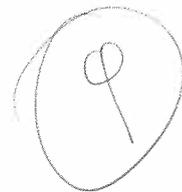


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**



**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER**  
**L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**DIPARTIMENTO DI ENERGETICA, TERMOFLUIDODINAMICA**  
**APPLICATA E CONDIZIONAMENTI AMBIENTALI**

**ABSTRACT**

**“Studio di impianti di illuminazione stradale con alimentazione fotovoltaica per  
apparecchi a led”**

**RELATORE**

*Prof. Francesco Reale*

**TUTOR AZIENDALE**

*Dott. Gennaro Simione*

**CANDIDATO**

*Silvia Imperato*

Matr.324/112

ANNO ACCADEMICO 2008/2009

Il mio elaborato di tesi è stato svolto a seguito di un tirocinio extra moenia presso l'azienda Energy Easy, ed è rivolto allo studio di impianti di illuminazione stradale dotati di lampade a led ed alimentati da pannelli fotovoltaici.

Negli ultimi anni le problematiche associate all'approvvigionamento energetico hanno assunto una dimensione considerevole. Sono diverse e complesse le cause che rendono quello dell'energia uno dei temi più scottanti e delicati che il mondo si trova e si troverà a fronteggiare nei prossimi decenni: cause geopolitiche, ambientali ed ecologiche, diplomatiche e socio-economiche.

La tendenza che si sta affermando nei Paesi più industrializzati consiste nel promuovere la diffusione di fonti energetiche alternative e rinnovabili, al fine di limitare, per quanto possibile, la dipendenza esclusiva dalle fonti energetiche tradizionali. Il concetto di risparmio energetico, inteso come l'insieme delle diverse tecniche adatte a ridurre i consumi d'energia necessaria allo svolgimento delle varie attività umane, diventa preponderante nelle problematiche della collettività.

In questo studio si è analizzata la possibilità di combinare una fonte di energia rinnovabile, ed in particolare quella derivante da impianti fotovoltaici, con un tipo di illuminazione a led, che oltre ad essere a basso consumo è caratterizzato anche da caratteristiche di eco sostenibilità; si è quindi considerato un lampione per illuminazione stradale dotato di lampade a led ed alimentato con energia fotovoltaica: l'utilizzo dell'impianto fotovoltaico abatterà le emissioni dovute all'alimentazione del lampione, mentre la tecnologia al led consentirà di avere un notevole risparmio energetico, con gli ovvi vantaggi sulle dimensioni dei pannelli e delle batterie, nonché un minor inquinamento luminoso.

La tecnologia fotovoltaica consente di trasformare direttamente l'energia proveniente dalla radiazione solare in energia elettrica: una radiazione elettromagnetica colpisce un certo tipo di materiale (i materiali più indicati per tale scopo sono i semiconduttori), i fotoni da esso assorbito forniscono energia agli elettroni più esterni degli atomi del materiale stesso, facendoli passare dalla banda di valenza alla banda di conduzione. Tali elettroni possono quindi essere sfruttati per generare una corrente elettrica. Perché ciò sia possibile occorre però che tali elettroni si trovino ad essere sottoposti ad un campo elettrico. I materiali semiconduttori vengono opportunamente drogati in modo tale che l'uno tenda ad attirare elettroni e che l'altro tenda invece a perderli. Irraggiando tale sistema (cella fotovoltaica) con una radiazione elettromagnetica, e chiudendo il circuito su di un carico, si avrà un continuo passaggio di corrente elettrica nel circuito, fintanto che la cella riceverà radiazione. Il materiale semiconduttore più frequentemente usato per la realizzazione dei dispositivi è il silicio monocristallino, policristallino ed amorfo e per essere drogato si inseriscono nella struttura cristallina delle impurità. Degli atomi di silicio vengono sostituiti con atomi del V gruppo

della tavola degli elementi (in genere Fosforo) detti donatori o con degli atomi del III gruppo (in genere Boro) detti accettori.

Gli impianti fotovoltaici si suddividono in impianti ad isola e impianti connessi alla rete: gli impianti fotovoltaici ad isola funzionano, indipendentemente dalla rete elettrica pubblica. Questo tipo di impianto viene dunque impiegato principalmente per l'alimentazione di apparecchi in zone isolate, o nel caso sia richiesta grande mobilità. Per poter disporre di energia elettrica anche durante le ore notturne l'energia fornita durante il giorno dai moduli FV viene immagazzinata da accumulatori; Negli impianti per immissione in rete l'energia viene convertita direttamente in corrente elettrica alternata che può alimentare le normali utenze oppure essere immessa nella rete, con la quale lavora in regime di interscambio.

Nel nostro caso il lampione è stato ipotizzato sia di tipo stand alone, in modo da poter rispondere anche all'esigenze di illuminazione in zone non servite dalla rete elettrica e per eliminare i costi di cavi ed allacciamento, sia connesso alla rete.

Il LED è un dispositivo che sfrutta le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori per produrre fotoni a partire dalla ricombinazione di coppie elettrone-lacuna; si può dire quindi che i LED sono uno speciale tipo di diodi a giunzione p-n, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore drogato. Diversamente da quanto avviene nelle lampade ad incandescenza che irradiano uno spettro continuo, un LED emette luce praticamente monocromatica di un particolare colore. Il colore della luce dipende dal materiale utilizzato, come anche la tensione applicata alla giunzione del LED. In questi anni si sono diffusi in tutte le applicazioni in cui serve elevata affidabilità ed efficienza, un basso consumo ed una lunga durata.

L'illuminazione stradale è da considerarsi a tutti gli effetti illuminazione di sicurezza, sia per chi percorre la carreggiata con un veicolo, sia per chi ne fruisce per il passaggio a piedi. Gli studi confermano che la visione da "privilegiare" è senza dubbio quella scotopica e che dobbiamo privilegiare le sorgenti con emissione spettrale prevalente nella banda dei blu, come i LED, senza ricorrere a livelli di luminanza elevati. Un' illuminazione stradale con questo tipo di sorgente consentirebbe dunque di abbassare le luminanze e migliorare i tempi di reazione all'imprevisto, senza considerare gli altri innumerevoli vantaggi legati agli aspetti fisici del LED stesso.

Lo studio è stato quindi incentrato su un lampione per illuminazione stradale dotato di lampade a LED ad alimentato da pannello fotovoltaico.

Per prima cosa è stato scelto il corpo illuminante, assicurandosi, tramite calcolo illuminotecnico che garantisca i valori di luminanza ed uniformità al manto stradale indicati dalla norma UNI11248: si è

ipotizzata quindi un'armatura dotata di 30 lampade a LED, avente efficienza luminosa di 118 lm/W, ed assorbimento pari a 30 W.

Si sono poi ipotizzate tre scelte progettuali differenti:

- Pannello fotovoltaico di tipo stand alone non integrato all'armatura;
- Pannello fotovoltaico di tipo stand alone integrato all'armatura;
- Pannello fotovoltaico connesso alla rete elettrica.

Si è proceduto quindi al calcolo dell'irraggiamento su superficie inclinata; nel tentativo di massimizzarne il valore totale si è studiato un sistema ad inclinazione variabile: è stato suddiviso l'anno in tre periodi e si sono scelti tra valori di inclinazione del pannello. Si è quindi proceduto con il dimensionamento del pannello stesso.

Nel caso di pannello non integrato all'armatura questo sistema ha maggiorato l'irraggiamento totale annuo di circa il 4%, ma soprattutto ha incrementato il suo valore nei mesi invernali del 14%. Essendo il pannello isolato si è concluso che l'inclinazione ottimale risulta quella che ottimizza l'irraggiamento nei mesi invernali, che sono quelli a maggior rischio di scarica dell'accumulatore, dato che la sovrapproduzione dei mesi estivi andrebbe comunque persa.

Nel caso invece di pannello integrato all'armatura del lampione, il sistema ad inclinazione variabile non sarà possibile, in quanto creerebbe problemi alla direzione del fascio luminoso. Si è quindi proceduto al dimensionamento del pannello avente inclinazione ottimale, nei casi di orientamento Nord e Sud- Est (in questo caso infatti l'orientamento dipende dalla direzione della strada). Si è evidenziato come questa soluzione progettuale necessiti di pannelli di dimensioni maggiori, o in alternativa, di più accumulatori.

Infine si è studiato il caso di un lampione connesso alla rete elettrica: in questo caso il bilancio, tra energia prodotta (e quindi irraggiamento) e energia assorbita dalle lampade, va fatto sull'intero anno, ed è quindi preferibile adottare il sistema dell'inclinazione variabile. È stato evidenziato come, ove possibile, questa sia la scelta più vantaggiosa sia per quanto riguarda la sicurezza del funzionamento (non c'è rischio di scarica completa dell'accumulatore), sia per quanto riguarda il dimensionamento dell'impianto (non è necessario dimensionare nel caso di situazione più sfavorevole), sia per quanto riguarda il rientro economico, grazie alle tariffe incentivanti stabilite dal Nuovo Conto Energia.