



## Ricerca di Sistema elettrico

Attività sperimentale per sviluppo dei sistemi di illuminazione efficienti e studi relativi alla resa cromatica delle sorgenti luminose, eventi formativi, GIS per illuminazione pubblica

A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi, P.Pistochini,  
E.Rusconi, M.G.Villani, P.Zangheri

ATTIVITÀ SPERIMENTALE PER SVILUPPO DEI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE EFFICIENTI E STUDI RELATIVI ALLA  
RESA CROMATICA DELLE SORGENTI LUMINOSE, EVENTI FORMATIVI, GIS PER ILLUMINAZIONE PUBBLICA

A. Antonelli, L. Blaso, S. Fumagalli, G. Leonardi, O. Li Rosi, P. Pistochini, E. Rusconi, M.G.Villani,  
P. Zangheri (ENEA)

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA


Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi

Obiettivo: Sviluppo di prodotti efficienti per l'illuminazione

Responsabile del Progetto: Ilaria Bertini, ENEA



## Indice

SOMMARIO.....	4
INTRODUZIONE .....	5
1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	5
1.1 PROGETTAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI INSTALLAZIONI EFFICIENTI A LED .....	5
1.1.1 <i>L’illuminazione efficiente nell’industria e sperimentazione HumbleBee (A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi) .....</i>	5
1.1.2 <i>Misure di resa cromatica – test di percezione visiva (A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi) 14</i>	
1.1.3 <i>Attività normative e delegazione italiana per le Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica (A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi, P.Pistochini, E.Rusconi, P.Zangheri).....</i>	25
1.1.4 <i>Rappresentazione dei dati raccolti nel Progetto Lumière utilizzando sistemi informativi geografici (software GIS) (M.G.Villani) .....</i>	28
1.1.5 <i>La diffusione della cultura energetica presso l’ENEA di Ispra (P.Pistochini) .....</i>	29
2 CONCLUSIONI.....	39
3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	39

## Sommario

Nel presente report sono presentati i risultati di diverse linee di ricerca svoltesi nel periodo ottobre 2013 – settembre 2014.

Si parla di illuminazione efficiente per ambienti industriale e in particolare viene descritto lo sviluppo di una sperimentazione sul campo presso l'ENEA di Ispra, con un sistema di illuminazione innovativo a fosfori remoti e relativo sistema di controllo: l'anno è stato dedicato alla installazione del sistema, al commissioning, alla predisposizione di modifiche al sistema per garantirne affidabilità di funzionamento e integrazione con prodotti di ultimissima generazione.

In parallelo, sono stati effettuati test sulla resa cromatica di diverse tipologie di sorgenti luminose, con l'obiettivo di valutare in che misura i cambiamenti del contesto della scena possano alterare la stabilità della resa cromatica.

A livello normativo, in Italia e in Europa, si sono svolte numerose attività a cui ENEA ha partecipato: in particolare sono descritti i principali lavori in CEI, UNI, CIE Italia, Commissione Europea (per le Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica).

E' riportata una prima esperienza di rappresentazione di dati relativi all'illuminazione pubblica con sistemi informativi geografici, in particolar modo legata ai Comuni del progetto Lumière.

Infine sono descritte le principali azioni per la diffusione dei risultati della ricerca e in generale della "cultura energetica" svolte dall'ENEA di Ispra.

## Introduzione

Le attività descritte nel presente report sono state svolte nell' Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA, Piano Annuale di Realizzazione 2013 e si inquadra nell'obiettivo "Sviluppo di prodotti efficienti per l'illuminazione" del progetto "Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi".

L'obiettivo si è sviluppato lungo tre linee di ricerca parallele, legate allo sviluppo di strumenti e metodi che mirano al miglioramento di tecnologie ad alta efficienza energetica, allo scopo di stimolare nel mercato la circolazione di prodotti più performanti e più efficienti per l'illuminazione artificiale:

- ricerca sui dispositivi luminescenti con materiali organici (OLED) e in particolare su sintesi e sperimentazione di materiali innovativi, per ottenere migliori prestazioni ed efficienza.
- sviluppo e sperimentazione su sistemi di illuminazione per l'industria, per valutare l'impatto e possibili scenari applicativi delle nuove tecnologie; studi sugli effetti della luce sull'attenzione e sulla vigilanza nonché sul problema della resa dei colori legato alle nuove sorgenti; sperimentazione di sistemi di informazione geografica (GIS) per mappatura della pubblica illuminazione in Italia e infine la partecipazione a lavori normativi e l'attività a livello europeo sulle Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica.
- proseguimento, sperimentazione e nuovi sviluppi del progetto Lumière sull'illuminazione pubblica, con il supporto verso le amministrazioni all'uso degli "strumenti" Lumière nella realizzazione degli interventi riqualificativi e nell'ammodernamento Smart degli impianti. In parallelo sviluppo degli strumenti stessi, compresi tools informatici e azioni per il Mercato Elettronico della Pubblica Amministrazione, partecipazione al Patto dei Sindaci ed all'Osservatorio ANCI Smart City.

il presente rapporto è dedicato alla seconda linea di ricerca svolta, cioè gli studi sull'efficienza dell'illuminazione nell'industria, la sperimentazione legata all'essere umano in quanto fruitore dell'illuminazione, le attività normative a livello italiano ed europeo e la sperimentazione di GIS per la mappatura dell'illuminazione pubblica.

## 1 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 1.1 PROGETTAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI INSTALLAZIONI EFFICIENTI A LED

#### 1.1.1 L'illuminazione efficiente nell'industria e sperimentazione HumbleBee (A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi)

Lo scopo dell'illuminazione in ambienti industriali è quello di assicurare il soddisfacimento dei seguenti requisiti:

- La massima sicurezza, al fine di ridurre gli incidenti e la loro gravità.
- Garantire una buona visibilità del compito visivo, al fine di agevolare e semplificare l'attività lavorativa: questo aspetto è particolarmente importante nei casi in cui vi sia un impegno prolungato e che richiede elevata attenzione dell'utente.
- Un adeguato confort dell'ambiente lavorativo a cui anche l'illuminazione concorre a determinare.
- Risparmio energetico, sia dal punto di vista dei consumi, sia da quello del risparmio delle attività di manutenzione .

La ricerca sull'illuminazione industriale è piuttosto particolare e si sta sviluppando negli ultimi tempi, mentre cresce da una parte la conoscenza e la consapevolezza dei requisiti, dall'altra aumenta l'offerta tecnologica di validi prodotti innovativi.

Una grande difficoltà consiste nel generalizzare ogni conclusione: la natura delle attività svolte in un ufficio sono molto simili rispetto alla generalità degli ambienti industriali, dove i compiti visivi possono essere molto diversificati, e le conclusioni di studi condotti in un particolare contesto sono facilmente estendibili anche in altri.

E' stata svolta dal Politecnico di Milano Dipartimento di Design una approfondita ricerca con lo scopo di valutare l'impatto e possibili scenari applicativi delle nuove tecnologie LED nell'Illuminazione industriale [1]: in questo ambito di impiego, aspetti importanti investono la produttività dei lavoratori, il comfort visivo in termini di corretti livelli di illuminamento, contenimento dell'abbagliamento e dei segni di affaticamento dei lavoratori. Una migliore illuminazione può contribuire a ridurre il rischio di incidenti, migliorare l'efficienza dei controlli visivi sulle lavorazioni e aumentare l'efficienza di produzione<sup>1</sup>.

In questo contesto di applicazione specifico, la tecnologia LED presenta notevoli vantaggi rispetto alle sorgenti di tipo tradizionale: consente di ridurre gli interventi di manutenzione (che determinano interruzioni durante l'attività lavorativa), consente una maggiore flessibilità di utilizzo (dimming per la regolazione dei livelli di illuminamento, diversa temperatura di colore in funzione del compito visivo, accensione istantanea degli apparecchi, interfaccia con sensori di luminosità e di presenza) e offre nuove possibilità di controllo e gestione digitale molto sofisticate dell'impianto attraverso interfacce intuitive e di facile utilizzo.

Lo studio del Politecnico ha anche portato alla realizzazione di un prototipo di apparecchio per illuminazione localizzata in ambiente industriale, con alta affordance, con la possibilità di cambiare apertura e intensità del fascio luminoso.

ENEA ha svolto in parallelo ricerca sperimentale su un caso applicativo reale, il sistema di illuminazione innovativo – denominato HumbleBee - in un ambiente assimilabile a un interno industriale, costituito da una zona dell'edificio ENEA di Ispra.

### **Applicazione**

HumbleBee<sup>2</sup> è un sistema di illuminazione innovativo per interni, oggetto di test nella Hall tecnologica dell'ENEA di Ispra. Il locale comprende varie postazioni sperimentali per test legati all'efficienza energetica degli elettrodomestici<sup>3</sup> ed è un laboratorio di 18.00 x 9.40 metri, alto 7 metri, assimilabile ad un ambiente industriale. L'area di lavoro dei tecnici e dei ricercatori, che svolgono attività sperimentale, è focalizzata all'interno delle 3 camere climatiche e nelle due aree di lavoro (banchi da lavoro) utilizzate per la preparazione del materiale da testare (figura 2).

---

<sup>1</sup> le considerazioni iniziali di questo capitolo sono appunto tratte da [1]

<sup>2</sup> progettato nell'annualità precedente

<sup>3</sup> il laboratorio ICELAB per elettrodomestici del freddo e FIRELAB per i forni elettrici

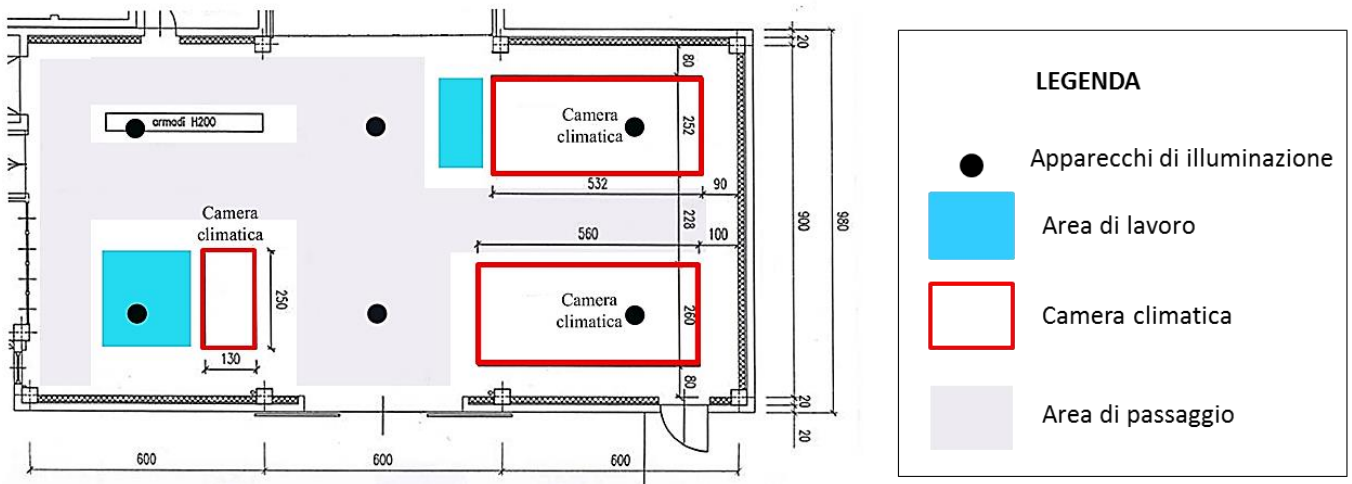


Figura 1. Planimetria della Hall tecnologica



Figura 2. Viste interne della Hall tecnologica prima dell'intervento

Nelle figure si vede la Hall tecnologica nella situazione pre-intervento, quindi con impianto tradizionale (costituito da 6 apparecchi high bay a vapori di mercurio ad alta pressione), collocati all'altezza di circa 7 metri.



## Architettura

Il sistema di illuminazione HumbleBee è così caratterizzato<sup>4</sup>:

- n° 6 apparecchi di illuminazione con tecnologia a fosfori remoti high bay (altezza di installazione a circa 7 metri dal pavimento). Gli apparecchi sono prototipi progettati e realizzati ad hoc, con sensori di sensori presenza, dispositivi elettronici per la comunicazione wireless e l'antenna. L'impianto è progettato per garantire un livello di illuminamento medio mantenuto sul piano di lavoro (altezza di 1 metro) di 300 lx (Figura 1 – area di lavoro).
- un sistema di controllo Smart dedicato per la gestione e la regolazione manuale ed automatica degli apparecchi di illuminazione. Il sistema utilizza il protocollo di comunicazione wireless ZigBee e comunica via radio con tutti i dispositivi presenti nella sua rete, quali i sensori di presenza, i fotosensori, gli attuatori ed i dispositivi che consentono la regolazione manuale e l'interazione con il sistema (tablet ...). Non è previsto un interruttore tradizionale a parete. Il sistema consente la verifica dei consumi energetici per mezzo dei degli appositi contatori di grandezze elettriche da installare nel quadro elettrico dell'impianto di illuminazione. Inoltre, il sistema è predisposto anche per la memorizzazione di alcune variabili appositamente definite quali i malfunzionamenti, i valori di illuminamento letti dai fotosensori, gli stati di presenza letti dai sensori di presenza, e le interazioni manuali con il sistema per consentire una completa valutazione del funzionamento del sistema.

Le logiche di controllo del sistema HumbleBee sono:

<p><b>logica di controllo manuale:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• accensione/spengimento degli apparecchi di illuminazione;</li> <li>• dimmerazione del flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose;</li> <li>• regolazione della Temperatura di Colore delle sorgenti luminose (<math>T_c^5</math>).</li> </ul>
<p><b>logica di controllo automatica:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• accensione/spengimento degli apparecchi di illuminazione per mezzo di sensori di presenza;</li> <li>• dimmerazione del flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose per mezzo di fotosensori.</li> </ul>

Il sistema di controllo progettato è pensato in modo da centralizzare in un luogo tutti gli aspetti decisionali e di raccolta dei dati (consumi energetici, presenza, luminosità, interazioni manuali, malfunzionamenti, etc.) consentendo sempre l'interazione manuale e puntuale sui punti luce per modificarne lo stato (on/off/dimm e temperatura di colore).

I punti luce sono costituiti da apparecchi con emissione rosimmetrica del fascio luminoso, high bay. I LED sono il motore principale del prodotto anche se tecnicamente la sorgente luminosa è il vetro con fosfori depositati su un suo lato. La tecnologia di fosfori remoti consiste nell'utilizzare sorgenti LED blu il cui fascio va ad eccitare il fosforo producendo luce bianca. A seconda del mix di fosfori presenti si genera la luce bianca delle caratteristiche volute. L'utilizzo di una camera di miscelazione è essenziale per una ottimale emissione della luce dall'apparecchio: la camera infatti è costituita da materiale fortemente riflettente in maniera Lambertina e permette il recupero del flusso di luce blu dalle riflessioni interne dell'apparecchio.

<sup>4</sup> già descritto nel report della precedente annualità [2]. Si riporta qui per completezza

<sup>5</sup> Questa ipotesi verrà sviluppata in futuro



Il sistema dissipativo del prodotto che raffredda le sorgenti LED, garantendone la vita e le prestazioni, è costituito da un unico componente suddividibile in una parte alettata per aumentarne la superficie di scambio ed un cuore centrale formato da un piano di contatto con interfaccia sorgenti/camera di miscelazione ed una colonna “heat pipe” per massimizzare lo scambio termico con le alette laterali (figura 3a, dove si vede il dissipatore, il vetro emettente con i fosfori remoti; non si vedono – perché interni, i LED e la camera di miscelazione).



**Figura 3a. High Bay prototipale, parte centrale del prodotto finale**

L’elettronica è ospitata a lato della parte centrale per mezzo di una carenatura e ogni apparecchio è completato da un guscio esterno di finitura. I punti luce sono dotati ciascuno di un sensore presenza a radar e un fotosensore.

Di seguito si riportano le prestazioni del prodotto escludendo le perdite sull’alimentatore sono:

TPhotometric Results	High Bay Luminaire
	Goniophotometer
Total Luminous Flux (lumen)	<b>22,367.7</b>
Luminous Efficacy (lumen/Watt)	<b>110.3</b>

Nella versione originale, si è scelto di non inserire sistemi ottici addizionali per direzionare la luce nell’ambiente; l’emissione della sorgente (vetro) è quindi a sua volta lambertiana con apertura 115° del fascio luminoso.

Lo studio di ottiche addizionali è stato oggetto di ricerca nella presente annualità e ha portato alla progettazione, da parte del Politecnico di Milano Dipartimento di Design [1], di un riflettore in alluminio con schermo di chiusura in policarbonato. In figura 3b, il rendering dell’apparecchio HumbleBee con il riflettore.



**Figura 3b. Apparecchio HumbleBee con riflettore**

### **Programmazione attività di ricerca ottobre 2013- settembre 2014**

La programmazione delle attività è la seguente:

- Installazione del sistema di illuminazione
- Prima fase di messa in servizio dell'impianto di illuminazione & sistema di controllo. Impostazione di logiche di controllo «test» per accertarne il corretto funzionamento
- Fase di Commissioning dell'impianto di illuminazione & sistema di controllo
- Fase di test sull'apparecchio di illuminazione a fosfori remoti (curva correlazione potenza/flusso luminoso emesso, parametri elettrici: tensione, corrente e sfasamento)
- Prove in laboratorio sul convertitore di potenza attiva installato nell'impianto per misurare le grandezze elettriche
- Definizione della campagna di misure fotometriche per verificare il livello di illuminamento garantito in ambienti per differenti livelli di regolazione.

### **Installazione**

E' stata eseguita a cura del fornitore degli apparecchi nel marzo 2014.

Si è scelto di installare nel laboratorio 5 apparecchi, invece dei 6 previsti in origine, e di dedicare il sesto apparecchio ai test fotometrici e illuminotecnici. Da simulazioni effettuate in precedenza, si è visto che anche con 5 apparecchi i requisiti illuminotecnici vengono rispettati, in quanto la modifica riguarda la zona del laboratorio dove sono posizionate le due grandi camere climatiche e l'area di lavoro effettiva si limita al "corridoio" tra le due camere stesse. In figura, il locale prima dell'intervento e dopo l'installazione del nuovo impianto.



**Figura 4: La Hall tecnologica con i nuovi apparecchi installati**

A fine installazione l'impianto era funzionante in modalità alfa (cioè molto di base, con i parametri non ancora ottimizzati).

#### **Prima fase di messa in servizio dell'impianto di illuminazione & sistema di controllo**

Purtroppo si sono presentati una serie di problemi impreveduti di notevole importanza, di tipo sia hardware che software<sup>6</sup>, per cui la programmazione originale ha dovuto essere modificata, in quanto la fase di "messa in servizio dell'impianto di illuminazione & sistema di controllo" non ha potuto essere completata.

---

<sup>6</sup> Tra i problemi software si è evidenziata la difficoltà di colloquio tra le vari "dialetti" del protocollo DALI



Figura 5: esempio di problema hardware. Alloggiamento dei LED privo di camera di miscelazione

In questa situazione si è deciso di procedere su diverse linee parallele:

- la “riparazione” degli apparecchi, per quanto riguarda aspetti meccanici, infrastrutturali e ottici (da richiedere al fornitore): al momento non sappiamo se anche gli altri apparecchi presentano gli stessi problemi di quello smontato, ma non siamo nemmeno in grado di escluderlo.
- lo studio e l’implementazione di sistemi di controllo alternativi, per arrivare al risultato con soluzioni più semplici. Si è infatti visto che la struttura originale del sistema di controllo a distanza di circa 1.5 anni risulta già superata da nuove possibilità offerte dal mercato, sia come prodotti completi che come kit da personalizzare. Questa linea prevede dunque di poter testare in scala reale diverse soluzioni tecnologiche disponibili sul mercato o oggetto di nuovo sviluppo esse stesse. Questo nuovo studio è già iniziato e viene svolto da ENEA, utilizzando anche i risultati della ricerca svolta dal Politecnico di Milano [1].
- lo studio di specifiche per rendere facilmente modificabile il sistema di apparecchi in funzione della ricerca sopra detta
- la predisposizione per la prototipazione del riflettore, come proposto da Politecnico di Milano [1], per aumentare le prestazioni fotometriche degli apparecchi.

#### **Studio di una nuova configurazione per il sistema di controllo**

Sulla base dello stato dell’arte [1] sono state esaminate diverse soluzioni tecnologiche di prodotti già disponibili e utilizzabili ed elementi da sviluppare, considerando anche la necessità di sostituzione di componenti negli apparecchi.

Si è visto che ogni soluzione include un’architettura specifica, il che comporta anche la necessità di sostituire dei componenti hardware.

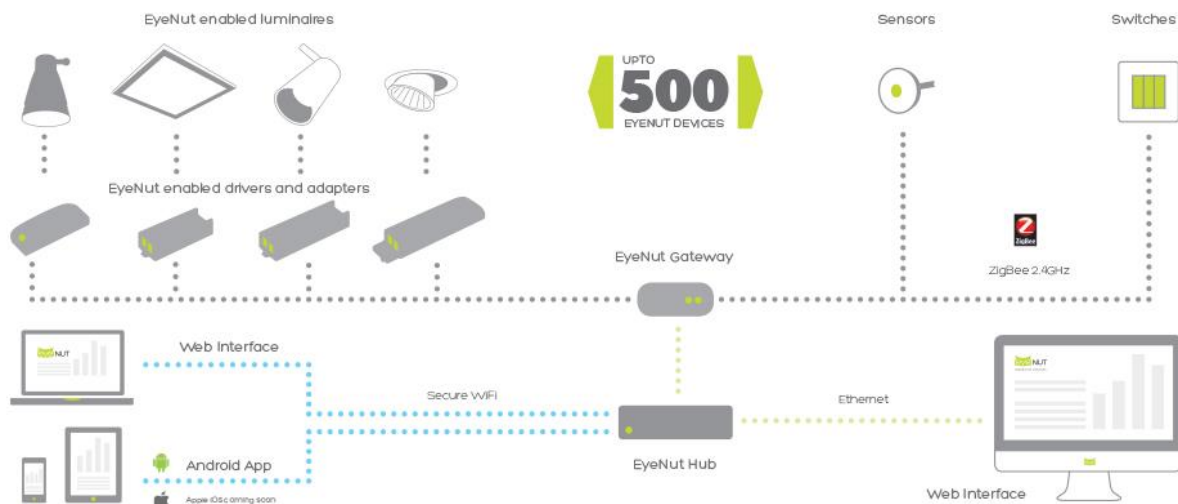
Si è quindi deciso di cominciare la sperimentazione partendo da elementi fisici già presenti nell’impianto HumbleBee<sup>7</sup> e quindi implementare un sistema di controllo che sfruttasse le potenzialità dell’hardware già presente, per ottenere la modalità di gestione, monitoraggio e controllo previsti nel progetto. Questo comporta l’acquisto di altri elementi hardware e un software innovativo da personalizzare ad hoc.

Abbiamo iniziato la fase di ricerca per la progettazione della nuova configurazione personalizzata.

In figura l’architettura base esemplificativa delle potenzialità del nuovo sistema prescelto.

---

<sup>7</sup> in particolare siamo partiti dai driver dei LED già installati



**Figura 6: architettura sistema di controllo EyeNut**

Scheda dell'architettura scelta, come riportata in [1] (Stato dell'arte – Casi studio).

*EyeNut*

**Anno:** 2013

**Team di progettazione:** HarvardEng<sup>8</sup>

**Interazione**

- **Utenti (chi):** chiunque
- **Contesto applicativo (dove):** uffici, retail, edifici pubblici e commerciali
- **Parametri controllati (che cosa):**
  - Dimming (controllo del flusso)
  - Animazione/dinamica luminosa
  - Distribuzione luminosa (quantità di luci controllate, distribuzione del fascio)
- **Motivazioni di controllo (perché):**
  - Funzionali (visione, benessere, risparmio energetico)
  - Estetiche (atmosfera luminosa)
  - Personalizzazione

**Tipologie di interfaccia per il controllo e l'interazione con l'illuminazione:**

- GUI, interazione utente attraverso un supporto grafico
- SUI, interazione utente attraverso un supporto superficiale

**Tipologie di coinvolgimento e relazione con l'illuminazione:**

- attivo
- ibrido
- astratto

**Tipologia di interazione: manipolazione e gestualità**

- Sull'elemento esterno: manipolazione e gestualità di interfacce SUI

EyeNut è un sistema di controllo e monitoraggio del sistema di illuminazione di interni che permette all'utente non solo di controllare l'illuminazione per ogni punto luce o tramite la creazione di gruppi ma anche di monitorarne i consumi, lo storico del funzionamento e lo status degli apparecchi di illuminazione. Il sistema permette anche la definizione di scene luminose che possono essere configurate anche attraverso uno strumento di Mapping che permette di importare la pianta del luogo in cui si controlleranno le luci.

<sup>8</sup> <http://www.eyenut.co.uk/>

### **Studio per una nuovo sistema di aggancio e movimentazione dei singoli apparecchi**

Al di là delle necessità contingente di fare funzionare il sistema, è interessante svolgere una attività di ricerca sul sistema HumbleBee. Tuttavia ogni modifica “hardware” sugli apparecchi comporta la movimentazione di oggetti che si trovano a 7 m di altezza, quindi c’è necessità di piattaforme, con costi non trascurabili.

Per agevolare queste operazioni e ridurre in prospettiva i costi, è stato studiato ed è in fase di realizzazione un opportuno sistema di aggancio e movimentazione a carrucole (“saliscendi”) utili per lavorare sui singoli apparecchi a livello pavimento.

### **Realizzazione del riflettore**

Partendo dalle specifiche derivanti dalla ricerca del Politecnico di Milano [1], si è pensato di realizzare in tempi brevi un riflettore di prova, da utilizzare per test fotometrici, che, rispetto al disegno originale, mantiene le caratteristiche ottiche richieste ma senza le finiture esterne, e predisporre la realizzazione di 6 riflettori in versione definitiva, da applicare agli apparecchi esistenti.

#### **1.1.2 Misure di resa cromatica – test di percezione visiva (A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi)**

In questa sezione sono riportati le descrizione dei test di percezione visiva effettuati o in fase di realizzazione.

L’attività è stata svolta in collaborazione con l’Università di Milano Dip. Informatica [3].

In particolare i test oggetto di studio sono:

- ✓ **Test di percezione visiva - paradosso di Albers:** Il test è stato eseguito in due differenti serie. L’obiettivo del test, che è stato eseguito in collaborazione con l’Università di Milano, è valutare eventuali direzioni di miglioramento nel calcolo di indici di resa cromatica (sul modello del CRI - indice che misura quanto una sorgente luminosa preservi l’apparenza cromatica degli oggetti osservati sotto di essa) considerando ad esempio il contesto nel calcolo del suo valore (cfr. [3] e [4]).
- ✓ **Test di percezione visiva – oggetti bidimensionali (Macbeth Color Checker) e tridimensionali (moduli LEGO):** riprendendo una precedente attività sperimentale condotta nel 2012<sup>9</sup> nell’ambito della percezione visiva, si intende estendere il test ad un numero maggiore di sorgenti luminose con l’obiettivo di valutare la resa cromatica di sorgenti commerciali durante l’osservazione di un compito visivo bidimensionale (rettangolo colorati) e tridimensionale (LEGO). E’ stata quindi predisposta la procedura sperimentale. Per questa serie di test saranno utilizzati gli stessi box di valutazione del test riferito al Paradosso di Albers.

### **TEST DI PERCEZIONE VISIVA - PARADOSSO DI ALBERS**

Definito il protocollo di procedura per eseguire i test, il gruppo di lavoro dell’ENEA si è occupato dell’allestimento e dell’esecuzione dell’attività sperimentale presso il laboratorio Luce dell’ENEA di Ispra.

La prima serie di test è avvenuta tra la primavera e l’estate del 2013, ha coinvolto 87 volontari, 47 donne e 40 uomini con un’età compresa tra i 10 e i 60 anni. I volontari sono stati reclutati durante l’Open Day del JRC (Joint Research Center) avvenuto il 4 Maggio 2013 e tra impiegati dell’Enea e del centro JRC [4].

---

<sup>9</sup> sempre all’interno della Ricerca di Sistema Elettrico

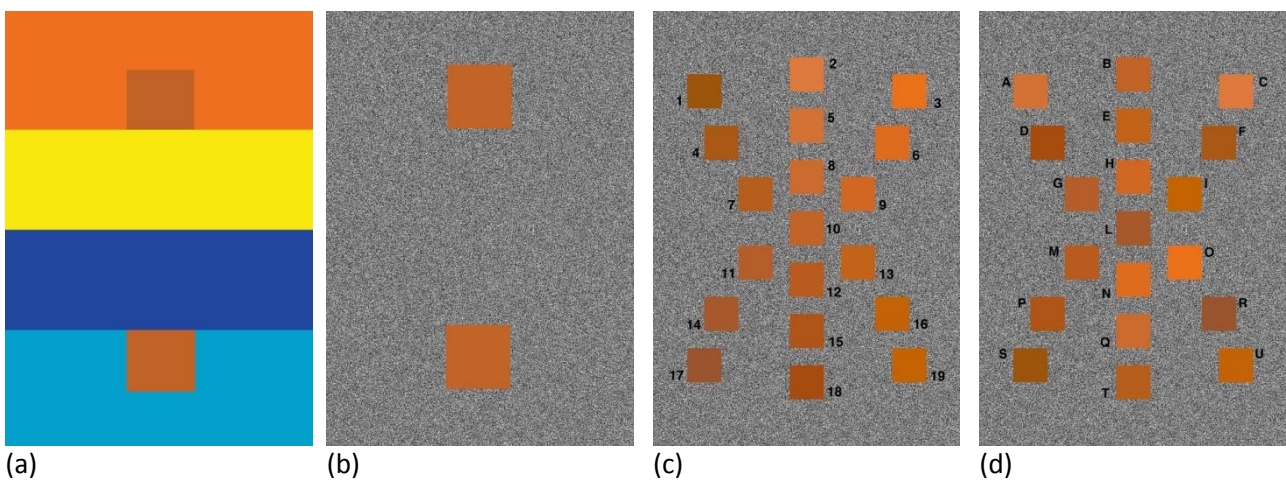


La seconda serie di test è avvenuta a luglio 2014 ed ha coinvolto 27 utenti, 8 donne e 19 uomini, con un'età compresa tra 22 e 64 anni. Il test è stato eseguito con una lieve modifica al protocollo con lo scopo di risolvere alcune delle criticità emerse dopo l'analisi dei primi dati raccolti.

### Le patches

Per lo svolgimento dell'esperimento sono state utilizzate quattro diverse stampe, due di riferimento, da confrontare con altre due su cui erano stampate una serie di campioni. Le quattro stampe erano così caratterizzate (Fig. 7):

- ✓ La prima stampa di test ricreava una famosa illusione di Albers (copertina del libro "Interaction of Color"). Il foglio è diviso in quattro rettangoli orizzontali di colore diverso: arancione, giallo, blu e azzurro. Sui rettangoli arancione e azzurro sono posizionati due quadrati di colore marrone, che toccano un lato del rettangolo. I due quadrati hanno colore identico, ma a causa della configurazione spaziale appaiono differenti (Fig. 7a).
- ✓ La seconda stampa, di controllo è composta da due quadrati dello stesso colore della stampa di test, posizionata nello stesso punto, ma questa volta posti su uno sfondo a rumore bianco. In questo caso l'effetto del contesto è identico su entrambe le patch, non causando la forte differenza percettiva del primo caso (Fig. 7b).
- ✓ Una stampa composta da 19 patch, in modo che quella centrale abbia colore corrispondente a quelle dei test. Allontanandosi dal centro sui sei raggi il colore cambia gradualmente, in particolare variano una o due coordinate Lab del colore della patch. Per poter segnalare la patch corrispondente a quella di test, i campioni sono etichettati con dei numeri acromatici (Fig. 7c).
- ✓ Una seconda stampa composta delle stesse patch ma disposte in ordine casuale e etichettate con lettere acromatiche (Fig. 7d).



**Figura 7: immagini usate durante l'esperimento: foglio di test (a), di validazione (b) e campioni per il confronto, etichettati da numeri (c) e da lettere (d)**

Le stampe hanno dimensione A4. Per poter svolgere l'esperimento contemporaneamente nei 4 box sono state stampate 4 copie di ogni foglio, dopo aver scaldato la stampante ed aver eliminato le prime copie, così da minimizzare la variabilità di ogni singola copia.

### Setup e fasi del test

Sono state costruite appositamente quattro cabine di luce di dimensione 1m x 1m x 0.8 m. All'interno sono ricoperte con carta bianca. Le quattro cabine denominate Box 1, Box 2, Box 3 e Box 4 sono disposte in modo che effettuando il test in una non sia possibile vedere l'apertura della cabina a fianco (Fig. 8). I box sono stati collocati all'interno di una stanza quasi completamente buia nella quale i livelli di illuminamento non erano tali da compromettere la buona riuscita dell'esperimento.





**Figura 8: (a): setup dell'esperimento. In figura è visibile la distribuzione dei 4 box. (b): fase dell'esperimento. Al centro è visibile il foglio con l'illusione di Albers. Ai lati i fogli con i campioni necessari per il confronto.**

Sono state testate sette sorgenti luminose all'interno delle 4 cabine, per cui l'esperimento è diviso in due fasi (fase 1 e fase 2).

Nei Box 1, 2 e 4 sono posizionate due lampade, accese una alla volta, a seconda che sia fase 1 o fase 2. Nel box 3 sono alloggiare due lampade identiche per garantire le stesse condizioni luminose (uniformità di illuminamento ed illuminamento medio) presenti negli altri box quando una sola delle altre sorgenti luminose è accesa. Gli utenti coinvolti nel test hanno testato 8 condizioni luminose, ripetendo due volte il box 3 (inconsapevoli che fosse la stessa sorgente). La tabella 1 riassume le sorgenti di luce usate.

**Tabella 1: Tipo di lampada usata per ogni box e caratteristiche tecniche**

Etichetta	Fase	Box	Tipo di sorgente	CCT (K)	Power (W)
B1S1	I	1	CFL-I	3030	11
B2S1	I	2	CFL-I	4391	11
B3S1	I	3	LED	4662	4
B4S1	I	4	CFL-I	7559	11
B1S2	II	1	LED rem. ph.	2947	12
B2S2	II	2	Halogen	2981	42
B4S2	II	4	LED	3441	8

**Protocollo e sue modifiche**

Prima di procedere con l'esperimento, agli utenti sono state fornite le istruzioni relative alla compilazione del questionario con i dati personali (iniziali di nome e cognome, sesso, età, colore degli occhi, eventuali problemi di vista ed uso di lenti a contatto o occhiali durante l'esperimento) e successivamente, è stato spiegato loro quale sarebbe stato il compito per svolgere l'esperimento ed in particolare che l'esperimento era suddiviso in due fasi: la fase di test e la fase di validazione.

In entrambi i casi gli utenti hanno trovato all'interno di ciascun box i tre fogli disposti nel seguente ordine:

- ✓ A sinistra: foglio con i campioni etichettati dai numeri (Fig. 10c)
- ✓ Al centro: foglio con i campioni target oggetto del test (Fig. 10a e 10b)
- ✓ A destra: foglio con i campioni etichettati da lettere (Fig. 10d)

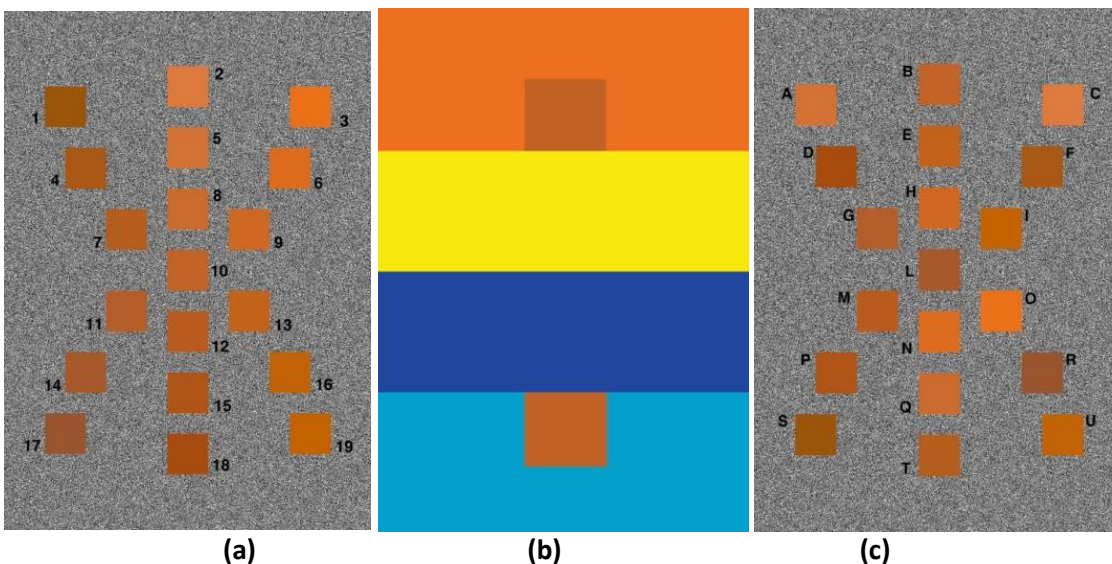
E' stato chiesto agli utenti di dare risposte spontanee in modo che la componente logica mentale non fosse preponderante ma che prevalesse la prima impressione visiva. Inoltre è stato spiegato loro che avrebbero effettuato il test con una prima serie di lampade (4 lampade diverse ciascuna collocata in un box) e che dopo una breve pausa tecnica (per consentire il cambio di accensione delle lampade e fare riposare gli

occhi degli utenti) avrebbe ripetuto l'esperimento con una seconda serie di lampade (sempre 4 diverse ciascuna collocata in un box). Non è stato detto loro che nel box 3 le lampade sarebbe rimaste le stesse per la prima e la seconda parte del test.

Terminata la fase di istruzione gli utenti sono entrati nella stanza e si sono seduti ognuno di fronte ad un box.



**Figura 9. Utente durante la fase test**



**Figura 10. Disposizione dei fogli durante la fase uno (fase di test): (a) campione etichettato con i numeri, (b) campione con target del test - Paradosso di Albers, (c) campione etichettato con le lettere**

Ogni utente ha osservato i fogli contenuti in ciascun box seguendo il senso di rotazione: box 1, box 2, box 3, e box 4. Terminata la prima serie di osservazioni, dopo una pausa di pochi minuti, hanno continuato il test con la seconda serie di lampade seguendo lo stesso senso di rotazione: box 1, box 2, box 3, e box 4. Prima di cominciare a compilare il questionario, gli utenti sono stati invitati a osservare semplicemente i fogli in modo che vi fosse adattamento cromatico alla lampada nel box.

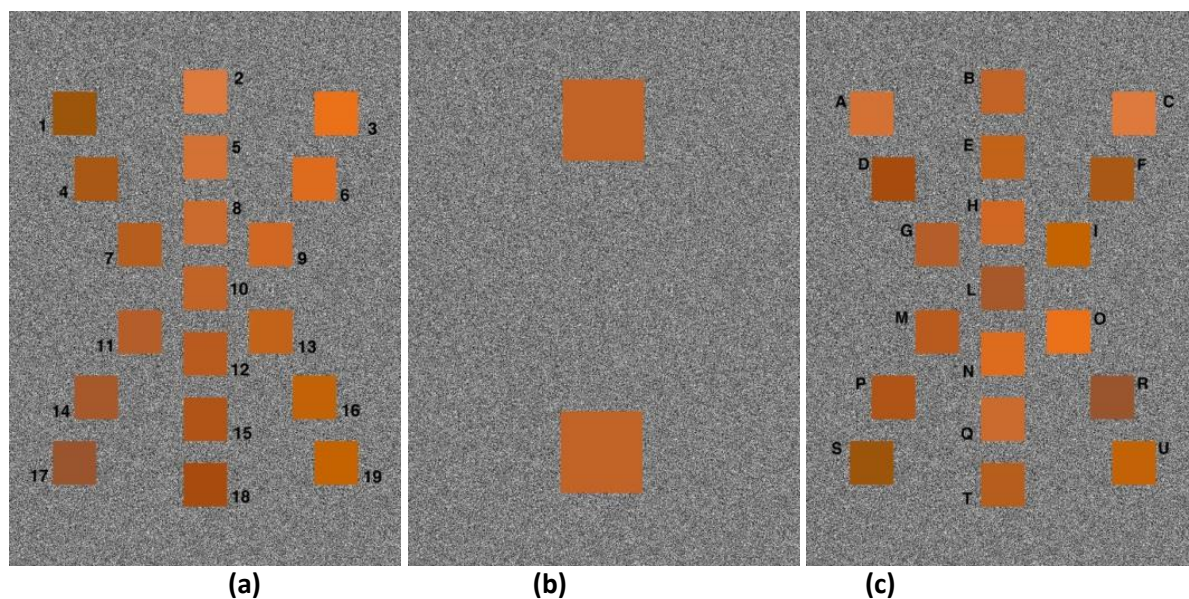
**Compito visivo da svolgere:** durante il test è stato chiesto agli utenti di osservare prima il riquadro arancione di riferimento, su fondo colorato che è posto nella parte alta del foglio centrale, poi di osservare i riquadri posti a sinistra (identificati con un numero) e di associare quello che si avvicinava di più come apparenza a quello di riferimento e quindi trascrivere la scelta sul questionario; quindi ripetere la stessa cosa con i riquadri di destra (identificati con lettere) e trascrivere la scelta sul questionario (Fig. 13).

Terminata la prima parte, è stato rimosso il foglio centrale con i riquadri di colore arancione su fondo colorato ed è stato chiesto di ripetere l'osservazione, con le stesse modalità di prima, e di confrontare il nuovo foglio con i due riquadri di colore arancione su fondo grigio con i fogli posti a sinistra ed a destra (Fig. 11).

Si precisa che le lampade della prima serie, essendo lampade CFL, dovevano essere accese 20 minuti prima del test mentre le lampade della seconda serie, essendo LED o alogena, non richiedevano alcuna accensione anticipata.

Nella prima serie di test (primavera/estate 2013) gli utenti erano seduti comodi a loro piacimento e liberi di muoversi così da compensare eventuali riflessi interni, in caso molto contenuti, visto l'alto grado di diffusione dell'illuminazione all'interno di ogni box.

Durante la seconda serie di test (luglio 2014), eseguita per risolvere alcune criticità riscontrate dall'elaborazione dei dati gli utenti non erano più seduti ma eseguivano il test rimanendo in piedi davanti a ciascun box [3].



**Figura 11. Disposizione dei fogli durante la fase due (fase di validazione): (a) campione etichettato con i numeri, (b) campione con target del test, (c) campione etichettato con le lettere**

Durante questa seconda serie di test, il protocollo ha subito due lievi modifiche, quali:

- ✓ **rispetto alla criticità 1 “stampa delle patch”:** avendo riscontrato difformità di stampa delle patch, si è deciso di utilizzarne una sola serie e fare in modo che l’utente effettuasse singolarmente il test (non più 4 utenti alla volta che a rotazione partecipavano alla stessa sessione di test) utilizzando sempre lo stesso insieme di 4 fogli, che veniva di volta in volta spostato nei diversi box con le diverse lampade, in modo che non vi fosse differenza nelle patch.
- ✓ **Rispetto alla criticità 2 “task:** come specificato, agli utenti veniva chiesto di essere spontanei ed evitare ragionamenti cognitivi (ad esempio sul fatto che le patch potessero essere uguali), cercando di mantenere la valutazione dell’osservatore al più basso livello possibile. Analizzando i primi dati, si è capito quanto fosse impegnativo il test, sia perché le patch da valutare erano molte (19) e si



trovano in un sottospazio colore piuttosto ristretto, sia perché il test richiedeva un tempo abbastanza lungo, dovendo essere ripetuto 7 volte: una per ogni sorgente di luce da testare.

La difficoltà del test probabilmente portava anche a mettere in atto delle strategie di ricerca da parte degli utenti. Alcuni osservatori dopo il test hanno dichiarato che la ricerca della patch comincia partendo in alto a sinistra e seguendo il modo di lettura (scandendo da sinistra a destra, dal basso al basso) fino a trovare una patch che assomigli a quella che si sta cercando, spesso senza continuare la ricerca o facendolo con minore attenzione.

Per questi motivi, la prima azione effettuata per risolvere la criticità del task è stata quella di disporre i box in maniera differente (Fig. 12) in modo da consentire all'utente di effettuare il test rimanendo in piedi davanti al box e spostandosi, secondo la sequenza definita, da un box all'altro. La nuova postura è stata più rilassante ed i test sono stati eseguiti in generale in tempi più rapidi rispetto alla prima serie (alcuni degli utenti che aveva effettuato il test durante la prima serie l'hanno ripetuto nella seconda per permetterci di verificare gli effetti migliorativi delle nuove modifiche del protocollo).



**Figura 12: setup dell'esperimento nella seconda serie (luglio 2014).  
In figura in alto è visibile la distribuzione dei 4 box.**

In figura 13 è riportato a titolo di esempio la prima pagina del questionario utilizzato per le due fasi del test.

**QUESTIONARIO TEST PERCEZIONE VISIVA – ALBERS**

Iniziali:                      Et :                      Occhiali/lenti:                      Colore occhi:

Scrivere dentro ogni riquadro la lettera e il numero del campione il cui colore si avvicina di pi  al quello del quadrato di riferimento.  
**Nota: non esiste una risposta giusta,   un test soggettivo.**

---

Box:                      Sorgente di luce:

Patch con sfondo colorato	Patch con sfondo grigio
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="font-size: small;">sfondo rosso in alto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small;">Num.   Lettere</div> </div> <div style="height: 100px; border: 1px solid black; margin-top: 10px;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small;">Num.   Lettere</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small; margin: 0 auto; width: 80%;">Num.   Lettere</div> <div style="height: 100px; border: 1px solid black; margin-top: 10px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small; margin: 0 auto; width: 80%;">Num.   Lettere</div>

---

Box:                      Sorgente di luce:

Patch con sfondo colorato	Patch con sfondo grigio
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="font-size: small;">sfondo rosso in alto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small;">Num.   Lettere</div> </div> <div style="height: 100px; border: 1px solid black; margin-top: 10px;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small;">Num.   Lettere</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small; margin: 0 auto; width: 80%;">Num.   Lettere</div> <div style="height: 100px; border: 1px solid black; margin-top: 10px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: x-small; margin: 0 auto; width: 80%;">Num.   Lettere</div>

**Figura 13: Questionario**

**TEST DI PERCEZIONE VISIVA – OGGETTI BIDIMENSIONALI E TRIDIMENSIONALI (LEGO)**

Partendo dall’esperienza maturata negli anni nell’ambito dei test di percezione visiva, si   deciso di riprendere ed estendere ad un maggiore numero di campioni di sorgenti luminose, il test di valutazione della resa cromatica a seguito dell’osservazione di un compito visivo bidimensionale (rettangolo colorati) e tridimensionale (LEGO colorati) (Fig. 14).

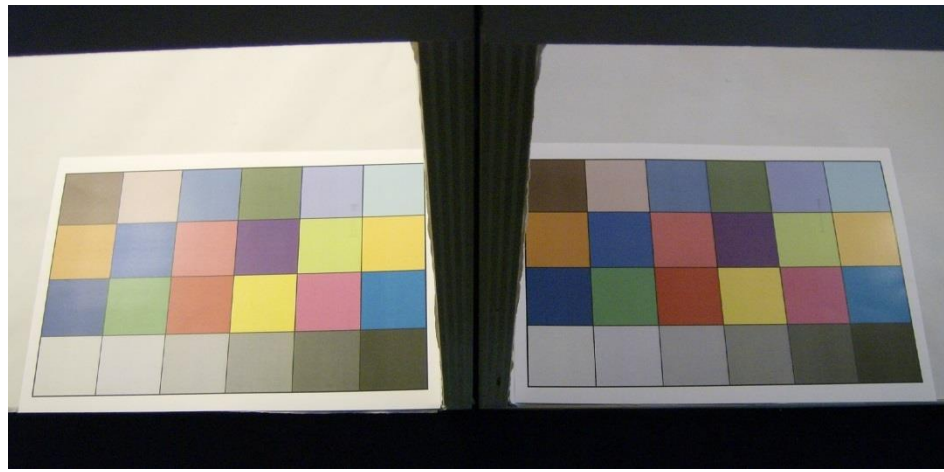


Figura 14: Esempio di visualizzazione della patch, oggetto di valutazione, sotto la sorgente test (a) e la sorgenti di riferimento (b).

Per questa nuova serie di test, in fase di programmazione, è stato definito il protocollo e si è proceduto all’allestimento dell’ambiente sperimentale (i 4 box già utilizzati per il test di percezione visiva – Paradosso di Albers).

La procedura prevede l’esecuzione del test in tre set (8 sorgenti luminose da tastare) ed in due fasi successive, “fase osservazione oggetto bidimensionale” e “fase osservazione oggetto tridimensionale”.

### Le patches ed i moduli LEGO

Per eseguire il test, organizzato in due sequenze distinte di compiti visivi, sono utilizzati:

- ✓ **per il compito visivo bidimensionale:** patch colorate, il Macbeth Color Checker (figura 9), messe a confronto sotto la sorgente-test e sotto la sorgente luminosa di riferimento (nel nostro caso è stata scelta una sorgente alogena) (Fig. 15).

Colori naturali	Dark skin	Light skin	Blue sky	Foliage	Blue flower	Bluish green
Colori misti	Orange	Purplish blue	Moderate red	Purple	Yellow green	Orange Yellow
Colori primari	Blue	Green	Red	Yellow	Magenta	Cyan
Scala di grigi	White	Neutral 8	Neutral 6.5	Neutral 5	Neutral 3.5	Black

Figura 15: patch colorate - Macbeth Color Checker con indicate la spiegazione di ciascun colore.

- ✓ **per il compito visivo tridimensionale:** Transformer realizzato con i LEGO colorati, messi a confronto sotto la sorgente-test e sotto la sorgente luminosa di riferimento (Fig. 16).

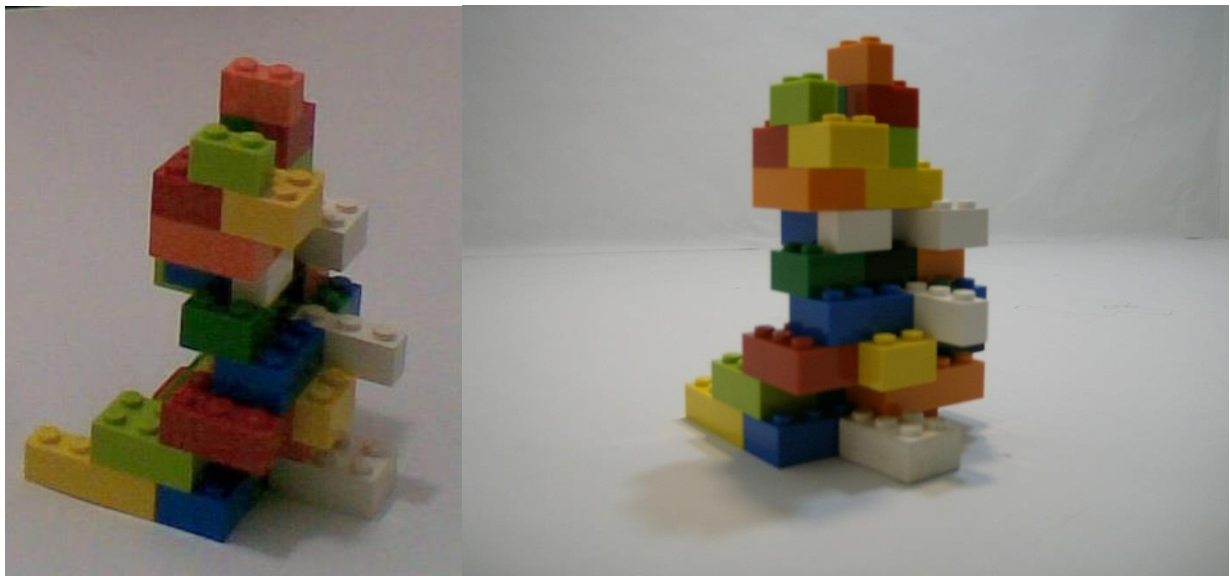


Figura 16: Transformer di LEGO

### Set up del test

Per questo test percettivo la procedura utilizza gli stessi 4 box dell'attività sperimentale descritta precedentemente (paradosso di Albers).

In questo sono testate 8 differenti sorgenti luminose raggruppate in 3 set e l'esperimento è articolato in due fasi (Fig. 17).

Il primo ed il terzo set è costituito da lampade CFL-I che necessitano una accensione anticipata di 20 minuti prima del test mentre le lampade della seconda serie, essendo LED, non richiedono alcuna accensione anticipata.

In questo modo, alternando CFL-I, LED e CFL-I si riesce ad ottimizzare meglio il tempo di attesa tra una accensione e l'altra dei diversi step.

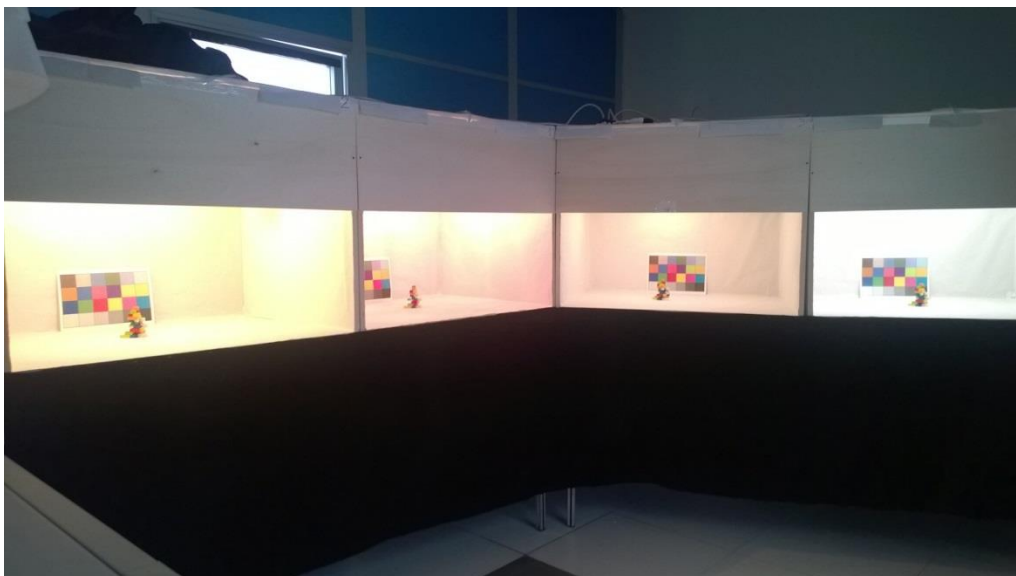


Figura 17: Immagine dei quattro box predisposti per il test con all'interno inseriti i Macbeth Color Checker ed i Transformer

La tabella 2 riassume le caratteristiche delle sorgenti luminose oggetto di test.

La sorgente di riferimento è la lampada alogena collocata nel box 1 (B1S1), mentre negli altri 3 box sono collocate le restanti 8 lampade.



**Tabella 2: Tipo di lampada usata per ogni box e caratteristiche tecniche**

Etichetta	Set	Box	Tipo di sorgente	CCT (K)	Power (W)	Attacco
B1S1	I	1	Alogena	2981	42	E 14 – E 27
B2S1	I	2	CFL-I	3030	11	E 27
B3S1	I	3	CFL-I	7559	11	E 27
B4S1	I	4	CFL-I	4391	11	E 27
B2S2	II	2	LED rem. ph.	2947	12	E 27
B3S2	II	3	LED	3441	8	E 27
B4S3	II	3	LED	4662	4	E 14
B2S3	III	2	CFL-I	2700	20	E 27
B3S3	III	3	LED	2700	3	E 27

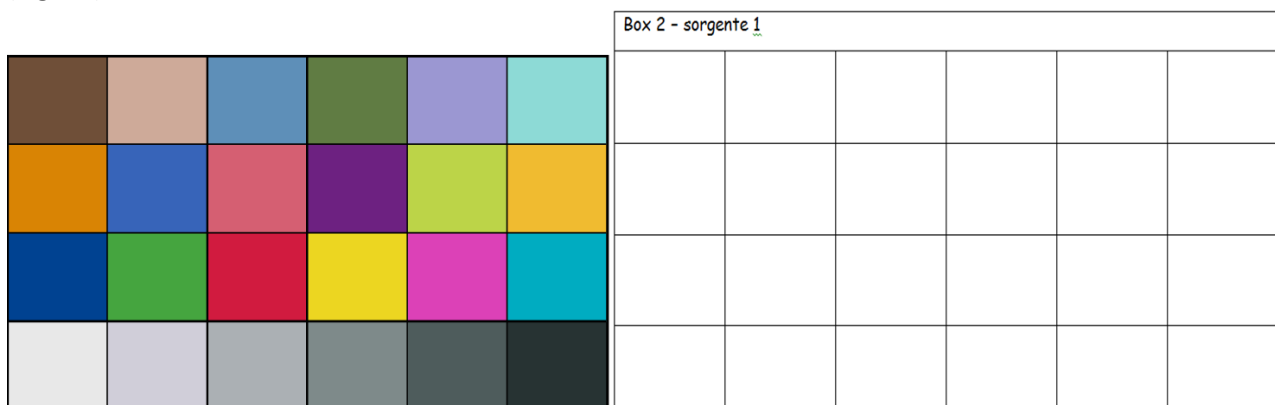
Prima di procedere con l'esperimento, agli utenti vengono fornite le istruzioni relative alla compilazione del questionario con i dati personali (iniziali di nome e cognome, sesso, età, colore degli occhi, nazionalità, eventuali disturbi di vista ed uso di lenti a contatto o occhiali durante l'esperimento e lavoro svolto) e, successivamente, viene spiegato loro il compito visivo che dovrà essere svolto durante l'esperimento. Questo è suddiviso nel seguente modo: tre step per valutare 8 sorgenti luminose e due fasi, quella relativa al compito visivo bidimensionale (fase 1) e quella relativa al compito visivo tridimensionale (fase 2).

All'interno di ogni box gli utenti trovano:

- ✓ **per la fase uno:** un **Macbeth Color Checker** appoggiato al fondo del box con una inclinazione di 45°. Questa posizione facilita la visione dell'oggetto bidimensionale evitando agli utenti di doversi inclinare e sporgere col collo dentro il box per guardare il fondo. La stampa avrà dimensione A4.
- ✓ **Per la fase due:** un **Transformer realizzato con i LEGO colorati** in centro al box, orientato a 45°.

L'oggetto collocato nel box viene osservato prima sotto la sorgente luminosa di riferimento e poi sotto ciascuna delle 8 sorgenti test (montate nei box 2, 3 e 4).

Nel caso della **fase uno**, ad ogni osservazione l'utente deve valutare le differenze per ogni colore e compilare il questionario con la valutazione qualitativa (una cella = una patch) come indicato nella tabella 3 (Fig. 18).



**Figura 18: Macbeth Color Checker da valutare e relativo questionario da compilare per ciascuna sorgente**

**Tabella 3: Lista della valutazione qualitativa da utilizzare durante il test**

<i>le patch (sotto sorgente-test e sorgente-riferimento):</i>	<i>punteggio</i>
sono identiche	100
hanno una differenza appena percettibile	80-99

sono differenti	50-79
sono molto differenti	1-49
sono completamente diverse	0

Nel caso della **fase due**, ad ogni osservazione l'utente valuta le differenze per i colori indicati nel questionario e lo compila con la valutazione qualitativa come indicata nella tabella 3 (figura 19).

Durante la fase di istruzione al test è spiegato agli utenti di valutare solo le differenze di colore, e di non preoccuparsi se ci sia più o meno luce nei box, in quanto le lampade non hanno flusso luminoso identico.

Infatti, in fase di allestimento dei box, le sorgenti luminose sono state installate centralmente in modo da garantire una uniformità di illuminamento sul compito visivo.

Inoltre, sul questionari è riportata l'indicazione che non esiste una risposta corretta e di non preoccuparsi del valore in sé della valutazione ma piuttosto di essere consistente nel giudicare.

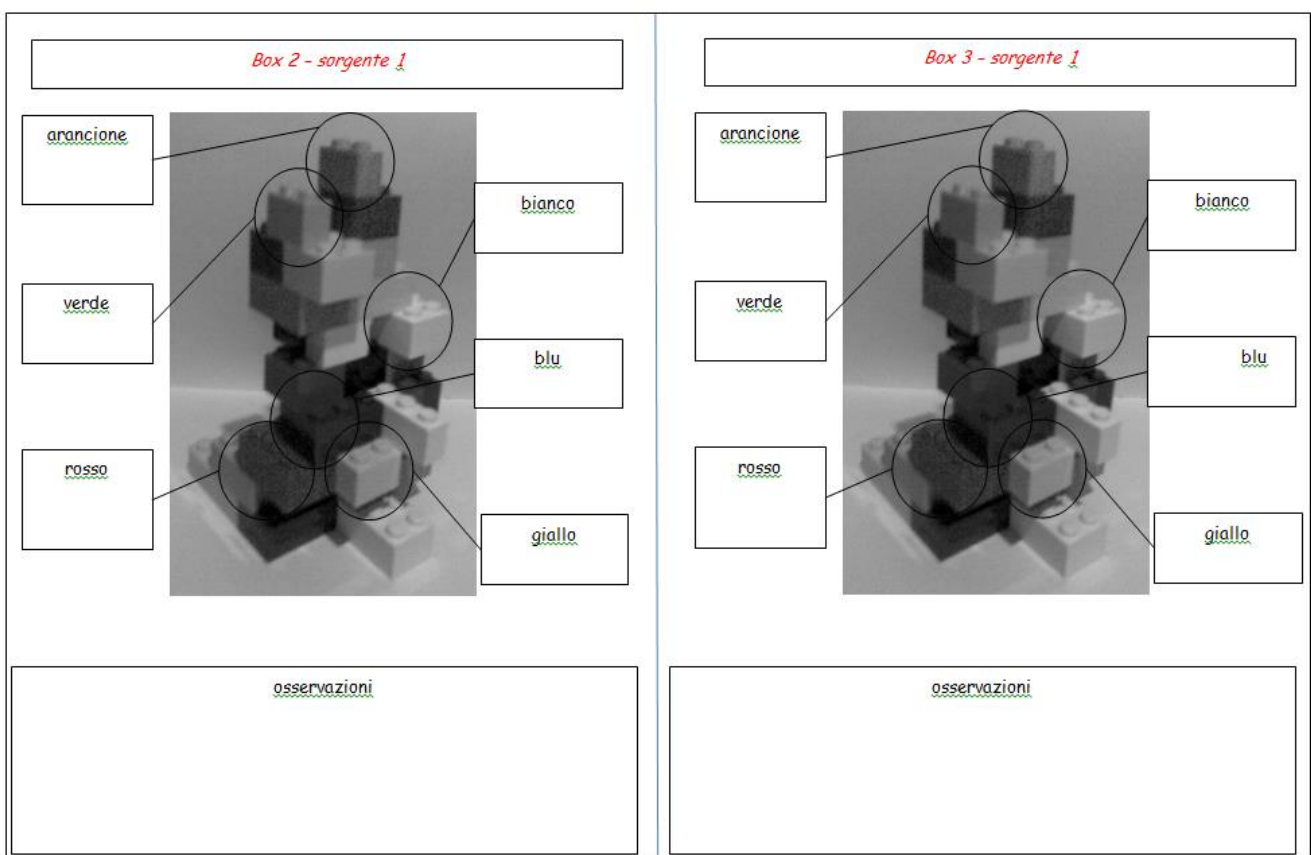


Figura 19: Transformer con i LEGO da valutare e relativo questionario da compilare per ciascuna sorgente

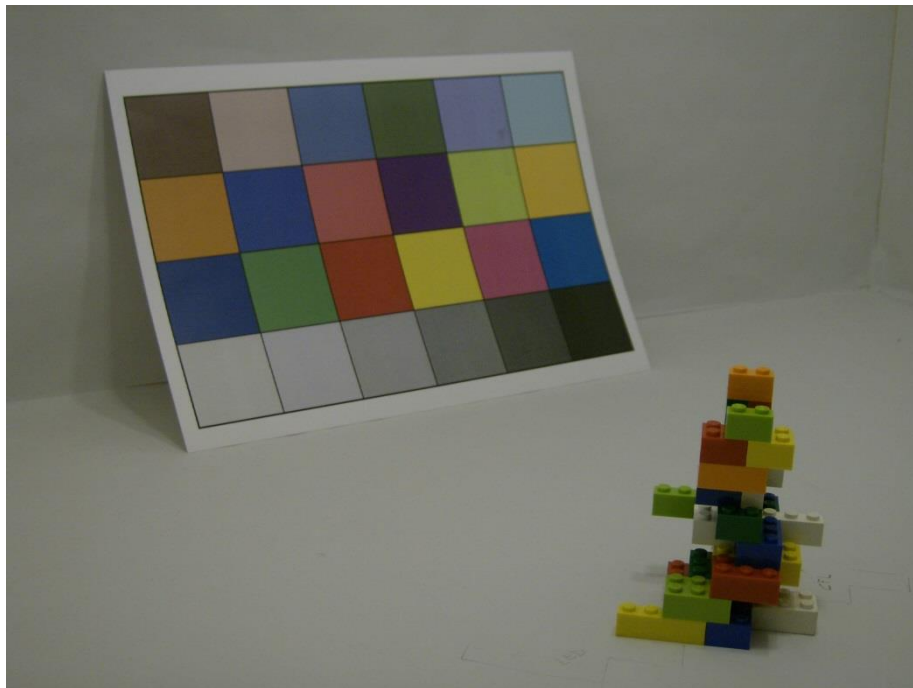


Figura 20: Immagine dei due compiti visivi posti all'interno dei box

### 1.1.3 Attività normative e delegazione italiana per le Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica (A.Antonelli, L.Blaso, S.Fumagalli, G.Leonardi, O.Li Rosi, P.Pistochini, E.Rusconi, P.Zangheri)

Partecipazione UTTEI-SISP ad attività normative in Italia legate all'illuminazione: CEI, UNI, Cie Italia

#### CEI

In particolare le attività in CEI sono state per il CT 315-GL 4. Il Gruppo di lavoro GL4 della CEI si è riunito per la prima volta quest'anno con l'obiettivo di verificare la fattibilità di realizzare un Tool semplificato, che sia di supporto ai professionisti, per eseguire un primo calcolo di massima delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione artificiale degli edifici.

Il Tool dovrebbe restituire un'indicazione di massima (visualizzazione a cruscotto) sui kWh/m<sup>2</sup>x anno consumati dall'impianto di illuminazione artificiale in una determinata configurazione progettuale, consentendo quindi al progettista di verificare se le scelte tecnologiche e progettuali siano corrette o meno, prima di procedere al calcolo del LENI secondo la procedura della UNI 15193-2008.

Unitamente al Tool il gruppo di lavoro vorrebbe redigere le linee guida di supporto sia per la parte progettuale (identificando le ultime tecnologie) sia di applicazione della procedura della norma UNI 15193-2008.

Seguirà una seconda riunione di aggiornamento del gruppo di lavoro per verificare l'inizio dei lavori del gruppo CT 315-GL4.

#### UNI

In UNI le attività sull'illuminazione si svolgono con la "Commissione Luce e Illuminazione", organizzata in Gruppi di Lavoro (GL).

La partecipazione ENEA UTTEI-SISP è stata per lo sviluppo di norme nei GL elencati in tabella 4 (oltre che in Commissione stessa).

Tabella 4: GI UNI della Commissione "Luce e Illuminazione" a cui partecipa ENEA UTTEI-SISP

Gruppo	Titolo
U290001	Termini generali e criteri di qualità - Definizioni
U290002	Illuminazione degli ambienti di lavoro e dei locali scolastici

<b>Gruppo</b>	<b>Titolo</b>
<b>U290007</b>	Fotometria e colorimetria
<b>U290005</b>	illuminazione stradale (misto Luce e illuminazione/Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture)
<b>U290006</b>	illuminazione gallerie
<b>U290010</b>	Risparmio energetico negli edifici
<b>U290011</b>	Luce diurna

Si sono solte vari incontri nei diversi GL, e ricordiamo qui in particolare:

- Il GL10 “Risparmio energetico negli edifici”, gruppo di lavoro dell’UNI che si occupa di efficienza energetica negli edifici e che lavora, congiuntamente con il gruppo europeo, alla revisione del nuovo testo della norma UNI 15193:2008 - Energy performance of buildings – Energy requirement for lighting, che uscirà a giugno 2015 (titolo della nuova versione della norma è UNI 15193-1: 2014 - Energy performance of buildings – Part 1: Energy requirement for lighting) ed alla redazione delle linee guida per l’utilizzo della norma stessa (prCEN/TR 15193-2). Le linee guida sono un prodotto nuovo di supporto alla norma 15193-1:2014 ed ha lo scopo di commentare tutte le sezione del testo della norma oltre che spiegare la procedura supportando l’utente nel suo utilizzo.
- GL 5 " Illuminazione stradale (misto Luce e illuminazione/Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture)". 3 riunioni in questa annualità, dove si è discusso su
  - Commenti e proposte sulle parti del prEN 13201 Road lighting: Parte 1 Selection of lighting classes , Parte 2 Performance requirements, Parte 3 Calculation of performance, Parte 4 Methods of measuring lighting performance, Parte 5 Energy Efficiency Requirements
  - -Proposta di calcolo del TI al gruppo CEN 168 TFG3
  - -Commenti sugli "Energy consumption indicators" D e AECI per il calcolo delle performances degli impianti di illuminazione stradale da discutere nell'incontro del TFG5 che si terrà a Milano il 15 ottobre
  - Votazione a livello europeo sulle varie parti del progetto prEN 13201 (Performance requirements, Calculation of performance, Methods of measuring lighting performance, Energy Efficiency Requirements)
- GL7 “Fotometria e colorimetria”: il lavoro ha riguardato soprattutto l’avanzamento del prEN 13032-4: Light and lighting — Measurement and presentation of photometric data —Part 4: LED lamps, modules and luminaires .
- Commissione UNI: c’è stata l’elezione del nuovo presidente della Commissione Luce e Illuminazione e la conseguente riorganizzazione della struttura dei GL.

### CIE Italia

ENEA partecipa alle attività di CIE Italia, ovvero la sezione italiana del Committee Internationale de l’Eclairage. Le attività sono svolte in diverse Divisioni, che a livello nazionale rispecchiano le Divisioni a livello mondiale (tabella 5) e si sono concretizzate in varie riunioni tecniche.

**Tabella 5: Le Divisioni di CIE**

<b>Divisione</b>	<b>Argomento trattato</b>
Division 1: Vision and Colour	To study visual responses to light and to establish standards of response functions, models and procedures of specification relevant to photometry, colorimetry, colour rendering, visual performance and visual assessment of light and lighting.
Division 2: Physical Measurement of Light and Radiation	To study standard procedures for the evaluation of ultraviolet, visible and infrared radiation, global radiation, and optical properties of materials and luminaires, as well as the optical properties and performance of physical detectors and other devices required for their evaluation.
Division 3: Interior Environment	To study and evaluate visual factors which influence the satisfaction

<i>Divisione</i>	<i>Argomento trattato</i>
and Lighting Design	of the occupants of a building with their environment, and their interaction with thermal and acoustical aspects, and to provide guidance on relevant design criteria for both natural and man-made lighting; as well as to study design techniques, including relevant calculations, for the interior lighting of buildings; incorporating these findings and those of other CIE Divisions into lighting guides for interiors in general, for particular types of interiors and for specific problems in interior lighting practice.
Division 4: Lighting and Signalling for Transport	To study lighting and visual signalling and information requirements of transport and traffic, such as road and vehicle lighting, delineation, signing and signalling for all types of public roads and all kinds of users and vehicles, and visual aids for modes other than road transport.
Division 5: Exterior Lighting and Other Applications	To study procedures and prepare guides for the design of lighting for exterior working areas, security lighting, flood lighting, pedestrian and other urban areas without motorized traffic, areas for sports and recreation, and for mine lighting.
Division 6: Photobiology and Photochemistry	To study and evaluate the effects of optical radiation on biological and photochemical systems (exclusive of vision).
Division 7:	(Not Allocated)
Division 8: Image Technology	To study procedures and prepare guides and standards for the optical, visual and metrological aspects of the communication, processing and reproduction of images, using all types of analogue and digital imaging devices, storage media and imaging media.

### **Delegazione italiana per Ecodesign ed Etichettatura Energetica**

ENEA fa parte della delegazione italiana per le attività presso la Commissione Europea per le Direttive Ecodesign ed Etichettatura Energetica. Vengono seguiti i diversi gruppi di prodotti oggetto di queste Direttive.

In particolare, per l'illuminazione, è in corso la revisione della fase 6 dei requisiti di ecodesign per le lampade del settore domestico, oggetto del Regolamento 244/2009.

In marzo 2014 è anche uscita la COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 518/2014 of 5 March 2014 amending Commission Delegated Regulations (EU) No 1059/2010, (EU) No 1060/2010, (EU) No 1061/2010, (EU) No 1062/2010, (EU) No 626/2011, (EU) No 392/2012, (EU) No 874/2012, (EU) No 665/2013, (EU) No 811/2013 and (EU) No 812/2013 with regard to labelling of energy-related products on the internet". Questo Regolamento è importante anche per i prodotti di illuminazione, poiché fissa le regole per l'etichettatura per i prodotti che entreranno sul mercato a partire da gennaio 2015.

Più in generale, è in corso un grande lavoro in Europa sul futuro dell'Etichettatura Energetica e dell'Ecodesign, Direttive che periodicamente vengono riviste, in termini di contenuto e anche – cosa non trascurabile in funzione dell'utente finale – della forma grafica e delle informazioni di prodotto: quest'ultimo punto non è da trascurare in quanto il successo di questi strumenti dipende anche dalla loro comprensibilità.

La revisione della Direttiva Etichettatura Energetica (2010/30/EU) richiede che la Commissione riporti al Parlamento Europeo e al Consiglio i risultati sulla "effectiveness" prima del 31 dicembre 2014. Per quanto riguarda la Direttiva Ecodesign (2009/125/EC), la revisione della Commissione del 2012 (COM(2012) ha concluso che aspetti specifici di questa Direttiva fossero giustamente (in quanto molto legati e complementari) da rivalutare nel 2014 insieme con l'Etichettatura Energetica.

E' stato fatto uno studio<sup>10</sup> e si sono svolti numerosi incontri per arrivare ai risultati previsti entro la fine del 2014.

<sup>10</sup> vedi <http://www.energylabelevaluation.eu/eu/home/>



### Supporto ad Autorità Nazionale Sorveglianza di Mercato

ENEA fornisce anche supporto tecnico al MiSE per la sorveglianza di mercato per la Direttiva Etichettatura Energetica (il MiSE è l’Autorità Italiana per la Sorveglianza di Mercato per questi prodotti in questa Direttiva): è iniziata ed è tuttora in corso una campagna pilota per la sorveglianza sulle lampade con attacco E27 ed E14, a tensione di rete, di tipo fluorescenti compatte con alimentatore integrato e ad alogeni. Quest’ultima attività è stata svolta in un’altra scheda del presente PAR e quindi non viene consuntivata in questa.

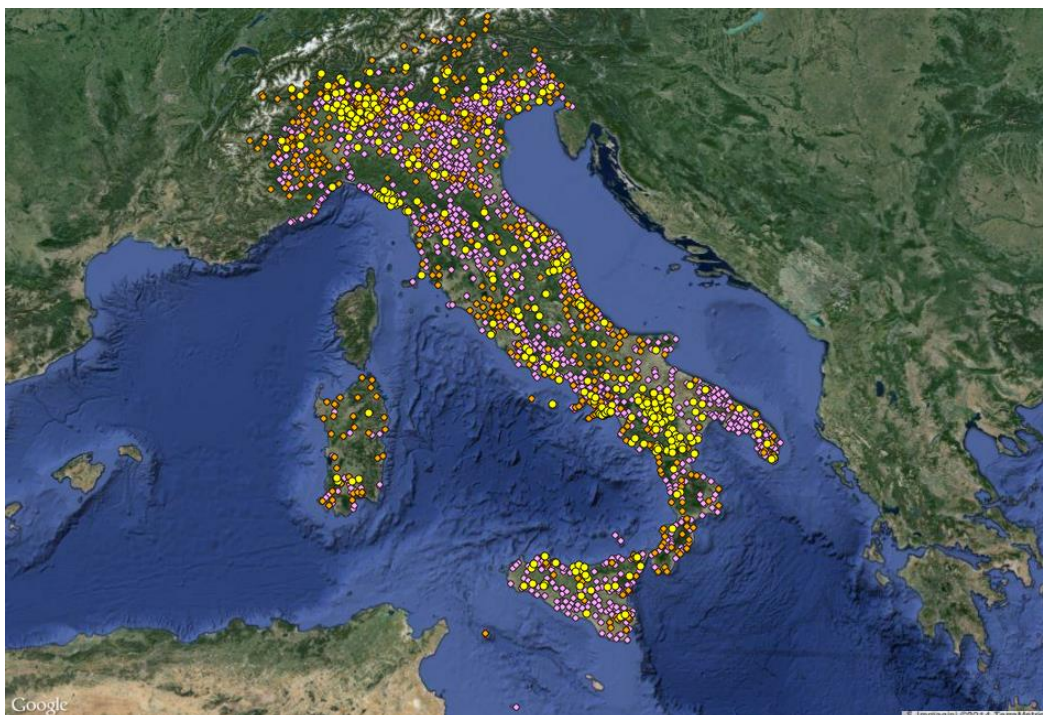
#### 1.1.4 Rappresentazione dei dati raccolti nel Progetto Lumière utilizzando sistemi informativi geografici (software GIS) (M.G.Villani)

Si è iniziato a sviluppare una procedura che permette l’analisi e la visualizzazione delle informazioni raccolte nell’ambito del progetto Lumière<sup>11</sup>.

Partendo dai dati raccolti nel progetto Lumière e facendo riferimento alle informazioni ISTAT su base territoriale reperibili in rete (sito: <http://www.istat.it/it/strumenti/cartografia>), i dati vengono tutti inseriti in un database (MS Access 2013) e vengono successivamente elaborati per estrarre le informazioni da rappresentare con software GIS (Quantum GIS, versione 1.8.0 Lisboa).

Allo stato attuale, l’introduzione dei dati su database, la loro analisi e la successiva visualizzazione mediante software GIS avvengono su PC locale e sono gestite manualmente. Tuttavia, c’è la possibilità di automatizzare il processo e di sviluppare procedure su Web server e interfacciamenti remoti che permettano a terzi di visualizzare le informazioni sui parametri d’interesse del progetto Lumière.

A titolo di esempio sulle potenzialità della procedura sviluppata, qui di seguito, viene riportata una rappresentazione di alcuni dei Comuni italiani, derivante dalle elaborazioni effettuate sui dati Lumière.



**Figura 21: Selezione dei dati raccolti nel progetto Lumière su territorio nazionale: Comuni nella fascia compresa fra i 5000 e i 50.000 abitanti invitati a partecipare al Progetto (rosa); Comuni invitati per appartenenza a gruppi virtuosi e aderenti al progetto Lumière tramite associazioni, provincie, agenzie del territorio (arancione); Comuni che hanno aderito singolarmente al progetto Lumière (giallo).**

<sup>11</sup> per il progetto Lumière, vedi [5]

Utilizzando le informazioni ISTAT fino al 31 dicembre 2013, si è scelto di rappresentare i seguenti Comuni Italiani:

- Comuni nella fascia compresa fra i 5000 e i 50.000 abitanti, inizialmente invitati a partecipare al Progetto Lumière (colore rosa).
- Comuni invitati per appartenenza a gruppi virtuosi e aderenti al progetto Lumière tramite associazioni, province, agenzie del territorio (Associazione Città slow, Associazione Comuni Virtuosi, Comuni Agenda 21, Comuni Kyoto, Provincia La Spezia, Sosvima, ecc.), colore arancione.
- Comuni che hanno aderito singolarmente al progetto Lumière compilando la scheda di adesione (colore giallo).

#### 1.1.5 La diffusione della cultura energetica presso l'ENEA di Ispra (P.Pistochini)

L'Unità Tecnica Tecnologie avanzate per l'Energia e l'industria - Laboratorio Sistemi Sperimentali per l'Uso Razionale dell'Energia (UTEEI – SISP), in collaborazione con l'Unità Tecnica Efficienza Energetica (UTEE) e con la Direzione Centro, ha promosso e realizzato una serie di attività di formazione e/o informazione presso la sede di Ispra che ha coinvolto 312 studenti..

Tali percorsi sono stati finalizzati a promuovere le conoscenze dell'ENEA e delle tematiche istituzionali con particolare riferimento al settore dell'efficienza energetica negli istituti scolastici.

I programmi di diffusione sono stati adattati agli interlocutori e prevedevano una parte teorica in aula, in collaborazione con l'Unità Tecnica Efficienza Energetica (UTEE) ed una pratica nei laboratori dell'Unità tecnica UTTEEI- SISP di Ispra.

La collaborazione con UTEE si riferisce alla partecipazione ai progetti europei Come On Labels, Atlete II, Buy Smart + e ProcA, il cui scopo è la promozione della conoscenza dell'etichettatura energetica dei principali elettrodomestici e dell'utilizzo di criteri ambientali nelle procedure di acquisto.

Con il supporto di UTTEEI-SISP e UTEE di Ispra oltre che dell'Unità Tecnica Tecnologie Saluggia, la Direzione Centro ha partecipato agli Students Days organizzati dalla Commissione Europea – Direzione Generale – Centro Comune di Ricerche di Ispra.

Tutte le attività, presentate nel dettaglio nei successivi paragrafi, sono state annunciate e documentate sul sito web ENEA di Ispra <http://www.enea.it/it/laboratori-di-ricerca-di-ispra>, oltre che nei siti dei progetti europei suddetti.

**Tabella 6 – Elenco corsi formativi – informativi 2014**

<b>Formazione / Informazione ENEA Ispra - 2014</b>					
<b>Data</b>	<b>Evento</b>	<b>Scuola / Istituto</b>	<b>Classe</b>	<b>Provenienza</b>	<b>N. studenti</b>
20/03/14	Formazione a richiesta	Liceo Classico ISIS Edith Stein	V	Gavirate (VA)	17
22/05/14	Formazione a richiesta	Istituto Statale di Istruzione Secondaria Superiore - ISS F. Daverio – N. Casula	corso IFTS per la conduzione del cantiere	Varese (VA)	22
13/05/14	Students' days	Scuola Primaria De Amicis	V	Legnano (MI)	62
13/05/14	Students' days	Scuola Europea	V	Varese (VA)	50
13/05/14	Students' days	Scuola Primaria	V	Limido Comasco (CO)	56
14/05/14	Students' days	Liceo Scientifico Casiraghi	IV	Cinisello (MI)	50
14/05/14	Students' days	Istituto Tecnico Economico ITE E.Tosi	I	Busto Arsizio (VA)	55



## La giornata formativa del Liceo Classico ISIS Edith Stein di Gavirate (VA)

I 17 ragazzi del Liceo Classico di Gavirate classe 5<sup>a</sup> hanno approfondito le loro conoscenze sulle tematiche energetiche tramite la partecipazione ad una lezione sull’etichettatura energetica, l’ecodesign e gli acquisti verdi, gli strumenti a disposizione dei consumatori per identificare i prodotti efficienti.

La giornata è proseguita con la visita ai laboratori CORVO e ICELAB dove i tecnici ed i ricercatori ENEA verificano le prestazioni energetiche rispettivamente delle lampade e degli apparecchi del freddo e i forni elettrici (vedi figura 22 e 23).



**Formazione ed informazione: Liceo classico ISIS Edith Stein – Ispra, 20.03.2014**

Nell’ambito del progetto comunitario Buy Smart+ ENEA organizzata a Ispra un corso di formazione sui temi dell’efficienza energetica e del green procurement. La giornata è indirizzata agli insegnanti e agli studenti della classe V del Liceo Classico ISIS Edith Stein di Gavirate che desiderano approfondire la conoscenza degli strumenti utilizzabili per individuare i beni e servizi eco-efficienti sul mercato, fra cui soprattutto le etichette energetiche ed ambientali comunitarie.

**Programma**

8:30 – 9:00	Accoglimento e presentazione della giornata
9:00 – 9:30	Le attività ENEA e il Progetto Buy Smart+, ecodesign ed efficienza energetica
9:30 – 10:30	Visita al laboratorio ICELAB
	<i>intervallo</i>
11:00 – 12:00	Visita al laboratorio di prova CORVO
12:00 – 12:30	Discussione e conclusione
	<i>Pranzo presso la mensa CCR</i>

**Contatti**

Per maggiori approfondimenti potete consultare il sito nazionale del progetto Buy Smart+:

[www.buy-smart.info/italian](http://www.buy-smart.info/italian)

oppure scrivere all’indirizzo e-mail dedicato: [informazioni\\_ENEA.ispra@enea.it](mailto:informazioni_ENEA.ispra@enea.it)

**Figura 22 - Programma formativo Liceo Classico ISIS E. Stein**

I ragazzi sono stati molto soddisfatti del percorso formativo proposto. Hanno riscosso molto interesse l’utilizzo della telecamera termica ed i test di efficienza energetica presentati nei laboratori.

A dimostrazione dell’interesse, una delle studentesse ha proposto luce e colore legate all’arte figurativa e letteratura come argomento della tesina per l’esame di maturità.



Figura 23 – Presentazione delle metodologie di prova delle prestazioni dei frigoriferi e dei forni all' ICELAB

### La giornata formativa dell'Istituto Istituto Statale di Istruzione Secondaria Superiore ISS F. Daverio – N. Casula di Varese (VA)

Il seminario del 22 maggio 2014 è stato organizzato per 22 studenti del corso IFTS per la conduzione del cantiere con diversi gradi di preparazione ed età.

Dopo una prima parte teorica finalizzata alla presentazione delle attività istituzionali dell'Agenzia ENEA e delle politiche comunitarie di promozione dell'efficienza energetica, i ragazzi hanno potuto approfondire le attività svolte nei laboratori sperimentali ENEA. La giornata è proseguita con una presentazione dell'edificio bioclimatico, sede dell'ENEA di Ispra, e con la visita al laboratorio ELSA del CCR, dove vengono svolte ricerche sulla stabilità degli edifici e sui materiali (vedi figure 24 e 25).



#### Formazione ed informazione: IFTS Daverio-Casula – Ispra, 22 maggio 2014

Nell'ambito del progetto comunitario Buy Smart+ ENEA organizzata a Ispra un corso di formazione sui temi dell'efficienza energetica e del green procurement. La giornata è indirizzata agli studenti del corso IFTS per la conduzione del cantiere dell'ISS F. Daverio – N. Casula di Varese (capofila delle locali iniziative ITS e PTP su efficienza energetica) che desiderano approfondire la conoscenza degli strumenti utilizzabili per individuare i beni e servizi eco-efficienti sul mercato, fra cui soprattutto le etichette energetiche ed ambientali comunitarie.

#### Programma

8:45 – 9:00	Accoglimento e presentazione della giornata
9:00 – 9:10	Le attività ENEA
9:10 – 9:30	Il Progetto Buy Smart+, ecodesign ed efficienza energetica
9:30 – 10:30	Visita ai laboratori ICELAB e FIRELAB
	<i>intervallo</i>
10:45 – 11:45	Visita al laboratorio di prova CORVO
11:45 – 12:30	Visita all'edificio bioclimatico ENEA
	<i>Pranzo presso la mensa CCR</i>
14:00 – 15:00	Visita al laboratorio ELSA del CCR

#### Contatti

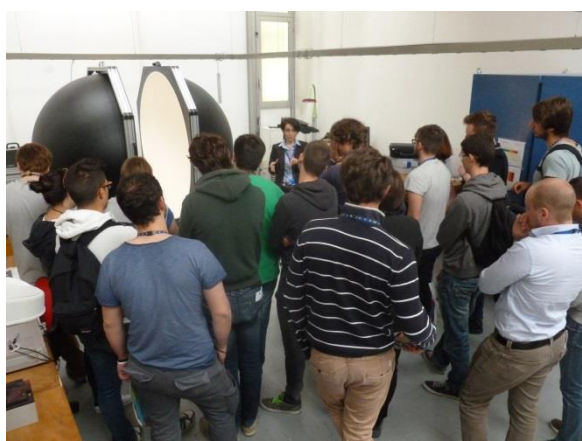
Per maggiori approfondimenti potete consultare il sito nazionale del progetto Buy Smart+:

[www.buy-smart.info/italian](http://www.buy-smart.info/italian)

oppure scrivere all'indirizzo e-mail dedicato: [informazioni\\_ENEA.ispra@enea.it](mailto:informazioni_ENEA.ispra@enea.it)



Figura 24 - Programma formativo ITISF. Daverio e N. Casula di Varese (VA)



**Figura 25 – I momenti del percorso formativo del 22 maggio 2014**

I ragazzi hanno manifestato interesse alle prove del mattone nel forno, alle tematiche di efficienza e risparmio energetico e la parte dimostrativa dei terremoti. Hanno apprezzato l'approccio, la sensibilità e la professionalità dei ricercatori.

## **Students' Days – Ispra (VA)**

Come tutti gli anni, ENEA ha aderito all'iniziativa promossa dal CCR di Ispra finalizzata a presentare le attività svolte nei laboratori di Ispra. Nel mese di maggio 2014 è stata organizzata una prima giornata dedicata agli studenti alle scuole primarie e secondarie ed una successiva per i gradi d'istruzione più alti.

Durante le giornate dello Students Days, il 13-14 maggio 2014, circa 270 tra alunni e studenti delle scuole elementari, medie e superiori hanno visitato la nostra sede. Durante l'evento agli alunni è stato consegnato un questionario per valutare l'indice di gradimento del programma proposto. 61 dei 270 ragazzi che hanno visitato ENEA, lo hanno indicato, tra gli altri, tra i laboratori preferiti (domanda: "Quale tra i laboratori visitati e le attività a cui hai partecipato ti è piaciuto/a di più?").

Gli insegnanti hanno compilato un questionario più dettagliato, dove si chiedeva loro di valutare l'interesse ai laboratori visitati o alle presentazioni alle quali avevano assistito. 11 insegnanti hanno compilato il questionario includendo ENEA. 5 insegnanti hanno dato il voto massimo (3/3), i rimanenti 6 hanno dato una valutazione intermedia (2/3).

Alla domanda "A partire dalla visita prevedete di poter impostare nel prossimo anno scolastico un lavoro di approfondimento/ricerca sul seguente tema..." gli insegnanti hanno risposto: luce-caldo/freddo, trasmissione energia elettrica, energia e ambiente.

I programmi delle due giornate sono riportate nel dettaglio.

- 13 maggio 2014 - Students' Days – Ispra (VA)

La prima giornata è stata dedicata alla visita dei 168 ragazzi delle classi V delle primarie di Legnano, Varese e Limido Comasco, divise per istituto scolastico di appartenenza.





**Programma ENEA per gli Students' Days – 13 maggio 2014**

**SCUOLE PRIMARIE E SECONDARIE DI PRIMO GRADO**

Come usare bene l'Energia e le altre risorse:

- Conoscere l'etichetta per risparmiare energia
- Luci in città: l'illuminazione pubblica spiegata ai ragazzi
- Visite ai laboratori di prova degli apparecchi di illuminazione CORVO e degli elettrodomestici ICELAB

Figura 26 – Il programma delle Scuole Primarie del 13 maggio 2014

Nella figura 26 viene riportata la locandina relativa al programma di circa un'ora proposto da ENEA includente una prima fase teorica, nella sala riunioni, di presentazione dell'etichettatura energetica dei principali elettrodomestici e delle lampade presenti all'interno ed esterno delle nostre abitazioni, nelle nostre città.

Relativamente alla parte sperimentale, durante la visita al laboratorio ICELAB è stata organizzata una gara a squadre per verificare il corretto riposizionamento della spesa nei frigoriferi domestici, mentre nel laboratorio CORVO sono stati eseguiti test di percezione della luce emessa dalle varie lampadine (vedi Figura 27).









**Figura 27 – I diversi momenti del programma delle Scuole Primarie del 13 maggio 2014**

- 14 maggio 2014 - Students' Days – Ispra (VA)

Durante la seconda giornata è stata invece organizzata la visita di 520 ragazzi della classe IV del Liceo scientifico G. Casiraghi di Cinisello (MI) e di 55 ragazzi della prima classe dell'Istituto Tecnico Economico ITE E. Tosi di Busto Arsizio (VA).





**studentdays JRC Ispra**

European Commission | 2014

**Programma ENEA per gli Students' Days – 14 maggio 2014**

**SCUOLE SECONDARIE DI SECONDO GRADO E UNIVERSITA'**

Come usare bene l'Energia e le altre risorse:

- Conoscere l'etichetta per risparmiare energia
- Visite ai laboratori di prova degli apparecchi di illuminazione CORVO e degli elettrodomestici ICELAB
- Il ruolo delle bio-energie nel quadro dell'uso sostenibile delle fonti rinnovabili
- Valutazioni sullo stato dei fiumi attraverso le comunità biologiche

**Figura 28 – Il programma delle Scuole Primarie del 13 maggio 2014**

Nella figura 28 viene riportata la locandina relativa al programma di circa un'ora e mezza proposto da ENEA.

La parte teorica, rappresentata nella figura 29, ha riguardato l'etichettatura energetica dei principali elettrodomestici e delle lampade i requisiti di ecodesign ed il green procurement. In collaborazione con l'Unità Tecnica di Saluggia sono state organizzate anche due presentazioni sul ruolo delle bio-energie nel quadro dell'uso sostenibile delle fonti rinnovabili e sulle valutazioni sullo stato dei fiumi attraverso le comunità biologiche.





**Figura 29 – Immagini della formazione teorica alle Scuole Superiori del 14 maggio 2014**

Relativamente alla parte sperimentale del programma (vedi figura 30), durante la visita al laboratorio ICELAB sono state presentate le procedure seguite per testare gli elettrodomestici del freddo ed i forni elettrici. Nel laboratorio CORVO sono stati eseguiti test di percezione della luce emessa dalle varie lampadine.



**Figura 30 – Immagini della formazione sperimentale alle Scuole Superiori del 14 maggio 2014**

Le giornate formative sono state organizzate grazie alla collaborazione con l'Unità Informazione e promozione dei progetti ENEA per i pannelli espositivi, l'Unità Comunicazione per l'aggiornamento del sito web, l'Unità Rapporti con i Media per il comunicato stampa e con l'Unità ICT che ha creato la casella di

posta elettronica dedicata, [eventienea\\_ispra@enea.it](mailto:eventienea_ispra@enea.it), messa a disposizione degli studenti per le richieste di approfondimento delle tematiche affrontate.

## 2 Conclusioni

La sperimentazione sul campo di sistemi di illuminazione innovativa in ambienti industriali si è concretizzata nella realizzazione del nuovo sistema di illuminazione (chiamato HumbleBee) in un laboratorio ENEA: sono quindi stati installati apparecchi (prototipi) con LED e fosfori remoti e un sistema al controllo dinamico e al monitoraggio del sistema. L'attività ha incontrato parecchi problemi di tipo hardware e software: si sono cercate le cause e individuate soluzioni, ed è in fase di realizzazione una serie di modifiche all'impianto che non solo lo renderanno funzionale e con caratteristiche migliorate, ma anche più modulare e flessibile per usi futuri di ricerca.

Uno dei problemi base che rimane, al di là del caso specifico, è l'intrinseca difficoltà nel gestire la comunicazione col protocollo DALI che, nonostante sia considerato uno standard ben definito, è presente sul mercato con diversi "dialetti".

La ricerca sulla resa cromatica delle sorgenti luminose legata al contesto ha dimostrato che il contesto è importante ma ha anche evidenziato difficoltà metodologiche per i test stessi: si è visto che nell'esecuzione del test basato sul paradosso di Albers entrano parecchi elementi di disturbo legati alla lunghezza e alla precisione del compito visivo e questo può influenzare i risultati del test stesso. Sono quindi stati definiti protocolli per altre prove che saranno svolte nella prossima annualità.

A livello normativo molte attività si sono svolte sia in Italia che a livello europeo e internazionale su diversi argomenti: contributo dell'illuminazione per il bilancio energetico degli edifici, metodi di misura per lampade e apparecchi a LED, illuminazione stradale, stato dei requisiti di Ecodesign per i prodotti di illuminazione (è possibile applicare realmente la "fase 6"?), etichettatura dei prodotti in vendita in Internet e, più in generale, il futuro dell'Etichettatura Energetica e dell'Ecodesign.

E' stata fatta una prima esperienza di rappresentazione di dati relativi all'illuminazione pubblica con i Comuni del progetto Lumière tramite GIS. Si prevede di continuare e approfondire questa attività, sia per scopi di ricerca all'interno del progetto stesso, sia per l'immediatezza di visualizzazione e la facilità di lettura di informazioni da parte dei Comuni e dei cittadini interessati.

Le attività divulgative in generale sulla "cultura energetica", concretizzate attraverso numerosi incontri soprattutto con gruppi di studenti, hanno confermato il grande interesse che le nuove generazioni hanno nei confronti dell'argomento e quindi la potenzialità educativa di questi eventi per i "cittadini di domani".

## 3 Riferimenti bibliografici

1. M.Rossi, F.Musante, D.Casciani, "Lighting design nell'industria", settembre 2014, RdS/PAR2013/065
2. L. Blaso, O. Li Rosi, S. Fumagalli, G. Leonardi, V. Tarantini, R. Pollidori, E. Rusconi, A. Frascione, A. Antonelli "Metodi sperimentali per la valutazione della qualità della luce, sviluppo di sistemi a LED", Settembre 2013, RdS/2013/114
3. A.Rizzi, C.Bononomi, "Analisi dell'influenza dei fattori contestuali sulla resa cromatica delle sorgenti di luce", settembre 2014, RdS/PAR2013/066

4. A. Rizzi, C. Bonanomi, L. Blaso, O. Li Rosi, S. Fumagalli, “Metodi sperimentali per la quantificazione dell’indice di resa cromatica di una sorgente luminosa e studio di approcci computazionali alternativi di tipo percettivo”, settembre 2013, RdS/2013/108
5. N. Gozo, M. Annunziato, S.Fumagalli, G.Giuliani, C. Honorati Consonni, M.G. Villani,“Osservatorio per la Pubblica Illuminazione e modello di Management per gli impianti e il servizio”, settembre 2014, RdS/PAR2013/068