* a situazioni concrete che sono evidentemente più complesse, vogliono essere per l'utente finale (responsabile locale e/o comunale di riferimento) una guida preliminare di cui tener conto durante l'applicazione del modello economico a casi reali.

A compendio della prima parte, saranno descritte nel dettaglio le varie modalità con cui i costi di investimento possono essere finanziati dagli Enti locali. Le diverse modalità di finanziamento sono state raggruppate secondo una logica "di mercato", ovvero:

- Autofinanziamento: senza necessità di accesso al mercato privato;
- CONSIP: attraverso un accesso al mercato privato cosiddetto "filtrato";
- Partenariato Pubblico Privato (PPP), Finanziamento Tramite Terzi (FTT), Project Financing (PF): attraverso un accesso diretto al mercato privato.

Infine, le linee di guida di supporto alla decisione del metodo di finanziamento ottimale da seguire saranno presentate nella forma di una tabella riassuntiva di tutta una serie di variabili fondamentali di cui gli Enti Locali dovranno debitamente tener conto prima di procedere nella scelta. In particolare, queste variabili

saranno accompagnate da un grado di incidenza nella scelta di finanziamento stessa, ovvero valutate su una scala qualitativa “Alto-Medio-Basso”.

Quanto oggetto della prima parte è stato poi tradotto in una specifica software basata sull’uso della notazione UML, al fine di fornire la definizione e l’analisi dei requisiti del modulo applicativo SAVE, sviluppato ed integrato nella piattaforma PEL, che fornirà agli amministratori degli enti locali un supporto essenziale nella stima dei costi di riqualificazione e delle ipotesi di finanziamento.

#### 4.3.1 Il Servizio di Pubblica Illuminazione

Il servizio di pubblica illuminazione (**S\_PI**) può essere configurato come un servizio pubblico locale di rilevanza socio-economica dal momento che della sua erogazione ne gioverà direttamente tutta la collettività (o il singolo utente). Il gestore del S\_PI ovviamente beneficerà del contributo economico senza intermediazione del Comune i-esimo (**C<sub>i</sub>**) nello svolgimento del processo produttivo per l’erogazione dello stesso servizio.

Il canone corrisposto per tale servizio rappresenta quindi il vero e proprio corrispettivo economico il cui contenuto è rappresentato dalla possibilità concreta dell’ente di dividere sui fruitori l’onere della sua gestione ed erogazione. Inoltre, il S\_PI non è caratterizzato dalla presenza di un’infrastruttura comune ed estesa ad una pluralità di comuni e/o enti locali e per questo non è un vero e proprio “servizio pubblico a rete”. Di conseguenza, per questo sarà esclusa l’applicazione di tutta la normativa con riferimento agli ambiti territoriali ottimali.

Tuttavia, il S\_PI è soggetto alle nuove regole del Codice sui contratti pubblici e pertanto prima di procedere occorrerà chiarire le diverse modalità attraverso cui un C<sub>i</sub> può affidare il S\_PI ad un operatore privato (nuovo Codice dei contratti pubblici, d.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 in vigore dal 19 aprile 2016). Il nuovo Codice dei contratti pubblici ha introdotto diverse novità relative agli “aspetti di impatto ambientale di lavori e servizi”. In particolare, nell’art. 34, che attribuisce centralità al “*Green Public Procurement*”, ovvero gli acquisti verdi della pubblica amministrazione (PA), sono previste una serie di misure volte a garantire l’effettività dei criteri ambientali minimi (CAM) nei contratti pubblici. Questi criteri mirano ad orientare il C<sub>i</sub> verso una razionalizzazione dei consumi e degli acquisti, e forniscono pertanto delle indicazioni sia sulle forniture che sugli affidamenti lungo l’intero “ciclo di vita” del servizio pubblico (relative alle diverse fasi delle procedure di una gara), nell’ottica di una riqualificazione che comporti un minor impatto ambientale rispetto allo stato precedente.

Il nuovo Codice, inoltre, prevede una nuova concezione dei criteri di aggiudicazione, privilegiando il criterio dell’offerta economicamente più vantaggiosa ed equiparando la disciplina delle concessioni a quelle degli appalti. In questo modo è stato limitato l’utilizzo del criterio del “prezzo più basso” (Codice all’art. 95, comma 4), chiarendo che l’offerta economicamente più vantaggiosa va individuata sulla base del miglior rapporto qualità/prezzo e valutata sulla base di criteri oggettivi, che tengano conto di aspetti qualitativi, ambientali o sociali, connessi all’oggetto dell’appalto o della concessione in esame.

L’S\_PI, quindi, deve essere affidato in via alternativa attraverso le seguenti tre modalità:

- i. **Gara pubblica** (con il mercato): attraverso l’indizione di una gara pubblica per la scelta dell’affidatario;
- ii. **Gara a doppio oggetto** (con una società mista): attraverso la selezione competitiva del socio privato operativo;
- iii. **Affidamento diretto**: secondo il modello organizzativo del cd. “*in house providing*”, nei casi in cui vengano riscontrate le cumulative condizioni di legittimità (definite dalla giurisprudenza europea e recepite e codificate anche dalle nuove norme sui contratti pubblici).

Occorre tener presente, inoltre, che gli impianti e le dotazioni necessarie per l’esercizio di un pubblico servizio sono inoltre per loro natura beni del patrimonio indisponibile degli Enti comunali e quindi, beni inalienabili e non usucapibili, che possono formare oggetto di diritti in favore di terzi solo mediante provvedimenti amministrativi di carattere concessorio nei limiti previsti dalla legge, sebbene essi possono anche essere oggetto di negozi di diritto privato.

#### 4.3.2 Modello Economico



La presente sezione ha per oggetto lo sviluppo e l'illustrazione del Modello Economico (ME) sulla base del quale calcolare, in termini finanziari ed energetici, l'impatto di possibili interventi di riqualificazione energetica dell'impianto di pubblica illuminazione (PI).

Nella prima sezione vengono descritte le parti di cui si compone il ME con le relative variabili. Nella seconda e terza sezione vengono illustrati degli esempi di applicazione del ME; in particolare nella quantificazione dell'impatto per la sostituzione di lampade al Sodio (SAP) con lampade LED attraverso le modalità di finanziamento, quali: l'Autofinanziamento e la finanza di progetto o "Project Financing" (PF).

### Descrizione

Data la struttura dei costi per interventi di questo tipo, ovvero di investimento, economici ed energetici, è opportuno strutturare il ME in tre parti:

- Costi per l'investimento di riqualificazione;
- Benefici in termini di spesa energetica (pre - post);
- Benefici in termini di consumi energetici (pre - post).

In quello che segue, ciascuna delle suddette voci viene illustrata in termini delle variabili di cui si compone e della sua descrizione.

Lungi dall'essere omnicomprensivo, il ME mira piuttosto ad essere rappresentativo dell'ordine di grandezza, dei benefici e dei costi che le pubbliche amministrazioni (PA) si troveranno ad affrontare nell'effettiva realizzazione della riqualificazione, oltre che delle dinamiche (come nel caso di PF) che possono realizzarsi nel caso di partecipazione di soggetti terzi.

Nella modellizzazione dei costi di investimento per la riqualificazione dell'impianto di PI, il ME tiene in considerazione una serie di esborsi monetari dovuti alla trasformazione dell'impianto da *as-is* a *to-be*. Alcuni di essi vengono normalizzati per il numero delle lampade oggetto della riqualificazione (€/cad.); altri invece, non essendo possibile quantificare fattori di proporzionalità con la grandezza dell'impianto, sono valorizzati in termini assoluti (€).

La Tabella 17 riporta le variabili che andranno a comporre la modellizzazione del costo dell'investimento affiancate da una breve spiegazione del costo che queste rappresentano.

**Tabella 17. Variabili relative all'investimento**

<b>Variabili per la Valutazione del Costo Investimento</b>	
n. lampade da sostituire (n)	Totale delle lampade da sostituire nell'intervento.
Attività prodromiche (€)	Attività preliminari (diagnosi tecnica e progettazione dell'intervento).
Acquisto lampade <i>to-be</i> (€/cad.)	Acquisto singola lampada <i>to-be</i> .
Smaltimento lampade <i>as-is</i> (€/cad.)	Smaltimento singola lampada <i>as-is</i> .
Installazione componente elettronica (lampada) (€/cad.)	Installazione componente elettronica relativa alla singola lampada <i>to-be</i> .
Sostituzione armature (€/cad.)	Sostituzione armatura per la singola lampada <i>to-be</i> .
Sostituzione palo (€/cad.)	Sostituzione palo di illuminazione. Il costo viene per semplicità ripartito sul totale delle lampade nonostante la possibilità che alcuni pali possono essere doppi o tripli.
Installazione lampade <i>to-be</i> (€/cad.)	Installazione (montaggio e configurazione) della singola lampada <i>to-be</i> .
Sostituzione quadro elettrico (€/cad.)	Aggiornamento quadro elettrico per gestione lampade. Si consideri, chiaramente, che un quadro gestisce più lampade.
Aggiornamento/Rifacimento impianto elettrico (tutto o parte) (€/cad.)	Rifacimento impianto elettrico.

Sostituzione sistema di controllo (€/cad.)	Aggiornamento del sistema di controllo remoto.
Installazione servizi SMART (SAL1) (€)	Servizio di valutazione statistica predefinita del flusso orario del traffico per la regolazione della luminosità.
Installazione servizi SMART (SAL2) (€)	Servizio di valutazione statistica predittiva (sulla base di un continuo campionamento) del flusso orario del traffico per la regolazione della luminosità.
Installazione servizi SMART (SAL3) (€)	Servizio di valutazione statistica predittiva (sulla base di un continuo campionamento) del flusso orario del traffico, della luminanza del manto stradale e delle condizioni metereologiche per la regolazione della luminosità.
Installazione servizi SMART (SSS1) (€)	Servizio installazione piattaforma PELL per la raccolta ed organizzazione dei dati.
Installazione servizi SMART (SSS2) (€)	Servizio conteggio veicoli e pedoni.
Installazione servizi SMART (SSS3) (€)	Servizio per il calcolo di velocità e tempo medio di percorrenza della tratta, rilevazione sosta vietata, inversione di marcia, incidente stradale e fumo.
Installazione servizi SMART (SSS4) (€)	Servizio di monitoraggio aree parcheggio con calcolo flusso entrata e uscita veicoli.
Installazione servizi SMART (SSS5) (€)	Servizio di conteggio aree di sosta libere, tempo medio di sosta, riconoscimento targhe, flussi entrata e uscita.
Installazione servizi SMART (SSS6) (€)	Servizio di monitoraggio base della qualità dell'aria (es. sostanze presenti nell'aria, meteo, inquinamento acustico, onde sismiche).
Installazione servizi SMART (SSS7) (€)	Servizio di monitoraggio ambientale avanzato (radiazione ultravioletta, molecole complesse).
Installazione servizi SMART (SSS8) (€)	Servizio di telesorveglianza
Installazione servizi SMART (SSS9) (€)	Servizio di pannelli multimediali per informazioni al cittadino.
Installazione servizi SMART (SSS10) (€)	Servizio stazioni ricarica dispositivi elettronici.
Installazione servizi SMART (SSS11) (€)	Servizio di rete Wi-Fi.

SAL: Smart Adaptive Lighting;

SSS: Smart Street Services.

La parte successiva, ovvero il calcolo dei benefici in termini di spesa energetica, tiene in considerazione gli esborsi dovuti ad una serie di voci di costo in entrata ed in uscita nel passaggio dall'*as-is* al *to-be*. Anche in questo caso, come nel precedente, alcune variabili hanno come unità di misura il numero di lampade totali da sostituire, altre invece hanno un valore assoluto in termini monetari che andrà stimato caso per caso a seconda dell'intervento di riqualificazione. La Tabella 18 riporta le variabili monetarie tenute in considerazione nel ME.

**Tabella 18. Variabili per il calcolo della spesa energetica**

<b>Variabili per la Valutazione del Risparmio di Costo su Base Annua</b>	
Costo unitario energia (€/kWh)	Costo per l'acquisto dell'energia.
Costo Manutenzione (€/cad.)	Costo per la manutenzione dell'impianto. In prima approssimazione può essere stimato nel costo di

	sostituzione annuale di una determinata percentuale di lampade dovuto a guasti.
Costi gestione impianto (€)	Costo per la gestione dell'impianto in termini di personale e asset tangibili (es. veicoli).
Costi aggiuntivi finanziamento (€)	Costo per la stipulazione di assicurazioni, fidejussioni, etc. caratteristiche di ciascuna modalità di finanziamento.
Flusso di Cassa SAL1 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SAL1.
Flusso di Cassa SAL2 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SAL2.
Flusso di Cassa SAL3 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SAL3.
Flusso di Cassa SSS1 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS1.
Flusso di Cassa SSS2 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS2.
Flusso di Cassa SSS3 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS3.
Flusso di Cassa SSS4 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS4.
Flusso di Cassa SSS5 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS5.
Flusso di Cassa SSS6 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS6.
Flusso di Cassa SSS7 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS7.
Flusso di Cassa SSS8 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS8.
Flusso di Cassa SSS9 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS9.
Flusso di Cassa SSS10 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS10.
Flusso di Cassa SSS11 (€)	Flusso di cassa derivante da utilizzi di varia natura (p.es. vendita dati) dei servizi SSS11.

SAL: Smart Adaptive Lighting

SSS: Smart Street Services

Infine, nel calcolo dei benefici in termini di consumo energetico passando dalla situazione *as-is* alla situazione *to-be*, il ME prende in considerazione variabili come la potenza delle lampade e la possibilità, nel caso delle tecnologie più moderne, di accensione a consumo ridotto per un prefissato numero di ore giornaliere (*dimming*). In questo caso, tutte le voci sono da considerarsi relative alla singola lampada e quindi scalano linearmente con le dimensioni dell'impianto.

La Tabella 19 riporta nel dettaglio le variabili che sono state utilizzate nel ME per la schematizzazione di questo aspetto.

**Tabella 19. Variabili per il calcolo dei consumi energetici**

<b>Variabili per la Valutazione del Risparmio Energetico su Base Annuo</b>	
Potenza nominale (W)	Potenza nominale della lampada.

Potenza effettiva (W)	Potenza effettiva della lampada rilevata a morsetto (tipicamente superiore al valore indicato dalla casa produttrice a causa di inefficienze energetiche).
Fattore efficienza impianto ( $\lambda$ )	Fattore di scala per stimare l'inefficienza dell'impianto di illuminazione calcolato dividendo la potenza nominale per quella effettiva ( $\lambda \leq 1$ ).
Percentuale potenza in dimmering (%)	Percentuale di potenza rispetto al totale nel caso di funzionamento in dimmering.
Ore accensione piena (h/y)	Ore (h) annuali (y) totali di accensione della lampada a potenza piena.
Ore accensione in dimmering (h/y)	Ore (h) annuali (y) totali di accensione della lampada a potenza ridotta.

Al calcolo dei flussi di cassa dovuti all'upgrade tecnologico vanno poi aggiunti, a parte, per i primi cinque anni, i benefici economici derivanti da incentivi statali per il risparmio di CO<sub>2</sub> emessa ("Certificati Bianchi"). A tal fine, è necessario convertire il risparmio energetico in kilowattora in Tonnellate Equivalenti di Petrolio (1 TEP = 5347,49 kWh) vendibili come titoli su mercati regolamentati (nel ME, 1 TEP = 100€).

Va precisato che essendo i TEP titoli di mercato, il loro prezzo è variabile. Nel presente lavoro, il valore è fissato a 100€, prendendo a riferimento il loro valor medio in riferimento agli ultimi anni. Nelle applicazioni, per ottenere risultati più precisi, sarà opportuno fare riferimento al valore economico di un TEP nel momento della stima dei costi.

Al fine di rendere più chiara la struttura del ME e la sua applicazione a casi pratici, di seguito vengono presentati due esempi di applicazione al calcolo della stima dei costi e dei benefici di un intervento di riqualificazione del parco di illuminazione pubblica: riqualificazione in autofinanziamento e riqualificazione in PF. Gli esempi hanno primariamente funzione illustrativa. È chiaro che divergenze, anche importanti, rispetto a quanto scritto sono da prevedersi nei casi reali, maggiormente ricchi e complessi.

L'utilità dei modelli che seguono consiste nel fornire un approccio per affrontare le varie esigenze che possono presentarsi in sede di valutazione e una stima degli effetti qualitativi che prendono corpo fra le variabili e gli attori coinvolti.

#### **Esempio 1: Modalità di "Autofinanziamento"**

L'esempio seguente discute l'applicazione del ME alla riqualificazione di impianti di diverse dimensioni (partendo da 10,000 lampade, caso tipico di un comune italiano di 100,000 abitanti) da SAP a LED in modalità autofinanziamento.

Vista l'assenza di informazioni al livello di dettaglio espresso nella Tabella 17, Tabella 18, Tabella 19, l'esempio valorizza i costi in maniera aggregata, sulla base dell'esperienza empirica in possesso degli autori. Inoltre, all'interno del quadro di illustrazione qualitativa delle varie dinamiche fra le variabili, l'esempio presenta un'analisi di sensitività dell'investimento in termini di tempo di finanziamento e costo del denaro.

Specificamente, vengono illustrati costi e benefici di un autofinanziamento per  $t = 12, 24$  e  $36$  anni (sono stati assunti  $t$  multipli del tempo di vita medio stimato per una lampada LED corrispondente a 12 anni) e per ciascuno dei tempi viene analizzata la sensitività dei vari indicatori economici al costo medio ponderato del capitale (WACC = 3%, 5% e 7%). Infine, l'esempio analizza la variazione del Payback al variare del prezzo dell'energia.

La Tabella 20 riporta i costi stimati per l'intervento di riqualificazione.

**Tabella 20. Costo Investimento**

<b>Costo Investimento</b>	
n. lampade	10,000

Costo Intervento per Lampada (lampade più 500€/cad. armatura)

Tot. = 5,000,000 €

= Costo Intervento per Lampada \* n. lampade

La Tabella 21 invece riporta i costi pre- e post-intervento di riqualificazione ed in calce il delta di spesa con la formula per la stima. Si noti che in tabella l'efficienza dell'impianto ( $\lambda$ ) è stata assunta uguale ad uno.

Valori differenti di efficienza andrebbero a modificare la potenza effettiva ( $Potenza\ Effettiva = \frac{Potenza\ Nominale}{Fattore\ Efficienza\ Impianto}$ ) ovvero i consumi energetici e i flussi di cassa da essi derivanti.

Ai costi/benefici riportati in Tabella 21 vanno aggiunti negli anni multipli di 3 i risparmi dovuti alle spese di manutenzione delle lampade SAP (150€ \* n. lampade) a cui, negli anni multipli di 12, vanno sottratte le spese di manutenzione delle lampade LED (500€ \* n. lampade).

**Tabella 21. Costi/Benefici in Spesa Energetica**

<b>Costi/Benefici Spesa Energetica</b>		
	SAP	LED
Potenza Nominale (W)	70	35
Fattore Efficienza Impianto ( $\lambda$ )	1	1
Potenza Effettiva (W)	70	35
Percentuale Potenza in Dimmering (%)	NA	60%
Potenza a Morsetto (Dimmering) (W)	NA	21
Ore Annue Accensione Piena (h)	4,168	2,168
Ore Annue Accensione Dimmering (h)	NA	2,000
Costo Unitario Energia (€/kWh)		0.19 €/kWh
Delta (pre – post) = 330,372€		
$\left[ (Potenza\ Effettiva * Ore\ Accensione\ Piena + Potenza\ Effettiva\ in\ Dimmering * Ora\ Accensione\ in\ Dimmering) / 1000 * n.\ lampade * Costo\ Unitario\ Energia \right]$		

Infine, in Tabella 22 riportiamo il calcolo dei costi/benefici in termini di risparmio energetico.

Il risparmio energetico, oltre ad avere valenza in termini di impatto ambientale, è propedeutico ai fini del calcolo dei proventi derivanti dalla vendita dei cosiddetti "Certificati Bianchi", che vengono valorizzati secondo quanto espresso nell'ultima parte della sezione precedente (1,738,800 kWh/5347,49 kWh/TEP \* 100€/TEP).

**Tabella 22. Costi/Benefici in Consumi Energetici**

<b>Costi/Benefici Consumi Energetici</b>		
	SAP	LED
Potenza Nominale (W)	70	35
Fattore Efficienza Impianto ( $\lambda$ )	1	1
Potenza Effettiva (W)	70	35
Percentuale Potenza in Dimmering (%)	NA	60%
Potenza a Morsetto (Dimmering) (W)	NA	21
Ore Annue Accensione Piena (h)	4,168	2,168
Ore Annue Accensione Dimmering (h)	NA	2,000

$$\Delta (pre - post) = 1,738,800 \text{ kWh}$$

$$[(Potenza \text{ Effettiva} * Ore \text{ Accensione Piena} + Potenza \text{ Effettiva in Dimmering} * Ora \text{ Accensione in Dimmering})/1000 * n. \text{ lampade}]$$

Con questi dati è possibile calcolare il:

$$VAN (\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r_t)^t}); \quad TIR (\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t}) = 0;$$

dove con  $CF_t$  e  $r_t$  si indicano rispettivamente il flusso di cassa ed il tasso di interesse al tempo  $t$  di una riqualificazione dell'impianto di PI [ SAP → LED ] con Autofinanziamento.

La Tabella 23 riporta i loro valori tenendo in considerazione diversi tempi di ammortamento del progetto e diversi tassi di interesse possibili.

**Tabella 23. VAN e TIR Riqualificazione SAP → LED**

t	TIR	r		
		3%	5%	7%
		VAN		
12y	10%	€2,216,002.81	€1,450,941.12	€797,224.72
24y	11%	€4,717,886.69	€3,015,745.05	€1,758,023.05
36y	11%	€6,472,657.70	€3,887,086.43	€2,184,629.00

Come si vede, avendo supposto un numero di 10,000 lampade da riqualificare ed un costo di 500€/cad. (comprensivo delle varie operazioni connesse con la sostituzione) sia VAN che TIR dimostrano la convenienza dell'investimento, anche con tempi di ammortamento relativamente brevi (12y).

Chiaramente, come già evidenziato nella presentazione della Tabella 6, i risultati numerici variano al variare dell'efficienza energetica dell'impianto. Al fine di tener conto di questo ulteriore aspetto è necessario stimare un valore di efficienza iniziale dell'impianto ( $\lambda_i$ ), aggiungere un costo di lavori per l'aumento dell'efficienza ( $\lambda_f \geq \lambda_i$ ) e correggere le potenze nominali pre- e post- facendo uso di tali coefficienti di efficienza. Ricorrendo ai valori dell'esempio precedente e alle stime:

$$\lambda_i = 0.7;$$

$$\lambda_f = 1;$$

$$costo \text{ efficientamento} = 100\text{€}/lampada;$$

$$r = 5\%;$$

$$t = 30y.$$

Si ottengono rispettivamente un VAN di 2,706,053.72€ ed un TIR del 9%.

Al fine di comprendere e commentare andamenti tendenziali, è utile esaminare la medesima tabella nel caso dei due estremi possibili, ovvero un piccolo comune (n. lampade = 3,000) ed una città di grandi dimensioni (n. lampade = 150,000). Inoltre in questo caso il costo pieno per la sostituzione di una lampada è fissato a €800 (comprensivo delle varie attività connesse alla sua installazione).

La Tabella 24 riporta il risultato dell'analisi con i valori riguardanti il piccolo comune indicati in parentesi ed in rosso i valori negativi.

**Tabella 24. VAN e TIR Riqualificazione SAP → LED (cittadina vs città)**

t	R		
	3%	5%	7%

	TIR		VAN	
12y	1%	-€11,759,957.88	-€23,235,883.17	-€33,041,629.20
	(1%)	(-€235,199.16)	(-€464,717.66)	(-€660,832.58)
24y	5%	€25,768,300.33	€236,175.78	-€18,629,654.21
	(5%)	(€515,366.01)	(€4,723.52)	(-€372,593.08)
36y	6%	€52,089,865.57	€13,306,296.49	-€12,230,564.97
	(6%)	(€1,041,797.31)	(€266,125.93)	(-€244,611.30)

Dai dati in Tabella 24 è evidente che, visti gli ingenti costi di investimento iniziali ipotizzati in questo caso (800€), la tecnologia LED risulta conveniente dal punto di vista economico se i tassi di interesse applicati sono contenuti (<7%) e i tempi di ammortamento medio lunghi ( $\geq 24y$ ). Questo andamento rimane qualitativamente il medesimo sia per comuni di piccole dimensioni (3,000 punti luce) che per aree metropolitane (150,000 punti luce).

Infine, di seguito è riportato il grafico del *Payback Time* in funzione del prezzo dell'energia nel caso di 10,000 punti luce (caso tipico di un comune italiano) considerando un prezzo complessivo delle lampade (e oggetti/attività connesse) di €800 (Figura 109).

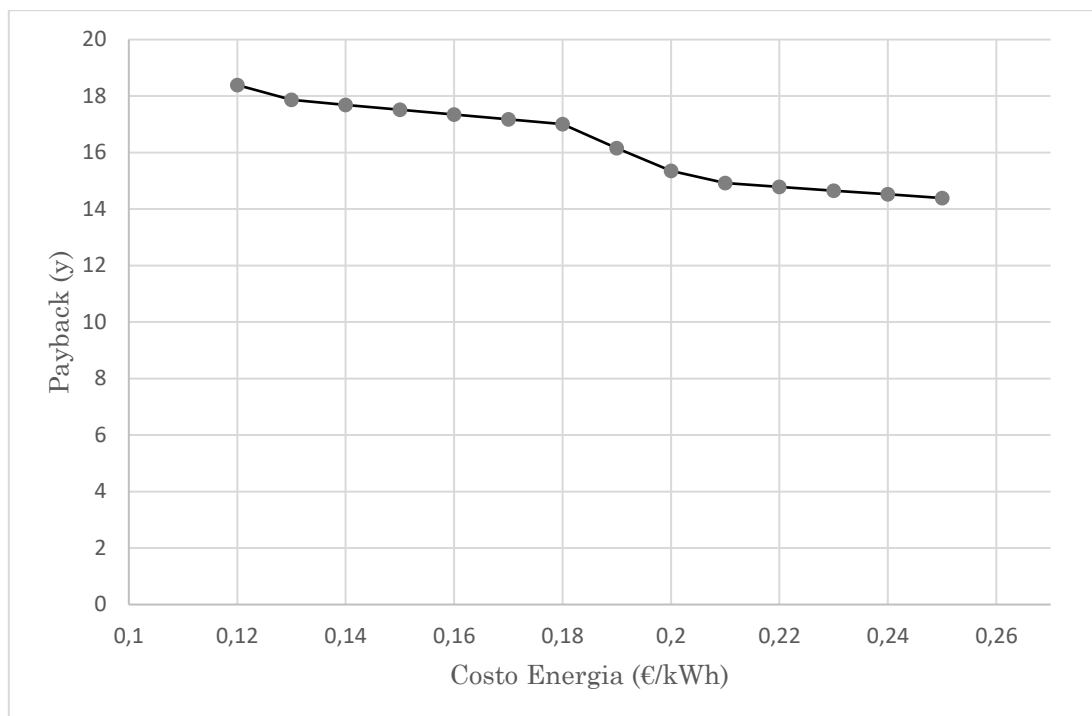


Figura 109. Payback Time SAP -> LED

È bene sottolineare che qui, come nelle altre parti di questa prima illustrazione, il metodo di calcolo dei costi di manutenzione prevede una reinstallazione completa di lampade ed armature al termine della loro vita media. Tale approssimazione rappresenta una sovrastima dei costi, ovvero un cosiddetto un *worst case*, di cui tenere conto nell'analisi qualitativa dei ritorni economici. Inoltre, per via di tale approssimazione, il calcolo del *Payback Time* risulta leggermente differente rispetto alla sua nozione canonica. Infatti, invece di essere calcolato sulla base del primo flusso di cassa cumulativo che ripaga l'investimento iniziale, viene calcolato

sulla base del primo flusso di cassa cumulativo a partire dal quale tutti i seguenti danno un valore incrementale positivo.

La Tabella 25 chiarisce con un esempio numerico fittizio (spesa iniziale 100, flussi di cassa annuali costanti 30, costi “aggiuntivi” variabili: anno cinque 70, anno otto 60) quanto espresso, oltre a fornire esplicitamente in calce la formula utilizzata in Figura 1 per il calcolo dei Payback Time.

**Tabella 25. Formula per il Calcolo del Payback Time**

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flussi di Cassa	-100	+30	+30	+30	+30	-40	+30	+30	-30	+30	+30
Somma Algebrica	-100	-70	-40	-10	+20	-20	+10	+40	+10	+40	+70

Payback Time = n. anni fino all’ultimo flusso di cassa cumulativo negative + (valore assoluto dell’ultimo flusso di cassa cumulativo negativo / flusso di cassa nel primo anno della serie positiva):  $5 + (20/30) = 5.6$  anni.

La discussione numerica del ME esposta fin qui si riferisce al caso di una riqualificazione SAP → LED con la modalità di Autofinanziamento, con il computo dei costi iniziali aggregato nelle sole variabili di installazione lampade e manutenzione impianto.

Lo stesso modello è di facile generalizzazione a casi più complessi, previa la valorizzazione dei costi e dei ricavi di cui *ex ante* si ha contezza.

**Esempio 2: Modalità “Project Financing”**

L’esempio seguente discute l’applicazione del ME alla riqualificazione di un impianto di 10,000 lampade (caso tipico di un comune italiano di 100,000 abitanti) da SAP a LED in modalità PF. Vista l’assenza di informazioni al livello di dettaglio espresso nelle Tabelle 1-3, l’esempio valorizza i costi in maniera aggregata, sulla base dell’esperienza empirica in possesso degli autori. Inoltre, considerata la complessità normativa ed il numero di variabili in gioco nel caso di progetti in PF, l’esempio si focalizza esclusivamente su una struttura semplificata di costi/benefici con lo scopo di illustrare le dinamiche cui prendono parte le variabili principali oggetto di questo studio. Infine, sempre con l’ottica di una discussione qualitativa delle dinamiche fra le variabili e di una loro facile comprensione, nell’esempio sono esclusi dal computo i costi di manutenzione negli anni multipli di 3 e/o 12 per le lampade SAP e LED (così da semplificare le formule per il calcolo dei flussi di cassa).

La struttura dei costi iniziali per l’investimento invece, così come i successivi benefici in termini di spesa e consumi energetici rimangono invariati rispetto ai dati riportati nella Tabella 20, Tabella 21, Tabella 22. Come comunemente accade in progetti di tipo PF, è necessario introdurre una ripartizione dei costi iniziali e dei benefici economici futuri fra gli attori coinvolti, ovvero ente comunale e soggetto privato finanziatore. In questa circostanza, una quota del 25% dell’investimento iniziale è data in carico all’ente comunale (1,250,000€), mentre il restante 75% viene attribuito al soggetto privato (3,750,000€). Per i benefici economici si assume che i flussi di cassa (CF) derivanti dai risparmi energetici rimangano appannaggio del comune, mentre il soggetto privato riceve un canone annuale congruo al rimborso della spesa iniziale, sulle cui dinamiche sono centrati la maggior parte dei calcoli. Infine, il costo medio del capitale (WACC) per entrambi gli attori è fissato al 3% e la durata del progetto (t) è di 30 periodi (anni).

Il primo obiettivo è il calcolo del canone minimo che l’ente comunale deve corrispondere al soggetto privato affinché questi rientri dei costi iniziali.



In prima approssimazione, per avere un'idea degli ordini di grandezza in gioco, è possibile procedere ignorando le imposte dovute dal soggetto privato sul canone ricevuto e le detrazioni derivanti dall'ammortamento dell'impianto.

In questa situazione semplificata, invertendo la formula del VAN per una serie di CF uguali (il canone annuo appunto) e sostituendo i valori computati in precedenza si ottiene:

$$\text{Canone (CF)} = \frac{\text{Investimento Iniziale}}{\frac{(1-(1+WACC)^{-t})}{WACC}};$$

$$\text{Canone (CF)} = 191,322.00\text{€}.$$

Questo canone dà luogo ai seguenti profili per i flussi di cassa di comune e soggetto privato:

**Tabella 26. Flussi di Cassa Ente Comunale: Canone Minimo**

t	€
0	-1,250,000.00
1	171,566.00
2	171,566.00
...	...
5	171,566.00
6	139,050.00
7	139,050.00
...	...
30	139,050.00

CF (t=0) = Investimento Iniziale \* 0.25;  
 CF (t=1-5) = Risparmi Energetici (Tabella 5) + Ricavi da Certificati Bianchi – Canone;  
 CF (t=6-30) = Risparmi Energetici (Tabella 5) – Canone.

**Tabella 27. Flussi di Cassa Soggetto Privato: Canone Minimo**

t	€
0	-3,750,000.00
1	191,322.00
2	191,322.00
...	...
30	191,322.00

CF (t=0) = Investimento Iniziale \* 0.75;  
 CF (t=1-30) = Canone.

In questa situazione, il VAN per l'ente comunale ammonta a 1,577,000.00€ ed il TIR del 12%, una situazione chiaramente favorevole. Ovviamente, per come è impostato questo specifico passaggio, il VAN per il soggetto privato è nullo ed il TIR pari al WACC (3%).

Una modellizzazione più vicina ad una situazione reale deve però tenere obbligatoriamente in conto almeno gli aspetti riguardanti le imposte a cui il soggetto privato è tenuto così come l'ammortamento dell'investimento nel suo arco di vita. Supponendo un livello di imposte per il soggetto privato del 35% ed un ammortamento di tipo lineare per l'intera durata del progetto (125,000€ annui, ovvero il costo dell'investimento iniziale ripartito equamente sui 30 anni), l'impostazione per il calcolo del canone minimo deve ora tener conto dei maggiori costi dovuti alle imposte e della loro attenuazione dovuta all'ammortamento.

Tendendo in considerazione il precedente risultato, ovvero il livello di flussi di cassa necessario ad un VAN zero (191,322€, Tabella 27), il canone annuale da corrispondere può essere calcolato come quel canone tale per cui, al netto di imposte e ammortamento, il flusso di cassa generato ogni anno sia il medesimo del precedente computo:

$$191,322.00\text{€ (CF)} = \text{Canone} - ((\text{Canone} - \text{Ammortamento}) * \text{Imposte});$$

$$\text{Canone} = 227,034.00\text{€}.$$

Anche in questo caso (canone minimo al netto di imposte ed ammortamento), per costruzione, il VAN per il soggetto privato rimane a zero ed il TIR al 3%, mentre per l'ente comunale, variando il canone che questo deve corrispondere annualmente si ha una variazione, al ribasso, del VAN (897,458.00€) e del TIR (8%).

La situazione appena descritta rappresenta un caso limite, ovvero il guadagno massimo a cui un comune può auspicare avendo ingaggiato in un progetto di PF un ipotetico soggetto privato disposto ad accettare un VAN nullo ed un TIR uguale al WACC. Chiaramente, situazioni reali impongono la valutazione di richieste, legittime, di guadagni da parte dei soggetti privati. A tal fine, è opportuno aggiungere una piccola modifica nell'equazione utilizzata per ricavare il canone, ovvero:

$$\text{Canone} = \frac{\text{Investimento Iniziale} + \text{Surplus}}{\frac{(1 - (1 + \text{WACC})^{-t})}{\text{WACC}}}$$

Partendo da questa equazione, piuttosto che dalla serie di flussi di cassa, è possibile variare il valore del "Surplus" richiesto dal soggetto privato e quindi generare un nuovo canone ed una nuova serie di flussi di cassa dai quali derivare nuovi valori di VAN e TIR (funzioni del surplus richiesto). Ad esempio, variando il valore del surplus da zero a 699,970.00€ si ottiene nuovamente la serie di flussi di cassa da 191,322.00€, ovvero un VAN = 0 ed un TIR = WACC. Il vantaggio di tale notazione è quello di essere adatta ad esaminare al variare del surplus richiesto la profittabilità dell'investimento per entrambi gli attori. Impostando ad esempio un valore di surplus richiesto di 1,000,000.00€ nell'equazione precedente si ottiene un canone pari a 252,545.00€ da cui derivano i seguenti flussi di cassa per ente comunale e soggetto investitore.

**Tabella 28. Flussi di Cassa Ente Comunale: Surplus**

t	€
0	-1,250,000.00
1	110,343.00
2	110,343.00
...	...
5	110,343.00
6	77,827.00
7	77,827.00
...	...
30	77,827.00

CF (t=0) = Investimento Iniziale \* 0.25;

CF (t=1-5) = Risparmi Energetici (Tabella 5) + Ricavi da Certificati Bianchi – Canone;

CF (t=6-30) = Risparmi Energetici (Tabella 5) – Canone.

**Tabella 29. Flussi di Cassa Soggetto Privato: Surplus**

t	€
0	-3,750,000.00
1	207,904.00

2	207,904.00
...	...
30	207,904.00

CF (t=0) = Investimento Iniziale \* 0.75;  
CF (t=1-30) = Canone – ((Canone – Ammortamento) \* Imposte).

Ad esempio, trascurando per semplicità i benefici derivanti dai certificati bianchi al fine di rendere l'inversione delle formule immediata, il canone massimo che un ente comunale può pagare ad un soggetto privato per un progetto di questo tipo si ricava derivando il flusso di cassa (CF) per un VAN nullo e sottraendo questo valore ai risparmi di costo derivanti dalla riqualificazione (flusso di cassa positivo appannaggio dell'ente comunale):

$$CF \text{ (per un VAN = 0)} = \frac{\text{Investimento Iniziale Comune}}{\frac{(1-(1+WACC)^{-t})}{WACC}};$$

$$\text{Canone Massimo} = \text{Risparmi Costo (Tabella 5)} - CF.$$

Assumendo i valori dell'esempio e le ulteriori semplificazioni di questa ultima parte (assenza di entrate dovute alla vendita dei certificati bianchi per i primi cinque anni), il canone massimo che può essere corrisposto da un ente comunale prima di incorrere in perdite è di 266,598.00€ (VAN = 0, TIR = WACC), cui corrisponde per il soggetto privato un VAN di 489,372€ e un TIR del 4%. Al limite in cui nessun soggetto privato fosse disponibile a portare avanti il progetto di riqualificazione con la prospettiva di questi valori per gli indicatori economici VAN e TIR, l'opzione PF risulterebbe non perseguibile.

#### 4.3.3 Modello Finanziario

##### Le diverse modalità di finanziamento a disposizione degli Enti Locali

La riqualificazione e l'ammmodernamento dell'impianto illuminotecnico del S\_PI possono essere avviate solo dopo una preliminare analisi di fattibilità, che deve tener conto dei meccanismi finanziari e degli eventuali vincoli di bilancio dei singoli Enti locali.

In particolare, gli Enti che intendono riqualificare e ammodernare gli impianti del S\_PI del loro territorio, dovranno valutare necessariamente e preliminarmente i costi dell'intervento e le risorse finanziarie a disposizione.

Nel dettaglio, gli Enti Locali dovranno reperire i fondi necessari per l'espletamento di tre diverse fasi:

- **Fase Preliminare di analisi: Costi Iniziali (C<sub>i</sub>);** (inclusi Costi Attività Prodromiche)
- **Fase Progettuale:** scelta delle figure professionali e/o tecnici che devono occuparsi della valutazione e della procedura di riscatto degli impianti: **Costi Progettuali (C<sub>p</sub>);**
- **Fase di accesso al mercato:** per selezionare l'operatore a cui sarà affidato il S\_PI: **Costi di Avviamento (C<sub>a</sub>).**

A tal fine, essi possono principalmente procedere con tre modalità, ovvero:

- I. In modo autonomo: **Autofinanziamento o "Self-Made";**
- II. In collaborazione con uno o più privati: **"Partenariato Pubblico Privato" (PPP), "Project Financing" (PF), "Finanziamento Tramite Terzi" (FTT);**
- III. Tramite Consip: **Convenzione "Servizio Luce".**

**Procedere in modo autonomo attraverso: l'Autofinanziamento o "Self-made"**

La decisione di ricorrere ad un intervento diretto e/o di finanza autonoma e quindi attraverso la modalità di "Autofinanziamento" si presenta per l'Ente pubblico come un'opzione favorevole qualora si abbia la certezza di conseguire adeguati risparmi energetici, nonché vi sia la possibilità che gli stessi si possano ripagare in tempi "ragionevoli".

Gli Enti, come vedremo più dettagliatamente in seguito, prima di procedere con tale opzione devono fare i conti con la disponibilità di fondi nelle proprie casse, e pertanto, devono valutare attentamente il rischio di violare le norme sul Patto di Stabilità e sugli obblighi della contabilità pubblica.

La forma di Autofinanziamento deve necessariamente prevedere in via preliminare una:

- **Valutazione dei Vincoli di Bilancio** (Patto di Stabilità e Normative europee).

**N.B.** L'Autofinanziamento non offre soluzioni per derogare ai Vincoli Di Bilancio.

- $Q_i$  (la quota annuale degli investimenti sostenuti -  $i$ )  $\leq Q_{S\_PI}$  (l'ammontare oggi previsto nel bilancio comunale per il servizio di pubblica illuminazione -  $S\_PI$ );

Per procedere con tale modalità, l'Ente deve disporre delle risorse economiche necessarie a far fronte a tutti i costi, previsti e inattesi, che debbono essere sostenuti per ammodernare il proprio impianto di PI. Tali risorse possono derivare da disponibilità di cassa o, in alternativa, dai flussi che possano essere generati dall'alienazione di beni nella piena disponibilità dell'Ente stesso.

Laddove l'Ente decida di procedere con l'Autofinanziamento, questo sarà investito dell'obbligo di:

- Avviare tutte le attività prodromiche necessarie per giungere alla definizione del bando di gara tramite il quale sarà individuato il soggetto terzo, chiamato ad eseguire i lavori in nome e per conto del  $C_i$  stesso;
- Predisporre un'adeguata pianificazione degli approvvigionamenti di energia elettrica e un'analisi economico-finanziaria che consenta di valutare il ritorno degli investimenti, in termini monetari e di riduzione dei consumi energetici;
- Individuare le figure professionali in grado di gestire, coordinare e monitorare tutte le fasi dell'intervento di riqualificazione, e allo stesso tempo nominare i soggetti incaricati della manutenzione degli impianti di PI, qualora non siano già presenti tra il personale del  $C_i$ .

Inoltre, l'Ente dovrà necessariamente farsi carico delle spese e della ricerca dei relativi finanziamenti, nonché dei rischi di esecuzione e di gestione con notevole impatto dal punto di vista dei difficili equilibri di bilancio. La necessità del ricorso al credito offerto da istituti finanziari sarà per il singolo Ente una componente di valutazione predominante rispetto al profilo dell'erogazione del servizio e del risparmio conseguibile anche in termini di efficientamento energetico.

Le problematiche legate a tale soluzione operativa sono quelle che si verificano ogni qualvolta l'Ente decide di ricorrere al contratto di *leasing* in cui, il più delle volte, vi è una vera e propria forma di indebitamento, che assume rilevanza ai fini della verifica delle disponibilità finanziarie nel medio lungo periodo e, quindi, della sua corretta imputazione contabile.

La Corte dei Conti ribadisce che questo tipo di operazione può essere configurata come leasing operativo solo se l'ente locale si limita ad utilizzare il bene, senza trasformazione e fino alla sua obsolescenza, mentre in caso contrario può essere configurata come leasing finanziario, che maschera un'operazione di indebitamento. La giurisprudenza ha precisato che le forme di indebitamento devono essere utilizzate solo laddove ricorrano particolari condizioni di convenienza e, in ogni caso, non devono mai eludere vincoli o limiti, che le regole di finanza pubblica pongono all'operato dell'Ente. Queste operazioni devono quindi essere valutate in termini di convenienza e sostenibilità per il bilancio dell'Ente, considerando, a tali fini, in alternativa il ricorso al contratto di mutuo ovvero al finanziamento da parte della Cassa Depositi e Prestiti, sempre verificando in maniera analitica l'impatto in termini di sostenibilità per il bilancio di ogni soluzione che implichi indebitamento.

La scelta del tipo di finanziamento implica complesse valutazioni che partono da un'analisi approfondita di tutti gli aspetti contabili. Infatti, occorre valutare con attenzione diversi aspetti:

- il tipo di investimento da realizzare;
- la rigidità dei criteri di contabilizzazione;
- la capacità di programmazione degli amministratori locali;
- la propensione al rischio;
- i rischi legati all'andamento del mercato finanziario in generale.

Infine, una problematica riscontrata e segnalata più volte dalla Corte dei Conti, per quanto riguarda le forme di Autofinanziamento è rappresentata attualmente dall'inerzia degli Enti locali nel creare forme aggregative, come prescritto dalla normativa vigente. Gli Enti locali o i Ci, infatti, sono tenuti ad aggregarsi tra loro nell'indizione di gare per la selezione degli operatori a cui affidare la gestione dei servizi pubblici o per l'acquisto di beni, al fine di ridurre il numero delle stazioni appaltanti e qualificando le stesse sulla base di criteri di efficienza e professionalizzazione, in modo tale da conseguire risparmi sulle spese di acquisizione di lavori, beni e servizi.

In Italia, il legislatore ha introdotto delle soglie di applicazione delle nuove disposizioni, di cui occorre tener conto. In particolare:

- i Ci non capoluogo di provincia possono procedere in maniera diretta ed autonoma all'acquisizione di forniture e servizi al di sotto di 40.000 € e di 150.000 € per servizi.
- Sopra tali importi, nonché per lavori di manutenzione ordinaria superiori a 150.000 € ed inferiori a 1.000.000 €, i Ci non capoluogo di provincia, se iscritti all'AUSA (Anagrafe unica delle stazioni appaltanti), essi possono procedere all'affidamento autonomamente attraverso gli strumenti telematici di negoziazione messi a disposizione dalle centrali di committenza qualificate secondo la normativa vigente.
- Al di fuori di tali ipotesi i Ci dovranno procedere secondo una delle modalità individuate al comma 4 dell'art. 37, ovvero: ricorrendo a una centrale di committenza o a soggetti aggregatori qualificati; mediante unioni di comuni costituite e qualificate come centrali di committenza, ovvero associandosi o consorziandosi in centrali di committenza nelle forme previste dall'ordinamento; ricorrendo alla stazione unica appaltante costituita presso gli enti di area vasta (ex legge 7 aprile 2014, n. 56).

## **PROCEDERE IN COLLABORAZIONE CON I PRIVATI**

Il "**Partenariato Pubblico Privato**" (PPP) è definito dal Nuovo Codice dei Contratti pubblici (D.Lgs. n. 50/2016, all'art. 3 comma 1 lett. e), quale contratto a titolo oneroso, stipulato per iscritto, con il quale una o più stazioni appaltanti conferiscono ad uno o più operatori economici, per un periodo determinato in funzione della durata dell'ammortamento dell'investimento o delle modalità di finanziamento fissate, un complesso di attività consistenti nella realizzazione, trasformazione, manutenzione e gestione operativa di un'opera in cambio della sua disponibilità, o del suo sfruttamento economico, o della fornitura di un servizio connessa all'utilizzo dell'opera stessa, con assunzione di rischio secondo modalità individuate nel contratto, da parte dell'operatore.

Nel Codice viene anche specificato che nei contratti di concessione la maggior parte dei ricavi di gestione del concessionario deriva dalla vendita dei servizi resi al mercato e che tali contratti comportano il trasferimento al concessionario del rischio operativo. In particolare con rischio operativo si intende la possibilità che, in condizioni operative normali, le variazioni relative ai costi e ricavi oggetto della concessione incidano sull'equilibrio del piano economico-finanziario, modificandone in tal modo il valore attuale netto degli investimenti, dei costi e dei ricavi del concessionario.

Il PPP prevede normalmente l'affidamento ad un operatore privato del finanziamento del progetto di riqualificazione del S.PI. Ai fini della contabilizzazione delle opere al di fuori del bilancio pubblico dell'Ente, occorre allocare correttamente i rischi e le risorse, in capo alle diverse parti di un contratto di PPP. In particolare è necessario il trasferimento di una serie di rischi (che, in caso di gestione diretta da parte dell'Ente graverebbero completamente sulla collettività) al soggetto privato oltre al loro impatto economico. Il PPP è caratterizzato dal trasferimento in capo al soggetto privato del rischio di costruzione e di almeno uno tra i rischi di domanda e di disponibilità (art. 3 del nuovo Codice).

- **Rischio di costruzione:** comprende eventi quali il ritardo nei tempi di consegna, il mancato rispetto degli standard di progetto, l'aumento dei costi, gli inconvenienti di tipo tecnico nell'opera e/o il mancato completamento dell'opera;
- **Rischio di disponibilità:** legato alla capacità, da parte del concessionario, di erogare le prestazioni contrattuali pattuite, sia per volume che per standard di qualità;
- **Rischio di domanda:** collegato alla variabilità della domanda che non dipende dalla qualità del servizio prestato dal concessionario dell'infrastruttura ma da fattori, quali la presenza di alternative più convenienti per gli utenti, il ciclo di business e/o nuove tendenze del mercato.

Un PPP consente quindi la riduzione del rischio di costruzione per l'Ente, che in questo caso viene allocato sul soggetto aggiudicatario della procedura, il trasferimento del rischio di disponibilità degli impianti ed il rispetto degli standard di servizio definiti dalla PA richiedente, la possibilità di trasferire i rischi legati al reperimento delle risorse finanziarie dell'investimento ed infine la definizione degli obiettivi di efficientamento energetico con il trasferimento al privato del rischio del loro mancato raggiungimento. La decisione di ricorrere ad un PPP quale modalità di finanziamento presenta anch'essa dei pro e dei contro. Infatti, mentre da una parte il PPP consente agli Enti locali di superare le difficoltà finanziarie (Agevolata fase di avvio delle attività di riqualificazione), dall'altra comporta un grande impegno ed una maggiore attenzione per i responsabili comunali, e pone quindi sfide impegnative per gli Enti stessi.

I ricavi gestionali in capo all'operatore provengono dal canone riconosciuto dall'Ente concedente (nel caso di opere fredde o tiepide) e/o da qualsiasi altra forma di contropartita economica ricevuta anche nella forma dell'introito diretto della gestione del servizio qualora l'opera oggetto del contratto lo consenta (cosiddette opere calde). L'Ente concedente a fronte della disponibilità dell'opera o della domanda di servizi può decidere se versare un canone all'operatore economico prevedendo anche la sua riduzione in caso di diminuita fruizione dell'opera o mancata prestazione dei servizi non imputabile all'operatore. Le variazioni del canone, tuttavia, devono essere tali da incidere in modo significativo sul valore attuale netto degli investimenti, dei costi e dei ricavi dell'operatore economico che eroga il servizio.

Anche per il PPP, così come per le concessioni, il ruolo determinante è assunto dall'equilibrio economico-finanziario dell'intera operazione. Per raggiungere tale equilibrio, in sede di gara, l'amministrazione aggiudicatrice può stabilire anche un canone consistente in un contributo pubblico, quale la cessione di beni immobili che non assolvono più a funzioni di interesse pubblico. Pertanto, a titolo di contributo, può essere riconosciuto un diritto di godimento tecnicamente e strumentalmente connesso all'opera o al servizio, da affidare in concessione.

Il legislatore ha stabilito che: l'eventuale riconoscimento di un canone, sommato al valore di eventuali garanzie pubbliche o di finanziamenti a carico della PA, non può essere superiore al 30% del costo dell'investimento complessivo, comprensivo di eventuali oneri finanziari.

Per i PPP, la disponibilità di un finanziamento ed il suo grado di bancabilità è condizione imprescindibile per effettuare la valutazione di convenienza. La sottoscrizione del contratto ha luogo, infatti, come previsto per le concessioni, previa presentazione di idonea documentazione inerente il finanziamento dell'opera. Anche per il PPP, il contratto si ritiene risolto di diritto ove il finanziamento non sia erogato entro dodici mesi dalla sottoscrizione del contratto.

Quanto alle tipologie di PPP, ai sensi dell'art. 180 comma 8, rientrano nella categoria:

- la finanza di progetto o "**Project Financing**" (PF);
- la concessione di costruzione e gestione;
- la concessione di servizi;
- la locazione finanziaria di opere pubbliche;
- il contratto di disponibilità;
- qualunque altra procedura di realizzazione in partenariato di opere o servizi che presentino le caratteristiche di cui al medesimo art. 180.

Per quanto concerne la regolamentazione delle procedure di affidamento di tali contratti in quanto (ai sensi dell'art. 181), occorre far ricorso all'evidenza pubblica e quindi alla gara con procedura aperta o ristretta, o mediante dialogo competitivo. Tuttavia, l'affidamento può avere ad oggetto anche la progettazione delle opere da realizzare, nei tre livelli, dal progetto di fattibilità tecnico economica a quello esecutivo. In caso

contrario le amministrazioni aggiudicatrici dovranno indire la gara inserendo nei documenti il progetto definitivo e uno schema di contratto e di piano economico finanziario, disciplinanti l'allocazione dei rischi tra l'amministrazione stessa e l'operatore economico.

Pertanto è fondamentale per l'Ente procedere ad una adeguata istruttoria tenendo in debita considerazione:

- l'analisi della domanda e dell'offerta;
- la sostenibilità economico-finanziaria ed economico-sociale dell'operazione;
- la natura e l'intensità dei rischi insiti in un'operazione di PPP.

Per poter effettuare tali studi la PA procedente dovrà utilizzare strumenti comparativi di verifica in ordine alla convenienza del ricorso a forme di PPP in alternativa alle normali procedure di concessione e/o appalto. Infine, l'art. 181 comma 4 del Codice contratti pubblici prevede che l'amministrazione aggiudicatrice eserciti il controllo sull'attività dell'operatore economico attraverso sistemi di monitoraggio (come delineato da ANAC), verificando soprattutto che i rischi inizialmente trasferiti permangano in capo all'operatore medesimo.

La scelta dello strumento in esame deve essere preceduta da un'attenta istruttoria che consideri la natura e l'intensità dei rischi dell'intera operazione anche attraverso lo strumento del *Public Sector Comparator*, che tiene conto di un ipotetico costo integrato con il rischio che si presenterebbe in capo all'Ente qualora l'opera venga finanziata e gestita interamente dall'amministrazione.

**N.B.** Attraverso l'analisi dei rischi e di tale "ipotetico costo corretto", le amministrazioni aggiudicatrici possono meglio comprendere se conviene gestire l'operazione di riqualificazione degli impianti e la gestione del S\_PI attraverso le forme di gara tradizionali oppure mediante un PPP.

Gli elementi di valutazione per effettuare una scelta ponderata sono:

- la considerazione del quadro normativo vigente;
- la valutazione dei rischi trasferibili al privato;
- la capacità economico finanziaria e il possesso del necessario *know how* in capo alla amministrazione pubblica;
- la possibilità di prevedere pagamenti legati al rendimento dell'opera o del servizio;
- la possibilità di prevedere tariffe per l'erogazione dei servizi.

La componente più importante è rappresentata dalla possibilità di trasferire i rischi connessi alla realizzazione e gestione degli impianti ed al conseguimento dei risultati in termini di riduzione delle spese.

Altra tecnica utilizzata è quella dell'analisi costi-benefici che vengono monetizzati ed attualizzati in modo da renderli confrontabili. Le variabili considerate da tale tecnica sono sia di tipo monetario che di natura sociale; quest'ultima è rappresentata dal cosiddetto benessere della collettività, ovvero dalla misura con la quale la stessa beneficia e migliora la propria condizione di vita in seguito alla realizzazione degli interventi programmati.

Inoltre, per una corretta valutazione dell'allocazione dei rischi dovranno essere considerate tutte le ipotesi che possano incidere per il futuro sulla redditività dell'investimento in capo all'operatore privato. Pertanto, occorre prevedere delle clausole precise che disciplinino i casi in cui sarà eventualmente possibile procedere con una revisione del contratto e, a tal fine, si dovranno considerare tutte le circostanze quali eventi straordinari ed imprevedibili non riconducibili alla responsabilità del gestore, alle modifiche normative e, nel caso in cui esse si verificano, le modifiche da apportare dovranno sempre rispettare i parametri di redditività stabiliti in sede di aggiudicazione.

### **Gli elementi fondamentali delle procedure tecnico-giuridiche per ricorrere ad un PPP**

L'utilizzo dello strumento del PPP per effettuare interventi aventi ad oggetto la riqualificazione energetica e la gestione degli impianti di PI, deve necessariamente essere preceduto da una fase di programmazione avente ad oggetto l'analisi dei modelli a disposizione della PA ed il loro possibile utilizzo per soddisfare le esigenze della collettività di riferimento.

L'Ente che decida di indire una gara per selezionare l'operatore cui affidare tale servizio pubblico deve ben conoscere non solo quale tipo di rete intende innovare ed il suo stato di obsolescenza e manutenzione, ma deve anche aver definito quali esigenze vuole soddisfare attraverso gli interventi di qualificazione.

Altro elemento che non potrà essere trascurato concerne la natura della rete elettrica che alimenta l'infrastruttura dal momento che, la mancanza di una rete "dedicata" determina l'impossibilità di calcolare le prestazioni energetiche dei singoli punti luce e, quindi, la conseguente previsione dei risparmi energetici conseguibili.

L'eventuale progetto di riqualificazione energetica di un impianto di PI rende imprescindibile una ricognizione dei consumi di energia elettrica. Se l'Ente locale ha a sua disposizione dati aggiornati in ordine a consumi, costi di gestione ed interventi di manutenzione sarà più semplice elaborare un progetto attendibile e una previsione verosimile in ordine al grado di redditività degli interventi da eseguire. Tuttavia, spesso la PA non dispone dei dati relativi ai consumi reali della sua rete. Inoltre, gli impianti spesso sono alimentati da linee promiscue e l'Ente paga al gestore, in virtù di vecchie convenzioni, un canone forfettario comprensivo dei costi di manutenzione ordinaria. In tal caso, per determinare il costo energetico, si è costretti a ricorrere ad un dato forfettario rappresentato da quanto pagato fino a quel momento al gestore; questo dato non sempre rispecchia la reale situazione dei consumi energetici.

Affinché una operazione di PPP possa andare a buon fine occorre che la riqualificazione energetica e la gestione della rete di PI rappresenti per l'operatore economico un investimento economicamente conveniente, ovvero presenti un certo equilibrio economico-finanziario.

Per tale ragione è necessario verificare in via preliminare a quali condizioni l'intervento è realizzabile attraverso l'apporto di capitali privati. Questa verifica può essere condotta seguendo diverse fasi:

- Attraverso una valutazione preliminare basata sui dati delle passate gestioni per dar corso successivamente ad un approfondimento anche attraverso il ricorso a tecnici esterni che possano stimare sia i costi necessari per l'utilizzo di tecnologie più performanti, sia quelli che non garantiscono guadagni.
- Una volta effettuata la stima dei costi deve essere valutato il grado di ammortamento degli investimenti e poi calcola i flussi di cassa operativi del progetto considerando che i ricavi derivanti dalla gestione del servizio di PI sono rappresentati dal canone annuo corrisposto dalla PA al privato. Tale canone è determinato tenendo conto delle spese che sosteneva l'Ente prima della riqualificazione energetica (c.d. *Baseline*) ovvero dalla somma dei costi storici; una volta effettuato tale calcolo si dovrà valutare la capacità degli impianti riqualificati di generare risparmi e quindi di remunerare il privato investitore;
- Un importante fattore da considerare è quello della durata dell'affidamento che deve consentire un adeguato rientro sul capitale investito all'operatore economico.

A seguito di tale verifica potranno essere avviate le procedure volte alla creazione di un PPP e valutata la sua sostenibilità finanziaria, ossia valutare anche il loro grado di bancabilità degli investimenti.

Se dall'analisi preliminare risulta che gli interventi proposti non sono in grado di garantire al privato l'equilibrio economico-finanziario dell'investimento, è necessario per l'Ente mettere in atto alcuni correttivi, che prevedano, ad esempio:

- un allungamento della durata dell'affidamento;
- un contributo in conto capitale al partner privato per sostenere gli investimenti che non garantiscono un risparmio energetico;
- la concessione di una garanzia sul finanziamento per assicurare tassi di interesse migliori;
- la retrocessione dei risparmi ottenuti aumentando il canone pagato al privato (fattibile in caso di utilizzo del contratto di EPC).

Non bisogna dimenticare che l'utilizzo dello strumento PPP non può essere motivato da finalità elusive dei vincoli di finanza pubblica, ma la scelta deve essere necessariamente sorretta da ragioni di convenienza economica e di miglioramento degli standard qualitativi del servizio di pubblica illuminazione.

È quindi opportuno che l'Ente valuti se la riqualificazione energetica possa essere contabilizzata fuori bilancio e se i relativi costi di realizzazione non contribuiscano all'incremento del deficit pubblico (c.d. Contabilizzazione off-balance) considerando l'impatto delle spese sia sul Patto di Stabilità sia sul Limite di Indebitamento.

Nella specie, le regole Eurostat precisano che l'investimento per la riqualificazione degli impianti di PI può essere registrato all'interno del bilancio del soggetto privato, anziché della PA, solo se vi è trasferimento della maggior parte dei rischi associati all'operazione. Solo in questo caso l'Amministrazione non deve iscrivere nel



suo attivo patrimoniale l'investimento realizzato, evitando così un debito figurativo, di pari importo, tra le fonti del suo conto del patrimonio.

Oltre all'analisi sul trasferimento del rischio, per una corretta contabilizzazione dell'investimento, ai sensi Eurostat, è necessario esaminare:

- Il grado di compartecipazione economica della PA;
- La presenza di garanzie pubbliche;
- Le clausole per la risoluzione anticipata del contratto essendo necessario che si preveda il pagamento di penali da parte del privato in caso di risoluzione anticipata del contratto sia durante la fase di realizzazione degli interventi sia durante la fase di esercizio per fatti a esso imputabili direttamente (infatti, in assenza di penali il rischio costruzione e/o di disponibilità finisce con l'essere a carico dell'Ente concedente).

Una volta superate tali verifiche è necessario considerare che:

- il canone versato dalla PA al soggetto privato incide sul Patto di Stabilità per il saldo di parte corrente in quanto va contabilizzato tra gli impegni;
- gli eventuali contributi in conto capitale incidono sulla spesa, mentre l'erogazione di una garanzia sul finanziamento del partner privato incide sul limite di indebitamento.

Infine, facciamo notare come l'avvio di una procedura di PPP non sempre rappresenta la strada meno impervia per l'Ente pubblico, nonostante, questa attualmente sembra essere la via più incentivata dal legislatore (comunitario e nazionale) grazie alle potenzialità legate all'apporto di capitali privati per il perseguimento di finalità pubbliche.

Tra tutte le forme di PPP quella più conveniente per un intervento di efficientamento energetico è sicuramente il "**Project Financing**" (PF), sia di iniziativa pubblica che privata. In particolare, come vedremo in seguito più dettagliatamente, quello di iniziativa privata consente alla PA di far redigere il progetto definitivo e di risparmiare sui costi e tempi. Risulta conveniente per la PA predisporre un bando per la manifestazione di interesse rivolto agli operatori privati chiedendo la presentazione delle proposte e poi controllare quale mettere a base di gara.

### **La finanza di progetto o Project Financing (PF)**

Una delle modalità contrattuali attraverso le quali può prender forma il PPP è quella della **finanza di progetto** o **Project Financing (PF)**, che consente il finanziamento di interventi di riqualificazione del servizio di PI, previa valutazione, da parte degli istituti di credito e degli altri soggetti finanziatori dell'operatore privato che richiede il prestito e quindi della sua situazione economico-patrimoniale, e della fattibilità dell'opera e delle sue prospettive economiche, ovvero dell'attitudine a restituire, attraverso i proventi generati, il debito contratto.

Il **Project financing** è caratterizzato quindi dall'attitudine del progetto realizzato (attività economica finanziata), di produrre un *cash flow* in grado di garantire la restituzione del finanziamento nonché un'adeguata remunerazione del capitale investito. L'art. 183 del nuovo Codice disciplina la gara di PF, che prevede due distinte possibilità:

- Project di iniziativa pubblica;
- Project di iniziativa privata.

#### Project di iniziativa pubblica

Questa prima possibilità di Project Financing di iniziativa pubblica prevede che l'**amministrazione** pubblici un bando con il fine di individuare un promotore ponendo a base di gara un progetto di fattibilità.

Le offerte potranno essere presentate unicamente dai soggetti economici in possesso dei requisiti previsti dal D.P.R n. 207/2010 e dovranno contenere:

- Un progetto di fattibilità (ex preliminare);
- Una bozza di convenzione;
- Il piano economico finanziario asseverato da un istituto di credito o da altri soggetti autorizzati dalla normativa vigente;
- Le specifiche tecniche delle opere e della gestione del servizio;

- L'indicazione di istituti finanziatori del progetto;
- Una cauzione del 2,5% del valore dell'investimento come risultante dal progetto di fattibilità tecnico-economica (ex preliminare).

Espletata la gara con procedura aperta o ristretta, l'Ente procedente redigerà una graduatoria secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa con cui verrà nominato il c.d. promotore avviando l'approvazione del progetto definitivo presentato da quest'ultimo.

In seguito alla individuazione del promotore, tuttavia, possono aprirsi diversi scenari:

- Se il progetto presente nella proposta non necessita di modifiche, verrà stipulata la convenzione con il promotore;
- Se il progetto deve invece essere modificato, si perverrà all'aggiudicazione qualora il promotore accetti di effettuare le modifiche richieste e ciò senza alcun corrispettivo a favore del promotore; se l'operatore economico non accetterà di apportare le modifiche l'Ente potrà chiedere ai concorrenti successivi in graduatoria di accettare ed inserire le modifiche proposte. Nel caso in cui la gara venga aggiudicata ad un soggetto diverso dal promotore, l'aggiudicatario dovrà versare a quest'ultimo un importo pari al 2,5% del valore dell'investimento desumibile dal progetto di fattibilità che era stato posto a base di gara.
- La conclusione dell'iter procedimentale avverrà dopo l'approvazione del progetto definitivo modificato e in tale momento, ovvero alla stipula del contratto, l'aggiudicatario dovrà produrre la fidejussione per garantire la cauzione definitiva prevista dall'art. 93 del Codice dei contratti pubblici pari al 10% del valore complessivo dell'investimento nonché una cauzione a garanzia degli obblighi assunti per la gestione del servizio pubblico pari al 10% del costo operativo annuo di esercizio.

#### Project di iniziativa privata

Questa seconda possibilità di *Project Financing* di iniziativa privata invece, prevede che gli operatori economici possono assumere l'iniziativa e presentare proposte per la realizzazione degli interventi di riqualificazione ed efficientamento del parco di PI non inclusi negli strumenti di programmazione delle opere pubbliche. In tal caso, la proposta dovrà contenere:

- Una bozza di convenzione;
- Il progetto di fattibilità tecnico-economica (ex preliminare) con descrizione delle esigenze che si intendono soddisfare e degli obiettivi da conseguire anche in termini di impatto per la collettività oltre che in ordine agli effetti sull'ambiente ed il risparmio conseguibile dalla manovra di riqualificazione ed efficientamento proposta;
- Il piano economico-finanziario, asseverato da una banca o istituti di credito indicati dalla vigente normativa e a ciò qualificati;
- Le specifiche del servizio offerto;
- Una autocertificazione in ordine al possesso dei requisiti di cui all'art. 17 del Codice contratti pubblici;
- Un impegno scritto a fornire una cauzione pari al 2,5% del valore dell'investimento in caso di indizione della gara.

L'amministrazione, entro il termine perentorio di tre mesi dalla ricezione della proposta di PF, dovrà valutarne la fattibilità invitando il proponente ad effettuare eventuali modifiche ritenute opportune e necessarie al fine della sua approvazione; se tali modifiche non verranno apportate la proposta non sarà accettata e la procedura verrà chiusa. In caso di approvazione del progetto (eventualmente modificato su richiesta dell'Amministrazione) lo stesso dovrà essere inserito negli strumenti di programmazione e fatto oggetto di conferenza di servizi. In tal caso, se a seguito di conferenza di servizi verranno chieste ulteriori modifiche, il proponente dovrà effettuarle pena chiusura del procedimento. Dopo l'approvazione del progetto, verrà indetta una gara a cui sarà invitato lo stesso proponente il quale, in tal caso, sarà qualificato già nel bando quale promotore. Tutti i partecipanti dovranno presentare una offerta con le caratteristiche già indicate per la procedura ad iniziativa dell'amministrazione pubblica. Qualora in seguito alla formazione della graduatoria non dovesse risultare aggiudicatario il promotore, quest'ultimo avrà un termine di 15 giorni per adeguare la sua proposta esercitando così il diritto di prelazione a lui riservato dal legislatore versando le spese per la formulazione della proposta nel limite del 2,5% dell'investimento programmato. Qualora il

promotore non intenda avvalersi del diritto di prelazione potrà ottenere il pagamento della somma corrispondente al 2,5% del valore dell'investimento a titolo di "compenso" per la redazione della proposta.

## Il Finanziamento Tramite Terzi (FTT)

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli impianti destinati al S\_PI, uno strumento contrattuale che trova sicura ed efficace applicazione è il cd. **Energy Performance Contract (EPC)**. L'EPC rientra senza dubbio nell'ambito dei contratti di **PPP** in quanto il partner dell'Ente identifica, progetta e realizza l'intervento sugli impianti di PI, provvede a garantire la loro manutenzione e gestione, e finanzia il relativo investimento assumendosene i rischi conseguenti al mancato raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico prefissati.

Con riferimento al finanziamento dell'iniziativa si rileva che i costi relativi all'intera opera di riqualificazione e gestione degli impianti di PI rimarranno a carico dell'aggiudicatario che potrà avvalersi di soggetti terzi.

L'EPC è quindi un contratto finanziario, condizionato ed aleatorio, di natura associativa che prevede una costante interazione tra utente ed una società di servizi energetici, anche detta **E.S.Co ("Energy Service Company")**, in cui esiste una comunione e convergenza di obiettivi non conflittuali tra loro.

Il contratto **EPC** viene assimilato alla concessione in quanto prevede la gestione economica degli impianti realizzati da parte della E.S.Co e si diversifica dalla classica concessione di servizi pubblici, in quanto in questo caso non avviene la vendita dei servizi all'utenza. Infatti, in caso di EPC nel settore della PI è l'Ente locale (e non la collettività) il diretto destinatario del beneficio economico-energetico realizzato dall'operatore privato, mentre il flusso di cassa è originato da proventi spettanti di diritto alla PA stessa e da questa ceduti in tutto o in parte al concessionario.

Nel campo della PI il ricorso ad una E.S.Co consente di ottenere un approccio integrato di tutte le fasi di realizzazione e gestione del progetto di riqualificazione remunerando il partner privato attraverso il risparmio energetico effettivamente conseguito.

L'EPC potrebbe garantire maggiori vantaggi per l'Ente dal momento che gli interventi materiali e finanziari necessari a conseguire gli obiettivi dell'amministrazione sono sostenuti da terzi (i quali si ripagano il costo degli investimenti e del servizio attraverso una parte del risparmio energetico conseguito), che si assumono anche i rischi di una errata valutazione dal punto di vista della fattibilità economico finanziaria dell'intera operazione, e quindi le perdite.

Un ulteriore vantaggio derivante dalla presenza di un partner privato, consiste nella possibilità di definire chiaramente già nello stadio iniziale, un iter procedurale preciso e scadenziato puntualmente, che riduce in tal modo i rischi connessi allo svolgimento frammentato di tali attività.

Ad ogni modo, la convenzione contenente la disciplina del servizio di PI deve includere - fatte salve le discipline di settore - alcune previsioni necessarie:

- Il regime giuridico prescelto per la gestione del servizio;
- Il periodo di validità del contratto;
- Gli obiettivi di sviluppo del servizio nel futuro, il programma degli investimenti ed il piano economico-finanziario;
- L'obbligo del raggiungimento dell'equilibrio economico-finanziario della gestione;
- Le modalità di remunerazione del capitale investito, ivi inclusi gli oneri finanziari a carico delle parti; le compensazioni economiche riconosciute che tengono conto dei proventi derivanti dall'eventuale gestione di servizi complementari;
- Gli strumenti di rilevazione della qualità erogata e dell'adempimento di altre obbligazioni contrattuali; le sanzioni e le penalità in caso di mancata osservanza del contratto e le ipotesi di risoluzione in caso di grave e ripetuta violazione degli obblighi contrattuali;
- Idonee garanzie finanziarie e assicurative nonché misure a garanzia della continuità del servizio;
- Le modalità di risoluzione delle controversie con gli utenti;
- Gli obblighi di informazione e di rendicontazione nei confronti dell'amministrazione competente, o dell'autorità di regolazione settoriale, ove costituita, e di altri enti preposti al controllo e al monitoraggio delle prestazioni;

- La disciplina delle conseguenze derivanti dall'eventuale cessazione anticipata dell'affidamento e i criteri per la determinazione dell'indennizzo spettante al gestore.

Attraverso il contratto di EPC, un soggetto (solitamente una E.S.Co), si obbliga ad effettuare una serie interventi volti alla riqualificazione ed al miglioramento dell'efficienza energetica del S\_PI di proprietà di altro soggetto (in questo caso l'Ente locale beneficiario), ricevendo come contropartita il versamento di un corrispettivo (canone) calcolato in base all'entità dei risparmi (che visto dovranno essere preventivamente individuati in fase di analisi di fattibilità dell'intera operazione), che presumibilmente saranno conseguiti in seguito all'intervento effettuato.

In considerazione del fatto che il gestore del S\_PI deve garantire il finanziamento dell'investimento, recuperando i proventi derivanti dal risparmio conseguito, il contratto **EPC** consente l'accesso all'istituto del **Finanziamento Tramite Terzi (FTT)** (D.Lgs 115/2008), definito come *"un accordo contrattuale che comprende un terzo, oltre al fornitore di energia e al beneficiario della misura di miglioramento dell'efficienza energetica, che fornisce i capitali per tale misura e addebita al beneficiario un canone pari a una parte del risparmio energetico conseguito avvalendosi della misura stessa"*.

**Il Finanziamento Tramite Terzi (FTT), quindi, è uno strumento negoziale di attuazione del contratto EPC e rappresenta un accordo che coinvolge un terzo** (generalmente un istituto di credito).

Il Finanziamento può essere messo a disposizione da:

- un Istituto finanziario: che mette a disposizione i capitali per realizzare gli investimenti di risparmio energetico;
- lo stesso fornitore;
- o, come accade nella maggior parte dei casi, una parte del finanziamento viene fornita da un Istituto finanziario (debito) e una parte viene allocata dal fornitore (equity).

Si noti, che la realizzazione di interventi di efficientamento energetico degli impianti destinati al S\_PI, attraverso lo strumento di FTT deve necessariamente essere accompagnata da un'adeguata diagnosi preliminare delle reti di PI, una valutazione dei costi e delle risorse necessarie per intraprendere il percorso di riscatto e di successivo affidamento a terzi della loro gestione, ed una valutazione delle proprie risorse finanziarie anche alla luce degli stringenti vincoli imposti dalle norme in materia di finanzia pubblica. Pertanto, a tal fine, vengono richieste all'Ente preliminari valutazioni in ordine alle differenti opzioni tecnologiche e gestionali, nonché un'adeguata analisi della sostenibilità economico-finanziaria degli investimenti e del loro grado di bancabilità.

Infine, lo strumento del FTT consente alla PA di ottenere molteplici vantaggi, quali:

- la mancata esposizione ai rischi di natura finanziaria dell'Ente (in caso di errata pianificazione degli equilibri economici finanziari le conseguenze rimangono interamente a carico dell'operatore privato);
- la possibilità di realizzare interventi sia in mancanza di risorse economiche proprie ed in caso di difficoltà nel reperimento di risorse finanziarie esterne secondo le modalità tradizionali (mutuo, leasing...);
- il trasferimento al privato delle eventuali problematiche connesse alla gestione e manutenzione degli impianti.

Il ricorso al mercato privato anche attraverso le E.S.Co rappresenta indubbi vantaggi proprio perché il meccanismo adottato del FTT si fonda sul pagamento di un canone da parte dell'Ente, all'operatore che ha realizzato l'intervento di riqualificazione.

Tale canone può essere determinato seguendo diverse metodologie:

- Shared saving: basato sul principio secondo il quale alcuni investimenti energetici possono essere completamente finanziati attraverso il risparmio di energia che consentono di ottenere. Secondo questa formula, l'operatore privato si addossa i costi dell'intervento facendosi poi remunerare proporzionalmente ai risparmi generati. Un contratto così fatto deve evidenziare chiaramente l'impegno del concessionario a finanziare, realizzare, gestire e mantenere in efficienza gli impianti; e l'impegno dell'Ente locale a garantire la gestione del servizio nelle forme e nei termini in cui è stato previsto nello studio di fattibilità tecnico-economica, nonché a corrispondere un canone annuo;
- Cessione globale limitata (First Out): prevede il riconoscimento all'operatore privato dell'intera quota dei risparmi conseguiti; la durata del contratto dipenderà quindi dai risparmi ottenuti. Qualora gli impianti realizzati non abbiano offerto le prestazioni previste e non abbiano ripagato il costo del progetto nei termini

- preventivati, la perdita rimane a carico dell'operatore privato che si assume l'impegno a cedere all'Ente tutto il risparmio che verrà conseguito a partire dalla scadenza stabilita nel contratto, a prescindere dal fatto che siano avvenuti o meno il rimborso e la remunerazione previsti;
- **Guaranteed saving (Risparmio garantito):** prevede una sorta di leasing in cui l'operatore garantisce all'Ente, che, alla scadenza del contratto, il livello dei risparmi conseguiti non sarà inferiore all'ammontare dell'investimento comprensivo degli interessi. In sostanza, le società di servizi energetici utilizzano il "finanziamento da flussi di cassa", ovvero un prestito concesso in assenza di specifiche garanzie, il cui rimborso avviene tramite i ricavi ottenuti dall'investimento.

### **Procedere tramite Consip: la Convenzione "Servizio Luce"**

La Consip è una società per azioni, al servizio esclusivo delle PA, che opera secondo gli indirizzi strategici del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF). In particolare, CONSIP fornisce servizi di consulenza ed assistenza organizzativa, tecnologica e progettuale per il MEF, la Corte dei Conti ed altre strutture pubbliche. Inoltre, CONSIP gestisce il "**Programma di Razionalizzazione degli acquisti**" nella PA, che è basato sull'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, le cd. ICT, e mira ad incrementare la qualità degli acquisti della PA, riducendo al contempo i costi unitari, ed a semplificare le procedure di approvvigionamento pubblico, rendendole al contempo più rapide e trasparenti.

#### Convenzione "Servizio Luce 3"

Per quanto riguarda il S\_PI, all'interno del "**Programma di Razionalizzazione degli acquisti**" nella PA, vi è la **Convenzione** denominata "**Servizio Luce**".

In particolare, la Convenzione "**Servizio Luce 3**", è stata attivata nel 2014 (in continuità con le edizioni precedenti) con oggetto l'erogazione del S\_PI, mediante un contratto "a risultato". Tale contratto mira a garantire efficienza e qualità alle PA, promuovendo una gestione del S\_PI orientata al risparmio energetico, alla messa a norma degli impianti, al rispetto dell'ambiente, ed al comfort e sicurezza dei cittadini. Questo **Contratto** consente di affidare l'intero ciclo di gestione degli impianti di PI ad un unico soggetto, semplificando così i processi di erogazione dei servizi, nonché l'ottimizzazione degli stessi.

La Convenzione ha una durata di 24 mesi dalla data della sua attivazione, ed è prorogabile fino a ulteriori 12 mesi. I 24 mesi, quindi rappresentano l'intervallo temporale all'interno del quale le PA possono aderire alla Convenzione. Qualora al termine di tale periodo (24 mesi) l'importo massimo di un Lotto non sia stato esaurito, la Consip può richiedere una proroga (max ulteriori 12 mesi) per la Convenzione relativa a tale Lotto. Facciamo notare, che la Convenzione si intenderà comunque esaurita anche prima della scadenza prevista, qualora siano stati emessi Ordinativi Principali di Fornitura e/o Atti Aggiuntivi per importi pari alla somma degli Importi Massimi previsti per ciascun Lotto e dei relativi incrementi fino a concorrenza del limite di cui all'art. 27, comma 3, D.M. 28 ottobre 1985 (sesto e settimo quinto).

Il "**Servizio Luce 3**" di Consip mira a consolidare tre obiettivi principali:

- a) Razionalizzare la spesa nel servizio di PI dei vari Enti, migliorando la qualità degli acquisti e riducendo i costi unitari;
- b) Semplificare e rendere più rapide e trasparenti le procedure di approvvigionamento;
- c) Creare una piattaforma convergente tra la domanda di innovazione ed il relativo mercato dell'offerta, con l'obiettivo di modernizzare e migliorare il sistema delle imprese che lavorano con la stessa PA.

Il fornitore è incentivato a realizzare interventi di efficientamento energetico – i cui benefici saranno trasferiti integralmente all'Ente allo scadere del contratto – mediante la riscossione di un corrispettivo del servizio come canone indipendente dal consumo di energia elettrica (€/punto luce o €/lanterna semaforica), determinato in base alla tipologia di tecnologia illuminante e potenza. Il Fornitore, inoltre sarà tenuto ad effettuare la manutenzione ordinaria degli impianti di PI, nonché ad eseguire un censimento iniziale di tutti i carichi esogeni all'impianto di PI di tipo elettrico e statico ed all'impianto semaforico, laddove questo fosse richiesto.

La Convenzione “Servizio Luce 3” prevede due tipologie contrattuali: una “standard” ed una “estesa”, rispettivamente della durata di 5 e 9 anni.

L’Ente che voglia ricorrere alla Convenzione ed attivare in tal modo il “Servizio Luce” dovrà seguire un determinato iter procedurale.

Il contratto per la gestione della PI assume caratteristiche assimilabili a un *Energy Performance Contract* (EPC), dal momento che prevede dei benefici sia per l’Ente (risparmio economico- energetico e miglioramento e/o ammodernamento degli impianti di PI), che per il fornitore (conseguimento di certificazioni ambientali e revenues sul canone).

Convenzione “Servizio Luce 4”

Al termine del periodo di applicabilità della “Convenzione Servizio Luce 3”, definito per la fine del 2017, è prevista l’entrata in vigore della cd. **Convenzione “Servizio Luce 4”**. Tale Convenzione consentirà di affidare ad un unico Gestore (Fornitore), il servizio di PI, che prevede oltre alla gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di PI, la fornitura del vettore energetico e l’attivazione di un servizio di Energy Management. Tale servizio, inoltre, prevede la realizzazione di un sistema di misurazione e controllo dei consumi e dei risparmi conseguiti che sarà interrogato dal software “**Public Energy Living Lab**” (PELL). Il PELL è costituito da una piattaforma informatica che consente di ottenere informazioni sul funzionamento, le caratteristiche, lo stato e quindi eventuali opportunità di riqualificazione di un impianto di PI.

**Il confronto fra le diverse modalità di finanziamento per gli Enti Locali**

L’obiettivo di questo lavoro è quello di offrire ai responsabili e tecnici comunali uno strumento che, partendo dalle risorse a disposizione dell’Ente locale, dalle competenze sulle quali questo può fare affidamento e dalle peculiarità delle diverse modalità di finanziamento, consenta di valutare i possibili vantaggi e svantaggi derivanti dall’adozione di una determinata modalità per far fronte ad un intervento di riqualificazione dell’impianto di PI.

A tale scopo, sono state individuate diverse variabili (elencate qui di seguito), che possono risultare cruciali in fase di valutazione delle diverse modalità di finanziamento attualmente disponibili per la PA, per finanziare un intervento di riqualificazione del S\_PI.

<b>Variabili da Valutare:</b>
<p>➤ <b>Fase Preliminare:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Necessità di Risorse Economiche Disponibili per l’Investimento;</b></li> <li>• <b>Possibilità di Superamento dei Vincoli di Bilancio;</b></li> <li>• <b>Necessità Competenze (Risorse Umane);</b></li> <li>• <b>Possibilità di Ripartizione dei Rischi correlati;</b></li> </ul>
<p>➤ <b>Fase Intermedia:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Complessità Svolgimento attività prodromiche;</b></li> <li>• <b>Complessità Gestione delle procedure di Gara;</b></li> <li>• <b>Complessità Esecuzione Lavori (Qualità e il rispetto delle tempistiche degli interventi);</b></li> </ul>
<p>➤ <b>Fase Finale:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Libertà nelle Scelte per il Comune (Grado di autonomia decisionale);</b></li> <li>• <b>Accrescimento delle Competenze;</b></li> </ul>

**N.B.** Tutte le variabili sono valutate rispetto al livello/grado richiesto all'Ente e/o C<sub>i</sub>.

Le prime quattro variabili (relative alle Risorse e Competenze disponibili al C<sub>i</sub>, alla possibilità del superamento di eventuali Vincoli di Bilancio, nonché alla possibilità di ripartizione dei rischi correlati), vengono qui inquadrati in una prima **Fase** Progettuale cd. **Preliminare**, dal momento che entrano fortemente in gioco sin dal principio e pertanto sarà opportuno tenerne conto sin dall'analisi di fattibilità economico-finanziaria dell'intervento di riqualificazione del S\_PI. Queste prime variabili possono essere considerate dei veri e propri "**Vincoli**" inderogabili per la scelta della modalità di finanziamento da seguire, in quanto esse possono limitare e/o abilitare sia la scelta stessa della modalità di finanziamento da seguire, che l'intervento stesso.

Le successive tre variabili, relative ad eventuali complessità dovute alle attività prodromiche, alla gestione della gara ed esecuzione dei lavori, vengono qui inquadrati in una seconda **Fase** Progettuale cd. **Intermedia**, dal momento che entrano fortemente in gioco solo durante l'espletamento dell'intervento di riqualificazione del S\_PI. Queste tre variabili a differenza delle prime quattro, non impattano direttamente sulla scelta della modalità di finanziamento da seguire, ma solamente sul loro grado di complessità. Ulteriori ricerche e/o approfondimenti futuri dovrebbero valutare come queste tre variabili secondarie possono potenzialmente influenzare l'intera durata del progetto (generando così un ulteriore tempo: **+t<sub>x</sub>**), l'impegno e/o sforzo richiesto al personale del C<sub>i</sub>, nonché in ultimo, generare ulteriori costi aggiuntivi in funzione di questo ulteriore tempo ed impegno richiesto (**+C<sub>x</sub>**).

Infine le ultime due variabili, relative alla libertà di scelta nell'intervento di riqualificazione del S\_PI, nonché nella possibilità di crescita professionale e formativa del personale del C<sub>i</sub> a seguito dell'intervento stesso, vengono qui inquadrati in una terza **Fase** Progettuale cd. **Finale**, e possono essere considerate come variabili finali dal momento che esse dipendono dalla scelta (finale) della modalità di finanziamento seguita e quindi non limitanti la scelta stessa. Inoltre, queste due variabili possono essere considerate come una misura di **potenziali benefici (output)**, che possono scaturire dalla scelta di finanziamento seguita e quindi dall'intervento di riqualificazione.

#### **Fase Preliminare:**

- i. **Necessità di Risorse Economiche Disponibili per l'Investimento.** La disponibilità di risorse economiche si configura per l'Ente come un elemento destinato a variare sensibilmente in funzione della soluzione finanziaria adottata:
  - **Autofinanziamento:** l'intero ammontare dell'investimento sarà a carico dell'Ente, che quale dovrà assicurarsi quindi di disporre delle risorse necessarie all'espletamento della totalità dei lavori.
    - **Nota:**  $Q_x$  (la quota annuale degli investimenti sostenuti)  $\leq Q_{S\_PI}$  (l'ammontare oggi previsto nel bilancio comunale per il servizio di pubblica illuminazione).
  - **PPP - PF:** questa soluzione offre maggior supporto economico all'Ente, in quanto è il soggetto privato a farsi carico, in misura totalitaria o comunque maggioritaria, dei costi connessi all'intervento.
    - **Nota:** Il C<sub>i</sub> tuttavia è chiamato a verificare che il progetto consenta di ottenere il miglior **Value for Money** per l'Ente, ovvero **verificare che in tal caso sia garantito il risparmio più elevato sui costi rispetto ad altre possibili soluzioni di public procurement.**
  - **FTT e Convenzione Consip:** con queste soluzioni si richiede all'Ente un minor impegno finanziario per realizzare gli interventi sul proprio impianto di PI.
    - **Nota:** In tal caso, si richiede all'Ente di provvedere soltanto all'esecuzione delle **Attività Prodromiche (inclusi nei Costi Iniziali: Ci)**, mentre i costi successivi saranno corrisposti dal C<sub>i</sub> nel tempo.

- ii. **Possibilità di Superamento dei Vincoli di Bilancio.** Gli Enti pubblici devono prestare notevole attenzione ai vincoli imposti dal **Patto di Stabilità** nell'individuare la modalità finanziaria che consente loro di rispettare la normativa vigente e al contempo rispondere ai bisogni della collettività.
- **Autofinanziamento:** per poter perseguire questa modalità, l'Ente non solo deve disporre delle risorse da destinare all'iniziativa (o di beni alienabili che consentano di entrare in possesso del capitale necessario) ma deve **anche verificare se l'investimento preventivato risulta compatibile con i vincoli di bilancio** ai quali deve sottostare.
  - **PPP - PF:** tale modalità prevede che, nella fase iniziale del progetto sia il partner privato a reperire e mettere a disposizione le risorse economiche necessarie.
    - **Nota: l'Ente, invece, da parte sua, si assume l'obbligo di riconoscere, per un periodo di tempo più o meno lungo in base all'importo complessivo dell'iniziativa, un canone** che servirà a remunerare sia il capitale, sia i lavori eseguiti dal privato in nome e per conto del C<sub>i</sub>. Il C<sub>i</sub> è quindi in grado di intervenire immediatamente, nel rispetto dei vincoli di bilancio, nell'intervento di riqualificazione tecnico-energetica.
  - **FTT:** tale modalità prevede che il terzo privato, partner dell'Ente, reperisca e metta a disposizione le risorse economiche necessarie.
    - **Nota: Anche in tal caso, l'Ente si assume l'obbligo di riconoscere una rata C<sub>x</sub>** (un periodo di tempo più o meno lungo in base all'importo complessivo dell'iniziativa), **per remunerare il capitale ed i lavori eseguiti dal privato. L'ammontare annuale di questa rata di rimborso corrisposta non potrà superare l'importo annualmente pagato dall'Ente al gestore attuale del servizio di PI per l'approvvigionamento dell'energia elettrica e l'esecuzione di tutte le attività di manutenzione.** Anche in tal caso, quindi, il C<sub>i</sub> è quindi in grado di intervenire nel rispetto dei vincoli di bilancio.
  - **Convenzione Consip:** questa modalità, da un lato consente il superamento dei vincoli di bilancio ma, allo stato dell'arte non risulta essere in grado di offrire una soluzione totalmente in grado di rispondere alle esigenze della PA.
    - **Nota: tale strumento infatti decreta dei limiti ai capitoli di spesa per l'efficientamento energetico e, di conseguenza, costringe gli Enti a rivedere il budget destinato a questi interventi.**
- iii. **Necessità Competenze (Risorse Umane).** Naturalmente l'Ente deve disporre di personale e/o risorse umane competenti per governare al meglio la modalità di finanziamento che sarà scelta per l'intervento, dal momento che questa implica tutta una serie di attività da realizzare e di problematiche, che graveranno sul personale stesso.
- **Autofinanziamento: richiede al personale del C<sub>i</sub> un notevole sforzo e impegno,** dal momento che dovrà condurre valutazioni attinenti non soltanto sulle operazioni di finanziamento, ma anche competenze manageriali per la previsione delle risorse, dei tempi di esecuzione dei lavori e dei tempi di rientro dell'investimento (+C<sub>p</sub>).
  - **PPP - PF: meno impegnativo per il personale del C<sub>i</sub>.** In tal caso, ad esso si richiede soltanto di identificare il partner con il quale porre il finanziamento, ma tutte le attività successive sono svolte dallo stesso partner privato. Al personale del C<sub>i</sub> rimane anche il compito di supervisionare l'intervento realizzato.
  - **FTT: con questa modalità, la disponibilità di conoscenze e competenze si delinea come elemento imprescindibile.** Sebbene le operazioni di natura più strettamente economico-finanziaria vengano realizzate dal soggetto terzo incaricato dell'esecuzione dei lavori, **al C<sub>i</sub> viene richiesto di acquisire tutte le informazioni necessarie a redigere il progetto (+C<sub>p</sub>).**
  - **Convenzione Consip: si delinea come la modalità caratterizzata dal minore impegno per il personale del C<sub>i</sub>.** Infatti, grazie ad un iter procedurale caratterizzato da fasi standardizzate ed un processo predefinito, semplifica notevolmente le attività da espletare dal personale comunale.



- iv. **Possibilità di Ripartizione dei Rischi correlati.** Occorre valutare attentamente l'eventualità di coinvolgere un soggetto terzo che si assuma contrattualmente non solo gli oneri derivanti da un insuccesso dell'iniziativa, ma che possa anche favorire il rispetto delle tempistiche e il conseguimento degli obiettivi prefissati. Occorre valutare attentamente come le diverse modalità di finanziamento possono incidere nella ripartizione dei rischi correlati a tali operazioni.
- **Autofinanziamento:** in questo caso, i soggetti esterni, chiamati a realizzare i lavori non si assumeranno nessun rischio correlato al fallimento dell'iniziativa. D'altra parte, **i rischi saranno tutti a carico dell'Ente locale.**
  - **PPP - PF, FTT e Convenzione Consip:** il ricorso ad una di queste soluzioni, invece, comporterà un coinvolgimento proattivo e diretto delle aziende che provvederanno ad espletare i lavori. Avvalersi di forme di finanziamento che prevedono il coinvolgimento di un partner privato appare certamente la soluzione ottimale per una ripartizione dei rischi correlati agli interventi di efficientamento energetico, ma tale scelta non fa venir meno le responsabilità della PA nei confronti dei cittadini.

#### **Fase Intermedia:**

- v. **Complessità Svolgimento Attività Prodromiche** (e quindi eventuale ulteriore costo: +Ci). Alcune modalità di finanziamento sono in grado di ridurre il carico di lavoro nelle diverse fasi progettuali, che grava sull'Ente.
- **Autofinanziamento:** il carico di lavoro e le responsabilità che ricadono sull'Ente comunale **sono molto gravosi**. L'Ente locale è chiamato a redigere i bandi per la selezione dei professionisti che dovranno espletare tutte le **Attività Prodromiche** e valutare le proposte avanzate dagli stessi (+Ci).
  - **PPP - PF:** il carico di lavoro e le responsabilità che ricadono sulla amministrazione comunale **sono molto onerosi**. Le difficoltà insite in questa scelta attengono in via prevalente alla **definizione degli obiettivi del progetto di riqualificazione** della rete di PI, nonché **all'individuazione di formule che consentano la definizione di un'equa combinazione tra condivisione del rischio e remunerazione del soggetto privato (+Ci);**
  - **FTT e Convenzione Consip:** sono le **soluzioni meno gravose** per l'Ente. Esse presentano l'opportunità di affidare a un soggetto terzo l'espletamento delle **Attività Prodromiche** che debbono essere espletate per poter intraprendere l'intervento di efficientamento (Ci = 0).
- vi. **Complessità Gestione delle procedure di Gara.** Alcune modalità di finanziamento sono in grado di ridurre il carico di lavoro che grava sull'Ente relativo alla gestione delle procedura di gara (e quindi eventuale ulteriore costo: +CA)
- **Autofinanziamento:** tale modalità richiede un **dispendio di risorse notevoli** al Ci. Il personale comunale, infatti, dovrà: seguire la realizzazione dei disciplinari di gara (per la selezione dei professionisti incaricati e per lo svolgimento delle attività prodromiche), e strutturare il bando di gara, che determina le specifiche tecniche dell'intervento di riqualificazione e la società che sarà nominata per eseguire l'intervento stesso (+CA).
  - **PPP - PF e FTT:** tutte le attività previste nel caso dell'autofinanziamento possano essere svolte dal soggetto privato con cui il Ci stipula un contratto di PPP o FTT. **Tuttavia**, il Ci dovrà stabilire i criteri di selezione dello stesso partner privato e dovrà redigere il bando attraverso cui si procederà ad individuare partner privato a cui affidare l'intervento di riqualificazione dell'impianto di PI.
  - **Convenzione Consip:** è la modalità che **richiede il minor sforzo** al Ci che intende efficientare il proprio impianto di PI. Infatti, ad esso sarà sufficiente rivolgersi a Consip per poter entrare in contatto con l'ente terzo che potrà effettuare gli interventi concordati con il comune stesso. Consip selezionerà, in virtù di criteri meritocratici, la società che eseguirà l'intervento.
- vii. **Complessità Esecuzione dei Lavori** (Qualità e rispetto delle tempistiche degli interventi). Una volta intrapreso l'intervento di riqualificazione il personale comunale dovrà fornire il suo supporto, nonché

le sue competenze e professionalità ai soggetti incaricati di eseguire i lavori (appaltati), e vigilare sul corretto svolgimento degli stessi.

- **Autofinanziamento:** tale modalità prevede lo **sforzo maggiore per l'Ente**, in quanto la responsabilità del progetto sarà tutta a suo carico e di conseguenza dovrà provvedere alla nomina di un *project manager*, a definire le procedure e i meccanismi di controllo e, soprattutto a monitorare lo stato di avanzamento dei lavori, verificando il rispetto dei costi e delle tempistiche stabilite nel progetto.
- **PPP - PF e FTT:** le attività appena descritte, nel caso dell'autofinanziamento, restano di competenza dell'Ente. Tuttavia, la presenza di un soggetto privato, parte in causa del progetto, in misura differente a seconda della modalità perseguita, consente di attenuare il carico di lavoro che grava sul personale comunale.
- **Servizio Luce - Consip:** risulta il meno gravoso per l'Ente.

#### **Fase Finale:**

viii. **Libertà nelle Scelte per il Comune** (Autonomia decisionale). La scelta tra le varie modalità si ripercuote anche sulla possibilità del Ci di effettuare decisioni circa la struttura e la componentistica degli impianti di PI presenti nel proprio territorio.

- **Autofinanziamento:** consente **maggiori margini di manovra** all'Ente, che con questa modalità ha **completa autonomia** relativamente alle proposte progettuali, esaminate prima di individuare quella più adeguata alle sue esigenze, sia alle scelte delle singole componenti dell'impianto di PI.
- **PPP - PF:** questa modalità comporta una **minore libertà** di scelta per l'Ente. Soprattutto nella forma del PF, sarà il terzo privato a condurre l'analisi dello stato di fatto in cui versa la rete di PI e, una volta acquisite le informazioni necessarie, a sottoporre al Ci la proposta progettuale per l'intervento di riqualificazione. Il Ci quindi dovrà valutare una proposta che, seppur suscettibile di modifiche e integrazioni, non è stata progettata a partire dalle esigenze e volontà del Ci stesso.
- **FTT:** presenta un **maggiore grado di autonomia decisionale** per l'Ente. Infatti, il progetto di riqualificazione, seppur realizzato da una società privata, è stato formulato sulla base di un processo collaborativo tra la stessa società privata e i responsabili dell'Ente committente, i quali, hanno manifestato le proprie esigenze, e la volontà di partecipare all'iter progettuale.
- **Convenzione Consip:** presenta un **grado di libertà piuttosto limitato** nelle scelte progettuali relative al servizio di PI. Tale modalità pone dei limiti all'autonomia decisionale del Ci. Infatti, il Servizio Luce, attualmente, prevede che gli interventi di riqualificazione possano riguardare soltanto una parte dei punti luce presenti all'interno del territorio comunale. Inoltre le soluzioni tecnologiche implementabili sono soltanto quelle previste dalla stessa Convenzione.

ix. **Accrescimento delle competenze** (del personale comunale). Un progetto di riqualificazione può rappresentare una preziosa opportunità e quindi un'occasione per tutto il personale del Ci di collaborare ed interagire con figure altamente qualificate, esterne allo stesso Ci, arricchendo così il proprio bagaglio di conoscenze.

- **Autofinanziamento:** le sfide che devono essere superate qualora si decida di ricorrere a questa modalità consentono a tutto il personale comunale di maturare delle conoscenze interdisciplinari che potranno successivamente essere utilizzate per l'espletamento delle attività del Ci stesso.
- **PPP - PF e FTT:** rappresentano un **percorso formativo impegnativo e qualificante**, durante il quale il personale comunale è chiamato ad affrontare diverse complicazioni di natura tecnica, amministrativa e finanziaria che consentono di maturare conoscenze e competenze che potranno essere utilizzati per l'espletamento delle attività di altri progetti futuri.
- **Convenzione Consip:** è un **percorso meno formativo** degli altri, dal momento che il personale comunale, in tal caso, acquisisce strumenti e conoscenze necessari alla comprensione dei meccanismi della Convenzione stessa, sviluppando così soltanto limitate competenze per gli altri ambiti progettuali.

## Sintesi

La Tabella 30 indica i principali **stakeholder** che possono essere coinvolti nelle diverse modalità di finanziamento degli interventi di riqualificazione del S\_Pi. La tabella illustra la ripartizione della quota totale necessaria all'investimento ( $Q_{i\_tot}$ ) per un intervento di riqualificazione del servizio di pubblica illuminazione, tra i possibili stakeholder coinvolti. Nella notazione adottata  $C_{x_i}$  indica l'eventuale canone da pagare allo stakeholder  $i$ -esimo a seconda della modalità di finanziamento.

**Tabella 30. Modalità di Finanziamento e Stakeholder**

Modalità di Finanziamento	Stakeholder		
	Ente Locale e/o Comune	Privato e/o E.S.Co	Istituti di finanziamento e/o di credito
Autofinanziamento	$Q_x \leq 100\% Q_{i\_tot}$	-	$1 - Q_x$
Project Financing (PF)	$C_{X\_PF}$	$Q_x \leq 100\% Q_{i\_tot}$	$1 - Q_x$
Partenariato Pubblico Privato (PPP)	$Q_x \leq 30\% Q_{i\_tot}$	$1 - Q_x$	
Finanziamento Tramite Terzi (FTT)	$C_{X\_FTT}$	$Q_x \leq 100\% Q_{i\_tot}$	$1 - Q_x$
Convenzione Consip: "Servizio Luce"	$C_{X\_Consip}$	$Q_x \leq 100\% Q_{i\_tot}$	$1 - Q_x$
<p><b>Nota.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>Q_x</math>: quota investimento richiesta allo stakeholder <math>i</math>-esimo;</li> <li>- <math>Q_{i\_tot}</math>: quota investimento totale per l'intervento di riqualificazione;</li> <li>- <math>C_{x_i}</math>: canone corrisposto dal Comune <math>i</math>-esimo al privato (Stakeholder), a seconda della modalità di finanziamento <math>i</math>-esima (<math>i</math>) adottata.</li> </ul>			

La Tabella 31 invece mette a confronto le diverse modalità di finanziamento analizzate attraverso le diverse variabili di influenza, sopra illustrate, che ne influenzano la possibilità di utilizzo da parte degli Enti locali e/o Comuni, mettendone così in evidenza i relativi vantaggi e svantaggi. In tabella viene presentata una quantificazione discreta del livello di incidenza delle nove variabili caratterizzanti un intervento di riqualificazione del servizio di pubblica illuminazione, valutato rispetto all'Ente Locale che deve eseguire una scelta tra le diverse modalità di finanziamento a disposizione.

**Tabella 31. Livello di incidenza delle variabili per la riqualificazione**

PROCEDURA	Autonoma o “Self-made”	In collaborazione con uno o più Privati		Tramite Consip
VARIABILI	Auto- Finanziamento	PPP - PF	FTT	“Servizio Luce”
<b>Preliminari</b>				
<i>i. Necessità di Risorse Economiche Disponibili per l’Investimento</i>	ALTO	BASSO	BASSO	BASSO
<i>ii. Possibilità di Superamento dei Vincoli di Bilancio</i>	/	ALTO	MEDIO	MEDIO
<i>iii. Necessità Competenze (Risorse Umane)</i>	ALTO	ALTO	BASSO	BASSO
<i>iv. Possibilità di Ripartizione dei Rischi correlati</i>	/	MEDIO	MEDIO	MEDIO
<b>Intermedie</b>				
<i>v. Complessità Svolgimento delle Attività Prodromiche</i>	ALTO	MEDIO	BASSO	BASSO
<i>vi. Complessità Gestione delle Procedure di Gara</i>	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO
<i>vii. Complessità Esecuzione dei Lavori</i>	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO
<b>Finali</b>				
<i>viii. Libertà nelle Scelte per il Comune</i>	ALTO	MEDIO	ALTO	BASSO
<i>ix. Crescita delle Competenze</i>	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO
<b>Nota.</b> Le variabili sono valutate rispetto al livello/grado richiesto ad un generico Ente e/o Comune i-esimo (Ci)				

**NOTA.** In questa fase occorre notare come dare un’indicazione puntuale in merito alla migliore soluzione possibile di finanziamento da seguire, sarebbe certamente fuorviante.

Ad oggi non vi sono criteri oggettivi e rigorosi per poter affermare che una modalità di finanziamento sia, in termini assoluti, migliore rispetto alle altre. L’Ente locale, quindi, prima di individuare la modalità di finanziamento che meglio risponde alle proprie esigenze dovrà effettuare un’analisi che prenda in considerazione eventuali vantaggi e svantaggi ed effettuare successivamente un confronto rispetto a quelle che sono le proprie esigenze, nonché alle risorse e competenze disponibili. Allo stesso Ente, e quindi al

personale al suo interno, è richiesto un livello di conoscenza e di competenza preliminare che consenta loro di valutare tutte le principali caratteristiche delle diverse modalità di finanziamento.

#### 4.3.4 Specifica software del modulo applicativo SAVE (Supporto Alla Valutazione Economico-finanziaria)

Il software è stato implementato nella piattaforma PELL (Public Energy Living Lab), ovvero la struttura di supporto all'applicazione del modello gestionale ed al conseguimento degli obiettivi del progetto Lumière (Si rimanda al paragrafo 4.1.5).

In particolare, il modulo applicativo, denominato **SAVE (Supporto Alla Valutazione Economico-finanziaria)** è orientato a fornire agli amministratori degli enti locali un supporto essenziale nella stima dei costi di riqualificazione ed un utile guida nella selezione dello strumento di finanziamento appropriato.

Lo scenario di riferimento per il modulo applicativo è relativo ad amministratori di enti locali che, in fase di pianificazione di interventi di riqualificazione illuminotecnica di un impianto di pubblica illuminazione, procedono dapprima ad una quantificazione di costi e/o benefici e successivamente ad una analisi preliminare delle diverse modalità di finanziamento per proseguire con il suddetto intervento di riqualificazione, attraverso l'uso di linee guida qualitative che mirano a supportare gli amministratori locali nella scelta tra queste diverse modalità di finanziamento, a seconda delle condizioni in cui si trova l'ente di appartenenza.

#### Definizione dei requisiti utente

La definizione dei requisiti utente permette di identificare le funzionalità e le proprietà del prodotto software ad un livello di astrazione elevato, al fine di renderne immediata la comprensione anche da parte di lettori sprovvisti di specifiche competenze di analisi dei requisiti.

I seguenti paragrafi descrivono rispettivamente il formato standard utilizzato per la definizione dei requisiti e l'elenco dei requisiti stessi.

#### Formato requisiti utente

Al fine di facilitare la comprensione e facilitare le attività di convalida si introduce di seguito un formato standard da usare in fase di definizione dei requisiti utente:

- *ID*: identificatore univoco (R.x), dove x è il numero del requisito
- *Titolo*: breve descrizione che riassume l'essenza del requisito
- *Requisito*: definizione concisa e consistente, che descrive l'aspettativa dell'utente
- *Note*: ogni informazione aggiuntiva che può essere d'ausilio nella comprensione del requisito

#### Requisiti utente

Si fornisce di seguito l'elenco dei principali requisiti utente, definiti facendo uso del formato standard di cui al precedente paragrafo.

##### R.1 Integrazione in PELL

*Requisito* Il modulo SAVE deve essere integrato all'interno della piattaforma PELL.

*Note* La fase di autenticazione e la tecnologia di accesso ai dati devono essere conformi alle scelte architettoniche della piattaforma PELL.

##### R.2 Ipotesi di riqualificazione

*Requisito* Il modulo SAVE deve rendere possibile la valutazione di al più 3 ipotesi di riqualificazione, relative all'uso di tre differenti tecnologie di riqualificazione della pubblica illuminazione.

*Note* Le tre ipotesi di cui sopra sono basate sui risultati delle simulazioni illuminotecniche effettuate tramite il relativo modulo applicativo della piattaforma PELL.

### R.3 Gestione sessione

**Requisito** Il modulo SAVE deve rendere possibile il salvataggio il recupero e la modifica delle sessioni effettuate da utenti autenticati, in termini di parametri tecnico-economici specificati e risultati ottenuti.

**Note** La gestione delle sessioni deve essere conforme all'approccio di gestione dati utilizzato dalla piattaforma PELL, dunque i relativi dati devono essere memorizzati nella piattaforma PELL.

### R.4 Parametrizzazione e analisi tecnico-economica

**Requisito** Il modulo SAVE deve permettere all'utente di specificare i parametri tecnico-economici e calcolare i relativi risultati in base al modello economico descritto al Capitolo 2 del presente documento.

**Note** I parametri dell'impianto *as-is* (ovvero pre-riqualificazione) possono essere recuperati, e successivamente integrati e/o modificati, a partire dalle schede censimento disponibili nella piattaforma PELL.

I parametri dell'impianto *as-is*, dell'impianto *to-be* ed i parametri economico-finanziari possono essere inseriti *ex-novo*, salvati, recuperati e modificati.

### R.5 Analisi preliminare degli strumenti finanziari

**Requisito** Il modulo SAVE deve permettere all'utente di specificare le variabili elencate in Tabella 31 e quindi visualizzare l'opportunità o meno di procedere all'uso dei vari strumenti finanziari associando ad ogni strumento un colore tra verde, giallo e rosso, secondo la seguente classificazione:

- Colore verde: strumento idoneo e consigliato
- Colore giallo: strumento idoneo ma non consigliato
- Colore rosso: strumento non idoneo
- Colore nero: strumento non applicabile

**Note** –

### Specifica dei requisiti software

La specifica dei requisiti software (in breve *specifica software*) del modulo SAVE ha come obiettivo la definizione di *cosa* il modulo SAVE deve fare (dominio del problema), ed è propedeutica alla definizione di *come* quanto specificato debba essere dapprima progettato e poi codificato come modulo applicativo della piattaforma PELL (dominio della soluzione).

La specifica software qui illustrata si sofferma in particolare sugli aspetti di logica applicativa, ovvero sulla definizione delle procedure di elaborazione dei dati che caratterizzano il modulo SAVE. Gli aspetti di interfaccia utente e di gestione dati, vincolati dalle scelte architettoniche e implementative della piattaforma PELL, non sono invece dettagliati.

Il modulo SAVE viene dunque specificato nei paragrafi successivi in termini di:

- *modello dei dati*, che rappresenta da un punto di vista statico e strutturale l'organizzazione logica dei dati da elaborare;
- *modello comportamentale*, che rappresenta gli aspetti funzionali del sistema da un punto di vista operativo, soffermandosi sulle procedure che elaborano informazioni definite dal modello dei dati al fine di offrire i servizi che il modulo SAVE mette a disposizione.

## Modello dei dati

Il modello dei dati fornisce una vista statica, a carattere strutturale, delle informazioni che il modulo SAVE deve gestire.

La notazione utilizzata per la definizione del modello dei dati si basa sull'uso di diagramma delle classi specificato in UML. In particolare, il modello dei dati si focalizza sulle classi *entity*, ovvero classi relative alle entità rilevanti nel dominio applicativo del modulo SAVE.

La *Figura 110* illustra il diagramma che specifica le classi *entity* del modello dei dati, assieme alle associazioni tra classi. Per ogni classe è inoltre specificato l'insieme di proprietà relative, in termini dei soli attributi principali.

Si assume che ogni sessione di utilizzo del modulo SAVE sia relativa ad un impianto di pubblica illuminazione costituito da varie sezioni, ciascuna relativa ad un insieme omogeneo di punti luce in termini di tecnologia e potenza (ad esempio SAP 70W).

Il significato degli attributi di ciascuna classe è dettagliato nella descrizione del modello comportamentale.

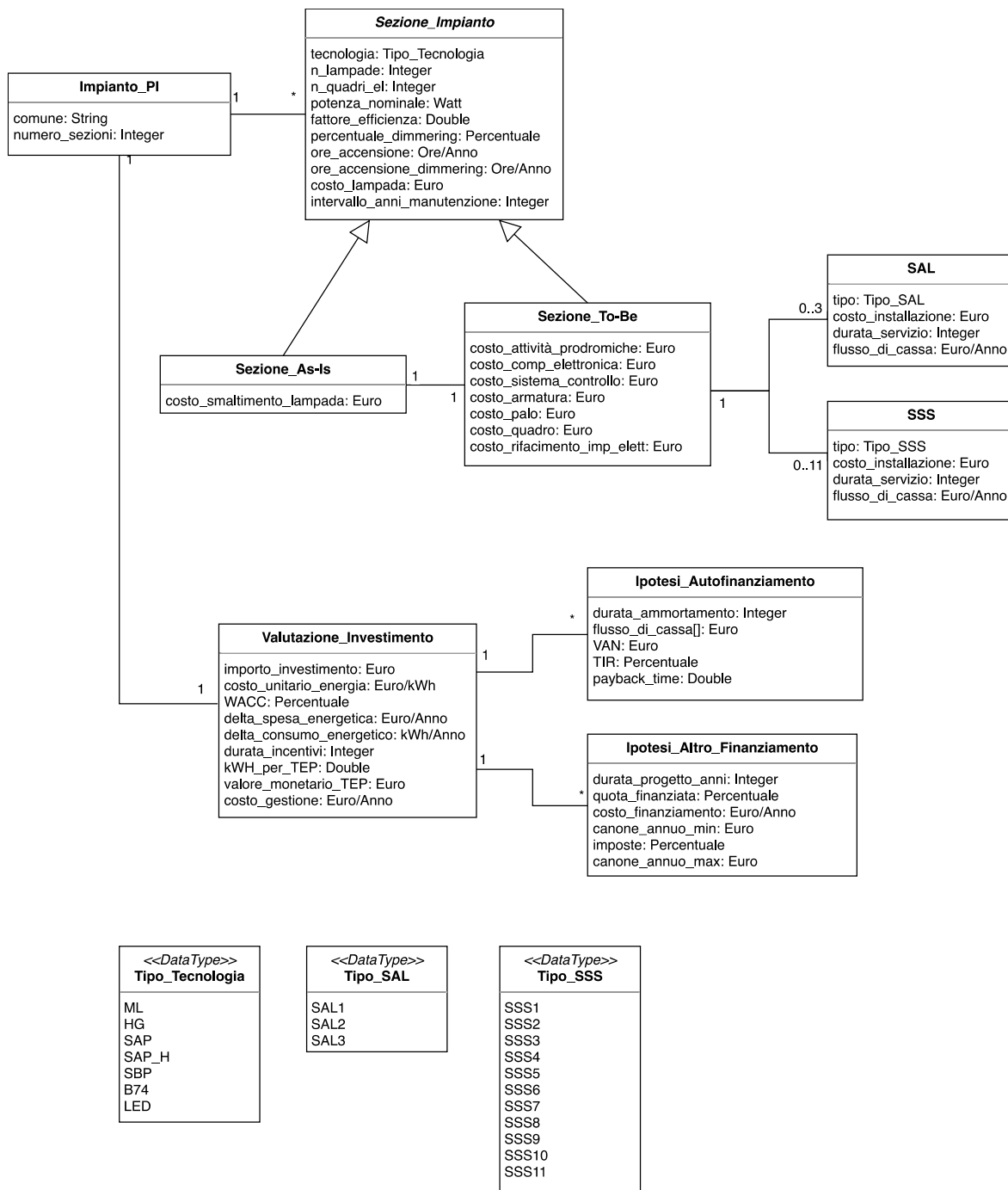


Figura 110. Modello dei dati del modulo SAVE.

**Modello comportamentale basato su casi d’uso**

Il modello comportamentale fornisce una vista dinamica, a carattere funzionale, dei processi che il modulo SAVE esegue al fine di elaborare le informazioni fornite dal modello dei dati.

La notazione utilizzata per la definizione del modello dei dati si basa sull’uso di diagramma dei casi d’uso specificato in UML. Ciascun caso d’uso viene poi specificato facendo uso di un formato strutturato eventualmente integrato mediante la specifica di diagrammi UML delle attività.



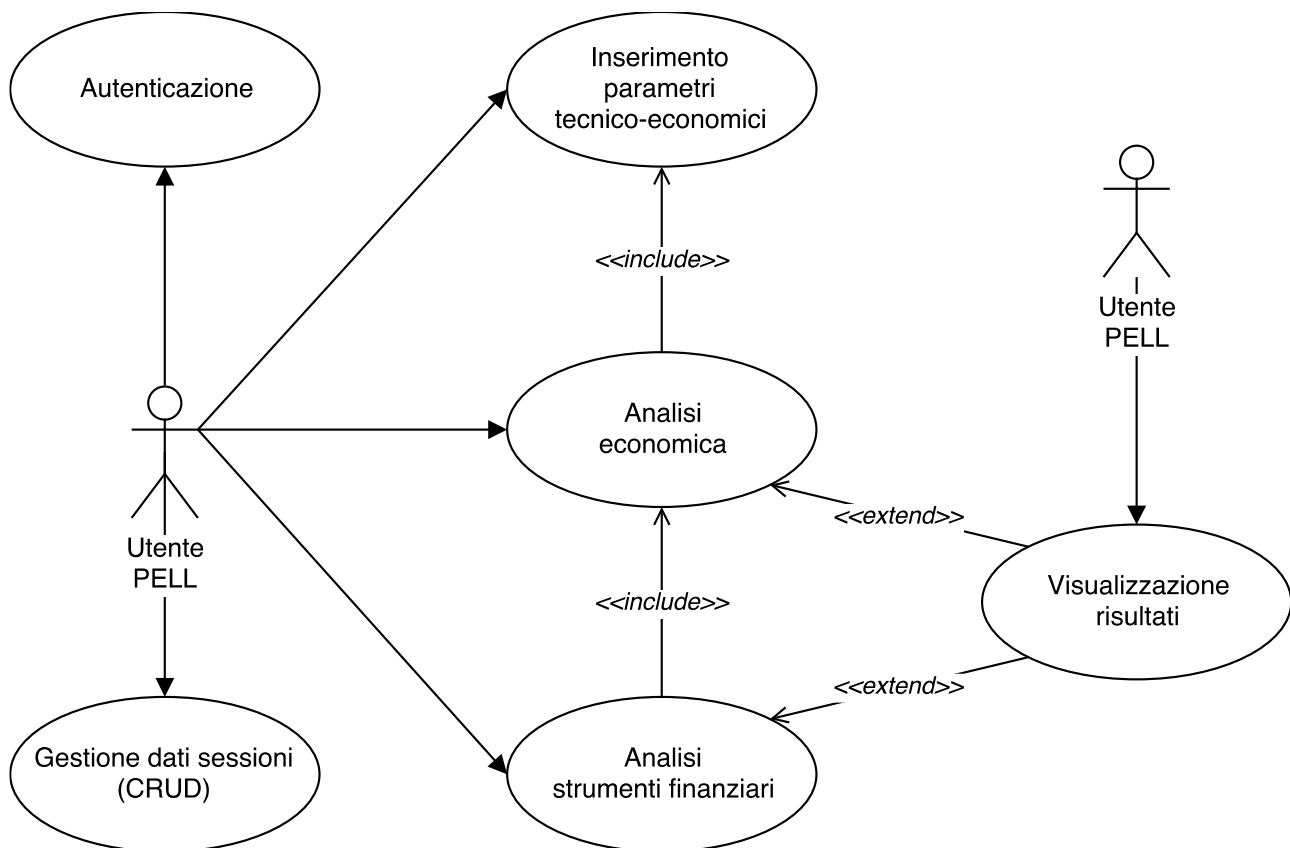


Figura 111. Diagramma dei casi d'uso del modulo SAVE.

### Formato casi d'uso

Al fine di facilitare la comprensione e facilitare le attività di convalida si introduce di seguito un formato standard da usare in fase di specifica dei casi d'uso:

- **ID:** identificatore univoco (UC.x), dove x è il numero del caso d'uso
- **Titolo:** breve descrizione che riassume l'essenza del requisito (derivato da diagramma dei casi d'uso)
- **Breve descrizione:** breve introduzione che permette di riassumere il contesto di riferimento e le caratteristiche essenziali del caso d'uso
- **Attori:** definizione degli attori coinvolti nell'esecuzione del caso d'uso, sia in qualità di attori che attivano il caso d'uso che di attori interessati ai risultati prodotti dall'esecuzione del caso d'uso
- **Flusso esecuzione:** descrizione della sequenza di attività svolte a partire dall'attivazione del caso d'uso
- **Dettaglio attività:** descrizione dettagliata delle attività specificate nel flusso di esecuzione
- **Pre-condizioni:** condizioni che devono essere vere per poter attivare il caso d'uso
- **Post-condizioni:** condizioni che devono essere vere una volta eseguito con successo il caso d'uso

### Specificazione dei casi d'uso

Le sezioni successive forniscono la specifica dei principali casi d'uso illustrati nel diagramma di *Figura 111*, secondo il formato definito al paragrafo precedente.

In particolare, il presente documento si sofferma sulla specifica dei seguenti casi d'uso, tralasciando invece i casi d'uso "Autenticazione" e "Gestione dati sessioni (CRUD)", la cui specifica si basa sulle scelte architetturali e implementative della piattaforma PELL:

- *Inserimento parametri tecnico-economici*
- *Analisi economica*
- *Analisi strumenti finanziari*

- *Visualizzazione risultati*

Il caso d'uso "Autenticazione", una volta attivato ed eseguito con successo, produce come risultato l'avvio di una *sessione utente*, all'interno della quale l'utente procede all'attivazione di uno o più casi d'uso. Dunque, il caso d'uso "Autenticazione" è incluso da tutti i restanti casi d'uso.

Il caso d'uso "Gestione dati sessioni (CRUD)" fa invece riferimento alle procedure di creazione, caricamento, modifica e cancellazione (CRUD – create, read, update, delete) dei dati relativi alle sessioni utente, così come salvati e/o utilizzati durante l'esecuzione dei restanti casi d'uso.

## UC.1 Inserimento parametri tecnico-economici

### *Breve Descrizione*

Il caso d'uso viene attivato al fine di inserire i parametri tecnico-economici necessari al fine di condurre l'analisi economica relativa ad una riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione.

### *Attori*

Utente PELL

### *Flusso di esecuzione*

La specifica delle attività svolte a partire dall'attivazione del caso d'uso è illustrata mediante il diagramma di attività UML in *Figura 112*.

### *Dettaglio attività*

Di seguito si specificano i dettagli delle attività principali.

### Inserisci parametri sezione AS-IS

L'attività consiste nel richiedere all'utente di inserire i parametri corrispondenti ai seguenti attributi della classe *Sezione\_As-Is*, relativi alla specifica sezione di impianto di pubblica illuminazione post-riqualificazione (in **grassetto** i parametri da inserire obbligatoriamente):

- **tecnologia**: tecnologia utilizzata, da selezionare tra i tipi di tecnologia previsti
- **n\_lampade**: numero di lampade
- **costo\_lampada**: costo acquisto e installazione singola lampada
- **n\_quadri\_el**: numero di quadri elettrici (default 0)
- **costo\_quadro**: costo singolo quadro elettrico (default 0)
- **potenza\_nominale**: potenza nominale delle lampade, da selezionare a partire da un elenco predefinito di potenze disponibili per ogni tecnologia di illuminazione.
- **fattore\_efficienza**: fattore di efficienza della sezione di impianto (default 1, valore  $\leq 1$ , la potenza effettiva si ottiene dividendo la potenza nominale per il fattore di efficienza, per tenere conto delle perdite di impianto che provocano un aumento dei consumi rispetto al caso nominale)
- **percentuale\_dimmering**: percentuale di potenza rispetto al totale nel caso di funzionamento in dimmering (default 100%)
- **ore\_accensione**: ore annuali totali di accensione della lampada a potenza piena (default 4168)
- **ore\_accensione\_dimmering**: ore annuali totali di accensione della lampada a potenza ridotta (default 0)
- **intervallo\_anni\_manutenzione**: numero di anni corrispondente al valore del tempo di vita media, o MTTF (mean time to failure) di ogni lampada; si assume di sostituire tutte le lampade una volta trascorso il numero di anni specificato
- **costo\_smaltimento\_lampada**: costo componente elettronica relativa alla singola lampada (default 0)

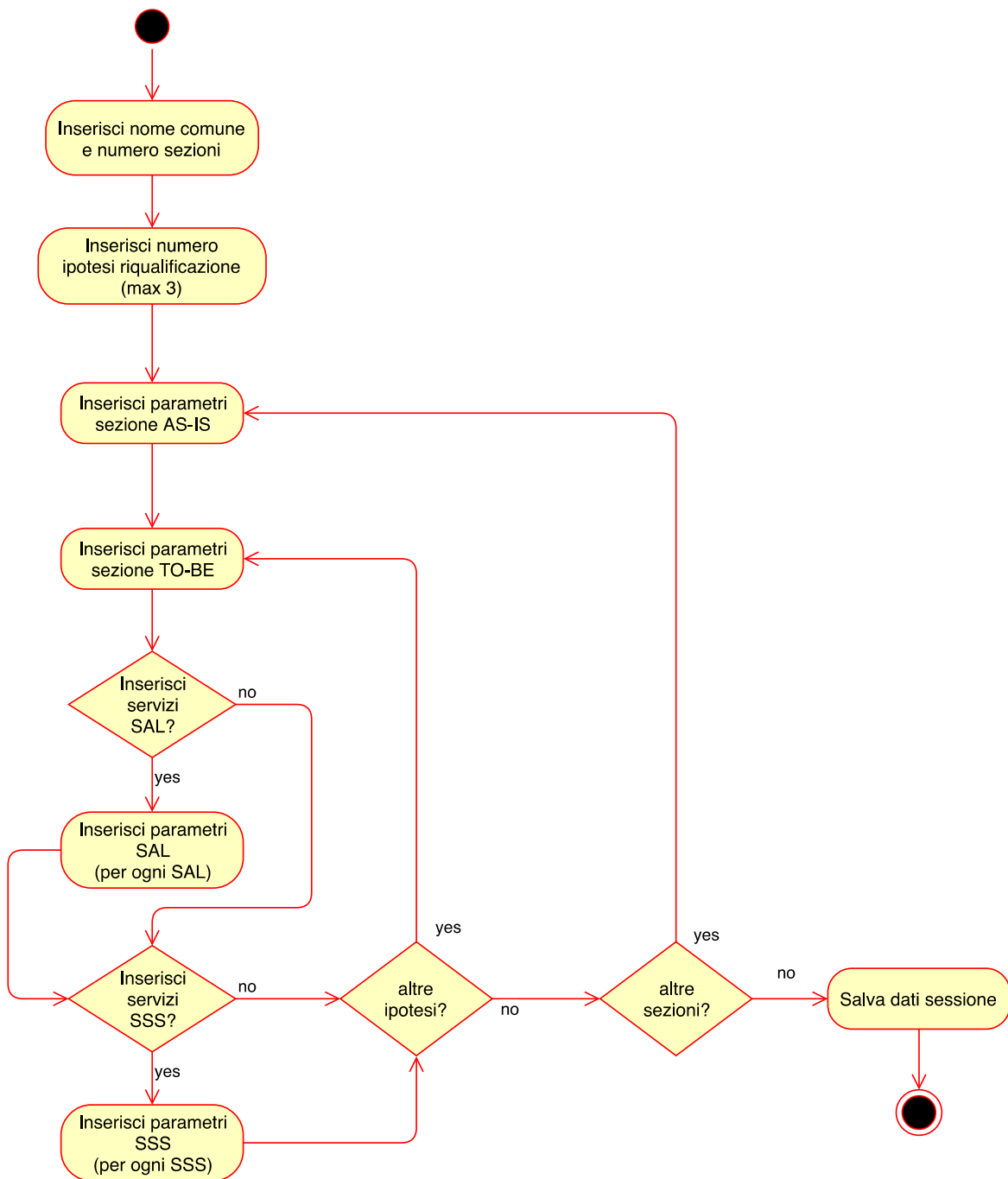


Figura 112. Diagramma di attività del caso d'uso UC.1 ("Inserimento parametri tecnico-economici").

#### Inserisci parametri sezione TO-BE

L'attività consiste nel richiedere all'utente di inserire i parametri corrispondenti ai seguenti attributi della classe *Sezione\_To-Be*, relativi alla specifica sezione di impianto di pubblica illuminazione post-riqualificazione (in **grassetto** i parametri da inserire obbligatoriamente):

- **tecnologia**: tecnologia utilizzata, da selezionare tra i tipi di tecnologia previsti
- **n\_lampade**: numero di lampade
- **costo\_lampada**: costo acquisto e installazione singola lampada
- **n\_quadri\_el**: numero di quadri elettrici (default 0)
- **costo\_quadro**: costo singolo quadro elettrico (default 0)
- **potenza\_nominale**: potenza nominale delle lampade, da selezionare a partire da un elenco predefinito di potenze disponibili per ogni tecnologia di illuminazione

- *fattore\_efficienza*: fattore di efficienza della sezione di impianto (default 1, valore  $\leq 1$ , la potenza effettiva si ottiene dividendo la potenza nominale per il fattore di efficienza, per tenere conto delle perdite di impianto che provocano un aumento dei consumi rispetto al caso nominale)
- *percentuale\_dimmering*: percentuale di potenza rispetto al totale nel caso di funzionamento in dimmering (default 100%)
- *ore\_accensione*: ore annuali totali di accensione della lampada a potenza piena (default 4168)
- *ore\_accensione\_dimmering*: ore annuali totali di accensione della lampada a potenza ridotta (default 0)
- *intervallo\_anni\_manutenzione*: numero di anni corrispondente al valore del tempo di vita media, o MTTF (mean time to failure) di ogni lampada; si assume di sostituire tutte le lampade una volta trascorso il numero di anni specificato
- *costo\_comp\_elettronica*: costo componente elettronica relativa alla singola lampada (default 0)
- *costo\_sistema\_controllo*: costo di aggiornamento/installazione sistema di controllo remoto (default 0)
- *costo\_armatura*: costo sostituzione armatura relativa alla singola lampada (default 0)
- *costo\_palo*: costo sostituzione palo di illuminazione relativo alla singola lampada (default 0)
- *costo\_rifacimento\_imp\_elettrico*: costo di ammodernamento/rifacimento dell'impianto elettrico (default 0)
- *costo\_attività\_prodromiche*: costo attività preliminari per la diagnosi tecnica e la progettazione (default 0)

Inoltre, l'utente deve esprimere la volontà o meno di procedere alla specifica di servizi di tipo SAL e/o SSS e, in caso positivo, fornire i valori per i seguenti parametri (in **grassetto** i parametri da inserire obbligatoriamente):

- *tipo*: tipo SAL/SSS, da selezionare tra i tipi previsti
- *costo\_installazione*: costo di installazione e avvio del servizio
- *durata\_servizio*: stima del numero di anni di uso del servizio (default 0)
- *flusso\_di\_cassa*: ricavi annuali derivanti dall'uso del servizio nel periodo definito dal parametro *durata\_servizio* (default 0)

#### *Pre-condizioni*

Il caso d'uso "Autenticazione" è stato attivato ed eseguito con successo.

#### *Post-condizioni*

I parametri inseriti dall'utente vengono salvati all'interno della sessione utente, e resi persistenti.

## **UC.2 Analisi economica**

### *Breve Descrizione*

Il caso d'uso viene attivato al fine di analizzare costi e/o benefici relativi ad una riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione, in termini di costi e ricavi.

### *Attori*

Utente PELL

### *Flusso di esecuzione*

La specifica delle attività svolte a partire dall'attivazione del caso d'uso è illustrata mediante il diagramma di attività UML in *Figura 113*.

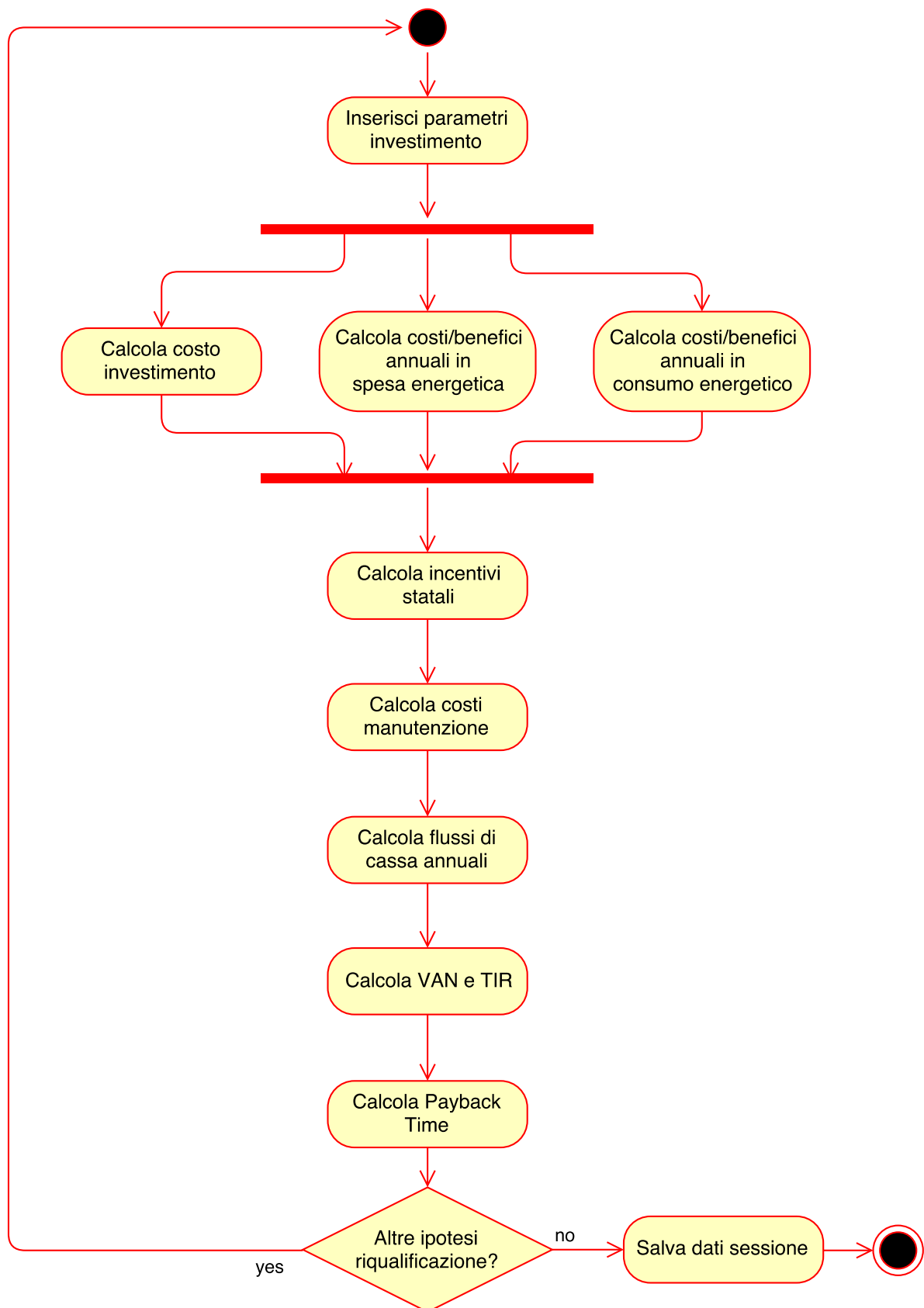


Figura 113. Diagramma di attività del caso d'uso UC.2 ("Analisi economica").

**Dettaglio attività**

Di seguito si specificano i dettagli delle attività principali.

### Inserisci parametri investimento

L'attività consiste richiedere all'utente di inserire i parametri corrispondenti ai seguenti attributi della classe *Valutazione\_Investimento* (in **grassetto** i parametri da inserire obbligatoriamente):

- *WACC: costo medio ponderato del capitale (Weighted Average Cost of Capital), espresso in percentuale; l'utente può scegliere di inserire direttamente il valore di tale parametro o calcolarlo usando la formula  $WACC = C_e * E/(D+E) + C_d * (1-t) * D/(D+E)$ , e dunque inserendo il valore dei parametri  $C_e$  (costo del capitale proprio, valore percentuale),  $E$  (capitale proprio, o equity, in Euro),  $D$  (capitale di debito, o indebitamento, in Euro),  $C_d$  (costo del capitale di debito, valore percentuale) e  $t$  (aliquota fiscale sulle imposte sui redditi, valore percentuale diviso per 100),*
- *costo\_unitario\_energia: costo per l'acquisto dell'energia (in €/KWh)*
- *durata\_incentivi: numero di anni nei quali si può usufruire dei benefici economici derivanti da incentivi statali per il risparmio di Co2 emessa, ovvero i cosiddetti "Certificati Bianchi" (default 0)*
- *valore\_monetario\_TEP: valore monetario del singolo TEP, o tonnellata equivalente di petrolio in Euro (default 100)*
- *kWh\_TEP: fattore di conversione kilowattora-TEP, espresso come numero di kilowattora per singolo TEP (default 5347,49)*
- *costo\_gestione: costo annuale di gestione della sezione di impianto in termini di personale e asset tangibili (default 0)*
- *costo\_finanziamento: costo annuale per la stipulazione di assicurazioni, fidejussioni, etc. ai fini della stipula di finanziamento (default 0)*

Viene inoltre richiesto all'utente di inserire il parametro corrispondente al seguente attributo della classe *Ipotesi\_Autofinanziamento*:

- **durata\_ammortamento:** durata dell'ammortamento misurata in numero di anni

### Calcola costo investimento

L'attività consiste nel calcolare il costo dell'investimento per ogni sezione di impianto TO-BE inserita dall'utente, usando la seguente formula:

$$\text{importo\_investimento\_sezione} = (\text{costo\_lampada} + \text{costo\_comp\_elettronica} + \text{costo\_sistema\_controllo} + \text{costo\_armatura} + \text{costo\_palo} + \text{costo\_smaltimento\_lampada}) * n\_lampade + \text{costo\_rifacimento\_imp\_elett} + \text{costo\_attività\_prodromiche}$$

A tale importo vanno sommati i valori degli attributi costo\_installazione (classi SAL e SSS) per ogni servizio SAL o SSS specificato durante l'esecuzione dell'attività "Inserisci parametri sezione TO-BE" (caso d'uso "Inserimento parametri tecnico-economici").

Gli importi così ottenuti per ogni sezione di impianto TO-BE vanno infine sommati al fine di calcolare il valore del costo dell'investimento per l'intero impianto, corrispondente all'attributo importo\_investimento della classe *Valutazione\_Investimento*,

### Calcola costi/benefici annuali in spesa energetica

L'attività consiste nel calcolare i costi/benefici in spesa energetica. Si procede dapprima calcolando la spesa energetica dell'impianto AS-IS e dell'impianto TO-BE, da calcolare *per ogni sezione* usando la seguente formula:

$$spesa\_energetica\_sezione = (((potenza\_nominale * ore\_accensione) / fattore\_efficienza) + (potenza\_nominale * (1-percentuale\_dimmering/100) * ore\_accensione\_dimmering / fattore\_efficienza)) / 1000) * n\_lampade * costo\_unitario\_energia$$

e quindi sottraendo la spesa energetica TO-BE da quella AS-IS, ottenendo dunque il delta di spesa per ogni sezione (*delta\_spesa\_energetica\_sezione*). Tali delta vanno infine sommati al fine di ottenere il delta di spesa per l'intero impianto, corrispondente al valore dell'attributo *delta\_spesa\_energetica* della classe *Valutazione\_Investimento*.

### Calcola costi/benefici annuali in consumo energetico

L'attività consiste nel calcolare i costi/benefici in consumo energetico. Si procede dapprima calcolando i consumi relativi all'impianto AS-IS e all'impianto TO-BE, da calcolare *per ogni sezione* usando la seguente formula:

$$consumo\_energetico\_sezione = (((potenza\_nominale * ore\_accensione / fattore\_efficienza) + (potenza\_nominale * (1-percentuale\_dimmering/100) * ore\_accensione\_dimmering / fattore\_efficienza)) / 1000) * n\_lampade$$

e quindi sottraendo il consumo energetico TO-BE da quello AS-IS, ottenendo dunque il delta di consumo per ogni sezione (*delta\_consumo\_energetico\_sezione*). Tali delta vanno infine sommati al fine di ottenere il delta di consumo per l'intero impianto, corrispondente al valore dell'attributo *delta\_consumo\_energetico* della classe *Valutazione\_Investimento*.

### Calcola incentivi statali

L'attività consiste nel calcolare il contributo ai flussi di cassa degli incentivi statali. Per ogni anno a partire dall'istante iniziale, e per un numero di anni pari al valore dell'attributo *durata\_incentivi* occorre prevedere il contributo dei benefici economici derivanti da incentivi statali per il risparmio di Co2 emessa, ovvero i cosiddetti "Certificati Bianchi", quantificabile come segue, per ogni sezione:

$$ricavo\_incentivi\_sezione = delta\_consumo\_energetico\_sezione / kWh\_TEP * valore\_monetario\_TEP$$

### Calcola costi manutenzione

L'attività consiste nel calcolare il contributo ai flussi di cassa dei costi di manutenzione. il metodo di calcolo dei costi di manutenzione prevede una reinstallazione completa di lampade ed armature al termine della loro vita media. Tale approssimazione rappresenta una sovrastima dei costi, ovvero un cosiddetto *worst case*.

Dunque, nel calcolo dei flussi di cassa, occorre tenere conto del contributo (negativo) dei costi di manutenzione dopo un numero di anni pari al valore dell'attributo *intervallo\_anni\_manutenzione* (classi *Sezione\_As-Is* e *Sezione\_To-Be*), e all'occorrenza di ogni multiplo successivo, per una cifra pari a:

$costo\_manutenzione\_sezione\_AS-IS = (costo\_lampada) * n\_lampade$

$costo\_manutenzione\_sezione\_TO-BE = (costo\_lampada + costo\_armatura +$   
 $costo\_comp\_elettronica) * n\_lampade$

Tali costi vanno calcolati per ogni sezione degli impianti AS-IS e TO-BE, ed i relativi contributi sommati al fine di ottenere il calcolo complessivo dei costi di manutenzione, da memorizzare nelle variabili  $costo\_manutenzione\_AS-IS$  e  $costo\_manutenzione\_TO-BE$ .

### Calcola flussi di cassa annuali

L'attività consiste nel calcolare il valore del flusso di cassa annuale per una durata dell'investimento pari al valore dell'attributo  $durata\_ammortamento$ . Si ipotizza dunque un vettore contenente i valori dei flussi di cassa annuali per ogni sezione di impianto. Il valore dell'elemento di indice  $i$  ( $i=1..durata\_ammortamento$ ) del vettore relativo ad una specifica sezione si ottiene sommando i ricavi e sottraendo i costi, come di seguito specificato:

- ricavo proveniente dal risparmio in spesa energetica ( $delta\_spesa\_energetica\_sezione$ )
- ricavo proveniente dagli incentivi statali ( $ricavo\_incentivi\_sezione$ ), per  $i=1..durata\_incentivi$
- ricavo proveniente dal risparmio delle spese di manutenzione sull'impianto AS-IS ( $costo\_manutenzione\_sezione\_AS-IS$ ), per ogni indice  $i$  multiplo del valore dell'attributo  $intervallo\_anni\_manutenzione$
- ricavo proveniente da servizi SAL o SSS ( $flusso\_di\_cassa$ ), per  $i=1..durata\_servizio$  e per ogni servizio specificato durante l'esecuzione dell'attività "Inserisci parametri sezione TO-BE" (caso d'uso "Inserimento parametri tecnico-economici")
- costo dovuto a spese di manutenzione ( $costo\_manutenzione\_sezione\_TO-BE$ ), per ogni indice  $i$  multiplo del valore dell'attributo  $intervallo\_anni\_manutenzione$
- costo annuale di gestione della sezione di impianto in termini di personale e asset tangibili ( $costo\_gestione$ )

Il valore dell'elemento di indice 0 è invece pari al valore di  $importo\_investimento\_sezione$  cambiato di segno (ovvero negativo).

I vettori flusso di cassa così ottenuti per ogni sezione di impianto vanno sommati al fine di ottenere il vettore flusso di cassa per l'intero impianto, corrispondente all'attributo  $flusso\_di\_cassa[]$  della classe  $Ipotesi\_Autofinanziamento$ . Al valore dell'elemento di indice  $i$  ( $i=1..durata\_ammortamento$ ) del vettore flusso di cassa per l'intero impianto va infine sottratto il valore dell'attributo  $costo\_finanziamento$ .

### Calcola VAN e TIR

L'attività consiste nel calcolare il VAN (Valore Attuale Netto) ed il TIR (Tasso Interno di Rendimento) a partire dal vettore flusso di cassa per l'intero impianto. Il calcolo del VAN è basato sulla seguente formula

$$VAN = \left( \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+WACC)^i} \right)$$

dove con  $CF_i$  si indica il valore dell'elemento di indice  $i$  del vettore flusso di cassa.

Il calcolo del TIR è basato sulla seguente formula



$$\left(\sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+TIR)^i}\right) = 0$$

dove con  $CF_i$  si indica il valore dell'elemento di indice  $i$  del vettore flusso di cassa.

### Calcolo Payback Time

L'attività consiste nel calcolare il periodo di rimborso, o *payback time*, ovvero il numero di anni necessario per compensare l'investimento ed iniziare a generare flussi positivi. Il calcolo del payback time si effettua come illustrato in Tabella 9 e specificato facendo uso del seguente algoritmo:

```

payback_time = 0;
flusso_cumulativo[0] = flusso_di_cassa[0];
for (i = 1; i < durata_ammortamento; i = i+1)
    flusso_cumulativo[i] = flusso_di_cassa[i] + flusso_cumulativo[i-1];
for (i = durata_ammortamento; i > 0; i = i-1)
    if flusso_cumulativo[i] < 0
        then payback_time = i;
if (payback_time > 0)
then    payback_time = payback_time + (abs(flusso_di_cassa[i+1]) / flusso_cumulativo[i])
else "NO PAYBACK";

```

dove con  $\text{abs}()$  si indica la funzione che restituisce il valore assoluto del numero passato come parametro attuale.

#### *Pre-condizioni*

Il caso d'uso "Inserimento parametri tecnico-economici" è stato attivato ed eseguito con successo.

#### *Post-condizioni*

I valori dei parametri di investimento ed i risultati dell'analisi economica vengono salvati all'interno della sessione utente, e resi persistenti.

### **UC.3 Analisi strumenti finanziari**

#### *Breve Descrizione*

Il caso d'uso viene attivato al fine di effettuare una analisi preliminare, a caratteri qualitativo, relativa all'uso di strumenti finanziari a supporto dell'esecuzione del progetto di riqualificazione dell'impianto di pubblica illuminazione, facendo riferimento ad una ipotesi di modalità di finanziamento che preveda l'intervento di un soggetto privato, come illustrato nel paragrafo "Esempio 2: Modalità "Project Financing".

#### *Attori*

Utente PELL

#### *Flusso di esecuzione*

La specifica delle attività svolte a partire dall'attivazione del caso d'uso è illustrata mediante il diagramma di attività UML in *Figura 114*.

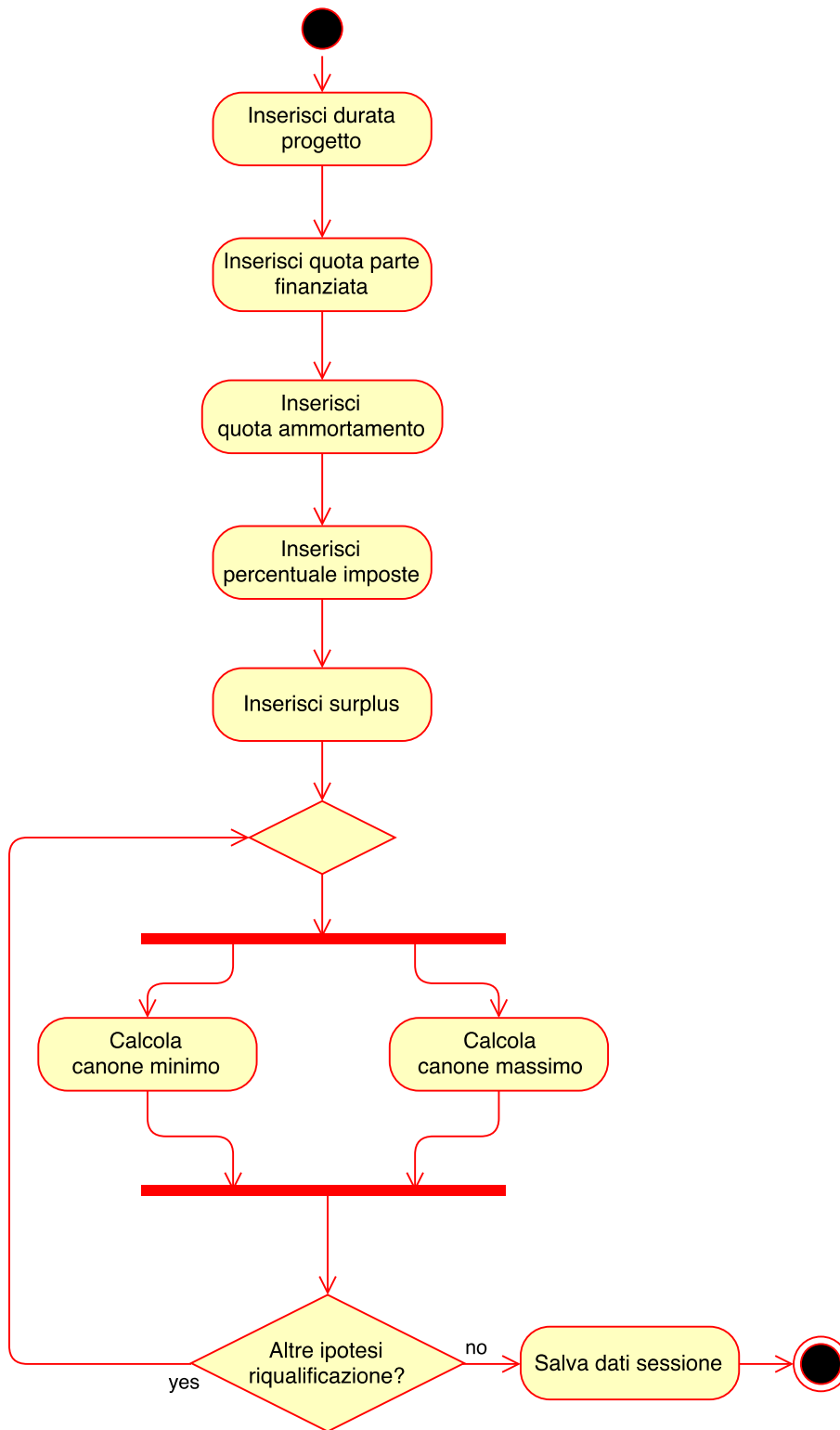


Figura 114. Diagramma di attività del caso d'uso UC.3 ("Analisi strumenti finanziari").

Dettaglio attività

Le attività iniziali consistono nel richiedere all'utente di inserire i parametri corrispondenti ai seguenti attributi della classe *Ipotesi\_Altro\_Finanziamento* (in **grassetto** i parametri da inserire obbligatoriamente):

- **durata\_progetto\_anni**: durata del progetto di finanziamento (*default*: valore uguale al valore dell'attributo *durata\_ammortamento*)
- **quota\_finanziata**: quota parte dell'investimento attribuita al soggetto privato
- **imposte**: tasso percentuale relativo alle imposte a carico del soggetto privato (*default* 0)

Di seguito si specificano i dettagli delle attività "Calcola canone minimo" e "Calcola canone massimo", relativi rispettivamente al canone annuo più conveniente per l'ente comunale e per il soggetto privato, dove per canone annuo si intende la cifra che il soggetto privato riceve annualmente a rimborso affinché questi rientri dei costi iniziali.

#### Calcola canone minimo

L'attività consiste nel calcolo del canone annuo minimo, ovvero il canone che l'ente comunale deve corrispondere al soggetto privato affinché questi rientri dei costi iniziali.

Dapprima viene calcolato il canone ignorando le imposte dovute dal soggetto privato sul canone ricevuto e le detrazioni derivanti dall'ammortamento dell'impianto, facendo uso della formula seguente:

$$canone\_iniziale = \frac{investimento\_iniziale}{\frac{(1-(1+WACC)^{-t})}{WACC}}$$

dove *t* è pari al valore dell'attributo *durata\_progetto\_anni* e:

$$investimento\_iniziale = importo\_investimento * (quota\_finanziata / 100).$$

Successivamente si prendono in considerazione gli aspetti riguardanti le imposte a cui il soggetto privato è tenuto così come l'ammortamento dell'investimento nel suo arco di vita. La quota di ammortamento viene calcolata assumendo un andamento di tipo lineare per l'intera durata del progetto, dunque:

$$ammortamento = investimento\_iniziale / durata\_progetto$$

Il canone annuo minimo viene quindi calcolato come segue:

$$canone\_annuo\_min = (canone\_iniziale - ammortamento * imposte/100) / (1 - imposte * 100)$$

#### Calcola canone massimo

L'attività consiste nel calcolo del canone annuo massimo, ovvero il canone che l'ente comunale potrà corrispondere al soggetto privato senza incorrere in perdite (dunque a VAN nullo).

Dapprima viene calcolato il canone che rende nullo il VAN per l'ente comunale, facendo uso della seguente formula:

$$\text{canone\_VANnullo} = \frac{\text{investimento\_iniziale\_comune}}{\frac{(1-(1+WACC)^{-t})}{WACC}}$$

dove  $t$  è pari al valore dell'attributo `durata_progetto_anni` e:

$$\text{investimento\_iniziale\_comune} = \text{importo\_investimento} * (1 - \text{quota\_finanziata} / 100)$$

Il canone annuo massimo viene quindi calcolato sottraendo il canone che rende nullo il VAN per l'ente comunale al risparmio di costo derivante dalla riqualificazione, che per semplicità si può assumere pari al valore dell'attributo `delta_spesa_energetica`, ovvero:

$$\text{canone\_annuo\_max} = \text{delta\_spesa\_energetica} - \text{canone\_VANnullo}$$

#### *Pre-condizioni*

- Il caso d'uso "Analisi economica" è stato attivato ed eseguito con successo.

#### *Post-condizioni*

I risultati dell'analisi preliminare degli strumenti finanziari vengono salvati all'interno della sessione utente, e resi persistenti.

### **UC.4 Visualizzazione risultati**

#### *Breve Descrizione*

Il caso d'uso viene attivato al fine di visualizzare i risultati prodotti dall'esecuzione dell'analisi economica e dell'analisi degli strumenti finanziari, e per mostrare una tabella riassuntiva che illustra l'opportunità o meno di procedere all'uso dei vari strumenti finanziari in base al valore di un insieme di variabili che influenzano la scelta.

#### *Attori*

Utente PELL

#### *Flusso di esecuzione*

La specifica delle attività svolte a partire dall'attivazione del caso d'uso è illustrata mediante il diagramma di attività UML in *Figura 115*.

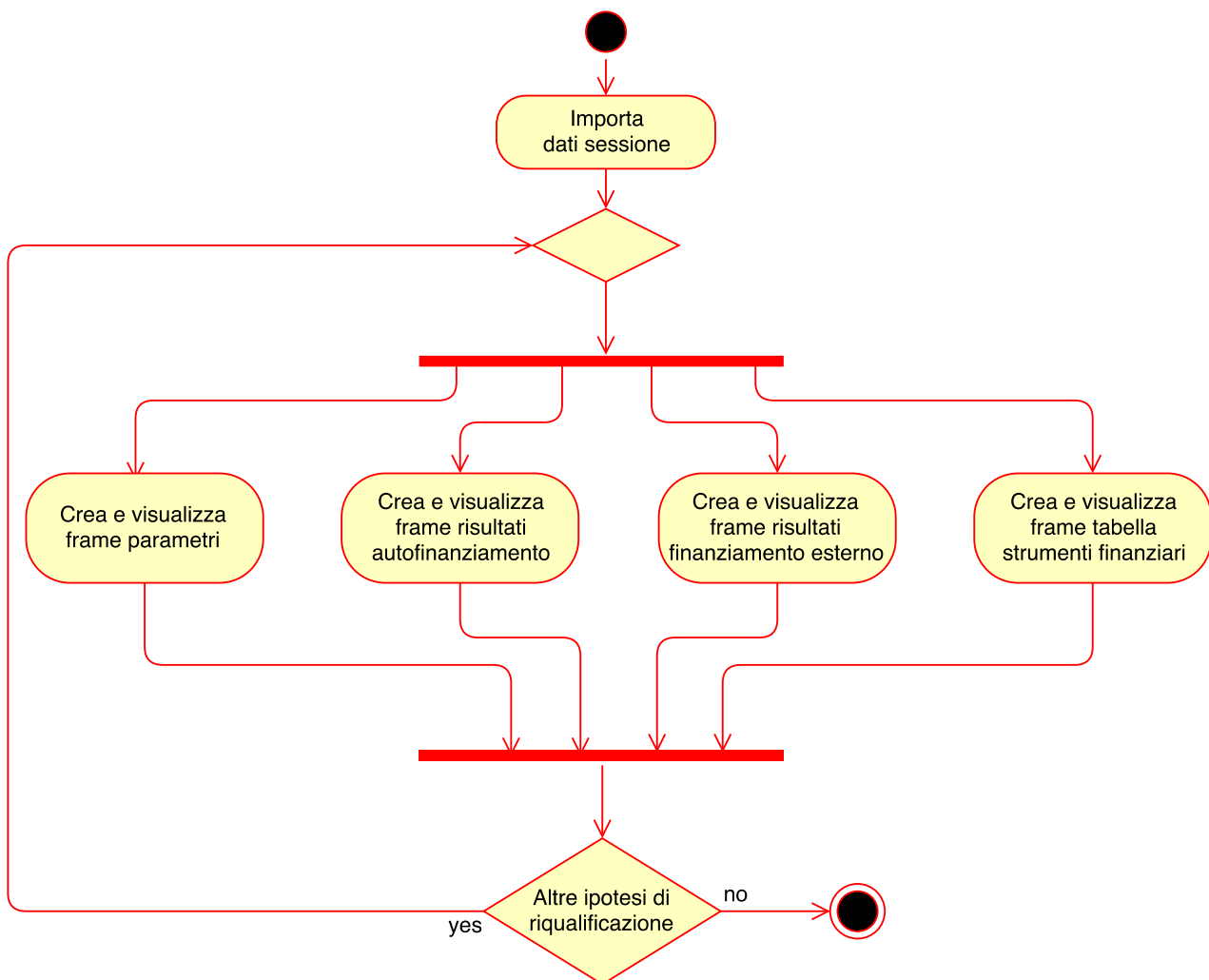


Figura 115. Diagramma di attività del caso d'uso UC.4 ("Visualizzazione risultati").

#### Dettaglio attività

Il caso d'uso "Visualizzazione risultati" ha come obiettivo fornire all'utente un cruscotto attraverso cui visualizzare i risultati dell'analisi economico-finanziaria, per ogni ipotesi di riqualificazione.

In caso di più ipotesi di riqualificazione, fino ad un massimo di tre, i vari cruscotti vanno visualizzati sovrapposti in modalità *tabbed window*.

Ciascun cruscotto, relativo ad una specifica ipotesi di riqualificazione, è suddiviso in quattro frame (da visualizzare su una stessa schermata opportunamente partizionata), relativi a:

- Visualizzazione dei principali parametri usati per condurre l'analisi economico-finanziaria
- Visualizzazione dei principali risultati ottenuti dall'analisi economica
- Visualizzazione dei principali risultati ottenuti dall'analisi finanziaria in termini di auto-finanziamento e ricorso a finanziamento esterno
- Visualizzazione della tabella che riassume vantaggi e svantaggi dei possibili strumenti finanziari

Di seguito si forniscono i dettagli delle attività mostrate in *Figura 115*.

#### Crea e visualizza frame parametri

L'attività consiste nella creazione di un frame che visualizza i valori dei seguenti parametri:

- tecnologia\_impianto\_AS\_IS
- tecnologia\_impianto\_TO\_BE
- importo\_investimento
- delta\_spesa\_energetica
- delta\_consumo\_energetico

#### Crea e visualizza frame risultati autofinanziamento

L'attività consiste nella creazione e visualizzazione di un frame che mostra i risultati del calcolo di VAN e TIR per diversi valori dei parametri durata\_ammortamento e WACC, in analogia a quanto visualizzato in Tabella 23.

I valori minimo e massimo di tali parametri devono essere specificati e modificabili dall'utente.

Inoltre, il frame deve visualizzare un grafico che mostri l'andamento del valore di VAN e TIR al variare del parametro durata\_ammortamento dal valore minimo al massimo (ad incrementi annuali), così come specificato dall'utente per il calcolo di VAN e TIR. Per il VAN, il grafico deve visualizzare andamenti separati per ogni valore di WACC specificato dall'utente.

Infine, il frame mostra anche il grafico del payback time al variare del parametro costo\_unitario\_energia, in analogia a quanto visualizzato in Tabella 23.

I valori minimo e massimo del parametro costo\_unitario\_energia devono essere specificati e modificabili dall'utente, mentre il numero di anni su cui visualizzare il valore del payback time deve andare da 0 al valore massimo del parametro durata\_ammortamento, così come specificato dall'utente per il calcolo di VAN e TIR.

#### Crea e visualizza frame risultati finanziamento esterno

L'attività consiste nella creazione e visualizzazione di un frame con un grafico che mostri l'andamento del valore di canoni minimo e canone massimo in caso di ricorso ad uno strumento di finanziamento del tipo "altro finanziamento". Il grafico deve riportare tale andamento per differenti valori del parametro durata\_progetto\_anni, ad incrementi annuali. I valori minimo e massimo del parametro durata\_progetto\_anni devono essere specificati e modificabili dall'utente, ed il grafico deve visualizzare solo quei valori per i quali il canone massimo è maggiore o uguale al canone minimo.

Inoltre, all'utente deve essere fornita la possibilità di specificare e modificare i valori dei parametri quota\_finanziata e imposte, usati per il calcolo (e quindi la visualizzazione) degli andamenti di canone minimo e canone massimo.

#### Crea e visualizza frame tabella strumenti finanziari

L'attività consiste nella creazione di un frame che riporti quanto illustrato in Tabella 31, opportunamente tradotto in termini di obiettivi. La tabella associa un colore per ogni strumento e per ogni obiettivo, al fine di cogliere immediatamente lo strumento che si rivela più adatto per la specifica tipologia di variabile obiettivo considerata, secondo quanto definito dal requisito utente R.5:

Obiettivo	Auto Finanziam.	PPP – Project Financing	Finanziam. Tramite Terzi	CONSIP “Servizio Luce”
Limitazione uso risorse economiche (assenza di risorse)	Red	Green	Green	Green
Superamento vincoli di bilancio	Black	Green	Yellow	Yellow
Limitazione uso risorse umane (assenza di competenze)	Red	Red	Green	Green
Ripartizione rischi	Black	Yellow	Yellow	Yellow
Riduzione costi iniziali (attività prodromiche)	Red	Green	Green	Green
Riduzione costi progettuali (gestione procedure gara)	Red	Yellow	Yellow	Green
Riduzione costi di accesso al mercato (esecuzione lavori)	Red	Yellow	Yellow	Green
Libertà di scelta per l’ente comunale	Green	Yellow	Green	Red
Crescita delle competenze interne	Green	Yellow	Yellow	Red

#### Pre-condizioni

- I casi d’uso “Analisi economica” e “Analisi strumenti finanziari” sono stati attivati ed eseguiti con successo.

#### Post-condizioni

I risultati visualizzati e selezionati per il salvataggio da parte dell’utente vengono salvati all’interno della sessione utente, e resi persistenti.

#### Conclusioni

In conclusione, il presente lavoro mira a fornire un supporto al processo formativo e decisionale per il personale di un ente locale, che voglia intraprendere un progetto di riqualificazione dell’impianto di pubblica illuminazione del proprio comune d’appartenenza. Chiaramente, vista la genericità delle potenziali situazioni che possono presentarsi ad un ente a fronte della scelta di riqualificare il proprio impianto di illuminazione, il presente documento mantiene un alto livello di astrazione ed in alcuni punti lambisce appena aspetti di cui solo la realtà di un caso concreto può consentire una trattazione esaustiva.

In particolare, il lavoro fornisce all'utente (ente locale) una guida nella valutazione delle diverse modalità di finanziamento attualmente disponibili per la PA, che mette in risalto i diversi elementi da considerare prima di effettuare una scelta tra le stesse modalità.

Tale guida è stata quindi tradotta in una specifica di requisiti software per un modulo applicativo da sviluppare ed integrare nella piattaforma PELL, ovvero la struttura di supporto all'applicazione del modello gestionale ed al conseguimento degli obiettivi del progetto Lumière.

Il modulo applicativo, denominato **SAVE (Supporto Alla Valutazione Economico-finanziaria)** è orientato a fornire agli amministratori degli enti locali un supporto essenziale nella stima dei costi di riqualificazione e delle ipotesi di finanziamento.

### **Sviluppi Futuri**

Il modulo applicativo SAVE, così come specificato nel presente documento, potrà essere oggetto di approfondimenti e sviluppi successivi, orientati ad estenderne le funzionalità e migliorarne l'usabilità.

A tal proposito, si possono fin d'ora identificare approfondimenti e sviluppi orientati a:

- esplicitare il contributo di attori quali istituti finanziari e società di servizi energetici (ESCo), nella valutazione della redditività dell'investimento, sia in caso di autofinanziamento che di altro finanziamento.
- valutare la possibilità di estendere il calcolo degli indici di redditività e sostenibilità economica anche ai casi di altro finanziamento, quali PF, CONSIP e PPP, permettendo una analisi di sensitività trasversale degli indici di redditività, ovvero al variare della modalità di finanziamento;
- valutare la possibilità di rendere "dinamica" la tabella comparativa degli strumenti di finanziamento che attualmente è visualizzata in modalità statica, al fine di rendere più immediata la scelta di uno specifico strumento a partire da un insieme di variabili obiettivo di tipo qualitativo (dunque a complemento dell'analisi quantitativa citata al punto precedente)
- progettare l'integrazione tra modulo SAVE e modulo "scheda censimento" della piattaforma PELL, al fine di semplificare la fase di data entry, che risulta essere onerosa ed error-prone.
- Redigere una guida in linea per l'utente al fine di illustrare come inserire i dati di input ed interpretare gli output del modulo.

Tutti i punti di cui sopra richiedono una opportuna pianificazione di:

- attività orientate ad aggiornare ed estendere l'attuale specifica software, anche a partire da quanto prodotto dal Politecnico di Milano;
- attività di monitoraggio e verifica dei relativi sviluppi software.



#### *4.4 Attivazione di un Tavolo Tecnico per la definizione e condivisione del processo di digitalizzazione dei dati strategici delle principali infrastrutture urbane e per garantire l'interoperabilità delle piattaforme dedicate alla loro raccolta e gestione*

Nel corso della presente annualità è stata avviata un'attività di consolidamento, integrazione e formalizzazione del processo di acquisizione dei dati individuati quali strategici alla gestione dell'infrastruttura della pubblica illuminazione e rappresentati dal Data Model PELL, quale formato standardizzato per il censimento degli impianti.

L'attività si è focalizzata in particolar modo sulla valutazione e condivisione del processo di digitalizzazione della raccolta, organizzazione, gestione e valutazione dei dati con l'obiettivo di :

- Favorire il processo di digitalizzazione della gestione delle infrastrutture strategiche all'innovazione e rigenerazione urbana in chiave smart, partendo dalla IP.
- Poter disporre in maniera trasversale ed omogenea di una banca dati (consistente) e di una fotografia statico/dinamica dell'infrastruttura e dei servizi da essa forniti.
- Garantire un linguaggio comune e degli standard di trasmissione affinché le piattaforme di gestione dati afferenti a infrastrutture differenti (IP – Scuole – reti idriche – ecc.) possano dialogare tra loro quindi l'interoperabilità delle piattaforme;

A tal fine sono state organizzati degli incontri per verificare :

- Se vi fossero eventuali proposte di modifiche e integrazioni all'architettura generale;
- Se il sistema di trasporto, che delega al Gestore IP l'implementazione del modulo di esportazione JSON e il solo client per l'invio dei dati, è condivisibile?
- Se le proprietà relative al «Counter Reading» sono presenti e se il significato e il tipo di dato di ogni proprietà sono condivisi (cfr Paragrafo 1.6) ;
- Se il Modello dei Dati Astratto UD è carente di qualche informazione necessaria;
- Se il formato comune (JSON o XML) è condivisibile;
- Quanto possa essere la granularità (livello di dettaglio) per rappresentare i consumi - in termini spaziali? (p.es. quadro elettrico, comune), in termini temporali? (p.es. ogni minuto, ogni 15 minuti, ogni ora, ...)
- Se gli operatori fossero disponibili a tentare l'esportazione JSON per fornirci un primo feedback;
- Se fossero disponibili a collaborare alla valutazione di un'estensione del PELL-Lighting su altre infrastrutture strategiche (p.es. edifici pubblici e reti idriche). Da questi incontri ha preso avvio lo sviluppo di un nuovo Tavolo Tecnico dedicato agli edifici pubblici scuole che ha portato ad una prima release della scheda censimento e alla sua sperimentazione presso 15 scuole.

Le attività sviluppate hanno avuto lo scopo anche di evidenziare e stressare l'utilità e la necessità della proposta progettuale. Tale processo di digitalizzazione, che prevede a valle una corposa attività di valutazione e individuazione dei dati con il coinvolgimento di tutti gli operatori direttamente ed indirettamente coinvolti nella gestione dell'infrastruttura oggetto d'innovazione gestionale, avvantaggia:

- La governance supportandola nelle future scelte politiche economiche, finanziarie e sociali;
- Le amministrazioni locali nella gestione del servizio;
- gli stakeholder per la valorizzazione del servizio offerto
- i cittadini in termini di trasparenza e innovazione smart del territorio
- le città nel loro insieme ai fini di una rigenerazione in chiave smart che parta da una conoscenza puntuale dello stato di fatto;
- le piattaforme rendendo possibile l'integrazione dei dati e quindi lo sviluppo di nuovi servizi.

Al Tavolo hanno collaborato e collaborano: Assisital – AgID – Consip. In particolare sono stati organizzati:

- 2 incontri ufficiali per tutte le ESCo
- 12 riunioni operative del Tavolo con Assisital
- 8 riunioni operative con AgID
- 23 riunioni via skype con AgID
- 5 riunioni con Consip

In particolare in merito alla collaborazione con AgID essa si è focalizzata sulla trasformazione dei dati contenuti nella scheda censimento Lumière & PELL (Report RdS/PAR2015/001 e Report RdS/PAR2016/011) secondo lo standard SINFI (cfr. pagina 42) per la loro raccolta, trasmissione ed immagazzinamento nella piattaforma PELL. La collaborazione con AgID è stata fondamentale per pervenire alla redazione del data model intitolato “ Specifiche di contenuto di riferimento PELL - Illuminazione Pubblica” (cfr. pag 42), AgID infatti segue da anni la tematica dei dati e servizi geotopografici, promuovendo e coordinando tavoli tecnici nazionali per la definizione di specifiche tecniche comuni tra i diversi Enti che producono ed utilizzano tale tipologia di dati e servizi nell’ambito delle proprie competenze.

In tal senso, l’azione di AgID è ribadita nel Piano Triennale per l'informatica nella Pubblica Amministrazione (2017-2019) che, con riferimento al tema dell’“interoperabilità”, evidenzia l’impegno dell’Agenzia nella definizione di regole tecniche, linee guida, standard tecnologici e profili che ogni PA deve adottare. Il ruolo di AgID è rivolto ad agevolare la diffusione e l'accesso a dati e servizi della PA (anche attraverso l’implementazione di cataloghi interoperabili - tra cui RNDT - e sistema di registri), attivare processi finalizzati al mantenimento delle specifiche già prodotte e alla definizione di nuove regole tecniche in materia di dati geotopografici e creare le migliori condizioni per la realizzazione di servizi a valore aggiunto di immediato utilizzo per cittadini, professionisti, imprese e pubbliche amministrazioni. In questo contesto, i contributi forniti da AgID nell’ambito dei progetti SINFI e PELL rappresentano un apporto concreto verso la trasformazione digitale del paese rivolta alla semplificazione dei processi amministrativi della Pubblica Amministrazione, assicurando maggiore efficacia ed efficienza all’azione amministrativa stessa.

Prima di pervenire alla pubblicazione dell’attuale versione del data model (versione del 14 settembre 2018 Figura 4), in collaborazione con AgID il data model è stato pubblicato sul sito <http://geodati.gov.it/geoportale/> per essere sottoposta ad una inchiesta pubblica che è durata 1 mese e si è conclusa il 18 maggio 2018.

Il 26 giugno 2018 sono stati pubblicati i risultati della consultazione pubblica sulle specifiche PELL – illuminazione pubblica (versione 1.0 del 18 aprile 2018), con le determinazioni assunte dal gruppo di lavoro ENEA-AgID (riunione del 13 giugno 2018). Nel documento pubblicato sono state riportate puntualmente tutte le decisioni assunte in riferimento ai commenti e alle osservazioni pervenuti nel corso della consultazione, suddivise per organizzazioni pubbliche e private.

In particolare, la consultazione pubblica ha visto la partecipazione attiva di 8 organizzazioni (4 pubbliche e 4 private) per 119 proposte di correzione/modifica/integrazione della specifica PELL-IP (Figura 116).

**Risposte alle osservazioni pervenute in fase di consultazione pubblica delle  
"Specifiche di contenuto di riferimento PELL - illuminazione pubblica"  
versione 1.0 del 18/04/2018"**

Le tabelle seguenti descrivono sinteticamente, per ogni osservazione pervenuta in fase di consultazione pubblica della specifica in oggetto, le decisioni prese dal gruppo di lavoro ENEA-AgID nel corso della riunione del 13 giugno 2018.

La colonna "Decisione GdL ENEA-AgID riunione plenaria del 13 giugno 2018" riporta le specifiche determinazioni distinguendo:

- PROPOSTA NON RECEPITA;
- PROPOSTA RECEPITA.

Le proposte recepite (in toto o parzialmente), implicano integrazioni/modifiche alla specifica in oggetto; a breve si renderà disponibile la versione finale della suddetta specifica.

**Figura 116: Risultati dell'inchiesta pubblica del Data model del PELL IP**

Di seguito è riassunto l'esito delle osservazioni presentate ed è evidenziato il rilevante contributo scaturito dalla partecipazione attiva delle organizzazioni interessate alla tematica illuminazione pubblica per il miglioramento della specifica in oggetto (Tabella 32).

tipo organizzazione	n. osservazioni presentate	n. osservazioni recepite
pubblica	51	47
privata	68	43

**Tabella 32: Organizzazioni che hanno partecipato all'inchiesta pubblica**

## 5 Conclusioni

Nella terza ed ultima annualità sono state portate avanti differenti attività interconnesse con la piattaforma software verticale PELL (<https://www.pell.enea.it>), prodotto principale che è stato realizzato per quanto riguarda la sezione dedicata alla Illuminazione Pubblica.

Al termine del triennio è infatti disponibile il Front end del PELL IP, è stata pubblicata la scheda censimento degli impianti IP (<http://geodati.gov.it/geoportale/>) per la quale è ora disponibile il formato per strutturare e raccogliere i dati in maniera uniforme e fornire una specifica di riferimento per la sua implementazione (formato XML). Il formato XML è ora importabile nel modulo di upload e download della scheda stessa in formato automatico, viceversa si può usufruire del form online per una compilazione a mano.

In previsione dei dati dinamici, relativi ai dati elettrici ed energetici degli impianti di illuminazione pubblica, è stata progettata e realizzata l'infrastruttura Big Data e sono state aggiornate le specifiche tecniche per l'invio dei dati dinamici di consumo da parte dei Gestori alla Piattaforma PELL (Impianti monofase e trifase); sono stati quindi aggiornati i KPI di progetto (visualizzabili sulla piattaforma a seguito del caricamento della scheda censimento) ed implementati i KPI dinamici (visualizzabili quando il Big Data sarà alimentato dai consumi reali).

È stato inoltre implementato il modulo SAVE per la valutazione economico finanziario di impianti di IP a seguito dell'implementazione degli algoritmi di calcolo definiti. Tale modulo può essere utilizzato per effettuare delle valutazioni da parte della PA che abbia l'idea di effettuare delle riqualificazioni.

Il modulo applicativo SAVE, così come specificato nel presente documento, potrà essere oggetto di approfondimenti e sviluppi successivi, orientati ad estenderne le funzionalità e migliorarne l'usabilità.

Per quanto riguarda il modulo SAVE, per le future attività sarebbe interessante ed utile esplicitare il contributo di attori quali istituti finanziari e società di servizi energetici (ESCo), nella valutazione della redditività dell'investimento, sia in caso di autofinanziamento che di altro finanziamento; valutare la possibilità di estendere il calcolo degli indici di redditività e sostenibilità economica anche ai casi di altro finanziamento, quali PF, CONSIP e PPP, permettendo una analisi di sensitività trasversale degli indici di redditività, ovvero al variare della modalità di finanziamento; valutare la possibilità di rendere "dinamica" la tabella comparativa degli strumenti di finanziamento che attualmente è visualizzata in modalità statica, al fine di rendere più immediata la scelta di uno specifico strumento a partire da un insieme di variabili obiettivo di tipo qualitativo (dunque a complemento dell'analisi quantitativa citata al punto precedente); progettare l'integrazione tra modulo SAVE e modulo "scheda censimento" della piattaforma PELL, al fine di semplificare la fase di data entry, che risulta essere onerosa ed error-prone; Redigere una guida in linea per l'utente al fine di illustrare come inserire i dati di input ed interpretare gli output del modulo.

Per le future attività, la sezione del PELL IP dovrà vedere una fase di popolamento del DB relativo inerente non solo la fase statica (caricamento delle schede censimento) ma soprattutto quella dinamica (caricamento dati relativi ai consumi energetici degli impianti) e quindi tutta una fase di gestione e manutenzione della piattaforma per accertarsi del corretto funzionamento. La prima fase di popolamento (dati statici) della Piattaforma PELL IP avverrà con i dati provenienti dai Comuni che rientrano nel bando Luce 4 di Consip, il cui inizio è previsto per il 2019.

Per quanto riguarda il PELL Edificio è stata messa a punto la scheda censimento e si è cominciato a valutare la sua prossima operatività nella piattaforma software verticale PELL. L'obiettivo è di avviare, anche per questa sezione, una riorganizzazione dei processi gestionali delle infrastrutture pubbliche energivore degli edifici, 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.

La nuova applicazione del PELL agli edifici della Pubblica Amministrazione, ha prodotto importanti risultati che hanno consentito di apportare modifiche alla scheda di indagine, tramite la sua applicazione ad campione rappresentativo di edifici scolastici, evidenziare le criticità operative sul campo, definire dei valori

di benchmark da utilizzare per valutare lo stato di efficienza di un edificio e l'efficacia degli interventi di riqualificazione e definire i KPI di prestazione necessari per una valutazione delle prestazioni energetico ambientali degli edifici.

Con l'applicazione della scheda sono stati raccolti i dati di 15 scuole, campione di edifici scolastici in zona climatica D nella Provincia di Roma (riportate nella relazione finale, con la descrizione di tutte le scuole indagate e i relativi indicatori di consumo e quelli generali). Nella fase di raccolta dei dati/ sopralluogo e, quindi, compilazione della scheda, sono state rilevate numerose criticità operative tra cui quella di trovare personale tecnico in grado di fornire informazioni utili tanto al supervisore quanto al manutentore/regolatore del sistema e quella di definire la figura di un tecnico esperto di gestione e logistica, all'interno degli edifici scolastici. (attività svolta dall'Università della Sapienza DIAEE).

Per i KPI è stata sviluppata una metodologia semplificata da intendersi come una prima proposta di analisi e calcolo della domanda di energia fornita (per ciascun vettore energetico), di un generico edificio scolastico, a supporto dello sviluppo di una piattaforma informatica finalizzata alla categorizzazione, analisi prestazionale e monitoraggio remoto dei consumi, da mettere a disposizione dei tecnici e degli amministratori locali come aiuto al processo decisionale di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico esistente. Nel rapporto è presente una ricerca nella letteratura scientifica di metodologie analoghe in cui il numero di dati di input richiesti per la stima semplificata delle prestazioni energetiche sia ridotta. Il proseguo delle attività si dovrebbe focalizzare sulla finalizzazione della scheda censimento e la sua applicazione, anche con il coinvolgimento degli operatori di mercato, su una popolazione di edifici scolastici e la verifica dell'efficacia dei KPI definiti nelle precedenti annualità (attività svolta dal POLIMI)

Per quanto riguarda l'attività sul LENICALC è previsto di analizzare e progettare la sua implementazione nella piattaforma PELL, sezione Edificio, così da mettere a disposizione il software e renderlo ancora più fruibile da tutti e superare eventuali problemi di aggiornamenti dei sistemi operativi. Parallelamente si proseguirà il lavoro di identificazione dei valori di benchmark per le varie destinazioni d'uso degli edifici.

Infine, per quanto riguarda l'ambito di ricerca degli smart street service l'ENEA ha redatto un documento che ipoteticamente potrebbe essere utilizzato da un qualsiasi comune che volesse fare una riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica orientato alla Smart Service in un'ottica di transizione da un impianto di illuminazione pubblica ad un sistema di servizi smart, sono state applicate le linee guide sviluppate nella precedente annualità ad un caso reale.

Inoltre, l'analisi della sostenibilità economica di progetti di riqualificazione della pubblica illuminazione ha messo in evidenza indicatori di redditività interessanti nei casi di studio esaminati al variare dei modelli di business utilizzati e dei relativi strumenti finanziari. Dall'analisi di scenario effettuata con l'obiettivo di analizzare le principali ricadute economico-sociali e ambientali a livello nazionale connesse alla riqualificazione delle infrastrutture di pubblica illuminazione è emerso che il beneficio di gran lunga più rilevante deriva dall'incremento del volume d'affari associato alla vendita di soluzioni tecnologiche ed è appannaggio dei player della filiera dello smart lighting. Anche lo Stato registra un saldo benefici-costi complessivo positivo. Le utility, al contrario, vedono una perdita netta del proprio volume d'affari dovuta al risparmio energetico. Tuttavia si evidenzia come la quasi totalità delle utility ha al proprio interno una business unit che si occupa di servizi di efficienza energetica a riprova di come l'efficientamento energetico stia diventando una opportunità di business concreta per le imprese del settore.

L'aspetto della sicurezza informatica attraverso la valutazione di utilizzo di anomaly detection system ha evidenziato la versatilità di questo strumento di Anomaly Detection che rappresenta il punto forte dello sviluppo. Si è evidenziato che anche in mancanza di evidenti problematiche causate dall'attacco alla disponibilità delle risorse di rete, il sistema di Anomaly Detection ha permesso di identificare anomalie e di allertare l'operatore di sicurezza della situazione di pericolo che era in procinto di generarsi. In lavori futuri sarà possibile prevedere l'implementazione di meccanismi più avanzati di virtualizzazione del modello fisico per tecniche di sicurezza innovative nel contesto dei smart service di illuminazione.

L'Analisi di Supporto Logistico (LSA) di una linea di illuminazione "smart" stradale pubblica ha evidenziato innanzitutto che nessuna parte del sistema è ridondata benché sia doveroso dire che il sistema in sé è abbastanza resiliente, poco "damage sensitive". Lo studio di "Affidabilità", "Disponibilità" e FMECA hanno evidenziato alcuni aspetti fondamentali per quanto riguarda i tassi di guasto del sistema, la gestione delle manutenzioni e delle eventuali scorte di magazzino.

Inoltre, nell'ottica di ampliare l'applicazione del PELL a soluzioni tecnologiche per la mitigazione del microclima urbano e il miglioramento del benessere dei cittadini. Per questo è stato progettato, realizzato e valutato sperimentale un prototipo di dispositivo per il raffrescamento di spazi urbani mediante sistemi di nebulizzazione, e sviluppato un sistema di controllo, ne è seguita la modellazione fluidodinamica su piccola e media scala. Sono state studiate nuove applicazioni del PELL

È stato sviluppato, per il sensore/telecamera per il controllo della mobilità e sicurezza, nuove funzionalità per il riconoscimento del suono che porterà a nuovi scenari per il controllo del territorio e la disponibilità di nuovi servizi. Sono state sviluppate librerie software modulari in grado di consentire la rilevazioni di alcune specificità del suono, come sirene di veicoli di emergenza e richieste di aiuto vocale.

E' stato ampliato il progetto della smart street prototipale all'interno di un contesto controllato (Smart Village Casaccia con l'installazione di nuovi sensori/telecamere e l'acquisizione dati di consumo.

E' stato definito un modello di calcolo, finalizzato alla valutazione del flusso luminoso disperso da un qualunque impianto esterno di illuminazione pubblica o privata. In particolare, lo studio relativo all'inquinamento luminoso, che inizialmente avrebbe dovuto generare un prodotto (tool) per il calcolo della luce dispersa verso l'alto da impianti di illuminazione pubblica (inquinamento luminoso), nel corso dell'attività ha invece ha preso una direzione diversa, in quanto sono partiti i lavori per la revisione della norma UNI 10819 "Limitazione della dispersione verso l'alto del Flusso Luminoso" relativa appunto alla valutazione dello stesso parametro ed il modello realizzato è stato quindi proposto e accettato come elemento della norma e uscirà come metodo di calcolo insieme con la norma stessa. Questa scelta sposta sì in avanti nel tempo la pubblicazione del modello, ma offre come grande vantaggio una possibilità di diffusione ad ampio raggio molto maggiore.

E' proseguita la partecipazione a gruppi di lavoro di enti normatori nazionali, europei e internazionali nel settore dell'illuminazione (collaborazione con comitati di standardizzazione e normativa). All'interno di ciascun gruppo l'ENEA ha dato il proprio contributo a proposte, revisioni e stesura di norme e raccomandazioni tecniche nei relativi campi di competenza.

Al termine del triennio sono stati realizzati differenti prodotti, alcuni dei quali possono essere evidenziati nella matrice dell'Asset – funzionalità, quali lo Smart –Eye (sensore/telecamera), gli smart meter (acquisizioni dinamiche del PELL) e la scheda censimento/data model del PELL.

Asset	Funzionalità									
	Descrizione puntuale degli impianti IP	Identificazione di KPI di progetto	Valutazione economica/finanziaria della riqualificazione	Responso diagnostico degli impianti	Dimmerazione dell'illuminazione in base al flusso di traffico	Monitoraggio traffico pedonale e veicolare	Analisi scene per sorveglianza	Sound detection (esplosione, spari, etc.)	Monitoraggio ambientale	Misurazione di parametri elettrici ed energetici
Smart Eye					X	X	X	X	X	
Smart meter										X
Scheda censimento/Data model	X	X	X	X						