

Studio di Ingegneria

Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli,19 86039 Termoli (CB)
Tel. 3333788752 email ing.nicolaroselli@gmail.com

REGIONE PUGLIA
Comune di Apricena
Provincia di Foggia

PROGETTO DEFINITIVO

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA AD INSEGUIMENTO SOLARE MONO - ASSIALE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI APRICENA (FG), IN C/DA "POZZILLI" DI POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 18,513 MWp E POTENZA NOMINALE IN A.C. DI 16,80 MWp

TITOLO TAVOLA
RELAZIONE SULL'INQUINAMENTO LUMINOSO

| PROGETTAZIONE | PROPONENTE | SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI |
|---|---|----------------------------|
| <p>PROGETTISTI/ ORDINE DEGLI INGEGNERI DI CAMPANIA N. 713</p> <p>Ing. Nicola Roselli Termoli</p> <p>PROGETTISTI/PARTI ELETTRICHE Ing. Alessandro Corti</p> <p>COLLEGGIO PERITI/CONSULENZE E COLLABORAZIONI N. 108 ELETOTECNICO LECCO</p> <p>Arch Gianluca DI DONATO Archeol. Gerardo FRATIANNI Dott. Massimo MACCHIAROLA Ing Elvio MURETTA Geol. Vito PLESCIA</p> | <p>LIMES 25 S.R.L. SEDE LEGALE Milano, cap 20121 via Manzoni n° 41 P.IVA 10537760968</p> | |

4.2.6_11

FILE
B4HXL97_4.2.6_11_RelazioneInquinamentoLuminoso

CODICE PROGETTO
B4HXL97

SCALA
-

| REVISIONE | DATA | DESCRIZIONE REVISIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----------|------------|-----------------------|---------|------------|-----------|
| A | 06/04/2020 | EMISSIONE | ROSELLI | LIMES25 | LIMES25 |
| B | DATA | | | | |
| C | DATA | | | | |
| D | DATA | | | | |
| E | DATA | | | | |
| F | DATA | | | | |

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, senza previa autorizzazione

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

| | |
|--|----------|
| A.01.A PREMESSA..... | 2 |
| A.01.B TERMINI E DEFINIZIONI..... | 4 |
| A.01.C SOLUZIONE PROGETTUALE ILLUMINOTECNICA..... | 5 |
| A.01.D CONCLUSIONI..... | 8 |

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--------------------------------------|-------------------|----------|----------|
| | 0 | RELAZIONE SULL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 1 | 8 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

A.01.A PREMESSA

L'Area oggetto dell'intervento è ubicata geograficamente a Ovest del centro abitato del Comune di Apricena e a nord-est del centro abitato di San Paolo di Civitate (FG).

L'estensione complessiva sarà pari a circa 43 ha di cui circa 33 ha in cui insiste il campo fotovoltaico, e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 18,513 MWp con potenza nominale in A.C. di 16,80 MWp.

L'Area d'intervento (campo fotovoltaico, linea elettrica di connessione MT alla RTN e ubicazione stazione d'utenza) riguarderà i seguenti comuni:

- Comune di Apricena (FG) – campo fotovoltaico – estensione complessiva dell'area mq 428.331,00 – estensione complessiva dell'intervento mq 329.000,00;
- Comuni di Apricena (FG) e San Paolo di Civitate (FG) – Linea elettrica interrata di connessione in MT, della lunghezza complessiva di circa 6,0 km;
- Comune di San Paolo di Civitate (FG) – ubicazione stazione d'utenza.

Il progetto tiene in considerazione le problematiche inerenti al risparmio energetico ed all'inquinamento luminoso, come previsto dalla Legge Regione Puglia del 23 novembre 2005 n. 15 in tema di "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso".

La diffusione dell'illuminazione pubblica ha aumentato notevolmente la quantità di luce che si propaga verso l'alto e di conseguenza sono aumentate in proporzione anche le problematiche relative all'inquinamento luminoso.

A quest'ultimo, con la crisi energetica si è associato il problema del risparmio energetico.

L'intero progetto pone attenzione alla riduzione delle emissioni inquinanti, cimentandosi in questa materia che, tuttavia si presenta complessa poiché agli aspetti normativi della Legge predetta, si accompagnano problemi di carattere tecnico, progettuale, di realizzazione e manutenzione degli impianti di illuminazione esterna ritenuti i maggiori responsabili dell'inquinamento luminoso.

È proprio sulla progettazione di questi impianti che ci si è concentrati al fine di affrontare e cercar di ridurre il problema dell'inquinamento luminoso.

Da un punto di vista normativo, ci si riferisce alla normativa specifica emanata dalla Regione Puglia.

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|------------|------|------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 2 | 8 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

- Legge Regionale 23 novembre 2005, n.15: Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico
- Regolamento Regionale 22 agosto 2006, n. 13: Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico.

In generale, le principali finalità delle normative vigenti contro la dispersione di luce artificiale verso l'alto sono le seguenti:

- 1) riduzione dell'inquinamento luminoso e dei consumi;
- 2) riduzione dei fenomeni d'abbagliamento;
- 3) tutela dall'inquinamento luminoso dei siti degli osservatori astronomici professionali e non professionali di rilevanza regionale o provinciale, nonché delle zone circostanti.
- 4) miglioramento della qualità della vita e delle condizioni di fruizione dei centri urbani e dei beni ambientali.

Per completezza, si riportano sinteticamente i passi tratti dagli articoli 4 e 5 del Regolamento Regionale n.13 del 22/08/2006.

“art. 4. Disposizioni generali - Dalla data di entrata in vigore della l.r. 15/05, tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna, pubblici e privati, che interessano l'intero territorio regionale, devono essere realizzati in conformità ai presenti criteri antinquinamento luminoso ed a ridotto consumo energetico. ...” ... Per gli impianti di illuminazione esistenti, quanto strutturalmente possibile e fatte salve le prestazioni di sicurezza richieste dalle vigenti norme, è richiesta entro 2 anni dall'entrata in vigore di tale regolamento la modifica dell'inclinazione degli apparecchi secondo angoli, più prossimi all'orizzontale oppure inserendo schermi paraluca atti a limitare l'emissione luminosa oltre i 90° , se questi sono compatibili con i requisiti di sicurezza elettrica degli stessi.

“art. 5. Il progetto - I materiali - Gli impianti ... In conformità a quanto specificato all'Art. 5 della L.R. 15/05, i progetti, i materiali e gli impianti per l'illuminazione pubblica e privata a più basso impatto ambientale, per il risparmio energetico e per prevenire l'inquinamento luminoso devono prevedere:

a) Apparecchi che, nella loro posizione di installazione, devono avere una distribuzione dell'intensità luminosa massima per $g \geq 90^\circ$, compresa tra 0,00 e 0,49 candele per 1000 lumen di flusso luminoso

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|------------|------|------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 3 | 8 |

| | | |
|---|--|--|
| Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB) | Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia) Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l. |  Studio di Ingegneria |
|---|--|--|

totale emesso; a tale fine, in genere, le lampade devono essere recessive nel vano ottico superiore dell'apparecchio stesso;

b) Lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, quali al sodio ad alta o bassa pressione, in luogo di quelle con efficienza luminosa inferiore. È consentito l'impiego di lampade con indice resa cromatica superiore a Ra=65 ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w, esclusivamente nell'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e centri storici in zone di comprovato valore culturale e/o sociale ad uso pedonale.

A.01.B TERMINI E DEFINIZIONI.

Flusso Luminoso: È la quantità di energia luminosa emessa nello spazio da una sorgente per unità di tempo; il flusso è identificato dal simbolo F e la sua unità di misura è il lumen (lm).

Intensità luminosa: È la quantità di luce (I) emessa da una sorgente puntiforme che si propaga in una determinata direzione. Tale intensità viene definita come il quoziente del flusso F emesso in una certa direzione in un cono di angolo solido unitario w da cui $I = dF / dw$, e la sua unità di misura è la candela (cd).

Temperatura di colore: E' la mescolanza in giusta misura di diversi colori, viene misurata in gradi Kelvin ed è fondamentale per la scelta e l'installazione degli apparecchi illuminanti.

Illuminamento: E' il numero con cui si procede con la progettazione illuminotecnica; con questo numero è possibile valutare la quantità di luce che emessa da una sorgente è presente su una superficie, in pratica è quello che ci permette di vedere più o meno bene in ambiente notturno, ed è pari al rapporto tra il flusso luminoso incidente ortogonalmente su una superficie e l'area della superficie che riceve il flusso; l'unità di misura è il lux (lx) in pratica lumen su metro quadro.

Luminanza: Quando la sorgente luminosa non è puntiforme bisogna introdurre il concetto che valuti la quantità di energia luminosa emessa da una superficie che emetta luce propria o che la rifletta. La grandezza fotometrica così introdotta è la Luminanza (L) e la sua unità di misura è la candela su metro quadro (cd/mq), la relazione fondamentale è data da

$$L = dI/dA \times \cos\varphi$$

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|------------|------|------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 4 | 8 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

dove A è l'area della sorgente diretta/indiretta e $\cos\varphi$ è il coseno dell'angolo compreso tra l'occhio dell'osservatore e la retta perpendicolare alla superficie della sorgente.

Resa cromatica: La resa dei colori o resa cromatica è una valutazione qualitativa sull'aspetto cromatico degli oggetti illuminati dalle nostre sorgenti: l'indice Ra che si trova nei cataloghi delle lampade più è elevato e più la resa cromatica è elevata.

A.01.C SOLUZIONE PROGETTUALE ILLUMINOTECNICA.

Alla luce di quanto detto in premessa e di quanto previsto dalle leggi e norme in materia di illuminazione e riduzione dell'inquinamento luminoso, il progetto si prefigge di perseguire le seguenti finalità:

- ridurre l'inquinamento luminoso ed i consumi energetici da esso derivanti;
- aumentare la sicurezza;
- evitare abbagliamenti;
- realizzare impianti ad alta efficienza favorendo il risparmio energetico;
- ottimizzare gli oneri di gestione e quelli di manutenzione;
- uniformare le tipologie d'installazione.

Qualsiasi intervento relativo agli impianti esterni di illuminazione è imposto dalle prescrizioni di cui alla L.R. 15/2005, per l'ottenimento dei seguenti risultati:

- Corpi illuminanti in grado di non avere emissioni del flusso luminoso verso l'alto;
- Lampade in grado di fornire una elevata efficienza luminosa ed una emissione che non disturba gli osservatori astronomici.
- Quadri elettrici per la parzializzazione del flusso luminoso, con riduzione almeno del 30% dei livelli di illuminazione entro le ore 24.

Le sorgenti luminose devono avere caratteristiche tali da ridurre sia l'inquinamento luminoso che il consumo energetico, sempre nel rispetto dei requisiti illuminotecnici. La tipologia indicata dalla Legge Regionale n.15/05 risulta essere quella di corpi illuminanti con lampade con efficienza luminosa non inferiore ai 90 lm/w.

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|------------|------|------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 5 | 8 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

Nel progetto in oggetto si è scelto di utilizzare corpi illuminanti con tecnologia a LED montati su pali in acciaio dell'altezza, fuori terra, di ml 6,30. Tali corpi illuminanti sono alimentati da altrettanti pannelli fotovoltaici con circuito dotato di batterie di accumulo. Si è scelto di adottare lampade con intensità luminosa bassa per ridurre gli effetti luminosi nell'ambiente circostante; inoltre l'autoalimentazione elettrica con tecnologia fotovoltaica permetterà di ridurre gli impatti nell'ambiente nella fase realizzativa e, successivamente, di dismissione in quanto sono assenti i cavi elettrici interrati per l'alimentazione degli stessi.

In fase progettuale si è stabilito, inoltre, che l'impianto in oggetto rimane completamente spento durante tutte le ore della giornata ed entrerà in funzione solo in occasione delle opere di manutenzione oppure nel caso di fenomeni d'intrusione dall'esterno da parte di soggetti non autorizzati, il tutto connesso con l'impianto d'antintrusione.

La tecnologia a LED prevede una struttura semplice e robusta composta da piccoli microchip che si inseriscono facilmente in un circuito elettrico. Al contrario delle normali lampade incandescenti, non hanno un filamento che si illumina e quindi producono pochissimo calore. Sono illuminati esclusivamente dal movimento di elettroni in un materiale semiconduttore.

I principali componenti sono:

- chip montato su un supporto riflettore
- un catodo (-) ed un anodo (+)
- un cavo di connessione fra l'anodo ed il catodo
- una lente epossidica per proteggere il diodo e indirizzare il raggio di luce

Le lampade a LED illuminano grazie a diodi ad emissione di luce, da sempre vengono utilizzati come luci spia. I LED sono un particolare tipo di diodi a giunzione p-n, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore drogato. Gli elettroni e le lacune vengono iniettati in una zona di ricombinazione attraverso due regioni del diodo drogate con impurità di tipo diverso, e cioè di tipo n per gli elettroni e p per le lacune. Quando sono sottoposti ad una tensione diretta per ridurre la barriera di potenziale della giunzione, gli elettroni della banda di conduzione del semiconduttore si ricombinano con le lacune della banda di valenza rilasciando energia sufficiente sotto forma di fotoni. A causa dello spessore ridotto del chip un ragionevole numero di questi fotoni può abbandonarlo ed essere emesso come luce

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|------------|------|------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 6 | 8 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

ovvero fotoni ottici. Può essere visto quindi anche come un trasduttore elettro-ottico. Il colore o frequenza della radiazione emessa è definito dalla distanza in energia tra i livelli energetici di elettroni e lacune e corrisponde tipicamente al valore della banda proibita del semiconduttore in questione.

L'esatta scelta dei semiconduttori determina dunque la lunghezza d'onda dell'emissione di picco dei fotoni, l'efficienza nella conversione elettro-ottica e quindi l'intensità luminosa in uscita. I LED possono essere formati da GaAs (arseniuro di gallio), GaP (fosforo di gallio), GaAsP (fosforo arseniuro di gallio), SiC (carburo di silicio) e GaInN (nitruro di gallio e indio). Grazie alla loro natura fondamentale diversa dalle lampadine tradizionali, esse possono essere realizzate in maniera sicura ed efficiente, tanto da poterle eventualmente lasciare accese tutta la notte.

La ricerca tecnologica ha permesso il raggiungimento di 161 lm / W per LED ad alta potenza. La durata di un LED è fortemente influenzata dalla temperatura interna dell'apparecchio di illuminazione.

Affermazioni sulla durata sono particolarmente attendibili dopo aver determinato l'influenza termica.

LED sovraccaricati termicamente hanno maggiore probabilità di malfunzionamento e minore durata pertanto, poiché si tratta dell'illuminazione di un impianto privato che non necessita di illuminazione continua come la viabilità pubblica, si prevede un sistema dotato di sensori di presenza.

L'utilizzo di nuovi corpi illuminanti con tecnologia LED genera, come diretta conseguenza positiva, un risparmio dell'energia utilizzata a fini di illuminare l'ambiente servito (riduzione dei consumi pari a circa il 60% rispetto alla tecnologia tradizionale come lampade di tipo alogene).

La realizzazione di un impianto di illuminazione con tecnologia LED comporterà un sensibile risparmio dei vettori energetici dovuti ai ridotti consumi. Infatti a parità di ore di funzionamento e di livello di illuminamento la quota energetica assorbita risulta pressoché dimezzata.

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|------------|------|------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 7 | 8 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Ing. Nicola Roselli Via Dei Meli, 19 86039 Termoli (CB)</p> | <p>Impianto fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Apricena (Provincia di Foggia)</p> <p>Ditta Proponente: LIMES 25 s.r.l.</p> |  <p>Studio di Ingegneria</p> |
|--|--|--|

A.01.D CONCLUSIONI.

Nel rispetto del regolamento di attuazione della legge Regionale si prevede di installare lungo il perimetro del parco fotovoltaico, per questioni di sicurezza e protezione, un impianto di illuminazione perimetrale full cut-off certificato realizzato con palo conico in acciaio h.6,30 m e n. 1 lampade a basso consumo led (resa cromatica Ra < 65 e efficienza > ai 90 lm/w - 4500K) con rilevatore di presenza.

Il sistema sarà normalmente spento e si accenderà solo in caso di intrusione o di manutenzione notturna, verrà così ridotto al minimo l'inquinamento luminoso prodotto dall'impianto.

Per approfondimenti sulle caratteristiche tecniche e sull'ubicazione dei corpi illuminanti si rimanda alle tavole progettuali allegate (caratteristiche tecniche descritte puntualmente nella voce di elenco prezzi e tratta dal prezzario Ufficiale della Regione Puglia – anno 2019).

| SIGLA | REV | DESCRIZIONE | Data | Pag. | TOT. |
|-------|-----|--|-------------------|----------|----------|
| | 01 | VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 06/04/2020 | 8 | 8 |