



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Studio di fattibilità per la integrazione di un modello di pubblica illuminazione ad alta efficienza in un power park urbano (quartiere eco-sostenibile): analisi di un caso pilota

*S. Bruno, M. D'Aloia, M. De Benedictis, S. Lamonaca,
M. La Scala, G. Rotondo, U. Stecchi*



Report RdS/2011/328

STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA INTEGRAZIONE DI UN MODELLO DI PUBBLICA
ILLUMINAZIONE AD ALTA EFFICIENZA IN UN POWER PARK URBANO (QUARTIERE ECO -
SOSTENIBILE): ANALISI DI UN CASO PILOTA

S. Bruno, M. D'Aloia, M. De Benedictis, S. Lamonaca, M. La Scala, G. Rotondo, U. Stecchi,
(Politecnico di Bari, Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica)

Novembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia

Progetto: Tecnologie "smart" per l'integrazione della illuminazione pubblica con altre reti di
servizi energetici e loro ottimizzazione

Responsabile Progetto: Mauro Annunziato, ENEA

Si ringrazia per la gentile collaborazione e i dati forniti: l'ing. Pasquale Capezzuto, Energy
Manager del Comune di Bari; l'Assessore ai LL.PP. e Sicurezza del Comune di Bari, Marco
Lacarra; il personale della Sezione Ripartizione Edilizia Pubblica e LL.PP. del Comune di Bari,
Posizione Organizzativa Tecnologico "Impianti di illuminazione pubblica: segnalazioni,
rifacimenti e nuove progettazioni".

Sommario

1. PREMESSA	4
2. SCENARIO ATTUALE TERRITORIALE.....	5
3. DESCRIZIONE DEL QUARTIERE SAN PAOLO DI BARI	8
4. DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE	12
4.1. Tipologia di lampade installate	16
4.2. Tipologia ed estensione delle connessioni.....	18
4.3. Analisi del dimensionamento del sistema di pubblica illuminazione del quartiere San Paolo.....	23
5. LA PUBBLICA ILLUMINAZIONE E IL TRAFFICO URBANO: UN APPROCCIO ADATTIVO PER IL RISPARMIO ENERGETICO	34
6. SMART LIGHT E SMART GAS: UN CONNUBIO POSSIBILE	38
7. ARCHITETTURA DI SISTEMA PER IL POWER PARK SAN PAOLO	42
7.1. Componenti del sistema	43
7.2. Architettura di rete	48
8. STUDIO DI FATTIBILITÀ.....	55
8.1. Scenario 1.....	58
8.2. Scenario 2.....	62
9. ESTERNALITÀ	63
CONCLUSIONI	65
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	67

1. PREMESSA

In una visione di *Smart City* tutti i componenti devono essere integrati al fine di consentire un’ottimizzazione dei servizi e dei benefici da offrire al cittadino. In quest’ottica, è stato ipotizzato che anche la pubblica illuminazione funga da parte integrante del sistema e sia in grado di interagire con le utenze e di restituire informazioni utili per il cittadino e per l’ente pubblico gestore dei dati energetici (comune, distributore locale, etc), ad esempio relativamente ai consumi di energia elettrica, caldo e freddo.

È stato ipotizzato che il distretto energetico San Paolo di Bari venga alimentato da una centrale di trigenerazione con rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento per la produzione di energia elettrica, caldo e freddo, tale da rendere energeticamente autonoma l’area considerata. Quindi, mediante un’architettura di rete opportunamente progettata e dimensionata, si è considerato che l’impianto di pubblica illuminazione sia in grado di interrogare la singola utenza e restituire i dati relativamente ai consumi di energia elettrica, caldo/freddo e acqua.

È stato ipotizzato inoltre, che tale impianto di illuminazione sia in grado di rispondere alla variazione del traffico regolando dinamicamente il flusso luminoso, ottenendo in tal modo dei risparmi sull’energia consumata. È stata fatta una ricognizione dei dati relativi alle utenze illuminotecniche del quartiere San Paolo, ricostruendo il numero dei punti luce, le connessioni dei quadri elettrici, potenze installate e consumi di energia elettrica (relativi all’anno 2010) per l’illuminazione pubblica del quartiere. Quindi, è stata progettata un’architettura di sistema in grado di rendere “*smart*” l’impianto di pubblica illuminazione preesistente ed è stato valutato l’investimento ipotizzando differenti scenari che variano in base al numero di gestori che operano nel distretto e rispettive teleletture da effettuare, ed in base al costo della telelettura, parametro ritenuto incerto. Inoltre è stata fatta un’analisi costi-benefici considerando le esternalità positive derivanti dal risparmio di energia elettrica nella nuova configurazione impiantistica.

2. SCENARIO ATTUALE TERRITORIALE

Gli obiettivi della tutela dei valori ambientali finalizzati allo sviluppo sostenibile hanno recentemente favorito la realizzazione di numerosi interventi per la riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi energetici da esso derivanti, al fine di conservare e proteggere l'ambiente naturale, inteso anche come territorio.

Negli ultimi anni numerosi sono stati gli interventi della Regione Puglia e del Comune di Bari nel perseguire tali obiettivi di eco sostenibilità e protezione del territorio, inteso quest'ultimo non solo come area rurale o ambiente naturalistico protetto, ma anche come ambiente urbano.

L'emanazione della Legge Regionale n. 15 del 23 novembre 2005 prima e del Regolamento Regionale n. 13 del 22 agosto 2006 dopo, ribadiscono in primo luogo gli obiettivi fondamentali in tema di energia ed ambiente e, fermo restando gli aspetti inerenti la sicurezza impiantistica, si propongono essenzialmente di ridurre l'inquinamento luminoso e attraverso l'innovazione tecnologica degli impianti, aumentarne la loro efficienza per poter abbattere i consumi energetici [1].

La riduzione dei consumi elettrici per l'alimentazione del sistema di pubblica illuminazione consente di contribuire alla diminuzione delle emissioni dannose in atmosfera (CO₂) come previsto dal Protocollo di Kyoto, pertanto si richiede necessariamente agli impianti per l'illuminazione esterna (siano essi pubblici che privati), di possedere caratteristiche costruttive ed illuminotecniche idonee per il raggiungimento delle suddette finalità.

Nel contesto generale delle azioni pianificazione energetica ed ambientale il Comune di Bari ha recentemente sottoscritto il Patto dei Sindaci (Covenant of Majors), iniziativa promossa dall'Unione Europea per coinvolgere attivamente le città nel percorso verso la sostenibilità. Con l'adesione a tale "Patto", l'impegno che il Comune di Bari si è assunto è ragguardevole e finalizza gli interventi futuri alla riduzione di oltre il 20% delle proprie emissioni di gas serra definendo strategie e azioni per aumentare il ricorso alle fonti di energia rinnovabile, migliorare l'efficienza energetica e promuovere il risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia.

Il P.A.E.S. (Piano di Azione per l'Energia Sostenibile), ovvero il documento che definisce tali obiettivi, è attualmente in discussione e identifica i settori di intervento più critici, e definisce misure concrete, tempi di attuazione, risorse e responsabilità per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione della CO₂ equivalente [2]. Un traguardo molto ambizioso è fissato ad una riduzione 30% delle emissioni di CO₂ in area urbana rispetto al 2002. Per raggiungere questo obiettivo sono state identificate nel PAES cinque settori specifici di intervento:

- 1) Mobilità sostenibile: interventi per ridurre le emissioni del trasporto pubblico e privato;
- 2) Edifici a basso consumo: iniziative per ridurre i consumi per la climatizzazione e l'illuminazione degli edifici;
- 3) Fonti rinnovabili e generazione distribuita: interventi per la produzione di energia da fonti rinnovabili con impianti di piccole dimensioni distribuiti sul territorio cittadino;
- 4) Rifiuti ed acqua: azioni per ridurre le emissioni dovute alla raccolta e gestione dei rifiuti e alla distribuzione di acqua;

- 5) Pubblica Amministrazione "sostenibile": interventi per ridurre i consumi energetici della Amministrazione Comunale.

Da alcuni studi e dalla analisi del P.E.A.R. (Piano Energetico Ambientale Regionale) [3] si valuta ad esempio come i consumi complessivi dell'Amministrazione Comunale – pari a 3.900 tep/anno – costituiscano oltre il 7% dei consumi del settore terziario e che il consumo della pubblica illuminazione (aumentato del 30% negli ultimi 5 anni) rappresenta il 60% dei consumi elettrici totali dell'amministrazione comunale, le cui strutture (nel 2001) hanno totalizzato i seguenti consumi:

- energia elettrica pubblica illuminazione 17.333.103 KWh;
- energia elettrica scuole 2.832.816 KWh;
- energia elettrica campi sportivi 484.776 KWh;
- energia elettrica uffici 8.502.880 KWh;
- gas metano 119.600 metri cubi;
- gasolio 1.300 tep.

Risulta evidente come il settore della pubblica illuminazione costituisca la fetta maggiore delle utenze che impiegano energia elettrica, pesando per circa il 60% sulla bolletta dei consumi elettrici. Ne consegue che tale settore sia tra gli interventi da attuare per il risparmio energetico nel comparto terziario e della P.A., come si evince dall'elenco seguente [4]:

- *illuminazione;*
- condizionamento;
- apparecchiature elettroniche (stand-by e modalità off a basso consumo);
- refrigerazione;
- lavaggio (controllo del riscaldamento dell'acqua di lavaggio e utilizzo di pannelli solari o gas metano);
- acqua calda sanitaria;
- sistemi ausiliari per il condizionamento;
- cogenerazione.

In particolare, per l'illuminazione è stata prevista l'alimentazione elettronica per le lampade fluorescenti già installate e la sostituzione delle lampade a incandescenza e delle lampade ad alogeni con illuminazione a fluorescenza a reattore elettronico. Più in generale, sulla base di stime ed esperienze passate finalizzate agli stessi interventi, l'attuazione di questi provvedimenti comporta un risparmio approssimativo di energia termica di circa il 15% ed un risparmio di energia elettrica di circa il 7% dei rispettivi consumi finali del settore.

La realizzazione di tutti gli interventi individuati dal lato della domanda di energia, comporterebbe un risparmio complessivo di energia del 12,8% come riduzione dei consumi finali di energia attesi al 2012, valutando un consumo totale di 439.889 tep invece di quello tendenziale stimata pari a 504.485 tep. Nella Tabella 1 seguente viene riassunto lo "scenario obiettivo" di massima potenzialità, evidenziando i consumi attesi (inferiori a quelli tendenziali ottenibili con il trend attuale e senza interventi) e le riduzioni conseguibili sia per fonte energetica (combustibili ed energia elettrica) sia per i settori di impiego.

Tabella 1: Scenario consumi energetici del Comune di Bari al 2012

CONSUMI FINALI DI ENERGIA	Combustibili solidi (tep)	Combustibili liquidi (tep)	Combustibili gassosi (tep)	Energia elettrica (tep)	Totale (tep)	% (*)
Agricoltura e Pesca				316	316	
Residenziale	1.313	49.568	49.969	33.473	134.323	-18.2
Terziario e PA		10.737	7.425	50.378	68.540	-15.1
Industria		6.029	59.613	24.731	90.373	-12.2
Trasporti		141.729	4.608		146.337	-6.4
TOTALE CONSUMI FINALI	1.313	208.063	121.615	108.898	439.889	-12.8
% (*)	-19.0	-11.6	-16.8	-10.3	-12.8	

(*) rispetto allo scenario tendenziale

Rispetto allo scenario tendenziale, quindi, il risparmio maggiore si potrebbe avere dal settore residenziale, con il 18,2%, seguito dal terziario con il 15,1%, dall'industria con il 12,2% e dai trasporti con il 6,4%.

3. DESCRIZIONE DEL QUARTIERE SAN PAOLO DI BARI

La fondazione del quartiere San Paolo fu decisa il 14 febbraio 1956. La mancanza d'alloggi che potessero far fronte all'elevata crescita demografica, rese necessaria l'edificazione di una grossa area destinata all'espansione territoriale della città capoluogo (in maniera simile a tante altre città italiane). Il quartiere si estende su di una superficie complessiva di circa 20 km quadrati e rappresenta prevalentemente una zona residenziale con una forte presenza di edilizia popolare. Attualmente la popolazione del quartiere raggiunge circa i quarantamila abitanti, essendo il San Paolo cresciuto a dismisura e sconfinato nel territorio del comune di Modugno. Storicamente il quartiere ha da sempre sofferto l'assenza di servizi terziari pubblici e privati nonché di attività commerciali, così come degli spazi adibiti a verde pubblico. La presenza delle pubbliche istituzioni ed amministrazioni nel distretto è garantita dalla caserma della Guardia di Finanza, dalla Cittadella della Polizia di Stato e dall'Ospedale.

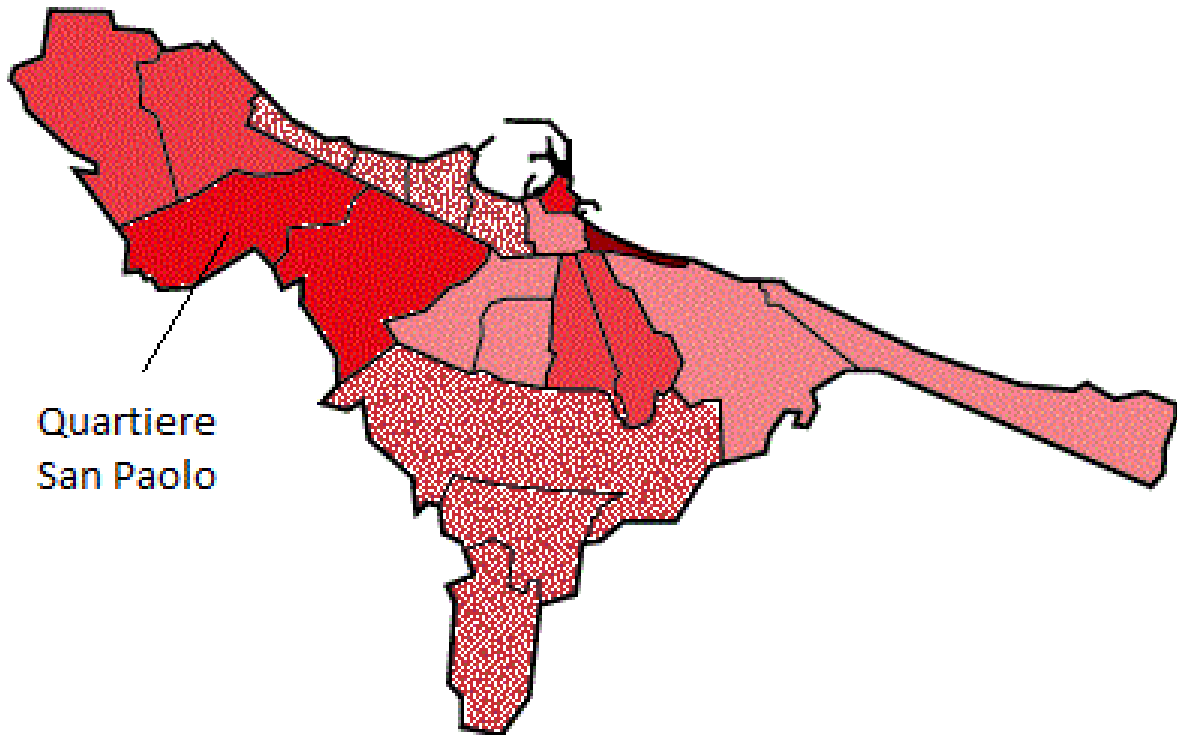
Alcune zone e quartieri della Città di Bari, di più recente origine e con un processo di urbanizzazione non ancora completato, offrono la possibilità di poter realizzare progetti sperimentali, nei quali i servizi energetici ed ambientali siano integrati in un'ottica di utilizzo razionale dell'energia, sviluppo della mobilità urbana e di trattamento integrato del processo dei rifiuti materiali ed energetici. La possibilità di avere a disposizione una migliore utilizzazione delle risorse energetiche consente di avere un sistema economicamente più efficiente.

Quindi, l'obiettivo finale della presente ricerca è quello di verificare la fattibilità di una serie di interventi sugli impianti di illuminazione pubblica, intesi a migliorarne non solo la loro efficienza energetica, ma di verificare anche la possibilità di introdurre tecnologie di controllo intelligenti in grado di fornire parallelamente alcuni servizi ausiliari per la pubblica utilità. La creazione di una infrastruttura di comunicazione che abbia come primo scopo quello di operare il telecontrollo e la telegestione della pubblica illuminazione, può anche offrire le potenzialità per veicolare un insieme di dati ed informazioni utili alla gestione di servizi secondari, ma non meno importanti, quali ad esempio la videosorveglianza, il monitoraggio del traffico, la lettura a distanza dei contatori, l'accesso al web, ecc. L'attuale concetto di illuminazione pubblica intelligente, comprende pertanto l'integrazione di numerosi altri servizi di pubblica utilità, costituendo un "driver" fondamentale verso il traguardo finale della "Smart City".

Il quartiere San Paolo è stato già oggetto di iniziative rivolte in tale direzione, infatti è stato progettato un power park [4], ossia un quartiere modello ad alta efficienza e con produzione locale di energia elettrica e termica (*district heating and cooling*). L'obiettivo del Power Park San Paolo è basato sull'integrazione di sistemi innovativi per la produzione di energia termica ed elettrica, al fine di ottenere un significativo risparmio energetico e la contestuale salvaguardia dell'ambiente, fornendo inoltre benefici a livello sociale. Nello specifico, nel suddetto progetto di ricerca si è prevista la realizzazione di un distretto energetico in cui si combina l'uso di tecnologie a basso impatto ambientale quali fotovoltaico, cogenerazione e trigenerazione con rete di teleriscaldamento, idrogeno per la mobilità urbana [5][6]. Un distretto energetico è un insediamento civile o industriale, territorialmente localizzato, che soddisfa il fabbisogno di energia, sia in forma termica che elettrica, di una ben definita area. Il modello a cui tende è una città eco-compatibile, ovvero un insediamento urbano in cui l'attività si sviluppa in armonia con i principi della sostenibilità ambientale. Inoltre, l'utilizzo razionale dell'energia, la mobilità urbana sostenibile, rendono

l’ambiente di vita e di lavoro più confortevole, più salubre, più efficiente ed attraente per gli insediamenti di nuove attività imprenditoriali e professionali.

Figura 1: Bari, il Quartiere San Paolo nella II Circoscrizione “San Paolo – Stanic”



In questo contesto, la pubblica illuminazione di prossima generazione sarà supportata da un’adeguata infrastruttura di trasmissione dati, che consentirà un controllo ottimale e puntuale dell’intero impianto, oltre a fornire servizi accessori. Essa avrà la possibilità di inviare le informazioni relative ai consumi energetici dei medesimi impianti e degli edifici del distretto (elettricità, calore/freddo e gas naturale) ad un centro di monitoraggio e controllo del Power Park.

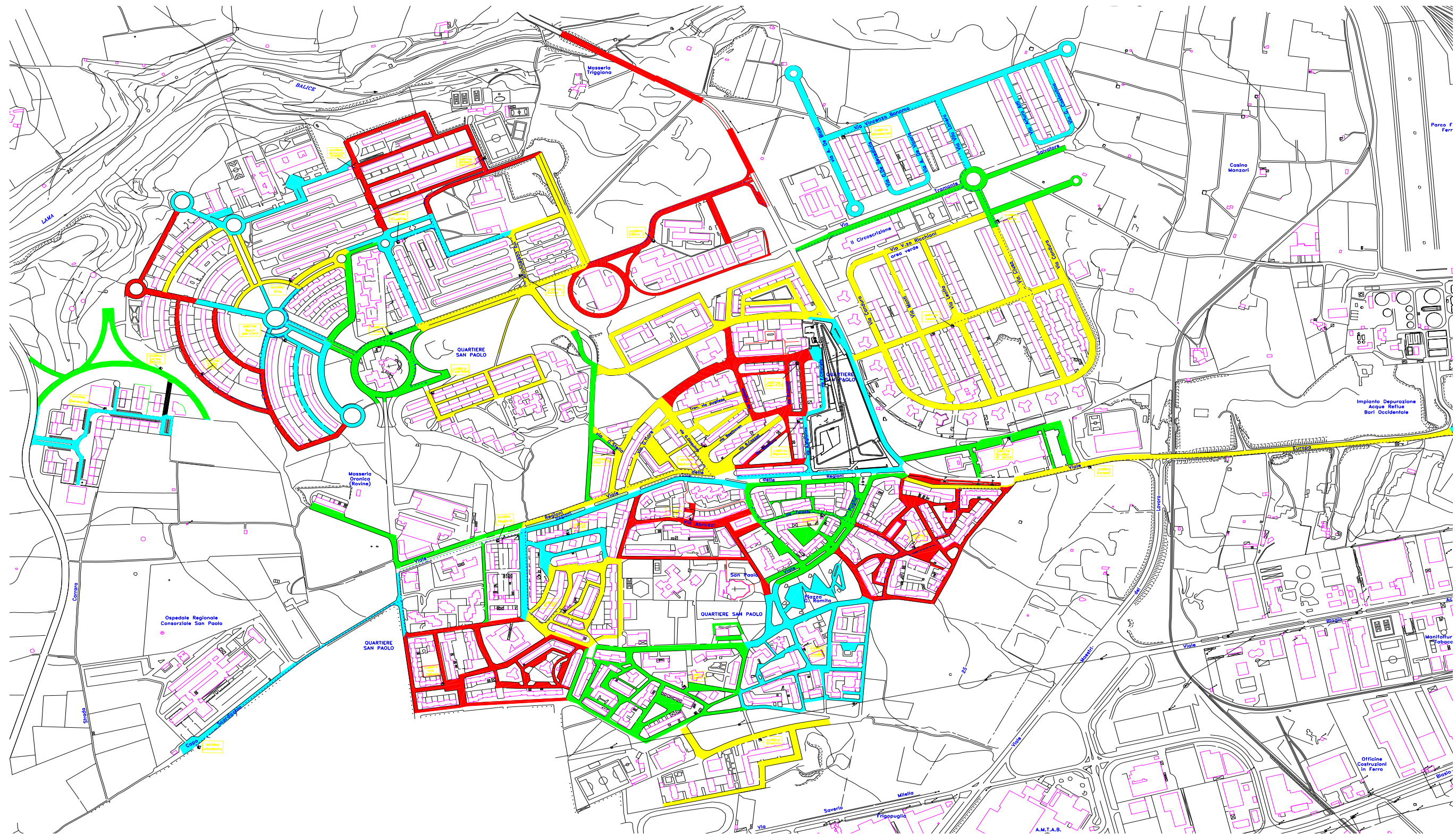
Figura 2: Vista aerea del quartiere San Paolo



Negli ultimi anni il quartiere ha subito un ulteriore ampliamento con l'edificazione di una nuova zona residenziale assieme ad altre nuove costruzioni e la riqualificazione dei quartieri popolari dello IACP. Recentemente anche la zona adiacente all'Ospedale ha conosciuto un ragguardevole ampliamento con la costruzione di nuovi complessi residenziali, un nuovo centro commerciale, una piscina comunale ed una casa di cura per anziani.

Di conseguenza, la rete di pubblica illuminazione ha seguito l'evolversi dell'urbanizzazione del distretto. L'illuminazione artificiale è infatti uno dei requisiti imprescindibili per l'abitabilità di un'area come quella del San Paolo, che sta sperimentando adeguamenti urbanistici. La sua importanza è ormai un principio accertato ed ha come elemento essenziale la sicurezza delle zone abitate sia per le persone e la circolazione dei mezzi, ma soprattutto per la vita commerciale e ricreativa della collettività (problemi atavici del quartiere che storicamente soffre di un basso livello di legalità e qualità dei servizi). D'altro canto, un'illuminazione notturna eccessiva o difettosa costituisce una forma di inquinamento prodotto dalla dispersione del flusso luminoso verso superfici non attinenti all'area di illuminazione principale e questo determina una riduzione dell'efficienza energetica globale dell'apparecchio luminoso oltre ad altri aspetti di natura economica, ecologica e culturale.

Figura 3: Cartografia del Quartiere San Paolo con evidenziate con differenti colori le linee di pubblica illuminazione afferenti a ciascun quadro elettrico di alimentazione



4. DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il presente paragrafo riporta un'analisi puntuale dei principali componenti dell'impianto di Pubblica Illuminazione del quartiere San Paolo di Bari e dei suoi consumi energetici. Nello specifico, il Comune di Bari ha fornito i dati relativi alle cabine in termini di potenza e consumi e le planimetrie degli impianti di P.I. del quartiere. Quindi, con l'ausilio dei tecnici comunali, si è proceduto alla ricostruzione del numero dei punti luce, delle connessioni dei quadri elettrici, delle potenze installate e dei consumi di energia elettrica (relativi all'anno 2010) per illuminazione pubblica del quartiere. Inoltre, si sono evidenziate le tipologie di lampade utilizzate, i tipi di circuiti e la lunghezza e tipologia delle connessioni.

La rete di pubblica illuminazione del quartiere San Paolo di Bari è costituita da circa 48 km di linee elettriche in bassa tensione, generalmente in formazione variabile da (1x4x4) a (1x4x25), che alimenta un numero complessivo di 1879 corpi illuminanti di potenza compresa tra i 70 ed i 400 W. L'intero impianto è alimentato da 34 quadri elettrici BT sparsi sul quartiere, all'interno dei quali sono alloggiati oltre agli organi di protezione anche i dispositivi per il controllo del flusso (solo per 21 quadri) ed i contattori orari e crepuscolari. La maggior parte delle linee è stata posata in tubazioni interrante, così come la maggior parte dei punti luce è disposta su armatura su palo tronco conico. La potenza totale è di circa 488 kW. Nella tabella sottostante sono riportati i dati relativi ai consumi dell'anno 2010 di ciascuno dei 34 quadri (dati forniti dal Comune di Bari, Posizione Organizzativa Tecnologica, Sezione impianti di illuminazione pubblica: segnalazioni, rifacimenti e nuove progettazioni), sia totali che suddivisi nelle 3 fasce orarie F1, F2 e F3. I consumi maggiori sono registrati in fascia F3.

Tabella 2: Potenze installate e consumi dell'anno 2010 per le 34 cabine del quartiere San Paolo di Bari

NOME CABINA	Potenza [kW]	Potenza max prelev. [MW]	Consumi in fascia F1 [MWh]	Consumi in fascia F2 [MWh]	Consumi in fascia F3 [MWh]	Consumi totali [MWh]
LASSANDRO	3,99	0,00	0	0,92	16,18	17,09
CEP ASILO	15,54	0,02	0	2,42	40,61	43,03
LEONE	30,84	0,03	0	7,17	118,41	125,58
GIUDITTA	7,91	0,01	0	2,08	39,73	41,82
SIRIO	10,45	0,02	0	4,08	57,99	62,07
CEP -B105	9,70	0,01	0	0,00	43,50	43,50
CEP -B122	12,53	0,02	0	2,25	46,31	48,56
BREDA 1	13,98	0,01	3,62	13,61	45,38	62,61
CEP -1	19,87	0,02	0	4,33	68,90	73,24
CEP -2	21,46	0,02	0	4,83	89,93	94,76

“Studio di fattibilità per la integrazione di un modello di pubblica illuminazione ad alta efficienza in un power park urbano (quartiere eco-sostenibile): analisi di un caso pilota”

CIAPI	14,46	0,01	0	3,58	57,67	61,25
CEP -D6	19,09	0,01	0	2,42	54,37	56,78
INA DIFESA	12,76	0,01	0	2,25	63,34	65,59
CEP -F25	18,42	0,02	0	4,33	76,77	81,10
CEP -F70	12,36	0,02	0	3,17	67,20	70,37
MATARRESE	16,08	0,02	0	4,00	63,24	67,24
GEMELLI	10,68	0,01	0	2,42	46,87	49,28
SCUOLE MEDIE	23,19	0,02	0	0,00	97,85	97,85
EDINA 1	12,71	0,01	0	2,33	46,86	49,19
COPRIEBA	8,89	0,01	0	0,50	40,89	41,39
APPULO SANNITA	10,97	0,01	0	4,25	44,12	48,37
ALDEBARAN	18,08	0,02	0	4,33	77,45	81,78
V.LE REGIONI	9,99	0,01	0	1,50	32,18	33,68
PLUTO	26,22	0,02	0	5,58	103,82	109,40
BUONPENSIERO	12,59	0,01	0	2,58	52,88	55,47
ITALIA 2000	9,30	0,01	0	2,17	39,66	41,82
RITA	8,66	0,01	0	2,25	39,48	41,73
EDINA 2	17,44	0,01	0	3,08	55,58	58,66
ONOFRIO	13,51	0,02	0	1,00	26,52	27,52
GIUDICE DI PACE	5,20	0,01	0	1,42	27,03	28,44
VIA MIGLIONICO	19,60	0,03	2,9	14,12	52,67	69,69
PARCO EUROPA	19,20	0,02	2,11	11,22	45,65	58,98
LAMA BALICE	9,53	0,02	0	2,47	35,25	37,72
GERMANIA	12,71	0,02	0	2,33	46,58	48,91
Totale	487,9	0,49	8,64	125	1.860,87	1.994,46

La rete di distribuzione, esclusivamente in bassa tensione, è suddivisa in due circuiti monofase a 230 Volt per l'alimentazione di due gruppi di lampade, rispettivamente denominati circuito "Tutta Notte" (T.N.) e circuito "Mezza Notte" (M.N.). Il circuito mezza notte è funzionante per 2856 h/anno, invece quello tutta notte per 4172 h/anno. Gli orari di accensione sono stabiliti in base ai tempi di illuminazione solare e vengono modificati ogni 10 giorni. Dopo le ore 1:55 (le ore 2:55 durante il periodo dell'ora legale) viene

spento il circuito M.N.. Ovviamente le zone di pericolo (es. incroci, passaggi a livello, etc.) restano totalmente illuminate per tutte le ore di buio.

Tabella 3 Orario Solare e Orario Circuito Tutta Notte

MESE	PERIODO		ALBA	TRAMONTO	AURORA	CREPUSCOLO	ACCENSIONE	SPEGNIMENTO	ORE T.N.				
	DAL	AL							durata	durata			
									giorno	h	min		
GENNAIO	1	10	7 17	16	35	6 47	17	5	16:40	07:00	14:20	143	20
	11	20	7 17	16	45	6 47	17	15	16:50	07:00	14:10	141	40
	21	31	7 12	16	56	6 42	17	24	17:00	06:55	13:55	153	5
FEBBRAIO	1	10	7 3	17	10	6 33	17	40	17:15	06:50	13:35	135	50
	11	20	6 52	17	22	6 22	17	52	17:25	06:40	13:15	132	30
	21	28	6 39	17	34	6 9	18	4	17:40	06:25	12:45	102	0
MARZO	1	10	6 27	17	43	5 57	18	13	17:50	06:10	12:20	123	20
	11	20	6 12	17	55	5 42	18	25	18:00	05:55	11:55	119	10
	21	31	5 55	18	6	5 25	18	36	19:10	05:40	11:30	126	30
APRILE	1	10	5 37	18	17	5 7	18	47	19:20	06:20	11:00	110	0
	11	20	5 21	18	28	4 51	18	58	19:30	06:05	10:35	105	50
	21	30	5 5	18	38	4 35	19	8	19:45	05:50	10:05	100	50
MAGGIO	1	10	4 52	18	49	4 22	19	19	19:55	05:35	09:40	96	40
	11	20	4 40	18	59	4 10	19	29	20:05	05:25	09:20	93	20
	21	31	4 30	19	9	4 0	19	39	20:15	05:15	09:00	99	0
GIUGNO	1	10	4 24	19	18	3 54	19	49	20:25	05:05	08:40	86	40
	11	20	4 21	19	24	3 51	19	54	20:30	05:05	08:35	85	50
	21	30	4 21	19	28	3 51	19	58	20:35	05:05	08:30	85	0
LUGLIO	1	10	4 25	19	28	3 55	19	58	20:35	05:05	08:30	85	0
	11	20	4 31	19	25	4 1	19	55	20:30	05:15	08:45	87	30
	21	31	4 39	19	19	4 9	19	49	20:25	05:20	08:55	98	5
AGOSTO	1	10	4 49	19	9	4 19	19	39	20:15	05:30	09:15	92	30
	11	20	4 58	18	57	4 28	19	27	20:00	05:40	09:40	96	40
	21	31	5 8	18	43	4 38	19	17	19:45	05:50	10:05	110	55
SETTEMBRE	1	10	5 19	18	26	4 49	18	56	19:30	06:00	10:30	105	0
	11	20	5 29	18	9	4 59	18	39	19:15	06:10	10:55	109	10
	21	30	5 39	17	52	5 9	18	22	18:55	06:20	11:30	115	0
OTTOBRE	1	10	5 49	17	35	5 19	18	5	18:40	06:30	11:50	118	20
	11	20	5 59	17	19	5 29	17	49	18:25	06:40	12:15	122	30
	21	31	6 10	17	4	5 40	17	34	18:10	07:00	12:50	141	10
NOVEMBRE	1	10	6 23	16	49	5 57	17	19	16:55	06:05	13:10	131	40
	11	20	6 35	16	38	6 5	17	8	16:40	06:20	13:40	136	40
	21	30	6 46	16	30	6 16	17	4	16:35	06:30	13:55	138	10
DICEMBRE	1	10	6 57	16	26	6 27	16	56	16:30	06:40	14:10	141	40
	11	20	7 7	16	25	6 37	16	55	16:30	06:50	14:20	143	20
	21	31	7 14	16	28	6 44	17	2	16:30	06:55	14:25	158	35

Totale ore funzionamento anno

4172 30

Tabella 4: Orario Solare e Orario Circuito Mezza Notte

MESE	PERIODO												ORE M.N.		
	DAL	AL	ALBA	TRAMONTO	AURORA	CREPUSCOLO	ACCENSIONE	SPEGNIMENTO	durata giorno	durata periodo					
									h	h	min				
GENNAIO	1	10	7 17	16	35	6 47	17	5	16:40	01:55	09:15	92	30		
	11	20	7 17	16	45	6 47	17	15	16:50	01:55	09:05	90	50		
	21	31	7 12	16	56	6 42	17	24	17:00	01:55	08:55	98	5		
FEBBRAIO	1	10	7 3	17	10	6 33	17	40	17:15	01:55	08:40	86	40		
	11	20	6 52	17	22	6 22	17	52	17:25	01:55	08:30	85	0		
	21	28	6 39	17	34	6 9	18	4	17:40	01:55	08:15	66	0		
MARZO	1	10	6 27	17	43	5 57	18	13	17:50	01:55	08:05	80	50		
	11	20	6 12	17	55	5 42	18	25	18:00	01:55	07:55	79	10		
	21	31	5 55	18	6	5 25	18	36	19:10	02:55	07:45	85	15		
APRILE	1	10	5 37	18	17	5 7	18	47	19:20	02:55	07:35	75	50		
	11	20	5 21	18	28	4 51	18	58	19:30	02:55	07:25	74	10		
	21	30	5 5	18	38	4 35	19	8	19:45	02:55	07:10	71	40		
MAGGIO	1	10	4 52	18	49	4 22	19	19	19:55	02:55	07:00	70	0		
	11	20	4 40	18	59	4 10	19	29	20:05	02:50	06:45	67	30		
	21	31	4 30	19	9	4 0	19	39	20:15	02:50	06:35	72	25		
GIUGNO	1	10	4 24	19	18	3 54	19	49	20:25	02:50	06:25	64	10		
	11	20	4 21	19	24	3 51	19	54	20:30	02:50	06:20	63	20		
	21	30	4 21	19	28	3 51	19	58	20:35	02:50	06:15	62	30		
LUGLIO	1	10	4 25	19	28	3 55	19	58	20:35	02:50	06:15	62	30		
	11	20	4 31	19	25	4 1	19	55	20:30	02:50	06:20	63	20		
	21	31	4 39	19	19	4 9	19	49	20:25	02:50	06:25	70	35		
AGOSTO	1	10	4 49	19	9	4 19	19	39	20:15	02:50	06:35	65	50		
	11	20	4 58	18	57	4 28	19	27	20:00	02:50	06:50	68	20		
	21	31	5 8	18	43	4 38	19	17	19:45	02:50	07:05	77	55		
SETTEMBRE	1	10	5 19	18	26	4 49	18	56	19:30	02:55	07:25	74	10		
	11	20	5 29	18	9	4 59	18	39	19:15	02:55	07:40	76	40		
	21	30	5 39	17	52	5 9	18	22	18:55	02:55	08:00	80	0		
OTTOBRE	1	10	5 49	17	35	5 19	18	5	18:40	02:55	08:15	82	30		
	11	20	5 59	17	19	5 29	17	49	18:25	02:55	08:30	85	0		
	21	31	6 10	17	4	5 40	17	34	18:10	02:55	08:45	96	15		
NOVEMBRE	1	10	6 23	16	49	5 57	17	19	16:55	01:55	09:00	90	0		
	11	20	6 35	16	38	6 5	17	8	16:40	01:55	09:15	92	30		
	21	30	6 46	16	30	6 16	17	4	16:35	01:55	09:20	93	20		
DICEMBRE	1	10	6 57	16	26	6 27	16	56	16:30	01:55	09:25	94	10		
	11	20	7 7	16	25	6 37	16	55	16:30	01:55	09:25	94	10		
	21	31	7 14	16	28	6 44	17	2	16:30	01:55	09:25	103	35		

Totale ore funzionamento anno

2856 40

4.1. Tipologia di lampade installate

Nelle tabelle sottostanti sono riportate il numero e la tipologia di lampade per ciascuno dei 34 impianti. Nello specifico, sono installate le seguenti tipologie di lampade:

- Lampada a vapori di Sodio ad Alta Pressione (NA A.P.);
- Lampade a ioduri metallici;
- Lampade a vapori di mercurio (Hg B.F. e Hg L.M.);
- Proiettori Incandescenza JM (lampade ad alogenuri metallici a doppio attacco, chiare);
- Proiettori a vapori di Sodio ad Alta Pressione (NA A.P.).

Inoltre, come descritto in precedenza, la classificazione del numero di lampade dell’impianto di pubblica illuminazione del San Paolo è suddivisa in circuito Tutta Notte (T.N.) e circuito Mezza Notte (M.N.). Nelle tabelle sottostanti sono riportati il numero di lampade per ciascun quadro, suddivisi per tipologia.

Tabella 5: Numero di lampade NA A.P. installate a valle di ciascun quadro elettrico

NOME CABINA	400 W		250 W		150 W		100 W	70 W
	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.		
LASSANDRO					12	11		
CEP ASILO			16		62			
LEONE	33	28			8	4		
GIUDITTA	2	2	9	9	3	2		
SIRIO	11	9						
CEP -B105			15		33			
CEP -B122			22		30			
BREDA 1	17	11	1	1		1		
CEP -1			62		10			
CEP -2			42		52			
CIAPI	11		18	17				
CEP -D6			26		25			
INA DIFESA			8		49		17	
CEP -F25			29		58			
CEP -F70			41					
MATARRESE			7	7	11	3		
GEMELLI			18	17				
SCUOLE MEDIE			15		11			
EDINA 1	7	10	14	10	5			
COPRIEBA			2		52			
APPULO SANNITA	1	1	9	9	13	14		
ALDEBARAN	15	14			13	14		
V.LE REGIONI			22		21			
PLUTO	16		55		17			
BUONPENSIERO	6	5	15	11				
ITALIA 2000	1	1	16	13				
RITA			16	14				
EDINA 2	7	6	22	2				
ONOFRIO	29		7		14			
GIUDICE DI PACE					17	13		
VIA MIGLIONICO	13		17		10			

PARCO EUROPA	4								
LAMA BALICE	33								
GERMANIA	44								
Totale	169	87	605	110	526	62	17	28	

Le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione sono installate su tutti i quadri di alimentazione e come è ben noto, coniugano un’ottima efficienza luminosa con lunga durata e rappresentano la tipologia maggiormente presente nell’impianto in esame (circa l’ 84 % dell’intero parco lampade).

Tabella 6: Numero di lampade a ioduri metallici per ciascuna cabina del quartiere San Paolo

NOME CABINA	400 W		250 W		150 W		100 W		70 W	
	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.
CEP -D6					2					
SCUOLE MEDIE							36			25
PARCO EUROPA			18							44
TOTALE	0	0	18	0	2	36	0	0	69	0

Tabella 7: Numero di lampade a vapori di mercurio per ciascuna cabina del quartiere San Paolo

NOME CABINA	Hg B. F.								Hg L.M.				160 W
	400 W		250 W		125 W		80 W		500 W		250 W		
	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	T. N.	M. N.	
CIAPI													8
MATARRESE	15	11	9	6									
SCUOLE MEDIE			9	8	13	9							
PARCO EUROPA	63												
TOTALE	78	11	18	14	13	9	0	0	0	0	0	0	8

Tabella 8: Altre tipologie di lampade per ciascuna cabina del quartiere San Paolo

NOME CABINA	INCANDESCENZA	PROIETTORI JM		PROIETTORI N.A. A.P.			
	300 W	150 W	70 W	400 W	250 W	150 W	70 W
LEONE					2		
SIRIO	1				1		
CEP -2	4						
CEP -D6		5	2				
SCUOLE MEDIE				1			
EDINA 1					4		
EDINA 2					4		
VIA MIGLIONICO					2	1	
Totale	5	5	2	1	13	1	0

Quindi, la tipologia di lampade maggiormente installata è quella a vapori di sodio ad alta pressione, infatti su un totale di 1879 punti luce, 1576 sono del tipo NA A.P. e rappresentano circa l'82% della totale potenza installata (le percentuali salgono a circa 85% per i quantitativi, includendo anche i proiettori al sodio). Nei grafici sottostanti si riportano la distribuzione in percentuale di ciascuna tipologia di lampade installate nel quartiere, suddivise per numeri di punti luce e per potenza installata.

Grafico 1: Suddivisione delle lampade in base ai quantitativi

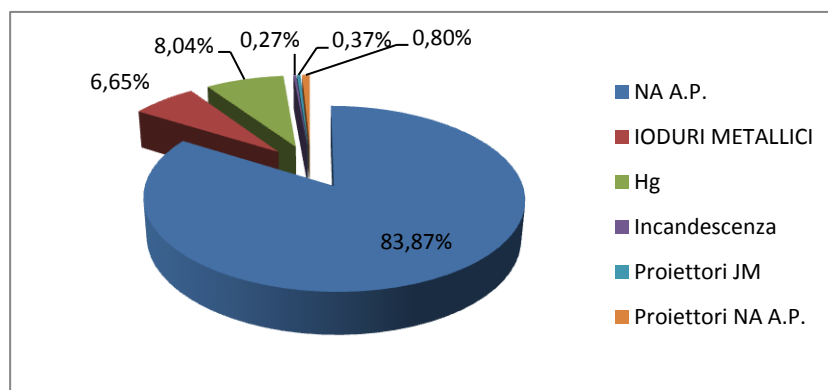
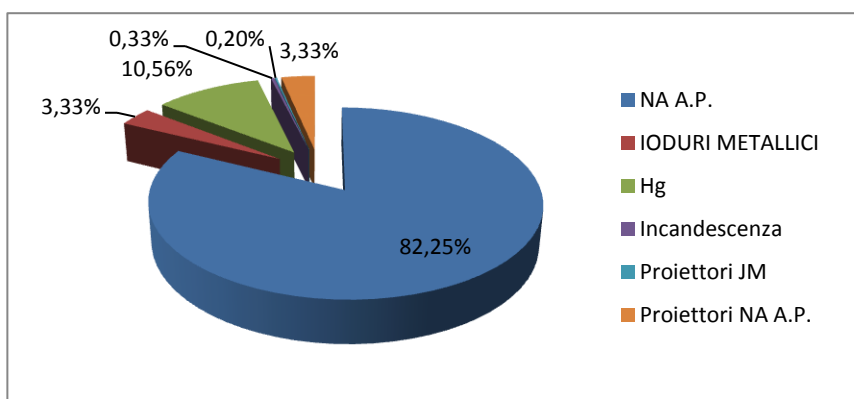


Grafico 2: Suddivisione delle lampade in base alla potenza



4.2. Tipologia ed estensione delle connessioni

L'analisi dell'impianto di Pubblica Illuminazione del quartiere San Paolo di Bari ha riguardato anche l'estensione e la tipologia delle connessioni dei circuiti. Nello specifico, si è considerato per ciascuna delle 34 cabine, la lunghezza dei cavi a partire dal quadro e diversificata a seconda della tipologia della connessione (interrata, aerea e telecomando).

Tabella 9: Lunghezza e tipo di linee per ciascuna quadro di alimentazione

NOME CABINA	TOTALE LUNGHEZZA LINEE (m)	TIPO DI LINEA (m)			TOTALE PUNTI LUCE
		INTERRATA	AEREA	TELECOMANDO	
LASSANDRO	4336	4336			23
CEP ASILO	3047	1341	1106	600	78
LEONE	3646	3646			75
GIUDITTA (*)	906	906			27
SIRIO	459	459			22
CEP -B105	658	550		109	48
CEP -B122	843	554		289	52
BREDA 1	1114	1114			31
CEP -1	1234	910		324	72
CEP -2	1132	701	100	331	98
CIAPI	795	795			54
CEP -D6	1601	1601			60
INA DIFESA	2629	1914	356	359	74
CEP -F25	2130	2130			87
CEP -F70	1020	1020			41
MATARRESE	1496	1159		337	69
GEMELLI	475	475			35
SCUOLE MEDIE	3083	1613	1098	372	127
EDINA 1	645	645			50
COPRIEBA	1150	1150			54
APPULO SANNITA	980	980			47
ALDEBARAN (*)	2101	2101			56
V.LE REGIONI	1217	1217			43
PLUTO	2429	2429			88
BUONPENSIERO (*)	1228	1228			37
ITALIA 2000 (*)	1350	1350			31
RITA (*)	1266	1266			30
EDINA 2	1216	942		274	41
ONOFRIO	1424	1424			50
GIUDICE DI PACE	415	415			30
VIA MIGLIONICO	500	429	0	71	43
PARCO EUROPA	518	518			129

LAMA BALICE	454	454			33
GERMANIA	450	450			44
TOTALE	47947	42222	2660	3065	1879

(*) quadri per cui non è stato possibile definire il tipo di linea e per i quali è stato ragionevolmente attribuita la posa interrata

Le linee di alimentazione collegate ai controllori di flusso vengono parzializzate regolando la tensione in uscita da 230 Volt a 180 Volt per abbassare il flusso luminoso delle lampade collegate (valore soglia della tensione al di sotto del quale non è più assicurata l'accensione delle lampade). Poiché la zona in esame è di tipo urbano, la maggior parte delle linee è interrata. Inoltre è presente anche una porzione di rete per il telecomando.

La rete di telecomando gestisce i regolatori di flusso luminoso per il controllo della potenza assorbita e la stabilizzazione e riduzione della tensione di alimentazione del carico con tensione trifase/monofase. In particolare, è utilizzato per la regolazione automatica della potenza dei carichi (induttivi, resistivi) sulla linea 220 V monofase, in funzione di fattori temporali, quali orario, giornata, calendario, e soprattutto della tensione di rete (220 V AC). In 21 dei 34 impianti di Pubblica Illuminazione del San Paolo sono presenti dei controllori di potenza che provvedono alla riduzione della potenza e del flusso luminoso notturno, accensione dell'impianto a tensione ridotta e stabilizzazione (in aumento o in diminuzione) della tensione a valle nei vari regimi di funzionamento. Nello specifico, i controllori elettronici di potenza installati sono per tele gestione, variazione e stabilizzazione di tensione in impianti di pubblica illuminazione con alimentazione trifase + N 380/220 V. Tali dispositivi hanno le seguenti funzioni:

- forzatura remota luce piena;
- forzatura remota luce ridotta;
- forzatura remota by-pass;
- forzatura remota accensione/spegnimento impianto;
- forzatura remota per temperatura;
- libero; 4 uscite digitali costituite da relè galvanicamente isolati dalla scheda con contatti in scambio 220 V/5 A aventi le seguenti funzioni:
 - segnalazione guasto logica
 - segnalazione mancanza alimentazione logica
 - controllore in By-pass
 - stato regolatore (ridotto- luce piena)
 - allarme in corso.

Inoltre i controllori sono predisposti per ogni ciclo giornaliero, in maniera tale da poter impostare 6 percentuali di riduzione, programmare annualmente i quattro cicli stagionali con i seguenti ulteriori parametri di lavoro:

- tensione luce piena 190-240 V;
- tensione luce ridotta 165-195 V;
- tensione di accensione 195-230V;
- tempo di accensione 3-30 min.;
- velocità rampa di salita 1-50 V/min.;

- velocità rampa di discesa 1-15 V/min.;
- tempo campionamento misure 0,1-99 h;
- tempo di rientro da Black-out 0-20 min..

Ulteriori funzioni disponibili sono la memorizzazione dei dati di report dalla data di installazione, la ripresa dei cicli di lavoro a seguito di black-out secondo programmazione, previa riaccensione a tensione di riscaldamento lampade, e la possibilità di espansione della scheda elettronica per attivazione di sistemi di telegestione.

Tabella 10: Dati relativi ai controllori installati nel quartiere San Paolo di Bari

NOME CABINA	TIPOLOGIA E MODELLO					IMPIANTI CONTROLLATI [kW]
	CONCHIGLIA CEP HMU	CONCHIGLIA CEP HSP	ESMA LB/A	ESMA SC	REVERBERI STP	
CEP ASILO					1	15,5
CEP -B105					1	9,7
CEP -B122					1	12,5
CEP -1				1		19,9
CEP -2				1		21,5
CIAPI			1			14,5
CEP -D6					1	19,1
INA DIFESA					1	12,8
CEP -F25	1					18,4
CEP -F70	1				1	12,4
MATTARRESE (*)						16,8
GEMELLI				1		10,7
COPRIEBA	1					8,9
V.LE REGIONI (*)						10
PLUTO		1				26,2
EDINA 2					1	17,4
ONOFRIO					1	13,5
VIA MIGLIONICO	1					19,6
PARCO EUROPA	1					19,2
LAMA BALICE			1			9,5
GERMANIA			1			12,7
TOTALE	5	1	3	3	8	320,8

(*) quadri per i quali non è stato possibile definire il tipo di controllore installato

Invece la parte restante dei quadri privi di controllore è riportata nella tabella seguente:

Tabella 11: Quadri elettrici senza controllori di flusso e relative potenze

NOME QUADRO	kW TOT	
	QUADRO	kw CIRCUITO T.N. kw CIRCUITO M.N.
LASSANDRO	3,99	2,08 1,91
LEONE	30,84	17,21 13,63
GIUDITTA	7,91	4,04 3,87
SIRIO	10,45	6,05 4,4
BREDA 1	13,97	8,31 5,66
SCUOLE MEDIE	23,19	13,28 9,91
EDINA 1	12,71	7,03 5,68
APPULO SANNITA	10,96	5,39 5,57
ALDEBARAN	18,07	9,18 8,89
BUONPENSIERO	12,59	7,10 5,49
ITALIA 2000	9,3	5,08 4,22
RITA	8,66	4,62 4,04
GIUDICE DI PACE	5,19	2,94 2,25
TOTALE QUADRI	167,8	92,3 75,5

In definitiva, la recente urbanizzazione del quartiere ha beneficiato di viabilità più ampie a dispetto di quanto è accaduto nei rioni più centrali. La maggior parte dei punti luce è costituita infatti da armature stradali su pali tronco-conici, alimentati da linee interrato, mentre solo in un numero limitato di strade, in corrispondenza di una più concentrata edilizia residenziale, si riscontrano punti luce installati a braccio su pareti o a sospensione su pareti, alimentati da linee aeree. Per quanto riguarda i controllori di flusso, sono installati in 21 quadri elettrici, su di un totale di 34 e gestiscono una potenza di circa 320 kW, abbassando la tensione di alimentazione da 230 a 180 Volt dalle ore 24:00 fino allo spegnimento del circuito. La parte restante dei quadri è priva di controllore di flusso. Tali quadri gestiscono una potenza di quasi 168 kW.

4.3. Analisi del dimensionamento del sistema di pubblica illuminazione del quartiere San Paolo

Per l’impianto di pubblica illuminazione del quartiere San Paolo è stata fatta una verifica del dimensionamento dei punti luce in base alla tipologia di strada e lampade.

Chiaramente si sono scelte delle strade campione e tale analisi non è esaustiva e rappresentativa di tutte le strade del quartiere. Si sono considerati quattro casi studio che racchiudono le possibili combinazioni delle specifiche tecniche relative a diverse strade presenti nel Quartiere. I casi presi in esame sono:

Tabella 12: Specifiche tecniche dei casi esaminati

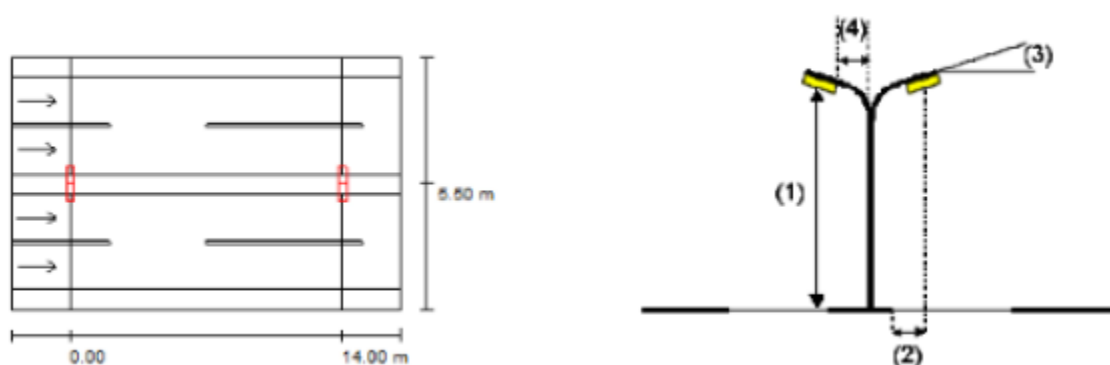
CASO	Classe di Illuminazione	Larghezza stradale (m)	Potenza Lampada (W)	Altezza palo (m)	Interdistanza tra pali (m)
1	ME3c	13	250	10	14
2	ME3a	5	250	10	16
3	ME3c	5	150	8	17
4	ME3c	23	400	12	35

I risultati della verifica sono riassunti nelle immagini che seguono.

Caso 1

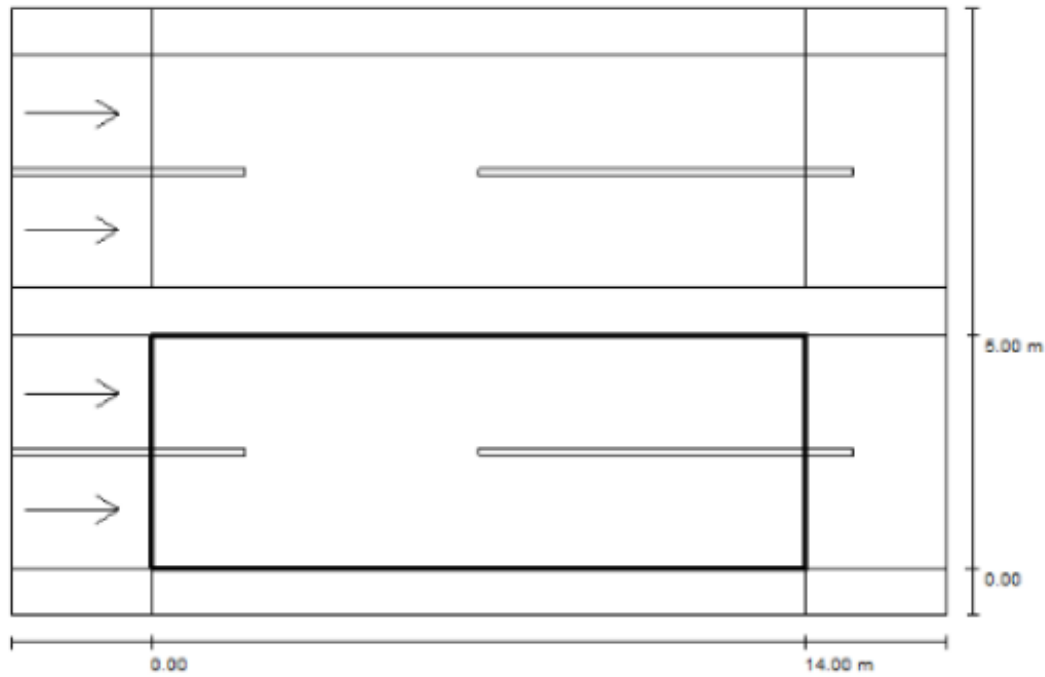
In particolare, nel caso 1 è stata esaminata una strada a doppia carreggiata con entrambi i marciapiedi e con uno spartitraffico al centro dove sono installati i pali che sostengono i doppi corpi illuminanti posizionati a spalla, come da immagine seguente.

Figura 4: Caso 1 - Dati di pianificazione



Per le carreggiate la simulazione ha riscontrato che i requisiti fotometrici sono rispettati ma i valori reali sono ben al di sopra dei valori nominali minimi necessari.

Figura 5: Caso 1, Carreggiata 1- Panoramica dei risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:143

Reticolo: 10 x 6 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Manto stradale: R3, q0: 0.070

Classe di illuminazione selezionata: ME3c

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

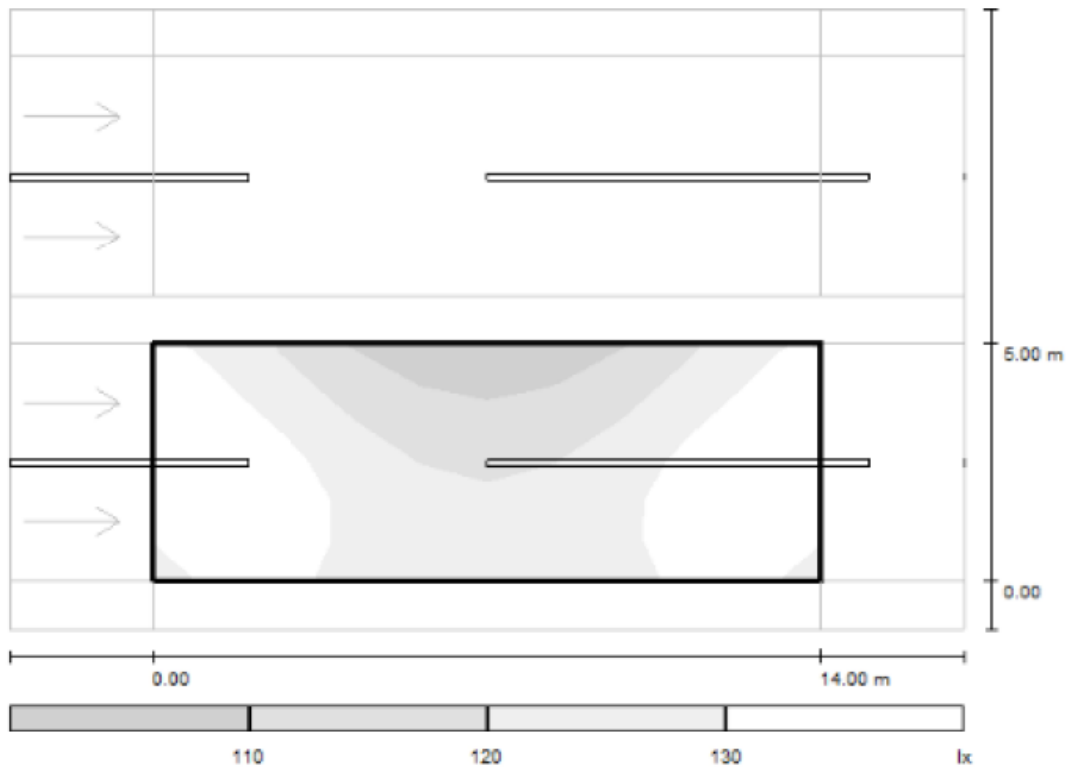
Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
7.0	0.8	0.9	/	0.9
≥ 1.0	≥ 0.4	≥ 0.5	≤ 15	≥ 0.5
✓	✓	✓	/	✓

Figura 6: Caso 1, Carreggiata 1- Livelli di grigio



Scala 1 : 143

Reticolo: 10 x 6 Punti

E_m [lx]
126

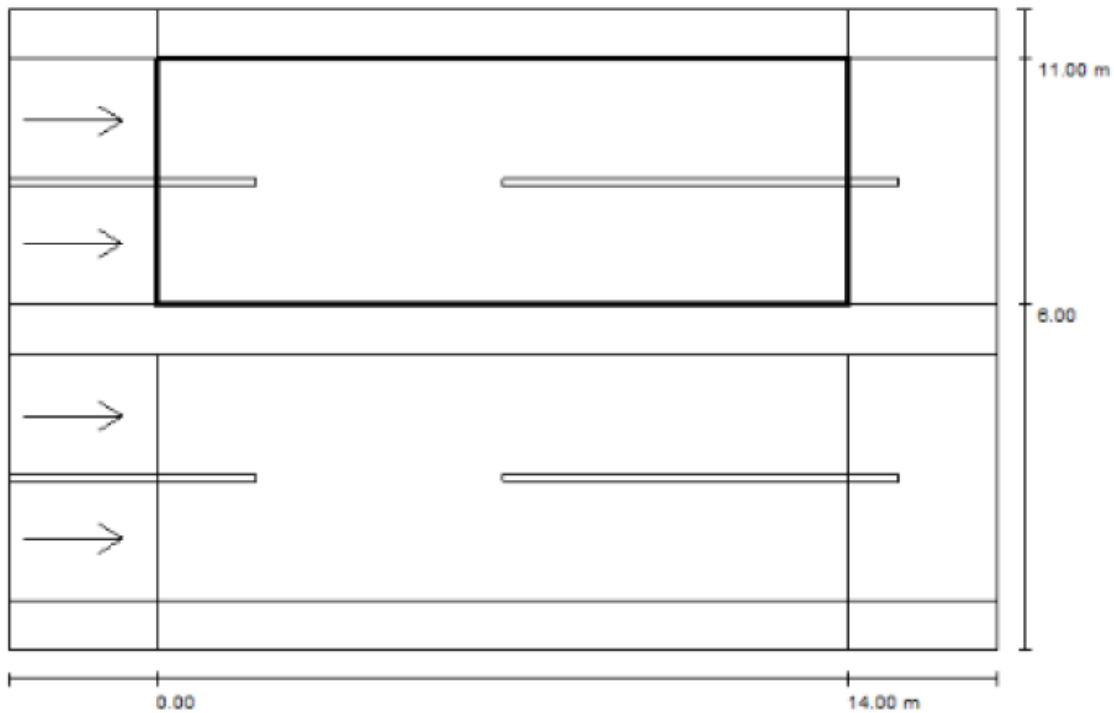
E_{min} [lx]
105

E_{max} [lx]
140

E_{min} / E_m
0.835

E_{min} / E_{max}
0.753

Figura 7: Caso 1, Carreggiata 2: Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:143

Reticolo: 10 x 6 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 2.

Manto stradale: R3, q0: 0.070

Classe di illuminazione selezionata: ME3c

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

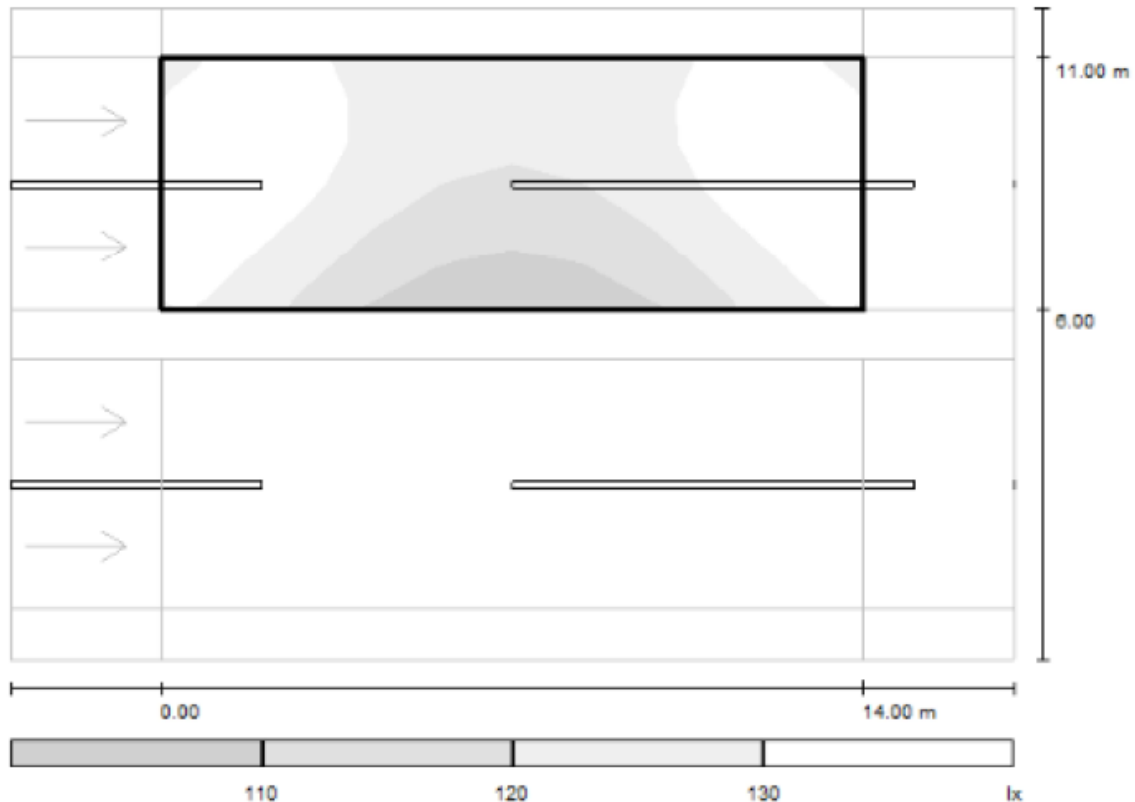
Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
7.0	0.8	0.9	/	0.9
≥ 1.0	≥ 0.4	≥ 0.5	≤ 15	≥ 0.5
✓	✓	✓	/	✓

Figura 8: Caso 1, Carreggiata2 - Livelli di grigio



Scala 1 : 143

Reticolo: 10 x 6 Punti

E_m [lx]
126

E_{min} [lx]
105

E_{max} [lx]
140

E_{min} / E_m
0.835

E_{min} / E_{max}
0.753

Casi 2 e 3

I casi studio 2 e 3 rappresentano la maggior parte delle strade e dell'illuminazione presenti nel Quartiere San Paolo. Le strade sono a doppia corsia e di larghezza 5 metri. Nel caso 2 è stata considerata una lampada di potenza 150 W posizionata su palo ad altezza 10 m, mentre nel caso 3 è stata considerata una lampada di potenza 250 W posizionata su palo ad altezza 8 m. In entrambi i casi, i pali sono posti da un solo lato della strada ma le interdistanze tra pali sono rispettivamente di 16 m per il caso 2 e 17 m per il caso 3. La categoria di illuminazione è stata fissata rispettivamente a ME3a e ME3c date le caratteristiche delle strade.

Figura 9: Caso2 - Dati di pianificazione

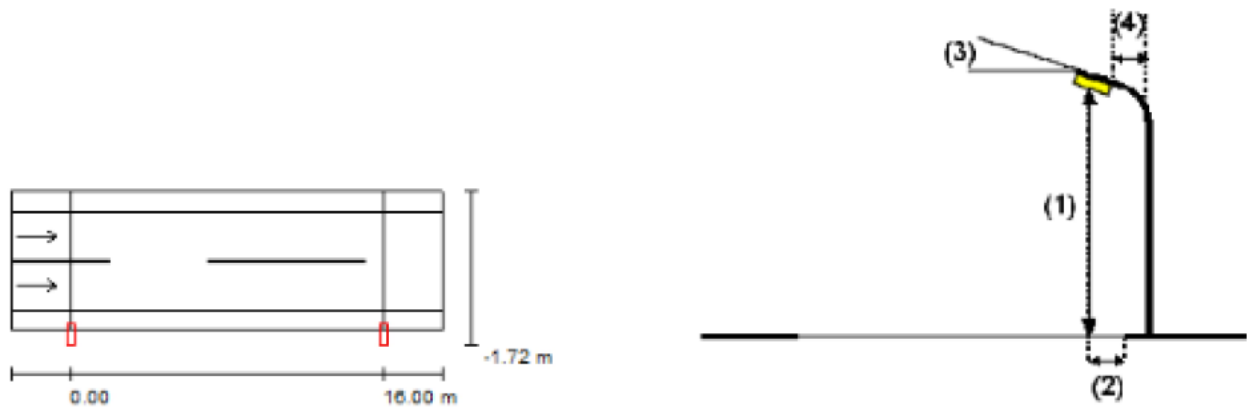
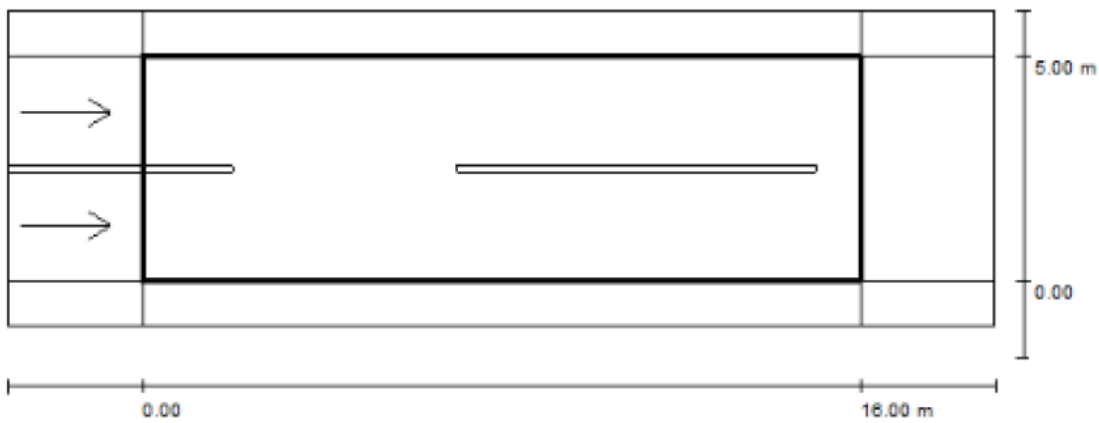


Figura 10: Caso 2 - Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:158

Reticolo: 10 x 6 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Manto stradale: R3, q0: 0.070

Classe di illuminazione selezionata: ME3a

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

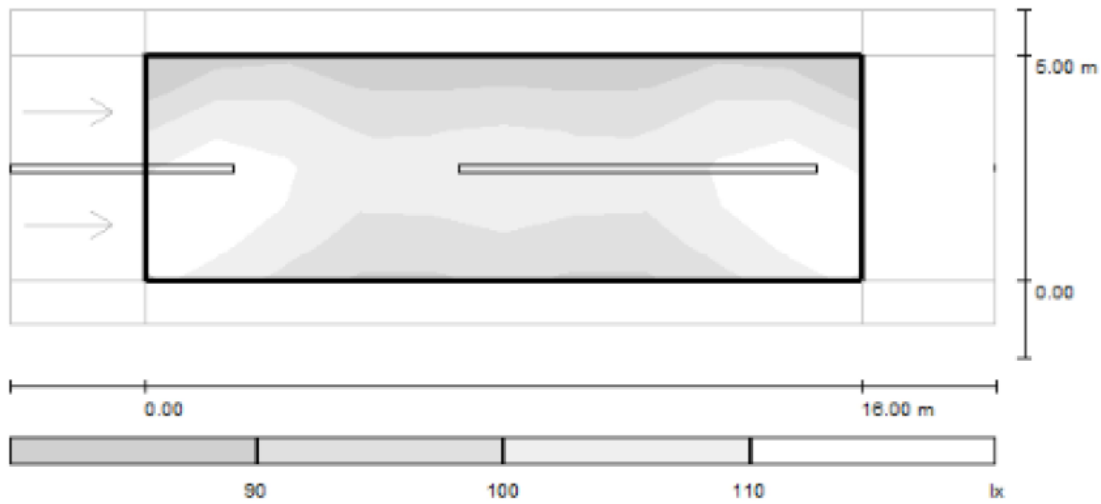
Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
5.6	0.6	0.8	/	0.7
≥ 1.0	≥ 0.4	≥ 0.7	≤ 15	≥ 0.5
✓	✓	✓	/	✓

Figura 11: Caso 2- Livelli di grigio



Scala 1 : 158

Reticolo: 10 x 6 Punti

E_m [lx]
102

E_{min} [lx]
83

E_{max} [lx]
118

E_{min} / E_m
0.820

E_{min} / E_{max}
0.704

Figura 12: Caso 3 - Dati di pianificazione

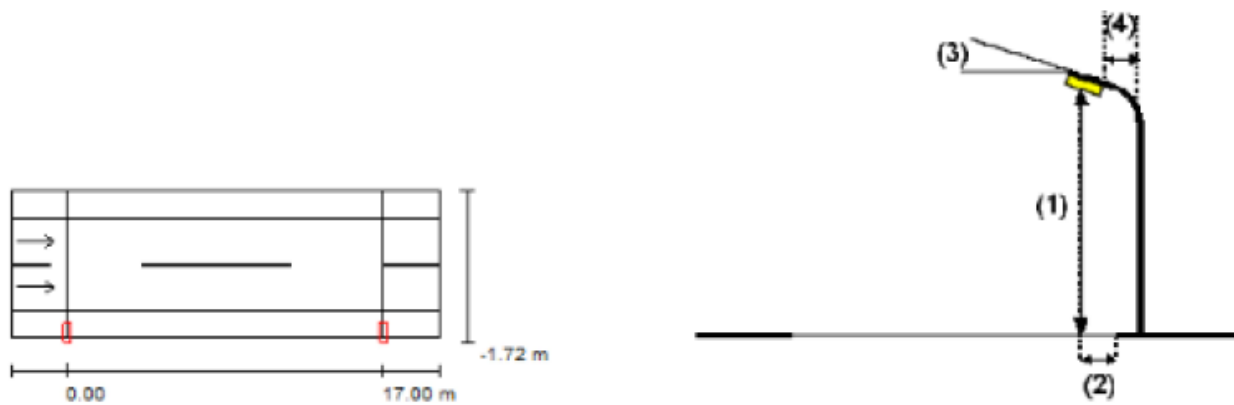
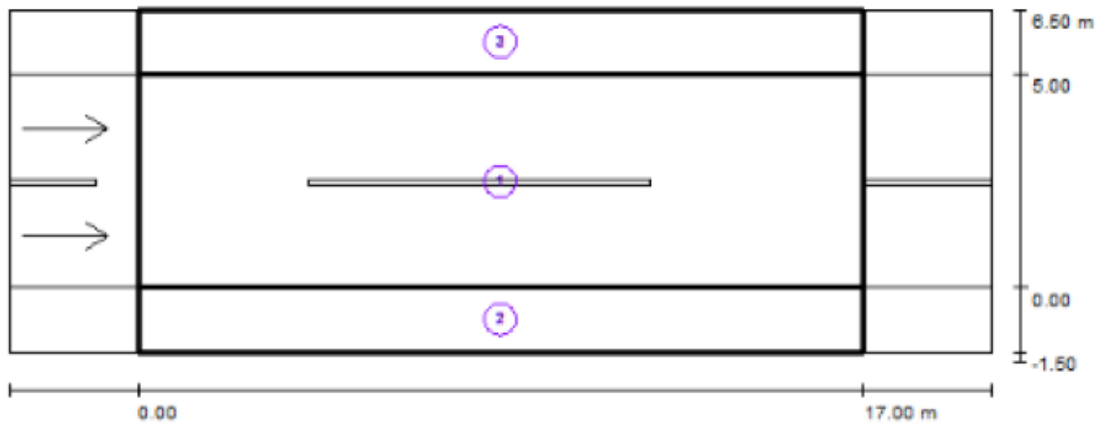


Figura 13: Caso 3 - Risultati Illuminotecnici



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:165

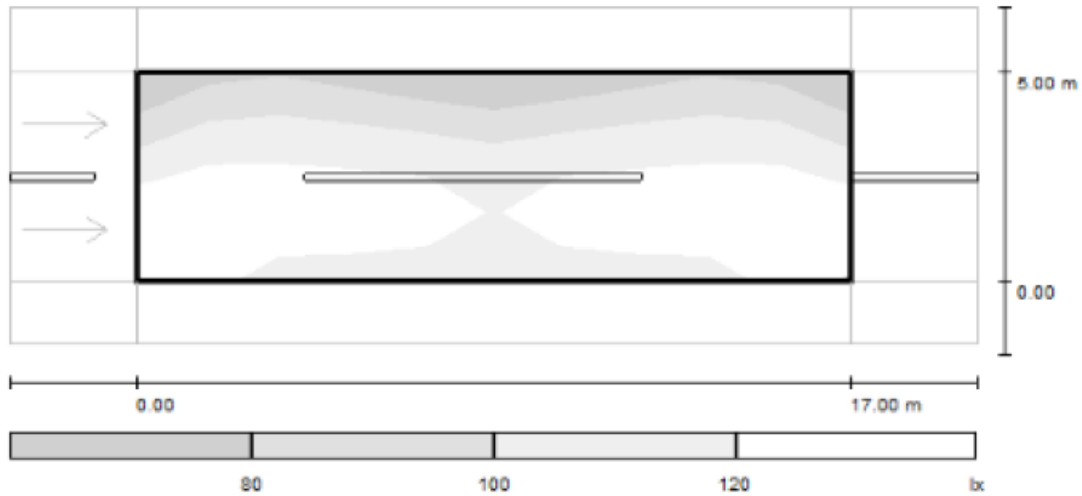
Lista campo di valutazione

- 1 Campo di valutazione Carreggiata 1
 Lunghezza: 17.000 m, Larghezza: 5.000 m
 Reticolo: 10 x 6 Punti
 Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.
 Manto stradale: R3, q0: 0.070
 Classe di illuminazione selezionata: ME3c

(Tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valori reali calcolati:	5.9	0.5	0.7	/	0.6
Valori nominali secondo la classe:	≥ 1.0	≥ 0.4	≥ 0.5	≤ 15	≥ 0.5
Rispettato/non rispettato:	✓	✓	✓	/	✓

Figura 14: Caso 3 - Livelli di grigio



Scala 1 : 165

Reticolo: 10 x 6 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
112	67	136	0.598	0.491

I casi studio 2 e 3 sono molto simili anche nei risultati, infatti evidenziano un corretto dimensionamento del livello di illuminazione, risultando rispettati tutti i requisiti fotometrici. Anche in questi casi, i valori calcolati risultano per la maggior parte ampiamente al di sopra dei minimi valori nominali per la classe considerata.

Caso 4

Il caso studio 4 è quello più particolare, in cui si considera un numero limitato di strade presenti nel quartiere San Paolo. La strada infatti ha dimensioni ben maggiori (23 m compresi i due marciapiedi) di quelle più presenti nella realtà, come la potenza della lampada considerata e l'interdistanza tra i pali.

Figura 15: Caso 4 - Caratteristiche

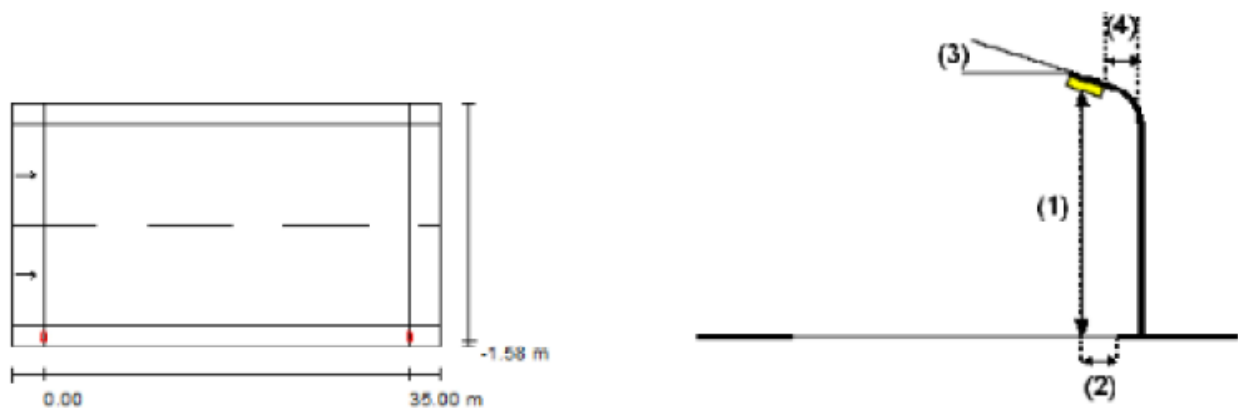
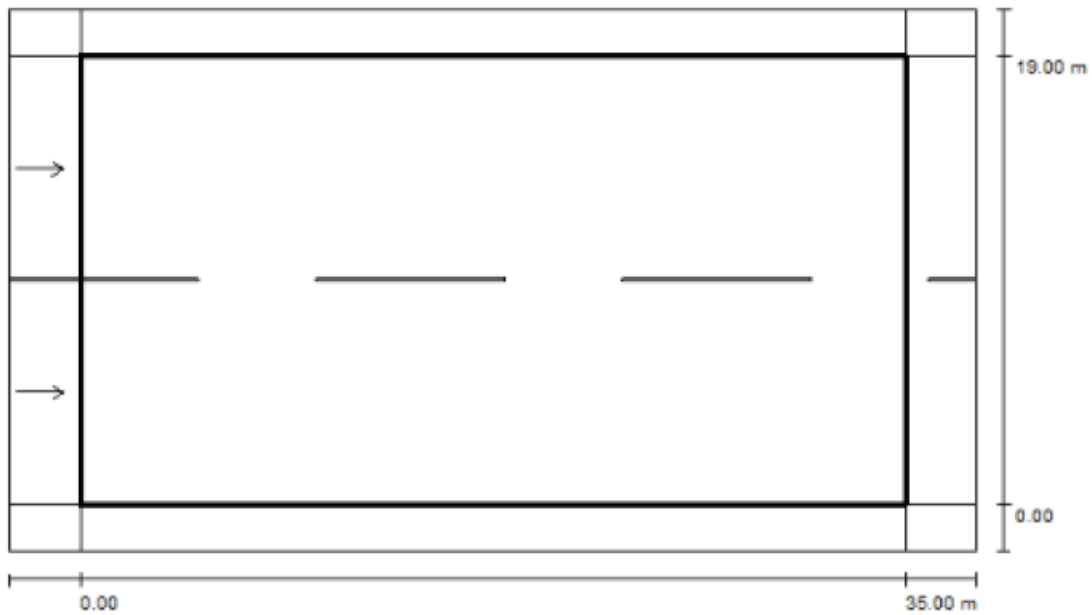


Figura 16: Caso 4 - Panoramica risultati



Fattore di manutenzione: 0.80

Scala 1:294

Reticolo: 12 x 6 Punti

Elementi stradali corrispondenti: Carreggiata 1.

Manto stradale: R3, q0: 0.070

Classe di illuminazione selezionata: ME4b

(Non tutti i requisiti fotometrici sono rispettati.)

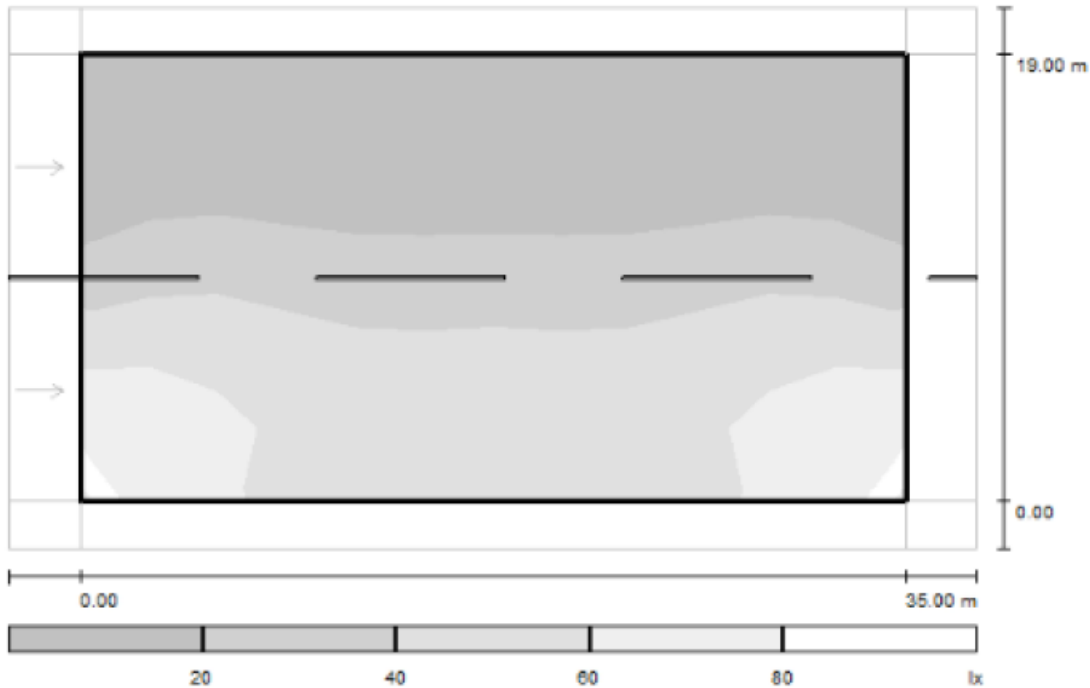
Valori reali calcolati:

Valori nominali secondo la classe:

Rispettato/non rispettato:

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
1.71	0.1	0.6	4	0.6
≥ 0.75	≥ 0.4	≥ 0.5	≤ 15	≥ 0.5
✓	✗	✓	✓	✓

Figura 17: Caso 4 - Scala di grigi



Scala 1 : 294

Reticolo: 12 x 6 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
33	4.12	79	0.125	0.052

Nel caso 4 non tutti requisiti fotometrici sono rispettati, in particolare il valore di U_0 (uniformità dell'illuminazione stradale). In tal caso quindi, sarebbe necessario rivedere la posizione, la potenza ed il numero di lampade ma comunque si evidenzia un valore reale calcolato significativamente al di sopra del minimo necessario per la classe di illuminazione considerata.

Concludendo, nonostante nella maggior parte dei casi i requisiti fotometrici vengono rispettati, il livello di illuminazione risulta eccessivo rispetto all'esigenza della strada considerata. Generalmente in fase di dimensionamento iniziale dell'impianto, per la potenza delle lampade, si tiene conto di un fattore di mantenimento (MF) che considera la riduzione del flusso luminoso causato dalla mancata pulizia dei corpi illuminanti nel tempo. Poiché nel quartiere San Paolo è stata verificata tale condizione di sovradimensionamento, nell'analisi condotta è stato ipotizzato un risparmio energetico del 20% per il primo anno e del 10% per il secondo, nella sola fascia T1.

5. LA PUBBLICA ILLUMINAZIONE E IL TRAFFICO URBANO: UN APPROCCIO ADATTIVO PER IL RISPARMIO ENERGETICO

I sistemi di regolazione del flusso luminoso consentono di regolare la potenza erogata dalle lampade, e quindi, del flusso luminoso, mediante il controllo di alcuni parametri elettrici, quali tensione di alimentazione (caso dei regolatori di tensione centralizzati) o corrente assorbita (caso degli alimentatori regolabili o dei bipotenza). Tali sistemi sono flessibili ed efficienti dal punto di vista energetico. In genere, mediante comandi a distanza, viene impostata la regolazione del flusso in base agli orari stabiliti in maniera preventiva o sulla base di “orologi astronomici”, che determinano automaticamente accensione/spengimento a seconda delle condizioni di luce o meteo, ecc.

In realtà, si sta diffondendo un approccio adattivo di regolazione del flusso luminoso in base all'intensità del traffico. Anche a livello normativo, è stata contemplata la possibilità di regolare il flusso luminoso qualora l'intensità di traffico sia inferiore a determinate portate orarie prestabilite. In particolare, la norma UNI 11248 [7] riporta una classificazione delle strade in base alla tipologia ed indice illuminotecnico, e stabilisce che le strade possono essere declassate se i flussi di traffico orari sono inferiori a valori di portata prefissati per ciascun indice. Ovvero, è possibile ridurre il flusso luminoso, se il traffico (nelle condizioni più sfavorevoli), non raggiunge il 50% della portata oraria prevista per tale tipo di strada, e declassarla di 2 indici illuminotecnici, se il traffico non raggiunge il 25% della portata oraria. I livelli di traffico per tipologia di strada sono definiti dal DM 6792 del 05/11/2001 [8].

Nell'analisi condotta, le strade sono state considerate di tipo E (strade urbane di quartiere) e di tipo F (strade locali urbane), in particolare di classe ME3. L'analisi dei flussi di traffico è stata condotta mediante i dati forniti dal Comune di Bari¹ relativi a rilievi reali di traffico di strade campione del quartiere San Paolo. Nei grafici sottostanti sono riportati i livelli di traffico transitante in una delle strade principali del quartiere per due giornate tipo.

¹ Fonte: *Piano Urbano della Mobilità Metropoli terra di Bari*

Grafico 3: Livello di traffico transitante in una strada del quartiere San Paolo. Rilievo del 21-04-2008

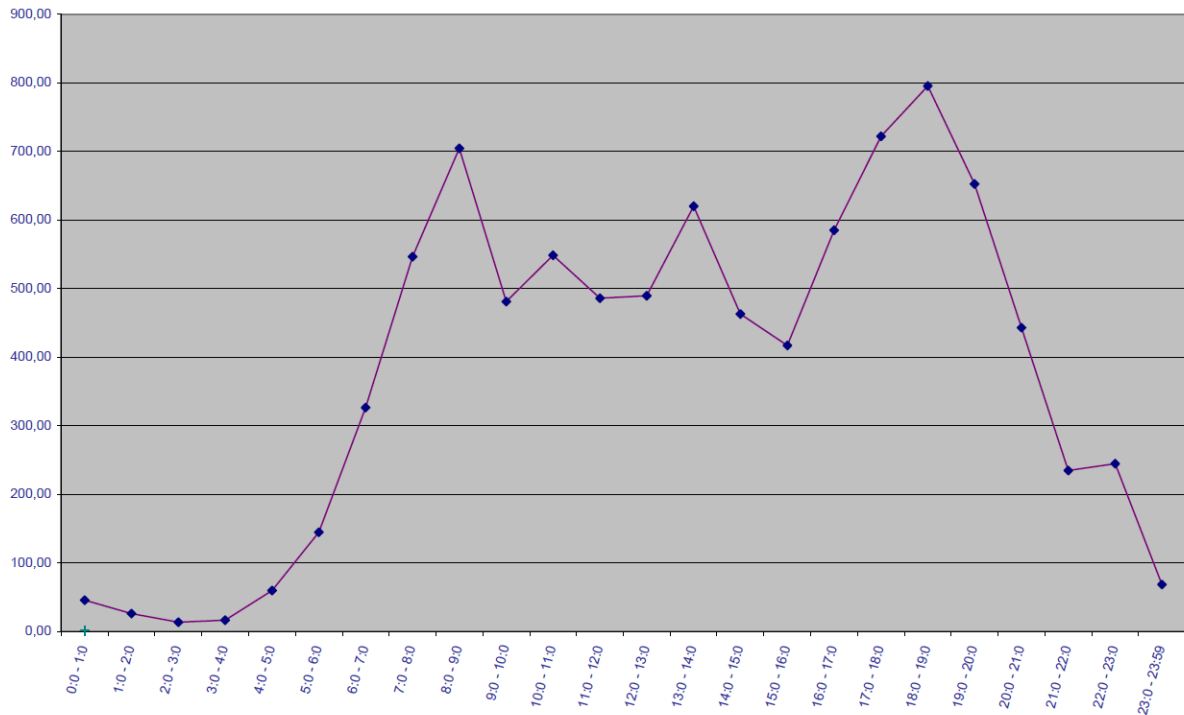
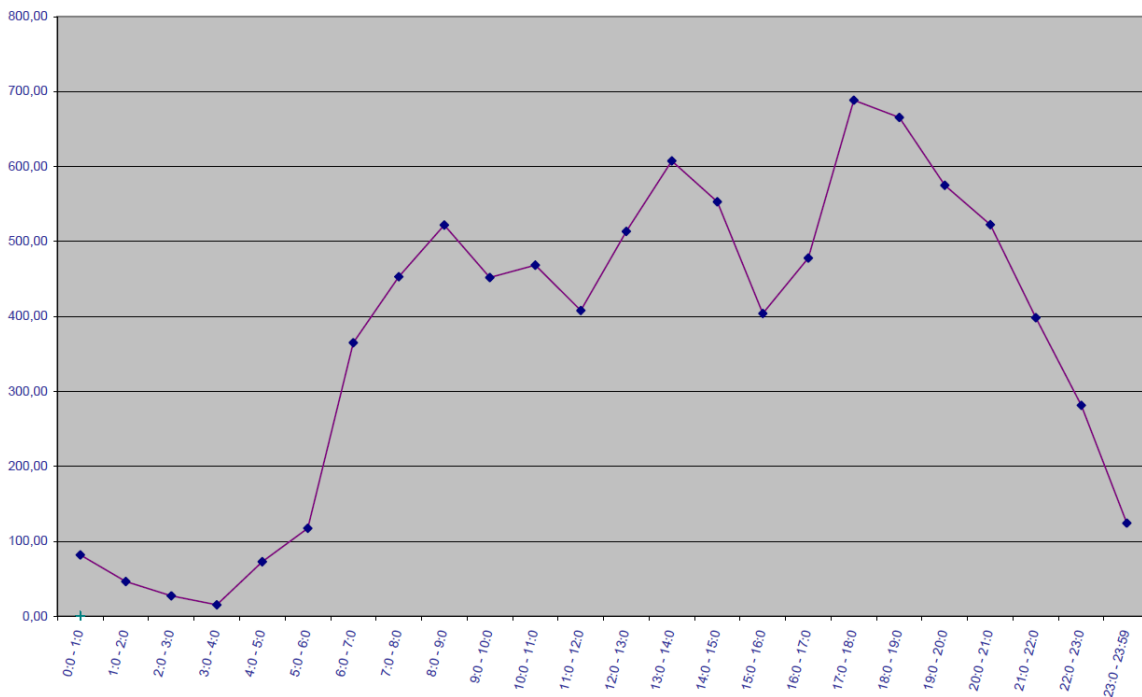


Grafico 4: Livello di traffico transitante in una strada del quartiere San Paolo. Rilievo del 25-07-08



Dai dati relativi ai livelli di traffico transitante nella strada campione esaminata si è proceduto alla determinazione delle fasce di riduzione del flusso luminoso. Nello specifico, si sono individuate 4 fasce orarie. Tali fasce sono state ipotizzate sia sulla base dei suddetti rilievi campione del traffico e sia sugli orari

di accensione e spegnimento dell’impianto di pubblica illuminazione del quartiere (che variano ogni decade).

Tabella 13: Fasce orarie di riduzione dell’intensità di traffico nel quartiere San Paolo di Bari

MESE	PERIODO		ACCEN.	SPEGN.	T1	T2	T3
	dal giorno	al giorno					
GENNAIO	1	10	16:40	07:00	21:30	0:00	1:55
	11	20	16:50	07:00	21:30	0:00	1:55
	21	31	17:00	06:55	21:30	0:00	1:55
FEBBRAIO	1	10	17:15	06:50	21:45	0:00	1:55
	11	20	17:25	06:40	21:45	0:00	1:55
	21	28	17:40	06:25	21:45	0:00	1:55
MARZO	1	10	17:50	06:10	22:00	0:00	1:55
	11	20	18:00	05:55	22:00	0:00	1:55
	21	31	19:10	05:40	22:00	0:00	2:55
APRILE	1	10	19:20	06:20	22:00	0:05	2:55
	11	20	19:30	06:05	22:00	0:10	2:55
	21	30	19:45	05:50	22:00	0:15	2:55
MAGGIO	1	10	19:55	05:35	22:15	0:15	2:55
	11	20	20:05	05:25	22:15	0:15	2:50
	21	31	20:15	05:15	22:15	0:15	2:50
GIUGNO	1	10	20:25	05:05	22:30	0:30	2:50
	11	20	20:30	05:05	22:30	0:30	2:50
	21	30	20:35	05:05	22:30	0:30	2:50
LUGLIO	1	10	20:35	05:05	22:30	0:30	2:50
	11	20	20:30	05:15	22:30	0:30	2:50
	21	31	20:25	05:20	22:30	0:30	2:50
AGOSTO	1	10	20:15	05:30	22:30	0:30	2:50
	11	20	20:00	05:40	22:30	0:30	2:50
	21	31	19:45	05:50	22:30	0:30	2:50
SETTEMBRE	1	10	19:30	06:00	22:30	0:30	2:55
	11	20	19:15	06:10	22:30	0:30	2:55
	21	30	18:55	06:20	22:30	0:30	2:55
OTTOBRE	1	10	18:40	06:30	22:00	0:10	2:55
	11	20	18:25	06:40	22:00	0:10	2:55
	21	31	18:10	07:00	22:00	0:10	2:55
NOVEMBRE	1	10	16:55	06:05	21:45	0:00	1:55
	11	20	16:40	06:20	21:45	0:00	1:55
	21	30	16:35	06:30	21:45	0:00	1:55
DICEMBRE	1	10	16:30	06:40	22:00	0:00	1:55
	11	20	16:30	06:50	22:00	0:00	1:55
	21	31	16:30	06:55	22:00	0:00	1:55

Quindi, le fasce orarie individuate sono:

Fascia T1: dall’ora di accensione fino agli orari riportati nella colonna T1 della tabella precedente. In questa fascia, non si ha nessuna regolazione del flusso luminoso poiché è stato stimato che la portata oraria del traffico è superiore ai valori massimi di riduzione stabiliti dalla normativa. Nell’anno si sono calcolate 1250 ore in fascia T1.

Fascia T2: a partire da T1 fino ai valori riportati nella colonna di T2 della precedente tabella. In questa fascia si è stimata una riduzione della portata oraria di traffico del 50% e si è ipotizzata una riduzione della potenza del 20%. In totale, si sono calcolate 770 ore in questa fascia.

Fascia T3: a partire da T2 fino agli orari di spegnimento del circuito mezza notte. In questa fascia si è stimato che il traffico si riduca di un ulteriore 25%. Quindi, si è ipotizzata una regolazione della potenza del 40% del valore totale. In un anno si hanno 836 ore in fascia T3.

Fascia T4: dall’ora di spegnimento del circuito mezza notte fino all’ora di spegnimento dell’impianto di pubblica illuminazione. In questa fascia si è ipotizzata una riduzione del 40% della potenza installata sui vari circuiti tutta notte dei quadri attualmente senza controllore per 1316 ore/anno.

Nel modello di pubblica illuminazione del Power Park San Paolo, si è supposto di effettuare il monitoraggio del traffico mediante 68 smartcamera installate sui pali della pubblica illuminazione.

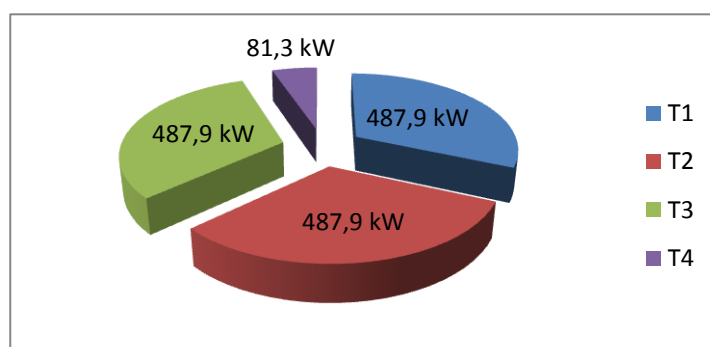
Ricapitolando:

Tabella 14: Riduzione della potenza installata per ciascuna fascia oraria

	<i>Pa [kW]</i>	<i>tr [h]</i>	<i>Re%</i>
<i>T1</i>	487,9	1250	0%
<i>T2</i>	487,9	770	20%
<i>T3</i>	487,9	836	40%
<i>T4</i>	81,3	1316	40%

Dove *Pa* è la potenza totale installata dell’impianto, *tr* è numero di ore/anno di funzionamento a regime ridotto e *Re* è la percentuale di riduzione della potenza.

Grafico 5: Potenza per ciascuna fascia oraria ipotizzata



6. SMART LIGHT E SMART GAS: UN CONNUBIO POSSIBILE

In una *Smart City*, la variabile energetica è un utile strumento che consente di ridefinire i vari componenti, sia del singolo edificio e della sua impiantistica, sia di un intero quartiere, con l’obiettivo naturale di razionalizzare i consumi e, nel contempo, fornire servizi aggiuntivi alla cittadinanza che permettano una migliore fruizione dell’ambiente urbano. Alla luce di questa concezione, i singoli elementi (edifici, impianti, ecc.) sono pensati autonomi ed in grado di colloquiare tra di loro e di cooperare in maniera decentralizzata. L’ambiente urbano diventa un mezzo efficiente per la gestione ed ottimizzazione delle risorse. L’ambiente raccoglie i dati inerenti a ciò che succede e li aggrega comunicando le informazioni per le azioni successive. Spazi *smart* rendono le persone più intelligenti. Lo slogan “*keep the human in the loop*”[9] riassume la filosofia alla base della nuova visione urbana, ovvero il cittadino al centro di tutto in grado di interagire e programmare le proprie azioni in funzione delle informazioni che derivano dall’ambiente circostante. In questo nuovo contesto, anche la pubblica illuminazione diventa un ponte virtuale tra le persone e la gestione efficiente delle risorse e il miglioramento dell’efficienza energetica negli usi finali. Questo mediante un’apposita architettura di rete posizionata sui punti luce della pubblica illuminazione che consente interrogare gli *smart meters* installati nelle singole abitazioni.

In un’ottica di *power park* inoltre, si è pensato di dotare le singole abitazioni di un *energy hub* ovvero un sistema di controllo dell’efficienza energetica. L’*energy hub* è la risposta per gli utenti energetici finali alla realizzazione di *smart-grid* e comprende una serie di interfacce hardware e software per la gestione dell’energia su scale che vanno dalla singola abitazione fino al distretto energetico. L’ottimizzazione deriva dalla necessità di gestire, all’interno dell’edificio, sia la produzione di energia da fonte rinnovabile o da co/trigenerazione con quella prelevata dalla rete integrata a dispositivi di *storage*, per ridurre l’impatto ambientale, risparmiare energia e condizionare la domanda del carico in risposta a segnali di “spot price” derivanti da “*smart meter*” in maniera auto-adattativa (le variazioni nel tempo ed i contesti sono complessi e non facilmente prevedibili). In tale prospettiva, l’*energy hub* è in grado di connettersi agli *smart meters*, agli *eco-appliances* e termostati presenti nell’abitazione per raccogliere le informazioni necessarie, gestire le modalità di utilizzo e fornire i dati, in tempo reale, che permettono agli utenti di effettuare le scelte migliori da un punto di vista energetico. L’*Energy Hub*, si inserisce nel contesto del Power Park San Paolo, ed è stato pensato in un’ottica di riqualificazione urbana. Tale scelta vuole ottenere, oltre ad un miglioramento delle prestazioni energetiche per mezzo di tecnologie innovative, un contributo alla riqualificazione sociale, poiché destinato ad edifici a carattere sociale (*social housing*) o scuole ubicate in aree socialmente depresse.

Quindi, l’impianto di pubblica illuminazione del Power Park San Paolo è in grado di interagire sia con eventuali *Energy hub* presenti nelle abitazioni, e sia con gli *smart meters* di energia elettrica e gas.

In realtà, da un lato si ha la necessità di progettare e incrementare delle adeguate infrastrutture che siano di supporto alla *Smart City*, dall’altro ci si scontra con la consapevolezza che certi cambiamenti si devono realizzare compatibilmente con il tessuto urbano preesistente. Sin da oggi si devono introdurre tali infrastrutture a partire dai servizi e dai modelli di business immediatamente realizzabili. Questo per conciliare esigenze di carattere prettamente economico, dovute agli investimenti di cui necessitano tali infrastrutture, senza tralasciare la ricettività degli operatori e della pubblica amministrazione che operano in ambito urbano.

Per tale motivo, la soluzione proposta nel modello di pubblica illuminazione del power park San Paolo si concentra esclusivamente sugli interventi di più immediata attuazione, sia dal punto di vista dei vantaggi economici per l'ente gestore, sia come tipologia dell'investimento. Tali azioni sono la regolazione adattiva del flusso luminoso in base al traffico e la telelettura degli *smart meter*.

In seguito è riportata una descrizione dei vantaggi della telelettura degli *smart meter*, con un focus su quelli del gas, che ben si addicono al caso in esame. In ambito internazionale, sono state attribuite svariate funzioni ad uno *smart meter*. In generale, uno *smart meter* deve consentire:

- elaborazione, trasferimento e gestione automatica dei dati;
- gestione automatica dei contatori;
- comunicazione bidirezionale da e verso il contatore;
- possibilità di fornire informazioni significative sui consumi ai vari player del mercato interessati all'intera filiera, con l'inclusione dei consumatori finali;
- possibilità di supportare servizi volti a migliorare l'efficienza del sistema nel suo complesso e ridurre i consumi energetici.

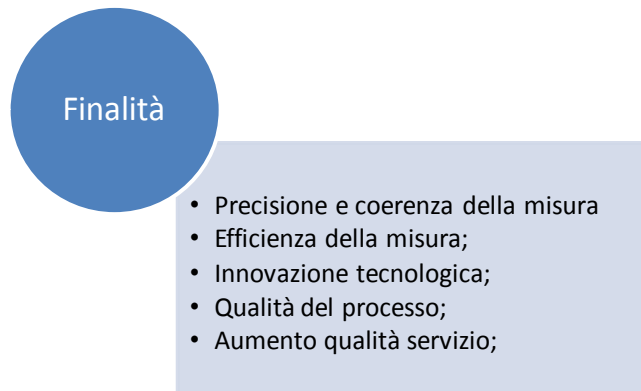
Le principali funzioni degli *smart meters* gas possono essere riassunti in:

- *Lettura remota*, che potrebbe aiutare i clienti finali nel gestire in modo accurato i consumi finali attraverso teleletture frequenti e fatture accurate. In questo modo si migliorerebbe il servizio dato ai clienti.
- *Visualizzazione dei dati direttamente dal cliente*; quando i dati sono facilmente interpretabili, frequentemente disponibili e tali da ottenere facilmente una comparazione tra i consumi di due periodi equivalenti.
- *Definizione del profilo di carico*; tale funzione potrebbe fornire dati rilevanti al cliente al fine di definire un target di azioni per poter ridurre i propri consumi.
- *Informazioni ai clienti attraverso una comunicazione bidirezionale*; tale funzione permette di informare i clienti sui loro reali consumi, tariffe ed eventuali promozioni. A differenza del sistema elettrico, definire una tariffa multioraria o definire lo spot price risulta però molto difficile dato il differente modo di gestione in termini stoccaggio del gas.
- *L'abilitazione e la disabilitazione remota o controllo remoto della fornitura*; questa funzione darebbe benefici in termini di sicurezza. La funzione migliorerebbe il servizio offerto ai clienti permettendo ai consumatori riluttanti al pagamento di prevenire i loro debiti e, di conseguenza, di ridurre la gestione dei costi del debito stesso.
- *Comunicazione con altri dispositivi*.

Figura 18: Principali funzioni degli *smart meter* gas



Figura 19: Principali finalità degli *smart meter* gas



Dal punto di vista del cliente finale la telelettura da remoto porterebbe una fatturazione precisa; prezzi bassi, o meglio, congrui; meno controlli presso le abitazioni da parte degli addetti alla lettura; un sistema che li aiuti nella gestione dei consumi e facile da usare; un maggior numero di servizi come ad esempio offerte, previsioni del tempo, dati storici, etc. L'infrastruttura della pubblica illuminazione del Power Park San Paolo quindi, mediante la telelettura da remoto consentirebbe dei vantaggi sia per l'utente finale che per il fornitore [10].

I vantaggi per i fornitori si tradurrebbero in:

- Distinzione tra i loro servizi ed i servizi forniti da altri;
- Personalizzazione del servizio dato, in base alle esigenze dei vari clienti;
- Fornitura di risultati attendibili e di informazioni accessibili al cliente;
- Facili cambiamenti dei parametri, come per esempio il pagamento anticipato del credito, una gestione più efficace del debito, etc.;

- Non avere alcun impatto negativo sulle tariffe di distribuzione e conteggio.

Per quanto riguarda i clienti finali, invece darebbe:

- Fatture precise;
- Prezzi bassi;
- Facilità nel cambiamento dei fornitori;
- Meno visite nelle loro abitazioni dai lettori;
- Un sistema che li aiuti nella gestione dei consumi;
- Un sistema che sia facile da usare;
- Un maggior numero di servizi offerti come ad esempio offerte, previsioni del tempo, etc.

7. ARCHITETTURA DI SISTEMA PER IL POWER PARK SAN PAOLO

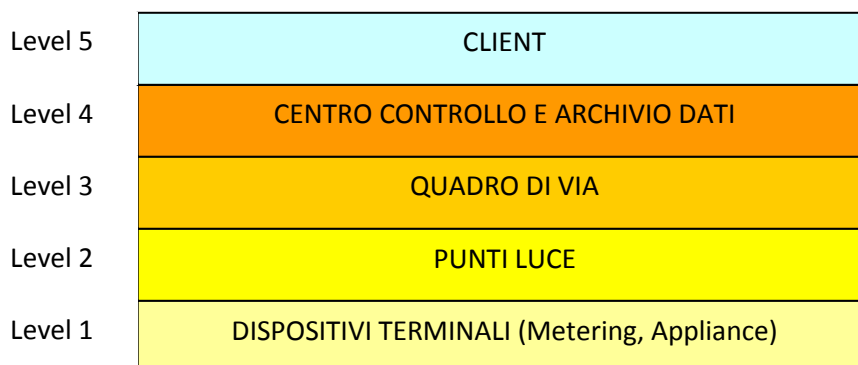
Come descritto in precedenza, il presente studio sull’impianto di pubblica illuminazione del quartiere San Paolo di Bari contempla la possibilità di implementare tale infrastruttura con una rete di comunicazione dati, al fine di abilitare nuovi servizi e funzionalità che possano incrementare l’efficienza dell’impianto, o addirittura, fornire servizi aggiuntivi per le *utilities* locali. L’architettura della rete di comunicazione dati è stata concepita e progettata per integrarsi ottimamente con l’impianto della pubblica illuminazione. Il sistema proposto è in grado di garantire la fornitura dei seguenti servizi:

- Monitoraggio e trasmissione a distanza dei consumi di acqua, frigoriferi, calorie e gas delle utenze situate nelle zone servite dal sistema di pubblica illuminazione;
- Rilievo e monitoraggio del traffico stradale e modulazione del flusso luminoso dei punti luce in funzione alla densità di traffico attuale e/o prevista;
- Controllo automatico dell’intensità luminosa dei punti luce al fine di ottenere il rispetto delle normative vigenti, con il minimo dispendio di energia.

L’infrastruttura di rete realizzata è del tutto aperta e non prevede l’uso di protocolli proprietari, permette l’integrazione di futuri servizi, in maniera semplice e agevole, configurandosi come una piattaforma multiservizi.

Il sistema proposto è basato su un’architettura multilivello, in particolare ne sono previsti cinque, riportati nella figura sottostante.

Figura 20: Architettura di sistema



L’architettura risulta strettamente gerarchica ed i componenti di ciascun livello possono comunicare solo con componenti di livello adiacente.

L’obiettivo è di creare una piattaforma multiservizi che permetta la gestione sia dei servizi strettamente collegati alla illuminazione pubblica, sia dei servizi appartenenti a settori completamente diversi (quali ad esempio il *metering*, il monitoraggio ambientale, etc.), sfruttando il sistema di illuminazione pubblica esistente.

Il pregio di tale piattaforma è che ha una copertura uniforme sui territori urbani, permettendo la comunicazione tra qualsiasi dispositivo posto sul territorio urbano con un centro di controllo.

Si prevede che la piattaforma sia completamente invisibile all'utente, questi avrà l'impressione di avere un sistema esclusivamente dedicato alla sua applicazione.

Si è ipotizzato tra l'altro, uno scenario in cui il gestore della illuminazione pubblica realizzi questa piattaforma di gestione e trasferimento dati tra i punti sparsi sul territorio e un centro di controllo, e poi noleggi l'uso di questo servizio di comunicazione ad aziende terze.

L'applicazione esempio di più immediata implementazione è quella del *metering*. In genere, una abitazione dispone di contratti di fornitura di acqua, frigoriferi, calorie e gas che sono afferenti a distributori diversi. In questo caso, il gestore della distribuzione del gas, il gestore della fornitura di energia termica, il gestore della distribuzione dell'acqua, potranno condividere la stessa piattaforma per eseguire le operazioni di metering, indennizzando il proprietario della piattaforma per il suo uso. Ovviamente, per i gestori si ottiene un risparmio notevole poiché non devono realizzare una infrastruttura di rete dedicata esclusivamente a loro. Tale vantaggio si traduce in interessanti forme di ricavo per il gestore della pubblica illuminazione che, oltre a utilizzare la piattaforma per la gestione dei suoi impianti, può anche noleggiarla per i servizi suddetti.

Il sistema di rete a supporto della piattaforma è su scala geografica poiché destinato agli ambienti urbani. Data l'estensione della rete, è plausibile l'ipotesi che siano disponibili diversi mezzi di trasmissione per ciascun livello, infatti il sistema proposto utilizzerà diverse tecnologie di trasmissione differenziate per ogni livello, in modo da ottimizzare le prestazioni del sistema stesso.

7.1. Componenti del sistema

Nel seguito sono descritte tutte le componenti del sistema.

Livello 5: CLIENT

Gli utenti finali che utilizzeranno il sistema, potranno fruire di tutti i servizi offerti utilizzando qualsiasi dispositivo dotato di browser web. Gli utenti, utilizzando personal computer o PDA (cellulari, palmari, etc.), potranno collegarsi attraverso interfaccia WEB al centro controllo e archivio dati. Si utilizzeranno procedure di crittografia e autenticazione che permetteranno di poter disporre dei servizi offerti in tutta sicurezza. Inoltre, tramite una attenta gestione delle credenziali, sarà possibile differenziare il contenuto informativo a cui ciascuna tipologia di utente avrà accesso. Su base "tipologia utente" sarà possibile creare delle apposite *Applications* sia per *IPhone*® che per *Android*®, che permettano al meglio la visualizzazione e la gestione dei dati.

Livello 4: Centro Controllo e Archivio Dati

Il dispositivo centrale di tutto il sistema è il centro controllo e archivio dati. Il centro è costituito da un server mainframe ed avrà una diverse funzioni:

- Archiviare e rendere disponibili all'esterno tutti i dati riguardanti il *metering*;

- Permettere il telecontrollo ed il monitoraggio di tutti gli apparati di rete;
- Permettere la telegestione dei dispositivi di *metering*;
- Permettere il telecontrollo di tutti i dispositivi utilizzati nel servizio di illuminazione pubblica;
- Permettere la configurazione della regolazione del flusso luminoso su base oraria e su base traffico veicoli/persone per ogni quadro di via;
- Rendere disponibili statistiche per tutti i parametri monitorati.

Tutte queste funzioni saranno rese disponibili a tutti i *Client* che si collegheranno al server attraverso il collegamento di rete. Il server infatti, disporrà di interfaccia *web* e, tramite un sistema complesso di autenticazione, gestione delle credenziali e gestioni profili, sarà in grado di mostrare contenuti personalizzati in base alla tipologia di utente collegato.

Per esempio l'utente di tipo "gestore del gas" potrà:

- consultare l'archivio contenente solo i dati riguardanti il *metering* del gas;
- telegestire tutti i contatori del gas;
- visualizzare tutte le statistiche riguardanti i consumi di gas.

L'utente di tipo "gestore pubblica illuminazione" potrà

- monitorare lo stato di tutti i gruppi luminosi;
- predisporre dei piani di regolazione dei flussi luminosi sia su base oraria che su base traffico;
- accedere alle statistiche riguardanti il traffico veicoli/persone;
- accedere alle statistiche riguardanti lo stato di funzionamento dei gruppi luminosi;
- telecomandare i quadri di via in tempo reale per operazioni straordinarie e/o di manutenzione.

Il server sarà dotato di tecnologia RAID per la protezione fisica dei dati, inoltre sarà dotato di un database SQL che garantirà l'integrità dei dati e delle transazioni.

Livello 3: Quadro di via

Il quadro di via conterrà un dispositivo elettronico *embedded* che avrà diverse funzioni:

- gestire le connessioni con i punti luce;
- gestire la connessione con il centro di controllo;
- instradare i dati verso il centro di controllo o verso i punti luce;
- ricevere dalle smartcamera le informazioni riguardanti la densità di traffico persone/veicoli;
- ricevere dalle smartcamera le informazioni riguardanti l'efficienza luminosa delle lampade;

- regolare in *real time* i flussi luminosi dei punti luce in base alle informazioni ricevute dalle smartcamera e alle configurazioni generali impostate sulla base della fascia oraria e della categoria di strada;
- tramite dei sezionatori telecomandati potrebbe eventualmente forzare il distacco della linea per operazioni di emergenza o di manutenzione.

Riassumendo, il dispositivo nel quadro di via avrà sia funzioni di rete che funzioni computazionali di elaborazione dati e di gestione degli apparati terminali.

Livello 2: Punti luce

Il dispositivo associato ad ogni punto luce avrà esclusivamente funzioni di rete, si occuperà sia di gestire il segmento di accesso della rete, sia di realizzare la rete dorsale tra i punti luce ed il quadro di via. Svolgerà il ruolo di *router*. Eventualmente i vari punti luce potrebbero comunicare direttamente tra di loro per meglio ottimizzare il traffico in rete (*fault tolerance, load sharing, multipath, etc.*). Il dispositivo elettronico in questione utilizzerà come sostegno fisico il punto luce stesso.

Le modalità di alimentazione del dispositivo sono diverse:

- Punti luce tradizionali: Linea alimentata → Punto luce acceso. In questo caso, alimentando il dispositivo con l'alimentazione del punto luce, il dispositivo risulterebbe funzionante solo nei periodi di accensione delle luci. La piattaforma sarebbe disponibile solo un numero limitato di ore al giorno. Eventualmente, per garantire la continuità di servizio, si potrebbe valutare l'ipotesi di utilizzare batterie da ricaricare di notte ed utilizzare di giorno.
- Punti luce telegestiti. In questo caso, la linea è sempre in tensione e i dispositivi “punti luce” sono operativi senza interruzioni durante il giorno.

Livello 1: Dispositivi Terminali

I dispositivi terminali sono dispositivi di controllo e comando e sono i punti terminali della rete, disseminati sul territorio urbano.

In particolare, i dispositivi di controllo previsti sono:

- Dispositivi di *metering* (contatori) di acqua, frigoriferi, calorie e gas;
- Dispositivi che permettano il monitoraggio del traffico veicoli/persone (smartcamera);
- Dispositivi che permettano il monitoraggio dell'efficienza del gruppo luminoso (smartcamera);
- Dispositivi che permettano il monitoraggio del gruppo luminoso.

Si prevede che i contatori siano *smart meter* e che quindi siano già dotati di interfaccia elettrica utilizzabile per trasmettere le informazioni a distanza. Laddove i contatori siano di tipo tradizionale e prevedano solo un'interfaccia ad impulsi, si potrebbe inserire un dispositivo convertitore d'interfaccia che provveda a digitalizzare l'uscita impulsiva, effettuando in tal modo un conteggio degli impulsi che renda disponibile la funzionalità di trasmissione del dato a distanza.

Un dispositivo smartcamera è un dispositivo di visione artificiale compatto che integra in un unico contenitore una telecamera, un sistema di digitalizzazione ed elaborazione delle immagini e una interfaccia di telecomunicazione dati. Una smartcamera non ha una semplice uscita video, ma per mezzo di metodi di visione artificiale, effettua delle elaborazioni sulle immagini riprese e fornisce in uscita, mediante un'interfaccia di comunicazioni dati, l'informazione direttamente in forma digitale.

La smartcamera utilizzata per il monitoraggio del traffico è un dispositivo dotato di intelligenza e può essere programmata per svolgere i più svariati compiti, tra cui fornire in uscita, direttamente sull'interfaccia di comunicazione, il numero medio di vetture/persone al minuto. Tale smartcamera è accoppiata ad un illuminatore infrarossi atto a consentire il funzionamento anche in condizioni di scarsa visibilità. Essa, in fase di installazione, deve essere calibrata sulla zona da monitorare, ed in regime operativo, attraverso tecniche di soppressione del background, segmentazione e *pattern matching*, è in grado di individuare veicoli e persone in transito nella zona sottoposta ad osservazione. Può essere programmata per fornire questa informazione al dispositivo “quadro di via” sia in modalità “push” (ogni intervallo di tempo T comunica il traffico medio dell'ultimo periodo per le due categorie), sia in modalità “su richiesta”. In quest'ultima modalità, il “quadro di via” chiede alla smartcamera la densità di traffico su un intervallo di tempo specifico.

La stessa smartcamera può essere utilizzata per monitorare lo stato di efficienza luminosa del punto luce. L'operazione è effettuata in questo modo: la smartcamera misura il livello di luminosità in una particolare zona della sua immagine (con caratteristiche fisiche, come colore/opacità, etc., costanti), ad esempio su un riflettore. Questa operazione è consentita mediante il montaggio, sul palo, di un pannello ripreso costantemente dalla scena inquadrata dalla smartcamera (su cui questa effettua la misura). In tal modo è possibile rilevare, qualora si presentino, le anomalie dei livelli di luminosità. Ovviamente, la misura deve essere fatta sempre nelle stesse condizioni, ovvero in condizione di potenza fornita al gruppo luminoso pari al 100% e di illuminatore infrarosso spento.

Il dispositivo “quadro di via” provvede a comandare lo spegnimento dell'illuminatore infrarosso, a comandare l'innalzamento della potenza fornita al gruppo luminoso sino al 100% e infine, invia alla smartcamera il comando di effettuare la misura sulla zona target della scena ripresa (impostata in fase di installazione). L'operazione globalmente dura pochi secondi, dopo di che sono ripristinate le condizioni di funzionamento iniziale. Il dispositivo “quadro di via” calcola quindi, il valore dell'efficienza luminosa della lampada di riferimento giornalmente e, sulla base di questo dato, regola i flussi luminosi su tutte le lampade.

Nella figura successiva è descritto il principio di funzionamento della SmartCamera (dimensioni non in scala).

Figura 21: Misura di efficienza del gruppo luminoso con SmartCamera



Anche i dispositivi per il monitoraggio del gruppo luminoso sono posizionati sul palo e hanno lo scopo di remotizzare i contatti a secco presenti sulla diagnostica locale del gruppo luminoso (se presente).

I dispositivi terminali montati a palo possono comunicare con il dispositivo “punto luce” mediante un collegamento cablato. I dispositivi di *metering* e tutti i dispositivi posizionati nei pressi delle abitazioni (*eco-appliances*) devono obbligatoriamente comunicare con il dispositivo “punto luce” in modalità wireless.

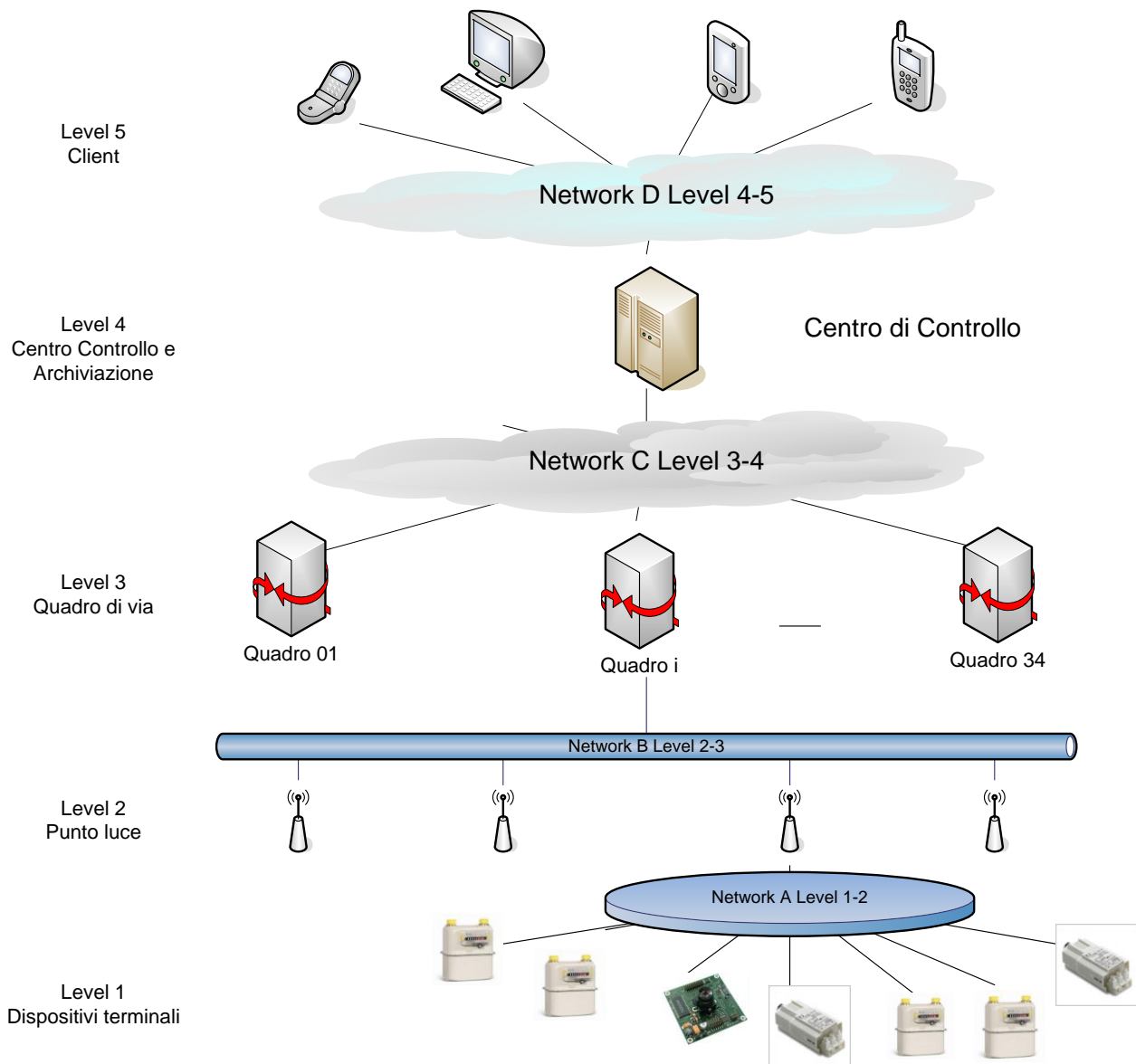
Nell’ipotesi di replicare tale architettura per la pubblica illuminazione in contesti differenti, ove ad esempio sia presente uno stato di dissesto geologico della zona urbana, si potrebbe pensare di dotare i pali della luce di sirene, con lo scopo di allertare la popolazione in caso di imminente esondazione di torrenti, imminenti frane, etc.. In questo caso, il comando della protezione civile disporrebbe di un accesso client al centro di controllo della piattaforma e potrebbe comandare in *real time* l’avvio di tutte le procedure d’allarme nelle sole zone a rischio imminente, mediante l’attivazione delle sirene montate sui pali della luce (appartenenti ai quadri di via delle zone interessate).

Chiaramente, sono molteplici le applicazioni che possono essere implementate se si disponesse di una rete distribuita sul territorio. Si potrebbe pensare, ad esempio, al monitoraggio statico degli edifici, al controllo del conferimento di rifiuti differenziati, etc.

7.2. Architettura di rete

Data la dimensione geografica della rete, si possono individuare quattro distinte reti logiche che permettono la comunicazione tra i vari dispositivi componenti del sistema.

Figura 22: Architettura di rete



Nel caso limite, le quattro reti logiche potrebbero corrispondere ad un'unica rete fisica, come ad esempio la rete GSM/GPRS, che è l'unica rete che in grado di inglobarle tutte.

Nel seguito sono valutate in dettaglio le possibilità di scelta per ogni tipologia di rete (ad ogni livello), ed è riportata, per ciascuna tipologia, la soluzione più fattibile considerando lo stato dell'arte.

Network D: Centro di controllo ↔ Client

Il centro di controllo è costituito da un server web based, presumibilmente sviluppato su piattaforma LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP). Tutti i dispositivi client si collegano al centro di controllo mediante collegamento di rete *ethernet*. A seconda delle *policy* di sicurezza utilizzate, sarà possibile collegarsi al centro di controllo in diversi modi:

- rete LAN. Sicurezza fisica del collegamento;
- *Tunneling VPN. Firewall*, dispositivi di sicurezza, https;
- Web. *Firewall*, dispositivi di sicurezza, https.

Al giorno d’oggi esistono evoluti dispositivi di rete e strumenti informatici che permettono di rendere sicuro un collegamento via WEB. Ovviamente, insieme al collegamento via WEB possono coesistere anche le altre modalità di collegamento. Per permettere la consultazione WEB del centro di controllo sarà preferibile predisporre un accesso ad internet con IP statico nel locale dove è situato il centro di controllo. Inoltre, il mainframe dovrà essere posizionato in un CED (Centro Elaborazione Dati) o comunque in un ambiente climatizzato e con alimentazione di tipo no-break.

Network C: Centro di controllo ↔ Quadri di via

Poiché il centro di controllo può essere posizionato anche a grandi distanze rispetto ai quadri di via è impensabile effettuare un collegamento cablato tra questi.

Inoltre, in questo livello è consigliabile utilizzare la rete GPRS, dal momento che il volume di traffico dati tra centro di controllo e quadri di via è comunque esiguo e la rete GPRS ha una copertura globale nelle zone urbane. Il centro di controllo dispone di un accesso ad internet con IP Statico, quindi la comunicazione GPRS è facilitata. I quadri di via devono essere equipaggiati con centralina GPRS e con una SIM abilitata al traffico dati.

Nelle zone urbane coperte da segnale WiMax è possibile utilizzare questa tipologia di collegamento, sebbene sembri economicamente svantaggiosa (dipendenza dalle tariffe locali applicate). Non è invece possibile effettuare collegamenti radio ad onde dirette tra il centro di controllo e i quadri di via, in quanto la visibilità ottica tra questi non è garantita.

Network B: Quadri di via ↔ Punti luce

Tra i punti luce ed il quadro di via esiste già un collegamento cablato, ovvero il cavo di alimentazione che parte dal quadro ed alimenta i vari punti luce. In genere, dal quadro di via partono più linee radiali che alimentano ciascuna un numero variabile punti luce.

Si potrebbe utilizzare la tecnologia PLC (*Power Line Communication*) per effettuare la trasmissione di dati mediante la rete di alimentazione elettrica come mezzo trasmissivo. La tecnica consiste nel sovrapporre al trasporto di corrente elettrica, un segnale a frequenza più elevata, modulato dall'informazione da trasmettere. La separazione si effettua grazie al filtraggio e ripartizione degli intervalli di frequenze utilizzate.

Tale tecnologia è molto efficiente in linee prive di disturbi di qualsiasi tipo. La qualità della trasmissione diviene molto degradata quando vi sono interferenze elettromagnetiche, in particolar modo per la presenza di giunti, sezionamenti, disadattamenti (porzioni di cavi di sezione differente). In tali condizioni, la trasmissione avviene con un elevato BER (*Bit Error Rate*) ed è necessario utilizzare sofisticati protocolli di trasmissione (in genere proprietari) per recuperare gli errori.

In caso di sostituzione dell'intera rete di alimentazione, è consigliabile utilizzare la tecnologia PLC poiché in tali condizioni risulta molto affidabile. Diversamente, la trasmissione PLC su linee elettriche già esistenti ha un esito aleatorio che dipende dalla modalità degli interventi di manutenzione sulle linee nel tempo. Inoltre, gli impianti di illuminazione di più recente installazione utilizzano già sistemi proprietari non aperti all'esterno che comandano l'accensione e lo spegnimento dei gruppi luminosi attraverso tecnologia PLC. In questo caso, è impossibile far coesistere due trasmissioni PLC sullo stesso cavo. Se il sistema PLC installato fosse aperto all'integrazione con interfacce esterne, sarebbe possibile riutilizzarlo per creare la rete di livello B, minimizzando ulteriormente l'investimento richiesto.

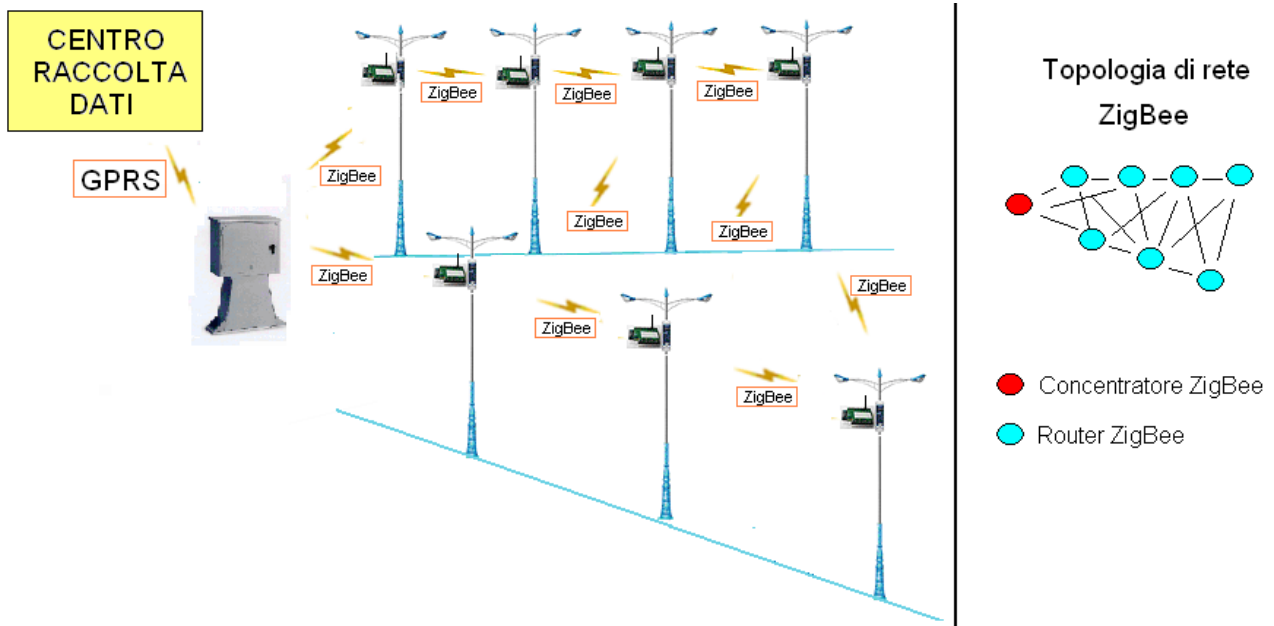
Considerando gli aspetti appena enunciati, nella maggior parte delle situazioni, la tecnologia ideale per creare la rete di questo livello è una tecnologia di tipo *wireless*.

Tra le tecnologie *wireless*, si è scelta la tecnologia *ZigBee*, in quanto tecnologia standardizzata, di affidabilità ben comprovata dal suo utilizzo in ambito industriale ed abbastanza a basso costo. I dispositivi *ZigBee*, aderiscono allo standard IEEE 802.15.4 [11] e permettono lo scambio bidirezionale di dati in *real time* in maniera affidabile e sicura tra tutti i dispositivi di rete.

La tecnologia *wireless ZigBee* permette il collegamento dei nodi di rete in modo molto semplice ed è la tecnologia ideale quando si desidera realizzare una rete di dispositivi *embedded*, caratterizzata da un basso transfer rate e bassi consumi energetici (possibilità di alimentare i dispositivi punto luce a batteria). Il protocollo *ZigBee* è robusto alle interferenze esterne e permette di ottenere una buona qualità di trasmissione anche in presenza di altre reti a 2.4 GHz (per esempio reti *WiFi*). La *ZigBee Alliance* ha esaminato tale questione in passato, affermando che anche in presenza di una grande quantità di interferenze, i dispositivi *ZigBee* continuano a comunicare in modo efficace con un lieve calo delle prestazioni.

In una rete *ZigBee*, un punto luce comunica non solo con i due punti luce adiacenti “elettricamente” come in una rete PLC (*Power Line Communication*), ma comunica con tutti i punti luce che può raggiungere con il suo segnale radio. Sulla dorsale si configura una rete con topologia *mesh*, rispetto al caso PLC di tipo lineare. L'utilizzo di una rete magliata, a fronte di una maggiore complessità nella gestione di rete, garantisce una maggiore tolleranza ai guasti. Un messaggio, per giungere a destinazione, può seguire infatti diversi percorsi, la scelta del *path* da seguire è fatta in maniera automatica dal sistema in modo da ottimizzare il funzionamento della rete stessa.

Figura 23: dorsale rete di punti luce parzialmente magliata



Una rete progettata in tal modo è poco soggetta a congestionamenti, infatti utilizzando i *multipath* si possono implementare tecniche di *load balance*. Inoltre è poco soggetta a guasti sui singoli nodi o disturbi molto forti sulle singole tratte, in quanto si può in genere sempre scegliere un'altra strada per far giungere il messaggio a destinazione. Diversamente, in una rete PLC un guasto sul singolo nodo di rete potrebbe pregiudicare le trasmissioni su tutta la rete.

Lo standard *ZigBee* prevede l'utilizzo di tre differenti tipi di dispositivi: *ZigBee Coordinator* (ZC), *ZigBee Router* (ZR) e *ZigBee Device* (ZED).

Nel quadro elettrico di via si prevede di installare uno *ZigBee Coordinator* (integrato nel dispositivo "quadro di via"), che avrà funzioni di rete per la gestione della rete *ZigBee*. Lo ZC costituisce la radice della rete.

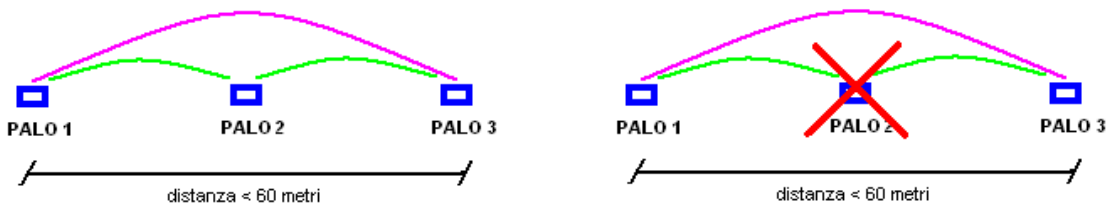
Lo ZR agisce come un router intermedio passando dati da e verso altri dispositivi. Lo ZR installato a palo rappresenta il dispositivo "punto luce" che in media serve una zona di 30 metri di raggio. Per garantire la più completa copertura radio, anche in caso di forte urbanizzazione, si prevede di equipaggiare comunque tutti i pali con dispositivi ZR. Lo ZR di un palo quindi è in grado di colloquiare con lo ZC (se è nella sua copertura radio), con gli ZR dei pali limitrofi, con i dispositivi ZED posizionati sia sugli stessi pali che nei pressi delle abitazioni private per la telelettura/telegestione dei contatori.

Il traffico stimato da e verso il concentratore è molto esiguo rispetto alla capacità della rete stessa. Ad esempio, il tempo necessario ad interrogare tutti gli *smart meter* presenti nella rete è esiguo rispetto alla condizione di una misura ogni 12 ore. Il sovradimensionamento della rete può, peraltro, essere utilizzato per rendere ancora più tollerante la rete ai disturbi esterni, adottando politiche di controllo e correzione degli errori.

Se si esamina la tolleranza ai guasti ipotizzando il caso peggiore (in cui i nodi di rete sono disposti lungo una linea), le uniche maglie che si vengono a creare sono dovute al fatto che la portata di ogni nodo è superiore al doppio della distanza media tra i pali.

Considerando una distanza massima tra i pali di 30 metri, come in figura seguente, e una topologia lineare, in caso di singolo guasto la distanza massima tra due nodi funzionanti è di 60 metri.

Figura 24: Fault tolerance



Considerando che in questo scenario (punti luce in linea) la trasmissione avviene nello spazio libero e che, in questo ambiente, la portata di 60 metri è sicuramente garantita, è possibile assicurare la tolleranza al singolo guasto, grazie alla struttura magliata della rete ed all'installazione di un router per ogni palo.

Network A: Punti luce ↔ Dispositivi terminali

Su questo livello è necessario utilizzare una rete wireless poiché non è possibile effettuare cablaggi tra i dispositivi terminali posti nei pressi delle abitazioni e la palificazione esistente.

Si prevede di dotare ogni punto luce di un *router wireless* in grado di colloquiare con i dispositivi terminali ed a sua volta trasmettere i dati allo ZR del punto luce.

La tecnologia che appare più efficiente per la realizzazione delle comunicazioni *wireless*, tra gli *smart meter* ed il *router* installato sul punto luce, è la WMBus 169Mhz (EN13757-4 [12]). In particolare, la nuova banda disponibile corrispondente a 169MHz definita dalla normativa ETSI EN 300220-1 v2.3.1 [13], consente di ottenere una portata più ampia per le applicazioni di misurazione. La potenza trasmessa di 500 mW e la lunghezza d'onda utilizzata permettono di ottenere una portata nominale di 1 Km. Inoltre, la frequenza utilizzata permette di raggiungere dispositivi terminali posizionati anche in zone molto "coperte" (interno di scantinati, androni di edifici, etc.). Tuttavia, attualmente non esistono dispositivi router in commercio che operino con questa tecnologia e su questa banda. Infatti ad oggi è impossibile prevederne l'utilizzo in una installazione reale perché non esistono in commercio *router* WMBUS in grado di comunicare con almeno 100 dispositivi terminali. Per questo motivo, risulta estremamente complesso valutare i costi di tali apparecchiature e di conseguenza effettuare uno studio di fattibilità tecnico-economico.

La soluzione ottimale realizzabile nell'immediato è, quindi, la tecnologia *ZigBee*. Infatti, una rete *ZigBee* permette la gestione nel segmento d'accesso ai dispositivi di diversa natura in maniera ottimale, (diversamente la rete WMBus potrebbe gestire in maniera ottimale solo gli *smart meter*). Inoltre, il router *ZigBee* è lo stesso utilizzato per creare la rete di livello B, con evidente risparmio di risorse economiche, ed è lo stesso dispositivo atto sia al monitoraggio del traffico che alla telelettura degli *smart meter*. Inoltre, anche l'interoperabilità, fondamentale nel livello d'accesso, è garantita dalla tecnologia *ZigBee*. L'interfaccia *ZigBee* è già installata in moltissimi dispositivi terminali (ZED) incluse molte *eco-appliance*, mentre l'interfaccia WMBus ad oggi si prevede di installarla solo sugli *smart meter*.

Si riporta nel seguito una tabella estratta dal documento DCO 40/11 emesso dal CIG (Comitato Italiano Gas) in data 3 novembre 2011² [14] che mostra le valutazioni del CIG in merito all’adozione di diverse tecnologie per la creazione della piattaforma di rete.

Tabella 15: Tecnologie di telecomunicazioni applicabili alla telelettura²

Tecnologie	Caratteristiche	Valutazione dell’operatore
ZigBee 2,4 GHz	<ul style="list-style-type: none"> - rete da realizzare - soluzione basata su concentratori - frequenze non soggette a licenza 	<ul style="list-style-type: none"> - standard di fatto e rete solida - necessita di numerosi ripetitori/concentratori (con aumento dei costi) - se ci sono prospettive multiservizio diventa la rete più economica: per un solo servizio (es. gas) non è la soluzione più economica, mentre laddove il costo possa essere suddiviso tra più servizi il costo per singolo utente/servizio risulterebbe inferiore
WMBus 868 MHz	<ul style="list-style-type: none"> - rete da realizzare - soluzione basata su concentratori - frequenze non soggette a licenza 	<ul style="list-style-type: none"> - standard europeo - stesso numero di ripetitori dello ZigBee, quindi costo relativamente elevato - non soddisfa tutti i requisiti del CIG - l’operatore la giudica una tecnologia non ottimale
WMBus 169 MHz	<ul style="list-style-type: none"> - rete da realizzare - soluzione basata su concentratori - frequenze non soggette a licenza 	<ul style="list-style-type: none"> - frequenza ETSI per telemisura e telecontrollo - ridotte interferenze - limitato impiego di ripetitori, quindi relativamente meno costosa - problematiche in termini di scarsa maturità della tecnologia e di dimensione delle antenne (ingombranti) - più economica della ZigBee per un solo servizio (se superati i problemi tecnici sulle antenne)
GSM/GPRS 900/1800 MHz	<ul style="list-style-type: none"> - rete esistente - no concentratori - frequenze soggette a licenza 	<ul style="list-style-type: none"> - prevista dall’architettura CIG, già utilizzata per contatori commerciali e industriali - non strettamente necessaria una nuova infrastruttura - alcuni problemi: costi legati alla sostituzione delle batterie, <i>legacy</i> con l’operatore TLC, frequenze 900 MHz GSM oggetto di refarming (e costo del 3G ancora troppo elevato) - (salvo problematiche specifiche) può essere la tecnologia meno costosa nel breve periodo, ma l’operatore la giudica non ottimale nel lungo periodo

Da questa tabella si evince che anche il CIG ha ritenuto che la tecnologia *ZigBee* è la tecnologia ideale nella realizzazione della infrastruttura di rete (cfr. “se ci sono prospettive multiservizio diventa la rete più economica”).

Quindi, nell’architettura di rete in esame, si prevede di dotare il punto luce di un router *ZigBee*. Tale rete, in un raggio indicativo di 30 metri, può supportare diversi servizi tra cui quello di *metering* per i contatori di acqua, gas e caldo/freddo (da teleriscaldamento). In questa prospettiva, si può implementare un AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) sfruttando il supporto per DLMS/COSEM fornito dallo standard *ZigBee*. In definitiva, l’infrastruttura *ZigBee* sarebbe utilizzata in maniera ottimale per i servizi di *metering* e comunque potrebbe supportare in maniera agevole altri servizi accessori quali ad esempio la regolazione dei flussi luminosi, il monitoraggio dei gruppi luminosi, la stima delle densità di traffico, etc.

Per ciò che concerne l’ambito dei contatori, quindi telelettura dei consumi e telegestione, si utilizza il Protocollo DLMS (*Device Language Message Specification*) [15]. Lo standard di riferimento è IEC 62056 [16]. Esso si basa su dei servizi che consentono di leggere e scrivere degli oggetti, definiti OBIS. Il protocollo è universale ed è indipendente dalla tipologia di contatore, dal costruttore e dal mezzo di comunicazione.

² <http://www.autorita.energia.it/allegati/docs/dc/11/040-11dco.pdf>

Tramite l'utilizzo di DLMS over ZigBee si può implementare un AMI completo e avanzato che sfrutta anche appieno le caratteristiche di sicurezza del protocollo ZigBee.

Figura 25: Dispositivi terminali segmento di accesso



Quindi, la trasmissione dei dati relativi al *metering* può utilizzare meccanismi di cifratura standard quali la crittografia a 128 bit AES. *ZigBee* pone un forte accento sui meccanismi di sicurezza *wireless*, per impedire manomissioni e intercettazioni e per garantire alta affidabilità e disponibilità, e prevede quattro servizi di base di sicurezza: l'autenticazione, l'integrità del messaggio, la riservatezza del messaggio, e la protezione replay.

Riepilogando, l'architettura proposta prevede la trasmissione GPRS tra quadri di via e centrale di controllo e trasmissione con protocollo *ZigBee* sia tra il quadro di via ed i vari punti luce, sia tra i punti luce ed i dispositivi terminali.

8. STUDIO DI FATTIBILITÀ

L'intero impianto di illuminazione pubblica del quartiere San Paolo è alimentato da un totale di 34 quadri elettrici di cui 21 dotati di controllore di flusso potenza; essi gestiscono una potenza di circa 320 kW pari al 65% della totale potenza installata. Lo stato dell'arte nel controllo adattivo dell'illuminazione prevede una regolazione del flusso luminoso in rapporto alla densità di traffico. Come detto in precedenza, dai dati ottenuti dal comune di Bari sul traffico in ingresso ed in uscita dal quartiere è stato possibile stabilire intervalli temporali in cui declassare la strada, relativamente alla variazione di categoria illuminotecnica, in base alla portata oraria dei veicoli transitanti in una ora. Sono stati così individuati quattro intervalli temporali così definiti:

Tabella 16: Fasce orarie

FASCIA ORARIA	DA	A	RIDUZIONE FLUSSO	ORE/ANNO
T1	accensione	21:30 ÷ 22:30	0%	1250
T2	T1	00:00 ÷ 00:30	25%	770
T3	T2	01:55 ÷ 02:55	50%	836
T4	T3	spegnimento	50%	1316

Attualmente la rete è esercita in maniera tale da ridurre il flusso al 50% nella fascia T4 (per i quadri dotati di controllore), per le altre ore di lavoro essa è alimentata alla tensione nominale.

Applicando la riduzione di flusso e relativa durata delle fasce orarie identificate dalla precedente tabella, è stato possibile quantificare il risparmio energetico in bolletta definito dalla seguente formula³, in cui il primo addendo definisce il contributo al risparmio per i consumi di elettricità ed il secondo per i costi di manutenzione [17]:

$$Ra = P_a * t_r * Re\% * C_e + N_l * \frac{C_l + C_m}{t_2} - \frac{C_l + C_m}{t_1} * t_f \quad [1]$$

Dove:

- R_a : risparmio annuo complessivo;
- P_a : potenza totale installata dell'impianto;
- t_r : numero di ore/anno di funzionamento a regime ridotto;
- $Re\%$: percentuale di riduzione della potenza;
- C_e : costo del kWh;
- N_l : numero di lampade;
- C_l : costo medio di acquisto di una lampada;
- C_m : costo medio della manodopera per la sostituzione di una lampada;
- t_2 : durata media delle lampade senza regolatore (circa 8000 h/anno);
- t_1 : durata media delle lampade con regolatore (circa 17000 h/anno);
- t_f : numero di ore/anno di funzionamento (circa 4000 h/anno).

³ M. Annunziato, F. Bucci, C. Meloni, F. Moretti, S. Pizzuti, "Sviluppo sistemi intelligenti per la gestione della "Smart Street""; RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Nella tabella sottostante sono riportati i valori assunti per il calcolo del risparmio di energia elettrica annuo (primo termine della formula [1]) derivante dal nuovo regime di regolazione del flusso luminoso, ovvero: la potenza installata in ciascuna delle 4 fasce di regolazione, le ore/anno a regime ridotto e la riduzione di potenza per ciascuna fascia. Inoltre, sono riportati i risparmi annui in ciascuna fascia oraria e quello totale.

Tabella 17: Risparmio energia elettrica

Risparmio costi energia				
<i>Fasce di riduzione [h]</i>	<i>Pa [kW]</i>	<i>Ore a regime ridotto [h]</i>	<i>Riduzione di potenza [%]</i>	<i>Risparmio annuo [€]</i>
T1	487,9	1250	0%	€ 0,00
T2	487,9	770	20%	€ 10.519,27
T3	487,9	836	40%	€ 22.841,83
T4	81,3	1316	40%	€ 5.993,33
Risparmio totale				€ 39.354,43

In tabella 18 sono riportati i dati assunti per il calcolo del secondo termine della formula [1]. Sono state considerate solo le lampade alimentate dai 13 quadri senza controllore ed è stato calcolato il risparmio per ciascuna tipologia di lampade e il risparmio annuo totale sui costi di manutenzione.

Tabella 18: Risparmio costi manutenzione

Risparmio costi manutenzione					
	HG	Na AP	Alogenuri	Incandescenza	Risparmio totale
N_l	39	485	61	1	
C_f+C_m	37	350	250	0	
t_2	8000	10000	6000	8000	
t_1	20000	24000	12000	17000	
$t_f(T2+T3)$	1606	1606	1606	1606	
$t_f(T4)$	1316	1316	1316	1316	
R [€]	€ 254,15	€ 23.372,14	€ 2.726,38	€ 0,00	€ 26.352,67

Un ulteriore elemento di risparmio nell’analisi condotta è relativo al fattore di mantenimento delle lampade. Infatti, come esplicito in precedenza, la potenza delle lampade generalmente può subire ulteriori variazioni poiché, in fase di dimensionamento iniziale dell’impianto, si tiene conto di un fattore di mantenimento (MF) che considera la riduzione del flusso luminoso causato dalla mancata pulizia dei corpi illuminanti nel tempo. Poiché nel quartiere San Paolo tale condizione di sovradimensionamento degli impianti è stata effettivamente verificata, è stato considerato un risparmio energetico del 20% per il primo anno e del 10% per il secondo, nella sola fascia T1 (tali valori di sovradimensionamento appaiono conservativi). Il controllo dell’illuminamento fornito dalle lampade viene monitorato dalla smartcam tramite idoneo software di misura.

Quindi ricapitolando, il modello di pubblica illuminazione proposto per il power park San Paolo è in grado di colloquiare con gli *smart meters* presenti nelle abitazioni e di regolare il flusso luminoso in funzione dei livelli di traffico ottenendo in tal modo un significativo risparmio energetico. Chiaramente nella soluzione proposta, tale risparmio è addizionale rispetto ad una situazione preesistente in cui si effettua già la regolazione per il 62% dei quadri (con conseguenti benefici in termini energetici).

L'architettura di rete proposta è costituita da:

1. n.1 Router ZigBee per ogni punto luce, per il traffico bidirezionale di contatori e smartcam;
2. n. 2 smartcam per ogni quadro, alloggiata a bordo palo, per il controllo del traffico e la misura illuminamento reale;
3. n.1 scheda i/o a servizio di ciascuna smartcam;
4. n. 1 Server per la gestione traffico dati contatori e smartcam per ciascun quadro;
5. componentistica hardware e software per Centro di Raccolta Dati;
6. quadri di regolazione, controllo e stabilizzazione in sostituzione dei quadri di alimentazione ordinari tutt'ora presenti in parti di impianto.

L'analisi è stata fatta considerando un contesto in cui le abitazioni siano già munite di *smart meters* e i servizi da monitorare siano gas, caldo/freddo da teleriscaldamento e acqua. Si è stimato un numero di utenze da monitorare pari a 12.000.

Come detto in precedenza, poiché 13 quadri sui 34 complessivi sono sprovvisti di controllore di potenza, sono state considerate due categorie di quadri: con controllore e senza controllore. Quindi l'investimento è stato scorporato e, oltre a voci di costo in comune (architettura di rete), si sono considerati i costi di fornitura e posa in opera di 13 quadri comando, variazione e stabilizzazione. In tali costi sono contemplati anche i costi di sostituzione delle lampade ad alogenuri metallici con le più efficienti al sodio ad alta pressione.

Nella tabella sottostante sono riportati i costi di investimento iniziale.

Tabella 19: Costi di investimento iniziale

Voce	Costo Unitario	Quantità	Importo
Router Zig Bee	€ 152,00	1879	€ 285.608,00
Smart cam	€ 2000,00	68	€ 136.000,00
Scheda i/o ZigBee RS485	€ 100,00	68	€ 6.800,00
Server Quadro alimentazione	€ 1.500,00	34	€ 51.000,00
Centro Raccolta Dati HD + SW	€ 20.000,00	1	€ 20.000,00
Quadro Comando, variazione e stabilizzazione 3,3kW	€ 3.200,00	1	€ 3.200,00
Quadro Comando, variazione e stabilizzazione 4,7kW	€ 4.000,00	3	€ 12.000,00
Quadro Comando, variazione e stabilizzazione 7,7kW	€ 4.500,00	4	€ 18.000,00
Quadro Comando, variazione e stabilizzazione 11kW	€ 5.200,00	3	€ 15.600,00
Quadro Comando, variazione e stabilizzazione 19kW	€ 6.200,00	2	€ 12.400,00
Totale			€ 560.608,00

Per l'analisi dell'investimento è stato considerato un orizzonte temporale di 15 anni e un interesse di calcolo del 4% (dato da un costo del capitale del 7% al netto della inflazione del 2% e della deriva dell'inflazione del settore energetico pari al 1%).

Tra i costi variabili si è considerato quello per O&M assunto pari al 5% dell’investimento iniziale. In questa percentuale si sono inclusi sia i costi relativi alla manutenzione ordinaria che straordinaria per la eventuale sostituzione di qualche componente.

I dati considerati sono i seguenti:

Tabella 20: Risparmi e ricavi da interventi proposti

Voce	Quantità	u.m.
Potenza installata	487,9	kW
Energia annua assorbita	1.994,5	kWh/anno
Risparmio da telelettura contatori ⁴	14.400,00	€/anno
Vendita T.E.E. (tipo 1)	6.141,4	€/anno
Risparmio da controllo traffico	39.516,3	€/anno
Emissioni evitate (CO ₂)	136	t/anno

Si è assunto un costo dell’energia elettrica pari a:

Costo unitario per l'energia	0,14	€/kWh
Costo annuo per unità di potenza impegnata	36,00	€/kW anno

Nell’analisi è stato considerato un costo della telelettura pari a 1,2 €/anno. In realtà, tale valore è stato stimato dalle associazioni di categoria, ma è tutt’ora in fase di definizione. Inoltre, un altro parametro risultato incerto è il numero di gestori di servizi energetici che potrebbero operare nel distretto energetico San Paolo. Pertanto si sono ipotizzati due scenari.

- Scenario 1: Unico gestore che effettua la telelettura solo dei consumi del gas oppure un’unica lettura per i tre servizi gestiti (gas, caldo/freddo, acqua);
- Scenario 2: diversi gestori che effettuano la telelettura di caldo/freddo, gas e acqua.

8.1. Scenario 1

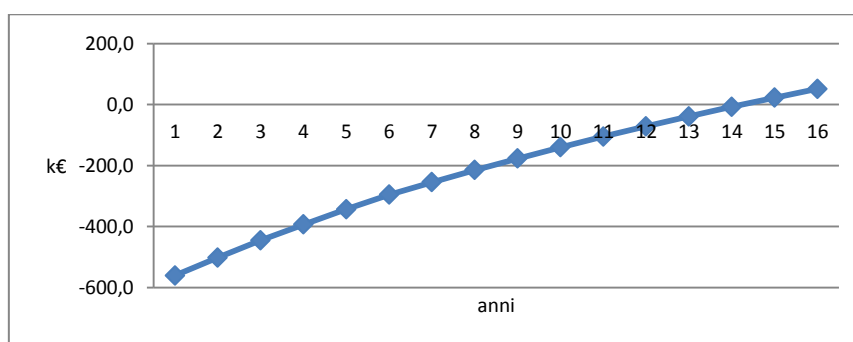
Si è ipotizzato un unico gestore che effettua la telelettura solo dei consumi del gas oppure un’unica lettura per i tre servizi gestiti (gas, caldo/freddo, acqua). La telelettura è relativa ai consumi di 12.000 punti di riconsegna del quartiere e si è considerato il risparmio dei costi per tale servizio. Nella tabella sottostante sono riportati i risultati dell’investimento per lo scenario 1, in particolare i flussi di cassa indicati come CF (Cash Flow) e il VAN (Valore Attuale Netto).

⁴ Stima Anigas per costo telelettura contatori domestici

Tabella 21: Analisi dell'investimento nello scenario 1 [k€]

anno	Investimento	Costo O&M	Risparmio energia	Risparmio manutenzione	T.E.E.	Risparmio Letture	Risparmio Fattore Mantenimento	CF	VAN
	-560,6								-560,6
1		-27,0	37,8	25,3	5,9	13,8	2,7	58,7	-501,9
2		-25,9	36,4	24,4	5,7	13,3	3,0	56,8	-445,1
3		-24,9	35,0	23,4	5,5	12,8		51,8	-393,4
4		-24,0	33,6	22,5	5,2	12,3		49,8	-343,6
5		-23,0	32,3	21,7	5,0	11,8		47,9	-295,7
6		-22,2	31,1	20,8		11,4		41,2	-254,6
7		-21,3	29,9	20,0		10,9		39,6	-215,0
8		-20,5	28,8	19,3		10,5		38,1	-177,0
9		-19,7	27,6	18,5		10,1		36,6	-140,4
10		-18,9	26,6	17,8		9,7		35,2	-105,2
11		-18,2	25,6	17,1		9,4		33,8	-71,4
12		-17,5	24,6	16,5		9,0		32,5	-38,8
13		-16,8	23,6	15,8		8,6		31,3	-7,6
14		-16,2	22,7	15,2		8,3		30,1	22,5
15		-15,6	21,9	14,6		8,0		28,9	51,4

Grafico 6: Andamento del VAN nell'investimento Scenario 1



Il periodo di ritorno dell'investimento è pari a 14 anni con un VAN (Valore Attuale Netto) a fine periodo di 51.467 €.

Come detto in precedenza, nell'analisi effettuata è stato considerato il costo della telelettura stimato da associazioni di categoria, ovvero pari a 1,2 €/anno per ciascuna utenza. Poiché tale valore è ancora in fase di validazione, è stata fatta un'analisi di sensitività per verificare in che modo l'investimento in esame risponde a tale variazione. Quindi, si sono considerate delle variazioni percentuali rispetto al valore considerato e si è valutato l'andamento del VAN in ciascun caso. Nella tabella sottostante sono riportati i valori con le variazioni percentuali assunte. Inoltre è stato opportuno valutare l'investimento anche considerando il costo attuale con letturista al fine di valutare i benefici dell'intervento in assenza di sistema di telelettura del gas.

Tabella 22: Analisi di sensitività - Scenario 1

Analisi di sensitività	€/utenza	Variazione	€/anno
Costo stimato da associazioni di categoria	1,2		14400
Costo -20%	0,96	-20%	11520
Costo +20%	1,44	+20%	17280
Costo +50%	1,8	+50%	21600
Costo + 100%	2,4	+100%	28800
Costo attuale con letturista	3,4		40800

In seguito sono riportati i VAN calcolati per ciascun caso.

Tabella 23: Confronto tra i VAN di ciascun caso analizzato – Scenario 1 [k€]

Anno	VAN costo stimato	VAN (-20%)	VAN (+20%)	VAN (+50%)	VAN (+100%)	VAN costo attuale con letturista
0	-560,6	-560,6	-560,6	-560,6	-560,6	-560,6
1	-501,9	-504,7	-499,1	-495,0	-488,0	-476,5
2	-445,1	-450,5	-439,7	-431,5	-417,9	-395,3
3	-393,4	-401,3	-385,4	-373,4	-353,4	-320,1
4	-343,6	-354,0	-333,1	-317,5	-291,3	-247,8
5	-295,7	-308,6	-282,9	-263,7	-231,6	-178,2
6	-254,6	-269,7	-239,5	-216,8	-179,1	-116,2
7	-215,0	-232,3	-197,7	-171,8	-128,6	-56,6
8	-177,0	-196,3	-157,6	-128,5	-80,0	0,8
9	-140,4	-161,8	-119,0	-86,8	-33,3	55,9
10	-105,2	-128,5	-81,8	-46,8	11,6	108,9
11	-71,4	-96,6	-46,1	-8,3	54,8	159,9
12	-38,8	-65,9	-11,8	28,7	96,3	208,9
13	-7,6	-36,3	21,2	64,3	136,2	256,1
14	22,5	-7,9	52,9	98,6	174,6	301,4
15	51,4	19,4	83,5	131,5	211,5	345,0

Grafico 7: Andamento del VAN nell'analisi di sensitività - Scenario 1

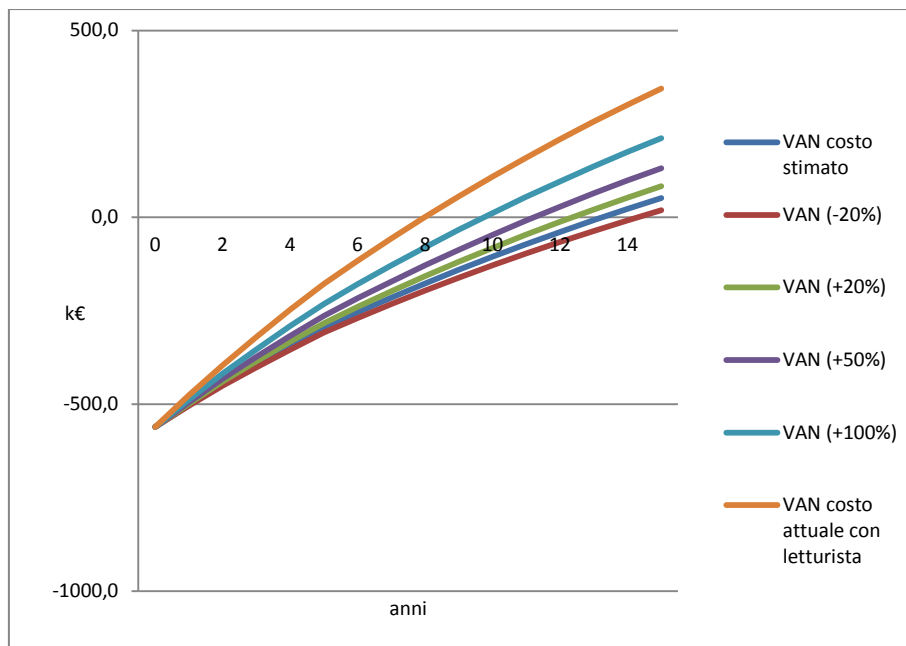
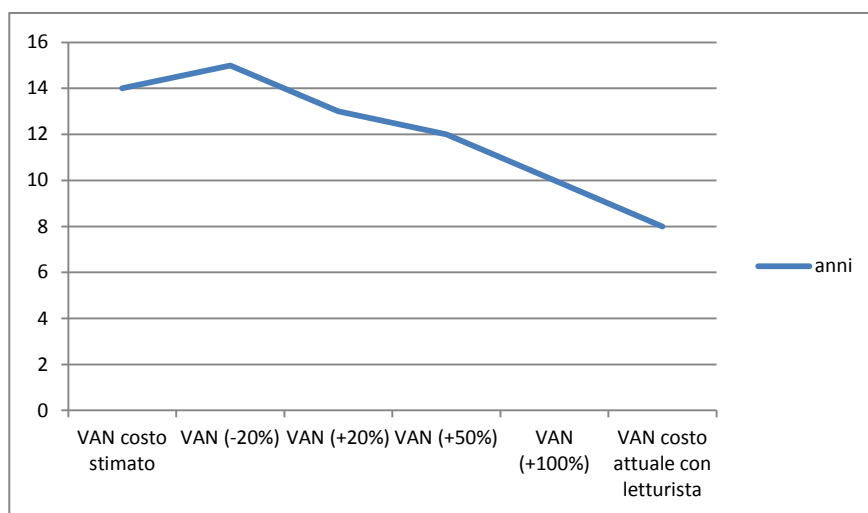


Grafico 8: Andamento del periodo di ritorno dell'investimento nei casi analizzati - Scenario 1



Chiaramente, all'aumentare del costo risparmiato per telelettura diminuisce il periodo di ritorno dell'investimento.

8.2. Scenario 2

Le ipotesi alla base dell'analisi dell'investimento sono le medesime dello scenario 1. Si sono modificati solo i parametri ritenuti incerti, ovvero il costo della telelettura e il numero di gestori che operano nel distretto. Si è ipotizzato che all'interno del distretto operino diversi gestori, uno per ciascun servizio erogato. I servizi di cui effettuare la telelettura sono:

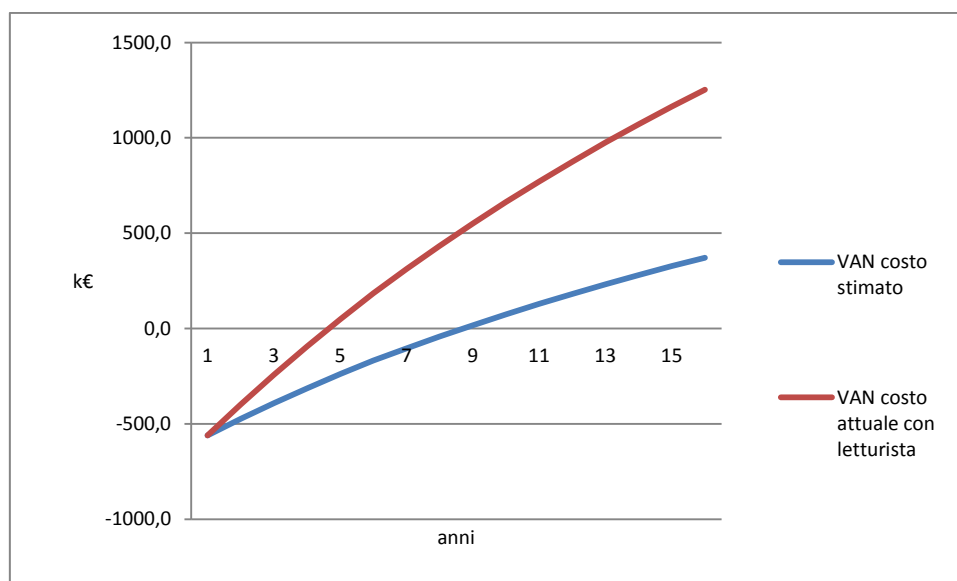
- acqua;
- caldo/freddo;
- gas.

Nell'analisi dell'investimento, il costo va considerato per ciascuna telelettura e tali costi variano tra il valore stimato dalle associazioni di categoria e il costo attuale con letturista.

Tabella 24: Scenario 2 - Risparmio per tre telelettura

Scenario 2	€/telelettura	€/anno
Costo stimato associazioni di categoria	3,6	43200
Costo attuale con letturista	10,2	122400

Grafico 9: Andamento del VAN - Scenario 2



Il periodo di ritorno dell'investimento si è notevolmente ridotto, infatti nel primo caso è di 8 anni e nel secondo di 4 anni.

9. ESTERNALITÀ

“L’esternalità è un costo o un beneficio che non viene incluso nel prezzo di mercato di una merce perché non è incluso nel prezzo di offerta o in quello di domanda. Un’esternalità viene prodotta quando l’attività economica di uno o più soggetti economici produce un impatto positivo o negativo sulla funzione di benessere di un altro soggetto o gruppo di soggetti e quando il primo non viene adeguatamente compensato (o non risarcisce adeguatamente) dal secondo per questo impatto. Un’esternalità è un tipo di fallimento del mercato che genera inefficienza” (Pearce e Turner, 1989). [18]

In generale, le esternalità misurano gli impatti (positivi o negativi) che il servizio elettrico produce al di fuori del rapporto commerciale tra impresa elettrica e utenti e riguardano la società nel suo complesso. [19]

Quindi, i costi esterni delle fonti energetiche esprimono i danni provocati alla collettività ma non riconosciuti come tali e non risarciti mediante una valutazione monetaria di mercato. Tali danni sono connessi tra l’altro alla salute della collettività e all’ambiente circostante.

Nel modello di pubblica illuminazione del Power Park San Paolo è stato effettuato uno studio costi-benefici includendo i costi esterni legati al risparmio di energia elettrica derivante dalla configurazione adottata, quindi le esternalità positive di energia non consumata. Tale analisi, considerando le esternalità, si può definire un *Societal Test* [19] e tiene conto esplicitamente dei benefici di cui gode (o dei costi che subisce) la Società, intesa come attore al di sopra degli interessi specifici dell’utente e dell’impresa elettrica. Quindi in questa analisi, vengono esclusi tutti i flussi monetari legati ad esempio a maggiori o minori oneri della bolletta, qualunque incentivo erogato dall’impresa elettrica all’utente, oneri di partecipazione da parte dell’utente verso l’impresa elettrica, ed eventuali benefici fiscali. Esso infatti include componenti di costi e benefici, comprendenti anche le esternalità legate ad impatto sulla Società.

È stato assunto un costo esterno pari a 0,05 €/kWh⁵ [20]. I parametri assunti sono i medesimi dell’analisi dell’investimento descritta in precedenza, con la differenza che non si sono considerati i Titoli di Efficienza Energetica.

Quindi, i dati assunti sono:

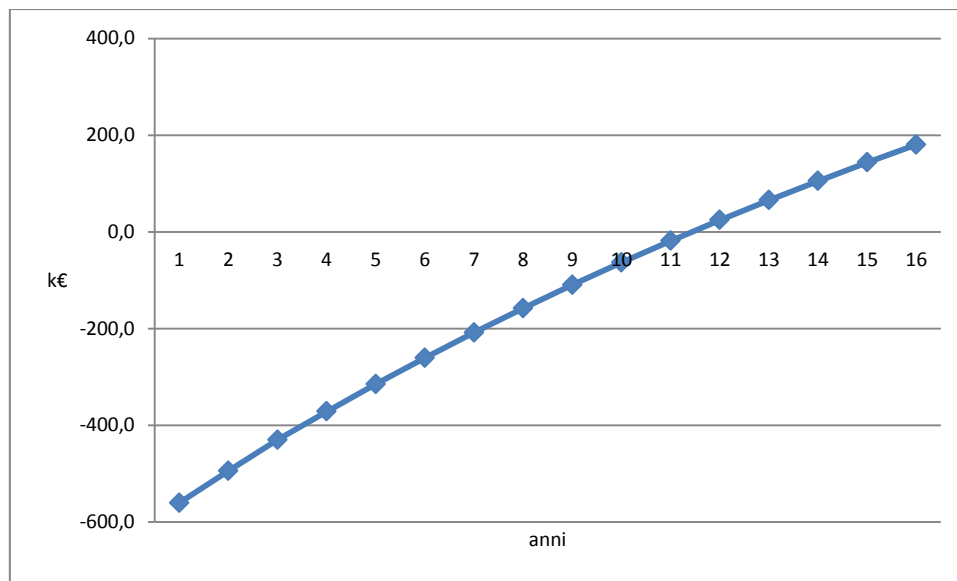
Tabella 25: Dati assunti analisi con le esternalità

Costo esterno [€/kWh]	0,05
Energia risparmiata [kWh/anno]	281.100
Esternalità [€/anno]	14.055

L’investimento considerando le esternalità positive generate dal risparmio energetico ottenuto, rientra in 11 anni con un VAN di fine periodo pari a 180.360 €.

⁵ “EN35 External costs of electricity production”, European Environment Agency

Grafico 10: Andamento del VAN nell’investimento considerando le esternalità



In questo caso oltre ad avere dei benefici in termini prettamente economici, legati ai migliori risultati dell’analisi dell’investimento rispetto al caso senza esternalità, si contemplano i benefici che a livello sociale ed ambientale comporta il risparmio energetico.

CONCLUSIONI

Il quartiere San Paolo di Bari rappresenta un'ampia zona periferica del territorio comunale che si estende su di una superficie di circa 20 km quadrati. Esso è caratterizzato da una forte presenza di edilizia popolare che ha reso il quartiere una delle zone più popolate della città. A dispetto dell'alto numero di residenti (circa 36000 abitanti), l'incremento demografico non è stato seguito da una crescita dei servizi locali, siano essi pubblici o privati. Soltanto negli anni recenti si sono insediati nel quartiere una serie di zone destinate ai servizi per i cittadini. La recente urbanizzazione del quartiere, tutt'ora in divenire, ha fatto sì che gli impianti di illuminazione pubblica si sviluppassero diversamente dal centro cittadino già urbanizzato e risultano di fatto realizzati con tecnologie moderne. Lo studio di fattibilità, pertanto, ha un carattere conservativo poiché si confronta con una realtà che già tiene conto di tecnologie di telecontrollo e utilizzo di lampade ad alta efficienza.

L'impianto di pubblica illuminazione del quartiere San Paolo è costituito da 34 quadri elettrici alimentati in bassa tensione, e da una potenza installata complessiva di circa 490 kW. In riferimento all'anno 2010, il consumo totale di energia elettrica dovuta agli impianti di pubblica illuminazione del San Paolo è pari a quasi 2 GWh, assorbiti quasi esclusivamente nella fascia oraria notturna F3, mentre solo il 6,27% dell'energia ricade in F2 e lo 0,43% in F1.

Le linee di alimentazione si sviluppano su di una lunghezza complessiva di circa 48 km e servono la totalità delle zone abitate o attraversate dalle principali arterie viabili. La maggior parte delle lampade presenti (l'84% circa del numero totale di lampade e l'85,5% della totale potenza installata) sono del tipo al sodio ad alta pressione, mentre la percentuale rimanente è costituita quasi esclusivamente (circa l'11%) da lampade ai vapori di mercurio.

È stato ipotizzato un sistema in grado di rendere “smart” l'impianto di pubblica illuminazione preesistente. Il sistema proposto è in grado di esplicare diverse funzioni relative alla fornitura di diversi servizi, ovvero:

- Monitoraggio e trasmissione a distanza dei consumi di acqua, frigoriferi, calorie e gas delle utenze situate nelle zone servite dal sistema di pubblica illuminazione;
- Rilievo e monitoraggio del traffico stradale e modulazione del flusso luminoso dei punti luce rispetto alla densità di traffico attuale e/o prevista;
- Controllo automatico dell'intensità luminosa dei punti luce al fine di ottenere il rispetto delle normative vigenti con il minimo dispendio di energia.

L'infrastruttura di rete ipotizzata è del tutto aperta, non prevede l'uso di protocolli proprietari, e quindi permette l'integrazione di futuri servizi in maniera semplice e agevole. Il sistema proposto è basato su un'architettura multilivello strettamente gerarchica in cui i componenti di ciascun livello possono comunicare solo con componenti di livello adiacenti. La piattaforma pensata è completamente invisibile all'utente, questi avrà l'impressione di avere un sistema esclusivamente dedicato solo alla sua funzione principale, ovvero “illuminare”. Il pregio di tale piattaforma è che ha una copertura uniforme sui territori urbani, permettendo la comunicazione tra qualsiasi dispositivo posto sul territorio con un centro di controllo.

Oltre alla progettazione dell'architettura di rete proposta, è stata fatta un'analisi costi-benefici rispetto alla situazione preesistente. In primo luogo, è stato ipotizzato di munire di controllore di potenza i 13 quadri sprovvisti ed è stato analizzato l'investimento ipotizzando due scenari:

- Scenario 1: Unico gestore che effettua la telelettura solo dei consumi del gas oppure un'unica lettura per i tre servizi gestiti (gas, caldo/freddo, acqua);
- Scenario 2: diversi gestori che effettuano la telelettura di caldo/freddo, gas e acqua.

Chiaramente, la seconda soluzione porta maggiori benefici economici dovuti al moltiplicarsi dei gestori e quindi del numero di teleletture da effettuare. È stata condotta un'analisi di sensitività basata sul costo della singola telelettura. Nei due scenari il periodo di ritorno dell'investimento varia dai quattro ai quindici anni.

È stato effettuato anche uno studio sulle esternalità derivanti dall'energia risparmiata per la configurazione ipotizzata ed è stato calcolato un costo esterno di circa 14 k€/anno. In questo caso, il periodo di ritorno dell'investimento è pari ad 11 anni.

In definitiva, il modello di pubblica illuminazione del Power Park San Paolo si concentra esclusivamente sugli interventi di più immediata attuazione, sia dal punto di vista dei vantaggi economici per l'ente gestore, sia come tipologia dell'investimento. Le ipotesi alla base dello studio nascono dalla consapevolezza che si sta assistendo ad un cambiamento radicale dell'ambiente urbano. Tutti i servizi sono resi dinamici e in grado di interagire e rispondere alle esigenze dell'uomo. La tecnologia è messa al servizio del cittadino ma è integrata anche con i componenti a corredo della città, concepiti con differenti funzioni. Tale evoluzione delle infrastrutture può portare ad una auspicata nuova realtà urbana, la *Smart City*. Quindi, sin da oggi si devono introdurre tali infrastrutture a partire dai servizi e dai modelli di business immediatamente realizzabili. Questo per conciliare esigenze di carattere prettamente economico, dovute agli investimenti di cui necessitano tali interventi, senza tralasciare la ricettività degli operatori e della pubblica amministrazione che operano in ambito urbano.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1]. Regolamento Regionale 22 agosto 2006, n. 13, “Misure urgenti per il contenimento dell’inquinamento luminoso e per il risparmio energetico”, Bollettino Ufficiale della Regione Puglia - n. 109 del 28-8-2006;
- [2]. Comune di Bari, “Piano d’Azione Energia Sostenibile”, in discussione, 2011;
- [3]. “Piano Energetico Ambientale Regionale”, D.G.R. n. 827 del 08/06/2007;
- [4]. Piano Strategico Metropoli Terra di Bari, Programma 8 – Energia, “ Piano Energetico Ambientale Comunale (PEAC)”, 2005; Progetto pilota per la realizzazione di un distretto energetico per la produzione di servizi energetici e ambientali;
- [5]. S. Bruno, S. Lamonaca, M. La Scala, G. Rotondo, U. Stecchi, “Improving Energy Efficiency in a Power Park by the Integration of a Hydrogen Steam Reformer”, Power and Energy Engineering Conference, APPEEC 2009 - Asia-Pacific, 27/31 March 2009, Wuhan;
- [6]. S. Bruno, S. Lamonaca, M. La Scala and U. Stecchi, “Optimal Design of Trigeneration and District Energy in the Presence of Energy Storage”, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’10), Granada (Spain), 23th to 25th March, 2010;
- [7]. Norma UNI 11248, “Illuminazione stradale, selezione delle categorie elettrotecniche” 2007;
- [8]. Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 (S.O. n.5 alla G.U. n.3. del 4.1.02) “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- [9]. <http://www.smart-future.net/1.html>
- [10]. “Accessibilità, flessibilità e finanza per un vero mercato del gas”, Energia24 – Il Sole 24 Ore, n°16 - settembre 2009
- [11]. IEEE 802.15™: WIRELESS PERSONAL AREA NETWORKS (PANs)
<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.15.html>
- [12]. CEI UNI EN 13757-4: Sistemi di comunicazione per contatori e di lettura a distanza dei contatori
- [13]. DIN EN 300220-1: Electromagnetic Compatibility And Radio Spectrum Matters (erm) - Short Range Devices (srd) - Radio Equipment To Be Used In The 25 Mhz To 1000 Mhz Frequency Range With Power Levels Ranging Up To 500 Mw
- [14]. DCO 40/11 “Possibile revisione degli obblighi di messa in servizio dei gruppi di misura previsti dall’allegato A alla deliberazione dell’Autorità ARG/GAS 155/08”, Documento per la consultazione nell’ambito del procedimento avviato con la deliberazione 29 marzo 2011, ARG/gas 36/11, 3 Novembre 2011, <http://www.autorita.energia.it/allegati/docs/dc/11/040-11dco.pdf>
- [15]. DLMS User Association. The DLMS/COSEM Specification.
<http://www.dlms.com/documentation/dlmscosem specification/index.html>
- [16]. IEC 62056-21 ed1.0. Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 21: Direct local data exchange
- [17]. M. Annunziato, F. Bucci, C. Meloni, F. Moretti, S. Pizzuti “Sviluppo sistemi intelligenti per la gestione della Smart Street”, RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO - Report RdS/2011/198, Settembre 2011
- [18]. “Elettricità da rinnovabili in Italia: le indicazioni del Rapporto ENEA” Carlo Manna, ENEA, Agenzia per lo sviluppo sostenibile; Seminario CESI, 3 Marzo 2004, Milano

- [19]. Disamina delle metodologie per le valutazioni tecnico-economiche di Gestione della Domanda (Demand-Side Management) nell'industria elettrica, Rapporto SFR-A0/021337 Ricerca di Sistema, 16/12/04
- [20]. “EN35 External costs of electricity production”, European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/en35-external-costs-of-electricity-production-1/en35>