



Ricerca di Sistema elettrico

Lighting Design for Wellbeing

M. Rossi, D. Casciani, F. Musante

LIGHTING DESIGN FOR WELLBEING

M. Rossi, D. Casciani, F. Musante (Politecnico di Milano, Dipartimento di Design

Luglio 2015

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

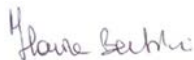
Piano Annuale di Realizzazione 2014

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

Progetto: C1 "Risparmio di energia nei settori: industria, servizi e civile"

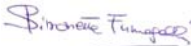
Obiettivo: c.2 Progettazione e sperimentazione con sistemi a LED innovativi

Responsabile del Progetto: Ilaria Bertini, ENEA



Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di col

Responsabile scientifico ENEA: Simonetta Fumagalli



Responsabile scientifico Politecnico di Milano: Prof. Maurizio Rossi



Indice

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | SOMMARIO | 6 |
| 2 | ATTIVITÀ A: METODOLOGIA DI RICERCA | 7 |
| 2.1 | FASE 1: REVISIONE DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA | 7 |
| 2.2 | FASE 2: ELABORAZIONE DI LINEE GUIDA | 7 |
| 2.3 | FASE 3: DEFINIZIONE DI CONCEPT, IPOTESI E SCENARI PROGETTUALI | 7 |
| 2.4 | FASE 4: MONITORAGGIO DELL'IMPATTO DEI CONCEPT | 8 |
| 2.5 | FASE 5: CONCLUSIONI | 8 |
| 3 | ATTIVITÀ A.1: UNA POPOLAZIONE CHE INVECCHIA | 9 |
| 3.1 | IL FENOMENO DELL'“ACTIVE AGING” | 9 |
| 3.2 | IL FENOMENO DEI BABY BOOMERS | 10 |
| 3.3 | IL FENOMENO DELL'AGING IN PLACE..... | 10 |
| 3.3.1 | <i>Perché invecchiare in Place</i> | 10 |
| 3.3.2 | <i>Anzianità e domesticità</i> | 12 |
| 4 | PRINCIPALI PROBLEMI DEGLI ANZIANI..... | 14 |
| 4.1 | PROBLEMI DELLA VISTA DOVUTI ALL'INVECCHIAMENTO | 14 |
| 4.2 | PROBLEMI RELATIVI AI DISORDINI DEL SONNO E AL SISTEMA CIRCADIANO | 17 |
| 4.3 | PROBLEMI RELATIVI AL DECLINO COGNITIVO | 19 |
| 4.4 | PROBLEMI RELATIVI AI CAMBIAMENTI NEURALI (MCI, MILD COGNITIVE IMPAIRMENT) | 20 |
| 4.5 | PROBLEMI RELATIVI ALLA DEMENZA DI TIPO AZHEIMER, DAT | 20 |
| 4.6 | PROBLEMI RELATIVI ALLA MOBILITÀ..... | 20 |
| 5 | LA PROGETTAZIONE DELL'ILLUMINAZIONE PER UNA CASA PER ANZIANI | 22 |
| 5.1 | LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DELL'ILLUMINAZIONE | 23 |
| 5.2 | SOLUZIONI DI ILLUMINAZIONE SPECIFICHE..... | 26 |
| 5.2.1 | <i>Illuminazione generale</i> | 26 |
| 5.2.2 | <i>Illuminazione diretta vs illuminazione indiretta</i> | 28 |
| 5.2.3 | <i>Visual Task e Task lighting</i> | 29 |
| 5.2.4 | <i>Illuminazione personalizzabile in base a diverse attività domestiche</i> | 30 |
| 5.2.5 | <i>Illuminazione dinamica</i> | 30 |
| 5.2.6 | <i>Illuminazione e umore</i> | 31 |
| 5.2.7 | <i>Sistema impiantistico</i> | 31 |
| 5.2.8 | <i>Illuminazione + sistema circadiano</i> | 31 |
| 5.2.9 | <i>Illuminazione + orientamento + mobilità</i> | 36 |
| 6 | ATTIVITÀ A.2: PROPOSTA DI UNA SERIE DI CONCEPT PER L'ILLUMINAZIONE DOMESTICA DEGLI ANZIANI DEL FUTURO | 42 |
| 6.1 | AREE DI RICERCA SELEZIONATE (EVIDENCE-BASED DESIGN) | 42 |
| 6.2 | LA CASA CIRCADIANA – LUCE PER UNA BUONA SALUTE | 44 |
| 6.2.1 | <i>Illuminazione serale – stanza da letto</i> | 44 |
| 6.2.2 | <i>Illuminazione notturna – stanza da letto e bagno</i> | 45 |
| 6.2.3 | <i>Illuminazione diurna – stanza da letto / cucina / soggiorno / sala da pranzo</i> | 46 |
| 6.3 | LA CASA SICURA – LUCE GUIDA | 55 |
| 6.3.1 | <i>Illuminazione di movimento</i> | 55 |
| 6.3.2 | <i>Illuminazione di orientamento</i> | 57 |
| 6.3.3 | <i>Illuminazione di manipolazione e di concentrazione</i> | 59 |
| 6.4 | LA CASA CHE CRESCE CON TE – LUCE ADATTIVA E DUREVOLE | 61 |
| 6.4.1 | <i>La luce adattiva</i> | 61 |
| 6.4.2 | <i>La luce durevole</i> | 61 |
| 6.5 | LA CASA SU MISURA – UN SERVIZIO DI CUSTOMIZZAZIONE DELL'ILLUMINAZIONE DOMESTICA | 61 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 6.5.1 | <i>Fase di analisi, progetto e installazione</i> | 61 |
| 6.5.2 | <i>Fase di funzionamento del sistema: adattamento, manutenzione, integrazione, up-grading tecnologico</i> | 62 |
| 7 | FASE DI MONITORAGGIO | 64 |
| 7.1 | SCOPI E STRUMENTI DEL MONITORAGGIO | 64 |
| 7.1.1 | <i>Ambiente: Spazio domestico e qualità luminosa</i> | 64 |
| 7.1.2 | <i>Individuo: Indipendenza e livello di fragilità</i> | 64 |
| 7.1.3 | <i>Luce: Valutazione dei concept, scenari, ipotesi progettuali</i> | 64 |
| 7.2 | PARTECIPANTI | 65 |
| 7.3 | RISULTATI | 65 |
| 7.3.1 | <i>Profilo utente</i> | 65 |
| 7.3.2 | <i>Valutazione delle soluzioni, degli scenari e dei concept</i> | 69 |
| 7.3.3 | <i>Misure sull'ambiente</i> | 71 |
| 8 | CONCLUSIONI | 76 |
| 9 | ALLEGATI ATTIVITÀ A | 77 |
| 9.1 | ALLEGATO 1 | 77 |
| 9.2 | ALLEGATO 2 | 81 |
| 9.3 | ALLEGATO 3 | 82 |
| 10 | ATTIVITÀ B: OFFICE LIGHTING DESIGN FOR WELLBEING | 84 |
| 10.1 | ALCUNI TREND NELLA PROGETTAZIONE DELL'UFFICIO CONTEMPORANEO | 84 |
| 10.1.1 | <i>Luogo sociale oltre a luogo lavorativo</i> | 84 |
| 10.1.2 | <i>Flessibilità, variabilità ed espressione del se':</i> | 84 |
| 10.1.3 | <i>Nuovi strumenti di lavoro</i> | 86 |
| 10.1.4 | <i>Il futuro dell'illuminazione dell'ufficio</i> | 88 |
| 10.1.5 | <i>Stato dell'arte</i> | 89 |
| 10.2 | SCENARIO 1: BIO-INSPIRED OFFICE LIGHTING ATMOSPHERE | 91 |
| 10.2.1 | <i>Caratteristiche dell'illuminazione</i> | 91 |
| 10.3 | SCENARIO 2: LUMINOUS OFFICESCAPE | 93 |
| 10.4 | SCENARIO 3: SENSING AT WORK | 94 |
| 11 | ATTIVITÀ B1: PROTOTIPO DI ILLUMINAZIONE COELO | 101 |
| 11.1 | DESIGN: RIPROGETTARE IL COELO | 101 |
| 11.2 | DESIGN: CONCEPT E MOODBOARD | 102 |
| 11.3 | ILLUMINAZIONE: CARATTERISTICHE FOTOMETRICHE E OTTICHE | 105 |
| 11.4 | FUNZIONALITÀ: CARATTERISTICHE TERMICHE | 111 |
| 11.5 | FUNZIONALITÀ: CARATTERISTICHE ELETTRICHE | 111 |
| 11.6 | PROTOTIPAZIONE: CARATTERISTICHE DI REALIZZAZIONE, COMPONENTI E ASSEMBLING | 113 |
| 11.7 | CONTROLLO E GESTIONE | 114 |
| 12 | ATTIVITÀ B2: PROTOTIPO DI ILLUMINAZIONE ASTERISM | 117 |
| 12.1 | DESIGN: CONCEPT E MOODBOARD | 117 |
| 12.2 | ILLUMINAZIONE: CARATTERISTICHE FOTOMETRICHE E OTTICHE | 124 |
| 12.2.1 | <i>Modulo di illuminazione diretta</i> | 127 |
| 12.2.2 | <i>Modulo di illuminazione indiretta</i> | 131 |
| 12.2.3 | <i>Scenari di illuminazione e simulazione</i> | 133 |
| 12.3 | FUNZIONALITÀ: CARATTERISTICHE TERMICHE | 143 |
| 12.4 | FUNZIONALITÀ: CARATTERISTICHE ELETTRICHE | 145 |
| 12.5 | PROTOTIPAZIONE: CARATTERISTICHE DI REALIZZAZIONE, COMPONENTI E ASSEMBLAGGIO | 146 |
| 12.6 | CONTROLLO E GESTIONE | 148 |
| 13 | ATTIVITÀ B3: SPERIMENTAZIONE | 150 |
| 14 | CONCLUSIONI | 154 |
| 15 | ALLEGATI ATTIVITÀ B | 156 |

| | | |
|------|---|-----|
| 15.1 | ALLEGATO 4: DISEGNI E MODELLO 3D DEL PROTOTIPO COOELO (ATTIVITÀ B1) | 156 |
| 15.2 | ALLEGATO 5: FILE FOTOMETRICI DI INTERSCAMBIO PROTOTIPO COOELO | 156 |
| 15.3 | ALLEGATO 6: DISEGNI E MODELLO 3D DEL PROTOTIPO ASTERISM (ATTIVITÀ B2) | 156 |
| 15.4 | ALLEGATO 7: FILE FOTOMETRICI DI INTERSCAMBIO PROTOTIPO ASTERISM | 157 |
| 16 | RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 158 |

1 Sommario

La ricerca "Lighting Design for Wellbeing" approfondisce due tematiche applicative nelle seguenti attività:

- attività A riguarda il tema dell'illuminazione domestica relativa al target della popolazione anziana considerando i problemi relativi alla vista e alla mobilità, le patologie relative al sistema cognitivo e le esigenze di illuminazione, sia naturale che artificiale. L'obiettivo principale dello studio è quello di identificare le implicazioni dell'illuminazione al fine di garantire sicurezza, benessere e in generale cercare di migliorare la qualità della vita degli anziani nel proprio ambito familiare e domestico (considerando il fenomeno dell' "aging in place" e dell' "active aging") e individuare potenziali temi di ricerca e di sviluppo.
- attività B riguarda il tema dell'illuminazione di ufficio in relazione agli aspetti fisiologici e psicologici che la luce artificiale induce sugli esseri umani tenendo in considerazione i nuovi strumenti di lavoro e le nuove necessità sociali in contesti di lavoro moderni. L'obiettivo principale dello studio è quello di identificare e definire una serie di scenari e atmosfere di luce volte al benessere e al comfort nell'ambito lavorativo con lo scopo di sviluppare dei prototipi di studio che siano poi utilizzabili per test sperimentali effettuati sul campo.

Entrambe le attività sono state sviluppate mediante un'approfondita analisi e revisione della letteratura scientifica esistente e selezionando i risultati e le conclusioni più significative tramite l'elaborazione di una serie di linee-guida e di una serie di concept, ipotesi e scenari progettuali.

Nell'attività A si presentano come risultati della ricerca le linee guida e i concept mediante disegni, schizzi e mock-up preliminari utili a rendere in modo facilmente comprensibile l'idea di illuminazione domestica per utenti anziani. Oltre a ciò si presentano i risultati di monitoraggio qualitativo su un gruppo di controllo di soggetti volto a mettere in luce i bisogni, le motivazioni e le barriere in materia di illuminazione domestica per una corretta transizione verso la terza età. I valori e i disvalori percepiti dagli utenti, coinvolti nelle fasi preliminari di sviluppo della ricerca e della progettazione, diventano essenziali sia per poter sviluppare una prima discussione sul tema sia per poter avere dei feedback interessanti per eventuali fasi successive di sviluppo.

Nell'attività B si presentano come risultati della ricerca una serie di scenari applicativi futuribili mediante schizzi, proposte e prove realizzate in laboratorio (soprattutto per quanto concerne la parte che riguarda la sensoristica). Oltre a ciò sono stati sviluppati due sistemi di illuminazione (COELO e Asterism) con prestazioni e caratteristiche molto diverse tra di loro in forma di prototipi fisici il cui scopo è quello di giungere alla definizione di un sistema di illuminazione per applicazioni di ufficio che non risponda solo a criteri di risparmio energetico, ridotta manutenzione e miglioramento del comfort visivo per i lavoratori, ma cerchi anche di indagare aspetti riguardanti il benessere psico-percettivo dell'individuo mediante una luce dinamica, personalizzabile e bio-ispirata. I prototipi sono stati studiati e realizzati mediante tecniche di prototipazione rapida e sono dotati di un sistema di controllo integrato per poter essere installati in un ambiente di lavoro sperimentale e quindi poter essere utilizzati per ulteriori test di ricerca.

2 Attività A: Metodologia di ricerca

Lo ricerca si ispira al metodo della progettazione basata su prove di efficacia (EBD, evidence-based design¹) e consiste nella definizione di ipotesi e scenari progettuali a partire da un approfondito processo di ricerca di fonti scientifiche credibili tramite la valutazione e l'uso sistematico dei risultati di tali studi. L'approccio enfatizza dunque la possibilità di utilizzare i risultati di studi scientifici precedenti, identificati, analizzati e incrociati, al fine di influenzare il processo di design. La ricerca è stata divisa in quattro fasi (Figura 1):

- approfondita analisi e revisione della letteratura scientifica esistente;
- selezione dei risultati e delle conclusioni più significative tramite elaborazione di una serie di linee-guida;
- definizione di una serie di concept, ipotesi e scenari progettuali;
- monitoraggio preliminare dell'impatto dei concept mediante un'indagine;

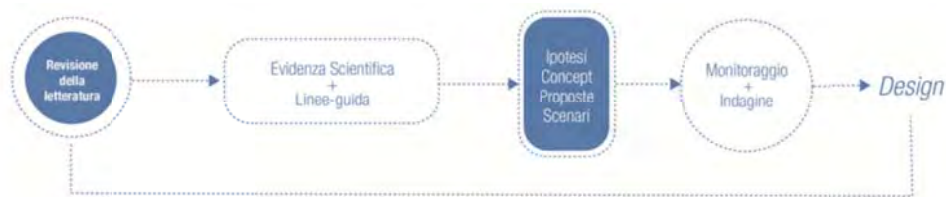


Figura 1- Metodologia di ricerca - Schema di lavoro

2.1 Fase 1: Revisione della letteratura scientifica

La ricerca si è focalizzata sulla revisione sistematica della letteratura internazionale sul tema dell'illuminazione domestica relativa al target della popolazione anziana considerando i problemi relativi alla vista e alla mobilità, le patologie relative al sistema cognitivo e le esigenze di illuminazione, sia naturale che artificiale. L'obiettivo principale dello studio è quello di identificare le implicazioni dell'illuminazione al fine di assicurare sicurezza, benessere e in generale migliorare la qualità della vita degli anziani nel proprio ambito familiare e domestico (considerando il fenomeno dell' "aging in place" e dell' "active aging") e individuare potenziali temi di ricerca e di sviluppo. Dal momento che gli studi fatti in ambito domestico sono limitati, sono stati presi in considerazione anche studi sviluppati all'interno di case di riposo e ospedali e situazioni domestiche ricostruite in laboratorio.

La revisione della letteratura effettuata e aggiornata durante il periodo degli studi si è concentrata su articoli pubblicati su riviste scientifiche, studi statistici sul fenomeno sociale dell'invecchiamento a livello europeo, studi di settore sulla progettazione e pubblicazioni in conferenze, così come la consultazione di norme e raccomandazioni di pratica in materia di illuminazione domestica. Una sintesi di quanto disponibile in letteratura è riportata nel Paragrafo 3 *Attività A.1: Una popolazione che invecchia* (pag.9) e nel Paragrafo 4 *Principali problemi degli anziani* (pag.14).

2.2 Fase 2: Elaborazione di linee guida

La sintesi dei diversi studi e ricerche confluisce in una raccolta delle migliori pratiche utili a mappare i risultati più significativi, delineare il benchmark ed estrapolare conclusioni in termini di bisogni, contesto, riferimenti, spunti, potenzialità, problematiche, alternative e visioni progettuali. Tali analisi sono preliminari e utili a definire una serie di linee-guida e di obiettivi strategici per la successiva fase di identificazione di ipotesi progettuali. Le linee guida elaborate in modo sintetico e tematico sono riportate nel Paragrafo 5 - *La progettazione dell'illuminazione per una casa per anziani* (pag.22).

2.3 Fase 3: Definizione di concept, ipotesi e scenari progettuali

L'analisi porta alla definizione di una serie di concept da intendersi come ipotesi progettuali in forma di 'work in progress' ovvero una serie di proposte ancora aperte e declinabili. I concept sono presentati mediante disegni, schizzi e mock-up preliminari utili a rendere in modo semplificato e facilmente percepibile e presentabile l'idea e quindi poter effettuare eventuali prove pilota e testare tali ipotesi con un

gruppo di controllo. I concept sono riportati in forma sintetica al Paragrafo 6 Attività A.2: Proposta di una serie di concept per l'illuminazione domestica degli anziani del futuro (pag. 42).

2.4 Fase 4: Monitoraggio dell'impatto dei concept

La fase di monitoraggio prevede una preliminare selezione di un numero di partecipanti (individuati in base alle caratteristiche target precedentemente espresse) in grado di poter partecipare ad una indagine sia sullo stato dell'arte dell'illuminazione esistente nel loro ambiente domestico, sia ad un'indagine qualitativa in forma di questionario e di intervista sulle preferenze relative ai concept precedentemente elaborati. Lo scopo di questa fase è monitorare il modo in cui questi nuovi scenari, prodotti, sistemi e servizi di illuminazione siano percepiti in termini di opportunità nell'ambito domestico dal target di riferimento.

Questa fase non ha lo scopo di essere esaustiva o di avere una valenza statistica ma piuttosto di rivelare i bisogni, le motivazioni e le barriere in materia di illuminazione domestica per una corretta transizione nella terza età. I valori e i disvalori percepiti dagli utenti, coinvolti nelle fasi preliminari di sviluppo della ricerca e della progettazione, diventano essenziali sia per poter sviluppare una prima discussione sul tema sia per poter avere dei feedback interessanti per eventuali fasi successive di sviluppo che esulano la presente ricerca. Questo approccio è proprio di un design partecipativo, iterativo e user-centered.

2.5 Fase 5: Conclusioni

Questa fase prevede la definizione di conclusioni di ricerca e di design preliminare ad una seconda fase di sviluppo di una o più soluzioni per effettuare dei test più specifici con i prototipi in situazioni reali.

3 Attività A.1: Una popolazione che invecchia

3.1 Il fenomeno dell'“Active Aging”

La popolazione dell'Unione europea sta cambiando e diventando progressivamente più anziana. Nel 2010 si contavano poco più di 87 milioni di persone di 65 anni e oltre (EU-27), circa il 17,4 % della popolazione totale². Inoltre secondo l'Eurostat, l'Italia, insieme alla Germania, conta la popolazione più vecchia d'Europa (nel 2014 le persone con oltre 64 anni hanno raggiunto il 21,4%).

Un aumento costante dell'aspettativa di vita in tutta l'UE durante il secolo scorso ha portato ad una maggiore longevità, mentre nei decenni più recenti - dal 1970 in avanti - l'Unione europea ha vissuto una caduta progressiva dei tassi di fertilità. Questi profondi cambiamenti rappresentano una questione fondamentale per la società che, con l'invecchiamento della popolazione, si appresta a fronteggiare gravi implicazioni per le politiche pubbliche e dei bilanci. Molte delle conseguenze del costante invecchiamento della popolazione europea sono universali e includono:

- pressione sui bilanci pubblici e sui sistemi fiscali;
- tensioni sui sistemi pensionistici e di sicurezza sociale;
- regolare i luoghi di lavoro di una forza lavoro che invecchia;
- carenza di manodopera dal momento che il numero delle persone in età lavorativa diminuisce;
- la probabile necessità di un aumento del numero degli operatori sanitari qualificati;
- aumento della domanda di servizi sanitari e di cure di lunga durata (istituzionalizzate);
- potenziale conflitto tra generazioni sulla distribuzione delle risorse .

Mentre molti europei anziani conducono una vita attiva, sana e partecipativa dopo il loro pensionamento in quella che viene spesso denominata “terza età”, altri si trovano ad affrontare problemi, come ad esempio povertà, malattia o disabilità, che possono potenzialmente limitare il loro stile di vita. Per questo motivo, la Comunità Europea promuove il fenomeno dell'“Invecchiamento attivo” (active aging) definito dalla OMS come “il processo di ottimizzazione delle opportunità di salute, della partecipazione e sicurezza, al fine di migliorare la qualità della vita nel momento in cui si invecchia” . La definizione comprende quindi la nozione di estendere l'attività degli anziani all'interno della forza lavoro, ritardando la loro pensione, e nella società, attraverso la partecipazione ad una serie di attività sociali, economiche, civili e culturali. Inoltre si considera fondamentale attivare sistemi di prevenzione della salute che possano promuovere la diagnosi precoce delle malattie e aiutare le persone anziane a mantenere la loro salute e la capacità di vivere in modo indipendente. La OMS definisce la salute facendo riferimento al “benessere fisico, mentale e sociale” degli individui. L'invecchiamento attivo è basato sulla promozione della salute per tutta la vita di un individuo, al fine di prevenire i problemi di salute fin dalla giovane età promuovendo uno stile di vita sano attraverso azioni che cercano di aumentare i livelli di attività fisica e di condurre uno stile di vita salubre. La qualità della vita include sia la salute fisica ma anche e soprattutto la percezione di un individuo legata a fattori psicologici modellati attraverso le relazioni sociali, le convinzioni personali, i sentimenti di isolamento / solitudine o preoccupazioni per la sicurezza. Molte delle sfide che gli anziani devono affrontare nella loro vita, giorno per giorno, sono legate all'autonomia e indipendenza delle loro condizioni di vita.

In aggiunta a questo, "essere anziano" non è uno status omogeneo di dipendenza e declino ma è costituito da un lungo periodo eterogeneo che va dal prepensionamento alla dipendenza fisica e mentale in quattro fasi³:

- Fase 1: i periodo relativo all'ultima fase di lavoro è caratterizzato da elevata indipendenza e da quasi totale assenza di limitazioni riguardanti le attività quotidiane (dai 60 ai 65 anni).
- Fase 2: durante l'età pensionabile autonoma, le persone possono ancora realizzare attività complesse in modo autonomo, nonostante i problemi di salute legati all'età. Si tratta di soggetti che godono di una buona situazione sociale ed economica. (dai 65 ai 75 anni).

- **Fase 3:** A causa della maggiore fragilità di questo periodo, occuparsi delle attività quotidiane è ancora possibile ma si ingenerano una serie di complicazioni. In questa fase si tende ad essere dipendenti dagli altri nell'espletare attività quotidiane complesse. In questa fase gli individui godono di una migliore salute mentale che fisica (dai 75 agli 80 anni).
- **Fase 4:** Gli anziani in questa fase sono spesso non autosufficienti, anche per attività molto semplici a causa di limitazioni cognitive (dovute anche alla demenza senile) e fisiche progressive (dagli 80 anni in poi).

3.2 Il fenomeno dei Baby Boomers

La struttura della popolazione attuale dei paesi europei è caratterizzata da un numero particolarmente elevato di persone nate nei due decenni successivi alla fine della seconda guerra mondiale, e in particolare in Italia tra il 1959 e il 1964. Questa è spesso definita la generazione del baby-boom e sarà nel prossimo decennio che questi inizieranno ad andare in pensione. Le proiezioni demografiche dell'Eurostat prevedono che il numero di persone di età superiore ai 60 anni aumenterà di circa due milioni di persone all'anno nei prossimi decenni, mentre la popolazione in età lavorativa inizierà a ridursi⁴. Ciò si tradurrà in un numero crescente di persone molto anziane (età 80 o sopra) e meno giovani a prendersi cura di loro (familiari o gli operatori sanitari).

3.3 Il fenomeno dell'Aging in place

Dai risultati di un'indagine AARP (American Association of Retired Persons) riferiti alla realtà statunitense, circa il 70% degli anziani trascorre il resto della propria vita nel luogo dove ha celebrato il proprio 65° compleanno. Secondo il Journal of Housing for the Elderly, Aging in place è la possibilità di evitare il trasferimento dalla propria residenza al fine di veder assicurati i necessari servizi di supporto ai propri mutati bisogni.

Con questa espressione ci si riferisce al vivere dove si è vissuto per molti anni, o al vivere in un contesto non specificamente di assistenza sanitaria, e usare prodotti, servizi e comodità per poter evitare il trasferimento non appena le proprie condizioni di salute cambino.

Più recentemente "Aging in Place" è anche un termine usato nel marketing da chi si occupa del business degli alloggi per anziani. Le CCRCs (Continuing Care Retirement Communities – Comunità di Cura Permanente per gli Anziani), per definizione offrono la possibilità di invecchiare in place, ma non prima di un cambiamento di residenza in specifici alloggi organizzati. I cosiddetti "campus multilivello" offrono una vita indipendente, assistita, e talvolta anche le dovute cure per patologie come l'Alzheimer, e infermieri specializzati, assicurando così l'opportunità di invecchiare in place. Ma è comunque necessario spostarsi, per prima cosa. In molti casi si tratta semplicemente di un trasloco da un'ala all'altra del campus per usufruire di ulteriori servizi.

In questo documento si fa riferimento a richieste e bisogni correlati all'invecchiamento in place senza un precedente trasferimento (ovvero all'interno del proprio nucleo domestico e familiare).

3.3.1 Perché invecchiare in Place

Una significativa preoccupazione che cresce all'aumentare dell'età della popolazione è quella di dover abbandonare la propria abitazione. Questo significherebbe lasciarsi alle spalle un'accogliente e stabile comunità familiare e molti ricordi.

In più, generalmente, in caso di trasferimento di residenza, viene persa una certa quota di controllo. Questo "controllo" assicura l'attaccamento alla propria percezione di dignità, di qualità della vita e di indipendenza. La propria casa è un importante elemento di sicurezza, in questo senso.

Molti pensionati americani desiderano stare nelle loro case per il resto della propria vita. Un'indagine AARP ha stimato infatti che questo desiderio è avvertito da più dell'80% degli anziani. Questo approccio dello "stare in casa" è conosciuto, appunto, anche come Aging in place. Sono di seguito citate alcune motivazioni per questa forte preferenza per l'invecchiamento in place:

- ambiente confortevole

- sentimento di indipendenza
- comodo accesso ai servizi
- familiarità con l'ambiente di residenza
- sicurezza e stabilità
- prossimità alla famiglia.

Alcuni Stati membri dell'Unione europea hanno sviluppato una serie di politiche volte a favorire l'aging in place il più a lungo possibile, in modo che gli anziani possano mantenere la loro indipendenza. L'efficacia di tale approccio dipende, almeno in una certa misura, su una buona pianificazione e ristrutturazione degli interni al fine di soddisfare le esigenze delle generazioni più anziane. Infatti per accompagnare i mutamenti fisici, mentali o psicologici dovuti l'età, sono necessari degli accorgimenti concreti all'interno della casa.

Il processo di invecchiamento è ritenuto la causa dei numerosi problemi che gli anziani incontrano nelle diverse attività quotidiane. In ogni caso, spesso è piuttosto la casa a creare dei problemi. La maggior parte degli edifici residenziali è progettata per adulti giovani e sani. I costruttori non prendono in considerazione le condizioni correlate all'età, come ad esempio la ridotta mobilità o la minor capacità di raggiungimento degli oggetti. Per questo, gli alloggi non supportano i cambiamenti fisici o sensoriali che gli anziani incontrano col tempo. Quelle che appaiono caratteristiche insignificanti possono invece avere un effetto significativo.

Molti pensionati evitano le modifiche della casa e gli oggetti tecnologici progettati per persone con disabilità, perché questi prodotti hanno un aspetto "industriale". Nessuno vorrebbe che la propria casa assomigliasse a un ospedale. I numerosi sistemi che vengono utilizzati per ridefinire un ambito domestico a misura di anziani sono:

- sedie progettate per una più facile seduta
- suoni a volume più elevato e a bassa frequenza per campanelli e telefoni
- appigli e corrimano con colori decorativi
- letti ospedalieri con testiere in legno
- prodotti facili da stringere per chi è affetto da artrite
- caratteri tipografici più grandi per il calo della vista
- pulsanti on/off con colori contrastanti
- deambulatori in tinte brillanti.

Secondo un recente studio sulle modificazioni domestiche condotto in Italia, la metà degli intervistati dichiara di aver effettuato modificazioni alla casa quando ha dovuto mettere a norma gli impianti, quando è andato in pensione, dopo che i figli sono andati via di casa oppure dopo essere rimasti soli. In particolare, le modifiche riguardano il rifacimento della cucina e del bagno con sostituzione della vasca con la doccia; l'inserimento di un ascensore; l'eliminazione di dislivelli negli accessi; il rifacimento dell'impianto di riscaldamento; l'apertura meccanizzata degli infissi esterni; lo spostamento della zona notte al piano terra per coloro che hanno l'alloggio su due livelli; trasformazione della stanza singola inutilizzata in studio.⁵

| | % |
|--|-------|
| Fughe di gas | 45,00 |
| Rilevatore Fumi / Incendi | 6,00 |
| Telesoccorso / Telecontrollo | 14,00 |
| Illuminazione di emergenza | 24,00 |
| Antifurto | 52,00 |
| Apertura/chiusura elettrica porte | 10,00 |
| Apertura/chiusura elettrica finestre | 2,00 |
| Accensione spegnimento automatico Luci | 10,00 |

(*) PIÙ DI UNA RISPOSTA (SU 100 ABITAZIONI)

Figura 2 - Tipologia di tecnologie domotiche presenti nelle abitazioni di un campione di anziani italiani intervistati⁶

Inoltre, tra i dispositivi domotici presenti nelle abitazioni del campione intervistato, prevalgono i sistemi antifurto, i rilevatori di fughe di gas, il telesoccorso/telecontrollo e l'illuminazione di emergenza. Un limitato gruppo del campione possiede un sistema di spegnimento e accensione automatico delle luci. Laddove questi dispositivi non si abbiano, oltre il 75% del campione ritiene comunque utile l'inserimento in casa di dispositivi che accrescano il livello di sicurezza domestica (Figura 2). La maggior parte degli intervistati ha già adottato particolari accorgimenti per risparmiare sui consumi di luce come ad esempio l'utilizzo di lampadine a risparmio energetico per contenere le spese di elettricità.

3.3.2 Anzianità e domesticità

Molti anziani sperimentano problemi nel vivere quotidiano a causa di malattie croniche o disabilità. Tali difficoltà limitano la loro capacità di prendersi cura di se e quindi di essere indipendenti.

Le abilità della vita quotidiana più colpite dall'invecchiamento e dalle malattie croniche o dalle disabilità comprendono attività che la maggior parte delle persone imparano nella prima infanzia e tendono a dare per scontato quando invecchiano. Questi includono le attività di base per la sopravvivenza e abilità per il mantenimento di una vita indipendente. Per misurare tali abilità, nel 1950 fu ideato uno strumento utile a comprendere le differenti problematiche e limitazioni connesse alle attività della vita quotidiana, ovvero tutte quelle funzionalità banali, individuali e routinarie che vengono apprese dai bambini e che dovrebbero garantire indipendenza. *Queste attività della vita quotidiana (ADL Activities of daily living)*⁷ sono sei e sono le cose che si fanno normalmente come: mangiare, lavarsi e prendersi cura della propria igiene, vestirsi, fare il bagno, muoversi da un posto all'altro, essere in grado di gestire i bisogni fisiologici. Se una persona non è in grado di effettuare indipendentemente tre su sei attività, anche con particolari aiuti e ha sempre bisogno di assistenza da parte di un altro soggetto, allora è da considerarsi non in grado di vivere in modo sicuro e indipendente.

Diversamente *le attività strumentali della vita quotidiana (IADL, Instrumental Activities of Daily Living)* sono più complesse e necessitano di maggiori capacità da parte degli utenti richiedendo destrezza fisica e capacità cognitive: utilizzare il telefono, essere in grado di prendere le medicine, essere in grado di gestire le proprie finanze, essere in grado di cucinare e di prepararsi il cibo in modo sicuro, essere autonomo nella spesa, prendersi cura della casa, utilizzare i trasporti e guidare l'automobile (Figura 3).

| | |
|---------------------------------|---|
| Activities of Daily Living ADLs | Instrumental Activities of Daily living IADLs |
| Feeding | Using the telephone |
| Continence | Shopping |
| Transferring | Preparing food |
| Toileting | Housekeeping |
| Dressing | Doing laundry |
| Bathing | Using transportation |
| | Handling medications |
| | Handling finances |

Figura 3 - ALD e IADL

In uno studio effettuato su un campione di utenti anziani italiani, solo un terzo del campione dichiara di avere delle limitazioni alle attività domestiche dovute all'avanzare dell'età: in particolare, tra le più significative quelle legate alle pulizie domestiche, ritenute pesanti (25%), il fare le scale (7%), eseguire lavori pesanti o trasportare pesi (6%) e anche attività che richiedono una buona vista (6%)⁸.

Per quanto concerne la mobilità, gran parte degli anziani intervistati conduce una vita abbastanza dinamica: oltre il 64% esce di casa più volte al giorno e un ulteriore 24% almeno una volta al giorno prevalentemente a piedi (quasi il 53%) o in auto (circa il 32%) e soprattutto di giorno; diversamente le uscite serali sono rare o scarse. In casa, nella maggior parte dei casi, la maggior parte del tempo viene trascorso, escluse le ore di sonno, in cucina e nel soggiorno, sala da pranzo o tinello, nel salotto o sala TV. La composizione media interna delle abitazioni rilevate dalla survey è desunta dalla descrizione delle stanze presenti in ogni

alloggio e rivela una tipologia abitativa tradizionale definita da una cucina abitabile (82%), ingresso (78%), due bagni (40%), stanza singola (61%).

Le barriere più significative identificate riguardano la presenza di scale interne, la presenza di dislivelli dovuti a gradini immediatamente esterni alle abitazioni e il bagno di dimensioni troppo ridotte.

In relazione a questo, il National Center for Injury Prevention and Control (NCIPC, USA) stabilisce che le cadute sono la prima causa degli incidenti domestici, e alcuni studi suggeriscono che una significativa quota di tutte le cadute è dovuta a fattori ambientali.

Le tre principali cause di incidente domestico, secondo l'NCIPC, sono cadute, ustioni e avvelenamenti. Gli anziani sono in special modo soggetti a questi tipi di infortuni. Molte cadute sono causate da fattori ambientali, ovvero tutti gli impedimenti presenti in una casa non veramente appropriata a una persona con esigenze dovute all'età.

Le ustioni sono causate primariamente dal fuoco. Gli anziani subiscono incidenti mortali dovuti al fuoco con una probabilità due volte maggiore rispetto al resto della popolazione.

Gli avvelenamenti sono per lo più causati dal non appropriato uso dei medicinali: gli anziani sono sei volte più soggetti di altri gruppi sociali a reazioni fisiche dovute all'errato utilizzo dei farmaci.

Una delle sfide maggiori è l'identificazione di esigenze generali per l'individuo, basate sul suo particolare stato di invecchiamento e sulla sua condizione fisica. In questo senso risulta utile l'uso di una buona lista di verifica dell'ambiente domestico per definire se questo sia conforme alla corretta e sicura vita domestica dell'utente anziano.

Molti di questi incidenti sono legati ai problemi di vista e/o ad una limitata progettazione dell'illuminazione. Le persone anziane con problemi di vista sono meno capaci di portare avanti le attività quotidiane indipendentemente o con aiuti esterni rispetto a chi vede bene. I settantenni con problemi di vista frequentemente praticano attività quotidiane a un livello comunemente associato a quello dei novantenni. La ricerca dimostra inoltre che tre quarti delle persone con disabilità visiva in età lavorativa trovano difficoltoso il mantenimento della casa. Quasi la metà necessita dell'aiuto di un assistente che si prenda cura della casa per i piccoli lavori domestici, come cambiare una lampadina o appendere le tende.

4 Principali problemi degli anziani

4.1 Problemi della vista dovuti all'invecchiamento

Le trasformazioni fisiche e neurali di un'utente anziano rispetto alla vista si concentrano principalmente sul declino visivo che inizia a partire con l'età adulta (circa 40 anni) ed è dovuto al normale processo di invecchiamento del sistema visivo e anche del sistema cognitivo. L'occhio è il sistema sensorio più vulnerabile nel processo di invecchiamento e la perdita della vista è la seconda conseguenza più temuta con l'invecchiamento⁹.

Oltre a questo l'anziano incorre in una serie di patologie che comportano lo status di ipo-vedenza fino alla completa cecità¹⁰. Negli ultimi anni si è registrato un numero sempre crescente di persone anziane dichiarate non vedenti e ipovedenti, condizione molto comune tra gli anziani¹¹.

Tutte le modificazioni alla vista proprie dell'età anziana impattano gravemente sulla percezione dell'ambiente e quindi sulla vita quotidiana, impattando fortemente la qualità della vita degli stessi¹². In particolare si verificano:

- presbiopia
diminuzione della capacità di accomodamento dell'occhio ovvero la capacità di focalizzarsi su oggetti vicini e di vedere da vicino;
- miosi senile
restringimento della pupilla, minore capacità ricettiva, minore quantità di luce sulla retina. All'età di 60 anni, il cristallino riceve circa un terzo della luce che effettivamente riceveva all'età di 20 anni;
- il declino dell'acuità visiva
difficile percezione dei dettagli minuti e delle forme degli oggetti, per cui ad esempio diventa molto complesso leggere materiale stampato molto piccolo, è necessario più contrasto per riconoscere gli stimoli;
- diminuzione della visione periferica
ovvero riduzione del campo visivo, visione minore ai lati della testa con difficoltà nel rilevare oggetti piazzati perifericamente. Impossibilità di osservare con un angolo in alto di 15° senza muovere la testa;
- l'aumento dei tempi di adattamento ai cambiamenti di luce
per cui diventa difficile muoversi facilmente da una condizione di luce elevata ad una condizione di buio e si diventa maggiormente sensibili all'abbagliamento anche dovuto a cambiamenti pronunciati e improvvisi di luminanza;
- riduzione della percezione della profondità
conseguenze nell'orientamento in un ambiente e aumento di instabilità posturale e cadute;
- riduzione del contrasto
il cristallino diventa meno chiaro e crea abbagliamento velante nonché riduce il contrasto dell'immagine retinica riducendo anche la vividezza delle immagini. I colori si desaturano, per esempio il rosso diventa rosa;
- visione del colore¹³
Con l'età l'occhio perde la sensibilità alle lunghezze d'onda corte (luce blu) a causa dell'ingiallimento del cristallino;

Inoltre la visione, essendo anche determinata da una rielaborazione cognitiva, non dipende esclusivamente dalla vista ma anche dalla capacità di rielaborare le informazioni percepite dal sistema sensorio: dato che molti fotorecettori diminuiscono e che le capacità mentali declinano, il sistema visivo è supportato in modo minore dalle facoltà cognitive dell'individuo.



Figura 4- Simulazione dell'effetto dell'abbagliamento e dell'età nel meccanismo di adattamento al buio¹⁴



Figura 5 - Simulazione dell'effetto dell'abbagliamento e dell'età nel meccanismo di adattamento alla luce

Diversamente le quattro patologie legate alla vista degli anziani più comuni sono:

- Cataratta senile
opacizzazione, inspessimento, ingiallimento del cristallino che provoca difficoltà di adattamento ai cambiamenti di illuminazione, minore quantità di luce raggiunge la retina, effetto di dispersione con conseguente abbagliamento, diminuzione della percezione e distinzione dei colori (blu/verde, viola)
- Degenerazione Maculare
modifiche alla pigmentazione maculare, una zona circolare della retina pigmentata di colore giallo della retina, da 2 a 3 millimetri di diametro
- Retinopatia diabetica
risultante da diabete mellito cronico, che distrugge efficacemente parti della retina attraverso una serie di cambiamenti prodotti nel sistema vascolare della retina;
- Glaucoma
progressiva perdita del campo visivo come risultato di una serie di malattie che colpiscono l'occhio

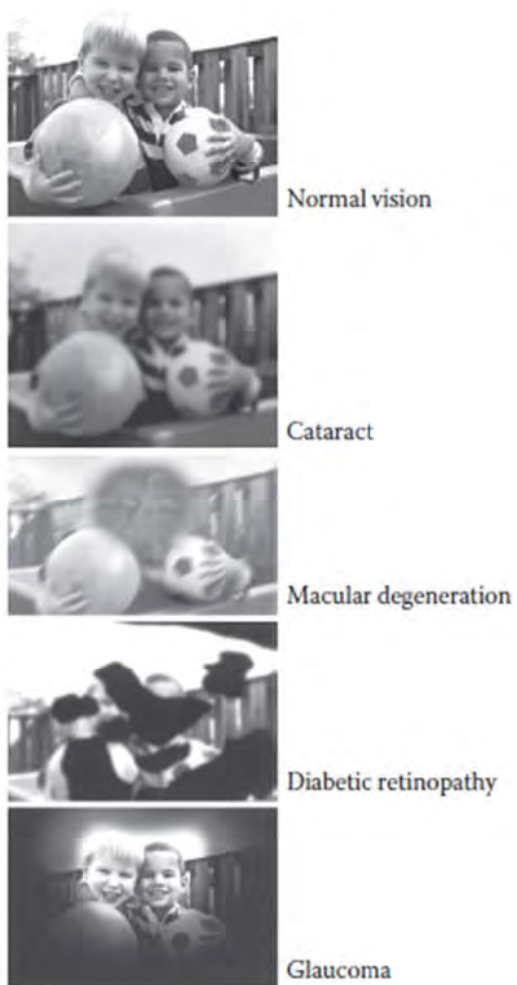


Figura 6 - Illustrazione di una scena, come vista da individui con un normale capacità visiva e da parte di soggetti con diverse patologie (tratto da Peter R. Boyce, "Human factor in Lighting", CRC press, Third Edition pagina 496)

Anche l'Alzheimer può avere significative conseguenze nella visione: in particolare i malati di AD (Alzheimer Disease) hanno problemi con la percezione dello spazio e della profondità.

4.2 Problemi relativi ai disordini del sonno e al sistema circadiano

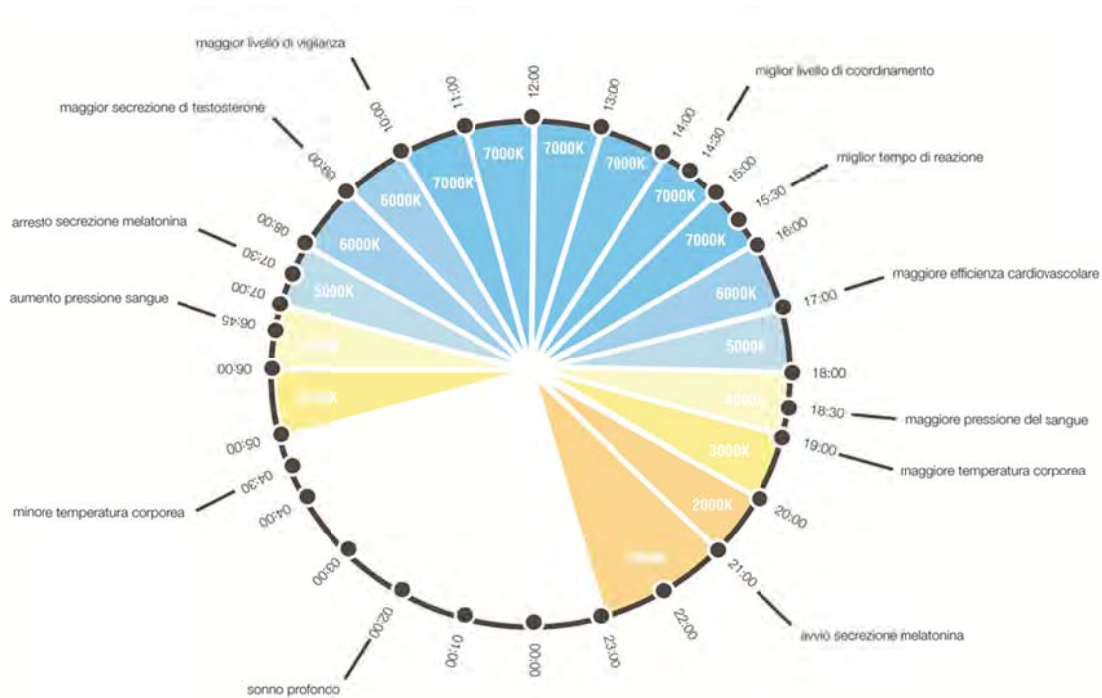


Figura 7 - Ritmo circadiano giornaliero: legame tra la temperatura di colore e variazioni dei parametri vitali

Il ritmo circadiano è il ritmo biologico giornaliero, caratterizzato cioè da una periodicità di 24 ore. In sincronia col ritmo circadiano vengono regolati molti dei fenomeni che avvengono nell'organismo quali il ritmo cardiaco, le secrezioni ormonali, la pressione sanguigna, l'appetito, lo stato di veglia oltre agli orari di sonno. È determinato da fattori ereditari insiti nell'organismo, ma è anche soggetto a fattori geofisici quali il campo magnetico o la rotazione della Terra. Le variazioni dei parametri vitali sono ritmi circadiani indotti dall'alternarsi del giorno e della notte: in funzione della variazione di questi parametri, nelle prime ore del mattino si prova, generalmente, una sensazione di benessere e vigore, si ha un aumento della temperatura interna del corpo e una diminuzione di quella delle estremità; nelle ore serali, invece, si ha un aumento della sensazione di fiacchezza e, nello stesso tempo, una diminuzione della temperatura delle parti interne del corpo. In generale, i parametri vitali tendono a diminuire durante la giornata, raggiungendo i valori più bassi tra l'una e le tre del mattino (Figura 7). Nella parte inferiore del cervello, posizionato sopra il chiasma ottico, ovvero il punto dove i nervi ottici si incrociano, si trova il nucleo soprachiasmatico che regola l'orologio circadiano. Questo orologio è collegato direttamente alla retina di entrambi gli occhi. Le ultime ricerche condotte da Russell Foster¹⁵ dimostrano che il fotorecettore responsabile di questa funzione negli occhi è totalmente separato dai bastoncelli e dai coni che intervengono nella visione, il che spiega il suo funzionamento anche per molte persone cieche.

Il sonno degli adulti, in condizioni sane, è caratterizzato da un ciclo circadiano e segue un ritmo sonno-veglia di circa 24 ore. Il ritmo circadiano è una sorta di orologio biologico endogeno che si accorda con cicli naturali quali l'alternanza giorno-notte e viene influenzato da stimoli come la luce e il buio. Il soggetto che dorme nell'intervallo temporale tra le h. 23:00 e le h. 7:00 circa si considera cronotipo normale. Se l'orologio endogeno è in ritardo rispetto all'orario esterno si parla di cronotipo "gufo", per il quale la veglia si protrae fino a tardi; se l'orologio esterno è in ritardo verso quello interno il soggetto è un cronotipo "allodola".

I disturbi al ciclo circadiano sono:

- **Sindrome da sonno posticipato**, caratterizzata da tempi di sonno molto spostati in avanti rispetto al normale e picchi di veglia nel cuore della notte.

- **Sindrome da sonno anticipato**, caratterizzata dalla difficoltà nel restare svegli sino a sera e dormire sino al mattino.
- **Sindrome da ciclo sonno veglia alterato (Non-24)**, per il quale il sonno dell'individuo è spostato in avanti ogni giorno ed il picco di veglia di conseguenza continuamente posizionato in orari differenti di giorno in giorno.
- **Ciclo sonno veglia irregolare**, quando la persona dorme in orari sempre differenti e più volte durante la giornata (svegliandosi più volte durante la notte e ricorrendo a pisolini diurni) ma con una somma di ore sonno normale.

Uno dei maggiori problemi degli anziani residenti all'interno delle case di riposo è la scarsa qualità del sonno. In particolare un numero compreso tra 40 e 60% della popolazione anziani (over 65) soffre di problemi legati al sonno: frequenti risvegli notturni, difficoltà nel prendere sonno e frequenti sonnellini durante il giorno. Questi disturbi al sonno sono associati ad una riduzione della salute fisica come problemi cardiovascolari, irregolarità nelle funzioni del sistema endocrino e declino delle funzioni immunitarie. Ovviamente anche l'interruzione del corretto funzionamento del sistema circadiano contribuisce ai disturbi del ritmo sonno-veglia: la luce incidente sulla retina è infatti uno dei maggiori stimoli per ripristinare questo sistema ma spesso è mancante o scarsa all'interno degli istituti per anziani. Inoltre la limitata esposizione alla luce è dovuta anche ai cambiamenti ottici dell'occhio (cataratta) di un anziano e alle diverse abitudini quotidiane che costringono gli anziani a rimanere in interni spesso scarsamente illuminati¹⁶. Numerosi studi si focalizzano sul declino del sistema circadiano degli anziani soprattutto ipo-vedenti e che soffrono di cataratta, glaucoma e retinopatia diabetica. Studi effettuati in residenze ospedaliere hanno evidenziato che gli anziani spesso vivono in condizioni di illuminazione inferiori rispetto sia ai livelli adeguati e consigliati per le performance visive e non visive. In particolare, alcuni studi hanno dimostrato che anziani (tra i 75-100 anni) in case di riposo riuscivano ad essere esposti alla luce per soli 9 minuti al giorno (1000 lx)¹⁷. Tali condizioni di scarsa illuminazione infatti sembrano correlate ai problemi di inadeguata produzione di vitamina D (che deriva dall'esposizione al sole) e al malfunzionamento del sistema circadiano che crea andamenti errati del pattern di sonno-veglia e anche problemi di insonnia¹⁸. Problemi relativi al sonno sono stati anche associati ai cambiamenti neurologici, soprattutto negli anziani affetti da demenza e da Alzheimer: in particolare questi ultimi soffrono di un disturbo molto più evidente e il sonno frammentato da risvegli notturni è una delle principali cause per cui vengono inseriti all'interno di istituti per anziani¹⁹.

4.3 Problemi relativi al declino cognitivo

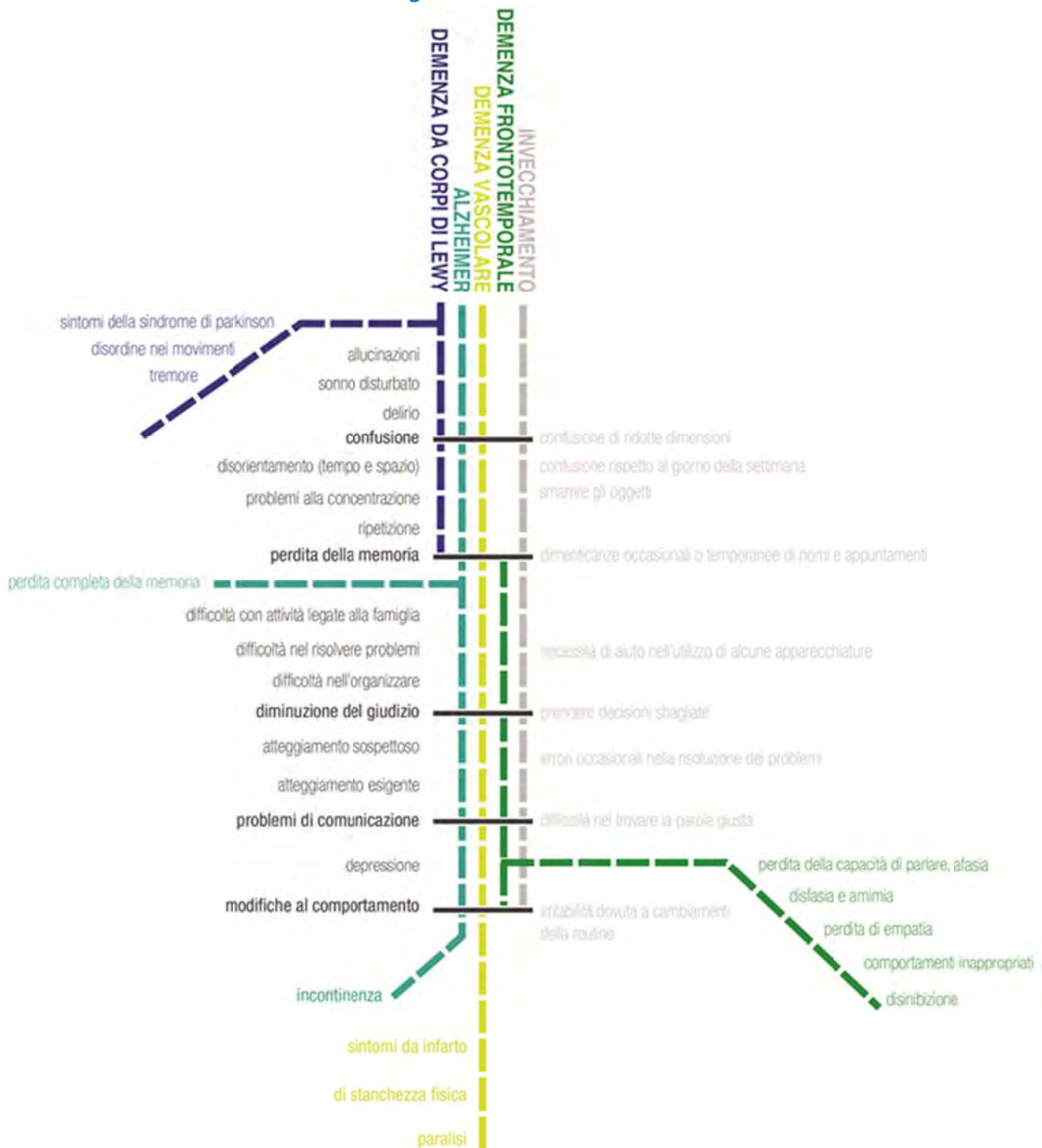


Figura 8 - Schema che mette in relazione i sintomi delle patologie legate alle diverse demenze e all'invecchiamento. Derivata dai Proceedings of the Second European Conference on Design 4 Health 2013, 3 - 5 July 2013, Sheffield UK ISBN: 978-1-84317-373-0

Numerosi studi sugli anziani indicano che la maggioranza rimane in condizioni fisiche e mentali buone anche se le malattie croniche e la disabilità diventano una problematica sempre più comune che intacca ad esempio l'acuità sensoriale, la velocità psicomotoria, la mobilità, l'equilibrio, il ruolo sociale, il comportamento e il deterioramento cognitivo. Questi deficit possono portare l'anziano ad avere problemi nel reperire le informazioni proprie dello spazio e a riconoscerne le caratteristiche²⁰. In generale, i deficit dovuti al normale invecchiamento risultano molto mitigati rispetto ai sintomi di patologie degenerative come le demenze di diversa natura (demenza vascolare, demenza frontotemporale, demenza da corpi di Lewy, Alzheimer) che determinano problematiche simili o molto specifiche. (Figura 8)

4.4 Problemi relativi ai cambiamenti neurali (MCI, Mild Cognitive Impairment)

Il concetto di “Mild Cognitive Impairment” definisce la transizione tra l’invecchiamento normale e la demenza ed è proprio di una popolazione di anziani che non hanno particolari problemi nelle loro attività quotidiane ma che presentano un cambiamento cognitivo che potenzialmente rischia di sfociare in una malattia legata alla demenza Alzheimer. Frequentemente, infatti, i pazienti con MCI hanno un significativo deficit di memoria insieme a deficit in altre funzioni cognitive quali il linguaggio, le abilità visive e spaziali, le funzioni esecutive, le capacità di ragionamento. Il declino cognitivo anche lieve che causa disorientamento nel tempo e nello spazio è particolarmente determinante e collegato alle capacità di mobilità della vita di tutti i giorni, rendendo gli individui anziani spesso incapaci di organizzare una routine quotidiana e rendendoli confusi e immobili²¹.

4.5 Problemi relativi alla demenza di tipo Alzheimer, DAT

La demenza è una sindrome caratterizzata dalla presenza di un grave deficit cognitivo e dovuta a diverse patologie di carattere degenerativo e/o vascolare che determinano un danno progressivo del tessuto cerebrale. Non essendoci oggi farmaci curativi, la sindrome si aggrava nel tempo, portando, nel giro di pochi anni, la persona ad una totale mancanza di autonomia. Il principale fattore di rischio è l'età. Al di sopra dei 65 anni la probabilità di ammalarsi aumenta esponenzialmente. Accanto ai sintomi cognitivi si presentano altre anomalie gravi come: disturbi dell'umore, apatia, eccitazione, verbalizzazione negativa, problemi cognitivi di interazione con gli altri, problemi di malnutrizione, depressione o disturbi di tipo psichiatrico come aggressività, delirio, atteggiamento sospettoso, scambio del ritmo giorno-notte, vagabondaggio (wandering), allucinazioni e deliri. (Figura 8)

DAT è la demenza del tipo Alzheimer, una condizione incurabile e progressivamente degenerativa che va a deteriorare il sistema nervoso: riduce le abilità cognitive aumentando il disorientamento spaziale. La DAT determina perdita della memoria, confusione, problemi nel linguaggio, mancanza di identità, cambiamenti emozionali e di personalità, disordini del ritmo sonno/veglia e sessuali e comportamenti dirompenti. Il livello superiore della malattia include attività motorie e verbali anormali, allucinazioni, incontinenza, agitazione e irritabilità, aggressione e violenza, vagabondaggio ed esclusione dalla vita sociale. In questi pazienti, l’illuminazione marcata associata a rumori forti e improvvisi possono creare una situazione di stimolazione eccessiva che conduce a confusione, agitazione e distrazione. In caso contrario, la deprivazione sensoriale conduce a problemi che ostacolano la comunicazione con il mondo esterno e l’orientamento. La modificazione dell’ambiente in cui il malato vive determina benefici e mitiga i sintomi della DAT dato che il soggetto non è in grado di adattarsi all’ambiente. Moderni studi sulla patologia Alzheimer si focalizzano sulle caratteristiche di un ambiente adeguato ai bisogni del "malato", adattato mediante luce e musica²² e una studiata stimolazione sensoriale che può contribuire a migliorare la qualità della vita degli utenti con Alzheimer. Gli ambienti multisensoriali o MSE (Multi Sensory Environments) chiamati anche Snoezelen offrono stimoli per i sensi (vista, udito, tatto, gusto, odorato e movimento) al fine di promuovere un senso di benessere e comfort, alleviando lo stress e la sofferenza e tentando di migliorare il rapporto comunicativo con le persone e le loro capacità cognitive / mnemoniche. Alcuni studi hanno infatti dimostrato che l’utilizzo di MSE nella cura della demenza può migliorare i sintomi psicologici e comportamentali e migliorare l’umore, ridurre gli stati depressivi e aumentare la comunicazione del paziente^{23, 24}.

4.6 Problemi relativi alla mobilità

Il sistema visivo gioca un ruolo molto importante nel mantenimento dell’equilibrio, soprattutto nelle persone anziane il cui andamento rallenta e il cui passo si accorcia, sia a causa dell’età, sia a causa dell’illuminazione dello spazio in cui vivono. Il rischio di caduta quindi deriva da questo duplice declino: da una parte del sistema visivo e somato-sensoriale e dall’altra dal declino del sistema motorio vestibolare. Infatti, la riduzione delle facoltà visive è una delle cause di caduta: la riduzione del campo visivo, la riduzione della risoluzione delle immagini, il continuo disturbo legato all’abbagliamento velante dovuto alla dispersione del cristallino determinano non solo la diminuzione della vista ma anche problemi di

riconoscimento spaziale soprattutto dovuto alla diminuzione della velocità di adattamento dell'occhio e alla difficoltà di vedere i contrasti: di notte con bassi livelli di illuminazione, elementi come il telaio di una porta possono non essere visti causando disorientamento e cadute. A questi problemi della vista si aggiungono problemi neurali per cui gli anziani perdono la capacità di orientarsi in un ambiente²⁵.

Le persone anziane mostrano particolari difficoltà nel muoversi in casa o provano disagio e insicurezza nel farlo in relazione al rischio correlato a cadute e infortuni. In ambienti domestici, è stato statisticamente verificato che i rischi sono connessi alla presenza di particolari pavimenti, all'illuminazione, al disordine e a tutti quegli elementi che possono deviare la traiettoria del percorso oppure determinare un rischio come fili esposti o allentati, tappeti, corrimano rotti o instabili, suppellettili e oggetti posizionati a terra. Muoversi in casa può essere particolarmente problematico per

- salire e scendere per le scale;
- Salire e scendere dal letto;
- Alzarsi da una sedia o un divano;
- Uscire ed entrare in casa²⁶;

I problemi alla vista e la scarsa illuminazione sembrano essere i fattori principali che contribuiscono al rischio di caduta per gli anziani^{27, 28}. In uno studio condotto da Scuffham et al. si è riscontrato che l'89% delle cadute che necessitano di un trattamento ospedaliero ha riguardato persone con più di 75 anni e che il 21% di questi era costituito da persone con disabilità visiva²⁹. La gravità di queste lesioni aumenta con l'età e molti di questi incidenti avvengono sulle scale, che è una zona poco illuminata nella maggior parte delle case degli anziani³⁰.

5 La progettazione dell'illuminazione per una casa per anziani

I miglioramenti rispetto all'illuminazione domestica per le persone anziane sono argomenti poco considerati e criticamente approfonditi: diversamente l'illuminazione può essere un utile strumento per contribuire a compensare i cambiamenti dovuti all'invecchiamento e quindi a migliorare la qualità della vita e l'indipendenza degli anziani, garantendo sicurezza in casa e al contempo agendo sulla salute⁽³¹⁾. Infatti, l'illuminazione è considerata fondamentale per il miglioramento della performance visiva, per la prevenzione delle cadute nei corridoi o sulle scale^(32, 33, 34, 35) e per limitare gli incidenti domestici come tagli e ferite in cucina^(36, 37, 38). L'illuminazione può essere anche un elemento importante per migliorare la qualità della vita degli anziani, permettendo loro di essere maggiormente indipendenti e di poter essere impegnati a livello sociale⁽³⁹⁾ e aumentando il benessere, la salute e il comfort in casa^(40, 41, 42, 43, 44).

Da un'attenta revisione della letteratura disponibile si evince quanto questa tematica sia stata limitatamente esplorata in ambito domestico soprattutto a livello italiano ed europeo: in effetti sono pochi gli studi disponibili che mettono in evidenza l'efficacia e il contributo positivo di una corretta illuminazione domestica sulle persone anziane. Al contrario esiste una più ampia letteratura che esplora il rapporto tra gli anziani e l'illuminazione ma che è stata elaborata in test di laboratorio e soprattutto negli ospedali, residenze di cura, di degenza e di assistenza. In particolare, in questi casi, gli studi si sono focalizzati sul comprendere l'influenza della luce sulla performance visiva⁽⁴⁵⁾, sul senso di indipendenza e sulle capacità di comunicazione (perché gli anziani leggono il movimento delle labbra se non possono sentire in modo chiaro) e soprattutto sulle funzioni non visive come il sistema circadiano^(46, 47, 48, 49, 50, 51) e la produzione di vitamina D. Molteplici studi hanno già ampiamente affermato l'importanza delle implementazioni dell'illuminazione personalizzata per le esigenze delle persone anziane^(52, 53, 54, 55).

Nonostante l'importanza di una buona illuminazione domestica, si ravvisano enormi lacune e limitazioni sia in termini di ricerca sull'argomento specifico della luce per la domesticità di una popolazione che invecchia, sia in termini di guide di pratica e raccomandazioni disponibili⁵⁶, sia sulla pratica progettuale. Inoltre sono pochi i sistemi di illuminazione studiati e progettati per migliorare la vita domestica degli anziani.

Oltre a questo, l'illuminazione domestica risulta un tema estremamente complesso in termini di preferenza e significanza individuale e in termini delle priorità personali degli abitanti della casa stessa. L'illuminazione domestica infatti attiene al personale gusto estetico di chi vive la casa, è legato all'atmosfera domestica desiderata ma anche alle attività che sono effettuate e quindi è estremamente soggettiva e basata su scelte individuali.⁵⁷

Gli studi disponibili sull'illuminazione domestica per gli anziani⁵⁸ hanno evidenziato diversi problemi tra cui:

- distribuzione di illuminazione scadente e bassi livelli di illuminazione sul compito visivo (sia in comparazione a quanto stabilito dalle normative, sia nelle guide della pratica) in corrispondenza di attività quali la lettura o il taglio o la selezione di oggetti (sotto i mobili da cucina, nelle stanze con forme non rettangolari, negli armadi, ecc);
- inadeguatezza delle soluzioni di illuminazione principalmente su corridoi, scale, rampe e percorsi;
- livelli di illuminazione significativamente differenti tra diversi locali, questo è causa di problemi di adattamento dell'occhio;
- abbagliamenti da visione diretta delle lampadine e di emettitori di luce negli apparecchi di illuminazione;
- controllo limitato o assente degli impianti di illuminazione;

Anche se il fenomeno dell'aging in place è abbastanza diffuso, è anche diffuso il principio per cui gli anziani molto raramente fanno cambiamenti nelle loro abitazioni domestiche sia per ragioni personali (le persone anziane non sono particolarmente inclini ai cambiamenti) sia per questioni di tipo economico⁽⁵⁹⁾. In aggiunta a questo, per quanto riguarda le soluzioni di illuminazione non ritengono utile e necessaria alcuna modifica in quanto non sono consapevoli dei risultati positivi e del miglioramento generale delle condizioni di vita nelle loro case. Diversamente, se messi di fronte al cambiamento, trovano l'illuminazione un fattore

molto positivo. In generale, si evince che le persone anziane hanno una scarsa informazione sui miglioramenti che possono essere apportati dall'illuminazione, come pure i medici e gli operatori sanitari. Alcuni studi (⁶⁰, ⁶¹) hanno dimostrato che per essere considerati accettabili, le soluzioni di illuminazione devono essere:

- economiche, convenienti, accessibili e realizzabili (con un servizio integrato);
- semplici da implementare e introdurre nelle abitazioni domestiche;
- semplici da spiegare e capire;
- semplici da controllare e da gestire (richiedere meno manutenzione e avere un impatto tecnologico invisibile);
- comunicative del valore aggiunto per gli utenti finali (interfaccia utente personalizzabile);
- regolabili e personalizzabili in relazione alle necessità dell'utente (con la possibilità di customizzare il sistema di illuminazione in base al miglioramento previsto e necessario);
- utili rispetto agli specifici bisogni individuali;

Inoltre, il fatto di poter partecipare attivamente ed essere coinvolti (e compresi) nel processo decisionale ha una positiva influenza nel ben volere e accettare le nuove soluzioni di illuminazione.

La revisione della letteratura ha infine messo in evidenza la limitata quantità di attività, servizi e ricerca sul tema dell'illuminazione per gli anziani nello spazio domestico. Al contempo il National Service Framework for Older People⁶² fa riferimento alla necessità di "iniziative più ampie che promuovano la salute, l'indipendenza e il benessere nella vecchiaia". Si evince dunque la necessità e l'opportunità di strutturare sistemi e servizi innovativi incentrati sull'utente, tramite la creazione di un network di professionisti interessati, organismo di ricerca, agenzie di solidarietà, centri di volontariato e aziende industriali e commerciali per fornire una risposta coordinata. Il servizio potrebbe comprendere l'utilizzo di sistemi di illuminazione di prova che vengano mostrati e provati all'interno di una casa prima dell'acquisto come pure servizi di consulenza e progettazione fatti su misura delle necessità dell'utente anziano, la formazione di un personale specializzato, con una maggiore conoscenza delle esigenze di luce delle persone anziane.

È comunque necessario sottolineare che ogni specifica patologia dovuta all'invecchiamento o alle diverse demenze determina cambiamenti cognitivi e ottici diversi per cui non tutti i "rimedi" e gli approcci possono essere generalizzati ed essere considerati positivi per tutti. In alcuni casi è infatti stato notato come determinanti accorgimenti e modificazioni di luce abbiano giovato alcuni soggetti mentre abbiamo generato problematiche per altri^{63, 64}.

5.1 Linee guida per la progettazione dell'illuminazione

Uno studio sullo sviluppo di un progetto di luce per gli anziani deve focalizzarsi in particolare sulle applicazioni della luce artificiale per i bisogni di questa tipologia di utenti. In particolare, cosa facciamo con la luce, che tipo di luce (schermata, bilanciata, uniforme), dove la posizioniamo, quanto spazio illuminiamo, quali effetti vogliamo creare, quali ombre determinare e quali oggetti illuminare di più. Lo spazio e l'illuminazione dovrebbero modificarsi come le persone, adattandosi ai bisogni e alle necessità. Ripercorrendo gli argomenti relativi ai bisogni visivi degli anziani, sappiamo che, a livello di design dell'illuminazione in uno spazio domestico, è necessario^[65, 66, 67, 68, 69]:

- aumentare i livelli di illuminazione

sulla task light per migliorare la percezione del colore e per favorire la lettura soprattutto utilizzando distribuzioni spettrali a più elevata CCT, che compensa la diminuita capacità di trasmissione delle corte lunghezze d'onda da parte del cristallino. L'utilizzo preferenziale di più alti livelli di illuminamento rende più concentrati e favorisce l'allerta. In generale, aumentare l'illuminamento aumenta la performance per tutte le CCT⁷⁰. Aumentare l'illuminazione rispetto alle attività e aumentare il contrasto dei dettagli attraverso luce direzionale e contrasti cromatici;

- controllare l'abbagliamento

Evitare sempre l'abbagliamento diretto dalle sorgenti di illuminazione; posizionarle in modo che non siano direttamente visibili utilizzando illuminazione indiretta o sistemi ottici come le prismature; le finestre dovrebbero avere degli accorgimenti per limitare la luce del sole che entra secondo certi angoli. La riduzione dell'abbagliamento deve essere considerata anche rispetto ad un occhio di una persona seduta su sedia a rotelle quindi ad una distanza dal pavimento di circa 100 cm, soprattutto per quanto riguarda l'illuminazione del sotto pensile nelle cucine e l'illuminazione a sospensione;

- creare un'appropriata distribuzione dell'illuminazione negli interni con zone ad alta uniformità e zone in cui focalizzare l'attenzione (layered approach)

evitare zone molto scure intervallate da zone molto luminose, creare un'illuminazione diffusa all'interno dello spazio. Creare livelli di illuminamento intermedi in spazi di transizione che portano da zone con elevate intensità (ad esempio spazi esterni e stanze esposte all'illuminazione diurna) e zone con livelli di illuminazione più bassa (come gli interni, i corridoi senza finestre, le stanze non esposte alla luce naturale, ecc.) Di notte, gli spazi di transizione tra spazi interni relativamente luminosi e quelli completamente bui consentono agli anziani di adattarsi meglio e quindi di muoversi in modo più sicuro tra i diversi spazi⁷¹.

L'uniformità dell'illuminazione non vuol dire omogeneizzazione dell'illuminazione in tutte le stanze: la luce può diventare un elemento che segnala la differenza tra stanze con diverse funzioni, orienta e ne specifica l'uso;

- rispettare i livelli di adattamento dell'occhio all'interno dello stesso spazio o anche tra spazi contigui;

Ad esempio i livelli di illuminazione all'interno e all'esterno della casa che consentano all'occhio di adattarsi ai cambiamenti di illuminazione, soprattutto anche tenendo in considerazione le variazioni stagionali che possono influenzare l'illuminazione in ambienti di transizione, come ad esempio corridoi, ingressi e porte⁷²;

- garantire l'orientamento e il way-finding

migliorare l'illuminazione per gli spazi di circolazione, garantendo che le entrate dei corridoi siano adeguatamente illuminati in ogni momento; differenziare aree diverse con diversi codici sia cromatici che di illuminazione per aumentare l'orientamento e la riconoscibilità degli spazi; provvedere sistemi per orientarsi; rendere il design dello spazio consistente e coerente, non ambiguo, senza segnali contraddittori in modo da essere cognitivamente associato a funzioni, sistemi e memorie precedenti⁷³;

- aumentare la vita dei prodotti di illuminazione

al fine di diminuire la necessità di fare manutenzione (evitando che le persone debbano cambiare sorgente arrampicandosi su scale e quindi, di conseguenza, evitando gli incidenti);

- prevedere la possibilità di controllo e la personalizzazione dell'illuminazione

diminuzione, aumento, cambiamento, distribuzione dell'illuminazione per ogni singolo apparecchio di illuminazione inserito nel contesto domestico; le possibilità di gestione e controllo dell'illuminazione stanno modificandosi completamente e allontanandosi molto dall'utilizzo dell'interruttore che controlla un'intera stanza apposto a muro. Diversamente la possibilità di modificare l'illuminazione mediante smartphone e tablet ma anche mediante supporti non touch come gestualità e sistemi vocali potrebbero essere un utile supporto ad un'utenza anziana. Numerosi sono gli esempi⁷⁴, ⁷⁵ disponibili in

commercio soprattutto in relazione al controllo vocale che potrebbero essere particolarmente utili in casa (aging in place) procurando vantaggi come il non dover camminare attraverso una stanza per accendere una luce o poterla accendere in un momento del bisogno, senza dover ad esempio scendere dal letto. Questo sistema, insieme a sensori di presenza o tramite un tablet, potrebbe essere più conveniente o addirittura preferita da utenti anziani;

- creare un'illuminazione dinamica cambia colore

per coloro che soffrono di SAD (Seasonal Affective Disorder), oppure Advance Sleep Phase Syndrome (ASPS) o Delayed Sleep Phase Syndrome (DSPS) e varie forme di Alzheimer. In particolare una luce azzurra diffusa dal soffitto potrebbe essere particolarmente efficace per influenzare il sistema circadiano per chi soffre di tali malattie.

- controllare i materiali e i colori di arredi e interni:

evitare materiali riflettenti preferire superfici opache sia per pavimenti che per piani, per le pareti soffitti e porte. Se sono utilizzate superfici lucide, evitare che le sorgenti di luce siano direttamente sopra in modo da evitare riflessioni speculari. Evidenziare i gradini e dislivelli (se non si possono evitare da progetto) aumentare la riconoscibilità dello spazio. Evitare l'utilizzo dei colori desaturati o a bassa saturazione nella progettazioni di spazi o di interfacce in quanto risultano percepiti come grigi. Se proprio non possono essere evitati ricordarsi che i viola e i rossi sono molto più visibili all'occhio di un anziano⁷⁶. Richiedono speciale attenzione la porta d'ingresso, la maniglia, serratura e lucchetto, pareti, punti di riferimento, gradini, corrimano, rampe, e pavimentazione. In particolare contrasti tra superfici adiacenti (colore e consistenza) confini tra aree adiacenti (piano finiture) porte e pareti, porte e stipiti delle porte. Uso di colori contrastanti per indicazioni, cartelli e segnali da poter essere letti in modo facilitato e per zone con gradini e dislivelli in modo da segnalare sia sul pavimento che sulle pareti un cambiamento di quota attraverso colori e cambiamento della texture superficiale;

- utilizzare sensori di presenza

per quelle zone di passaggio in cui sia necessario coadiuvare la navigazione e la visione del percorso senza problemi, magari con mani ingombre e impossibilità di accedere al controllo dell'illuminazione diretto. L'inserimento di sistemi di controllo come dimmer, sensori di movimento e presenza (che però possano essere utilizzabili anche manualmente) è utile anche alla riduzione dell'impatto energetico dei sistemi di illuminazione;

- controllare l'illuminazione naturale

L'importanza dell'illuminazione naturale nella scelta del posizionamento e delle dimensioni delle finestrate che provvedano a dare una buona visione dello spazio circostante. È importante inoltre provvedere ad illuminare lo spazio con la luce naturale del cielo e allo stesso tempo provvedere ad una corretta schermatura della diretta radiazione solare eccessiva sia per il calore prodotto che per il possibile abbagliamento. Prevedere al controllo dei tendaggi e dei sistemi di schermatura delle finestre che devono rimanere sempre pulite e non schermate da oggetti e arredi (sia in interni che in esterni). Inoltre, l'importanza dell'illuminazione naturale, con alti livelli di illuminamento, uno spettro continuo e la vista verso l'esterno sono utili sia alla velocizzazione delle guarigioni, al miglioramento della depressione perché migliora lo stato d'animo e l'umore, alla regolazione del ritmo circadiano e al corretto metabolismo della vitamina D⁷⁷;

- garantire soluzioni efficienti

da un punto di vista energetico (consumi) senza però limitare il comfort e il calore di un'illuminazione domestica;

- Sostenibilità

utilizzo di sorgenti che non contengano mercurio (LED, ad esempio) e apparecchi di illuminazione costruiti con materiali naturali per quanto sia possibile e /o riciclabili e riciclati, progettati con principi di design by components e quindi potenzialmente disassemblabili (DfD, Design for Disassembly). Promuovere l'utilizzo di prodotti innovativi basati su materiali non nocivi, che prendano in considerazione l'intero ciclo di vita del prodotto e che si focalizzino anche sulle fasi di smaltimento e quindi tengano in considerazione la possibilità di utilizzare parti intercambiabili per aumentarne la durata.

5.2 Soluzioni di illuminazione specifiche

5.2.1 Illuminazione generale

L'apparenza generale dello spazio è importante: gli studi sulla psicologia della luce dicono che è utile disegnare uno spazio luminoso uniforme senza però creare una completa uniformità di illuminazione. Per questo è importante creare dei punti di "interesse visivo" che richiamino l'attenzione visiva sia attraverso zone più illuminate sia attraverso l'uso di colori. Per assicurare una sensazione di spaziosità alla stanza, si consiglia l'illuminazione delle pareti e del soffitto (che eventualmente è la superficie più osservata da un paziente sdraiato) tramite luce indiretta o di tipo wall-washing. L'utilizzo di punti luce multipli (diversamente dal punto luce centrale nella stanza) può aiutare nella definizione di uno spazio visivamente più interessante e allo stesso tempo ben illuminato, definendo delle gerarchie degli spazi ma senza generare rapporti di contrasto troppo elevati o ombre troppo accentuate. Inoltre si deve garantire la possibilità di poter gestire l'illuminazione in modo semplice e differenziato.

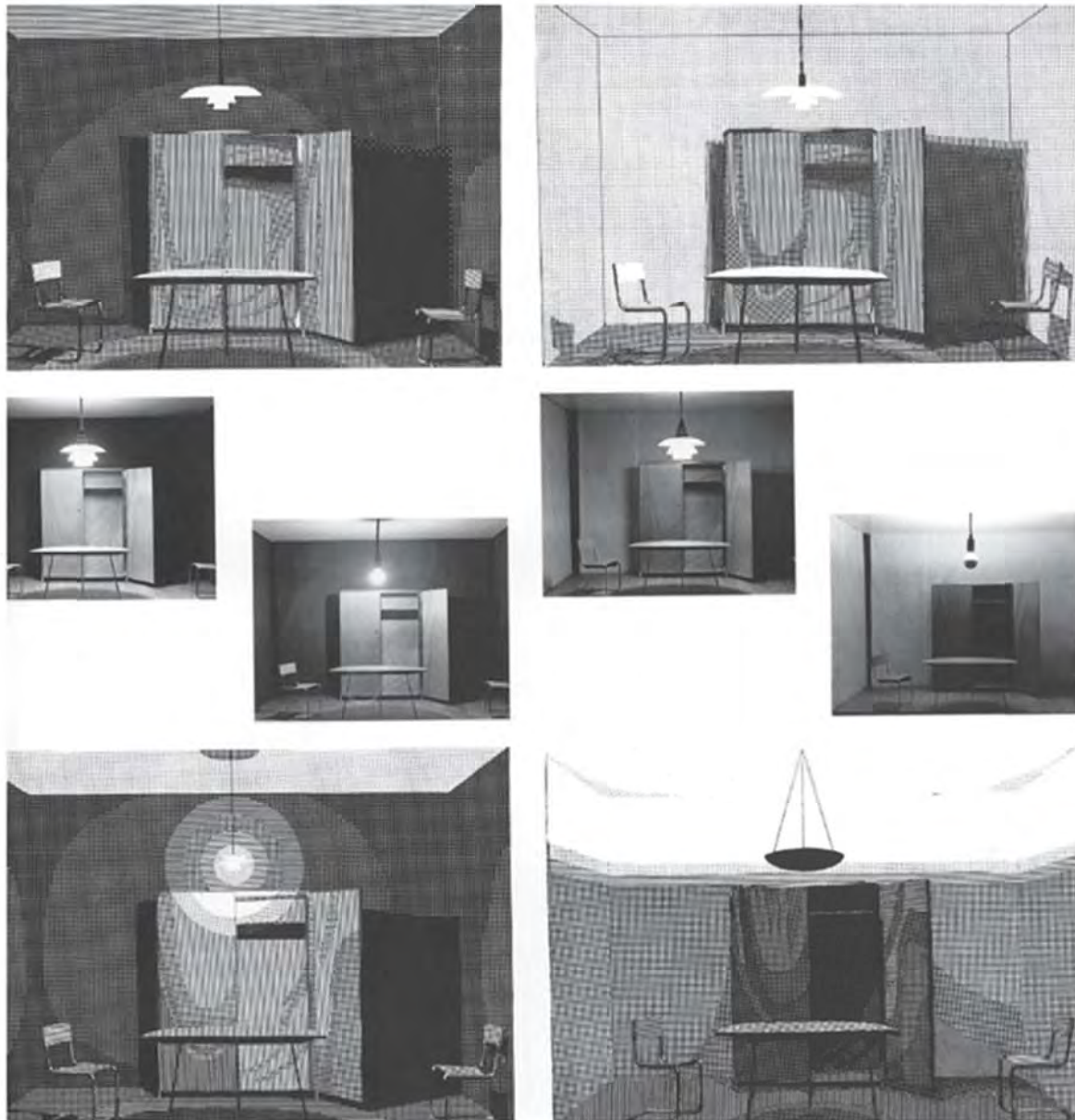


Figura 9 - Visualizzazione dell'atmosfera luminosa e spazialità di una stanza sotto diversi tipi di illuminazione. Schizzi di Poul Henningsen (Hansen, Jørgensen et al. 1994)

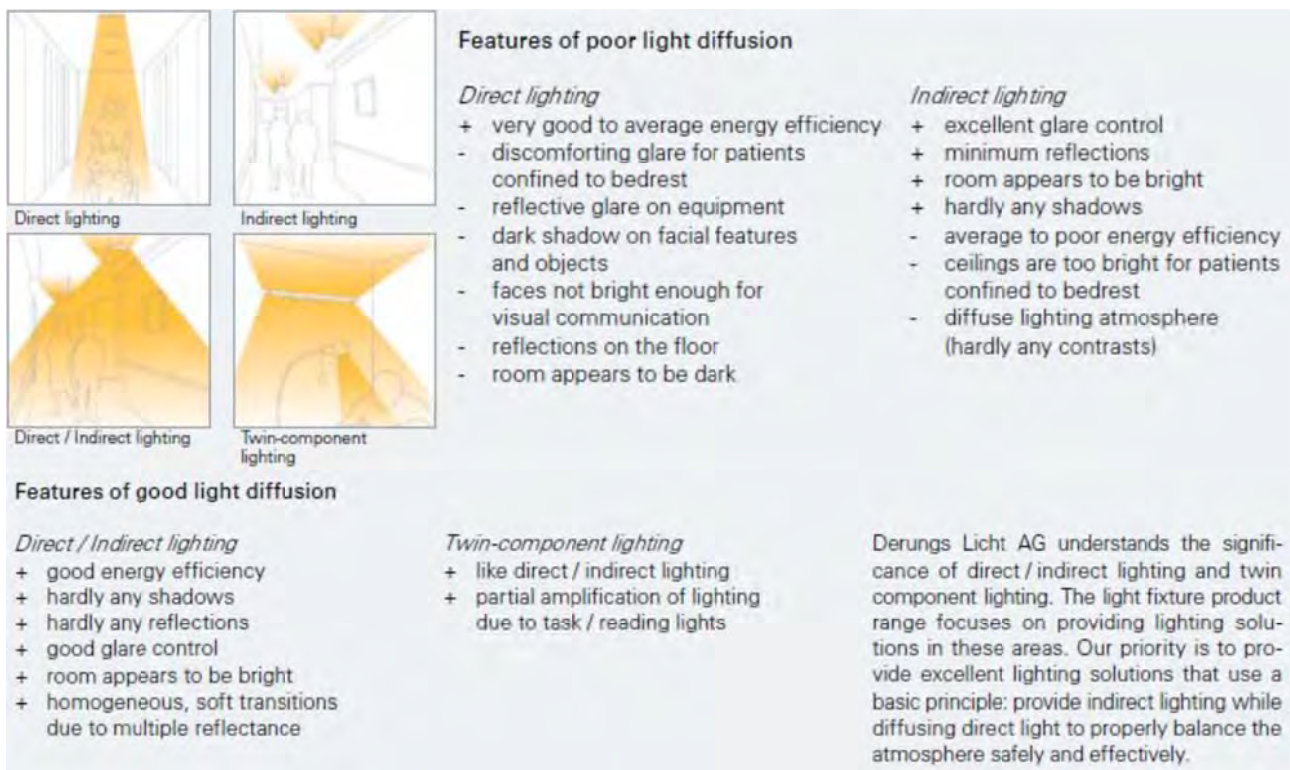
Tenendo in considerazione i cambiamenti al sistema visivo e cognitivo che incorrono con l'età, è fondamentale e, molte raccomandazioni e guide di pratica lo ribadiscono, aumentare i livelli di illuminazione generale e focalizzata soprattutto sui compiti visivi e sulle attività di concentrazione. In particolare, i livelli di illuminazione variano e aumentano in base all'età e sono spesso di tre o cinque volte superiori rispetto allo standard riportato nella normativa UNI EN 12464 – 1.

| Applicazione e attività | Livelli di illuminamento medio mantenuto per una popolazione anziana | | Uniformità Avg/Min | Abbagliamento | Resa Cromatica | Note |
|-------------------------|--|--------------------|--------------------|---------------|----------------|---|
| | Eh pavimento | Eh piani di lavoro | | | | |
| STANZA DA LETTO | | | | | | |
| Generale | 100 Lux | | 3:1 | 19 | 80 | |
| Tavolo / scrivania | | 500 - 1000 Lux | 3:1 | | | |
| Lettura a Letto | | 300 - 1000 Lux | 3:1 | 19 | 80 | |
| Visione della TV | 60 Lux | | 3:1 | | | |
| SALA DA PRANZO | | | | | | |
| Colazione | 100 -300 Lux | 500 - 1000 Lux | 3:1 | 22 | 80 | Miglioramento della percezione cromatica dei cibi |
| Pranzo | 100 -300 Lux | 500 - 1000 Lux | 3:1 | 22 | 80 | |
| Cena | 100 -300 Lux | 500 - 1000 Lux | 3:1 | 22 | 80 | |
| LIVING ROOM | | | | | | |
| Generale | 200 -300 Lux | | 5:1 | | | |
| Giochi (carte) | | 500 - 1000 Lux | 3:1 | | | |
| Giochi da tavola | | 500 - 1000 Lux | 3:1 | | | |
| Lettura /studio | | 1000 - 2500 Lux | | | | |
| ZONE DI CIRCOLAZIONE | | | | | | |
| Corridoio (di giorno) | 200 -300 Lux | | 3:1 | 22 | 80 | Livelli più bassi di notte |
| Corridoio (di notte) | 50 - 80 Lux | | | | | |

Figura 10 - Tabella riassuntiva elaborata considerando i dati forniti dallo IESNA Handbook 10th Edition (2011) e la normativa UNI EN 12464 -1 (2011) “Illuminazione dei Luoghi di Lavoro”

5.2.2 Illuminazione diretta vs illuminazione indiretta

Craig Bernecker, fondatore del Lighting Education Institute ha condotto uno studio agli inizi degli anni '90 sulla percezione della luce da parte delle persone che ha cambiato da allora il design di migliaia di up-lighter. La popolarità della luce diretta/indiretta è da attribuirsi in gran parte a Bernecker, poiché la ricerca condotta per il suo dottorato e i suoi lavori successivi hanno dimostrato come la percezione della luce migliori moltissimo quando le persone possono vedere sia un elemento diretto che uno indiretto. “Abbiamo scoperto che si ha bisogno di vedere la fonte della luce per avere la percezione che sia abbastanza luminosa”, ha spiegato Bernecker. “Una stanza illuminata esclusivamente con illuminazione indiretta viene percepita dalla gente come un cielo nuvoloso, non come l’aria frizzante e tersa di una giornata di sole.” Per lo studioso, non è necessario vedere fisicamente la fonte di luce per avere l’effetto di illuminazione diretta. Nel light design l’utilizzo di illuminazioni di nicchie crea l’effetto di una “sorgente virtuale”. Quando si vede la luce riflessa, risulta chiaro dove sia la sorgente luminosa anche se non è visibile. Il risultato, in termini di percezione, è lo stesso di quando la sorgente luminosa è invece direttamente visibile. Per questa ragione si predilige l’utilizzo di illuminazione indiretta sul soffitto o sulle pareti con tecniche di tipo wall-washing, illuminazione radente e illuminazione up-light da terra di tipo luminator e utilizzando lampade da parete.



Features of poor light diffusion

Direct lighting

- + very good to average energy efficiency
- discomforting glare for patients confined to bedrest
- reflective glare on equipment
- dark shadow on facial features and objects
- faces not bright enough for visual communication
- reflections on the floor
- room appears to be dark

Indirect lighting

- + excellent glare control
- + minimum reflections
- + room appears to be bright
- + hardly any shadows
- average to poor energy efficiency
- ceilings are too bright for patients confined to bedrest
- diffuse lighting atmosphere (hardly any contrasts)

Direct / Indirect lighting

Twin-component lighting

Features of good light diffusion

Direct / Indirect lighting

- + good energy efficiency
- + hardly any shadows
- + hardly any reflections
- + good glare control
- + room appears to be bright
- + homogeneous, soft transitions due to multiple reflectance

Twin-component lighting

- + like direct / indirect lighting
- + partial amplification of lighting due to task / reading lights

Derungs Licht AG understands the significance of direct / indirect lighting and twin component lighting. The light fixture product range focuses on providing lighting solutions in these areas. Our priority is to provide excellent lighting solutions that use a basic principle: provide indirect lighting while diffusing direct light to properly balance the atmosphere safely and effectively.

Figura 11 - Vantaggi e svantaggi di un sistema di illuminazione per anziani Derungs Licht AG

5.2.3 Visual Task e Task lighting

Modificare il visual task, ovvero lo stimolo visivo che si presenta all'individuo utilizzando il modello di visual performance "Relative Visual Performance RVP" sviluppato da Mark Rea⁷⁸ per dimostrare che, aumentando la dimensione e il contrasto del compito visivo, si migliora la performance visiva di anziani e persone ipovedenti. Ciò implica stampare testi più grandi, avvicinare il compito visivo (task) utilizzando anche sistemi di ingrandimento a patto che questo non riduca troppo il campo di visione. Altre modifiche riguardano il contrasto di luminanza (sempre utilizzando il modello RVP) per la distinzione degli oggetti, anche l'utilizzo del colore può essere utilizzato come sostituto per il contrasto di luminanza e per facilitare il riconoscimento degli oggetti.

Modificare l'illuminazione per migliorare le capacità visive aumentando la quantità di luce, valutando lo spettro e progettandone la distribuzione spaziale. Utilizzando il modello RVP si mette in relazione l'attività rispetto alla quantità di luce e l'età dell'individuo. Tale metodo è stato riadattato per persone con un ridimensionamento della pupilla e una maggiore dispersione della luce negli occhi. L'aumento di illuminazione (secondo questo modello) aumenta l'accuratezza e la velocità di lettura ma anche l'abilità di muoversi nello spazio nonché la discriminazione dei colori. Lampade con alta resa cromatica devono essere utilizzate ma con uno spettro particolare, ovvero che abbiano una emissione limitata al di sotto dei 450 nm evitando l'emissione UV. Infine la distribuzione è da tenere sotto controllo sia per evitare che si generino ombre sia che si generino forme di abbagliamento. Si consiglia l'utilizzo di lampade schermate in modo da evitare abbagliamento diretto.

È consigliato l'inserimento di specifici apparecchi di illuminazione portatili e regolabili vicino al campo visivo che possano essere anche trasportate nei diversi locali dell'abitazione e usati dove è necessario (flessibilità e movimento facilitati), per provvedere ad illuminare specifiche aree funzionali, in particolare in zone e attività in cui i compiti visivi siano più impegnativi al fine di contribuire attivamente alla performance visiva. È consigliabile integrare i sistemi di task light sempre alla sinistra (se si è destrorsi) per evitare le ombre. Inserire apparecchi di illuminazione provvisti di bracci mobili anche vicino a divani e letti per modificare il fascio. Inserire punti di illuminazione sopra il lavello, il fornello e altre aree di lavoro fisse. Evitare di avere punti di luce dietro alla schiena. Ulteriori esempi sono l'illuminazione degli armadi e delle cassettiere, etc.

5.2.4 Illuminazione personalizzabile in base a diverse attività domestiche

Lo studio Aladin (Ambient Lighting Assistance for an Ageing Population) ha investigato, tra gli altri, gli effetti psico-fisiologici delle variazioni delle condizioni di luce negli anziani con lo scopo di sviluppare un progetto di illuminazione che si adatta ai differenti tipi di attività domestiche. È stato dimostrato che un'atmosfera domestica caratterizzata da una CCT di 2700K e un illuminamento di 100 lx può determinare la percezione di un ambiente rilassante; diversamente una luce a 4000K con 1300 lux può supportare la performance perché richiede uno sforzo visivo e cognitivo superiore⁷⁹.

Il test è stato condotto su 30 soggetti, 24 donne; età dai 66 ai 84 (media 71 anni) con vista e udito normale o corretto con lenti e occhiali, all'interno di un soggiorno ricreato in condizioni controllate di laboratorio e nel quale gli anziani sono stati monitorati durante lo svolgimento di attività quotidiane come lettura, relax e guardare la tv. Sono stati misurati lo skin conductance response (SCR) in combinazione con l'intervallo RR (tempo tra due battiti cardiaci). Le condizioni di illuminazione erano quattro:

- personale (i soggetti scelgono una task lamp tra diverse opzioni e la regolano tra 100 e 1500 lux)
- normale (4000K in un apparecchio di illuminazione standard, ~1300 lx sul tavolo);
- rilassante (2700K in un apparecchio di illuminazione standard sul soffitto, ~100 lx a terra);
- intensa (4000K, 27000K e due apparecchi di illuminazione standard da 8000K, ~5000 lx sul tavolo)

Dalle misure psicofisiologiche è risultato che la difficoltà relativa alle diverse attività ha un impatto superiore rispetto a quella determinata dalle diverse condizioni di luce. In generale, meno rilassante era la task, maggiore risultava lo SCR e minore l'intervallo RR. Inoltre lo SCR era maggiore sotto una luce "intensa" (5000 lx sul piano di lavoro) rispetto all'illuminazione "normale" (fino a 1300 lx) durante la lettura. Lo SCR aumenta all'aumentare dell'illuminamento da rilassante (circa 100 lux a terra) a normale e a forte per tutte quelle attività che sono impegnative da un punto di vista visivo e cognitivo (avendo sottoposto gli utenti ad una NVT, numerical verification task). L'accuratezza del NVT dipende dalla tipologia di luce mentre non ha effetti sulla velocità. I soggetti mostrano performance migliori sotto una luce "normale". La condizione di illuminazione rilassante è percepita come realmente rilassante e piacevole; la condizione normale (1300 lux) come condizione che offre una buona leggibilità e la condizione forte come troppo attivante. Accanto ai valori fisiologici sono stati misurati i livelli di piacevolezza/spiacevolezza; rilassatezza/attivazione attraverso la somministrazione di un questionario.

5.2.5 Illuminazione dinamica

Considerando la variazione dell'illuminazione in termini di intensità e distribuzione spettrale dato che biologicamente siamo abituati alla variabilità della luce naturale, il secondo studio⁸⁰, condotto per il progetto ALADIN (Ambient Lighting Assistance for an Ageing Population), ha avuto come obiettivo generale quello di sviluppare sistemi adattivi di illuminazione domestica e più nello specifico di comprendere quali effetti possano avere sugli anziani. Sono stati selezionati dodici soggetti e l'esperimento è stato condotto all'interno di un Laboratorio presso la Budapest University of Technology and Economics. Le sessioni si sono svolte tra le 13:00 alle 17:00. Il sistema di illuminazione consisteva in un apparecchio di illuminazione con una lampada con temperatura correlata di colore pari a 3000K e un valore dell'indice di resa cromatica Ra di 85. L'illuminamento compreso tra 300 lx e 900 lx per ognuna delle due diverse condizioni di illuminazione: "up" (illuminamento aumenta nel tempo) e "down" (illuminamento decresce nel tempo). Alcuni sensori sono stati applicati ai soggetti per misurare le condizioni psicofisiologiche durante l'esperimento.

Comparato ad uno studio precedente che aveva indicato come l'illuminazione dinamica abbia un impatto positivo su giovani adulti rispetto all'illuminazione statica (per esempio aumenta l'accuratezza delle performance lavorative; è considerata più piacevole e meno stancante), i risultati di questo studio mostrano che l'accuratezza e la velocità di performance di un'attività non sono significativamente diversi nella condizione di luce dinamica tra il livello di "down" (diminuzione della luce) e "up" (aumento). I

soggetti con un punteggio più alto nella SSS (Sensation Seeking Scale, ovvero la modalità con cui le persone sono predisposte agli stimoli) hanno valutato la condizione di illuminazione “up” più piacevole e hanno mostrato migliori performance nell’accuratezza sotto la condizione “up”. Il tempo e l’illuminamento sono i fattori più importanti nel determinare velocità e accuratezza, indicando che fattori biologici associati al tempo (ad esempio, abitudine e fatica) possono indurre una peggiore performance nel tempo; in ogni caso, la condizione di illuminazione “up” può aiutare a compensare.

5.2.6 Illuminazione e umore

Molte persone sono esposte all’illuminazione artificiale in interni e poco si conosce rispetto agli effetti che tale illuminazione ha sull’umore e le performance cognitive di uomini e donne all variare dell’età. Alcuni studi⁸¹ hanno cercato di investigare la relazione tra età, sesso, umore, funzioni cognitive e illuminazione di interni utilizzando un metodo di ricerca sperimentale per specificare quali variazioni emotive determini la variazione di CCT. L’esperimento è stato condotto su soggetti che erano assegnati casualmente a due tipi di condizioni di illuminazione: temperatura di colore calda (reddish, Osram 36W, L 36/22, 3000 K, Ra 95, 500 lux) e temperatura di colore fredda (bluish, Osram 36W, L36/32, 4000 K, Ra 95, 500 lux). I soggetti partecipanti dovevano completare tre differenti attività: un test PANAS⁸² sull’umore, una valutazione della stanza ed effettuare una performance riguardante l’attività cognitiva (memoria breve e lungo termine, problem solving). I risultati mostrano che l’età piuttosto che la luce ha un effetto più impattante rispetto alla performance cognitiva. Un effetto dell’interazione tra il tipo di lampada e l’illuminamento sull’umore ha dimostrato che l’illuminazione bianca fredda (circa 4000K) a bassi livelli di illuminamento (300 lux) e una luce calda (circa 3000K) ad alto illuminamento (1500 lux) meglio preservano un umore positivo nei partecipanti mentre si occupano di compiti cognitivi per più di 90 minuti. L’illuminazione della stanza ha modificato l’umore negativo dei partecipanti. Differenziazioni si sono notate tra gruppi di età e non di sesso: i partecipanti più giovani mostravano di conservare un umore negativo di più nella luce bianca calda che nella fredda. Per gli anziani è stato osservato un effetto contrario. Questo suggerisce che le qualità cromatiche della luce per interni possono comunicare significati emotivi diversi ai giovani piuttosto che agli anziani.

5.2.7 Sistema impiantistico

Nel rifacimento dell’illuminazione domestica è necessario considerare che si sta sviluppando un progetto in un contesto residenziale dove il gusto e le necessità degli abitanti della casa devono essere considerati e rispettati. A questo si aggiunga la necessità di semplificare i sistemi di gestione e di cablaggio dell’illuminazione utilizzando i punti cablati esistenti, le prese esistenti, eventualmente convertendole per ospitare più sistemi di illuminazione e utilizzare sistemi come micro canaline per il trasporto dei cavi. Prevedere inoltre un posizionamento ergonomicamente adeguato delle prese e degli interruttori per una più semplice gestione e manipolazione. Progettare il sistema secondo un principio di Universal design: collocazione degli interruttori: non più alti di 100 cm dal pavimento in posti accessibili, non coperti dagli elettrodomestici o dagli arredi, manopole disegnate per movimenti semplici e una manipolazione agile; considerazioni sull’invecchiamento dell’occhio e, come conseguenza l’utilizzo di fonti di luce schermate, luci di segnalazione e orientamento per la camera e il bagno, illuminazione down-lighting integrata nei maniglioni, piastrelle di luce blu integrate nel muro per la regolazione dei ritmi circadiani.

5.2.8 Illuminazione + sistema circadiano

Numerosi studi rilevano che l’illuminazione (spettro, intensità, direzione, momento e durata) migliora la qualità di sonno e determina il recupero del ritmo circadiano⁸³. Il sistema visivo e il sistema circadiano mostrano comportamenti diversi rispetto alle quantità e alla qualità della luce necessaria per poterli attivare: il sistema circadiano richiede una più alta soglia per essere stimolato, un picco di sensibilità spettrale diverso rispetto alla visione e risponde in modo molto più lento alla stimolazione luminosa. Nonostante questo sia noto, ulteriori studi approfonditi devono essere effettuati per comprendere e predire esattamente quanta luce debba raggiungere la retina per avere delle risposte sul sistema

circadiano, ovvero come prevedere effettivamente la risposta circadiana ad uno stimolo luminoso non banale, quantitativamente e qualitativamente determinato.

I recenti studi sono concordi nell'affermare che la soppressione della melatonina avviene con una stimolazione luminosa il cui picco spettrale è a circa 460 nm con un'ampiezza massima di 100 nm. Inoltre, la conoscenza ormai acquisita sul modo in cui funziona il sistema vede ormai consolidata la fisiologia retinica: questa è basata sulle cellule gangliari della retina (ipRGCs) che sono fondamentali per la foto-trasduzione della luce nel sistema circadiano, perché li convertono anche in segnali neurali per il nucleo soprachiasmatico (SCN). Anche i coni e i bastoncelli partecipano a fornire informazioni per tale processo alle ipRGCs⁸⁴.

Diversi modelli tentano di descrivere la sensibilità spettrale del sistema circadiano: ogni modello varia in quanto a complessità e alle considerazioni di neuroanatomia e neurofisiologia della retina. Poter modellare il comportamento circadiano umano è utile alla pratica dell'illuminazione perché può aiutare nello sviluppo di prodotti e sistemi. Il primo modello presentato è quello sviluppato da Brainard et al. con un picco di sensibilità spettrale intorno a 460 nm (luce blu) mentre il secondo è quello di Trapan et al. Entrambi i modelli misurano l'efficienza spettrale dello stimolo luminoso quantificato in termini di irradianza alla cornea. Questi modelli sono stati messi in dubbio dal fatto che non esiste nessun fotorecettore nella retina con una sensibilità a 460 nm: ipRGCs sono sensibili ad uno spettro con picco 480 nm.

Dal 2005 in poi è stato sviluppato un modello non lineare ma basato sia sulla banda spettrale del blu sia sulle sorgenti di luce policromatica. Inoltre, in tale modello, sono stati introdotti una serie di altri elementi come, ad esempio la trasmittanza spettrale del cristallino che condiziona la sensibilità del ipRGC: questo approccio fornisce informazioni più specifiche rispetto alla sola irradianza spettrale della cornea.

Da un punto di vista applicativo è stato fondamentale predire il funzionamento del sistema circadiano rispetto alle sorgenti policromatiche di luce bianca che sono generalmente utilizzate nell'illuminazione. Viene dunque mostrata la predizione della relativa efficacia sul sistema circadiano di differenti sorgenti policromatiche a luce bianca con un illuminamento alla cornea di 300 lux finalizzata alla soppressione della melatonina in funzione della temperatura di colore (basata sulla funzione di Gall)⁸⁵. Molti studi sugli anziani hanno utilizzato la luce bianca (200-500 lux di illuminamento verticale con una sorgente fluorescente da 4100K per la soppressione della produzione di melatonina). In alcuni contesti e soprattutto per gli anziani che soffrono di SAD si usano specifici trattamenti terapeutici giornalieri che espongano i pazienti alla luce di alcuni light box (meglio la mattina) per 30 minuti con livelli di illuminazione di 10 Klx al livello della cornea. Minori livelli di illuminazione (2.5 Klx) possono essere utilizzati con un tempo superiore (1-2 ore) L'uso delle esposizioni alla luce migliora il ritmo circadiano ed è utile anche a mitigare gli effetti della Sundown Syndrome i cui sintomi sono un aumento dell'agitazione al calar della sera⁸⁶.

Un altro studio sperimentale è stato effettuato all'interno di due unità geriatriche in un istituto per la cura specifica della demenza durante stagioni differenti. Sessantasei partecipanti in tutto, senza problemi di vista particolari, sono stati sottoposti ad un'illuminazione ambiente a 2500 lux attraverso due sistemi di illuminazione senza abbagliamento installati all'interno della sala da pranzo e nell'area attività. L'esposizione a tali livelli è stata di circa 2.5 e 3 ore al giorno per il trattamento della mattina e della sera. Un'ulteriore esposizione è stata effettuata per l'intera giornata (circa 8.4 ore). Il sonno notturno è stato misurato attraverso un actigrafo da polso (Actiwatch-L, Mini Mitter Inc, Bend, OR) mentre le attività giornaliere sono state rilevate mediante osservazione (attraverso 48 osservazioni random da 1 minuto).

I risultati hanno dimostrato che il sonno notturno è stato migliorato significativamente nei partecipanti allo studio esposti alla luce diurna e alla luce durante l'intera giornata, con un miglioramento soprattutto sui partecipanti con demenza severa (16 minuti per l'illuminazione al mattino e 14 minuti per l'intera giornata). L'analisi dei ritmi circadiani ha identificato un significativo slittamento dell'acrofase (in dipendenza dal tempo della terapia) ma nessun altro effetto rispetto alle altre misure circadiane (ritmicità, ampiezza, variabilità tra giorni diversi, stabilità nella stessa giornata). Inoltre, è stato dimostrato che la luce intensa ha un effetto modesto ma misurabile sul sonno per questa particolare popolazione e che l'illuminazione ambiente ad alta intensità sembra essere preferibile ad elementi di illuminazioni statici come i light box. Infine, l'effetto della luce intensa sul sonno può essere considerato comparabile o superiore rispetto alle medicazioni e ai sedativi che sono spesso utilizzati: la luce, inoltre, non determina effetti collaterali. Alcune

limitazioni dello studio sono che probabilmente il livello di illuminazione a 2500 lux non è in realtà sufficiente per stimolare il sistema circadiano di una popolazione anziana (i dati utilizzati erano riferiti ad una popolazione di giovani adulti)⁸⁷.

Alcuni studi utilizzano l'esposizione a elevati livelli di luce bianca naturale per determinare variazioni del ritmo circadiano (slittamento dell'orario di risveglio e migliorata efficienza del sonno senza aumentare il tempo a letto) ad un costo energetico ridotto dato che i livelli quantitativi di luce per gli effetti non visivi sono molto elevati. In particolare l'efficace soppressione della melatonina deriva da un'esposizione ad un'illuminazione che arriva nella parte inferiore dell'occhio (dall'alto) con un livello di illuminamento compreso tra 180-190 lux per mezzo di una sorgente con spettro continuo (D65 o D75)⁸⁸.

Lo studio di Shochat⁸⁹ sull'illuminazione naturale diurna su pazienti all'interno di una casa di cura per lunga degenza esplora la relazione tra livelli di illuminazione e il ritmo sonno-veglia. Settantasette anziani (85.76 anni in media) sono stati monitorati per tre giorni attraverso l'uso di Actillum, un sistema che registra l'attività di sonno-veglia e i livelli di illuminazione (Ambulatory Monitoring, Inc. Ardsley, NY, USA). I risultati dello studio hanno verificato l'esistenza di alcune correlazioni tra illuminazione e il ritmo di sonno-veglia: ad esempio l'esposizione ad alti livelli di illuminazione diurna ha determinato minori risvegli notturni, il recupero di un regolare pattern del sonno e dei periodi di attività delle persone con demenza.

I fotorecettori che regolano l'orologio biologico non rispondono allo stesso modo a tutti gli stimoli luminosi ma sono particolarmente sensibili alla luce blu perché è la luce più diffusa in natura. È per questo che per le luci artificiali progettate per coinvolgere il nostro orologio biologico si utilizza spesso la luce blu. Il Prof Serge Daan⁹⁰ in particolare afferma che: "Se [queste luci] si accendono lentamente e diventano gradualmente più luminose, allora sono in grado di ridurre la sonnolenza". È molto probabile che non influenzino particolarmente l'orologio biologico ma riescono a ridurre l'"inerzia del sonno", cioè il periodo necessario per essere completamente vigili dopo il risveglio. Oltre a garantire un risveglio più dolce, queste luci potrebbero essere utili per resettare il ciclo di sonno delle persone che tendono a svegliarsi molto presto, le "allodole".

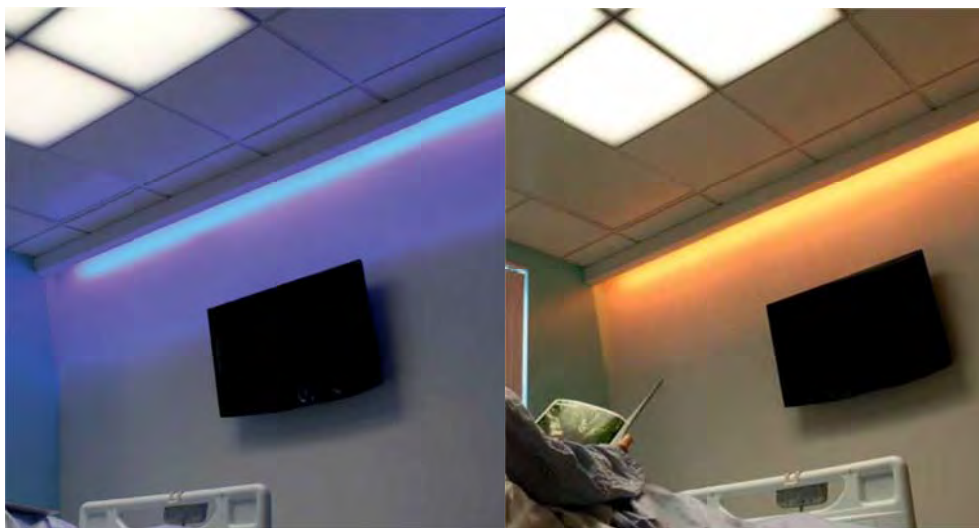


Figura 12 - Sistema di illuminazione Dynamic Lighting di Philips.

Tale soluzione è stata provata all'interno di un ospedale inglese che stava valutando alcune opzioni per rinnovare gli ambienti in modo da renderli più gradevoli per i malati affetti da demenza all'interno di un progetto Enhancing the Healing Environment (EHE, Ambiente che migliora il processo di guarigione). È stato utilizzato il sistema di illuminazione Dynamic Lighting di Philips che produce un'illuminazione ciclica durante il giorno, seguendo il ritmo naturale della luce solare e influisce sui livelli ormonali nel corpo umano e il ritmo sonno-veglia. Il sistema di illuminazione Dynamic Lighting adempie a una duplice funzione: creare un ambiente piacevole e luminoso nei reparti e mantenere attivi i pazienti durante il giorno in modo che la qualità del loro sonno notturno migliori (Figura 12). "Abbiamo scoperto che questo ha un grande impatto sui cicli di sonno e veglia dei pazienti. Credo che l'idea di avere una luce più calda gialla-arancione aiuti a

preparare i pazienti al sonno,” ha osservato la caposala Debbie Beaumont. “In generale le soluzioni per l’illuminazione hanno dato nuova luce all’aspetto del reparto che ora è più luminoso, vivace e accogliente. C’è stato un grande cambiamento nel modo in cui i pazienti percepiscono l’ambiente: dicono di sentirsi più calmi e rilassati”. Il sistema HealWell di Philips combina livelli di luce che variano gradualmente durante il giorno con un’illuminazione dell’ambiente che i pazienti possono regolare da soli usando un telecomando touchpad.

Altri studi^{91, 92} (Figura 13) si basano sull’utilizzo di luce blu ($\lambda_{max} = 470\div 480$ nm) utilizzando degli apparecchi personalizzati con un illuminamento approssimativamente di 30 lux alla cornea. Durante la notte, sono state rilevate la temperatura timpanica e sono state fatte delle osservazioni rispetto alle condizioni del sonno.



Figura 13 - Apparecchio di illuminazione customizzato LightBox con LED blu (470 nm)

I risultati dimostrano che gli anziani (6 soggetti testati in una casa di riposo tra Marzo e Aprile 2004) non Alzheimer hanno dormito meglio dalle 00:00 alle 04:00 dopo il trattamento con luce blu. La qualità del sonno notturno è stata significativamente superiore. Nonostante i pazienti con Alzheimer più acuta non abbiano eseguito l’esposizione in modo corretto e costante, i risultati sono stati incoraggianti anche se con livelli inferiori rispetto ai non Alzheimer. L’esposizione alla luce blu ha ritardato la diminuzione della temperatura corporea di due ore; i pazienti che erano monitorati direttamente hanno dimostrato di essere più attivi durante il giorno rispetto alla notte. Purtroppo, a causa della miosi senile e per via della cataratta, anche il trattamento con sistemi di illuminazione con lunghezze d’onda intorno alla banda del blu hanno un effetto inferiore nella stimolazione del sistema circadiano rispetto a soggetti sani^{93 94}.

Per limitare le problematiche relative al movimento e alla necessità di sostare di fronte a sistemi di illuminazione statici (come lightbox) uno studio sperimentale ha utilizzato un sistema indossabile terapeutico che utilizza la luce blu ad una lunghezza d’onda di 470 nm a cui il sistema circadiano sembra sensibile (con un’irradianza compresa tra 0.7 e 72 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ di luce blu a 470 nm) per determinarne la soppressione di melatonina e lo slittamento di una fase dei ritmi circadiani.



Figura 14 - Occhiali speciali con emissione schermata di luce Blu. LRC

Tale sistema è stato indossato da 9 soggetti (51-62 anni) in laboratorio ed è costituito da un paio di occhiali speciali con integrati dei LED BLU LUXEON REBEL (466-474 nm) efficacemente diffusi attraverso una plastica diffondente in modo da non disturbare, da evitare il Blue Light Hazard (BLH) e interferire con la performance visiva, temporizzati in modo da dare una dose misurata di luce. Inoltre sono stati equipaggiati da un circuito di controllo, da una batteria e da una camera a infrarossi che fotografava l'occhio per ottenere informazioni sulla dimensione della pupilla durante le varie fasi. In generale all'aumentare della radiazione in termini di durata dell'esposizione, aumenta la soppressione di melatonina. Per questo campione di persone la soglia per una acuta soppressione utilizzando una luce a 470 nm di picco è tra $0.7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ e $2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Persone con problemi alla vista e altri problemi legati all'età potrebbero dare luogo ad altri risultati⁹⁵.

Alcune soluzioni di illuminazione sono state studiate specificatamente per essere integrate negli arredi allo scopo di rendere sicuro il risveglio notturno degli anziani e garantire la sicurezza in bagno garantendo al contempo la regolazione del ritmo sonno-veglia e quindi senza disturbare il sistema circadiano. In particolare Rizzo⁹⁶ descrive una serie di caratteristiche di illuminazione che sono stati utilizzati in un caso studio in una casa di riposo⁹⁷ quali:

- L'illuminazione del bagno che si accende tramite una serie di sensori PIR e di movimento che sono collocati sotto al letto (ad un'altezza che non sia attivata da animali domestici) al fine di prevenire la ricerca degli interruttori e di conseguenza movimenti al buio e cadute;
- Installazione di LED ambra per guidare gli anziani e i disabili verso il bagno di notte. I led ambra li conducono dal letto al bagno attraverso una luce familiare e calda di colore ambra: una luce non intrusiva che non vada ad influire sui ritmi di sonno e veglia.
- Apparecchi customizzati a LED sotto il letto che provvedono 10/15 lux sul piano di calpestio (Figura 15);
- LED array inseriti intorno al telaio della porta per assicurare una referenza visiva verticale utile all'orientamento con valori di 10.5 lux misurati alla cornea e 2/10 lux a pavimento (Figura 15);
- Ulteriori apparecchi a LED sono inseriti all'interno del bagno e garantiscono circa 5/10 lux al centro del pavimento del bagno e 2/4 lux sulla cornea stando in piedi davanti al lavandino (Figura 16);
- Installazione di mattonelle a LED Blu sono collocate vicino alla vasca per dosare una quantità di luce blu durante il momento rilassante del bagno che abbia funzioni di regolare il ritmo circadiano;

È stata condotta un'intervista sia al personale medico (17 persone) sia ai 4 pazienti volontari che sono stati ospitati nella nuova stanza illuminata della casa di riposo. I risultati dimostrano che diversamente dall'illuminazione generale della stanza che veniva accesa dallo staff medico anche di notte per i controlli di routine creando discontinuità nel sonno dei pazienti, l'illuminazione ambra è utile al controllo senza danneggiare la salute e il sonno degli anziani. L'illuminazione ambra sembra essere soddisfacente in tutti i casi tranne nel bagno in cui i livelli di illuminamento sembrano essere scarsi. È utile dire che, ad oggi, questi sistemi sono dei prototipi e non sono mai stati commercializzati.



Figura 15 - Sistema di illuminazione customizzato a LED ambra per il letto e per la cornice del bagno



Figura 16 - Sistema di illuminazione ambra installato all'interno del bagno

Fondamentale risulta assicurare il buio la notte, attraverso apposite schermature della luce artificiale esterna e l'uso di sensori di movimento⁹⁸.

5.2.9 Illuminazione + orientamento + mobilità

Sistemi di illuminazione innovativi in grado di migliorare la percezione visiva dell'ambiente possono essere sistemi utili per contribuire a mantenere l'equilibrio di un anziano con o senza problemi di cadute. Uno studio di Figuerio et al.⁹⁹ ha testato, ad esempio, il controllo dell'equilibrio in anziani sani mentre osservavano una cornice luminosa della porta del bagno. Il compito consisteva nell'alzarsi da una sedia in un ambiente poco illuminato dalle convenzionali luci notturne, oppure da una cornice luminosa inserita intorno allo stipite della porta. Il test serviva per capire quale dei due sistemi contribuisse a rendere l'anziano più stabile nei movimenti aiutandolo a raggiungere la porta senza cadute. Lo studio ha stabilito che l'illuminazione integrata allo stipite della porta diventa un'importante segnale visivo e contribuisce a diminuire le cadute nella fase da seduto a in piedi.

Un secondo studio¹⁰⁰ ha approfondito le caratteristiche di illuminazione per limitare le cadute di un anziano con difficoltà di equilibrio che, solitamente, guarda in basso quando cammina. Per questo motivo il segnale luminoso è stato inserito sul piano orizzontale di calpestio e non su una superficie verticale.

Nello studio sono stati selezionati 24 anziani normovedenti (o provvisti di occhiali di correzione) senza particolari patologie dovute alla senilità: sono stati misurati in termini della loro effettiva predisposizione alle cadute e distinti in due gruppi da 12: HFR (high fall risk) e LFR (low fall risk). Sono state testate tre condizioni luminose: illuminazione omnidirezionale (attraverso plafoniere a soffitto che producevano 650 lux sulla cornea), illuminazione notturna (attraverso le tipiche lampadine inserite nelle prese che illuminano i percorsi 0.015 lux sulla cornea e l'illuminazione notturna insieme a due linee di luce rossa derivate da due laser che proiettano la direzione sulla superficie del pavimento (che non contribuiscono all'illuminazione delle lampadine notturne). Attraverso l'utilizzo di un tappeto sensorizzato GAITRite collegato ad un computer sono stati misurati una serie di caratteristiche del modo in cui camminavano gli utenti sotto le tre condizioni di illuminazione: in particolare sono stati rilevati la lunghezza del passo, la differenza di lunghezza tra i passi e la velocità di andamento. Questi elementi sono associati al rischio di caduta.



Figura 17 - Sistema di illuminazione laser a terra con tappeto Gaitrate di misura del passo

Agli anziani veniva chiesto di ripetere il test (camminare lungo un corridoio per un percorso misurato) circa 4 volte per ogni scenario luminoso. Il risultato dei vari test ha stabilito che, in accordo con quanto già disponibile in letteratura, gli anziani camminano molto più lentamente in ambienti meno o scarsamente illuminati (come possono essere le stanze da letto di notte). Aggiungere due linee di luce rosse (laser) ai sistemi di bassa illuminazione notturna aiuta gli anziani ad avere dei riferimenti visivi riguardo il piano di calpestio e questo risulta utile sia nell'aumento della sicurezza nel camminare, sia nella velocità, sia nella riduzione della variabilità tra un passo e l'altro. La stabilità posturale aumenta e quindi diminuisce il rischio di caduta. Nonostante non sia efficace come avere l'illuminazione ambiente, questo sistema di linee laser ha comunque mostrato dei buoni risultati su entrambi i soggetti (HFR e LFR) ma soprattutto su quelli con maggiore rischio di caduta. È da considerare comunque che i soggetti venivano lasciati seduti per un periodo di 20 minuti per l'adattamento: in realtà in condizioni reali questo non accade e le persone sono spesso costrette a muoversi nel buio mentre il loro occhio si adatta lentamente.

Il passo diventa comunque più stabile quando si usa un'illuminazione ambiente omnidirezionale: questo si misura attraverso l'allungamento del passo che è stato consistente per gli anziani ad alto rischio di caduta. I problemi rilevati mediante l'utilizzo di una luce omnidirezionale, soprattutto di notte, sono la difficoltà di raggiungere l'interruttore che spesso è posto all'ingresso delle stanze e quindi determina un periodo di movimento dell'anziano al buio. Inoltre l'accensione di un così elevato livello di illuminazione (sulla cornea) potrebbe creare problemi al sistema circadiano e quindi sregolare il ritmo sonno-veglia che si tradurrebbe in una difficoltà nel riprendere sonno.

Il sistema di laser sembra semplice ed efficace per poter essere facilmente applicato al fine di dare dei segnali e dei riferimenti visivi agli anziani. È importante notare che non esistono soluzioni in commercio che siano in grado di fare questo.

Altri sistemi di illuminazione consigliati si focalizzano sull'illuminazione d'accento di percorsi, gradini, scale, soglie tramite faretti o anche tramite l'utilizzo di linee luminose da installare nei battiscopa per migliorare il senso di equilibrio e ridurre la possibilità di caduta¹⁰¹.

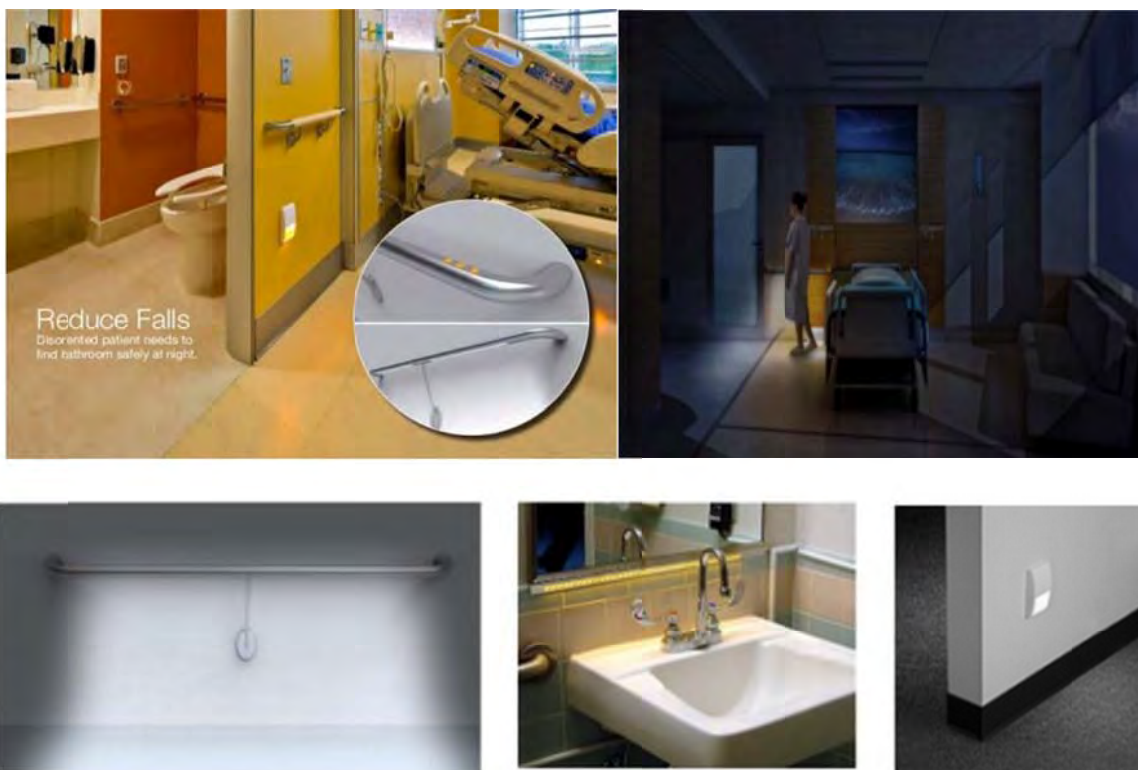


Figura 18 - Sistema di illuminazione per limitare le cadute e permettere un percorso sicuro verso il bagno. Concept e realizzazione da parte di CAMA Inc. Creating Interiors that Promote Wellbeing¹⁰²

Esistono in commercio una serie di soluzioni utili alla customizzazione dell’illuminazione sui percorsi e soprattutto sulle scale che sono in grado di portare la luce laddove serve senza particolari adattamenti del sistema impiantistico. In particolare, alcuni sistemi^{103, 104} sono in grado di comunicare wireless tra i diversi nodi in modo da illuminare l’intero percorso automaticamente al passaggio dell’utente. Inoltre sono autonomi da un punto di vista elettrico e facilmente installabili.



Figura 19 - Alcuni diversi esempi di utilizzo dell’illuminazione LED integrata ai gradini delle scale. Interactive furniture, Archetype e altri esempi di DIY disponibili in rete

Oltre all’orientamento nello spazio per una navigazione sicura all’interno dell’ambiente domestico, alcuni recentissimi studi hanno sviluppato un approfondimento sull’orientamento nel tempo e la capacità dell’illuminazione di poter informare gli utenti anziani non solo del luogo in cui si trovano, ma anche quale momento della giornata stiano vivendo e quali specifiche attività intraprendere in sequenza temporale. Su questo tema è stata sviluppata una ricerca, attraverso lo sviluppo di una serie di prototipi di illuminazione intelligente da testare empiricamente al fine di comprendere se sia possibili migliorare la mobilità

domestica (interna ed esterna) nelle varie fasi di invecchiamento degli individui. Il sistema Guiding Light (AAL JP - AAL-2011-4-033)¹⁰⁵ include un sistema di regolazione intelligente per l'automazione domestica il cui scopo è supportare la navigazione, consolidare il ritmo circadiano individuale, guidare l'attenzione in modo tempestivo attraverso la variazione dell'illuminazione e di diversi stimoli ambientali luminosi.

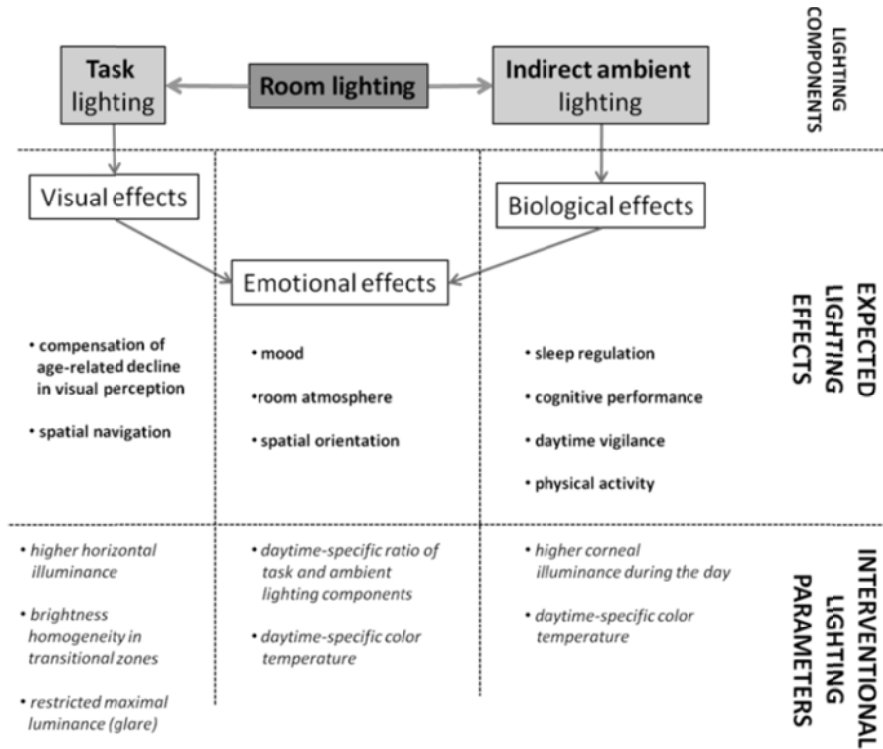


Figura 20 - Modello del progetto Guiding Light per un'illuminazione con effetti psico-fisiologici¹⁰⁶

Per creare un ambiente illuminato che strutturi le attività quotidiane, il progetto di uno scenario di illuminazione è stato pensato con differenti scopi: influenzare la regolazione circadiana, le prestazioni visive, il benessere personale e l'orientamento spazio/temporale tramite una serie di apparecchi per l'illuminazione task e per l'illuminazione generale indiretta le cui performance luminose variano nel tempo, in termini di intensità e temperatura correlata di colore, all'interno delle residenze private¹⁰⁷. L'illuminazione ambiente provvede a fornire un elevato illuminamento a livello dell'occhio per mezzo di apparecchi totalmente indiretti, senza quindi abbagliamento. Nel periodo serale lo stesso sistema illumina l'ambiente con una temperatura di colore calda utile per regolare il sistema circadiano e quindi il ritmo sonno-veglia (Figura 21).

L'illuminazione task viene definita mediante l'utilizzo di faretti utili a guidare l'attenzione dei residenti in determinate zone della stanza per mezzo di un più alto livello di illuminamento orizzontale nella zona di lavoro al fine di permettere una migliore performance sui compiti visivi specifici e di incoraggiare l'utilizzo della stanza per specifiche attività in un dato momento della giornata (Figura 23).

Il sistema è inoltre caratterizzato da apparecchi di illuminazione che illuminano in modo uniforme le zone di transito al fine di garantire una navigazione più sicura tra gli spazi.

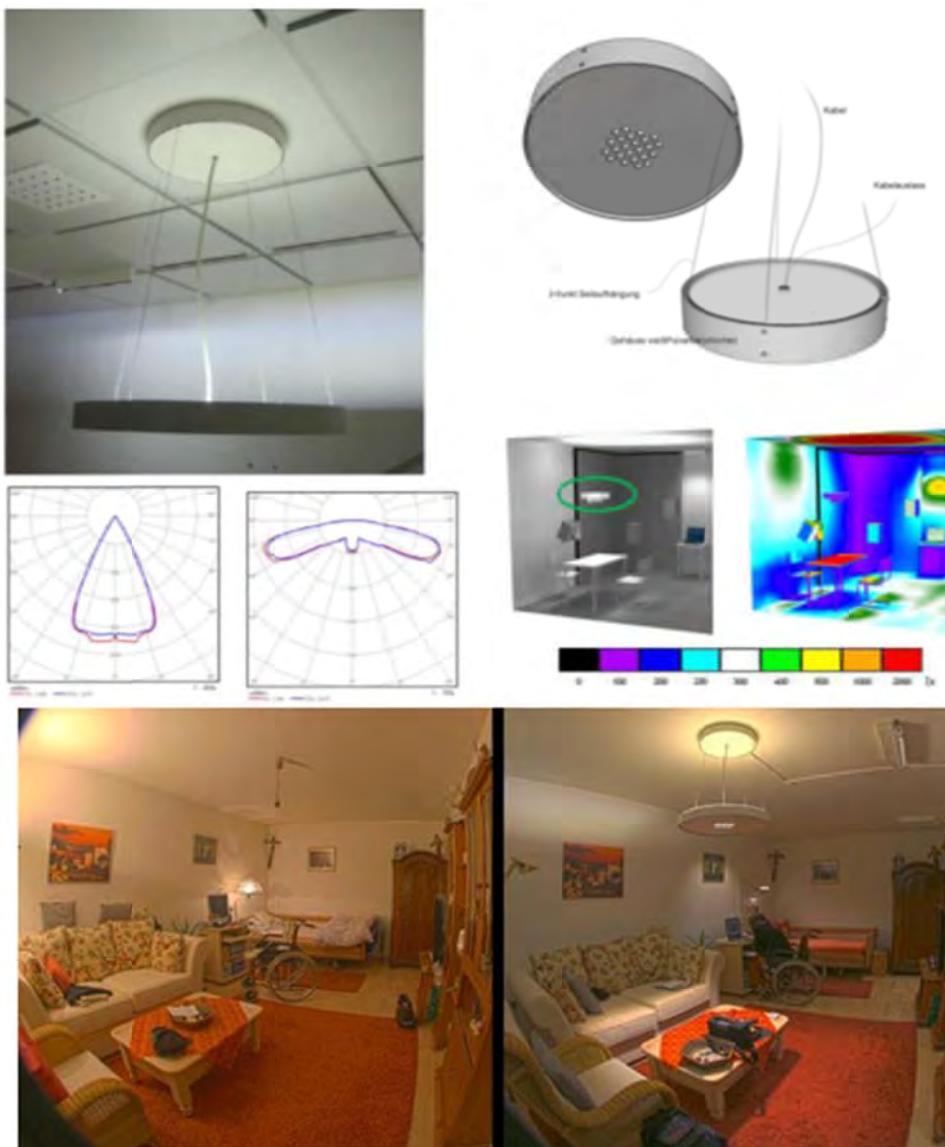


Figura 21 - Sistema Guiding Light di illuminazione diretta e indiretta circadiana

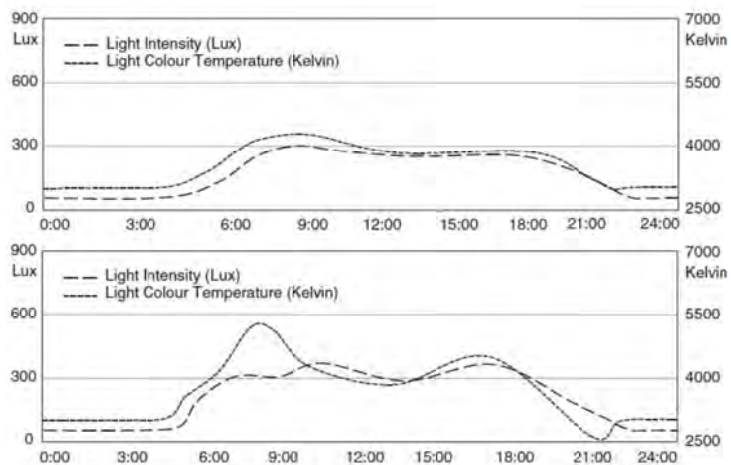


Figura 22 - Variazione della temperatura di colore e dell'intensità di diversi sistemi di illuminazione nell'ambito domestico¹⁰⁸

La complessità dell'intero sistema è costituita dal poter variare i parametri di temperatura correlata di colore, quantità e distribuzione nello spazio in modo autonomo, informandosi e conformando alle attività

domestiche mediante l'utilizzo di una serie di sensori ambientali che servono al monitoraggio del soggetto e ad informare il sistema di illuminazione.

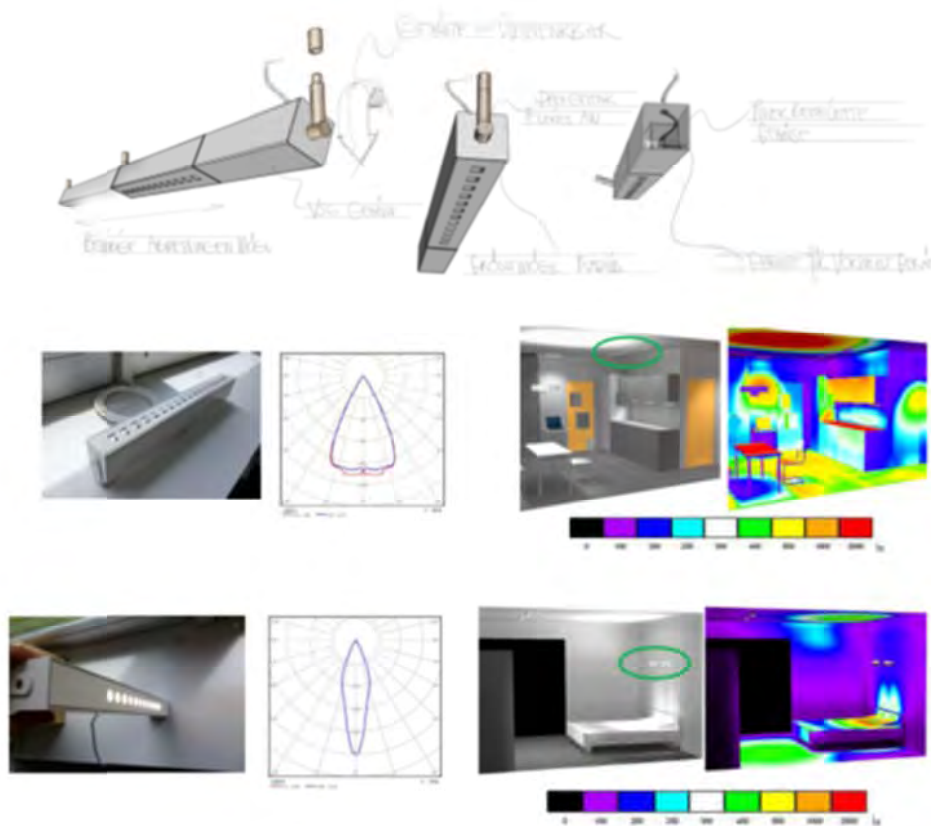


Figura 23 - Sistema di illuminazione task lighting per il compito visivo della cucina e della stanza da letto

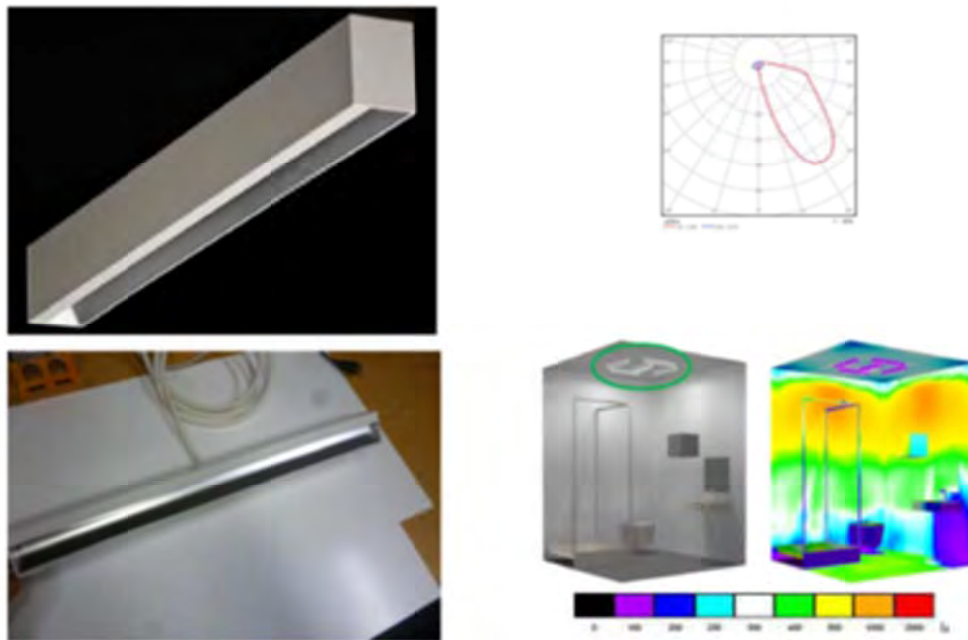


Figura 24 - Sistema Guiding Light di illuminazione di tipo wall-washing del bagno

6 Attività A.2: Proposta di una serie di concept per l'illuminazione domestica degli anziani del futuro

Il focus dello sviluppo di scenari e concept per l'illuminazione degli anziani del futuro sono gli adulti pre-anziani e giovani anziani in buona salute nella fase 1 e 2 del processo di invecchiamento, ovvero che stanno per, o sono appena andati in pensione dal lavoro e sono abbastanza indipendenti nelle attività quotidiane. Il gruppo target consiste in persone di età compresa tra 55 e 75 anni dato che, oggi, l'età media pensionabile è 65 anni (nel 2016), ma aumenterà in futuro. Visto il loro status sociale ed economico, l'apertura mentale a nuove idee, si ipotizza che i futuri anziani possano essere interessati e ben disposti ad investire in prodotti che creano un migliorato livello di comodità per le loro case. La prima fascia (55- 65 anni) è interessante perché, proiettandosi in un futuro di anzianità, può essere un valido spunto progettuale per comprendere come si desidera approcciare la terza età, considerando cambiamenti a partire dal contesto abitativo tenendo in considerazione le proprie risorse economiche, le abitudini, gli stili di vita, le diverse aspettative. Se ad esempio si dispone di un'abitazione inadeguata all'invecchiamento, questa fase della vita è quella in cui si è ancora ben disposti ad effettuare i necessari interventi di adattamento e miglioramento ambientale, senza grandi ripercussioni sulla vita quotidiana. I giovani-anziani (fascia di età compresa tra i 65 e i 75 anni) sono la maggior parte dell'attuale popolazione anziana residente in Italia che ha già lasciato il lavoro e si sta organizzando per valutare come mantenere il proprio stile di vita di invecchiamento attivo.

Inoltre, secondo le statistiche, la maggior parte di questi soggetti convivono con un partner in un'abitazione condominiale, si sentono in condizioni di salute "buone" o "discrete" e vogliono rimanere tali anche se soffrono di piccoli disturbi fisici e lievi disabilità quali il deterioramento dell'udito, della visione e della mobilità¹⁰⁹.

Nel contesto di un'illuminazione che sia di supporto alla salute fisica e mentale dell'individuo e contribuisca al benessere, le proposte di prodotti, sistemi e servizi che verranno formulate nel seguito si concentrano sul miglioramento della qualità della vita del gruppo target, formulando ipotesi che aumentino il comfort, che prevengano e allievinano alcuni disturbi legati all'età tramite sistemi ed esperienze di illuminazione semplici e user-oriented. Il principio è quello di accompagnare la transizione verso la terza età in modo graduale, gradevole e confortevole.

6.1 Aree di ricerca selezionate (evidence-based design)

La preliminare selezione, analisi e ricerca riguardante di studi sperimentali, naturalistici e laboratoriali sull'anzianità, la domesticità e l'illuminazione ha determinato la definizione di una serie di nuclei tematici su cui proseguire la fase di sviluppo di concept e scenari di design. In particolare, come descritto in Figura 25 i due nodi focali dell'illuminazione domestica per il benessere di una popolazione che invecchia sono gli effetti visivi dell'illuminazione che vanno a migliorare le prestazioni funzionali nelle diverse attività domestiche, permettendo di vedere i dettagli, di orientarsi in casa, limitando i danni e gli incidenti domestici. A questo si affianca il lato estetico esperienziale che attiene alla capacità di personalizzazione dell'ambiente domestico, di adattamento alle esigenze specifiche dei singoli e nel tempo e la possibilità di definire un'atmosfera domestica individualizzata.

Un secondo nodo della ricerca e del design dei concept sarà relativo agli effetti non visivi dell'illuminazione, considerando la capacità della luce di agire sul sistema circadiano e quindi di migliorare il riposo e allo stesso tempo le attività durante la veglia. A questo si aggiunga la possibilità di aumentare la salute dei soggetti mediante la secrezione ormonale e attivazione della vitamina D.

Di seguito vengono illustrati scenari, concept di prodotti, sistemi e servizi relativi a questo framework.

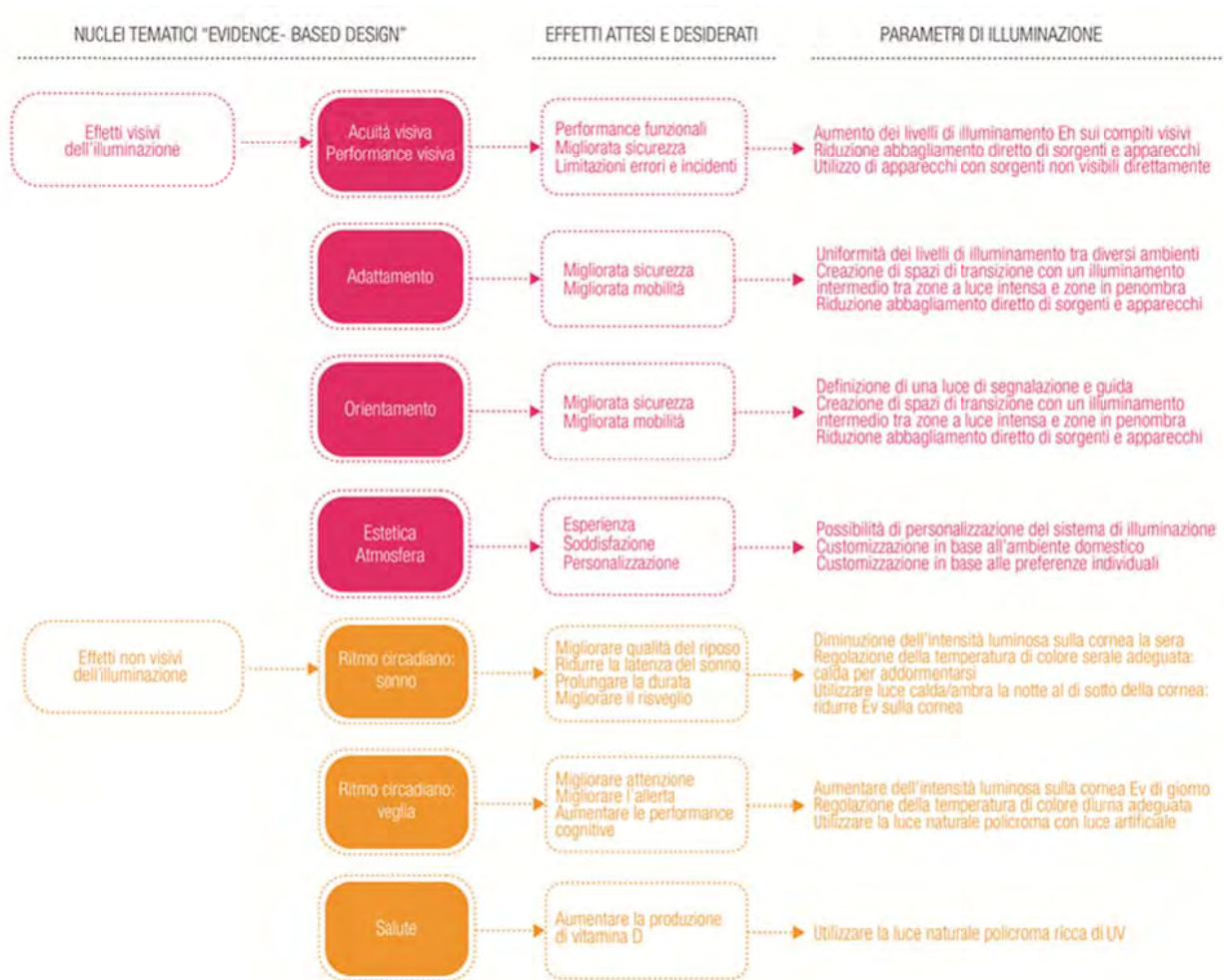


Figura 25 - Nuclei tematici desunti dalla ricerca dello stato dell'arte e della letteratura esistente, evidenze scientifiche sugli effetti attesi e desiderati dell'illuminazione e linee guida progettuali sull'illuminazione per lo sviluppo di concept su domesticità e anziani

Gli scenari tematici sono caratterizzati da concept differenti che riguardano l'intera abitazione, dislocandosi nelle varie stanze in base ad ipotesi sulle attività potenzialmente vissute in casa. Le proposte dei singoli sistemi e prodotti di illuminazione sono definiti in base alla performance luminosa, alle caratteristiche geometriche e dimensionali e al posizionamento all'interno dell'ambiente. Alcuni sistemi e prodotti di illuminazione sono ipotizzati per poter essere inseriti in diversi ambienti e contesti abitativi, essendo funzionali nel risolvere la stessa problematica o rispondere ad una medesima esigenza, in situazioni diverse all'interno dell'ambiente domestico. Altri sistemi sono stati concepiti in modo da assolvere a diverse funzioni di illuminazione, nello stesso elemento che possa contenere diverse funzionalità dei vari scenari, presentati in modo modulare ed eventualmente personalizzabili (custom), in base allo specifico bisogno. Inoltre tali concept sono pensati per poter essere customizzati da un punto di vista estetico, al fine di proporre diverse alternative e potersi adattare alle preferenze dei soggetti target e dello specifico ambiente domestico.

6.2 La Casa circadiana – luce per una buona salute

Gli studi mostrano che esiste una concreta relazione tra la luce e la salute dell'uomo, in particolare sugli effetti che essa ha sulla qualità del riposo e sulla modulazione dei livelli di allerta, sulla regolazione dell'orologio biologico umano nelle diverse stagioni. La disregolazione dell'orologio biologico determina problemi alle funzioni cognitive e favorisce lo sviluppo dello stress, di malattie metaboliche e cardiovascolari, e una limitata interazione sociale. È inoltre noto che la depressione stagionale derivi da una ridotta esposizione alla luce in inverno; la mancanza di vitamina D, legata allo sviluppo di malattie somatiche e al sopraggiungere dell'osteoporosi, deriva dalla limitata esposizione alla luce UV (circa 300 nm). Oggi quasi tutte le attività, sociali e lavorative, si conducono in ambienti interni in cui spesso c'è poca luce naturale, oppure una luce artificiale di bassa qualità e questo ha conseguenze sulla salute degli individui.

Lo scenario di una casa circadiana consiste in un'abitazione che promuova la salute sincronizzando la luce con le attività e i ritmi circadiani dei suoi occupanti rispetto ad un ciclo di 24 ore giorno-notte e tenendo in considerazione, sia i cambiamenti stagionali, che determinano la lunghezza della giornata, sia i cambiamenti climatici, che determinano la possibilità o meno di usufruire di luce naturale diurna diretta o diffusa in casa.

Una casa trasformata in circadiana, mediante una luce che ne attiva il processo, potrebbe essere utile a migliorare la qualità della vita dei suoi abitanti aiutandoli a mantenersi in salute, a riposare correttamente e a mantenersi vigili e agili durante il giorno.

Come può una casa seguire, supportare e modificare i ritmi circadiani dei suoi abitanti favorendo il loro benessere, la loro salute e incentivando una vita più attiva?

Il sistema di illuminazione pensato a questo scopo deve essere:

- adattabile ai cambiamenti delle condizioni meteorologiche, climatiche, stagionali e alle attività degli abitanti;
- variabile nel tempo e negli spazi della casa favorendo una condizione atmosferica domestica più naturale, meno uniforme e più legata ai cicli naturali del ritmo giorno-notte nonché delle specifiche condizioni luminose esterne diurne (soprattutto per quanto concerne la temperatura di colore della luce e i livelli di illuminazione);
- in relazione all'esterno, ovvero creare un legame tra l'illuminazione naturale e quella artificiale in modo da sfruttare al massimo le condizioni di illuminazione diurna (in termini di qualità della luce e di efficienza);
- stimolante durante il giorno, nelle zone più vissute della casa, come la cucina, il soggiorno e lo studio; la luce avrà lo scopo di attivare l'organismo e la mente degli individui, renderli più attivi e attenti, cognitivamente più svegli;
- non stimolante durante la notte soprattutto nelle aree utilizzate la sera come la sala TV o il salotto, la stanza da letto e il bagno; la luce avrà lo scopo di favorire l'addormentamento o il ri-addormentamento dopo un risveglio notturno, un riposo di qualità durante la notte che riduce la condizione di stress, di depressione e di limitata interazione sociale durante il giorno;
- autonomo e personalizzabile, ovvero flessibile nel controllo.

6.2.1 Illuminazione serale – stanza da letto

Dalle ore 21.00 alle ore 23.00 è necessario assicurare che i livelli di illuminamento sulla cornea siano molto bassi e che ci sia una temperatura correlata di colore di 2000K in modo da regolare il ritmo di sonno-veglia e preparare l'organismo a dormire mediante l'avvio della produzione di melatonina. Per questo motivo, è stato pensato un doppio sistema a LED AWB (ambra - bianco - blu) integrati nell'arredo: il primo elemento è un motore luminoso integrato nel proprio testataletto, se possibile, oppure a muro, oppure configurato come elemento d'arredo ex-novo in forma di sistema di illuminazione da inserire accanto al letto (come frame luminoso); il secondo elemento è un apparecchio di illuminazione posizionato frontalmente al letto che illumini le superfici orizzontali di arredi chiari e/o della parete posizionata di fronte al letto. Questo sistema deve garantire il lento rilassamento e illuminare con una luce calda ambrata le zone che sono osservate, creando una sorta di tramonto serale e riducendo la propria emissione luminosa (dimmerandosi)

lentamente fino al completo spegnimento. Le diverse varianti proposte dipendono dalla conformazione della stanza, dallo specifico arredo, dalla presenza di un armadio frontalmente al letto e dalla finitura di pareti e di arredi (Figura 26 - Figura 27).

CAMERA DA LETTO - SERA [21:00 - 23:00]



VISTA FRONTALE

SISTEMA TESTALETTO CON
ILLUMINAZIONE DIFFUSA SULLA PARETE
E ILLUMINAZIONE DIRETTA DI LETTURA
LED AWB
CCT 2000K

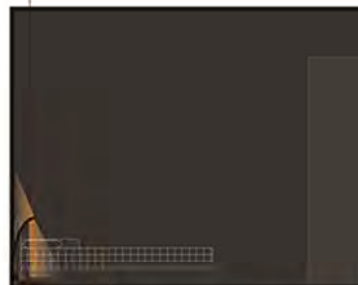
SISTEMA DI ILLUMINAZIONE INDIRECTA
FRONTALE RISPETTO AL LETTO
CON EMISSIONE

SU SUPERFICIE ARREDO CHIARO
SU PARETE DI FONDO CHIARA

LED AWB
CCT 2000K



VISTA DALL'ALTO



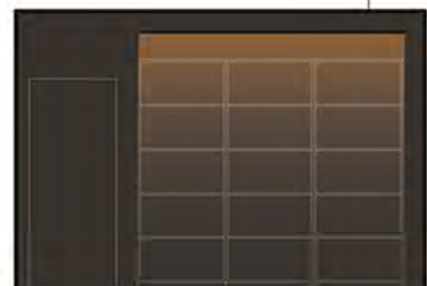
VISTA LATERALE



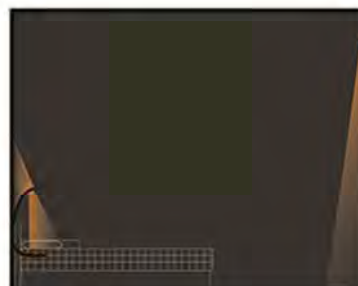
VISTA DALL'ALTO



VISTA LATERALE



VISTA DALL'ALTO



VISTA LATERALE

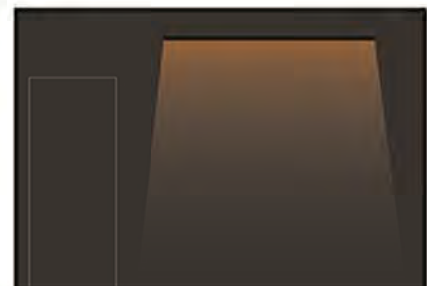


Figura 26 - Illuminazione serale - camera da letto - casa circadiana – luce per una buona salute

6.2.2 Illuminazione notturna – stanza da letto e bagno

Durante le ore notturne è necessario assicurare un completo buio nella stanza in modo tale da non avere disturbi durante il sonno. Se dovesse accadere che il soggetto abbia necessità di alzarsi durante la notte, il sistema di illuminazione dovrà prevedere un'illuminazione di supporto per scendere dal letto in sicurezza e assicurare il minimo livello di illuminamento utile per potersi muovere in sicurezza senza però riattivare il corpo e quindi differire poi il ri-addormentamento. Per questo scopo, il "sistema testaleto" precedentemente descritto diventa un elemento funzionale a illuminare la zona sottostante il letto e anche di appoggio e ausilio al movimento (Figura 28 - Figura 29).

Insieme all'illuminazione di sicurezza nella zona accanto al letto che si attiva tramite sensori di movimento e presenza, il sistema sarà integrato con un'illuminazione di segnalazione e orientamento (cfr. paragrafo 6.3 La Casa sicura – luce guida - pagina 55). L'illuminazione sarà integrata in questo sistema che a sua volta si integrerà nel contesto domestico con materiali e finiture consone e customizzate. In riferimento a questo cfr. paragrafo 6.5 La Casa Su Misura – un servizio di customizzazione dell'illuminazione (pag.61).

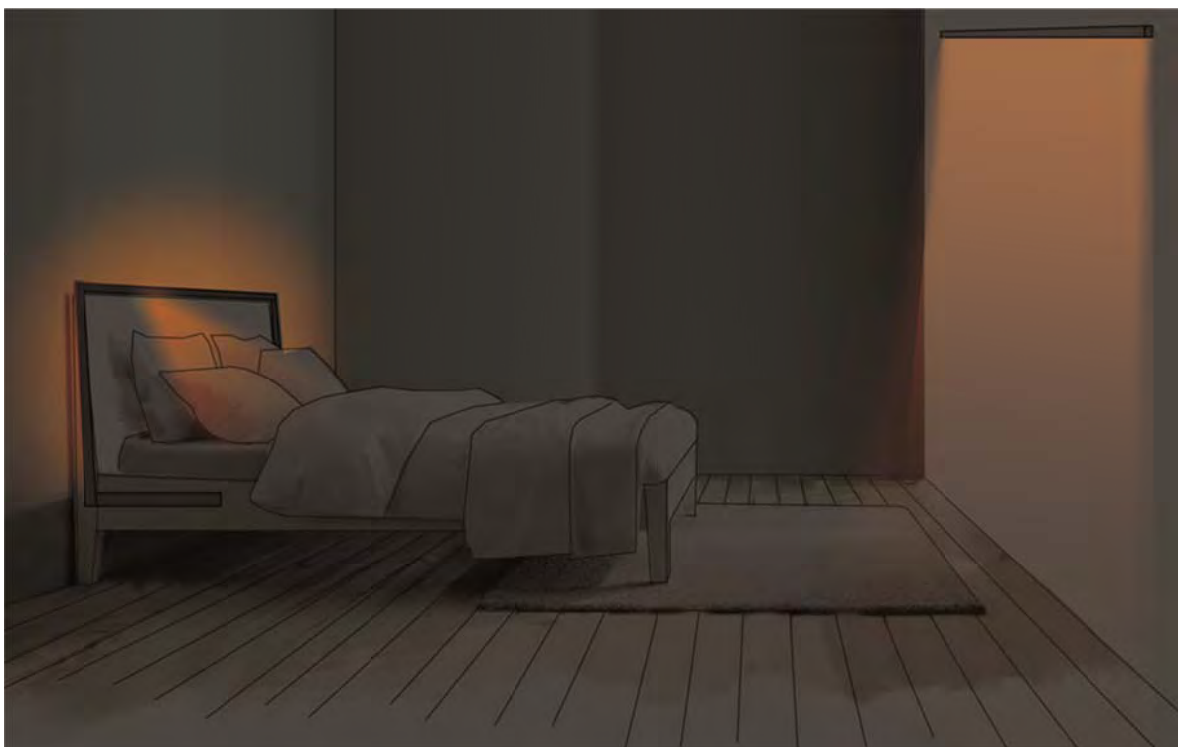


Figura 27- Illuminazione serale - camera da letto - casa circadiana – luce per una buona salute

Il sistema di illuminazione notturna della casa circadiana prevede un particolare scenario di illuminazione nella zona bagno che è il locale più probabilmente frequentato la notte. Per assicurare visibilità e al contempo non riattivare l'organismo, la luce dovrà essere posizionata al di sotto dell'occhio umano nelle zone di particolare interesse come lavello e al vaso sanitario con una temperatura molto calda (circa 2000K). Al contempo l'illuminazione indiretta wall-washing dovrà assicurare la visione del perimetro della stanza permettendo l'orientamento (Figura 30 - Figura 31).

6.2.3 Illuminazione diurna – stanza da letto / cucina / soggiorno / sala da pranzo

Per favorire il corretto risveglio, lo stesso sistema di illuminazione della camera da letto sarà impostato su uno scenario di illuminazione particolare al mattino, ad un orario a scelta dall'utente in base ai suoi ritmi quotidiani. L'illuminazione del testaleto e dell'apparecchio posizionato frontalmente al letto saranno caratterizzati da una lenta variazione di intensità di una luce dapprima calda a circa 2700K che man mano tenderà a diventare più fredda passando a 3000K e fino a 4000K (Figura 32 - Figura 33). L'apparecchio di illuminazione frontale illuminerà in modo indiretto il soffitto a simulare un'alba di luce nella stanza. Questo effetto luminoso è attivo fin quando l'utente sia nella stanza e non ci sia illuminazione naturale nell'interno.

Il sistema potrebbe essere pensato anche in modo domotico e in grado di comunicare con le tapparelle per un'apertura contemporanea all'illuminazione di risveglio precedentemente descritta.

CAMERA DA LETTO - NOTTE [23:30 - 06:00]



VISTA FRONTALE

SISTEMA TESTALETTO CON
ILLUMINAZIONE DIRETTA A TERRA
PER LA ZONA SOTTO E VICINO AL LETTO
LED AWB
CCT 2000K
SENSORI DI MOVIMENTO E PRESENZA



VISTA DALL'ALTO



VISTA LATERALE



Figura 28 - Illuminazione notturna - camera da letto - casa circadiana – luce per una buona salute



Figura 29 - Illuminazione notturna - camera da letto - casa circadiana – luce per una buona salute

BAGNO - NOTTE [23:30 - 07:00 in base all'orario di risveglio notturno]

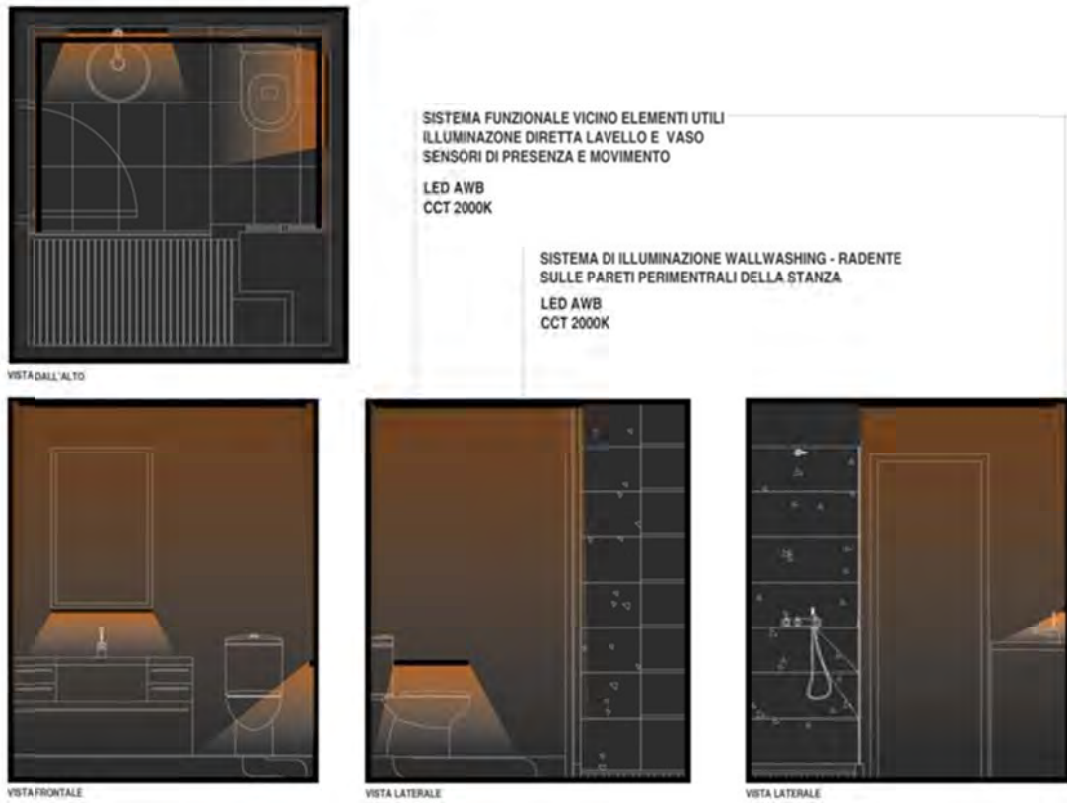
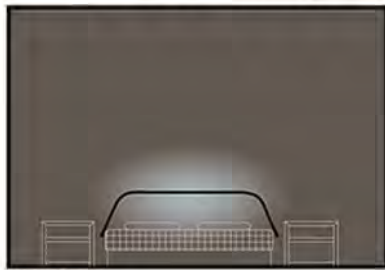


Figura 30 - Illuminazione notturna - bagno - casa circadiana - luce per una buona salute



Figura 31 - Illuminazione notturna - bagno - casa circadiana - luce per una buona salute

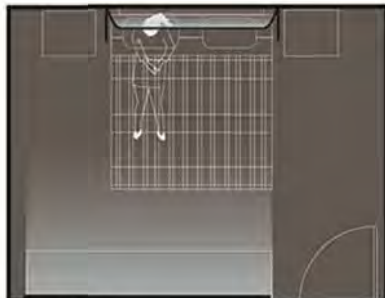
CAMERA DA LETTO - MATTINA [07:00 - 09:00 in base all'orario di risveglio]



VISTA FRONTALE

SISTEMA TESTALETTO CON
ILLUMINAZIONE DIFFUSA
DINAMICA SULLA PARETE
LED AWB
GRADIENTE
CCT 2700K - 4000K

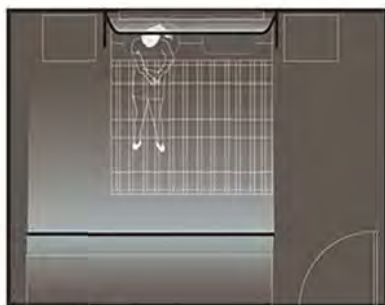
SISTEMA DI ILLUMINAZIONE INDIRETTA
FRONTALE RISPETTO AL LETTO
CON EMISSIONE DINAMICA SUL SOFFITTO
LED AWB
GRADIENTE
CCT 2700K - 4000K



VISTA DALL'ALTO



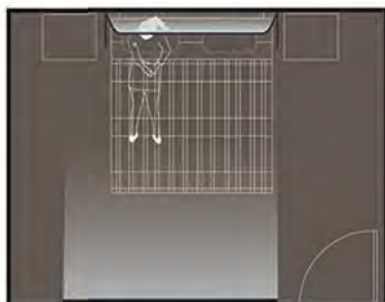
VISTA LATERALE



VISTA DALL'ALTO



VISTA LATERALE



VISTA DALL'ALTO



VISTA LATERALE



Figura 32 - Illuminazione mattina presto - camera da letto - casa circadiana – luce per una buona salute

Il programma di illuminazione circadiana che aiuta nell'attivazione dell'organismo, nella secrezione ormonale che aiuta l'allerta, l'attenzione e le capacità cognitive continua nella stanza in cui l'individuo vive la giornata dalle ore 8:00 alle ore 12:00. Negli studi statistici precedentemente riportati è evidente che le zone della casa più vissute sono la cucina, la sala da pranzo, il soggiorno e il tinello. In queste stanze in particolare si dovrà capire quale è la zona più vissuta nelle prime ore della giornata e quali attività vengono intraprese in tale zona. Molto, dunque, dipende dalle specificità del singolo individuo, dalle sue abitudini, attività e preferenze nonché dal modo in cui è strutturata l'abitazione. Per garantire un boost di energia luminosa policroma durante le ore diurne (intorno alle 10:00 del mattino) si sono definiti una serie di concept di apparecchi e strategie luminose differenti da adattare al singolo contesto abitativo e alle peculiarità degli individui considerati.



Figura 33 - Illuminazione mattina presto - camera da letto - casa circadiana – luce per una buona salute

In particolare, se la cucina è il luogo della domesticità in cui si vivono le ore del mattino, si è definito il concept di un apparecchio a temperatura di colore variabile con emissione luminosa diretta ed indiretta, in grado di simulare la dinamica dell’illuminazione naturale (da 2700K a 7000K), ma anche di avere una distribuzione spettrale molto ampia che comprenda anche valori UV utili per la vitamina D. Tale motore luminoso è integrato in una sospensione le cui caratteristiche estetiche possono essere definite a scelta del soggetto e quindi estremamente personalizzabili ed integrabili nel contesto della propria abitazione (cfr. paragrafo 6.5 La Casa Su Misura – un servizio di customizzazione dell’illuminazione – pag. 61). Il sistema di illuminazione riconosce la presenza del soggetto e soprattutto è in grado di valutare la presenza di luce naturale e quindi calibrare l’illuminazione artificiale fornita di conseguenza (Figura 34 - Figura 35).

CUCINA - MATTINA [08:00 - 12:00]

MOTORE LUMINOSO CON EMISSIONE DIRETTA E INDIRECTA
 CON TEMPERATURA DI COLORE DINAMICA VARIABILE 2700K - 7000K
 IN BASE AL MOMENTO DELLA GIORNATA
 SENSORE DI PRESENZA E DI ILLUMINAMENTO
 PER BILANCIARE LA QUANTITÀ DI FLUSSO EMESSO CON LA LUCE NATURALE E PER OTTENERE 300 LUX SULLA CORNEA
 LED RGBWUV
 GRADIENTE CCT 2700K - 7000K



Figura 34 - Illuminazione diurna - cucina /stanza da pranzo - casa circadiana - luce per una buona salute



Figura 35 - Illuminazione diurna - cucina /stanza da pranzo - casa circadiana - luce per una buona salute

La ricetta luminosa in termini di temperatura di colore varia a seconda del momento della giornata. Per quanto invece concerne l'intensità, è necessario garantire da un minimo di **300 Lux sulla cornea** per soggetti con limitati problemi di vista e i giovani, e aumentare man mano questo livello per soggetti più anziani o con particolare problematiche alla vista (cfr. paragrafo 6.4 La Casa che cresce con te – luce adattiva pag. 61).

Il sistema di illuminazione del tavolo da pranzo è dunque in grado di variare la quantità di luce verso l'alto e verso il basso in modalità automatica o mediante controllo del singolo soggetto in modo tale da poter customizzare l'emissione in base alle attività (in particolare un'emissione diretta sarà scelta nel momento in cui si stanno svolgendo attività cognitive che richiedono particolare concentrazione, mentre un'emissione indiretta se non vi è la necessità di avere elevati livelli sul compito visivo) (Figura 47).

Al contempo il sistema di illuminazione a LED dovrà assicurare:

ILLUMINAZIONE CONFORTEVOLE ANTIGLARE

- sorgenti non visibili
- controllo degli angoli dei fasci luminosi
- controllo dell'UGR nelle varie posizioni utili

ILLUMINAZIONE INDIRETTA

- utilizzo del soffitto chiaro
- controllo della luce attraverso mini-riflettori
- possibile integrazione della luce colorata
- possibile controllo della luce per settori in modo da creare dinamiche e variazioni

ILLUMINAZIONE DIRETTA INTERCAMBIABILE: STESSO MODULO LUMINOSO MA FOTOMETRIE DIVERSE

- diffusa attraverso schermo opalino (soggiorno)
- controllo del fascio con uno schermo microprismatico o edge lighting

Oltre ad avere una funzione terapeutica e “curativa”, il sistema di illuminazione sarà utile anche ad assicurare un’illuminazione corretta per la manipolazione, la concentrazione e l’attività di lavoro. Le specifiche saranno descritte nel Paragrafo 6.3.3 - Illuminazione di manipolazione e di concentrazione pag. 59.

In relazione alle specifiche dimensioni e geometria dell’ambiente domestico e delle abitudini dell’utenti, si potrà efficacemente utilizzare lo stesso motore luminoso precedentemente descritto in un sistema di illuminazione task che quindi sia funzionale alla visione e alle funzioni cognitive ma anche al fabbisogno giornaliero di luce circadiana (Figura 36 - Figura 37). In questa configurazione, all’emissione indiretta si aggiunge un’illuminazione diretta intercambiabile tramite una serie di dispositivi ottici in grado di ottenere diversi fasci larghi, stretti o diffondenti mediante controller microprismatici, per diverse applicazioni e attività. Le emissioni sono state studiate per garantire la performance visiva (livelli di illuminamento corretto sui piani orizzontali e verticali) e soprattutto il comfort necessario (riducendo l’abbagliamento da visione diretta delle sorgenti o determinato da un’eccessiva luminanza dell’apparecchio). Tale soluzione è finalizzata a creare un ambiente più confortevole e gradevole in base all’utilizzo e ad assicurare un prodotto altamente efficiente. Inoltre, la capacità di declinarsi in una famiglia di esemplari con prestazioni luminose minime o più complesse e/o intercambiabili in diverse applicazioni è una caratteristica utile per definire un prodotto più flessibile ed economicamente sostenibile (cfr –paragrafo 6.5.2 Fase di funzionamento del sistema: adattamento, manutenzione, integrazione, up-grading tecnologico pag. 62). È stata ipotizzata la possibilità di ridurre il flusso dei LED in situazioni con minori esigenze visive e di modificarle nel corso degli anni.

Diversamente se l’utente è abituato a passare molte ore in salotto, o in uno studio, o in una stanza della casa polifunzionale come una vecchia stanza singola ritrasformata in laboratorio, la terapia di luce per migliorare l’attenzione e per calibrare la corretta secrezione ormonale e di vitamine dell’organismo, sarà affidata ad un sistema di illuminazione ibrido naturale / artificiale inserito nei pressi delle finestre che saranno selezionate durante uno studio preliminare (paragrafo 6.5 La Casa Su Misura – un servizio di customizzazione dell’illuminazione – pag. 61), nella parte della casa più soleggiata e luminosa. Il sistema di illuminazione sfrutta il principio per il quale guardare dalla finestra è salutare e aiuta a mantenersi in contatto con l’esterno perché si partecipa della vita e delle interazioni della città. Inoltre se esternamente ci fosse natura (alberi, foglie, parchi e giardini) allora l’effetto benefico e salutare sarebbe molto maggiore. Il sistema ibrido sfrutta quindi l’elemento finestra per generare l’impressione di una situazione soleggiata e luminosa che sia anche terapeutica e curativa anche quando non sia una bella giornata di sole estivo. Inoltre, sfruttando l’illuminazione naturale per quanto possibile durante il corso dell’anno, si risparmia sull’illuminazione artificiale considerando gli elevati livelli di illuminamento da ottenere.

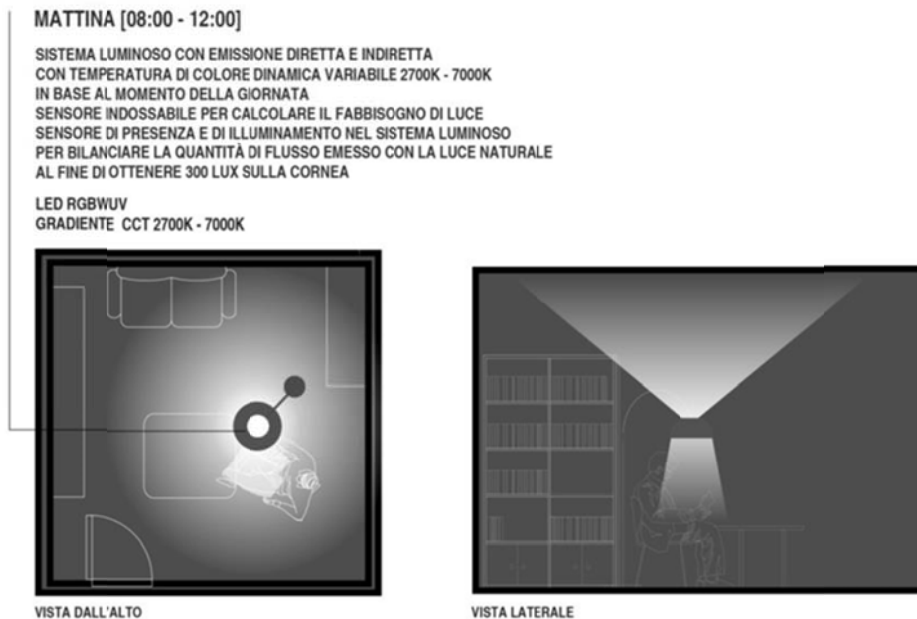


Figura 36 - Illuminazione diurna - stanza preferita - casa circadiana - luce per una buona salute



Figura 37 - Illuminazione diurna - stanza preferita - casa circadiana - luce per una buona salute

L'intelligenza di questo sistema di illuminazione ibrido sta nel fatto che è in continua comunicazione con l'utente, inviando informazioni che specificano la migliore collocazione nello spazio domestico, per ottenere una corretta terapia luminosa, e indica informazioni riguardanti quanto tempo e quale posizione mantenere, nonché quanto il proprio corpo si sia "ricaricato" di energia solare nel corso della giornata.

Il soggetto sarà invitato, tramite un sistema di sensori sia indossabili sia distribuiti nella casa, a stazionare nei pressi di tale zona estremamente luminosa e salubre per un determinato periodo di tempo per ricalibrare il suo ritmo circadiano e assumere la quotidiana quantità di luce per la propria salute. Il sensore indossabile potrà dare informazioni anche durante il periodo in cui il soggetto si trovi all'esterno, calcolando il fabbisogno quotidiano di luce e informandone l'utente.

Il sistema è in grado quindi di capire quanta luce sia presente nei pressi della finestra e calibrare di conseguenza (in base alle condizioni climatiche esterne e in base alla stagione) l'illuminazione artificiale

vicino alla finestra. L'effetto luminoso di questo sistema andrà ad integrare parzialmente o sostituire in caso di limitatissima quantità di luce (giornata uggiosa, temporale, etc) l'apporto di luce naturale.

STANZA CON FINESTRA - MATTINA [08:00 - 12:00]

SISTEMA LUMINOSO CON EMISSIONE DIRETTA IBRIDA
CON TEMPERATURA DI COLORE DINAMICA VARIABILE 4000K - 7000K
IN BASE AL MOMENTO DELLA GIORNATA
SENSORE INDOSSATO PER CALCOLARE IL FABBISOGNO DI LUCE
SENSORE DI PRESENZA E DI ILLUMINAMENTO NEL SISTEMA LUMINOSO
PER BILANCIARE LA QUANTITÀ DI FLUSSO EMESSE CON LA LUCE NATURALE E OTTENERE 300 LUX SULLA CORNEA

LED RGBWUV
GRADIENTE
CCT 4000K - 7000K

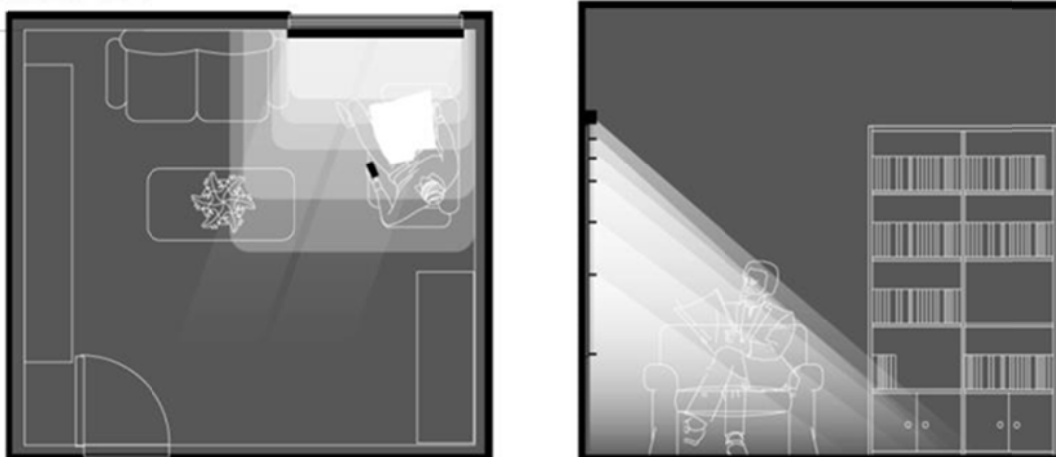


Figura 38 - Illuminazione diurna - stanza con finestra a scelta - casa circadiana – luce per una buona salute



Figura 39 - Illuminazione diurna - stanza con finestra a scelta - casa circadiana – luce per una buona salute

Come nel concept precedente, il sistema di illuminazione mista naturale artificiale per la parte LED sarà equipaggiato con LED RGBWUV in grado di produrre una luce policroma con uno spettro completo. Inoltre, per ovviare alle problematiche di abbagliamento, il sistema sarà schermato e gli emettitori LED non saranno visibili; sarà inoltre caratterizzato da un sistema di filtraggio della luce solare diretta al fine di limitare i

problemi di abbagliamento e al contempo far penetrare più luce possibile nella stanza. (Figura 38 - Figura 39).

6.3 La Casa sicura – luce guida

Come precedentemente descritto, gli urti, ustioni, le cadute e gli avvelenamenti sono i maggiori incidenti che si verificano in casa non soltanto agli anziani ma anche alla popolazione adulta a causa di disattenzioni, stanchezza e stimoli molteplici che occorrono a distogliere l'attenzione dall'attività che cagiona l'incidente. L'illuminazione, seppur non completamente risolutiva, può aiutare a rendere la vita in casa più sicura soprattutto aumentando i livelli di illuminamento laddove è più rischioso o le attività richiedono maggiore concentrazione e illuminando le zone in cui si transita più spesso al fine di limitare le cadute.

Il sistema di illuminazione per una casa sicura è in grado di guidare le azioni di:

- Movimento e deambulazione in casa rivelando il percorso senza produrre abbagliamento e segnalando gli ingressi e le uscite come punti di riferimento luminescenti. Tale sistema avrà un duplice scopo: di segnalazione luminosa e di distribuzione della luce vera e propria nei corridoi e nelle zone ritenute più a rischio della casa (ad esempio scale, gradini, etc);
- Orientamento da una zona all'altra mediante un gradiente di illuminazione che favorisca l'adattamento visivo e crei una soglia luminosa intermedia di passaggio tra ambienti a luminosità eterogenea;
- Manipolazione di strumenti e materiali pericolosi come attrezzi da cucina, per il bricolage e quindi favorisca la visione e l'accuratezza visiva in tutte le operazioni di cucina, lavoro, etc;
- Concentrazione cognitiva in task di lettura, studio, recupero informazioni (ad esempio ingredienti, scadenze di alimenti e medicinali) mediante una luce ad alta intensità e non abbagliante.

6.3.1 Illuminazione di movimento

Il movimento sicuro in casa è dato dalla possibilità di avere una corretta e completa visione del pavimento in cui si cammina e quindi degli eventuali ostacoli ma anche di potersi orientare nella navigazione visiva dello spazio mediante elementi di segnalazione luminosi.

Il sistema di illuminazione proposto per questo duplice scopo si propone di diventare segnale e linea luminosa per indirizzare lo sguardo, tracciare i lineamenti dell'abitazione ed efficacemente orientare la navigazione e al contempo illuminare secondo i livelli di illuminamento orizzontale consoni alla visione (in particolare E_h diurno 200 - 300 lux con luce bianca a 4000K; E_h notturno 50 – 80 lux con luce ambra a 2000K. Un "battiscopa tecnico" (Figura 43) in forma di estruso sarà sviluppato in modo modulare tale da ottenere entrambe le performance luminose, utilizzabili insieme oppure separatamente sia per sottolineare i tratti lunghi dei corridoi e per illuminarne il calpestio, sia per segnalare visivamente la presenza di una porta, declinandosi come "stipite tecnico luminoso". Altamente customizzabile tale elemento verrà progettato in modo da poter essere integrato all'arredo e alle finiture del locale con particolare attenzione all'estetica complessiva. Per quanto concerne le performance luminose, particolare attenzione sarà prestata ad ottenere livelli di illuminamento consoni e gradienti di luminanza tali per cui non vi sia abbagliamento. Il sistema sarà equipaggiato con LED AW sia per quanto riguarda la segnalazione sia per quanto riguarda l'illuminazione funzionale a pavimento. Le scene di illuminazione diurna e notturna sono rappresentate nella Figura 40 e Figura 41.



Figura 40 - Illuminazione di movimento e segnalazione scenario notturno– la casa sicura – luce che guida

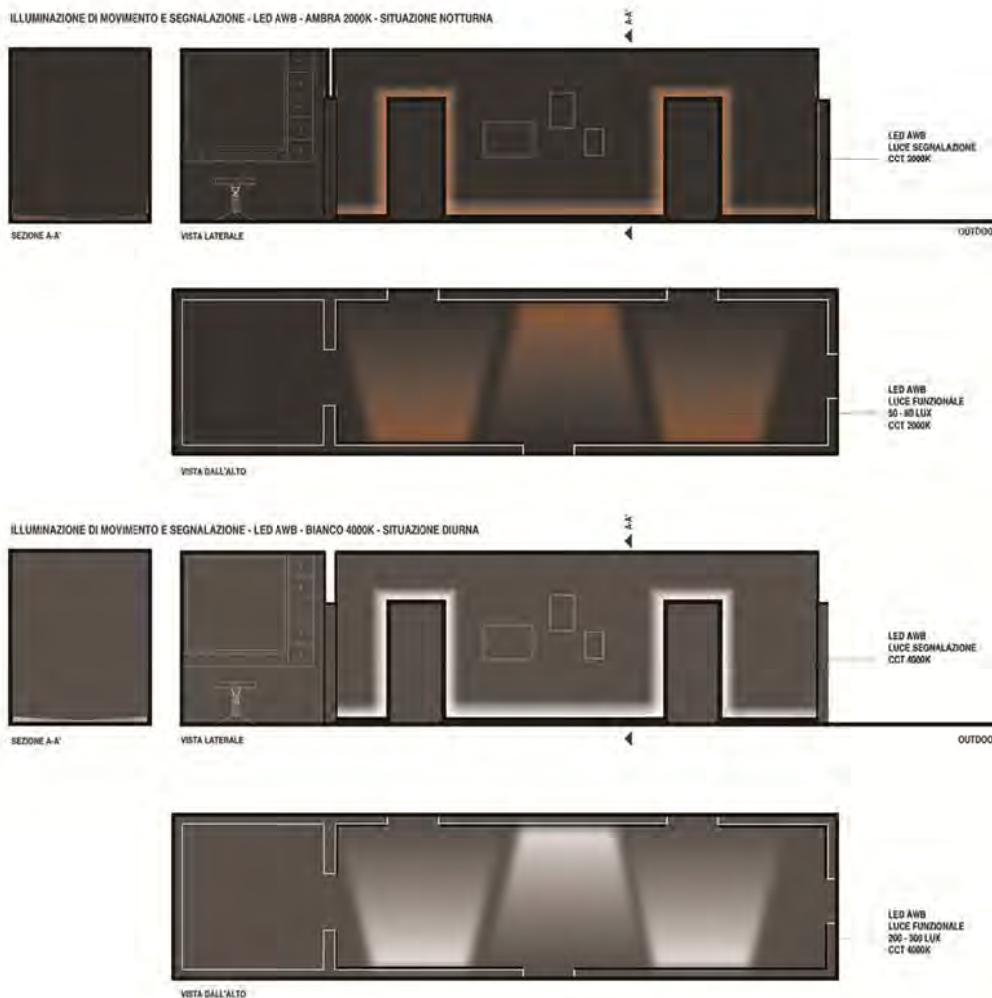


Figura 41 – Illuminazione movimento e segnalazione scenario notturno e diurno – la casa sicura– luce guida

I sistemi di segnalazione e funzionale saranno attivati tramite sensori che permetteranno di accendere in modo graduale le zone percorse dall'utente. In particolare, questo particolare sistema di illuminazione permette il movimento e la navigazione sicura durante la notte, in quelle situazioni in cui i soggetti si risvegliano per andare in bagno o andare in cucina. La

performance luminosa sarà dunque volta a ripristinare e regolare il ritmo circadiano, utilizzando dei livelli di illuminazione limitati e un colore della luce ambra tramite dei wall-washer a pavimento e allo stesso tempo tramite il sistema di illuminazione di segnalazione del percorso. Il “battiscopa tecnico” integra tutte le varie funzioni luminose e permette di illuminare i percorsi nella modalità notturna e diurna. (Figura 42)



Figura 42 - Illuminazione di movimento e segnalazione scenario notturno – applicazione camera e bagno - la casa sicura – luce che guida

6.3.2 Illuminazione di orientamento

Il sistema di illuminazione di orientamento prevede la creazione di un gradiente di illuminazione intelligente tra le varie stanze della casa per ottenere degli illuminamenti intermedi negli spazi di passaggio con luminanze molto eterogenee. Il sistema di illuminazione intelligente viene integrato allo “stipite tecnico” nella parte superiore delle porte che separano stanze molto esposte con elevata luminanza e zone interne senza finestrate (come i corridoi), oppure l’esterno dall’interno dell’abitazione. Una coppia di sensori rileva il rapporto di illuminazione tra i due vani e provvede a bilanciare l’illuminazione in modo da creare una transizione di soglia che sia gradevole e non di disturbo (Figura 44 - Figura 45).

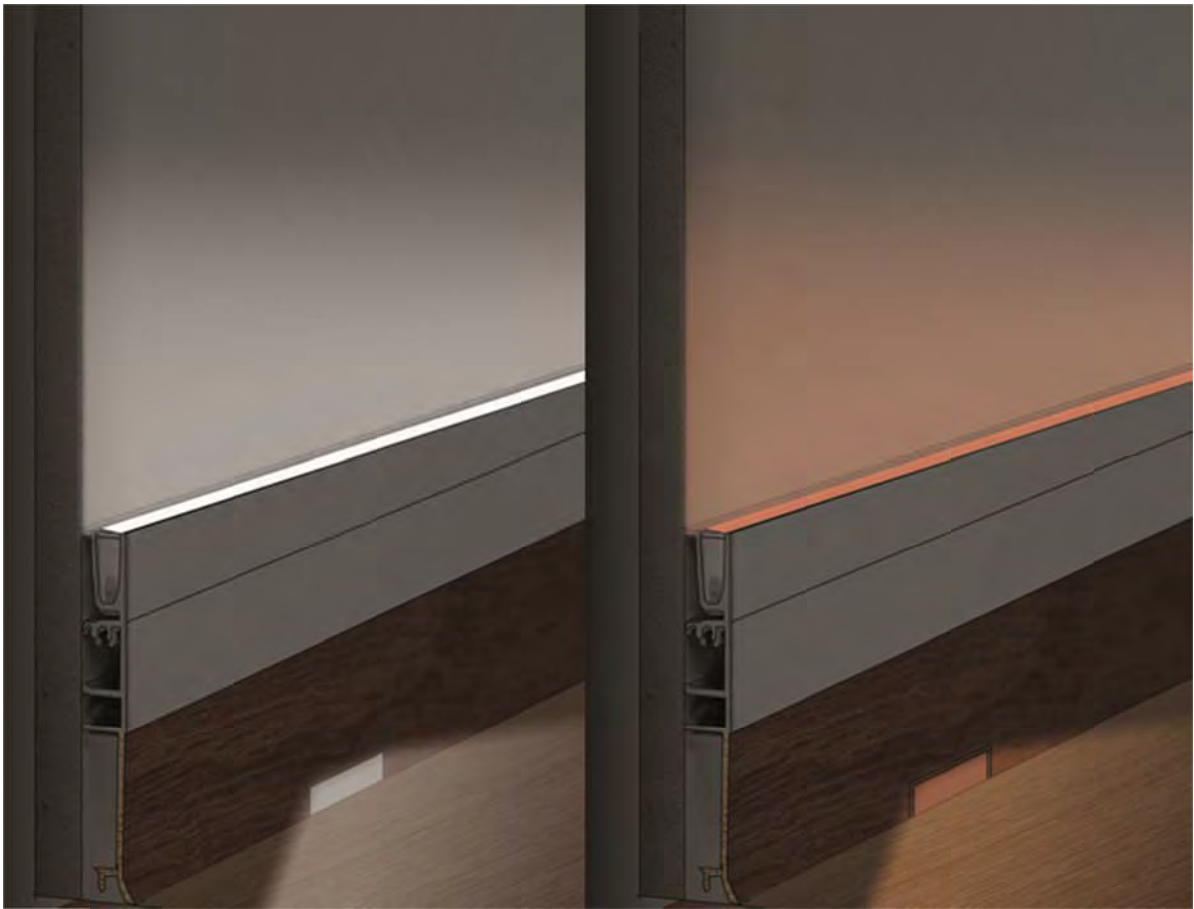


Figura 43 – Battiscopa luminoso tecnico per illuminazione di segnalazione e di visibilità del piano di calpestio in modalità diurna e notturna

ILLUMINAZIONE DI ORIENTAMENTO



Figura 44 - Illuminazione di orientamento - la casa sicura - luce guida

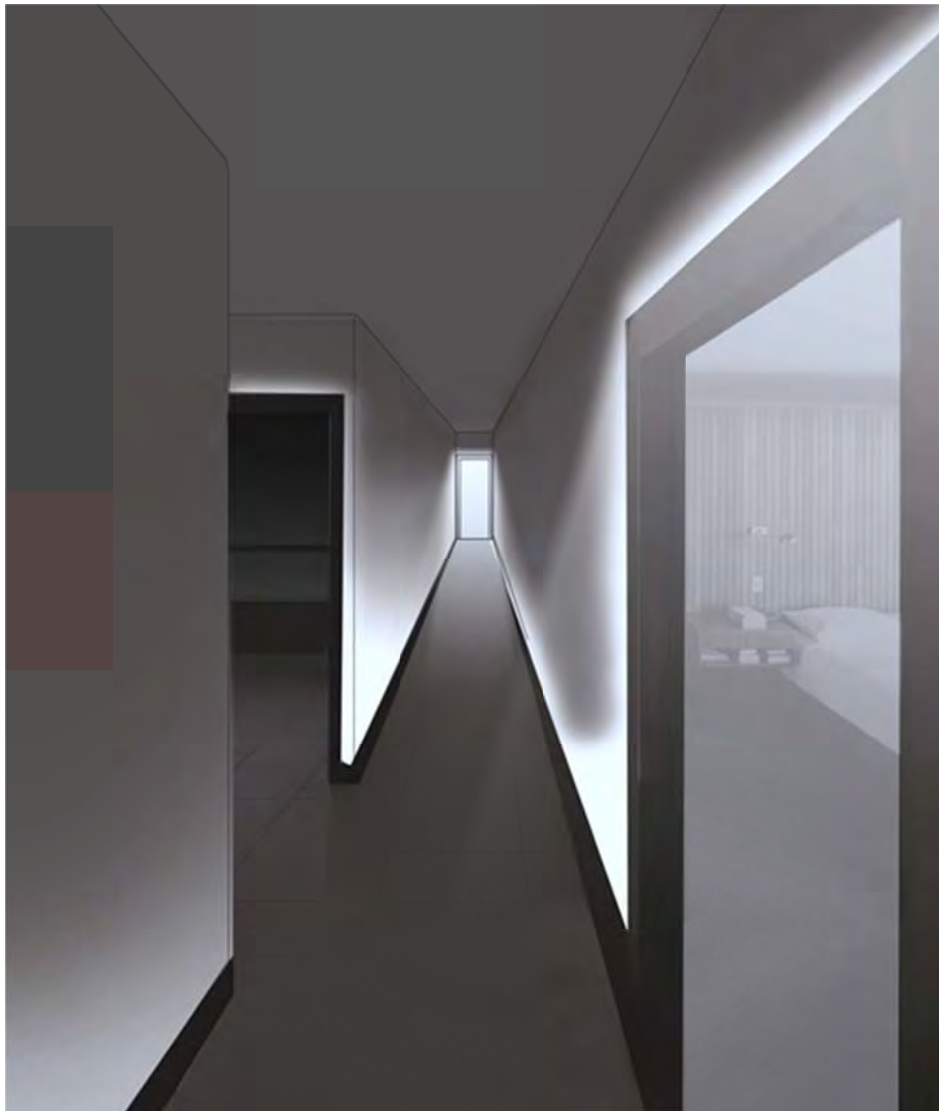


Figura 45 - Illuminazione di orientamento - la casa sicura - luce guida

6.3.3 Illuminazione di manipolazione e di concentrazione

Il sistema di illuminazione volto ad assicurare la performance visiva sarà caratterizzato da apparecchi di illuminazione generale e da apparecchi per la task lighting ovvero per una luce focalizzata da inserire laddove si compiono attività di maggiore concentrazione o di manipolazione di oggetti, visione di dettagli piccoli, attività pericolose che possano eventualmente essere causa di incidenti domestici di media o grave entità.

Il sistema di luce pensato sarà costituito da un motore luminoso a LED modulare e regolabile in grado di poter variare le caratteristiche di intensità e di temperatura correlata di colore in modo tale da poter essere personalizzato dall'utente, che lo sta utilizzando, in base alle sue specifiche necessità visive che possono variare nel tempo in modo progressivo (invecchiamento) o temporaneo (stanchezza) (Figura 47).

In particolare, le performance di luce che migliorino il comfort visivo e il generale benessere psicofisico degli anziani e al contempo che assicurino anche la soluzione più efficiente sono assicurate da un sistema che unisce l'emissione prevalentemente indiretta all'emissione diretta, la cui fotometria varia in funzione dell'applicazione e dell'utilizzo specifico ma sarà volta ad ottenere 100/300 lux medi per l'illuminazione generale e 500/1000 lux medi per l'illuminazione del tavolo, variabile in funzione dell'attività svolta (Figura 46).

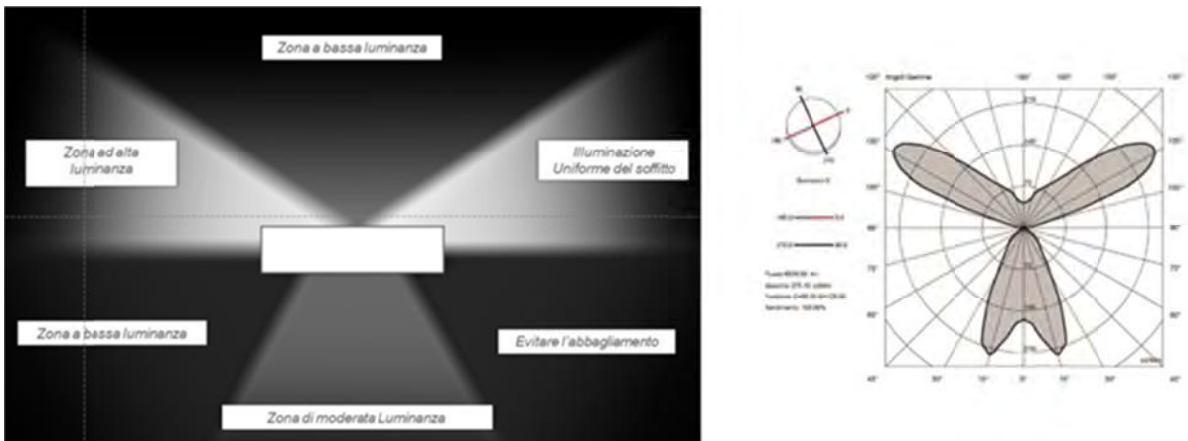


Figura 46 – Distribuzione fotometrica del motore luminoso a LED per il sistema di illuminazione circadiana e funzionale alla performance visiva

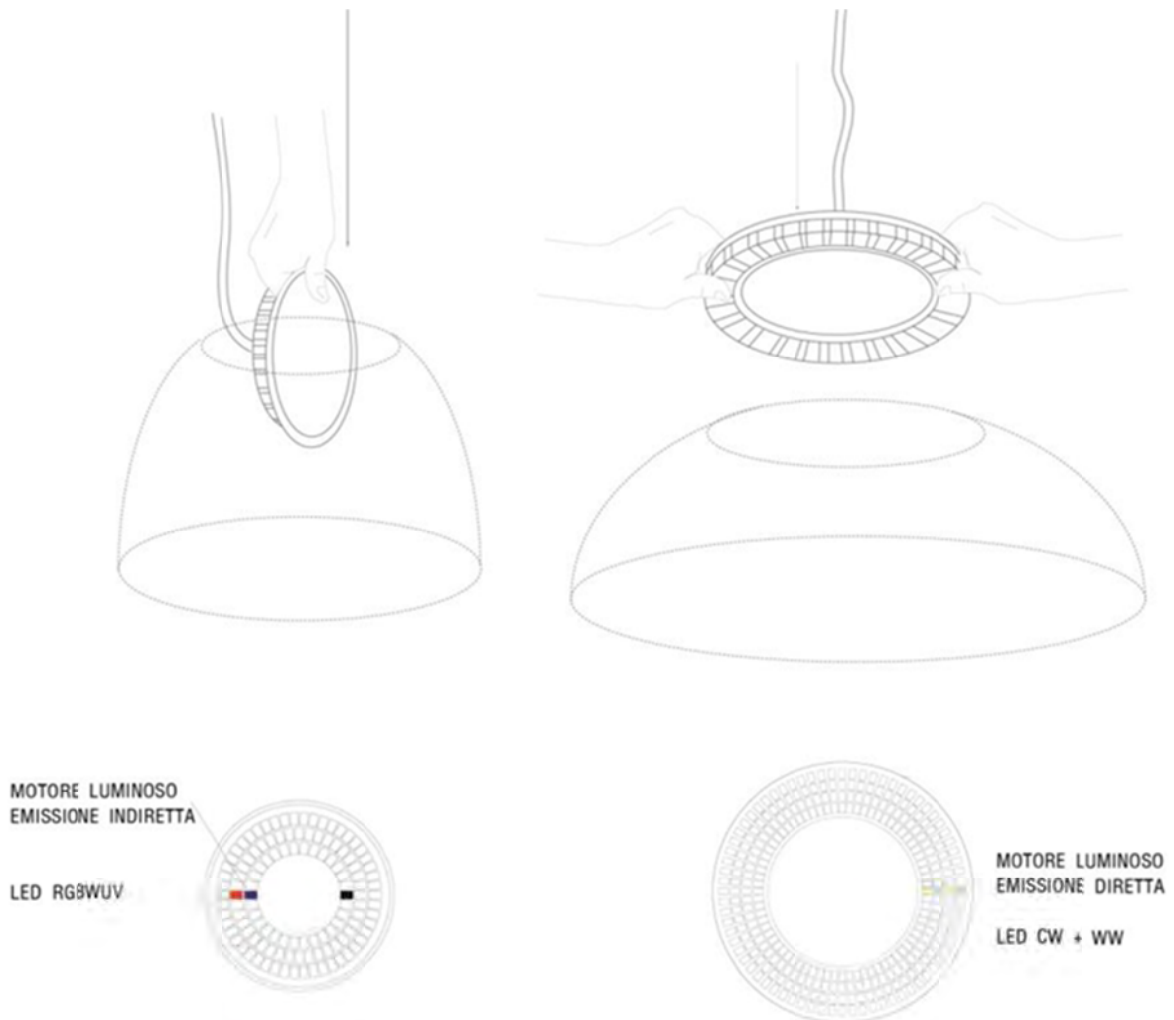


Figura 47 – Motore luminoso che presenta un’emissione diretta e un’emissione indiretta con due tipologie di distribuzione spettrale al fine di poter essere funzionale alla performance visiva e alla regolazione del ritmo circadiano. Il motore luminoso è integrato in diversi paralume in modo tale da personalizzarne l’estetica

6.4 *La Casa che cresce con te – luce adattiva e durevole*

6.4.1 *La luce adattiva*

Tutti i sistemi di illuminazione precedentemente descritti saranno sviluppati in modo tale da potersi adattare a diverse necessità visive progressive o temporanee degli individui che li utilizzano e quindi sono pensati per declinarsi in modo da seguire il processo di invecchiamento dell'individuo. I sistemi di illuminazione saranno quindi individualmente e manualmente personalizzabili oppure potranno programrarsi autonomamente grazie all'apprendimento delle abitudini e delle necessità visive momentanee e attuali degli individui.

I diversi sistemi precedentemente descritti saranno pensati secondo un principio di economia circolare: il motore luminoso sarà una parte durevole ed intercambiabile in modo da diminuire drasticamente la manutenzione, il cambio delle sorgenti luminose da parte degli individui e garantire una maggiore durata a parità di prestazioni. In questo senso si renderà necessario progettare un sistema affidabile e stabile, che assicuri le corrette performance luminose in relazione anche alle prestazioni termiche ed elettriche.

6.4.2 *La luce durevole*

Il sistema sarà in grado di poter durare nel tempo (perché performance ottiche e termiche sono studiate in modo da tenere in considerazione il luogo in cui lo stesso verrà alloggiato, l'applicazione specifica e l'eventuale utilizzo in apparecchi domestici con caratteristiche dimensionali e geometriche particolari. In questo modo verranno garantiti durata, comfort ed efficienza nel tempo in condizioni realistiche di utilizzo). Inoltre il sistema sarà pensato per poter essere riparato in caso di malfunzionamenti e rimpiazzato nel momento in cui l'up-grading tecnologico permetta di avere più flusso luminoso con maggiore efficienza oppure migliori prestazioni cromatiche a parità di efficienza. In questo modo, il sistema potrà fornire nel tempo una luce migliore e più efficiente che si integrerà nello stesso apparecchio di illuminazione appositamente studiato allo scopo.

6.5 *La Casa Su Misura – un servizio di customizzazione dell'illuminazione domestica*

Dal momento che ogni situazione domestica è specifica per le preferenze e necessità dei singoli abitanti e per le specifiche caratteristiche dello spazio, si rende necessaria una customizzazione delle soluzioni di illuminazione precedentemente descritte al fine di ottenere uno scenario di illuminazione che risponda ai bisogni e si adatti alla specificità domestica ed individuale. Tale customizzazione e modifica adattiva del sistema di illuminazione è pensata come un processo che precede e segue il progetto, nelle diverse fasi:

- fase preliminare di analisi;
- fase di progetto e installazione;
- fase di funzionamento del sistema;
- fase di manutenzione, integrazione, up-grading tecnologico;

6.5.1 *Fase di analisi, progetto e installazione*

In particolare, quindi, si rende necessaria una fase preliminare di analisi dell'ambiente domestico in termini di dimensioni, orientamento, situazione luminosa e un'analisi delle specifiche necessità, abilità e preferenze degli individui che abitano l'ambiente. Per effettuare questa fase preliminare, si è ipotizzata la possibilità di usare un servizio misto on-line and on-site per poter customizzare il proprio progetto di illuminazione a partire da un rilievo auto-condotto nello spazio (oppure effettuato da professionisti formati per lo scopo) e la risposta ad una serie di domande in forma di questionario e intervista qualitativa sulle proprie necessità, abitudini domestiche, preferenze.

Per quanto riguarda la progettazione vera e propria dell'illuminazione customizzata, il servizio aiuterà nella:

- corretta performance di illuminazione e distribuzione luminosa nell'ambiente domestico;
- corretta scelta delle specifiche soluzioni illuminotecniche in termini di apparecchi da installare, sostituire o integrare nell'ambiente domestico precostituito;
- selezione dei materiali, finiture, colori disponibili per ogni singolo sistema di illuminazione;
- selezione delle modalità di interazione con il sistema;

Una piattaforma "Domestic Lighting Planner" (Figura 48) da fruire on-line sarà utile a questa fase di auto-pianificazione e auto-progettazione del sistema di illuminazione permettendo all'utente di scegliere tra diverse caratteristiche customizzabili che includono le diverse performance di illuminazione (per le specifiche funzioni) il posizionamento e localizzazione nello spazio domestico, i materiali e le finiture.

Al contempo, il sistema è provvisto della possibilità di dialogare on-line oppure di avere degli addetti specializzati che si occupino di integrare, modificare e aiutare nelle fasi di progetto.

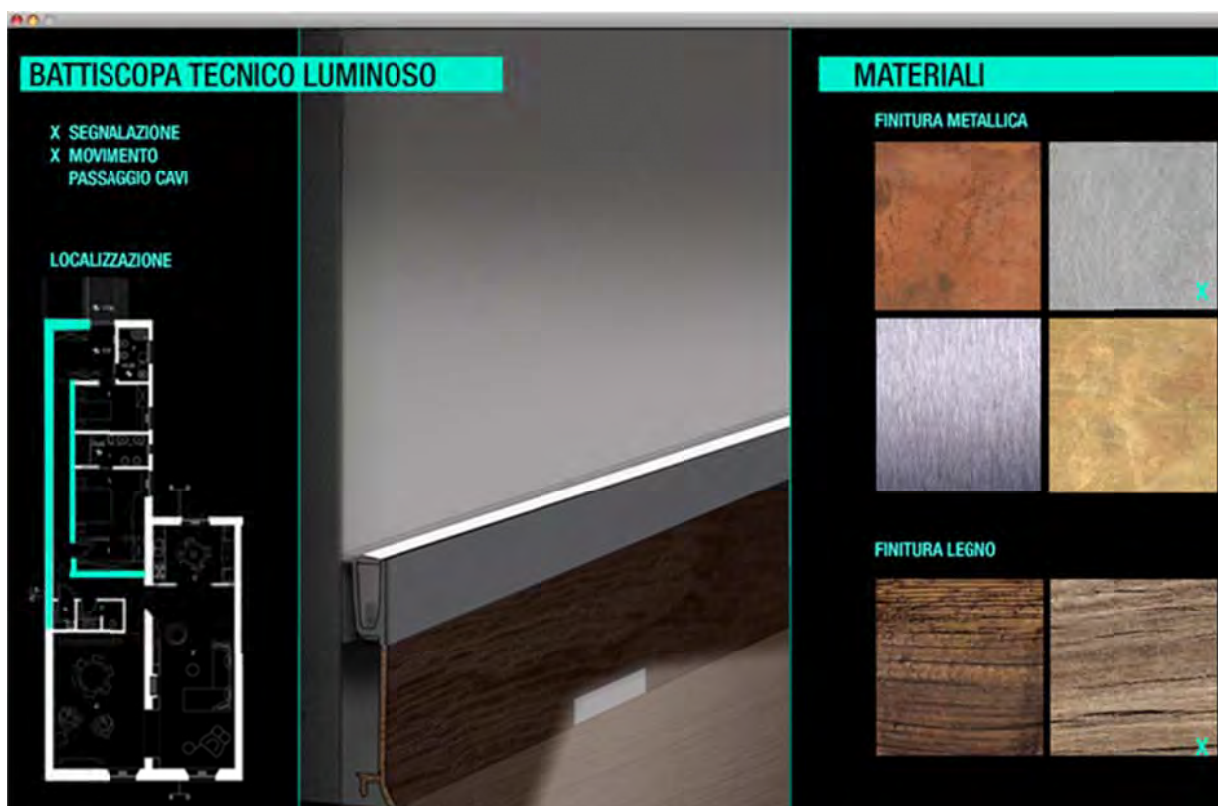


Figura 48 - Esempio del "Domestic lighting planner" per il battiscopa tecnico luminoso

6.5.2 Fase di funzionamento del sistema: adattamento, manutenzione, integrazione, up-grading tecnologico

Il sistema di illuminazione è pensato per adattarsi alle specifiche esigenze e per durare nel tempo. Per questo motivo il sistema dovrà essere intelligente e programmabile in modo da imparare, mediante algoritmi specifici, le abitudini e le necessità dei soggetti e di riconfigurarsi di conseguenza. Al contempo, al fine di assicurare una semplificazione nella gestione del sistema di illuminazione, comprese le fasi di manutenzione e up-grading tecnologico, un servizio di gestione del fine vita, del replacement e della gestione delle problematiche sarà funzionale ad alleggerire le attività dell'utilizzatore finale.

Visto da questa prospettiva, il sistema di illuminazione collegato ad un servizio ad esso associato genera un ciclo virtuoso ovvero valore aggiunto a supporto dell'utente finale, prolunga il ciclo di vita degli apparecchi di illuminazione e al contempo crea una nuova figura professionale ovvero un lighting specialist dell'illuminazione domestica adattiva a supporto di una popolazione che invecchia in modo cosciente e salutare.

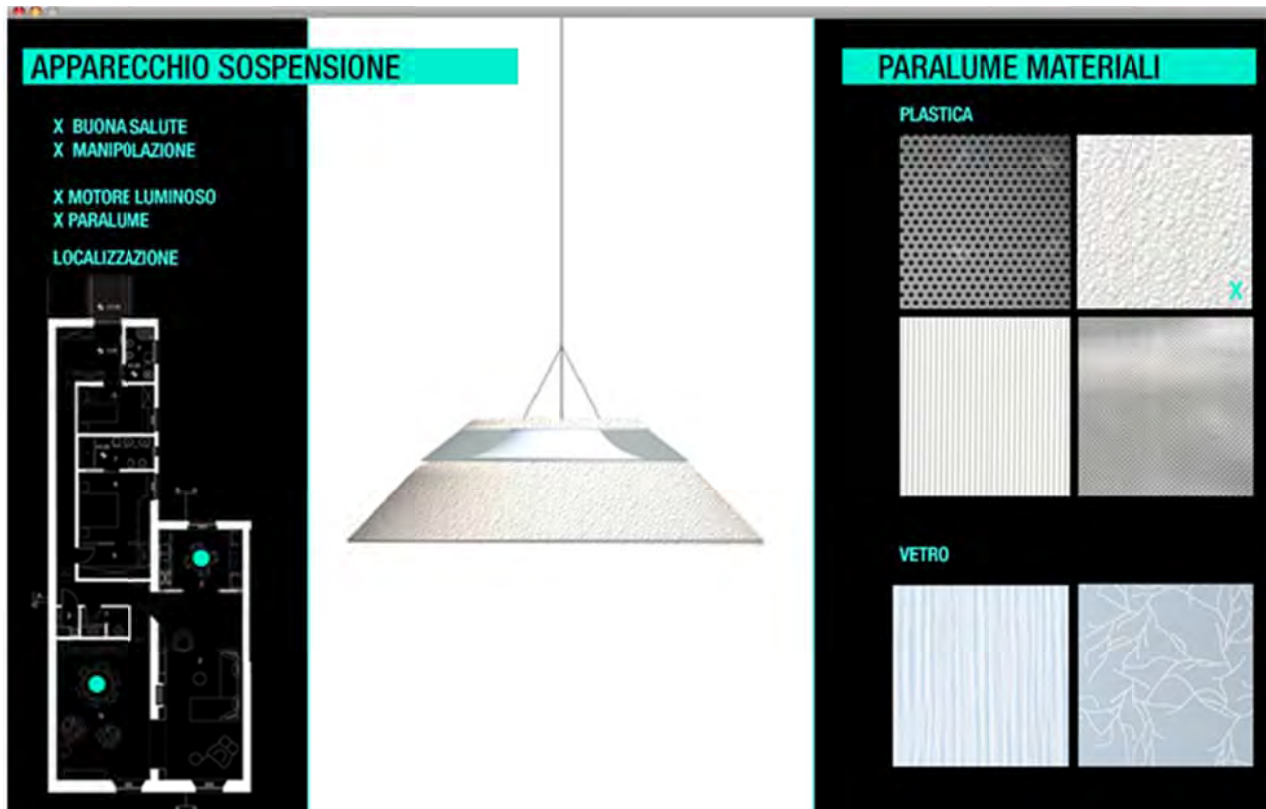


Figura 49 - Esempio del "Domestic lighting planner" per la sospensione

7 Fase di monitoraggio

7.1 Scopi e strumenti del monitoraggio

Il questionario è costituito da tre sezioni distinte ma complementari per poter essere utilizzato come strumento di analisi dello stato dell'arte dell'ambiente domestico, come sistema per profilare l'individuo in una categoria (persona) e come strumento di valutazione delle proposte di design precedentemente descritte. Si compone di tre parti principali:

- La valutazione dello spazio domestico in termini di qualità luminosa e qualità delle finiture dell'ambiente, focalizzandosi sulla stanza più vissuta della casa;
- La valutazione dell'individuo in termini di indipendenza e fragilità (capacità motorie, visive e cognitive dei soggetti);
- La valutazione dei concept, scenari, ipotesi progettuali in relazione alle specifiche necessità e preferenze dei soggetti.

7.1.1 Ambiente: Spazio domestico e qualità luminosa

Il primo scopo è di valutare la qualità luminosa dello spazio domestico individuale, concentrandosi sulla stanza in cui si passa più tempo e alcuni spazi specifici come corridoi e camera da letto che sono i luoghi maggiormente interessati dai concept suggeriti.

Il questionario consiste in una check-list da compilare passando in sequenza le diverse stanze (o la stanza più vissuta della casa) sui seguenti argomenti:

- Geometria e collocazione elementi (posizione ingressi, elementi funzionali)
- Caratteristiche dei materiali superficiali e delle finiture (pavimenti, soffitti e piani di lavoro)
- Illuminazione generale e task sia in termini di quantità (livelli di illuminamento e luminanza), direzione e distribuzione, sia in termini di qualità (uniformità, distribuzione spettrale, R_a , abbagliamento, composizione)

Ispirati ai test qualitativi e analitici come Evolve for vision tool¹¹⁰, il test (9.1 - Allegato 1) è stato esemplificato e rielaborato per avere una panoramica sullo status dell'arte dell'illuminazione attuale degli ambienti domestici relativi ai partecipanti al questionario.

7.1.2 Individuo: Indipendenza e livello di fragilità

Il questionario intende definire il profilo utente andando a valutare il livello di indipendenza e di fragilità dell'individuo allo stato attuale considerando le sue capacità motorie, visive e cognitive e di salute in generale. Un test è stato appositamente costruito partendo da una serie di strumenti già validati a livello internazionale per la valutazione dell'individuo anziano, con particolare riferimento a:

- Test per l'autonomia nelle attività strumentali della vita quotidiana (IADL)
- Scala di Conley (cadute)
- Scala di valutazione della qualità della vita (basata su European Quality of Life Questionnaire - EuroQoL)

Il questionario, costituito da domande prevalentemente chiuse, mira ad evidenziare un profilo personale. (9.2 - Allegato 2) Accanto alle domande chiuse sono state inserite delle domande aperte per avviare una discussione ed ottenere maggiori informazioni qualitative delle motivazioni delle risposte.

7.1.3 Luce: Valutazione dei concept, scenari, ipotesi progettuali

Questa sezione dell'intervista è volta a comprendere le attitudini, i desideri, le necessità e le preferenze in relazione ai differenti quattro scenari di illuminazione e ai concept ad essi associati.

Partendo da una investigazione generale sulle abitudini e la cultura dell'illuminazione domestica e sulle attitudini al cambiamento soprattutto in relazione alla presa di coscienza della necessità di occuparsi della transizione verso la terza età, il questionario (7.3 - Allegato 3) investiga alcuni macro-argomenti per ogni scenario:

- accettazione/familiarità e, diversamente, rottura delle abitudini derivata (dirompenza);
- funzionalità / utilità (valore percepito) e coinvolgimento e interesse;
- semplicità di comprensione, controllo e gestione.

Le interviste sono state annotate ed analizzate e i risultati sono stati estratti attraverso un processo di analisi del contenuto e di codifica volto a identificare concetti ricorrenti, raggruppati in categorie.

7.2 Partecipanti

Per il monitoraggio sono state coinvolti 4 nuclei familiari costituiti da due utenti viventi nella stessa abitazione di età compresa tra i 55 e i 75 anni con livello di istruzione, competenze tecniche e background culturale di tipo diverso. Gli utenti sono stati coinvolti in modalità volontaria mediante un'attività di passaparola e sono stati avvisati delle modalità, delle finalità e della tipologia di analisi dell'attività di ricerca. Gli otto utenti intervistati e coinvolti nella presente ricerca vivono tutti in Italia.

Lo studio, caratterizzato da tre parti principali (ambiente, individuo, luce) è stato condotto nell'arco temporale di una settimana. In particolare 2 studi su 4 sono stati svolti solo nelle due parti individuo e luce i restanti sono stati completamente svolti nei tre punti.

In particolare sono stati definiti come:

- CASO STUDIO M&L (ambiente, individuo, luce)
- CASO STUDIO T&M (ambiente, individuo, luce)
- CASO STUDIO E&I (individuo, luce)
- CASO STUDIO S&E (individuo, luce)

Inoltre $\frac{3}{4}$ delle interviste sono state realizzate nelle abitazioni stesse degli utenti mentre $\frac{1}{4}$ è stata condotta in remoto via Skype. Ogni intervista è durata circa 1 ora (individuo, luce) a cui si è aggiunta un'ulteriore ora per la parte ambientale.

7.3 Risultati

7.3.1 Profilo utente

Profilo utente 1_M&L

Se la cavano bene anche se con discreti problemi alla vista e alla memoria; esteti dell'arredo e della cura della casa anche se non particolarmente informati sulla luce; anti-tecnologici e anti-Internet.

M&L hanno rispettivamente 68 e 69 anni e sono marito e moglie da più di 40 anni. Sono italiani e vivono a Milano. Hanno lavorato insieme come artigiani e oggi che sono in pensione riscontrano alcuni problemi nelle attività di tutti i giorni in bottega, nel lavoro in casa soprattutto per L. che si occupa dell'intera gestione. Il maggior problema riscontrato è la perdita temporanea della memoria e in generale la vecchiaia che rallenta le attività.

Non sono particolarmente avvezzi all'uso della tecnologia: usano il cellulare di rado solo ed esclusivamente per telefonare (non inviano messaggi, non consultano Internet, non scaricano particolari applicazioni programmi) e non hanno mai effettuato acquisti on-line preferendo l'acquisto diretto in negozio.

Salute

Nella scala per l'autodeterminazione della fragilità sono soggetti che se la cavano bene, non soffrendo di particolari fastidi e disturbi ma presentano entrambi alcune malattie croniche quali il diabete (M) e la degenerazione maculare diagnosticata da 5 anni (L). In quanto alle capacità visive entrambi utilizzano gli occhiali correttivi di presbiopia. In quanto ad incidenti domestici, negli ultimi anni L ha avuto qualche problema cadendo in casa mentre scendeva le scale. Tale incidente dovuto a disattenzione e sottovalutazione del rischio non ha causato conseguenze gravi. Inoltre L lamenta difficoltà a prendere il sonno dopo un certo orario e a risvegli notturni con difficoltà a riaddormentarsi senza saperne spiegare il motivo. Un ulteriore disturbo è l'osteoporosi per cui prende alcuni medicinali.

Ambiente domestico

La gestione della casa è quasi interamente affidata a L. Si tratta di un appartamento di circa 120 mq in condominio costruito nel 1990 e mai ristrutturato. L'abitazione è esposta su tre lati (Nord – sud – ovest). La stanza più vissuta e meglio progettata da un punto di vista dell'illuminazione è il soggiorno. Oltre a questo vi è la camera da letto che però è prevalentemente utilizzata nelle ore notturne per dormire.

Abitudini e la cultura dell'illuminazione domestica

Il progetto di illuminazione e gli apparecchi presenti in casa risalgono al 1990 e sono stati scelti da entrambi i coniugi su consiglio di un'arredatrice (architetto) che ha curato l'intero ambiente, i mobili e l'illuminazione. L'arredatrice ha avuto carta bianca nel progetto estetico e stilistico che è stato approvato in base alla qualità dei prodotti e ai costi. L si occupa di fare la manutenzione degli apparecchi (sostituendo le lampadine e pulendo i diffusori delle lampade da polvere e moscerini). La maggior parte degli apparecchi presenti in casa montano sorgenti alogene e non sono state mai modificate con retrofit di altre tecnologie (ad esempio LED). Non sono stati fatti cambiamenti o ulteriori aggiunte al sistema di illuminazione in quanto si ritengono soddisfatti di quel che hanno e dell'atmosfera luminosa della loro casa. Al contempo non sanno cosa potrebbe esserci di nuovo e di interessante e sono curiosi di sapere.

Profilo utente 2_T&M

Soggetti ancora attivi con problemi fisici limitati; insoddisfatti della luce della loro casa. La tecnologia è fruita tramite l'aiuto dei figli che li tengono aggiornati

T&M hanno rispettivamente 67 e 63 anni e sono marito e moglie da più di 30 anni. Sono italiani e vivono a Milano. Hanno lavorato come impiegata e operaio e oggi che sono in pensione cominciano a rendersi conto che si fa più fatica nel muoversi e salire le scale (terzo piano) e in tutte le attività fisiche che si svolgono nel lavoro in casa e che vengono diluite nel tempo per affaticarsi di meno. In generale M. preferirebbe avere un aiuto per le "pulizie grandi" di vetri e tapparelle a causa di problemi agli arti superiori. Non sono particolarmente avvezzi all'uso del telefono cellulare per navigare su Internet e utilizzare le applicazioni ma solo per le telefonate e i messaggi e hanno raramente effettuato acquisti on-line supportati dai figli, in generale preferendo l'acquisto diretto in negozio.

Salute

Nella scala per l'autodeterminazione della fragilità sono soggetti che se la cavano bene, non soffrendo di particolari fastidi e disturbi ma presentano entrambi alcune malattie croniche quali problemi cardiovascolari e di pressione (T) e problemi alle articolazioni della spalla (M). In quanto alle capacità visive entrambi utilizzano gli occhiali correttivi di presbiopia e miopia. In più T ha già subito l'operazione alla cataratta in entrambi gli occhi. M soffre di insonnia e di frequenti risvegli durante la notte con difficoltà a riprendere sonno e per questo motivo le sono somministrate pastiglie di melatonina. Inoltre prende anche degli integratori per prevenire l'osteoporosi.

Ambiente domestico

La pulizia e manutenzione della casa è affidata ad entrambi. Si tratta di un appartamento di circa 70 mq in condominio risalente agli anni 30 e ristrutturato completamente nel 1966. L'abitazione è biesposta (sud –

ovest). La stanza più vissuta è il soggiorno che però, con una singola piccola finestra, risulta poco luminoso. Diversamente la stanza che si ritiene meglio progettata da un punto di vista dell'illuminazione è la cucina che è ritenuta la stanza più luminosa della casa.

Abitudini e la cultura dell'illuminazione domestica

Il progetto di illuminazione e gli apparecchi presenti in casa risalgono al 1981, anno in cui i coniugi si sono sposati: questi apparecchi infatti sono arrivati come regali di nozze e sono stati accettati nell'ambiente domestico senza particolare apprezzamento. Infatti M&T sarebbero interessati a cambiarli dal momento che non li ritengono apprezzabili e neanche funzionali perché non fanno la corretta luce per vedere. Ricercare gli oggetti risulta estremamente difficile con la sola luce artificiale e, in più, l'atmosfera domestica risulta monotona, funesta e cupa (lett. mortuaria). L'illuminazione dunque non risulta idonea rispetto ai mutati bisogni degli stessi coniugi che ammettono la necessità di dover ripensare l'intero progetto di illuminazione a partire dall'impianto di illuminazione (perché le prese sono molto poche, ad esempio nella zona soggiorno) fino alla scelta degli apparecchi, alla loro corretta collocazione nelle stanze (ad esempio l'apparecchio di illuminazione della camera da letto risulta inserito in un angolo distante dal letto stesso) fino alla selezione delle sorgenti di illuminazione. In generale, tutti questi cambiamenti dovrebbero risultare in un aumento dell'illuminazione in generale. In merito a ciò, sono state fatte delle modifiche in particolare nella cucina dove l'apparecchio di illuminazione centrale è stato equipaggiato con una sorgente a LED e un ulteriore apparecchio di illuminazione a LED (barra LED) è stata inserita nel sotto pensile per garantire una corretta illuminazione utile alle attività di cucina.

Profilo utente 3_E&I

Soggetti estremamente tecnologici e informati sulla luce LED, interessati e coinvolti nel progetto della luce della propria casa.

E&I hanno rispettivamente 65 e 64 anni e sono marito e moglie da più di 30 anni. Sono italiani e vivono a Milano. Hanno lavorato come impiegati della loro stessa ditta (che si occupa anche di illuminazione per il settore ferroviario) in cui saltuariamente sono ancora attivi. Rispetto alle attività della vita quotidiana, sentono l'esigenza di rallentare il ritmo e avvertono l'aumento della distrazione e della temporanea perdita della memoria. E risulta l'utente più tecnologico perché utilizza il telefono cellulare per tutte le attività sia lavorative che di svago: telefona, naviga in Internet e utilizza le applicazioni (soprattutto relative alla navigazione di mappe). Allo stesso tempo è lui che si occupa di gestire gli acquisti su Internet on-line (ad esempio per l'acquisto di elettrodomestici e di biglietti).

Salute

Nella scala per l'autodeterminazione della fragilità sono soggetti in forma, non soffrendo di particolari fastidi e disturbi. Nonostante ciò, a causa della distrazione sono spesso protagonisti di incidenti domestici e cadute che derivano dalla mancanza di luce, di attenzione e di sottovalutazione dei rischi. In quanto alle capacità visive entrambi utilizzano gli occhiali correttivi della presbiopia.

Ambiente domestico

Si occupano della casa entrambi e si avvalgono saltuariamente di un aiuto per le attività di pulizia più importanti. Si sono recentemente trasferiti in un appartamento in condominio sito all'ultimo piano (attico) di circa 150 mq. L'abitazione è stata costruita nel 1993 ed è esposta su tre lati (est-ovest- sud). Nonostante il limitato utilizzo della casa, il soggiorno è la stanza preferita in cui si passa più tempo.

Abitudini e la cultura dell'illuminazione domestica

L'illuminazione architettonica della casa in cui vivono non è stata scelta dai coniugi ma è stata trovata integrata nella casa. Tutte le sorgenti a cicli di alogeni (come i faretti ad incasso) sono stati sostituiti con sorgenti di illuminazione a LED. Al progetto di illuminazione dell'interno hanno aggiunto lampade a LED a stelo (apparecchi di illuminazione indiretta) e inserito tubi LED per una questione di efficienza dell'intero

sistema di illuminazione domestica e per un particolare interesse verso la tecnologia. Nonostante questo E&I ritengono che quest'ultime soluzioni sono un po' fastidiose perché i LED sono direttamente visibili. Diversamente preferirebbero avere una luce diffusa non diretta. Per aumentare il comfort della stanza del soggiorno, vorrebbero modificare l'illuminazione inserendo una mensola in cui incassare degli apparecchi a LED che siano funzionali ad avere un'illuminazione indiretta (e quindi diffusa verso il soffitto) e una diretta per la lettura.

Profilo utente 4_S&E

Soggetti che si tengono in forma anche mediante la tecnologia, con problemi limitati ma che si sono resi conto di dover fare delle modifiche alla luce di casa per averne di più.

S&E hanno rispettivamente 62 e 57 anni e sono marito e moglie da più di 30 anni. Sono italiani e vivono a Roma. Hanno lavorato come impiegati nel settore pubblico ma uno solo (E) è già in pensione e lavora prevalentemente in casa. In questi ultimi anni hanno notato un rallentamento delle attività e una riduzione delle forze. Utilizzano la tecnologia in modo funzionale e per mantenersi in forma: il telefono ad esempio non serve solo per telefonare e mandare messaggi ma anche per navigare in rete e soprattutto per utilizzare alcune applicazioni che li tengono in contatto con i figli e i parenti (ad esempio WhatsApp) e alcune applicazioni per l'attività fisica (ad esempio il pedometro). Inoltre spesso effettuano spese on-line coadiuvati dai figli (ad esempio acquisto di elettrodomestici).

Salute

Nella scala per l'autodeterminazione della fragilità sono soggetti in forma, perché, pur presentando alcune malattie croniche (diabete, ipertensione e disabilità al 100%) frequentano una palestra per rimanere in allenamento. Al momento non hanno particolari problemi a muoversi se non qualche fastidio alle mani (S tunnel carpale e E problemi circolatori alle gambe). Le capacità visive sono diminuite per entrambi che portano gli occhiali per correggere difetti visivi legati all'età (presbiopia) ma anche difetti visivi congeniti (astigmatismo e miopia). Spesso e volentieri sono protagonisti di piccoli incidenti domestici durante i lavori in cucina (E) e durante i lavori di bricolage (S) per disattenzione o sottovalutazione del pericolo. Inoltre entrambi lamentano problemi di frequenti risvegli notturni con difficoltà nel riprendere sonno.

Ambiente domestico

E si occupa prevalentemente delle faccende domestiche e della manutenzione della casa. Si sono trasferiti nel 1993 in una villetta a schiera di circa 150 mq che si sviluppa su tre livelli ed è esposta su due lati (est-ovest). Il soggiorno/cucina è la stanza preferita in cui si passa più tempo durante l'intera giornata.

Abitudini e la cultura dell'illuminazione domestica

Gli apparecchi di illuminazione sono stati acquistati nel 1994 scegliendo in base a due criteri, semplicità di installazione, estetica dell'apparecchio e il prezzo. S&E si occupano insieme della manutenzione e pulizia degli apparecchi che avviene una volta al mese in quanto si tratta di plafoniere che si riempiono di polvere e insetti. Hanno effettuato un ricambio delle sorgenti di illuminazione con delle fluorescenti compatte per motivi di efficientamento del sistema di illuminazione. Nonostante il costo superiore all'acquisto, S&E hanno pensato che fosse un giusto compromesso per risparmiare nella bolletta a fine anno. Non si sono però preoccupati particolarmente della qualità della luce. Diversamente risultano molto attenti rispetto alle esigenze funzionali: hanno infatti comprato ulteriori task light da inserire nelle zone in cui lavorano e in cui sentono l'esigenza di avere più elevati livelli di illuminamento. Questo ritengono abbia migliorato di molto le attività quotidiane ma ritengono necessario fare delle modifiche e aumentare i livelli di illuminazione (avvicinando anche gli apparecchi alla zona di lavoro) nella stanza che vivono di più durante il giorno ovvero il soggiorno cucina nelle zone dove si prepara e consuma il cibo (eliminando le plafoniere) e migliorare la luce task nella zona del ricamo.

7.3.2 Valutazione delle soluzioni, degli scenari e dei concept

I diversi scenari sono stati valutati in modo positivo sia rispetto alla funzionalità e utilità sia in termini di coinvolgimento e interesse suscitato. In particolare, si evince un maggiore coinvolgimento e interessamento per quelle soluzioni, concept e proposte che riguardano problematiche, necessità e bisogni specifici dei singoli individui e nuclei familiari. Inoltre, in base allo specifico background dei soggetti risulta chiaro che i valori, le motivazioni, i principi e le qualità che hanno determinato e determinano la selezione e l'acquisto di apparecchi di illuminazione sono molto diversi anche se principalmente si concentrano sull'estetica dell'ambiente, sulla riduzione dei consumi e dei costi e in un caso sull'attrattiva tecnologica. In limitatissimi casi gli utenti hanno conoscenze più approfondite sulla qualità della luce, come la distribuzione nell'ambiente, la distribuzione spettrale e il comfort e, di conseguenza, risulta particolarmente difficile spiegare i benefici ed entrare nei dettagli delle singole proposte. In questo senso, si evince la necessità di aumentare la conoscenza dei benefici e di una corretta gestione dell'illuminazione domestica a partire dal progetto per un audience più allargato e non ristretto agli addetti ai lavori in modo tale da favorire una consapevolezza sulle potenzialità della luce e sulle possibilità di integrazione e/o sostituzione degli apparecchi di illuminazione con soluzioni più evolute da un punto di vista tecnologico e qualitativo. L'interesse riscontrato per gli scenari illustrati durante le interviste mostrano che il tema di riconfigurare l'illuminazione domestica in base alle diverse esigenze scaturite con l'avanzare dell'età sia particolarmente sentito.

Funzionalità / utilità (valore percepito) e coinvolgimento e interesse

Come si evince dalla Figura 50 che riporta stralci delle interviste effettuate in relazione al livello di interesse e funzionalità, alcune delle soluzioni risultano essere più interessanti e accogliere maggiore curiosità e coinvolgimento rispetto ad altre. In relazione allo Scenario 1, il discorso sulla relazione tra l'illuminazione e il corretto riposo ha raccolto un positivo interesse tra tutti i soggetti e in particolare in quelle persone che hanno problemi a dormire o soffrono d'insonnia e che quindi troverebbero diretto giovamento da soluzioni di illuminazione integrate alla loro stanza da letto. L'interesse è molto elevato e soprattutto lo stupore di fronte ad una luce "compagna di vita" con qualità ulteriori rispetto alla sola visione favorisce il diretto interessamento che giunge alla richiesta di poter testare il kit di illuminazione. Diversamente il sistema di luce circadiana diurna viene percepito come meno interessante e di minore impatto funzionale dato che questa particolare fascia di età ancora molto attiva utilizza la casa molto poco durante il giorno.

In relazione allo Scenario 2, risultano di particolare interesse la soluzione per la camera da letto che guida nella navigazione notturna e limita il disturbo al sonno notturno altrui favorendo il ri-addormentamento. L'interesse è rivolto non solo alla funzionalità della proposta ma anche alla possibilità di integrazione con l'arredo esistente. Ovviamente il livello di coinvolgimento rispetto all'installazione di un sistema di segnalazione e orientamento nell'intero spazio domestico risulta dipendere dalla tipologia di casa. In generale però, il particolare target scelto sembra non essere particolarmente interessato ad un sistema di illuminazione dei percorsi notturno, dichiarando che "magari sarebbe utile per un persone più anziane". Inoltre, laddove si lamentano condizioni di scarsa illuminazione nelle attività di lavoro quotidiano domestico (ad esempio: piani di lavoro in cucina, armadi, attività di bricolage e di ricamo) la soluzione di manipolazione e concentrazione che permette di ottenere un elevatissima qualità della luce con livelli personalizzabili in base alle specificità dell'utente acquista particolare interesse.

Familiarità + Accettazione vs Dirompenza

Le diverse soluzioni non sono state giudicate come invasive dell'estetica della casa o particolarmente dirompenti dal momento che potevano essere "integrate" facilmente in sostituzione o sovrapposizione con gli apparecchi e l'arredo esistente. Il livello di accettazione tecnologica rispetto a nuove proposte di sistemi luminosi che non siano soltanto funzionali alla visione è elevato, generando molto interesse e curiosità sia in prospettiva di un effettivo effetto benefico sia per l'attrattiva dovuta alle potenzialità della tecnologia.

Figura 50 – Valutazione delle proposte da parte dei partecipanti all'intervista

In molti casi, il livello di familiarità con simili soluzioni è elevato: molto spesso alcune proposte venivano messe in relazione con sistemi noti e simili che quindi aiutavano nella comprensione della funzionalità e della qualità delle proposte.

Semplicità di comprensione, controllo e gestione

In relazione agli scenari 3 e 4 che riguardano i servizi aggiuntivi delle soluzioni proposte, sono state valutate la semplicità percepita in termini di comprensione, controllo e gestione. In particolare l'interesse e i vantaggi percepiti rispetto ad una soluzione di luce adattiva riguardano principalmente la possibilità di modificare la luce in base alle diverse attività e di personalizzarla rispetto ai bisogni e alle capacità visive dei due utenti del nucleo familiare. Il vantaggio si traduce principalmente nel limitare i consumi quando non serve. In aggiunta a questo, lo scenario 3 è stato particolarmente apprezzato per la possibilità di avere un servizio di sostituzione a fine vita delle soluzioni di illuminazione con sistemi più efficienti. Tale sistema incuriosisce e accoglie un rinnovato interesse per le pratiche virtuose che riguardano il riciclo e il riutilizzo di sistemi che comportano vantaggi economici ma anche ambientali.

Lo scenario 4 che riguarda la possibilità di personalizzazione e customizzazione dell'illuminazione domestica mediante la navigazione di un sito on-line "Domestic Lighting Planner" riscuote interesse limitatamente alla possibilità di visualizzare in anticipo dei prodotti disponibili, delle possibili performance di luce e nel poter creare dei progetti preliminari e su misura rispetto al proprio spazio domestico. Diversamente in quasi tutti i casi, a prescindere dalla familiarità con l'acquisto on-line e con la tecnologia, si sente la necessità di essere supportati da un esperto, consulente sia nella parte di esame dello spazio domestico, dei bisogni ma anche della progettazione dell'illuminazione che possa intervenire dando consigli specifici e validando il progetto stesso.

7.3.3 Misure sull'ambiente

Caso studio_T&M

Ambiente domestico con poca luce ed esigenze visive funzionali che hanno determinato la ridefinizione dell'illuminazione aumentandone i livelli in modo più efficiente

L'ambiente luminoso della casa di T&M è stato misurato scegliendo le due stanze che sono state nominate come la più vissuta ma anche con un'illuminazione scarsa e particolarmente negativa per svolgere qualunque attività di concentrazione come lettura (il soggiorno) e la meglio progettata e più luminosa da un punto di vista della luce artificiale (la cucina).

La cucina è stata recentemente ri-equipaggiata con sistemi di illuminazione a LED (globo a LED Lexman da 1521 lumen a 3000K) sia mediante retrofit dell'apparecchio di illuminazione a sospensione centrale sia mediante l'inserimento di un apparecchio sotto il pensile della cucina in forma di Barra LED. In entrambi i casi, la scelta è derivata dal desiderio di incrementare i livelli di illuminamento sui due piani di lavoro del tavolo e della cucina stessa, in prossimità del lavello. In particolare sul tavolo è stato misurato un livello di illuminamento medio relativamente basso per essere un piano di lavoro (130 lux) con una buona uniformità ($U_{(min/med)}=0.62$), nonostante la sospensione risulti decentrata rispetto allo stesso (Figura 51- Figura 52). Essendo di limitate dimensioni, la stanza risulta completamente illuminata dall'apparecchio a sospensione che essendo in vetro opalino diffonde anche sul soffitto. La sorgente di illuminazione risulta avere un'elevata luminanza ma, il fatto di essere sospesa molto in alto rispetto al piano del tavolo e la schermatura offerta dell'apparecchio stesso, riduce il problema dell'abbagliamento e anche il livello di illuminamento sul piano di lavoro.

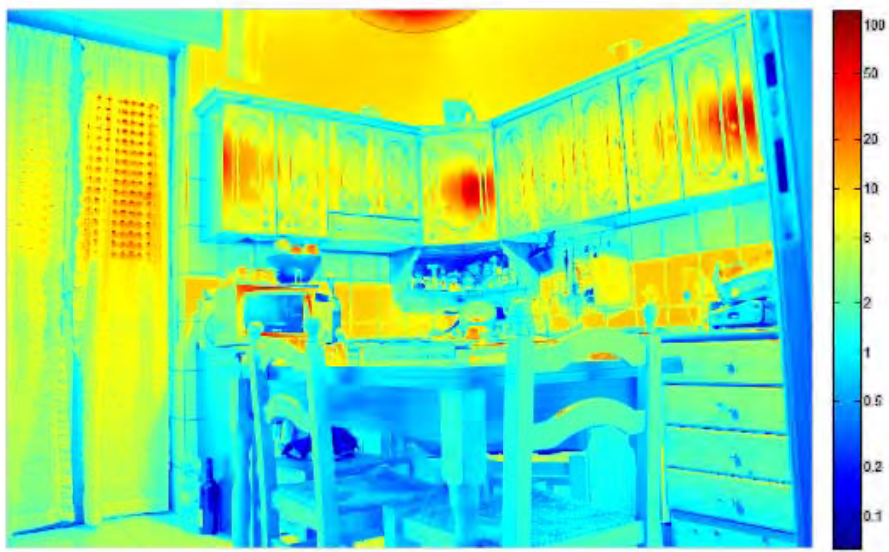
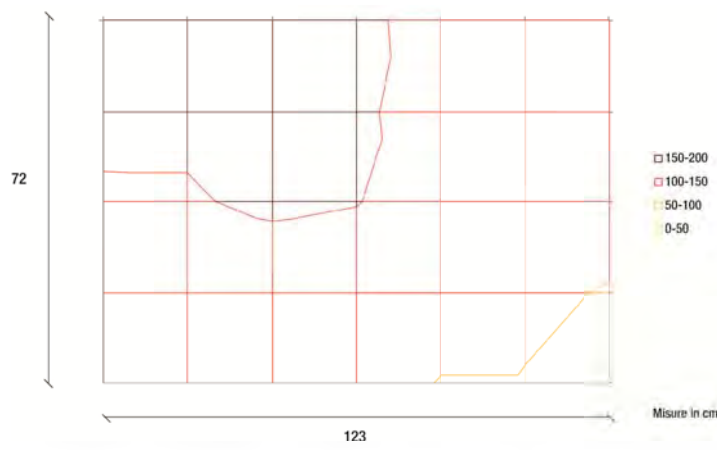


Figura 51 – Misura di luminanza della cucina con il solo punto luce centrale acceso (il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 100 cd/m²)



| E (minimo) | E (massimo) | E (medio) | U (min/max) | U (min/med) |
|------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| 80 | 161 | 130 | 0.50 | 0.62 |

Figura 52 – Misure di illuminamento sul piano di lavoro del tavolo con la sola sorgente di illuminazione centrale

In corrispondenza del piano di lavoro del lavello sono misurati livelli di illuminamento molto elevati ($E_{max}=744$ lux; $E_{med}=435$ lux) che aiuta nella visione dei cibi e delle stoviglie durante il lavaggio e la preparazione. Al contempo però il piano risulta illuminato in modo non particolarmente uniforme ($U_{(min/med)}=0.40$) e questo deriva dal fatto che la barra LED installata non utilizza una particolare ottica asimmetrica per indirizzare la luce sul piano di lavoro (Figura 54): i LED sono utilizzati senza ottiche e quindi hanno un’emissione lambertiana e sono inseriti all’interno di un tubo in plastica trasparente che non previene la visione diretta dei singoli emettitori. La luminanza di questo elemento è notevole in relazione alle aree circostanti (Figura 53). Inoltre la temperatura di colore risulta più fredda e la resa cromatica più scarsa.

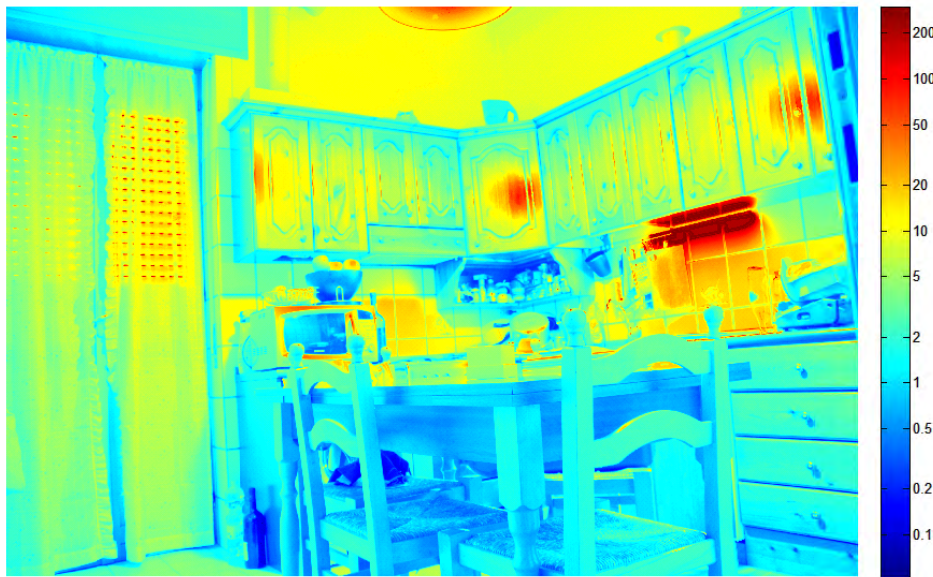


Figura 53 - Misura di luminanza della cucina con il punto luce centrale acceso e l'illuminazione del sottopensile (il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 200 cd/m²)

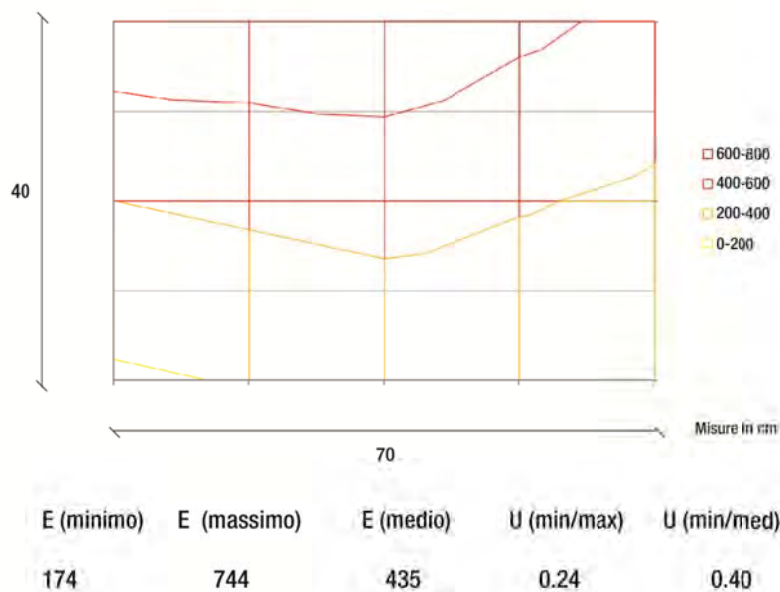


Figura 54 - Misure di illuminamento sul piano di lavoro del lavabo con l'illuminazione centrale e l'illuminazione perimetrale del sottopensile

Il soggiorno è illuminato mediante due apparecchi distintamente controllabili: un apparecchio di illuminazione a sospensione costituito da sei bracci con sei globi in vetro opalino con all'interno delle sorgenti di illuminazione ad incandescenza e da un apparecchio di illuminazione da tavolo posizionato della zona dei divani e caratterizzato da un paralume e base in vetro opalino ciascuno equipaggiato da una sorgente di illuminazione che può essere accesa singolarmente o in coppia. Nonostante la quantità di sorgenti di illuminazione, la qualità dell'illuminazione di questo ambiente risulta molto bassa: l'illuminamento medio a terra è di circa 26 lux; l'illuminamento verticale nella zona del divano è di 25 lux. Inoltre la mappa di luminanza della stanza evidenzia una distribuzione luminosa nello spazio non particolarmente favorevole alla lettura e ad attività cognitive: a zone ad elevatissima luminanza in corrispondenza dei centri luminosi (opalini) si contrappongono zone più buie (Figura 55 - Figura 56).

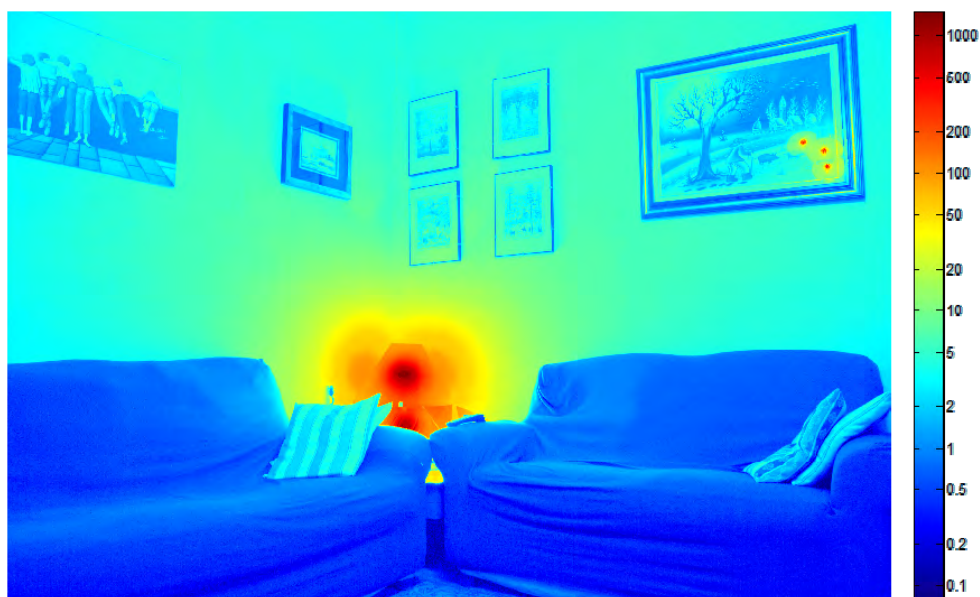


Figura 55 - Misura di luminanza del salotto da una vista frontale con il punto luce centrale acceso e l'illuminazione da tavolo (il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 1000 cd/m²)

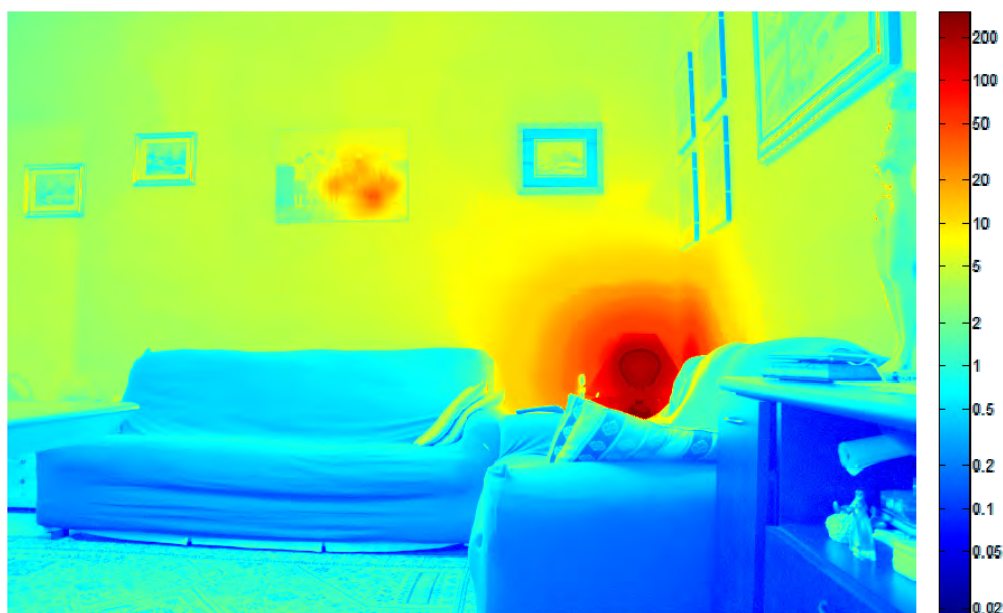


Figura 56 - Misura di luminanza del salotto da una vista frontale con il punto luce centrale acceso e l'illuminazione da tavolo (il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 200 cd/m²)

Caso studio_ M&L

Progetto di luce ben curato ma desueto (con sorgenti presto obsolete) e poco efficiente.

L'ambiente luminoso della casa di M&L è stato misurato scegliendo la stanza che è stata indicata come la più vissuta e meglio progettata da un punto di vista della luce artificiale (il soggiorno). Inoltre, è stato misurato il corridoio di ingresso che presenta la possibilità di poter dimmerare la luce.

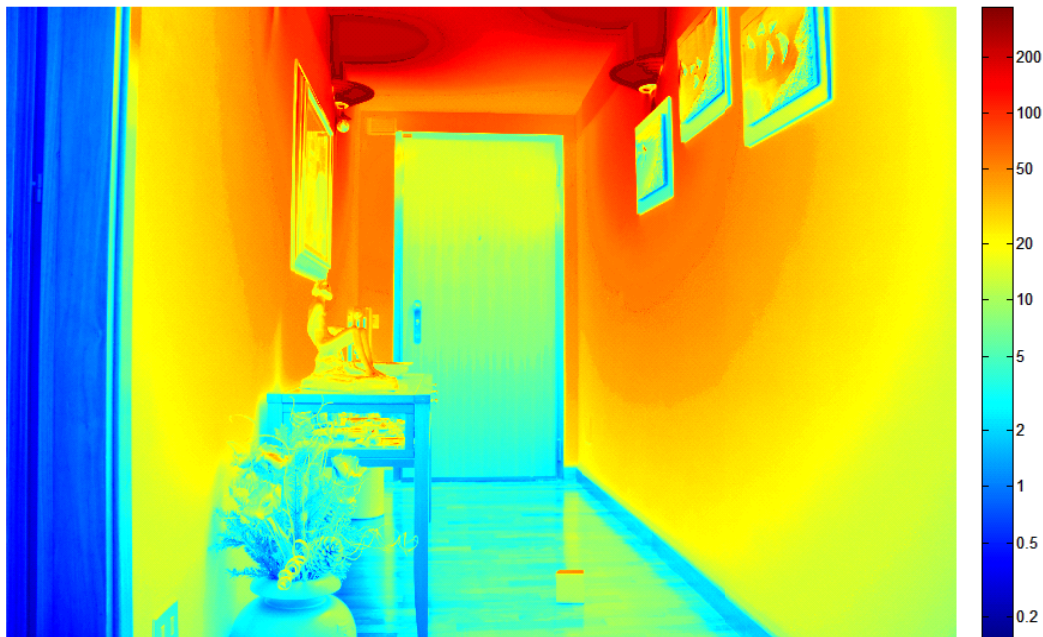


Figura 57 - Misura di luminanza dell'ingresso con le appliques al massimo dell'intensità luminosa (il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 200 cd/m²)

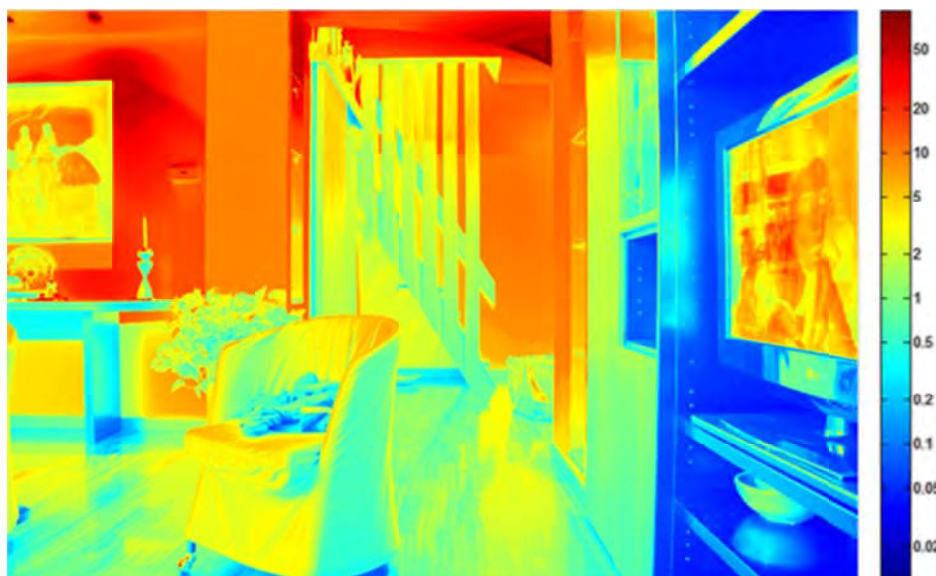
L'ingresso presenta quattro apparecchi di illuminazione a parete che emettono verso il soffitto in modalità indiretta. Sono equipaggiati con sorgenti alogene lineari. Il livello di illuminamento sulla porta d'ingresso in corrispondenza della serratura è di 180 lux. Il livello di illuminamento medio sul pavimento è di circa 188 lux.



Figura 58 - Misura di luminanza del salotto da una vista frontale con il punto luce indiretto acceso (il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 500 cd/m²)

Il salotto è illuminato da un apparecchio da terra con un'emissione indiretta verso il soffitto equipaggiato da una sorgente alogena lineare. La stanza risulta molto luminosa e fornisce livelli di illuminamento sui piani verticali dei divani di 93 e 136 lux (Figura 58). Il piano del tavolo su cui è poggiato il telefono risulta illuminato con circa 155 lux medi. L'illuminazione è completata da alcuni faretto ad incasso per

l'illuminazione diretta dell'eventuale tavolo che viene posizionato nella parte diametralmente opposta ai divani (Figura 59).



**Figura 59 - Misura di luminanza del salotto da una vista laterale con i punti luce diretti (faretti)
(il valore massimo in corrispondenza della sorgente è stato saturato a 50 cd/m²)**

8 Conclusioni

La ricerca è partita con la revisione sistematica della letteratura internazionale sul tema dell'illuminazione domestica considerando i soggetti anziani e i relativi i problemi relativi alla vista e alla mobilità, le patologie relative al sistema cognitivo e le esigenze di illuminazione, sia naturale che artificiale. L'obiettivo principale è quello di identificare il ruolo dell'illuminazione al fine di assicurare sicurezza, benessere e in generale migliorare la qualità della vita degli anziani nel proprio ambito familiare e domestico (considerando il fenomeni dell' "aging in place" e dell' "active aging") e individuare potenziali temi di ricerca e di sviluppo.

La sintesi dei diversi studi e ricerche è confluita in una raccolta delle miglior pratiche utili a mappare i risultati più significativi, delineare il benchmark ed estrapolare conclusioni in termini di bisogni, contesto, riferimenti, spunti, potenzialità, problematiche, alternative, visioni.

L'analisi di questo materiale ha portato alla definizione di una serie di concept da intendersi come una serie di proposte ancora aperte e declinabili, da validare con la successiva fase di monitoraggio.

I valori e i disvalori percepiti dagli utenti diventano essenziali sia per poter sviluppare una prima discussione sul tema sia per poter avere dei feedback interessanti per eventuali fasi successive di sviluppo che esulano la presente ricerca.

Per quanto riguarda i principali risultati raggiunti, possiamo dire che la ricerca ha evidenziato come nella letteratura scientifica analizzata siano pochi i casi di studio trattati in dettaglio e che abbiano come luogo di svolgimento la casa. Da questa considerazione, ne deriva che anche le linee guida e i concept proposti potrebbero essere molto migliorati attraverso una dettagliata e ampia fase di testing sperimentale coinvolgendo associazioni ed enti capaci di condurre un'ampia e adeguata attività di interviste sul campo.

Dai dati raccolti appare chiaro che i vantaggi e benefici di una buona illuminazione, sono oggi ancora ignoti alla maggior parte del pubblico dei non addetti ai lavori: l'unico concetto che sembra aver avuto ampia diffusione è quello del risparmio energetico e del riciclo dei prodotti al termine della loro vita utile (apprezzamento espresso da alcuni utenti per il servizio di noleggio e manutenzione di un sistema evoluto di illuminazione).

Interesse è stato mostrato per i concept di illuminazione circadiana e soprattutto particolare coinvolgimento sulla possibilità di poter riposare meglio durante la notte grazie anche a distribuzioni di illuminazione che rendano sicura la navigazione e favoriscano al contempo il ri-addormentamento.

9 Allegati attività A

9.1 Allegato 1

INFORMAZIONI GENERALI SULL'ABITAZIONE

Tipologia_Privata / Individuale - Villetta a schiera / appartamento in condominio etc _____
Proprietà _____
Costruita nel _____
Ristrutturata _____
Mq _____
Abitanti _____
Esposizione _____

Investigazione per ambienti:

STANZA PIÙ UTILIZZATA O PREFERITA:

MOTIVARE IL PERCHÉ SIA LA STANZA PIÙ UTILIZZATA E QUALI ATTIVITÀ VI SI SVOLGONO.

INGRESSO

Descrizione dei punti luce e delle tipologie degli apparecchi e delle sorgenti attualmente in uso.

MISURE DI ILLUMINAMENTO

L'ingresso (interno) dell'unità abitativa presenta un illuminamento orizzontale con la sola luce elettrica accesa di --

L'illuminamento verticale sulla serratura della porta (esterno) con la sola luce elettrica è di --

PORTA D'INGRESSO

Il colore delle porte contrasta con il colore delle pareti circostanti SI – NO – N/A

Le porte hanno una finitura non riflettente / opaca SI – NO – N/A

APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Le lampadine possono essere sostituite senza salire sulla scala SI – NO – N/A

La luce artificiale è ben distribuita e non determina aree di ombre nette SI – NO – N/A

Le sorgenti di illuminazione non sono visibili all'interno degli apparecchi SI – NO – N/A

È possibile definire diversi scenari di illuminazione SI – NO – N/A

C'è un sensore di presenza per l'accensione o spegnimento della luce SI – NO – N/A

CORRIDOIO /SCALE

Descrizione dei punti luce e delle tipologie degli apparecchi e delle sorgenti attualmente in uso.

MISURE DI ILLUMINAMENTO

L'illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa è di --

APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Le lampadine possono essere sostituite senza salire sulla scala SI – NO – N/A

La luce artificiale è ben distribuita e non determina aree di ombre nette SI – NO – N/A

Le sorgenti di illuminazione non sono visibili all'interno degli apparecchi SI – NO – N/A
Gli apparecchi di illuminazione possono essere dimmerati (regolati in intensità) SI – NO – N/A
Gli apparecchi di illuminazione possono essere controllati separatamente SI – NO – N/A
È possibile definire diversi scenari di illuminazione SI – NO – N/A

CUCINA

Descrizione dei punti luce e delle tipologie degli apparecchi e delle sorgenti attualmente in uso.

MISURE DI ILLUMINAMENTO

Il piano di lavoro della cucina presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –
Il lavandino della cucina presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –
Il piano cottura presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –
Il piano del tavolo della cucina presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –
Mappa di luminanza dello spazio dal punto di vista prevalente

APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Gli apparecchi più vicini alle finestre possono essere accesi e spenti indipendentemente da quelli posizionati più lontani dalle finestre SI – NO – N/A
Le lampadine possono essere sostituite senza salire sulla scala SI – NO – N/A
Gli apparecchi di illuminazione sono posizionati in corrispondenza dei piani di lavoro SI – NO – N/A
La luce artificiale è ben distribuita e non determina aree di ombre nette SI – NO – N/A
Le sorgenti di illuminazione non sono visibili all'interno degli apparecchi SI – NO – N/A
Gli apparecchi di illuminazione possono essere dimmerati (regolati in intensità) SI – NO – N/A
Gli apparecchi di illuminazione possono essere controllati separatamente SI – NO – N/A

INTERRUTTORI E PRESE

Interruttori della luce sono posizionati tra 1 metro e 1.2 metri di altezza dal pavimento SI – NO – N/A
Le placche degli interruttori hanno un colore contrastante rispetto alle pareti circostanti SI – NO – N/A
I pulsanti degli interruttori sono in contrasto con le placche SI – NO – N/A
Le prese elettriche sono posizionate tra 0.45 metri e 1.2 metri di altezza dal pavimento SI – NO – N/A

FINITURE E COLORE

Il colore delle pareti, del soffitto e del pavimento della stanza è
I piani di lavoro sono opachi e non riflettenti SI – NO – N/A

FINESTRE

Sono presenti finestre nella stanza SI – NO – N/A
Che tipo di esposizione presentano S – N - O - E
La cucina riceve la luce diretta del sole in che momento della giornata?
La finestra affaccia su uno spazio esterno di passaggio e attività umane SI – NO – N/A
Sono presenti sistemi di ombreggiatura delle finestre SI – NO – N/A
Se sì di che tipo ?

STANZA DA LETTO

Descrizione dei punti luce e delle tipologie degli apparecchi e delle sorgenti attualmente in uso.

MISURE DI ILLUMINAMENTO

Il pavimento della camera presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –
Il pavimento della camera (lato letto) presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa di –
L'illuminamento sul cuscino con la sola luce elettrica accesa è di –

Se presenti:

Il piano di uno scrittoio/comò presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –
L'illuminamento verticale in prossimità di una poltrona è di –

Mappa di luminanza dello spazio dal punto in cui si sta prevalentemente

APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Gli apparecchi più vicini alle finestre possono essere accesi e spenti indipendentemente da quelli posizionati più lontani dalle finestre SI – NO – N/A

Le lampadine possono essere sostituite senza salire sulla scala SI – NO – N/A

Gli apparecchi di illuminazione sono posizionati in corrispondenza dei piani di lavoro SI – NO – N/A

La luce artificiale è ben distribuita e non determina aree di ombra nette SI – NO – N/A

Le sorgenti di illuminazione non sono visibili all'interno degli apparecchi SI – NO – N/A

Gli apparecchi di illuminazione possono essere dimmerati (regolati in intensità) i SI – NO – N/A

Gli apparecchi di illuminazione possono essere controllati separatamente SI – NO – N/A

La stanza è buia completamente durante la notte SI – NO – N/A

INTERRUTTORI E PRESE

Interruttori della luce sono posizionati tra 1 metro e 1.2 metri di altezza dal pavimento SI – NO – N/A

Le placche degli interruttori hanno un colore contrastante rispetto alle pareti circostanti SI – NO – N/A

I pulsanti degli interruttori sono in contrasto con le placche SI – NO – N/A

Le prese elettriche sono posizionate tra 0.45 metri e 1.2 metri di altezza dal pavimento SI – NO – N/A

FINITURE E COLORE DELLE PARETI

Il colore delle pareti, del soffitto e del pavimento della stanza è

I piani di lavoro sono opachi e non riflettenti SI – NO – N/A

FINESTRE

Sono presenti finestre nella stanza SI – NO – N/A

Che tipo di esposizione presentano S – N - O - E

La camera riceve la luce diretta del sole in che momento della giornata?

La finestra affaccia su uno spazio esterno di passaggio e attività umane SI – NO – N/A

Sono presenti sistemi di ombreggiatura delle finestre SI – NO – N/A

Se si di che tipo ?

SOGGIORNO/SALA

Descrizione dei punti luce e delle tipologie degli apparecchi e delle sorgenti attualmente in uso.

MISURE DI ILLUMINAMENTO

Il pavimento del soggiorno presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –

Il piano di lavoro del tavolo presenta un illuminamento oriz. con la sola luce elettrica accesa pari a –

L'illuminamento verticale in prossimità di una poltrona è di

Mappa di luminanza dello spazio dal punto in cui si sta prevalentemente

APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

Gli apparecchi più vicini alle finestre possono essere accesi e spenti indipendentemente da quelli posizionati più lontani dalle finestre SI – NO – N/A

Le lampadine possono essere sostituite senza salire sulla scala SI – NO – N/A

Gli apparecchi di illuminazione sono posizionati in corrispondenza dei piani di lavoro SI – NO – N/A

La luce artificiale è ben distribuita e non determina aree di ombra nette SI – NO – N/A

Le sorgenti di illuminazione non sono visibili all'interno degli apparecchi SI – NO – N/A

Gli apparecchi di illuminazione possono essere dimmerati (regolati in intensità) SI – NO – N/A

Gli apparecchi di illuminazione possono essere controllati separatamente SI – NO – N/A

INTERRUTTORI E PRESE

Interruttori della luce sono posizionati tra 1 metro e 1.2 metri di altezza dal pavimento SI – NO – N/A

Le placche degli interruttori hanno un colore contrastante rispetto alle pareti circostanti SI – NO – N/A

I pulsanti degli interruttori sono in contrasto con le placche SI – NO – N/A

Le prese elettriche sono posizionate tra 0.45 metri e 1.2 metri di altezza dal pavimento SI – NO – N/A

FINITURE E COLORE DELLE PARETI

Il colore delle pareti, del soffitto e del pavimento della stanza è

I piani di lavoro sono opachi e non riflettenti SI – NO – N/A

FINESTRE

Sono presenti finestre nella stanza SI – NO – N/A

Che tipo di esposizione presentano S – N - O - E

Il soggiorno riceve la luce diretta del sole in che momento della giornata?

La finestra affaccia su uno spazio esterno di passaggio e attività umane SI – NO – N/A

Sono presenti sistemi di ombreggiatura delle finestre SI – NO – N/A

Se si di che tipo ?

9.2 Allegato 2

Data _____
Iniziali Nome _____
Età _____
Nazionalità _____
Città _____
Professione (attuale o precedente se in pensione) _____

Livello di indipendenza nelle attività strumentali

(basato su Test per l'autonomia nelle attività strumentali della vita quotidiana (IADL))

Capacità nelle attività della vita quotidiana

Rispetto a qualche anni fa, riscontro alcuni problemi nella mie attività prevalenti (es. lavoro, studio, lavori di casa, famiglia o attività di tempo libero) SI – NO

Se si, quali...

USARE IL TELEFONO CELLULARE

Usa il telefono solo per telefonare e mandare messaggi SI - NO

Usa il telefono anche per andare su Internet SI - NO

Usa il telefono anche per utilizzare le app SI - NO

Se si, quali....

FARE LA SPESA

Fa tutte le proprie spese senza aiuto SI - NO

Ha bisogno di essere aiutato in alcune spese particolari SI - NO

È in grado di effettuare spese on-line SI - NO

Compra spesso on-line SI – NO

Se si, cosa....

GOVERNO della CASA

Mantiene la casa da solo SI – NO

Mantiene la casa da solo e ha bisogno saltuariamente di aiuto SI – NO

Se si, in quali lavori domestici

RESPONSABILITÀ NELL'USO DEI FARMACI

Prende le medicine che gli sono state prescritte SI – NO

Status di salute generale

Hai qualche problema di salute fisica o mentale, malattia o disabilità cronica / di lunga data? (con cronica e di lunga data si intendono malattie o problemi di salute che durano o che si ritiene possano durare per 6 mesi o più) SI – NO

DOLORE/FASTIDIO

Non ho particolari dolori e disturbi SI – NO

Ho dolori e fastidi discreti SI – NO

Se si, quali...

CAPACITÀ VISIVE

Hai riscontrato problemi alla vista di recente ? SI – NO

Se si, quali....

Utilizzi strumenti per aiutare la visione tipo:

Occhiali correttivi della vista SI –NO

Se si, quali difetti visivi correggi.....(miopia, astigmatismo, ipermetropia...)

Lenti d'ingrandimento SI –NO

Se si, in quali situazioni....

Hai malattie del sistema visivo tipo...

Cataratta senile SI –NO

Degenerazione Maculare SI –NO

Retinopatia diabetica SI –NO

Glaucoma SI –NO

Hai subito operazioni agli occhi?

Se si, quali....

CAPACITÀ MOTORIE

Hai problemi a camminare? SI – NO

Se si, perché....

Sei mai caduto nel corso degli ultimi anni SI - NO

In casa SI – NO

Se si, per quale motivo e in quale situazione...

Hai mai avuto vertigini o capogiri? SI - NO

Se si, per quale motivo e in quale situazione...

Ti sei mai ferito in casa? SI – NO

Se si, per quale motivo e in quale situazione...

Soffri d'insonnia (difficoltà nel prendere sonno) SI – NO









Hai problemi di frequenti risvegli durante la notte con difficoltà a riprendere sonno SI – NO

Hai problemi a svegliarsi la mattina SI – NO

9.3 Allegato 3

Questionario in formato PDF

SCALA PER AUTODETERMINARE LA FRAGILITÀ¹

| | | | |
|---|--|---|---|
|  | <p>1 – MOLTO IN FORMA</p> <p>Persona forte, attiva, energica e motivata. Pratica regolare esercizio fisico e appartiene alla categoria di persone più in forma fra la propria fascia d'età.</p> |  | <p>6 – MODERATAMENTE FRAGILE</p> <p>Queste persone hanno bisogno di assistenza in tutte le attività esterne alla casa e nella gestione delle finanze. Spesso hanno difficoltà a salire le scale, hanno bisogno di aiuto per lavarsi e possono avere bisogno di aiuto per vestirsi.</p> |
|  | <p>2 – IN FORMA</p> <p>Persone che non hanno sintomi della malattia attivi, ma che sono meno in forma rispetto alle persone della categoria 1. Praticano spesso sport o sono a volte molto attive, a seconda della stagione</p> |  | <p>7 – MOLTO FRAGILE</p> <p>Completamente dipendenti per la cura personale, per qualunque tipo di causa (fisica o cognitiva). Tuttavia, sembrano stabili e non ad alto rischio di morte (entro ~ 6 mesi).</p> |
|  | <p>3 – SE LA CAVA BENE</p> <p>Persone, i cui problemi medici sono ben monitorati, ma non sono però regolarmente attive al di fuori della normale deambulazione quotidiana esterna.</p> |  | <p>8 – FRAGILITA' MOLTO GRAVE</p> <p>Queste persone si avvicinano al decesso e sono completamente dipendenti dagli altri. Se si ammalassero di qualsiasi malattia, molto probabilmente non riuscirebbero a riprendersi.</p> |
|  | <p>4 – SE LA CAVA ABBASTANZA BENE</p> <p>Anche se non dipendenti dall'aiuto degli altri nella vita quotidiana, queste persone sono spesso limitate nelle loro attività a causa di sintomi di malattia. Spesso lamentano di sentirsi "rallentati" e / o stanchi durante il giorno.</p> |  | <p>9 - MALATO TERMINALE</p> <p>Queste persone hanno un'aspettativa di vita <6 mesi e si avvicinano alla fine della vita, anche se la loro condizione non è così marcatamente visibile.</p> |
|  | <p>5 – LEGGERMENTE FRAGILE</p> <p>Persone spesso evidentemente rallentate nei movimenti e nelle attività più impegnative della vita quotidiana (ad es. gestione delle finanze, locomozione, lavori domestici pesanti, gestione dei farmaci) e hanno bisogno di aiuto. Sono in genere sempre più limitate nello shopping, nella deambulazione autonoma, nella preparazione dei pasti e nei lavori domestici.</p> | | |

¹ Libera traduzione della Clinical Frailty Scale per gentile concessione degli autori. I 7 stadi della versione originale inglese sono stati sviluppati da K. Rockwood e coll., testati psicometricamente (Rockwood K et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. CMAJ 2005;173:489-495) e applicati come parte dello studio canadese sulla salute e l'invecchiamento (CSHA) e ulteriormente sviluppati (Geriatric Medicine Research, Dalhousie University. Clinical Frailty Scale [Internet]. 2007-2009, Version 1.2. [citati il 16.09.2014]. URL: http://geriatricresearch.medicine.dal.ca/clinical_frailty_scale.htm).

10 Attività B: Office lighting design for wellbeing

10.1 Alcuni trend nella progettazione dell'ufficio contemporaneo

10.1.1 Luogo sociale oltre a luogo lavorativo

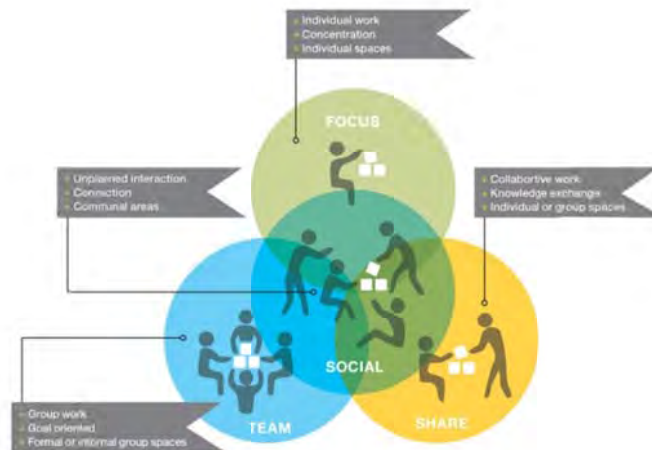


Figura 60 Lavoro integrato tra attività singole e attività private. Knoll (2013) da "Implementing Integrated Work to Create a Dynamic Workplace"

Il design degli spazi lavorativi del futuro dovrà tenere in considerazione la gestione globale del lavoro e gli aspetti sociali che si instaurano nel posto di lavoro. Il lavoro è un processo intrinsecamente sociale che necessita che le persone rapidamente passino da un contesto individuale ad un contesto di lavoro collettivo o in team, da attività estremamente focalizzate ad attività di collaborazione creativa. Ognuna di queste attività si configura in differenti atteggiamenti e posture fisiche e necessita di diverse atmosfere di luce che siano conformi al contesto, allo scopo e all'attività di lavoro da effettuare. Non solo illuminazione funzionale ma anche illuminazione che determina una specifica atmosfera luminosa e che si adatta alle necessità fisiologiche, psicologiche e sociali del lavoratore.

Viste le differenze generazionali, di sesso e tipologia di lavoro, dovranno essere tenute in considerazione le singole specificità umane, le relazioni instaurate tra le differenti persone e anche i nuovi comportamenti che si sviluppano in un contesto lavorativo laddove si utilizzano nuove tecnologie. Nuovi apparati e strumenti di lavoro tecnologici stimolano e inducono nuovi modi di muoversi e lavorare nel contesto ufficio, sia nel micro spazio delle posture del corpo umano sia nel macro spazio dell'intero ambiente ufficio.

10.1.2 Flessibilità, variabilità ed espressione del se':

Il lavoro svolto negli uffici sta diventando sempre più nomade, meno legato alle esigenze di sostare in una postazione di lavoro fissa e predeterminata ma potenzialmente situabile in ogni luogo dello spazio ufficio ma anche fuori da esso, a livello globale, in ogni parte del mondo. Le statistiche ci dicono che:

50% degli impiegati lavora in ufficio

39% lavora in postazioni di lavoro stabile

38% ha una postazione di lavoro stabile ma per il 50% del tempo non vi lavora

22% non ha una postazione di lavoro fissa e neanche un tavolo

70% di questi uffici sono uffici modulari (cell-offices) di cui il 30% in America, 20% nel Regno Unito, 20% in Asia¹¹¹

Al di là dello specifico posto in cui si lavora, le attività lavorative sono spesso espletate:

- Singolarmente: processare e rispondere alle e-mail, progettare e fare lavori di creatività, rilassarsi;
- Collettivamente: comunicare con gli altri, partecipare alle riunioni, fare e presenziare a presentazioni, fare lavori di creatività in modalità collettiva, dividersi lo spazio.

Sia nello stesso spazio di lavoro o in luoghi di lavoro diversi.



Figura 61 Attività di lavoro svolte singolarmente e in modalità collettiva nello stesso spazio ufficio. Immagine tratta da *Evolving Design of Faculty Offices. Space Efficient Planning Solutions for the Private Office*, Knoll Workplace Research (2013)

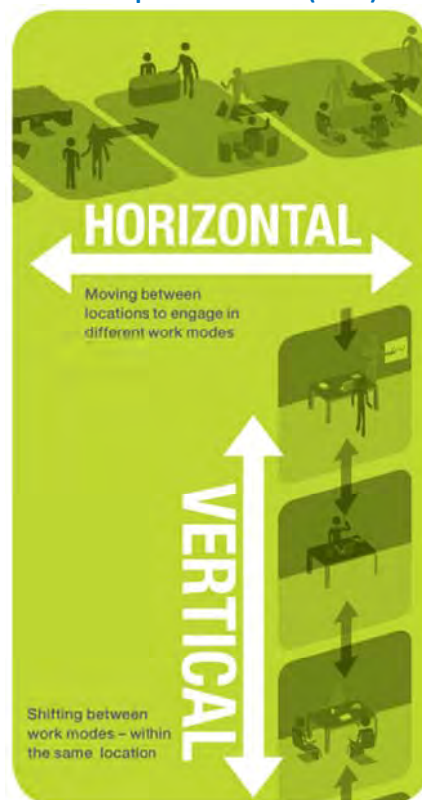


Figura 62 Lavoro integrato tra attività singole e attività private. Knoll (2013) da *“Implementing Integrated Work to Create a Dynamic Workplace”*

Gli ambienti di lavoro necessitano flessibilità nella disposizione degli arredi e nella maggiore possibilità di riconfigurazione degli spazi. Inoltre, aumenta la necessità di gestire il proprio spazio e di modificare il proprio ambiente lavorativo.

Al contrario, lo spazio di lavoro pro-capite per il lavoro singolo si riduce, ma si dedica maggiore spazio per le attività ricreative e per le attività collaborative. Questo deriva anche dalle nuove necessità di maggiore comunicazione, maggiori spostamenti e maggiore attenzione dedicata alle riunioni sia interne che esterne.

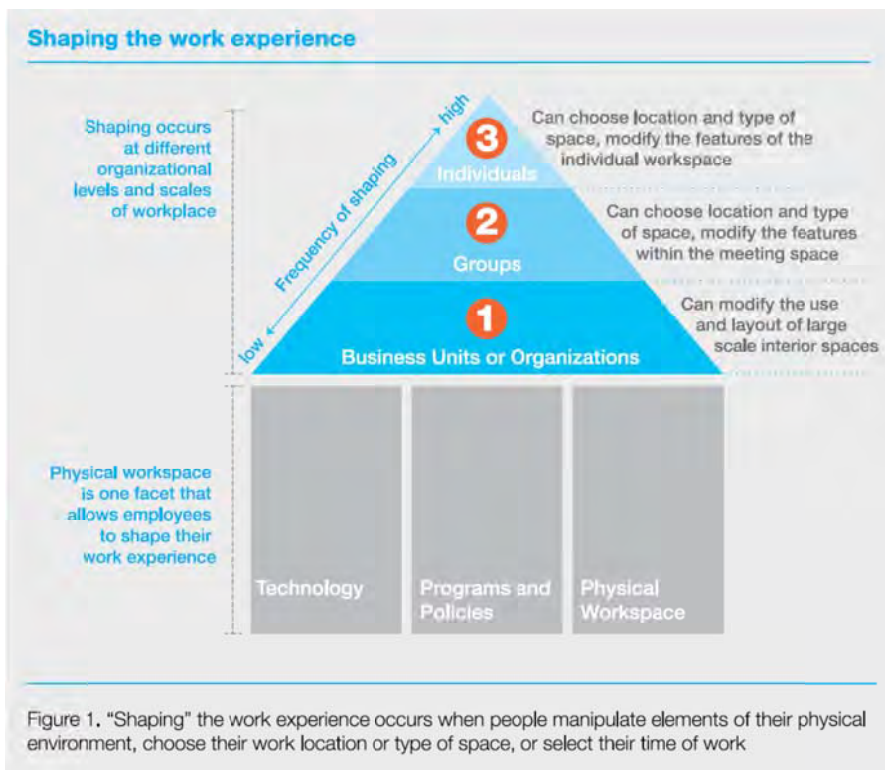


Figura 63 Immagine estratta da “Adaptable by Design Shaping the Work Experience, Dr. Michael O’Neill Senior Director, Workplace Research Knoll, Inc.

10.1.3 Nuovi strumenti di lavoro

Uno studio globale sulle posture da ufficio in relazione alle tecnologie computer ha rivelato che esistono pattern e trend di utilizzo della scrivania e del computer diversi da quelli tradizionalmente utilizzati. Lo studio ha identificato 9 posture con un particolare significato relativo alla particolare attività lavorativa svolta.

In particolare sono interessanti le posture riguardanti il lavoro focalizzato al computer utilizzando il mouse per navigare lo schermo per periodi estesi di tempo. Il corpo risulta proteso verso lo schermo nella massima concentrazione, le braccia e le mani sono attivati da strumenti come mouse e tastiera e lo sguardo è completamente assorto nell’attività in una sorta di “trance” da monitor (Figura 64). Se si sta utilizzando un monitor di un laptop la postura diventa ancora più estrema per cui il corpo si incurva quasi a raggiungere lo schermo seguendo gli occhi. C’è un unico punto di contatto con la poltrona che è la seduta. Spesso le braccia sono poggiare sul tavolo a sostegno della testa e della schiena.



Figura 64 Posture di concentrazione: “Trance” e “Strunch”. Immagini estratte da Global Posture Study – Steelcase by Steelcase WorkSpace Futures researchers and the Steelcase Design Studio

Diversamente, una situazione lavorativa più rilassata e casual che supporta la contemplazione presuppone un atteggiamento corporeo disteso, quasi sdraiato sulla poltrona (Figura 65). Si tratta di un modo per

riposare la schiena e la vista, di rilassarsi mettendosi più comodo, di distaccarsi momentaneamente dalla sfera della concentrazione lavorativa o anche di acquisire informazioni dal monitor più che generarle. Questa postura segna il riposo, la pausa, la sospensione e decompressione momentanea. Il contatto con la sedia avviene sostanzialmente con tutto il corpo, schiena, seduta e braccia. Le gambe sono distese in avanti, mentre il punto di vista si distanzia dal monitor: in questa posizione si visualizzano contenuti piuttosto che generarne di nuovi.

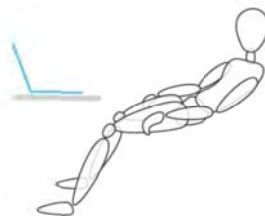


Figura 65 Postura “The take it in”. Immagini estratte da **Global Posture Study – Steelcase by Steelcase**
WorkSpace Futures researchers and the Steelcase Design Studio

Quindi nuovi strumenti di lavoro digitali definiscono nuovi comportamenti posturali e differenziano i compiti visive tradizionali. Lo studio ha evidenziato una serie di posture che, pur sfruttando la postazione di lavoro classica definita da un tavolo e da una sedia, si sviluppano intorno a strumenti tecnologici come tablet e telefoni cellulari (Smartphone) che sono spesso a supporto del lavoro principalmente svolto al computer. Utilizzando un tablet sulla superficie di un tavolo di lavoro, le persone generalmente lo poggiano al tavolo operando principalmente con una delle due mani sullo stesso. La testa e lo sguardo sono orientati verso la superficie del tavolo.



Figura 66 Postura “The swipe”. Immagini estratte da **Global Posture Study – Steelcase by Steelcase**
WorkSpace Futures researchers and the Steelcase Design Studio

Anche nell’uso dello Smartphone, nell’attività di scrittura dei messaggi, la postura dell’individuo si configura in modo particolare dato che, nella maggior parte dei casi lo strumento viene utilizzato con entrambe le mani e lontano dal piano di lavoro della postazione.



Figura 67 Postura “The text”. Immagini estratte da **Global Posture Study – Steelcase by Steelcase WorkSpace**
Futures researchers and the Steelcase Design Studio

Nella maggior parte dei casi oggi le persone non usano una sola tecnologia alla volta, ma generalmente diversi strumenti vengono utilizzati contemporaneamente in situazioni multi-tasking o multi-device.



Figura 68 Postura “The multi-device”. Immagini estratte da Global Posture Study – Steelcase by Steelcase Workspace Futures researchers and the Steelcase Design Studio

10.1.4 Il futuro dell’illuminazione dell’ufficio

La norma UNI 12464 – 1 del Luglio 2011 "L' illuminazione dei luoghi di lavoro" si riferisce alla Luce e illuminazione dei posti di lavoro e specifica i requisiti di illuminazione, specialmente in posti di lavoro in interni, che rispondano ad esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva di persone aventi normale capacità visive. La norma specifica i requisiti illuminotecnici per i posti di lavoro in interni, che corrispondono alle necessarie esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva. I compiti visivi considerati sono quelli abituali e quelli che comportano l’utilizzo di postazioni di lavoro dotate di video terminali.

Nello specifico la norma definisce in modo tabellare i parametri quantitativi in riferimento a determinate attività, mansioni, lavori o compiti. Le raccomandazioni quantitative della norma riguardano i valori di illuminamento medio mantenuto (lux) sulle superfici di lavoro e l’uniformità degli illuminamenti, i valori di resa cromatica delle sorgenti utilizzate e il valore di abbagliamento UGR.

Inoltre la norma specifica, che in alcuni particolari contesti e determinate situazioni, l’illuminazione necessita di variabilità e flessibilità; in particolare si dovrebbe aumentare l’illuminamento mantenuto richiesto quando il compito visivo è critico, gli errori sono costosi da correggere, sono molto importanti accuratezza o alta produttività, le capacità visive del lavoratore sono inferiori al normale, i dettagli del compito sono eccezionalmente piccoli o con basso contrasto, il compito deve essere svolto per tempi eccezionalmente lunghi.

L’importanza dell’illuminazione in uno spazio vissuto come l’ufficio è dunque ormai nota per le caratteristiche legate alla visione e soprattutto per incrementare le performance lavorative. A questo si aggiunge il fattore percettivo/estetico per il quale l’illuminazione, sia essa naturale o artificiale, sia determinante e caratterizzante l’atmosfera luminosa di uno spazio. In questo senso il progetto dell’illuminazione di uno spazio ufficio non sarà focalizzato soltanto sulla quantità di lux da assicurare sui piani orizzontali ma anche sugli angoli di schermatura da considerare per gli apparecchi affinché non ci sia abbagliamento diretto e/o riflesso. Il progetto dell’illuminazione architettonica basato sulla percezione dell’individuo che vive nello spazio dovrà porsi come obiettivo la realizzazione di uno spazio visivo confortevole, che non rechi o affatichi la vista ma che sia interessante, attraente e stimolante. L’illuminazione dovrà esplorare questioni riguardanti il benessere fisiologico e psico-percettivo dell’individuo.

Oggi, gli scenari dell’illuminazione architettonica hanno in effetti raggiunto un momento di trasformazione epocale che vede la ricerca e il design focalizzati su due macro-tematiche che convergono e si intersecano: le nuove tecnologie dell’illuminazione allo Stato Solido (SSL) e l’illuminazione volta al benessere, umore e salute delle persone (Human Centric Lighting - HCL)¹¹².

Come evidenziato da uno studio congiunto di Lighting Europe, German Electrical and Electronic Manufacturers Association (ZVEI) e A.T. Kearney del 2013¹¹³, lo HCL è uno dei temi di ricerca più importanti oggi e meno investigati, che ha un’importanza strategica sia nella corretta applicazione delle nuove

tecnologie SSL sia per il miglioramento della qualità della vita degli individui. Infatti, mentre la ricerca nel settore della luce si concentra per lo più sull'efficienza, sull'affidabilità e la durata dei dispositivi a LED, è stata finora posta poca attenzione alle potenzialità applicative volte al benessere dell'individuo. Nonostante questo, in Europa iniziano a nascere ricerche pilota che hanno dimostrato che la luce può migliorare la concentrazione, la sicurezza e l'efficienza sui luoghi di lavoro oppure di studio come le scuole¹¹⁴, oppure può essere di supporto a processi di cura e prevenzione di malattie legate a routine con cicli giornalieri irregolari¹¹⁵, oppure essere un metodo terapeutico contro lo stress¹¹⁶. HCL è un tema di ricerca e di progetto molto forte ed è un settore che finora non è stato preso sufficientemente in considerazione dall'accademia, dagli utilizzatori, dall'industria e dai policy makers.

Una ricerca integrata sulla tecnologia SSL per HCL crea oggi nuove opportunità per il design degli spazi abitati. Diversamente dalle tematiche tradizionali relative all'illuminazione per il posto di lavoro e di studio che sono focalizzate su funzionalità ed efficienza (comfort inteso come controllo dell'abbagliamento tramite UGR, illuminamenti medi mantenuti e rapporti di uniformità, contrasti di luminanza), l'illuminazione dell'ufficio può essere progettata anche per sottolineare i volumi, gli ingombri, gli elementi architettonici e di arredo, per definire gli spazi principali rispetto ai secondari, per stabilire gerarchie e differenti importanze, per orientare lo sguardo. Oltre alla funzione di supporto all'architettura, un'ulteriore importante scelta progettuale è quella di impostare la luce seguendo le attività e le azioni di lavoro che avvengono nello spazio dell'ufficio, supportando quindi il benessere lavorativo, mentale e psicologico dell'individuo. Per questo motivo è necessario che l'illuminazione sia personalizzabile in base agli specifici bisogni dei singoli soggetti, sia fisici che cognitivi, temporanei o momentanei. Ma anche un'illuminazione dinamica che si adatti alle specificità del tempo, del luogo, del momento e del bisogno, volta a creare sia varietà atmosferica all'interno dello spazio ufficio, sia a calibrare l'illuminazione per il benessere del singolo individuo, sia a portare "un po' di natura", sotto forma di luce, in un contesto artificiale come lo spazio ufficio. Dato che uno dei parametri più richiesti è la presenza dell'illuminazione naturale all'interno degli uffici, l'illuminazione dinamica ha lo scopo di introdurre le qualità della luce naturale all'interno degli apparecchi di illuminazione.

Questa ricerca vuole investigare un tema meno noto e poco approfondito dell'illuminazione degli uffici focalizzandosi sull'esperienza di uno spazio visivo confortevole, che non rechi o affatichi la vista ma che sia interessante, attraente e stimolante e al contempo di supporto al benessere lavorativo, mentale e psicologico dell'individuo.

10.1.5 Stato dell'arte

Illuminazione dinamica oggi

Gli apparecchi di illuminazione utilizzati in ambito ufficio offrono spesso limitate funzionalità di illuminazione, vale a dire che sono spesso sistemi di illuminazione scelti per l'efficienza energetica e per limitare l'abbagliamento, con temperatura di colore a 4000K e possibilità di modifica nulle. Altri apparecchi di illuminazione che includono effetti dinamici riguardano la possibilità di regolare il flusso da un valore massimo ad un valore minimo. Un'ulteriore piccola categoria permette la modificabilità della temperatura di colore da calda a fredda in una gamma limitata tra i 3000K e i 5000K, perché valori superiori non sono considerati confortevoli mentre valori inferiori non sono considerati consoni ad uno spazio ufficio (molto più in uno spazio domestico). Tali apparecchi di illuminazione funzionano spesso in base alla pianificazione giornaliera, seguendo degli schemi o delle ricette luminose che favoriscano il sistema circadiano dell'individuo dando una luce più fredda quando c'è bisogno di energizzare l'individuo, mentre una luce più calda per rilassare sul finire della giornata. Si tratta dunque di sistemi preimpostati in base ad un timer interno che possono, eventualmente, essere modificati a livello personale in qualunque momento.

Tali sistemi di illuminazione dinamica erano dapprima supportati da tecnologie a scarica, quindi sorgenti di illuminazione fluorescenti con diverse temperature di colore e un interfaccia Dali per la gestione e il controllo, sia della miscelazione e scelta della tonalità di bianco, sia del flusso, mediante telecomandi o sistemi di controllo su interfaccia software (es. Vivaldi di Zumtobel). Oggi esistono prodotti che, grazie alla tecnologia LED, rendono possibile le medesime funzioni alleggerendo la struttura e la forma

dell'apparecchio. Al contempo tale tecnologia di illuminazione, insieme a sistemi di controllo, potrebbe essere efficacemente utilizzata per la creazione di scenari luminosi dinamici molto più vari e complessi. È necessario domandarsi a questo scopo cosa si intenda per illuminazione dinamica nel contesto ufficio.

Illuminazione rigenerativa volta al benessere

La ricerca sugli ambienti rigenerativi è alla base della psicologia ambientale che, a partire dagli anni '80, ha sviluppato una serie di teorie oggi fondamentali per contribuire al benessere e alla produttività degli individui (Ulrich, 1984¹¹⁷; Kaplan & Kaplan, 1989¹¹⁸; Kaplan, 2001¹¹⁹; Berto, 2005¹²⁰). Numerose ricerche hanno esplorato la tematica senza però approfondire il potenziale rigenerativo specificatamente in ambienti di lavoro e studio (Finnegan & Solomon, 1981¹²¹; Farley & Veitch, 2001¹²²) e soprattutto la letteratura è ancora più carente di studi che si focalizzino in particolare sull'importanza dell'illuminazione nella riduzione della fatica mentale e nell'aumento delle performance cognitive (Elyezadi, 2012¹²³; Kim & Kim, 2007¹²⁴; Figueiro, et al., 2011¹²⁵; Beckett & Roden, 2009¹²⁶). Nonostante questo, è riconosciuto che, tra le caratteristiche di un ambiente utile al benessere delle persone ci debba essere l'illuminazione come elemento che riconnetta visivamente alla natura, che crei degli stimoli sensoriali non ritmici mediante la dinamica e la variazione (tempo, spettro, distribuzione, etc), che riconnetta l'individuo all'andamento naturale e strutturi uno scenario visivo più complesso e intrigante da osservare, meno monotono e ordinato attraverso forme e pattern biomorfi (Browning, W.D., et al. 2014¹²⁷).

Al contempo, recentissimi studi di trend riguardanti l'ambito ufficio rivelano quanto sia importante creare degli spazi salubri e in cui i lavoratori possano essere "energizzati", in cui poter "staccare" ogni tanto per rinfrescarsi mentalmente ed essere più produttivi nel lungo termine. Il focus dello spazio lavoro del XXI secolo sarà la salute psicologica degli individui: per questo motivo saranno fondamentali sistemi che permettano frequenti pause, che siano di incoraggiamento a sospendere le attività che durano da periodi di tempo troppo prolungati, postazioni per la concentrazione e la meditazione, come pure situazioni per il "daydreaming". (The future workplace, 2014¹²⁸)

Lo scopo di questa ricerca è dunque quello di indagare nuove applicazioni dell'illuminazione SSL (in termini di prodotto, integrazione tra prodotti e ambiente e applicazioni), volte al benessere e alla salute degli individui, sfruttando le nuove tecnologie dell'illuminazione disponibili, di cui si prevedono sviluppi rilevanti per l'applicazione nelle seguenti aree:

- utilizzo di sorgenti luminose a LED colorate e/o bianche a diversa temperatura correlata di colore, la cui distribuzione spettrale possa essere variata al fine di ottenere effetti benefici e stimolanti sull'individuo. Con le nuove tecnologie SSL, lo spettro delle sorgenti può diventare uno strumento di progetto per creare interessanti esperienze percettive;
- integrazione dei dispositivi luminosi con l'architettura e l'arredo, sia in contesti applicativi professionali, sia privati, in cui si ridefinisce completamente l'impianto di illuminazione classico (da AC a DC) che completa e si sovrappone all'architettura, a favore di una progettazione integrata mediante sistemi "plug and play" che riconoscano immediatamente il sistema di gestione e gli apparecchi di illuminazione;
- integrazione dei sistemi di illuminazione con sensori e controlli smart proponendo una realizzazione del concetto di "Internet of things", in cui gli oggetti si rendono riconoscibili e acquisiscono intelligenza grazie al fatto di poter comunicare dati su se stessi e accedere ad informazioni aggregate da parte di altri. Questa possibilità offre l'occasione di indagare e ripensare forme, funzioni delle interfacce con le quali fino ad oggi abbiamo controllato e regolato i nostri apparecchi di illuminazione nei diversi contesti applicativi (casa, uffici, luoghi pubblici, ecc).

In particolare si propongono di seguito tre scenari a livello di concept e due prototipi di studio che sviluppino in modo applicativo alcune delle tematiche descritte.

10.2 Scenario 1: Bio-inspired office lighting atmosphere

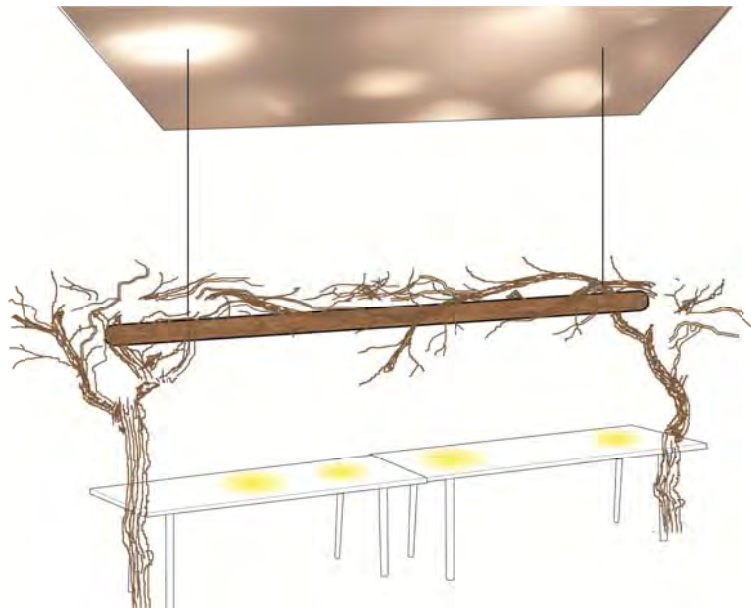


Figura 69 Bio inspired office lighting atmosphere

Immaginiamo uno spazio energizzante e rigenerativo che si adatti alle necessità psichiche (funzioni cognitive e inconscie) dell'uomo, modificando l'illuminazione e le caratteristiche dello stesso al fine di creare un'esperienza personalizzata, stimolante e utile ad aumentare la concentrazione, a riconquistare l'attenzione perduta e prendersi una pausa momentanea; finalizzata a riattivare il corpo e la mente dopo un impegno mentale intenso e protratto a lungo. Pensiamo ad un'esperienza di luce che modifichi l'atmosfera dell'ufficio (luogo in cui spesso si determinano stati di malessere e fatica mentale a causa dell'attenzione continuata e diretta verso più compiti svolti contemporaneamente) creando momenti di stimolo sensoriale e di attrazione dell'attenzione, in grado di aiutare le persone a recuperare energie dallo stato di stress psicofisiologico, promuovendo il benessere. Focalizzandosi e traendo ispirazione dalle teorie dell'attenzione rigenerata (ART) e della Biofilia, l'illuminazione si ispira alla natura sia perché può essere modificata in termini di distribuzione, dinamicità, colore e distribuzione spettrale sia perché richiama particolari forme bio-mimetiche e naturali. Questo può determinare effetti positivi sull'attenzione e la rigenerazione mentale degli individui grazie alla creazione di una varietà atmosferica naturale in un contesto artificiale come quello dello spazio ufficio.

10.2.1 Caratteristiche dell'illuminazione

In questo scenario, si prevede che la luce sia dinamica, ovvero mutevole e in grado di generare atmosfere luminose differenti che si adattino a differenti scenari e situazioni lavorative come attività solitarie creative di concentrazione o di relax e decompressione, come pure ad attività di lavoro collettivo di riunione, presentazione, brainstorming, ecc.

L'illuminazione dovrebbe essere dunque in grado di supportare i diversi momenti lavorativi durante la giornata al fine di adattarsi al contesto e all'umore del soggetto.

Le caratteristiche di una luce e di un sistema di illuminazione bio-ispirato riguardano:

- la definizione di una connessione viva con la natura, con sistemi viventi e processi naturali;
- la creazione di uno stimolo sensoriale variabile e non ritmico connesso in modo effimero con la natura;
- utilizzo di materiali naturali;
- l'utilizzo di forme e pattern bio-morfi;
- la creazione di sistemi complessi e ordinati ispirati ai pattern naturali;

- un'illuminazione dinamica e variabile che cambi nel tempo per creare condizioni che occorrono in natura¹²⁹;

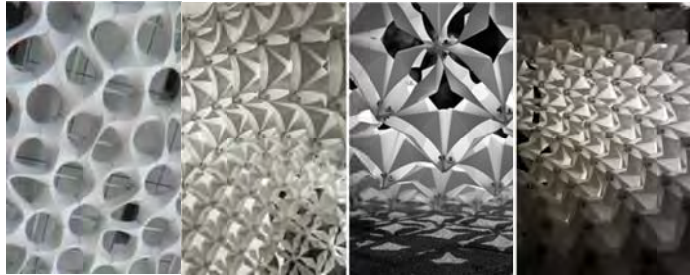


Figura 70 Utilizzo di forme complesse e ordinate e di pattern bio-morfi



Figura 71 Utilizzo di materiali naturali

Utilizzando il paradigma dell'illuminazione naturale per ispirare, stimolare e definire un'atmosfera che non sia monotona e uniforme, le caratteristiche di dinamicità della luce riguardano:

- la temperatura correlata di colore
- la distribuzione luminosa nello spazio assicurata da un apparecchio polifunzionale oppure da una serie di apparecchi inseriti nell'ambiente;
- l'intensità della luce
- il movimento
- i pattern di luci e ombre



Figura 72 Pattern di luci e ombre che cambiano in modo impercettibile

La luce riflessa, trasmessa, rifratta dai materiali in modo casuale, non ripetuta e in costante cambiamento.

10.3 Scenario 2: Luminous officescape

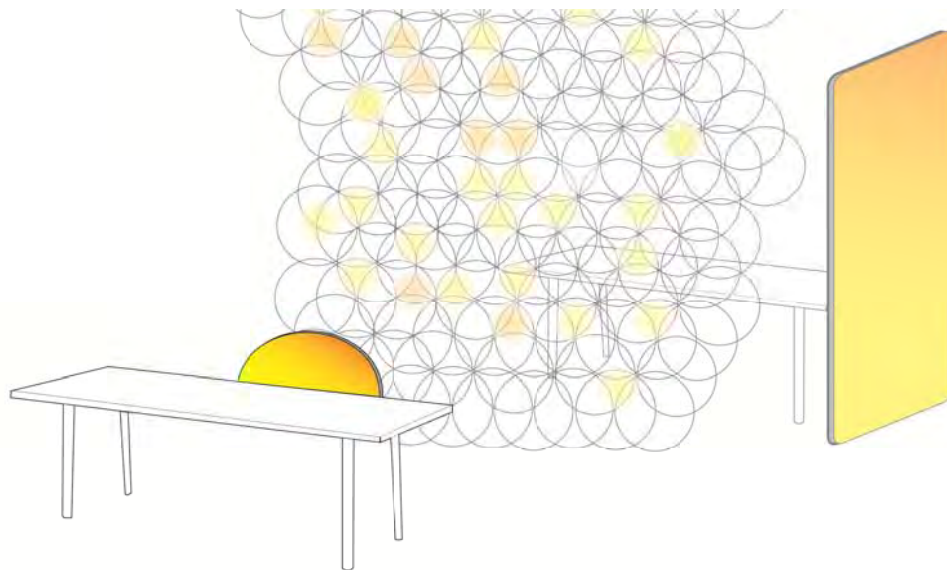


Figura 73 Luminous officescape

Immaginiamo che la luce dell'ambiente ufficio non derivi soltanto dai classici apparecchi di illuminazione a sospensione, a soffitto, a binario o da terra ma sia integrata negli arredi e in nuovi oggetti luminosi volti a definire un sistema di illuminazione che modifichi l'atmosfera luminosa ma anche lo spazio fisico dell'ufficio. Una luce che modifica il vissuto architettonico dello spazio, si integra in elementi ormai funzionali alla definizione degli spazi personali e collettivi come separatori, paratie e divisori caricandosi di un nuovo contenuto luminoso utile al benessere dell'individuo. Questi elementi luminosi possono modificarsi nel tempo in modo costantemente mutevole, definendo la variabilità tipica della natura come allo scenario precedente. Si possono pensare schermi divisori posizionabili di fronte all'utente o di separazione tra tavoli, che si illuminino in modo circadiano, fornendo il corretto apporto di luce che regola il ciclo sonno-veglia e che diventino trasparenti all'occorrenza. Al contempo si possono ipotizzare divisori modulari con illuminazione integrata in cui ogni singolo elemento possa illuminarsi in modalità autonoma generando un pattern di luci e ombre a differenti gradienti.

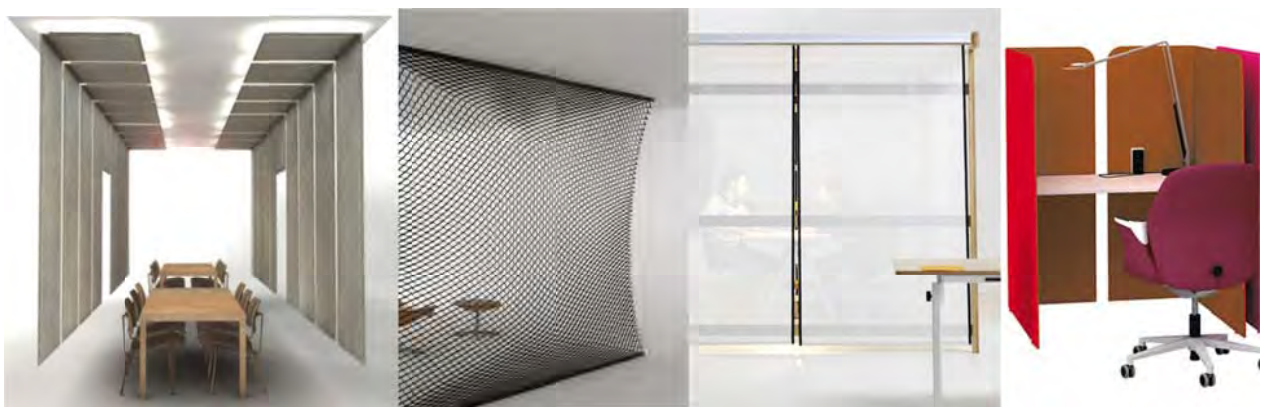


Figura 74 Esempi di sistemi di partizione per uffici attualmente utilizzati

10.4 Scenario 3: Sensing at work

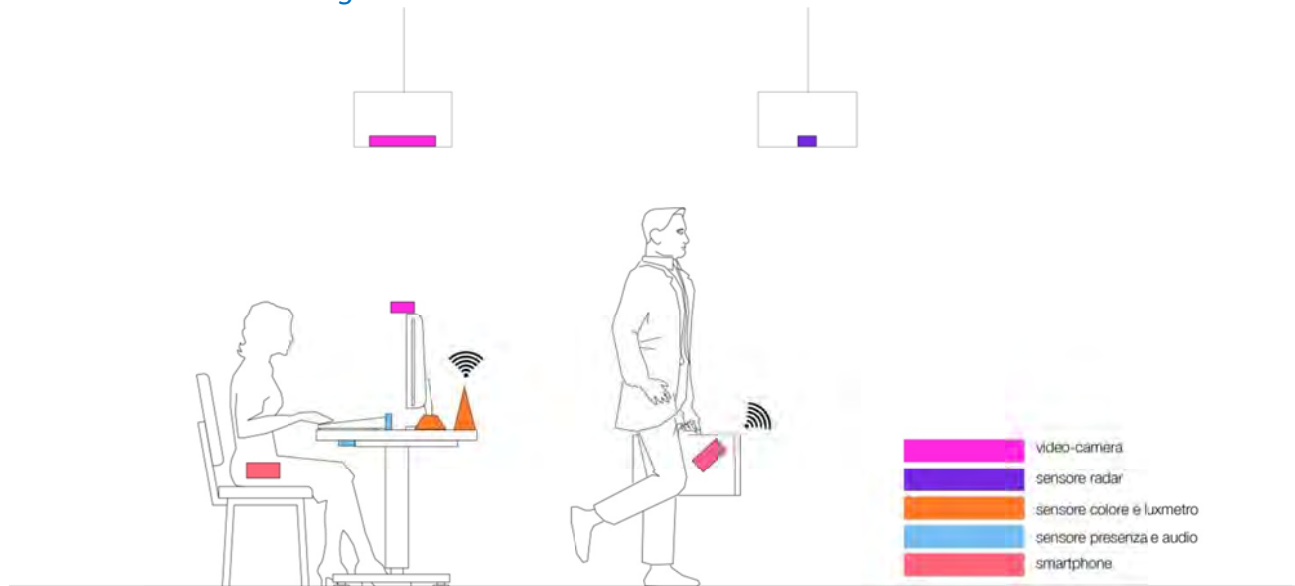


Figura 75 Sensing at work

Immaginiamo che l'ambiente ufficio sia costellato di sensori, sia personali e indossabili (tipo Smartwatch), sia collocati nello spazio ufficio al fine di monitorarne le attività, le situazioni, le condizioni climatiche (intesa come temperatura e qualità dell'aria) e l'atmosfera luminosa (quantità di luce, qualità della luce, distribuzione spettrale, ecc.), in real-time, per poi poter utilizzare queste informazioni per migliorare la qualità della vita nel contesto ufficio, per diminuire i consumi e per personalizzare l'ambiente (soprattutto luminoso) in base alle specifiche esigenze dell'individuo. È necessario comprendere quali sensori siano migliori in termini di adattabilità all'interno di un contesto lavorativo, di accettazione da parte dell'individuo e di affidabilità del rilievo effettuato. A questo si aggiunga l'impatto sulle modalità di installazione, sui costi e sulla complessità di gestione.

L'utilizzo di video camere e sensori audio garantisce estrema affidabilità del segnale monitorato con la successiva capacità di estrapolare informazioni più approfondite grazie a sistemi di riconoscimento dei movimenti, delle posture, delle gestualità e della mimica facciale. Se da un lato è dunque possibile installare relativamente pochi sistemi di questo tipo per monitorare un soggetto nell'ambiente di lavoro, al contempo il sistema può essere considerato invasivo e lesivo della propria privacy.

Diversamente l'utilizzo di piccoli sensori (movimento, vibrazione), distribuiti nello spazio e in comunicazione wireless tra di loro (ultra dense sensing) in modo multimodale, garantisce di ottenere un ampio spettro di informazioni derivate da diversi input. In particolare, solitamente si rileva la vicinanza e/o presenza rispetto allo specifico oggetto monitorante o a porzioni dello spazio abitato.

Il punto cruciale dunque è quello di studiare la combinazione migliore di questi sensori e gli algoritmi più intelligenti affinché possano essere rilevati, interpretati ed estrapolati i comportamenti dell'individuo. In alcuni casi i sensori possono essere indossati, in modo da tracciare l'individuo in diversi contesti e permettere il continuo monitoraggio e training del sistema per evidenziare eventuali comportamenti anomali.

Sono ad oggi disponibili una vasta gamma di sensori per il controllo dei sistemi di illuminazione, che vanno dai semplici sensori di presenza (PIR) ai sensori di luminosità che rilevano l'illuminamento sul compito visivo

e provvedono a regolare il flusso luminoso emesso dagli apparecchi al fine di raggiungere il valore prefissato.

Accanto a questi sensori tradizionali, sono comparsi nelle letteratura scientifica e in alcune applicazioni anche altre tipologie di sensori basati sull'acquisizione di immagini: in questo paragrafo si proverà a delineare degli scenari applicativi nel contesto d'ufficio di tali sistemi di controllo.

La prima grande famiglia di sensori considerata sono quelli basati sull'elaborazione di immagini, di solito di qualità non eccelsa, come ad esempio una webcam, che consentono ad esempio di rilevare la presenza di un utente nella propria postazione di lavoro tramite l'identificazione del viso, di classificazione (riconoscimento dei tratti del viso come appartenenti a un determinato utente registrato in un DB) e di generare di conseguenza le opportune azioni nei confronti del sistema di gestione dell'impianto di illuminazione.

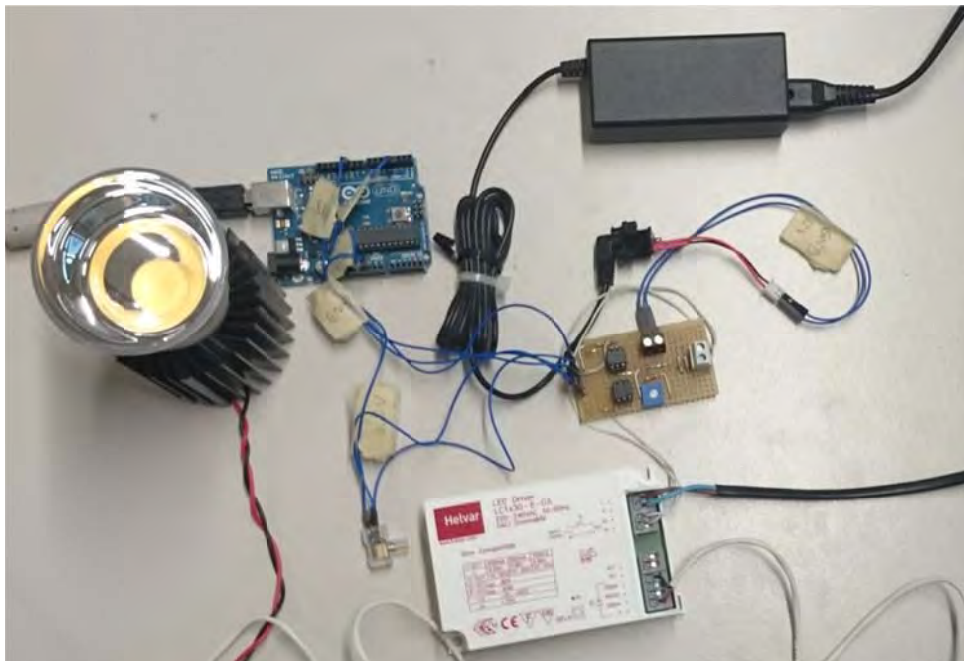


Figura 76 Prototipo di studio del sistema di controllo basato su webcam

Per testare le possibilità offerte da questa tipologia di sensori, è stato sviluppato un semplice sistema composto da un PC portatile dotato di webcam integrata e da un sistema di prototipazione rapida (Arduino) che realizza una interfaccia DALI tra il notebook, dove avviene l'acquisizione delle immagini e la loro elaborazione (riconoscimento del viso nel frame e riconoscimento facciale dell'utente) e un apparecchio a LED spot il cui flusso emesso dipende dalla presenza dell'utente alla propria scrivania.

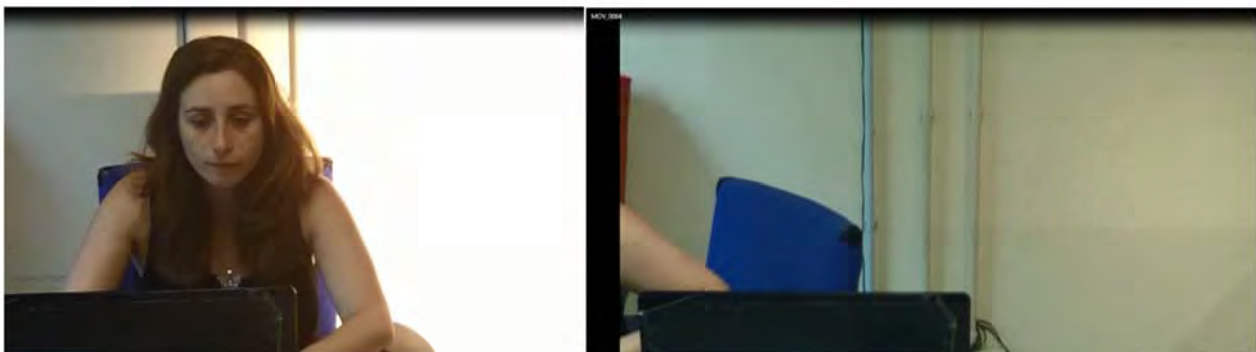


Figura 77 Funzionamento del sistema: a sinistra, in presenza dell'utente (riconoscimento viso) viene attivato un apparecchio spot che illumina lo sfondo. A destra si osserva lo spegnimento dell'apparecchio quando il volto dell'utente esce dal quadro della webcam

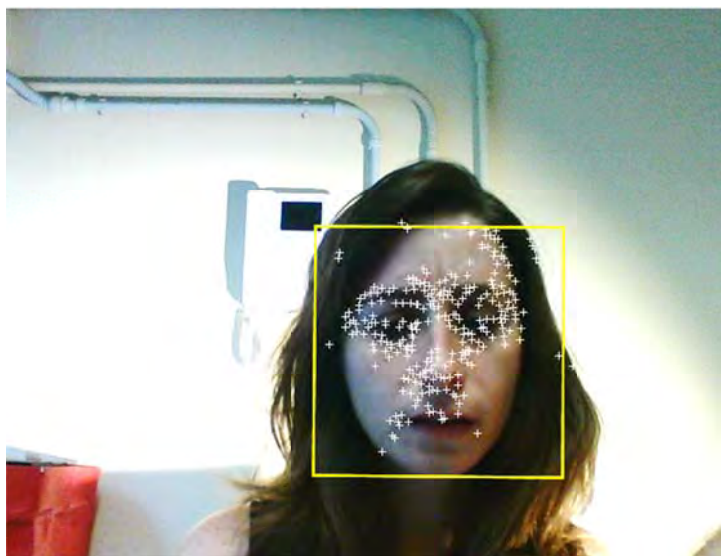


Figura 78 Immagine ripresa dalla webcam in cui è stato riconosciuto il volto dell'utente

In questo caso, il sistema di illuminazione dovrà essere sufficientemente complesso (come numero, tipologia e distribuzione fotometrica degli apparecchi) per creare degli scenari luminosi significativi in corrispondenza di ciascun evento/soggetto identificato.

I principali limiti di questa soluzione sono essenzialmente due:

- si ingenera negli utenti la percezione di mancanza di privacy sul luogo di lavoro (anche se nessuna immagine viene effettivamente conservata o archiviata, ma l'elaborazione avviene run-time).
- Il numero di errori nel riconoscimento o classificazione dei visi dipende molto dalla qualità della camera in rapporto al livello di illuminazione dell'ambiente²: webcam molto economiche e bassi livelli di illuminazione dei piani verticali producono falsi riconoscimenti ed errori, mentre la situazione migliora notevolmente utilizzando webcam di fascia medio alta

Accanto alle tradizionali immagini RGB, sono da qualche tempo disponibili delle camere IR (per applicazioni di gioco) per l'ottenimento di immagini di "profondità", cioè delle immagini che mappano la distanza tra il soggetto ripreso e il sistema di ripresa.

Un dispositivo di questo tipo molto diffuso è Kinect di Microsoft, che viene spesso impiegata quale sistema per la costruzione di interfacce gestuali utilizzate per comandare i dispositivi più diversi, tra cui sistemi di illuminazione (per realizzare le classiche funzioni di accensione, spegnimento, regolazione dell'intensità luminosa). La periferica permette all'utente di interagire con il dispositivo da controllare senza l'uso di alcun controller da impugnare, ma solo attraverso i movimenti del corpo, i comandi vocali o attraverso gli oggetti presenti nell'ambiente. Il dispositivo può seguire i movimenti fino a 4 utenti, sia in piedi che seduti.



Figura 79 Microsoft Kinect v1

² Di norma valori molto bassi di illuminamento sono riscontrati negli ambienti di lavoro per compiti visivi svolti alla scrivania

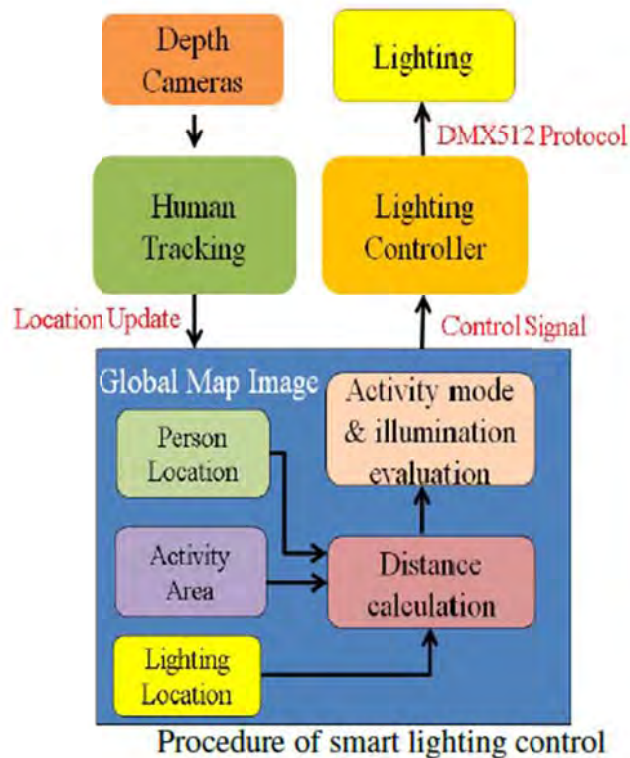


Figura 80 Schema del sistema di controllo dell'illuminazione basato su Kinect

Tali sensori possono anche essere utilmente impiegati per ottenere un risparmio energetico attraverso il controllo dell'illuminazione mediante tecniche di tracciamento dei movimenti degli utenti (Figura 80)¹³⁰:

- Cattura dei movimenti dell'utente tramite le immagini della camera di profondità (320x240)
- Il secondo passo è il tracking della posizione della testa, dopo aver riconosciuto le persone all'interno del locale. Il sistema deve essere in grado di riconoscere la presenza di più persone
- Per ciascuna persona riconosciuta, viene creata una mappa complessiva per seguire i movimenti di ciascun soggetto nello spazio attraverso le immagini acquisite dalle diverse camere installate (nell'esempio sono state installate a soffitto solo due Kinect)
- Determinazione dei parametri di controllo del sistema di illuminazione sulla base della disposizione degli apparecchi nell'ambiente, dall'indice di attività della persona e dalla posizione dell'utente e dall'orientamento della testa rispetto alla linea delle spalle (il sistema riconosce la direzione in cui il soggetto sta guardando)
- I segnali di controllo sono inviati, tramite protocollo DMX 512 agli apparecchi di illuminazione

L'esempio descritto non ha come campo applicativo l'ambiente dell'ufficio, ma un ambito domestico (soggiorno) e sulla base di tale scelta sono state definite dagli autori dello studio le attività che il sistema è in grado di riconoscere e per le quali è capace di generare una risposta.

Le attività modellate sono le seguenti:

- **Moving Mode:** l'apparecchio più vicino all'utente viene acceso alla temperatura di colore di 6500 K
- **Study mode:** quando un utente rimane vicino alla scrivania, l'apparecchio di illuminazione posto al di sopra si accende alla temperatura di colore di 7000K
- **Dialog mode:** quando due persone rimangono in prossimità del tavolo l'apparecchio corrispondente viene acceso alla temperatura di colore di 5000K

- Watching TV: quando un utente rimane vicino alla televisione, una webcam cattura l'immagine sullo schermo e viene estratto il colore dominante con il quale verranno attivati gli apparecchi corrispondenti

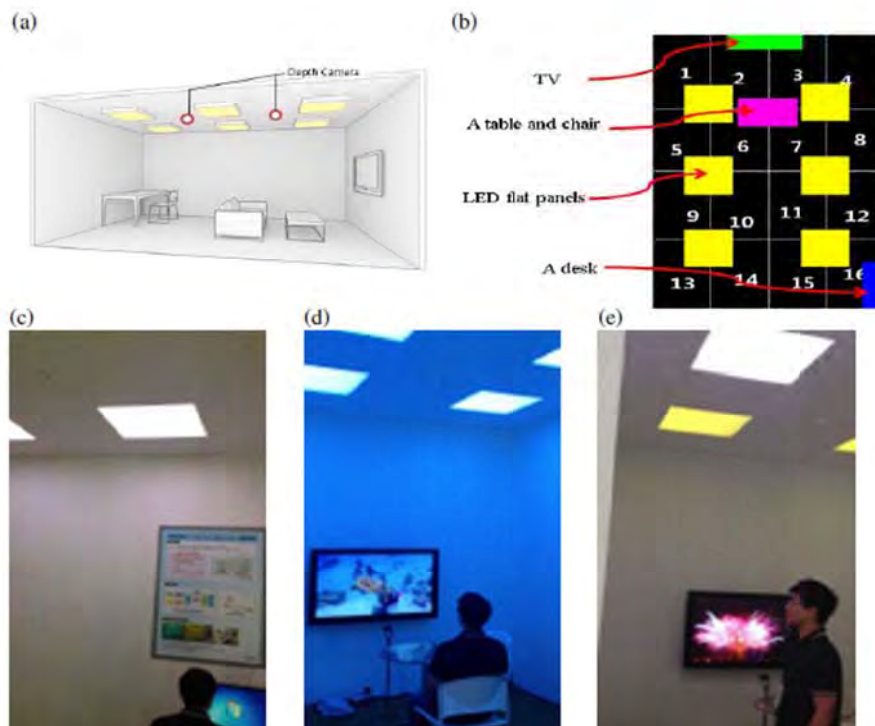


Figura 81 a) Schema generale del sistema smart lighting per living-room. b) pianta con indicazione della posizione degli apparecchi di illuminazione, degli arredi. c) esempio di risposta del sistema di controllo per differenti attività: a sinistra studio, centro guardare la TV, destra passeggiare nella stanza

Una soluzione alternativa all'utilizzo di una camera è quella di impiegare un sensore IR passivo organizzato in matrice, come ad esempio GRID-EYE prodotto da Panasonic.

Si tratta di un sensore a matrice con 8x8 pixel, il cui schema di principio è illustrato alla Figura 82: il dispositivo, sebbene dotato di una risoluzione nettamente inferiore a quella di una camera termica, può essere impiegato per individuare la posizione di un utente nell'ambiente e inviare informazioni al sistema di controllo in modo che regoli l'apparecchio o gli apparecchi più vicini. Il sensore è in grado di rilevare persone immobili nell'ambiente ³ (Figura 84), oppure persone che si muovono in direzioni opposte all'interno del suo campo di vista (Figura 86).

³ A differenza di quanto avviene per i tradizionali sensori PIR

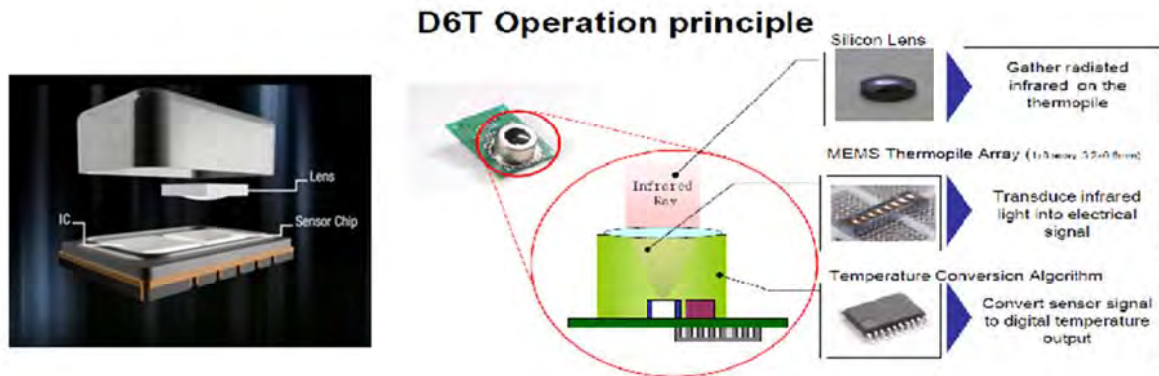


Figura 82 A sinistra Schema di principio del sensore GRID-EYE prodotto da Panasonic⁴, mentre a destra è riprodotto quello relativo al sensore OMRON D-6T-8L-06⁵

Altra possibile applicazione è nella realizzazione di una interfaccia per il riconoscimento dei gesti, per il controllo di sistemi di illuminazione portatili (dato che le dimensioni del sensore risultano piuttosto contenute).

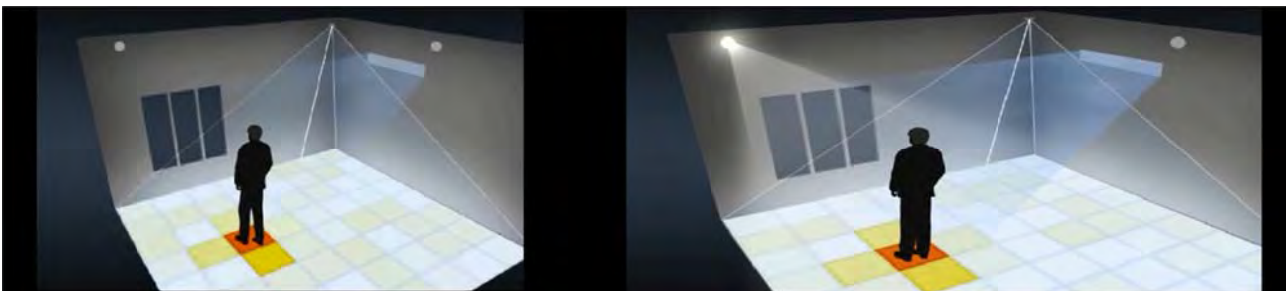


Figura 83 GRID-EYE: possibilità di riconoscimento della posizione degli utenti all'interno dell'ambiente e comando dell'apparecchio di illuminazione più prossimo

Sono disponibili sul mercato prodotti simili anche di altri costruttori, con matrici che possono arrivare a fino a 16x4 pixel, come ad esempio il MLX90620 di produzione Melexis, oppure il sensore sviluppato da OMRON 16x16 pixel D6T-44L-06.

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=dO6oHrW43yM>

⁵ OMRON Application Note No.MDMK-12-0493 "Usage of D6T-44L / D6T-8L Thermal sensor"



Figura 84 Possibilità di riconoscimento di soggetti/oggetti immobili all'interno del campo di vista

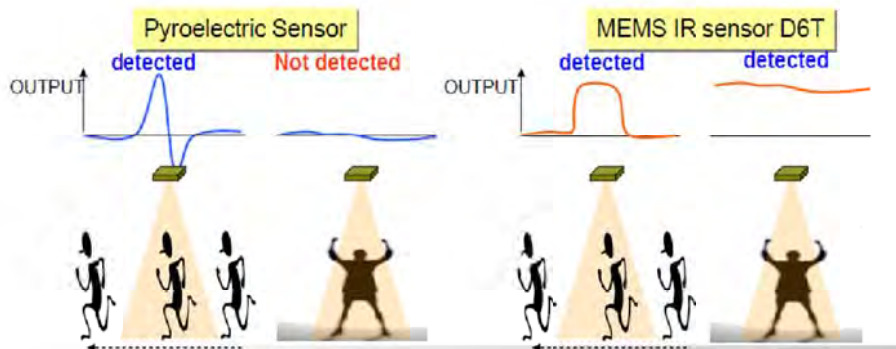


Figura 85 Confronto tra la risposta di un comune sensore piroelettrico e un passivo IR sensor matrix per persone/oggetti in movimento e stazionarie

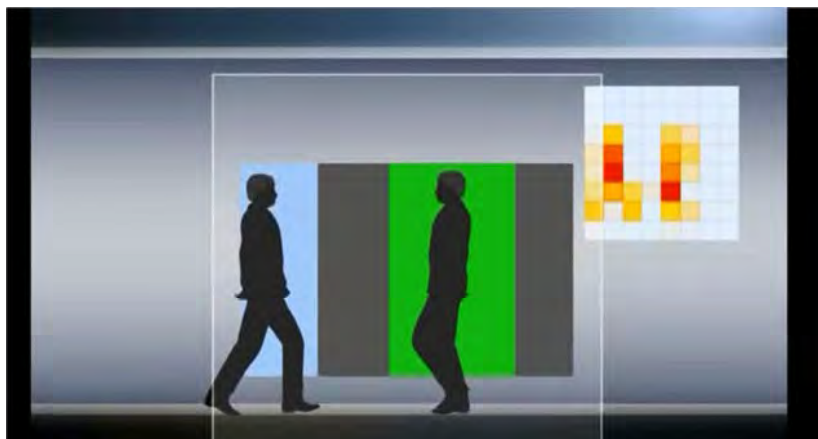


Figura 86 Possibilità di riconoscimenti multipli all'interno del campo di vista del dispositivo

11 Attività B1: Prototipo di illuminazione COELO

Attività B1: Fase di aggiornamento e semplificazione del progetto COELO sviluppato e presentato per Enea nel 2013 al fine di un aggiornamento tecnologico e per introdurre una serie di semplificazioni progettuali per rendere più agevole la realizzazione e la prototipazione dello stesso.

11.1 Design: riprogettare il COELO

L'apparecchio da ufficio COELO precedentemente sviluppato nella ricerca "Fosfori remoti per l'illuminazione di interni" del 2013 è stato ri-progettato conservando l'idea di modularità ma, dato che sarebbe stato realizzato in un unico esemplare, è stato semplificato e riprogettato per una sola configurazione, ovvero la sospensione per una postazione singola di lavoro in un ufficio di piccole dimensioni (dove effettivamente sarà installato).

Partendo dal progetto precedentemente sviluppato si è dunque cercato di mantenere le prestazioni e il layout originale apportando una serie di semplificazioni per quanto riguarda la realizzazione che hanno a loro volta determinato una serie di modifiche anche al design dello stesso.

In particolare le caratteristiche conservate sono le seguenti:

- Apparecchio costituito da un motore luminoso che indirizza la propria emissione verso un riflettore per un'illuminazione prevalentemente diretta derivata dalla riflessione e opportuna distribuzione del flusso;
- Apparecchio di illuminazione a temperatura di colore variabile tra 3000K - 5000K;
- Motore luminoso caratterizzato da LED con emissione monocromatica blu e fosfori remoti;
- Camere di miscelazione separate rivestite con un materiale altamente diffondente;

Diversamente le caratteristiche che sono state semplificate sono le seguenti:

- Utilizzo di un dissipatore disponibile in commercio anziché di un dissipatore progettato in modo customizzato al fine di abbattere i costi di prototipazione;
- Definizione di un riflettore sfaccettato in blocco unico anziché di un riflettore liscio in due parti realizzabile in imbutitura ad un costo superiore;

Come conseguenza a queste due scelte preliminari, si sono rese necessarie una serie di modifiche successive quali:

- Progettazione del riflettore sfaccettato al fine di ottenere le prestazioni luminose desiderate tenendo in considerazione anche e soprattutto la modifica dimensionale del dissipatore;
- Apparecchio per illuminazione sia indiretta che diretta;
- Progettazione di un sistema con quattro camere di miscelazione, anziché due, per una migliore uniformità del bianco;

11.2 Design: Concept e moodboard



Figura 87 Moodboard di ispirazione del sistema di illuminazione COELO

L'apparecchio è stato riprogettato in modo da rendere più semplice e più economicamente accessibile la prototipazione e in modo da concentrare in un oggetto dalla forma particolare una serie di concetti di illuminazione dinamica e bio-ispirata. La geometria è stata riprogettata al fine di ottenere sia una luce funzionale, derivata dalle sfaccettature opportunamente inclinate, sia una forma naturale, ispirata alla natura nella ripetizione geometrica non esatta del pattern esagonale. Questa struttura portante è dunque l'elemento principale del sistema di illuminazione che provvede ad ospitare sfaccettature che riflettono la luce generando al contempo effetti di scintillio e un'immagine sparpagliata della sorgente di emissione (motore luminoso). Inoltre, la parte centrale del sistema di illuminazione è caratterizzata da sfaccettature trasparenti e/o lievemente lavorate al fine di creare un pattern di ombre variabili sul soffitto. Infine è stato scelto un colore neutro, il bianco, che rende l'oggetto più leggero nonostante le sue dimensioni e auto-luminoso diffondendo la luce in modalità diffusa (Figura 87-Figura 89).

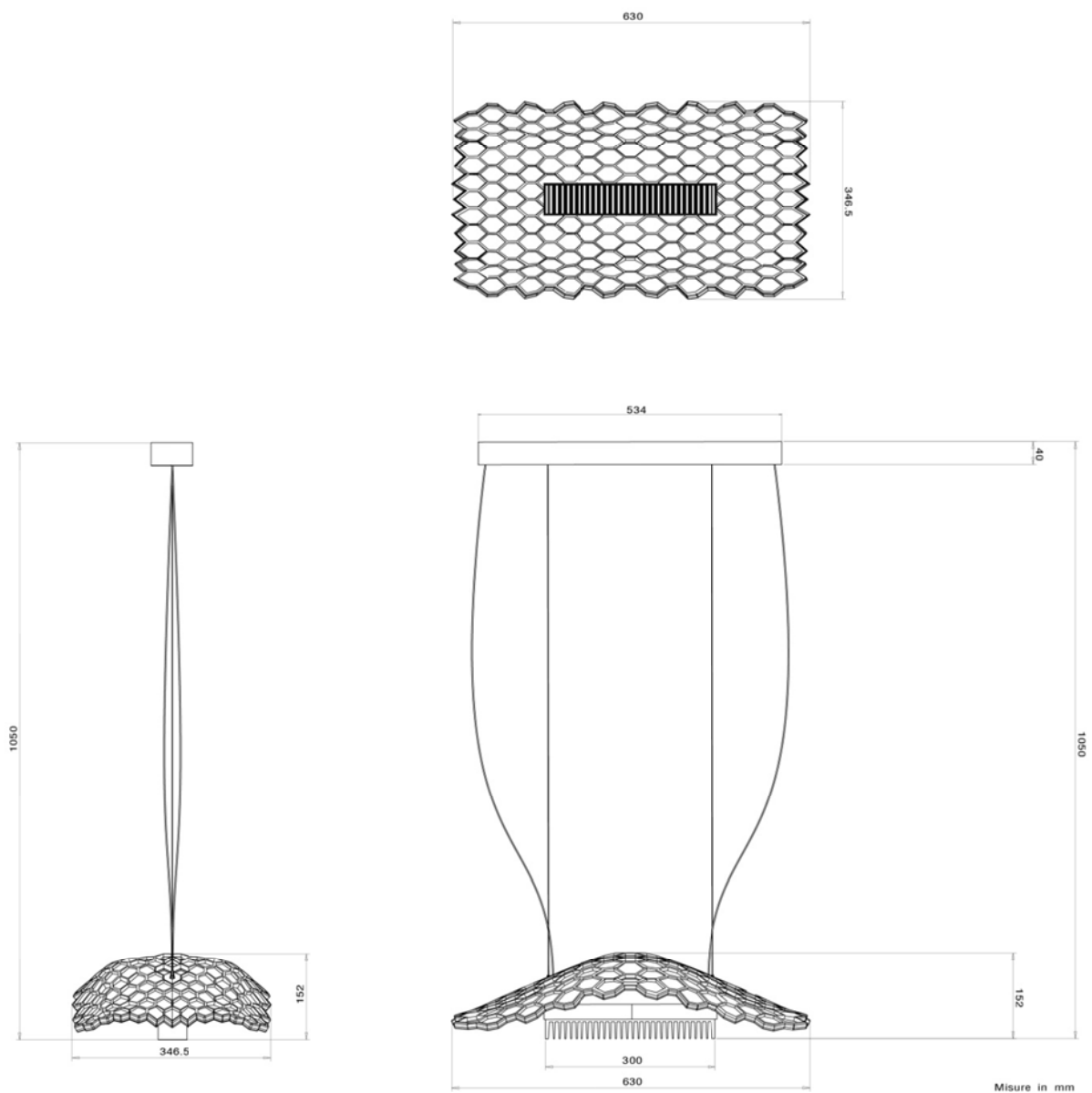


Figura 88 Dimensionamento e ingombri di massima del prototipo di illuminazione COELO

Le dimensioni complessive del solo sistema di illuminazione sono 630 x 346.5 mm per un'altezza di 152 mm. Il contenitore degli ausiliari elettrici è posto a soffitto a circa un metro dal sistema di illuminazione. (Figura 88)



Figura 89 Immagini di rendering del prototipo di illuminazione COELO

11.3 Illuminazione: caratteristiche fotometriche e ottiche

Il COELO è stato riprogettato al fine di poter soddisfare i parametri di illuminamento medio mantenuto, uniformità e comfort in termini di abbagliamento secondo quanto previsto dalla normativa UNI EN 12464-01. La sua performance di illuminazione prevede che la maggior parte del flusso sia indirizzata verso il basso (emissione diretta per riflessione) e una parte sia rivolta verso l'alto sul soffitto in emissione indiretta, in modo da evitare un "effetto caverna" nella zona ufficio, ma rendere luminoso anche l'intorno della scrivania e della zona di lavoro (la zona al di sotto del piano degli apparecchi risulta notevolmente più luminosa della zona sovrastante).

La progettazione ottica è partita dall'esame delle disponibilità delle sorgenti LED montate su MCPB disponibili sul mercato, dato che si era esclusa una realizzazione custom, come nel secondo prototipo: si è quindi deciso di sostituire il LED blu originariamente previsto Luxeon Rebel LXML-PR02-1100, con una potenza radiante emessa di 1100 mW @700 mA e $T_j=25^\circ\text{C}$, con una sorgente dello stesso costruttore che offriva maggiore disponibilità sul mercato LXML-PR01-0425 con una potenza radiante emessa 840 mW @700 mA e $T_j=25^\circ\text{C}$ ⁶.

Questa scelta ha comportato un nuovo calcolo del numero di LED e dei loro parametri di alimentazione, rispetto al progetto originario.

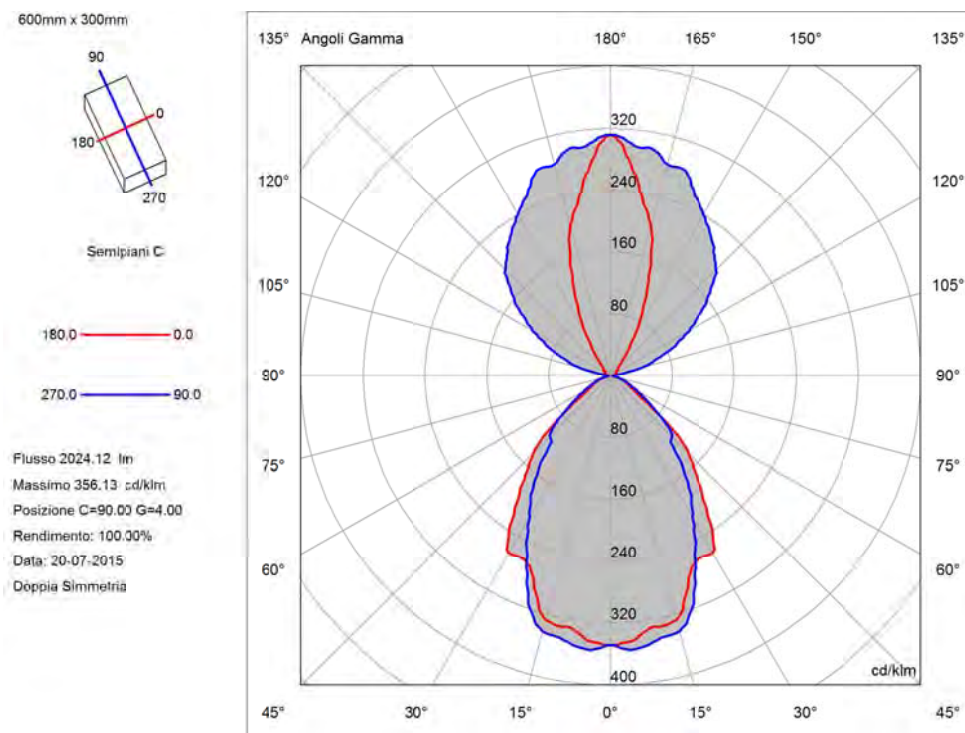


Figura 90 Indicatrici di emissione dell'apparecchio ad emissione prevalentemente diretta COELO

Il riflettore è stato progettato creando un apposito script MATLAB il cui funzionamento può essere sintetizzato nei seguenti passi:

- A partire dalle indicatrici di emissione nei 4 semi-piani principali ($C=0-180^\circ$ e $C=90^\circ-270^\circ$) assunti come riferimento, viene generata una superficie riflettente continua (NURBS) attraverso la definizione dei suoi punti di controllo
- La superficie continua viene tassellata con una struttura ad esagoni e ciascun elemento viene approssimato con un piano (approssimazione ai minimi quadrati)

⁶ Si osservi che la differenza tra i due dispositivi riguarda in primo luogo l'efficienza: il primo converte il 53% della potenza elettrica assorbita in radiazione luminosa, il secondo solo il 37%.

- Si determina la distribuzione fotometrica del riflettore così ottenuto e si variano i punti di controllo della superficie continua fino a che la cifra di merito (che esprime quanto il risultato di simulazione è vicino al riferimento) non sia minimizzata.

La valutazione della distribuzione fotometrica descritta nello schema precedente avviene tenendo conto delle reali caratteristiche riflettenti dell'alluminio (BRDF) e dell'ostruzione dovuta al sistema di dissipazione che è stato modellato come un perfetto assorbitore.

La progettazione è avvenuta in due fasi: nella prima si è partiti considerando di mantenere il dissipatore originale, producendo la tassellazione visibile alla Figura 91, nella fase successiva si è deciso di abbandonare il dissipatore originale a favore di un componente commerciale. Si osservi che le due soluzioni non differiscono soltanto per la superficie continua di partenza, ma anche per la modalità in cui la tassellazione è stata creata: nel secondo caso si è cercato di creare una maggiore "regolarità" per facilitare le successive fasi di montaggio, sacrificando leggermente la prestazione⁷.

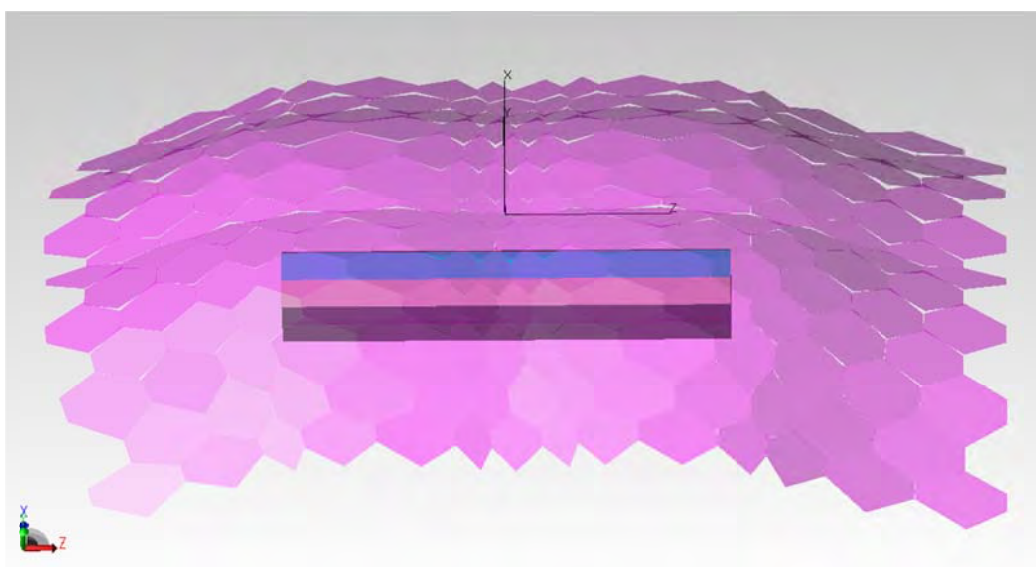


Figura 91 Prima versione del riflettore in cui si era considerato il dissipatore originale

La soluzione proposta risulta il migliore compromesso tra le seguenti esigenze:

- Minimizzare il numero di celle del riflettore (facilita la successiva applicazione del materiale riflettente).
- Contenimento delle dimensioni complessive dell'apparecchio in modo che sia possibile realizzare la struttura mediante tecniche di prototipazione rapida.
- Creazione di una struttura meccanica in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche che potrebbero verificarsi durante la fase di montaggio dell'apparecchio e successivamente di installazione e manutenzione. Questa struttura ha il compito di sostituire la coppia di componenti originariamente previste costituite da un riflettore in Alluminio imbutito e dalla cover in materiale plastico di protezione (con conseguente riduzione dei costi delle attrezzature necessarie per la sua realizzazione).
- Approssimazione della distribuzione fotometrica ottenuta mediante la superficie continua di partenza attraverso una struttura a facce piane (desiderata necessario per facilitare l'applicazione del materiale riflettente).

⁷ La forma del dissipatore originale era stata studiata tenendo in considerazione due diversi aspetti: la dissipazione termica e l'ostruzione dell'elemento alla distribuzione fotometrica prodotta dal riflettore.

Le caratteristiche del materiale riflettente da applicare alla struttura di supporto realizzata in stereolitografia, sono sintetizzate alla Figura 92: si osservi il valore molto elevato della riflettanza che lo rende adatto alla nostra applicazione.

| Characteristic | Value | Test Method |
|--|----------------------|---|
| Photopic Reflectivity | > 99% | ASTM E1164/E308 |
| Reflected Color/Shift CIE a*, b* CIE u, v | <= ± 2 <= ± 0.001 | ASTM E1164/E308 4000K LED or D65, 2° Observer |
| Bandwidth, 90% Reflectivity (0 to 80° angle of incidence) | 400 to 775 nm | 3M |
| Wavelengths Transmitted (0 to 80° angle of incidence) | > 775 nm | 3M |
| Wavelengths Absorbed | < 400 nm | 3M |
| Usage Angle | 0 to 90 degrees | 3M |

Figura 92 Caratteristiche ottiche del materiale 3M Specular Film DF2000MA

Il materiale risulta anche scarsamente selettivo in un'ampia gamma di lunghezze d'onda tra 380nm e 830nm (cfr. con la Figura 93).

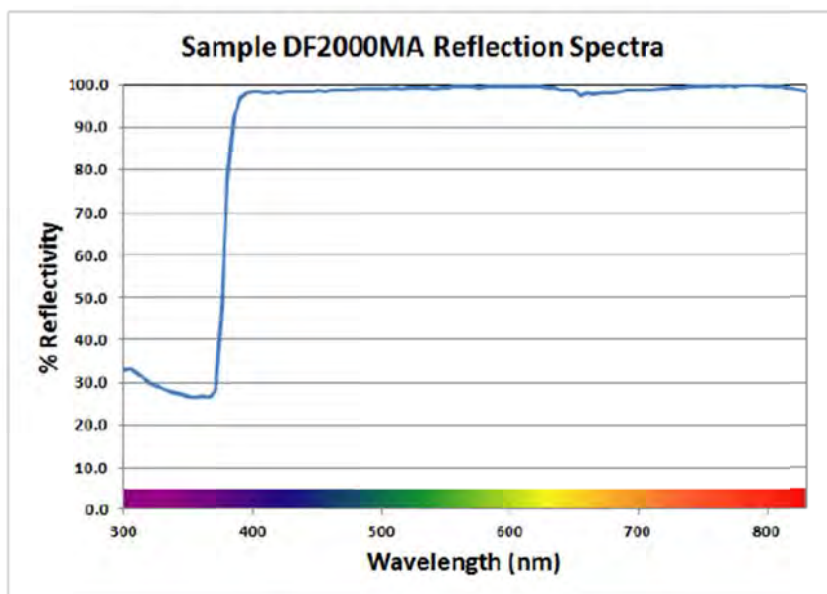


Figura 93 Caratteristiche di riflessione spettrale del materiale 3M Specular Film DF2000MA

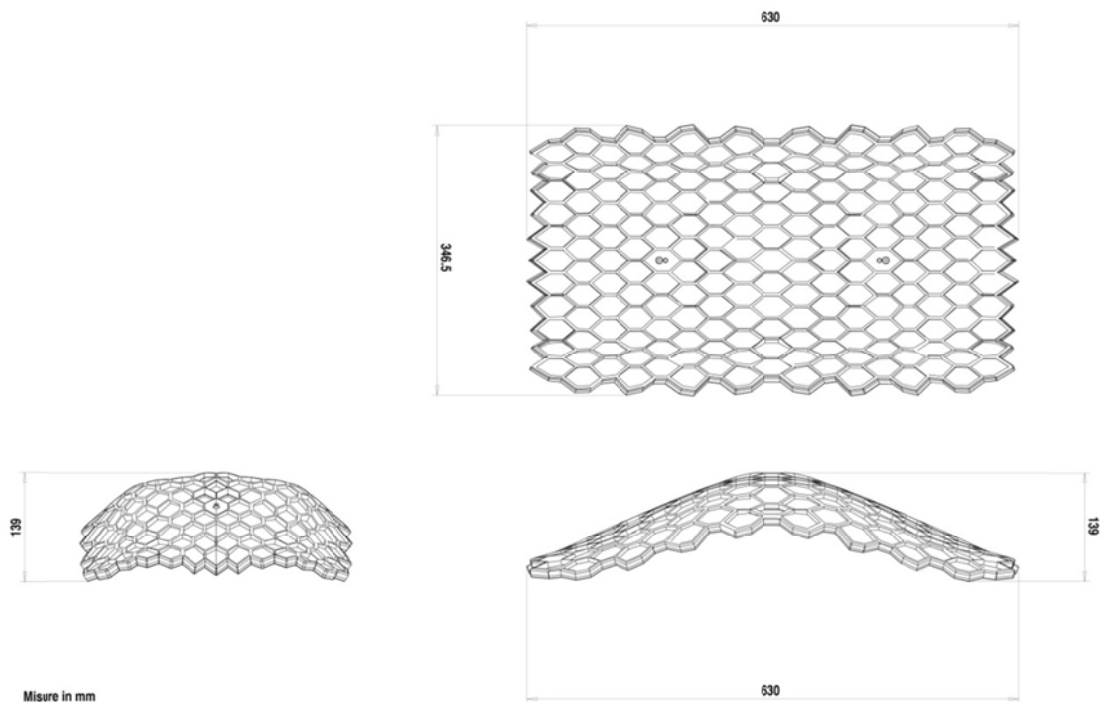


Figura 94 Dimensioni di massima del riflettore/diffusore

Il riflettore risulta costituito da una struttura leggera ma anche dal design complesso caratterizzata da diverse sfaccettature esagonali che hanno lo scopo di riflettere la luce, diffonderla, rendere l'oggetto auto-luminoso e illuminare il soffitto con un pattern di luce diffusa. Le dimensioni complessive della sola parte del riflettore per la soluzione finale proposta sono 630 x 346.5 mm comprese in un'altezza di 139 mm. Il riflettore è costituito da tre elementi principali: una struttura bianca diffondente, 182 faccette riflettenti per la luce diretta e 11 faccette trasparenti per l'illuminazione indiretta (Figura 94).

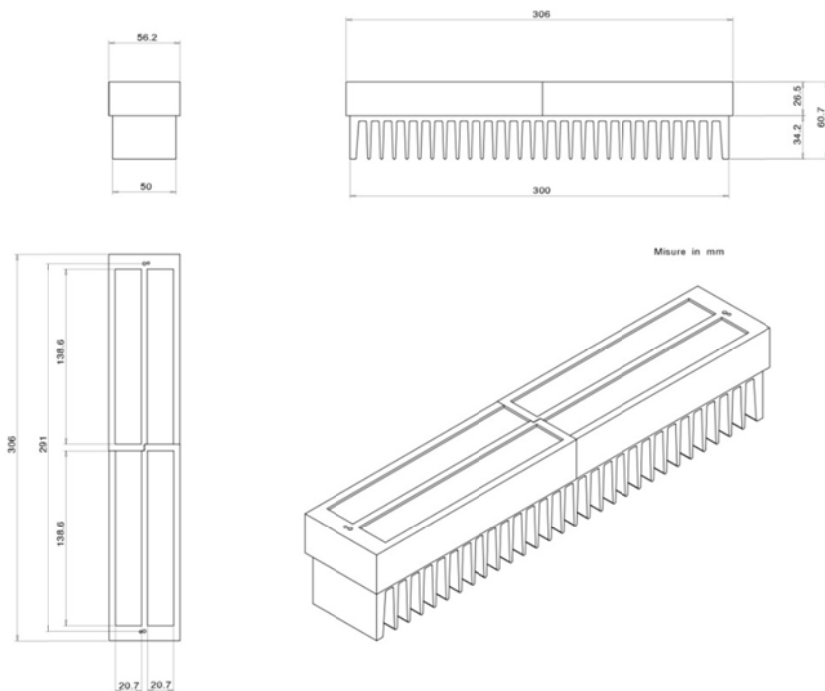


Figura 95 Dimensioni del motore luminoso a LED e fosfori remoti

Il motore luminoso è invece caratterizzato da una forma compatta e di dimensioni il più contenute possibile (306 x 56.2 x 60.7mm); ospita quattro camere di miscelazione a fosfori remoti con due temperature di

colore diverse per realizzare, tramite un'opportuna calibrazione e miscela, una dinamica del bianco da 3000K a 5000K. Il dissipatore di tipo commerciale è finalizzato alla corretta gestione termica dei 48 Luxeon Rebel RoyalBlue (Figura 95).

Le indicatrici di emissione ottenute da simulazione sw, sono quelle riportate alla Figura 90, ipotizzando l'accensione sia del canale caldo, sia di quello freddo con un flusso emesso pari a 2000 lm circa⁸: sulla base di tale distribuzione fotometrica è stata ipotizzata un'installazione in un ufficio (con postazione di lavoro con video terminale) con un solo apparecchio e per tale configurazione è stata realizzata una simulazione impiantistica in Dialux.

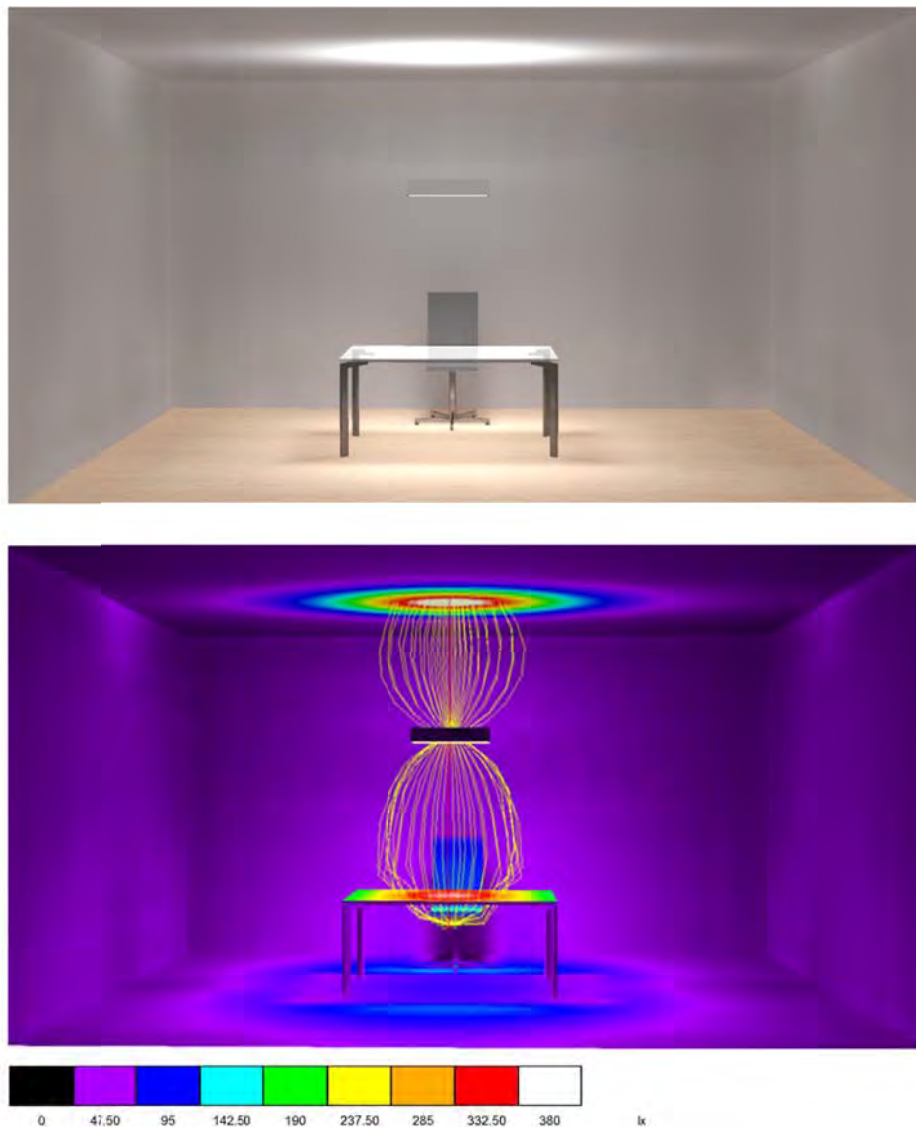


Figura 96 In alto: immagine di rendering della situazione impiantistica considerata. In basso: immagine a falsi colori dei risultati di illuminamento ottenuti.

L'ambiente è costituito da una stanza con una pianta 5.50 m x 3.40 m e un'altezza del soffitto pari a 3.0 m: l'apparecchio risulta installato ad un'altezza di 2 m dal piano del pavimento e disposto in corrispondenza del centro del piano di lavoro (si è ipotizzata una scrivania 1.60 m x 0.80 m con una altezza 0.75 m) ed è stato considerato un fattore di manutenzione dell'impianto pari a 0.8.

⁸ Si tratta di un'ipotesi conservativa per tenere conto sia delle inevitabili tolleranze e approssimazioni dovute alla costruzione del prototipo, sia per cautelarsi nei confronti delle variazioni del flusso radiante emesso dai LED (non si è potuto definire il binnig in fase di ordinazione).

I risultati illuminotecnici ottenuti sono riportati alla Figura 96, mentre il dettaglio dei valori medi di illuminamento e di uniformità sono riportati alla Figura 97; per quanto riguarda la verifica del contenimento dell’abbagliamento, sono stati considerati 5 diversi osservatori (seduti o in piedi) posti nelle immediate vicinanze della postazione di lavoro e per ciascuno di essi si è verificato il rispetto dei limiti (valore indice UGR) imposti dalla norma UNI EN 12464-01.

L’apparecchio garantisce un livello medio di illuminamento pari a 280 lux con una uniformità di $E_{min}/E_{medio}=0.6$ sul compito visivo e un livello medio di 140 lux sulla zona circostante, con un valore di uniformità pari a $E_{min}/E_{medio}= 0.45$.

L’emissione indiretta contribuisce ad evitare l’effetto caverna, dovuto alla scarsa illuminazione delle pareti (al di sopra del piano degli apparecchi) e del soffitto che altrimenti sarebbero raggiunti solo dal flusso luminoso dovuto alle inter-riflessioni delle superfici dell’ambiente e degli arredi.

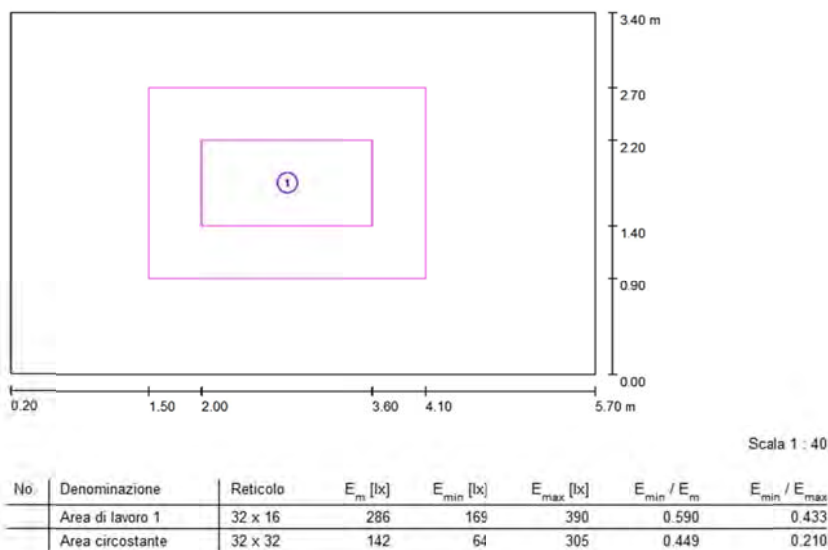


Figura 97 Risultati illuminotecnici sul compito visivo (area di lavoro) e sull’area circostante

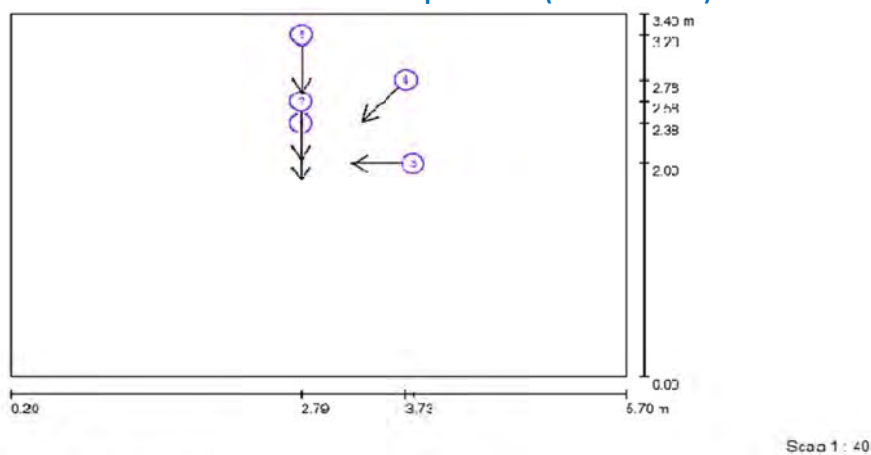


Figura 98 Valutazione dell’abbagliamento mediante indice UGR per 5 posizioni dell’osservatore mostrate nella parte superiore della figura

11.4 Funzionalità: caratteristiche termiche

Il dissipatore selezionato ricorda, come ingombri di massima, il dissipatore del progetto originale e presenta prestazioni termiche simili. Il modello in commercio selezionato di produzione Fisher Elektronik è il dissipatore SK 501 SK 56 anodizzato nero, di dimensioni 300 x 50 x 40 mm e dal peso contenuto (in rapporto al valore della resistenza termica) con uno spessore del piano per il montaggio dei LED pari a 10 mm. La sua resistenza termica R_{th} è 0.5 K/W (Figura 99). Diversamente dal componente originariamente progettato, presenta le alette in direzione ortogonale rispetto al lato lungo dell'apparecchio e non ha una forma affusolata e studiata per permettere al flusso d'aria di lambirne le pareti e raggiungere il piano delle sorgenti LED da dissipare.

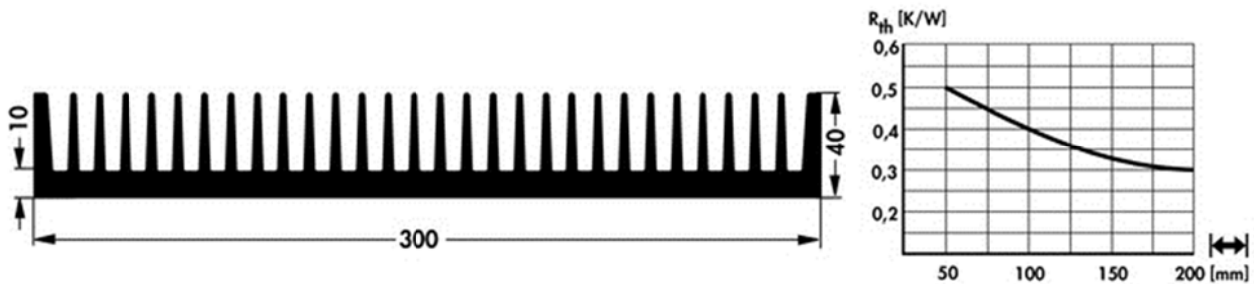


Figura 99 A sinistra sono riportate le dimensioni del dissipatore, mentre a destra il valore della resistenza termica è riportato a destra in funzione della larghezza del dispositivo

Il dissipatore consente temperature di giunzione inferiori a 80°C con correnti di alimentazione dei LED fino a 700 mA e considerando 48 LED accesi⁹: tuttavia il valore massimo di corrente per ciascun LED dovrà essere limitato a 650 mA, in modo da evitare il superamento della densità di flusso di 45 lm/cm², ammessa per i fosfori remoti depositi su PC¹⁰.

L'interfaccia termica tra MCPCB e il dissipatore è costituita da un materiale termo-conduttivo bi-adesivo di produzione BERGQUIST, Bond-Ply 100, con un valore di conducibilità termica pari a 0.8 (W/m-K).

11.5 Funzionalità: caratteristiche elettriche

Il sistema prototipato prevede l'impiego di un alimentatore a corrente costante modello ELDOLED PWR 106A1 per l'alimentazione del canale warm e cold dell'apparecchio.

La Figura 100 mostra le caratteristiche elettriche di ingresso dell'alimentatore scelto: di particolare interesse il valore di efficienza 90% a pieno carico e migliore del 87% al 50% del massimo carico consentito.

| Input characteristics | |
|-----------------------|---|
| Input voltage AC | 120-250V (ENEC approved) 120-277V (UL approved) |
| Input voltage DC | 120-275V |
| Input current | 1.05A max @ 120V/60Hz 0.5A max @ 230V/50Hz 0.45A max @ 277V/60Hz |
| Input frequency | 50-60Hz |
| Efficiency | 90% @ full load, ≥87% above 50% load |
| Power factor | >0.94 |
| THD | <10% |
| Inrush current | 35A 240µs @ 120V/60Hz 67A 240µs @ 230V/50Hz 75A 240µs @ 277V/60Hz |
| Surge protection | 3kV (L to N), 4kV (L/N to GND) |
| Standby power | <0.5W |

Figura 100 Caratteristiche elettriche di ingresso dell'alimentatore

⁹ La situazione è estrema e corrisponde al caso in cui entrambi i canali siano attivi a 100%, dopo aver settato una corrente di 700 mA sul driver. Questa condizione non è prevista nel normale funzionamento dell'apparecchio

¹⁰ In questo modo si garantisce che la massima temperatura di esercizio del fosforo remoto sia inferiore a 90°C

Per quanto riguarda le caratteristiche di uscita (Figura 101), il sistema dispone di 4 canali indipendenti con corrente selezionabile in un intervallo compreso tra 200 mA e 1050 mA con passo di 50 mA; la massima tensione di uscita per ciascun canale è di 57 V sufficiente a pilotare un massimo di 17-18 LED per ciascun canale (supponendo che ciascun LED abbia un $V_{f-typ} = 3.03 \text{ V@ } 350 \text{ mA e } T_j = 25^\circ\text{C}$).

Considerando che ciascun canale dell'apparecchio (warm –cold) è composto da 24 LED Luxeon Rebel Royal Blue, occorrerà suddividere i LED, che realizzano la medesima temperatura di colore, su due differenti canali dell'alimentatore.

| Output characteristics | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| LED output power | 100W max |
| LED output current range | 200-1,050mA (settable per output) |
| LED output current resolution | 50mA |
| LED output current tolerance | +/- 5% |
| LED outputs | 4 (UL Class 2) |
| LED output voltage range | 2-57V |
| Control channels | 4 |

Figura 101 Caratteristiche di uscita dell'alimentatore selezionato

L'alimentatore dispone di diverse interfacce per la regolazione della corrente di uscita:

- DALI
- DMX in
- LedSync out
- Ext in: regolazione 1-10V mediante potenziometro da 10 K Ω , oppure interfacciamento con sensori (per esempio PIR, orologi astronomici, ecc).

Il supporto di diversi protocolli consente di poter utilizzare l'apparecchio con diversi sistemi di controllo e gestione, oltre a quello implementato nel progetto.

I LED impiegati nel progetto sono i REBEL Royal Blue LXML-PR01-0425 (Figura 100), che emettono 740 mW quando alimentati alla corrente di 700 mA e temperatura di giunzione pari a 25°C.

| Color | Part Number | Performance at Test Current | | Typical Performance at Indicated Current | |
|------------|----------------|--|-------------------|--|--------------------|
| | | Min. Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_v^{(1)}$ | Test Current (mA) | Typ. Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_v^{(2)}$ | Drive Current (mA) |
| Royal-Blue | LXML-PR01-0350 | 350 mW | 350 | 625 mW | 700 |
| | LXML-PR01-0425 | 425 mW | 350 | 740 mW | 700 |
| | LXML-PR01-0500 | 500 mW | 350 | 875 mW | 700 |

Figura 102 Caratteristiche di emissione dei LED LUXEON REBEL per due diverse correnti di alimentazione

L'alimentatore risulta collegato, tramite interfaccia DMX, al modulo di trasmissione e gestione (XBee) che realizza le seguenti funzioni:

- accensione/spegnimento dell'apparecchio,
- dimming,
- determinazione della temperatura correlata di colore, mediante regolazione della corrente di alimentazione dei LED su ciascun canale.

11.6 Prototipazione: caratteristiche di realizzazione, componenti e assembling

Il prototipo COELO è costituito da quattro parti fondamentali procedendo dall'alto verso il basso:

- box per gli ausiliari elettrici con montaggio a soffitto;
- struttura di riflessione e diffusione della luce diretta e indiretta;
- motore luminoso a fosfori remoti a luce dinamica 3000K-5000K;
- piattaforma di gestione e controllo.

Il box degli ausiliari elettrici è realizzato in legno e ospita al suo interno l'alimentatore e il sistema di connessione e controllo costituito da Arduino e dalla shield XBee. Il box degli ausiliari elettrici, montato a soffitto, è collegato al sistema di illuminazione tramite cavetti di acciaio.



Figura 103 Esploso degli ausiliari elettrici con montaggio a soffitto

Il sistema di riflessione e diffusione della luce diretta e indiretta è costituito da una struttura monoblocco realizzata in prototipazione rapida mediante stereolitografia in PA bianco. Al suo interno sono alloggiati 11 faccette esagonali in PMMA trasparente realizzate mediante taglio laser. Tali faccette possono essere lavorate mediante tagli ed effetti di engrave per poter ottenere effetti di luce e ombra particolari sul soffitto (Figura 104). La struttura di riflessione e diffusione della luce diretta e indiretta e il motore luminoso sono collegati mediante un perno passante.

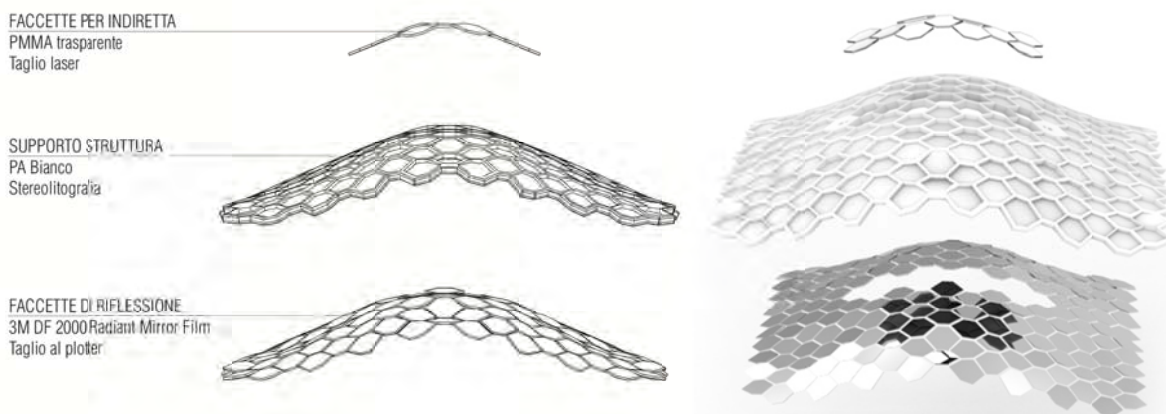


Figura 104 Esploso del sistema di riflessione e diffusione della luce diretta e indiretta

Il motore luminoso a fosfori remoti a luce dinamica è caratterizzato da funzioni ottiche e termiche. La base è costituita da un dissipatore commerciale su cui sono montati gli involucri in PLA stampati in prototipazione rapida FDM che realizzano le camere per la corretta miscelazione della luce. Le quattro camere di miscelazione sono ricoperte di un materiale altamente diffondente (MCPET di Furukawa) realizzato tramite fustellatura e taglio laser, e ospitano i 48 LED Luxeon Rebel LXML – PR01-0425 (12 per ogni camera). La parte superiore del motore luminoso ospita i fosfori remoti in due temperature di colore diverse: 3000K e 5000K.

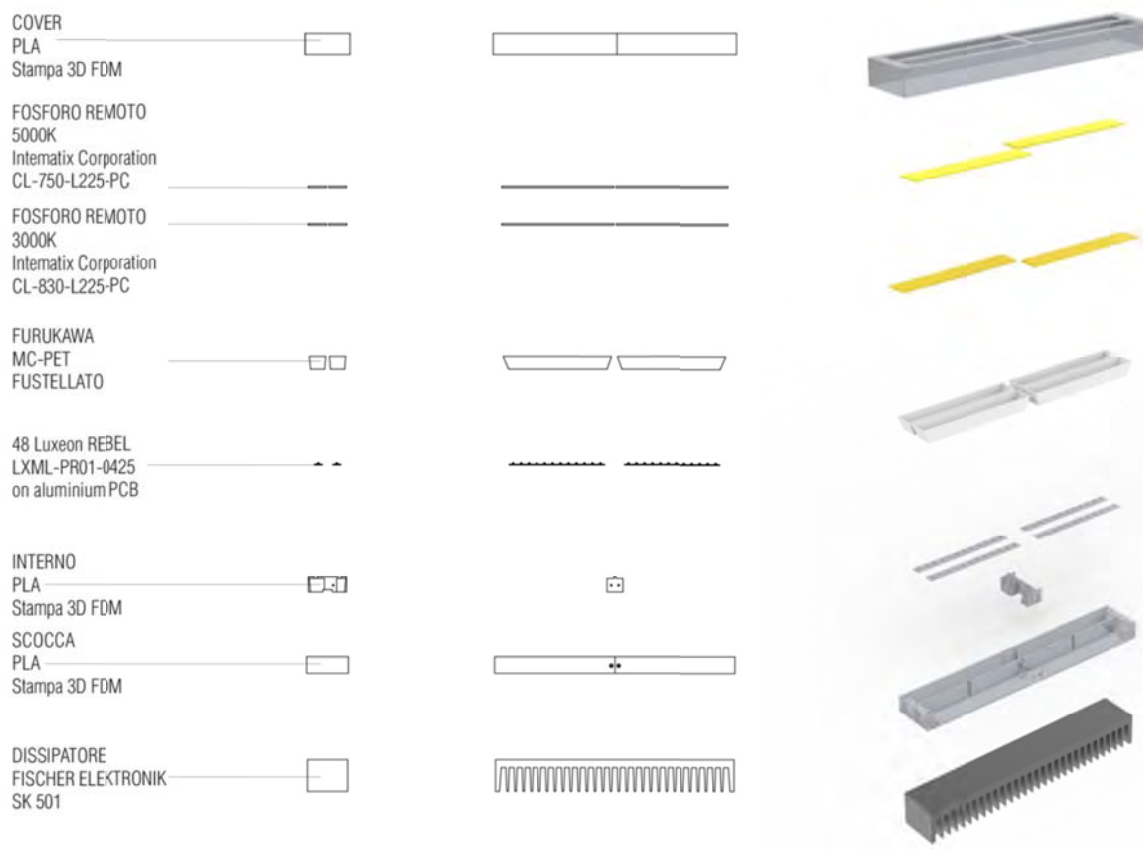


Figura 105 Esploso del motore luminoso del sistema di illuminazione COELO

11.7 Controllo e gestione

Il sistema di controllo e gestione è costituito da un trasmettitore e da un ricevitore XBee che consentono di accendere e spegnere l'apparecchio, regolarne il flusso emesso e la temperatura di colore tra 3000K e 5000K.

Il sistema realizzato implementa un controllo completamente manuale, senza la possibilità di scene predefinite: l'idea alla base del sistema è che sia utilizzato per monitorare il legame tra preferenze dell'utente e consumi elettrici al variare del compito visivo o dell'attività svolta.

Lo scopo del progetto è quello di realizzare una postazione di lavoro in cui i parametri di illuminamento e temperatura di colore siano facilmente controllabili dall'utente al fine di creare un ambiente controllato e monitorabile di studio.

I requisiti del progetto del sistema di gestione possono essere riassunti nei seguenti punti:

- Economico,
- altamente personalizzabile, sia dal punto di vista hardware, sia da quello software: le funzioni devono poter essere modificate in modo semplice per adattarsi al protocollo di studio,
- le componenti hardware dovrebbero essere disponibili sul mercato come elementi "pronti all'uso" e il ricorso a parti appositamente progettate dovrebbe essere ridotto al minimo (riduzione costi e rapidità nel costruire elementi complessi),
- espandibile nelle funzioni, senza la necessità di riprogetto dell'intero sistema: funzioni avanzate o personalizzazioni per casi studio particolari potrebbero essere aggiunte in futuro con costi contenuti.

Per tali motivi, è stata scelta una piattaforma di prototipazione rapida Open source (Arduino) sia per la parte trasmittente a cui sono stati affiancati degli shield per la gestione delle interfacce (display), della comunicazione XBee e DMX.

Il sistema di controllo posizionato sul piano di lavoro con una forma che richiama le sfaccettature del COELO integra al suo interno queste componenti e consente di modificare l'illuminazione manualmente agendo sia sull'intensità dell'illuminazione, utilizzando una scala tra 0 e 100, che sulla temperatura correlata di colore, modificando tale parametro tra 3000K e 5000K. I parametri possono essere modificati agendo sugli slider posizionati sulla sinistra dell'interfaccia. Il display ha lo scopo di informare in tempo reale l'utente dell'impostazione inserita. L'inclinazione del sistema di controllo favorisce il suo uso in maniera più ergonomica.

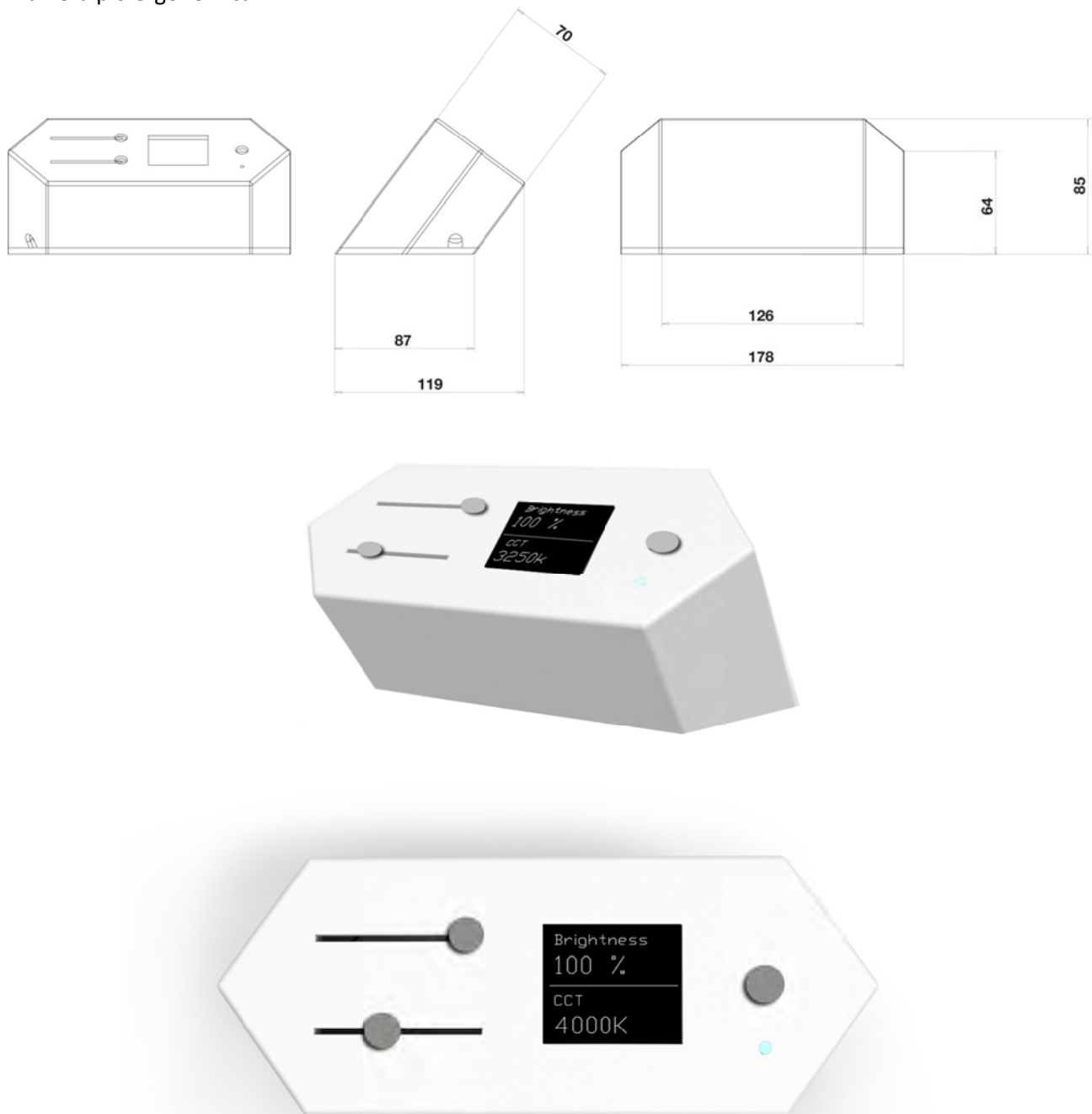


Figura 106 Sistema di controllo per l'apparecchio di illuminazione COELO

L'interfaccia presenta elevata semplicità di utilizzo mediante comandi facilmente comprensibili e posizionati geometricamente in corrispondenza dei feedback visivi. Al contempo il linguaggio utilizzato si relaziona ad utenti mediamente esperti, ovvero che siano a conoscenza di alcune caratteristiche della luce, per poter comprendere ed utilizzare il sistema in modo adeguato e consapevole.

12 Attività B2: Prototipo di illuminazione Asterism

Attività B2: Fase di valutazione di soluzioni di illuminazione alternative alla precedente che sfruttino diverse tecnologie di controllo della distribuzione luminosa delle sorgenti LED.

12.1 Design: concept e moodboard

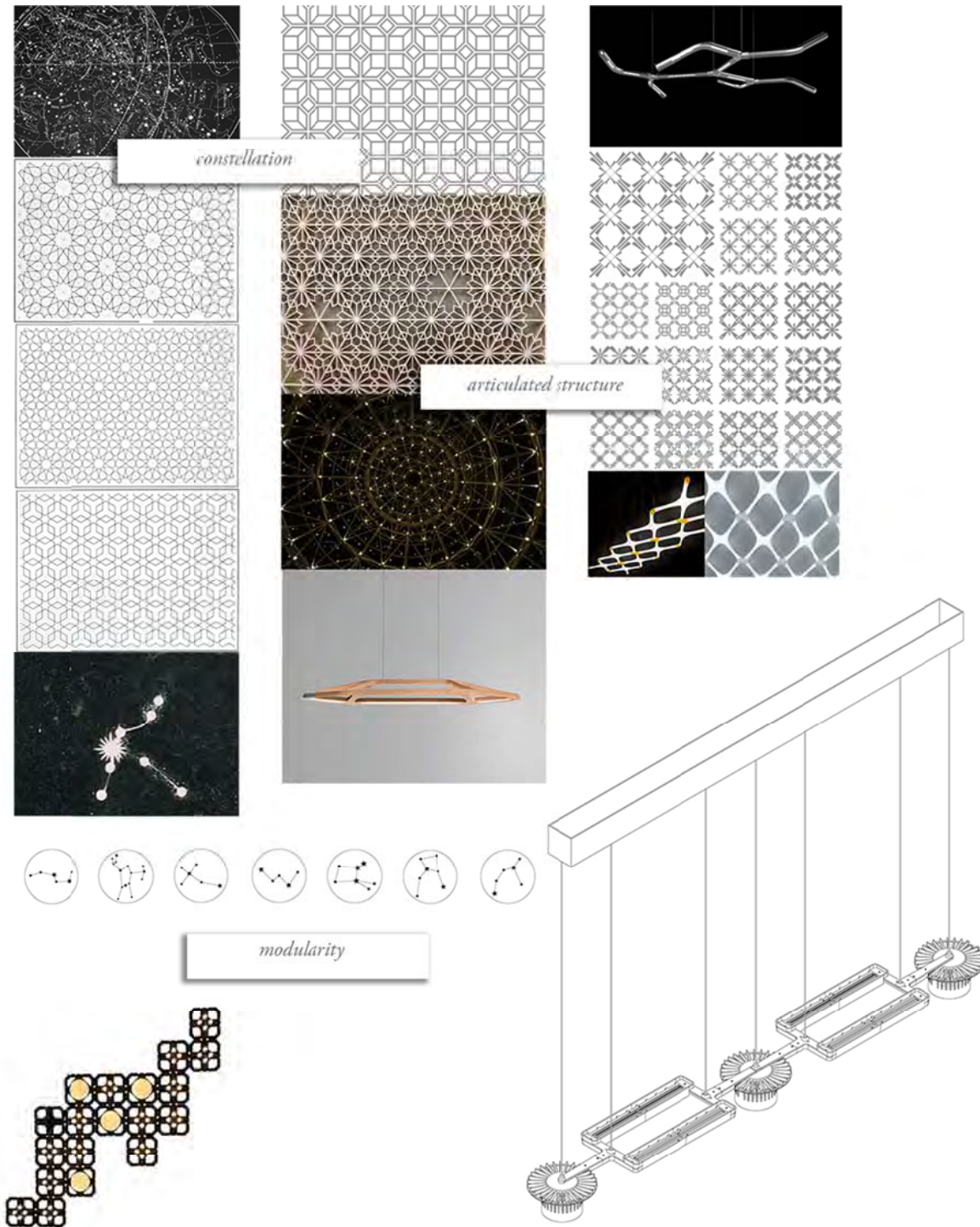


Figura 107 Moodboard di ispirazione del sistema di illuminazione Asterism

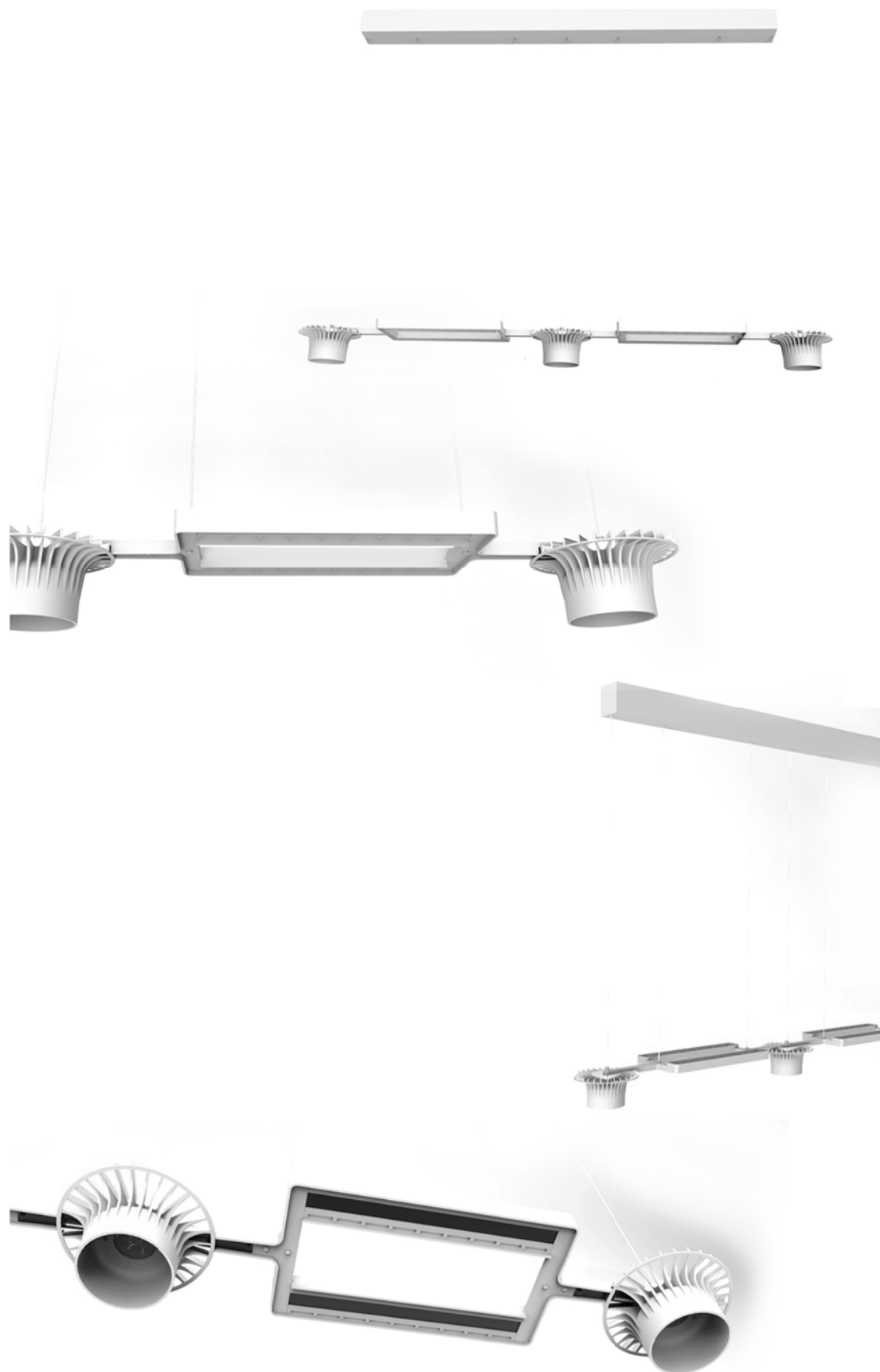


Figura 108 Visualizzazione del sistema Asterism (IT) con materiale plastico e colori neutri (bianco/grigio matte)

L'apparecchio è stato progettato pensando ad un sistema destrutturato e capace di evolversi in diverse forme e configurazioni. A differenza di un sistema di illuminazione monoblocco si è progettato un sistema costituito da diversi moduli funzionali che garantiscano la massima flessibilità di installazione, composizione e utilizzo: Asterism è stato concepito in modo da includere diverse possibilità di controllo e di variazione luminosa in un unico sistema di illuminazione da ufficio. Il concetto di modularità garantisce la possibilità di ottenere configurazioni diverse adattabili alle diverse possibili configurazioni delle postazioni e dei luoghi di lavoro.

Il sistema è articolato con una struttura portante a cui sono connessi i sistemi di illuminazione diretta e indiretta come una costellazione di elementi luminosi le cui caratteristiche sono gestibili separatamente e dunque in grado di soddisfare diversi scenari di illuminazione. In particolare, il sistema base pensato per la scrivania multifunzionale di un ufficio è costituito da:

- tre moduli per illuminazione diretta (down-light);
- quattro moduli per illuminazione indiretta (up-light);
- connessioni meccaniche di raccordo e giunzione dei diversi moduli tra loro;
- il blocco degli ausiliari elettrici montato a soffitto e connesso tramite cavi di acciaio al resto del sistema.

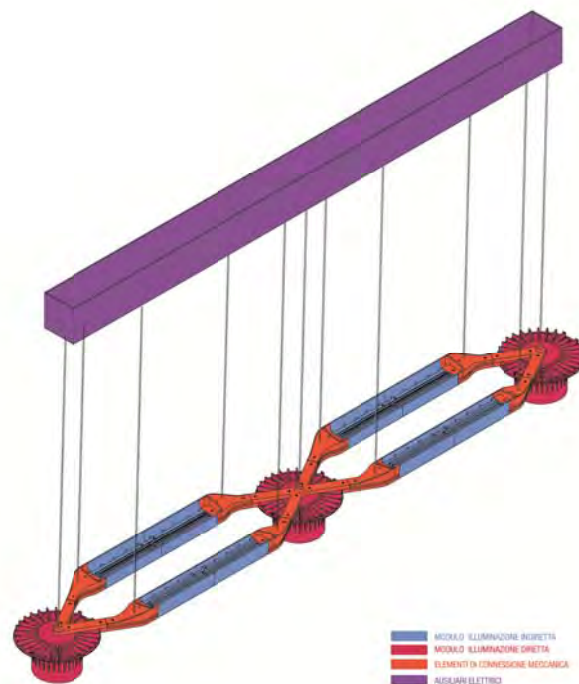


Figura 109 Elementi funzionali che costituiscono il sistema di illuminazione Asterism

L'idea di modularità dei sistemi di illuminazione diretta e indiretta è stata pensata al fine di poter consentire la configurazione del sistema di illuminazione in modo diverso rispetto a quello proposto, che è ottimizzato per una postazione di lavoro multifunzionale per una singola persona o più persone insieme (Figura 110).

Ulteriori configurazioni, che assolvano diverse funzioni d'uso, situazioni ambientali ed architettoniche, diversa geometria e collocazione delle postazioni di lavoro, possono essere facilmente ottenute montando il sistema in modo diverso oppure modificando esclusivamente il sistema di connessione (Figura 111).

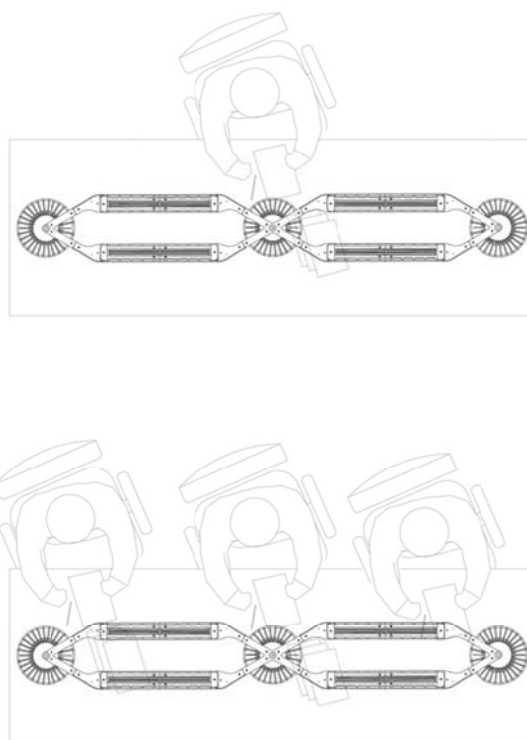


Figura 110 Configurazione ufficio multifunzionale con postazione di lavoro singola (in alto) o di tre soggetti (in basso)

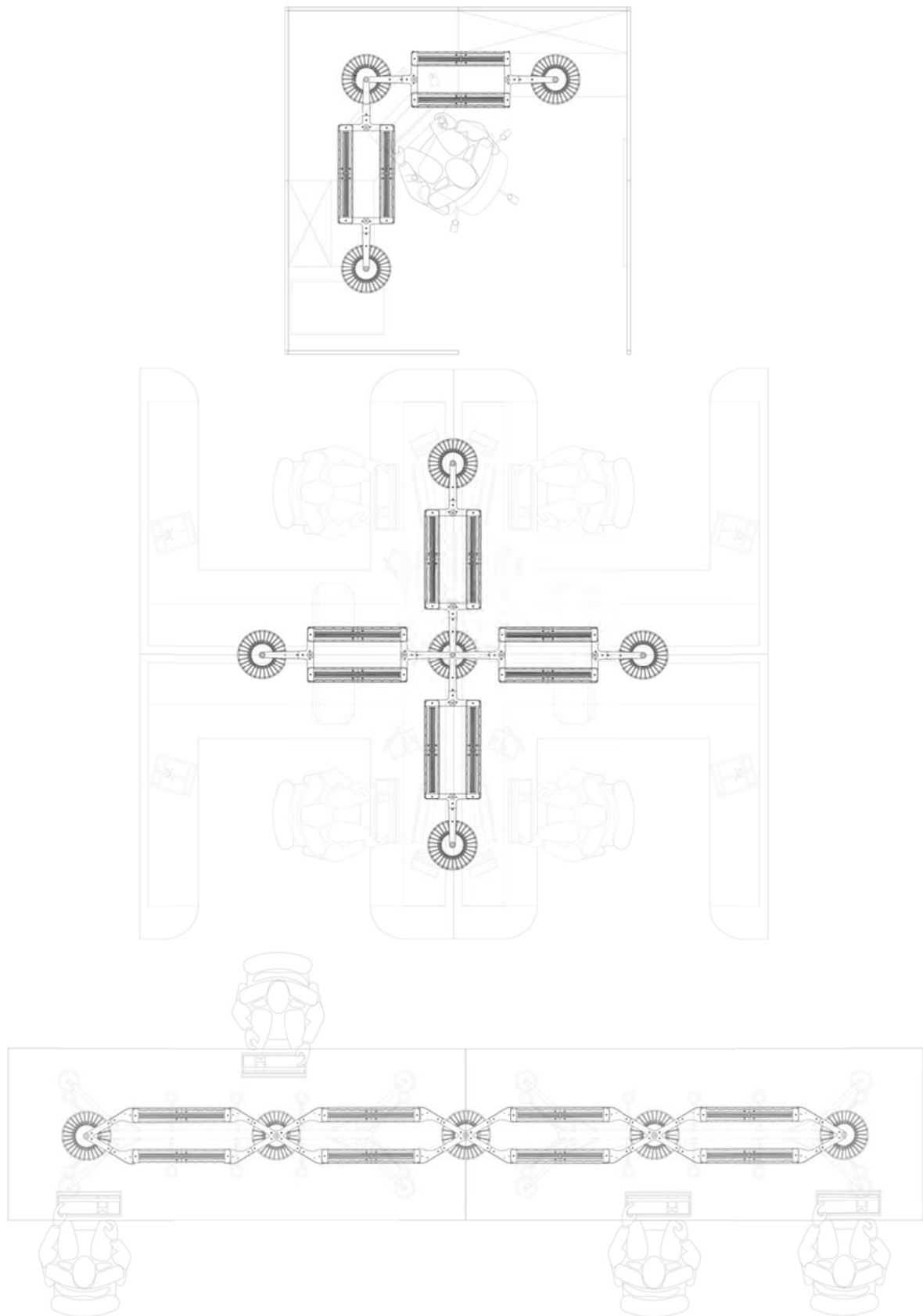


Figura 111 Configurazioni alternative in base a diverse applicazioni, postazioni di lavoro, situazioni d'uso

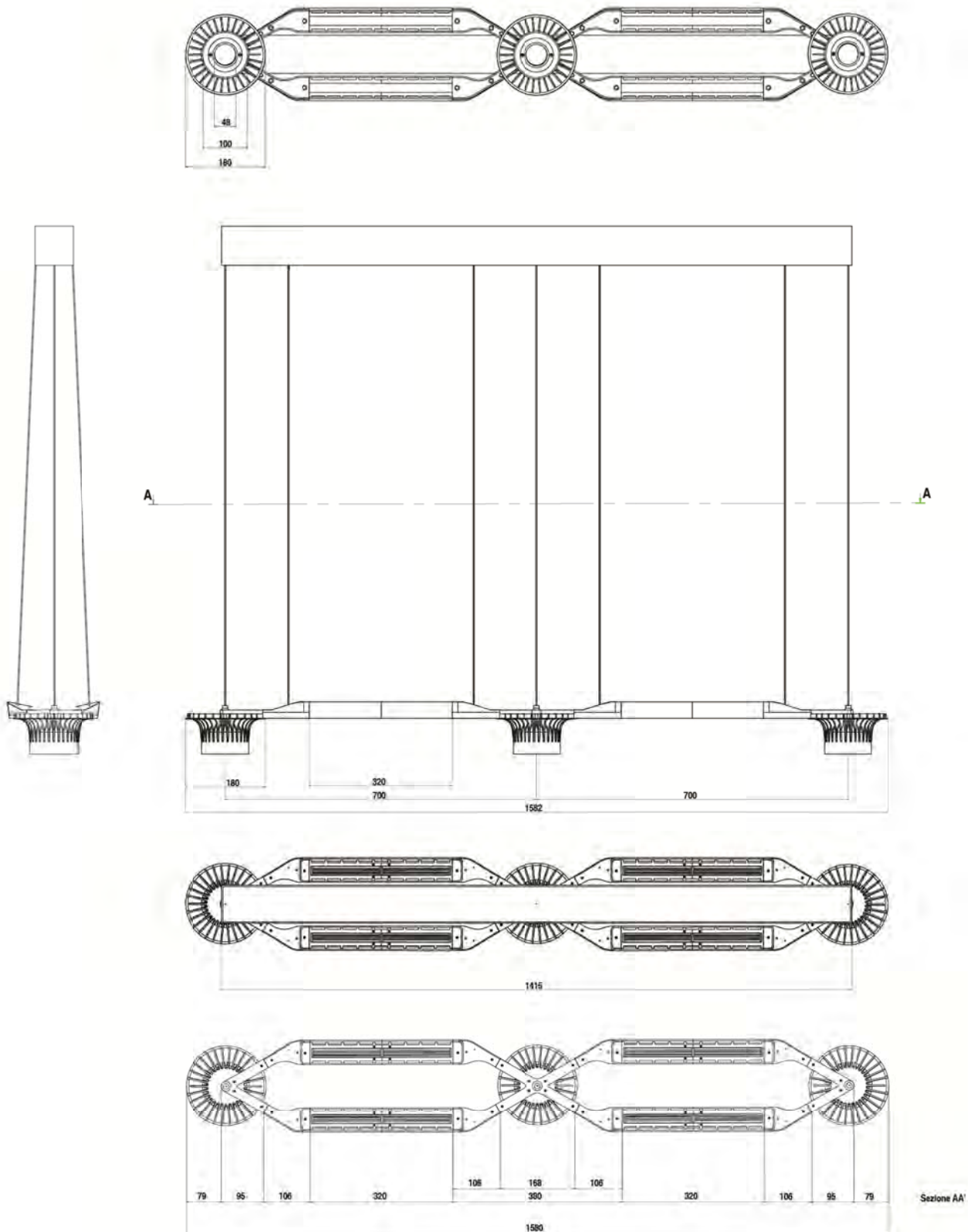


Figura 112 Viste del sistema Asterism (XV). Misure in mm. Disegno fuori scala

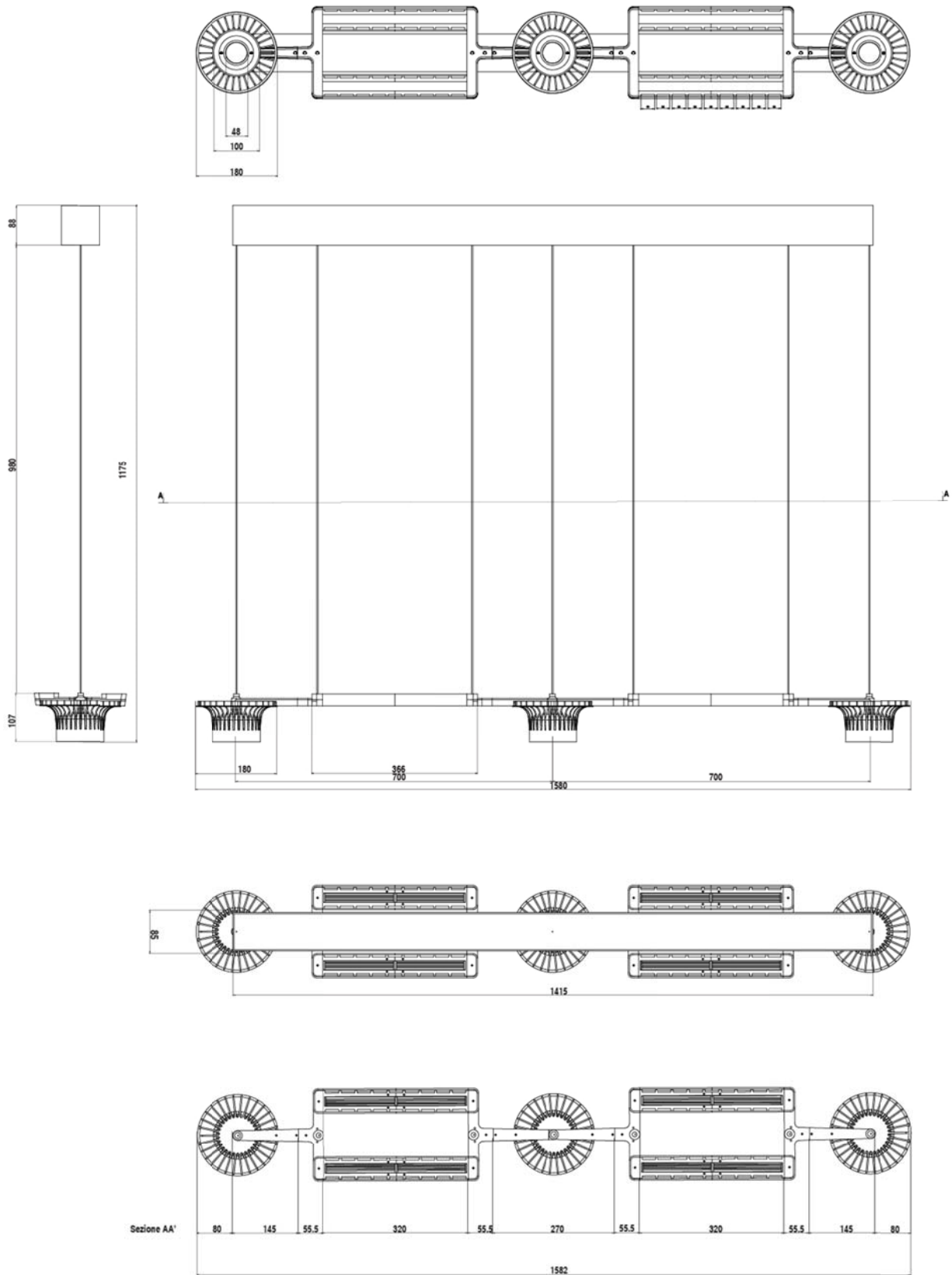


Figura 113 Viste e prospetti sistema di illuminazione Asterism (IT). Misure in mm. Disegni fuori scala

Il sistema Asterism può essere pensato personalizzabile con diversi colori e finiture, in relazione al contesto ufficio in cui venga inserito e installato e in base alle preferenze materiche e cromatiche. In particolare, si propongono tre esempi di diversi colori e finiture:

- un sistema neutro, realizzato in materiale plastico dai toni neutri e chiari con una finitura opaca e satinata;
- un sistema dai colori saturi che evidenzia le parti di connessione e l'elemento di illuminazione diretta con un colore acceso modificabile in base al contesto;
- un sistema dai colori chiari ispirati alla natura, con finiture lignee per quanto riguarda l'alloggiamento degli ausiliari elettrici e l'elemento di illuminazione diretta.

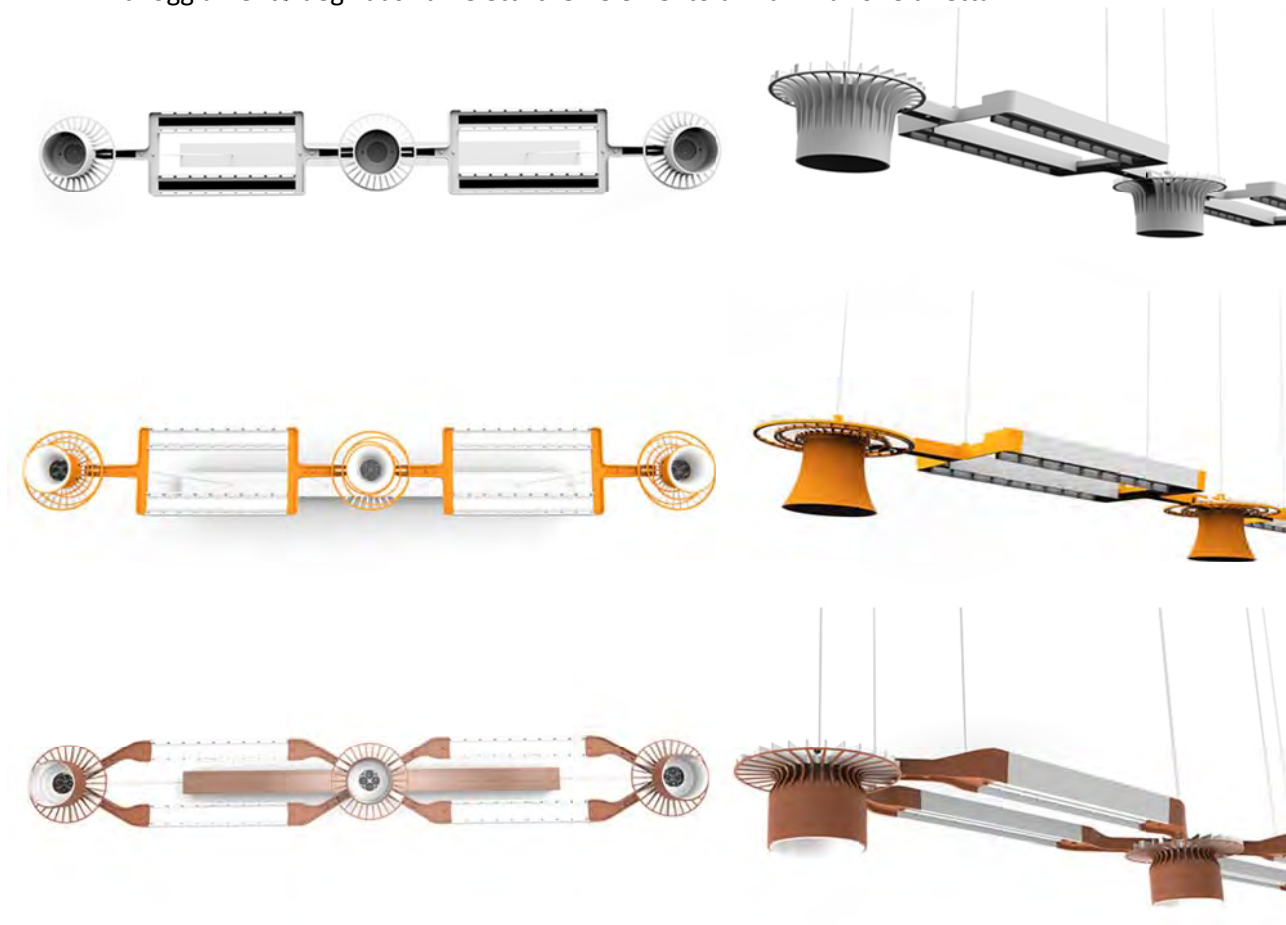


Figura 114 Customizzazione con diversi colori, materiali e finiture superficiali dei vari moduli

12.2 Illuminazione: caratteristiche fotometriche e ottiche

L'apparecchio si compone di una emissione diretta, realizzata tramite tre spot con apertura del fascio pari a $2 \times 22^\circ$ e da una componente indiretta: entrambe le distribuzioni fotometriche sono a temperatura di colore variabile tra 3000K e 6500K.

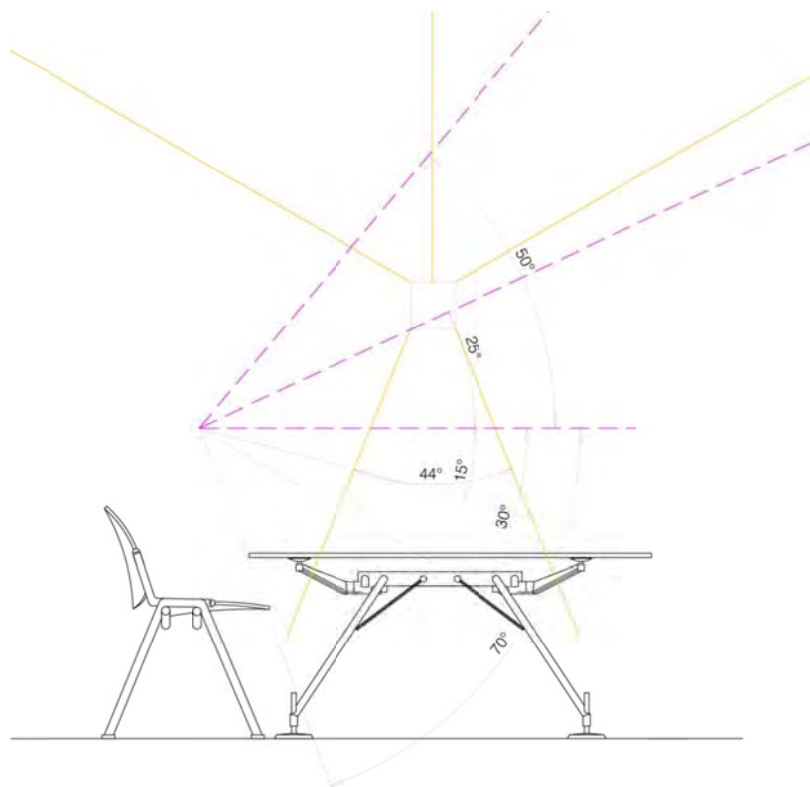


Figura 115 Dimensionamento del sistema di illuminazione Asterism diretta e indirizzato in relazione all'altezza di installazione e al posizionamento rispetto al punto di vista dell'osservatore

Dopo un'attenta analisi e ricerca sia delle possibili soluzioni disponibili sul mercato sia delle possibilità di prototipazione del sistema di illuminazione precedentemente descritto, si è deciso di utilizzare dei sistemi già commercialmente disponibili, previo test per validarne le caratteristiche e prestazioni, in modo da ridurre i costi di sviluppo del prototipo e da ottenere un risultato di illuminazione validato dopo pochi cicli di progetto e prototipazione. Queste considerazioni valgono soprattutto per quanto concerne le soluzioni ottiche che, dovendo miscelare LED Die a diverse temperature di colore, dovevano garantire una buona uniformità cromatica sul piano di lavoro.

Preliminarmente si è vagliata l'opportunità di realizzare delle ottiche custom tramite sistemi di prototipazione rapida (Figura 116) ad oggi disponibili per realizzare pre-serie o edizioni di prova e/o limitate a costi relativamente accessibili. Tuttavia si è scelto di procedere con ottiche disponibili sul mercato e rimandare questo studio, sicuramente interessante per le potenzialità applicative, di ricerca e sperimentazione, ad una ricerca focalizzata su questo specifico tema.



Figura 116 Prototipazione rapida di sistemi ottici

In particolare è stata valutata la possibilità di realizzare una lente proprietaria per l'illuminazione indiretta e una per quella diretta.

Per quanto riguarda la componente indiretta, sono stati analizzati due differenti casi: emissione simmetrica ed emissione asimmetrica, ma in entrambi i casi la miscelazione tra i flussi di LED a diversa temperatura di colore si è supposto avvenisse a una certa distanza dall'emettitore (assunta pari a quella tra la sospensione e il soffitto).

Per quanto riguarda l'emissione diretta, la miscelazione tra le differenti temperature di colore avviene sfruttando un meccanismo di doppia riflessione interna totale (TIR) e un LED con due o quattro giunzioni con differenti temperature di colore inserite nello stesso package. In questo caso il sistema ottico sarebbe composto da un collimatore e da un diffusore olografico che realizzerebbe l'apertura del fascio desiderata. Nel secondo schema il LED utilizzato ha una sola temperatura di giunzione e si compone di un collimatore e di un diffusore prismatico che realizza l'apertura del fascio desiderata (le distribuzioni isolux sul piano di lavoro sono approssimativamente quadrate).

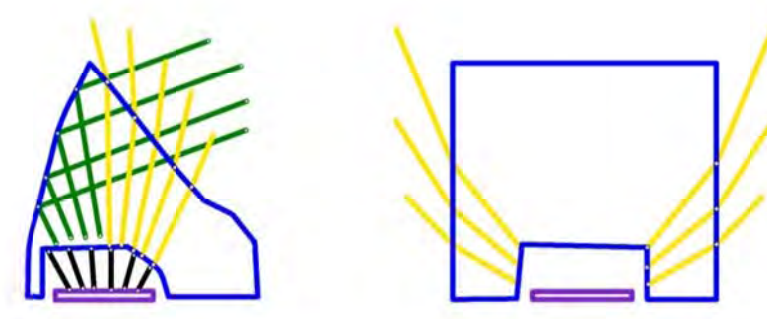


Figura 117 Schema di principio per lente illuminazione indiretta (asimmetrica)

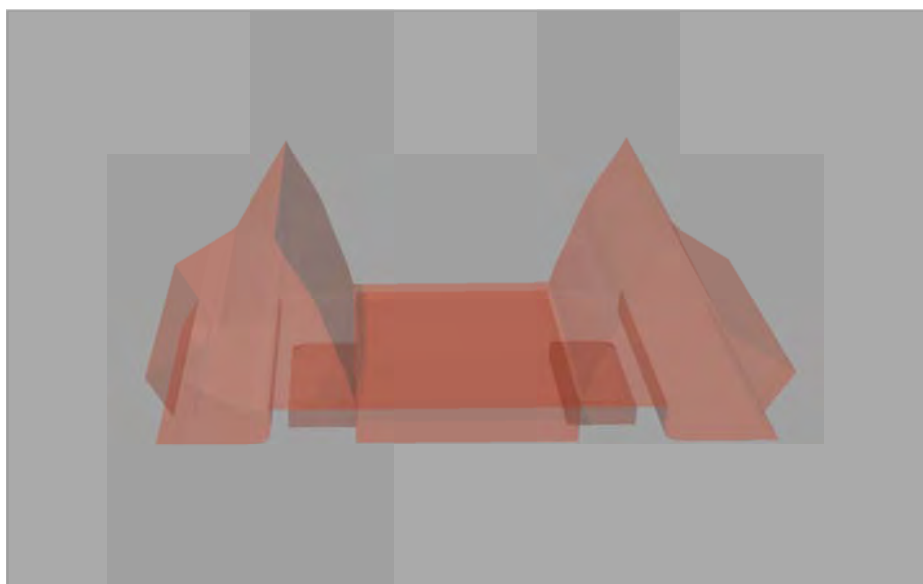


Figura 118 Schema di principio per lente illuminazione indiretta simmetrica (doppia)

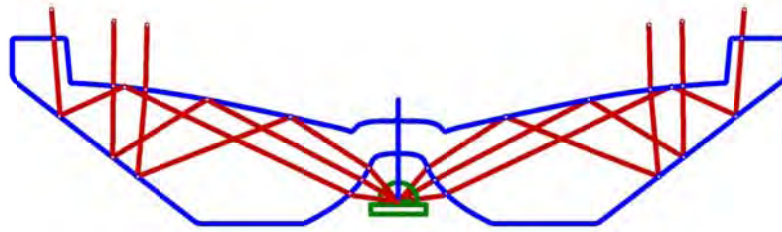


Figura 119 Schema di principio collimatore e miscelatore per illuminazione diretta (sistema a temperatura colore variabile)

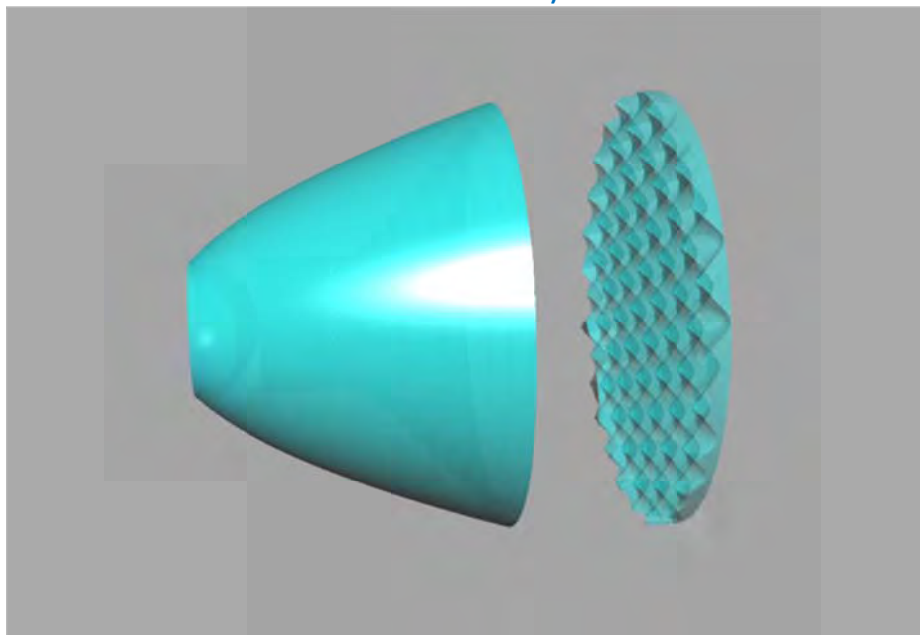


Figura 120 Schema di principio per un collimatore e diffusore per LED bianco per illuminazione diretta sulla task light

Prima di procedere alla fase di progettazione si è passati attraverso la selezione di ottiche utili alla miscelazione e distribuzione luminosa corretta e attraverso una serie di prototipi di studio funzionali alla sperimentazione delle caratteristiche fotometriche e ottiche richieste e desiderate.

12.2.1 Modulo di illuminazione diretta

La progettazione del sistema di illuminazione diretta si è concentrata sulla corretta distribuzione e miscelazione della luce tramite un prototipo di studio realizzato con componenti disponibili sul mercato (LED e PCB, Ottica e dissipatore) e diverse componenti realizzate attraverso prototipazione rapida mediante stampa FDM (sistema ottico di cut-off) (Figura 121).

Il prototipo è stato utilizzato per effettuare delle misure fotometriche per ottenere informazioni sull'apertura del fascio e quindi sulla distribuzione del solido fotometrico a diverse temperature di colore (calda e fredda). Al contempo è stata fatta una valutazione empirica sul grado di miscelazione della lente nelle varie temperature di colore. Inoltre si è valutato anche l'effetto di abbagliamento dovuto alla visione diretta della sola lente nel campo visivo di un operatore. Per questo motivo si è visto necessario procedere alla progettazione e verifica di un sistema ottico dark light, finalizzato ad ottenere una schermatura geometrica della sorgente che non fosse visibile dall'osservatore, e realizzasse il corretto cut-off derivato dall'apertura del fascio della lente utilizzata con la massima efficienza (Figura 122 - Figura 115).

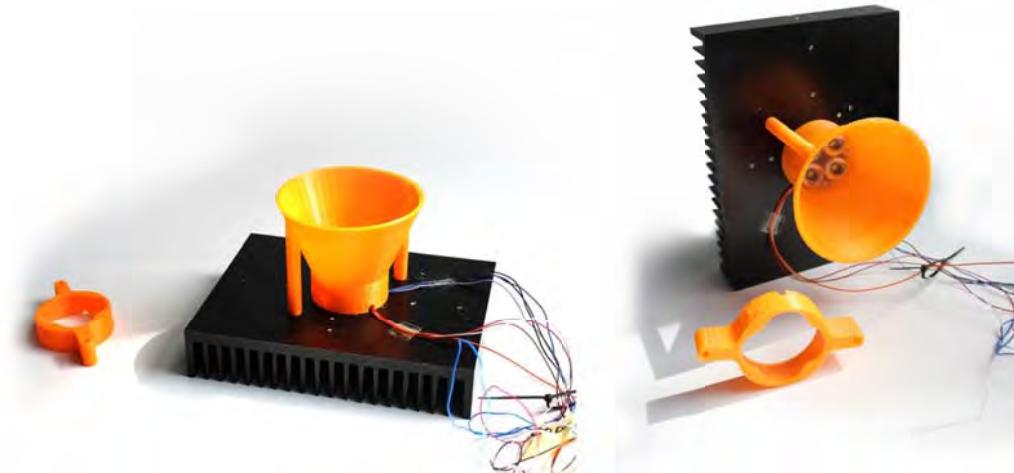


Figura 121 Prototipo di studio per il sistema di illuminazione Asterim modulo diretta

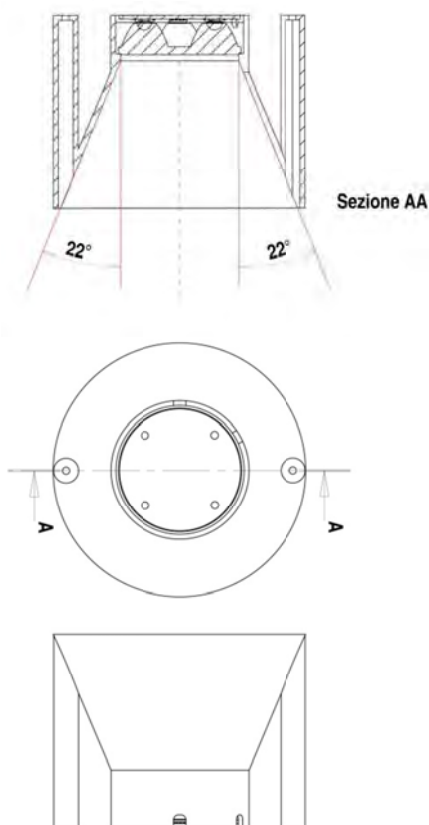


Figura 122 Dimensionamento del sistema ottico di cut-off

La distribuzione fotometrica della componente diretta è riportata alla Figura 125 e si riferisce tanto al canale caldo, quanto a quello freddo, dato che le uniche variazioni possibili riguardano il solo flusso emesso (l'emissione della giunzione calda risulta il 25% inferiore a quella fredda) a parità di altre condizioni (corrente di alimentazione e temperatura di giunzione). La misura (Figura 123) si riferisce al prototipo di studio realizzato, composto da un dissipatore commerciale e da un sistema ottico costituito da 4 LED CREE MC-E Dynamic White, da una lente LEDIL C10702_ROCKET-4-W e da un sistema di schermatura, studiato per evitare la visione diretta della superficie della lente, nelle condizioni previste di installazione (Figura 124).

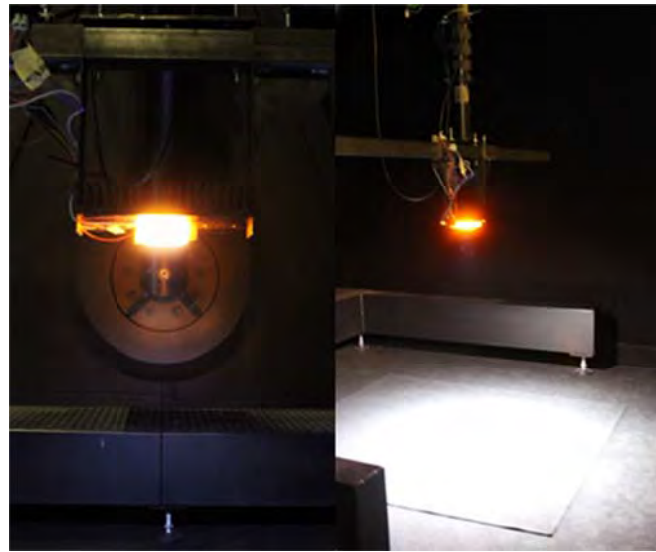


Figura 123 A sinistra apparecchio montato sul goniofotometro per la misura di laboratorio del modulo che realizza la componente diretta, a destra la valutazione della miscelazione dei due canali, tenuto conto delle reali condizioni di installazione (altezza di montaggio)



Figura 124 Verifica sperimentale dell'efficacia della schermatura meccanica nelle condizioni di installazione

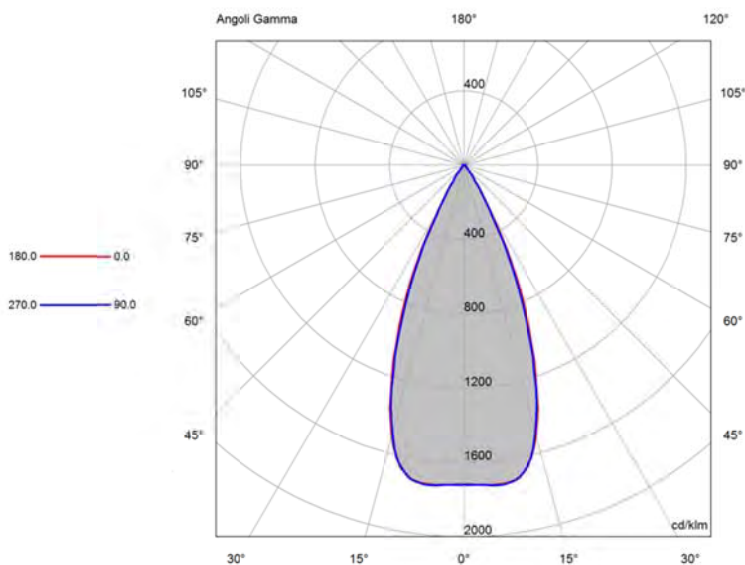


Figura 125 distribuzione fotometrica della componente diretta (misurata)

Per quanto riguarda il flusso luminoso emesso, si è ipotizzato che l'emissione di ciascun modulo sia pari a 473lm per ciascuna temperatura di colore, quando il sistema risulta alimentato alla corrente costante di 350mA. Tale valore di flusso tiene in considerazione sia gli effetti termici, sia l'assorbimento (minimo) del flusso emesso del componente di schermatura (stimato nel 9% circa).

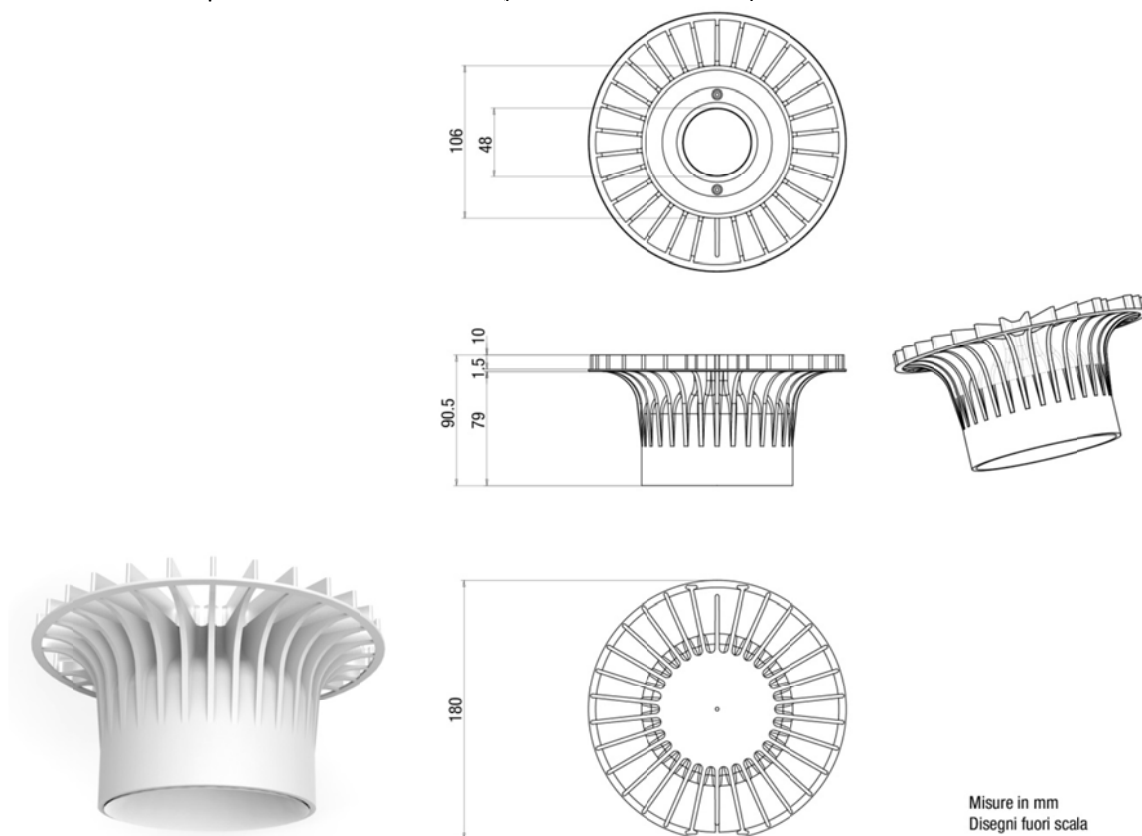


Figura 126 Dimensionamento di massima del sistema di illuminazione Asterism modulo downlight

Il modulo di illuminazione diretta down-light ha un diametro massimo di 180 mm per un'altezza di 90.5 mm. La parte di schermatura ottica sarà realizzata in prototipazione rapida e questo potenzialmente potrebbe dar vita a forme, colori e finiture le più diverse e disparate, fermo restando che la geometria non

dovrà intaccare le dimensioni minime di schermatura ottica e non dovrà causare problemi alla dissipazione termica. Di seguito, nella Figura 127, si riportano diverse possibilità come esempio. Ciò che resta inalterato è l'ingombro generale e la finitura superficiale interna dell'elemento che rimane bianca cercando di massimizzare la miscelazione della luce a temperatura di colore variabile.

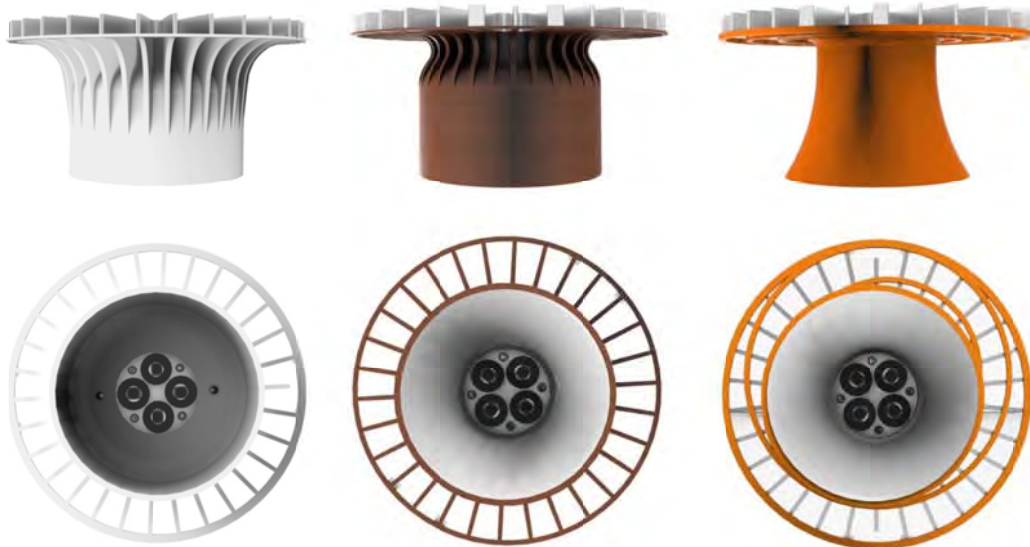


Figura 127 Differenti finiture e colori del modulo di illuminazione downlight: plastica bianca, finitura legno con interno bianco, plastica colorata con interno bianco

12.2.2 Modulo di illuminazione indiretta

Per quanto riguarda l'emissione indiretta, si è previsto l'impiego di una lente di produzione LEDIL C12446_SOPHIE (Figura 128), per realizzare una emissione verso il soffitto la cui intensità e temperatura di colore sia controllabile separatamente di fronte e alle spalle dell'utente. Il flusso luminoso attribuito a ciascun modulo risulta pari a 600 lm, che tiene già in considerazione le due differenti temperature di colore, il valore della corrente di alimentazione (130 mA) e il decadimento del flusso luminoso emesso dovuto alla temperatura di giunzione maggiore della temperatura ambiente .

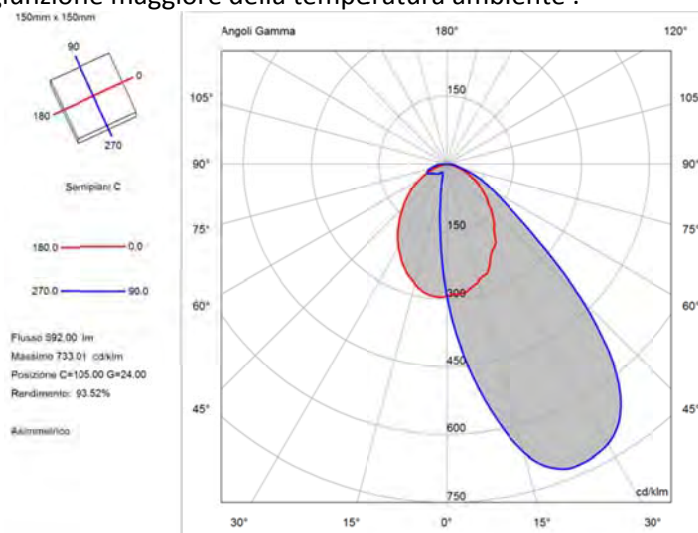


Figura 128 Indicatrice di emissione lente LEDIL C12446_SOPHIE

Per quanto riguarda le "capacità" di miscelazione del sistema (Figura 129), sono state effettuate una serie di valutazioni empiriche, con diverse proporzioni tra le due temperature di colore e osservandone il risultato su uno schermo posto nelle immediate vicinanze della lente: dall'esame dei risultati e data la

distanza di installazione possiamo concludere che la miscelazione tra le due sorgenti ha una qualità soddisfacente in relazione all'applicazione.



Figura 129 Valutazione delle proprietà di color mixing della lente per l'emissione indiretta

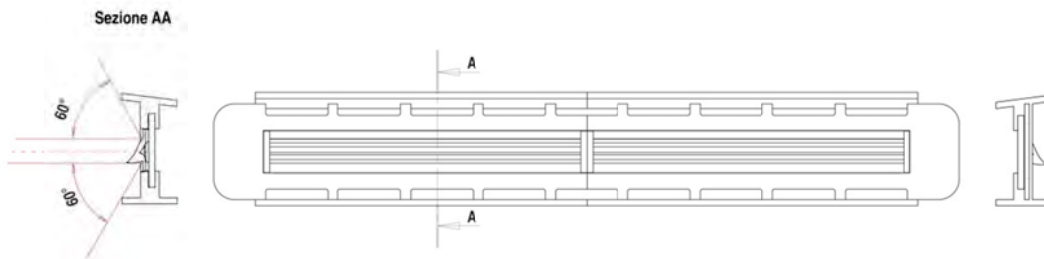


Figura 130 Dimensionamento della schermatura del sistema di illuminazione indiretta

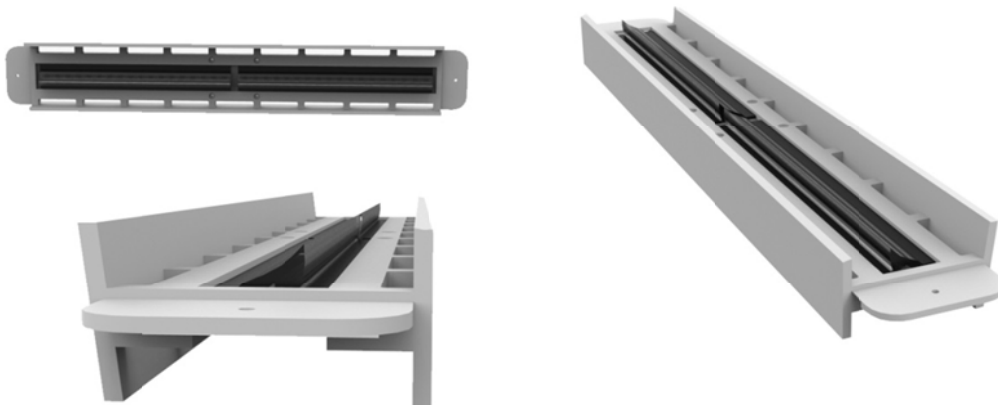


Figura 131 Rendering del sistema di illuminazione indiretta

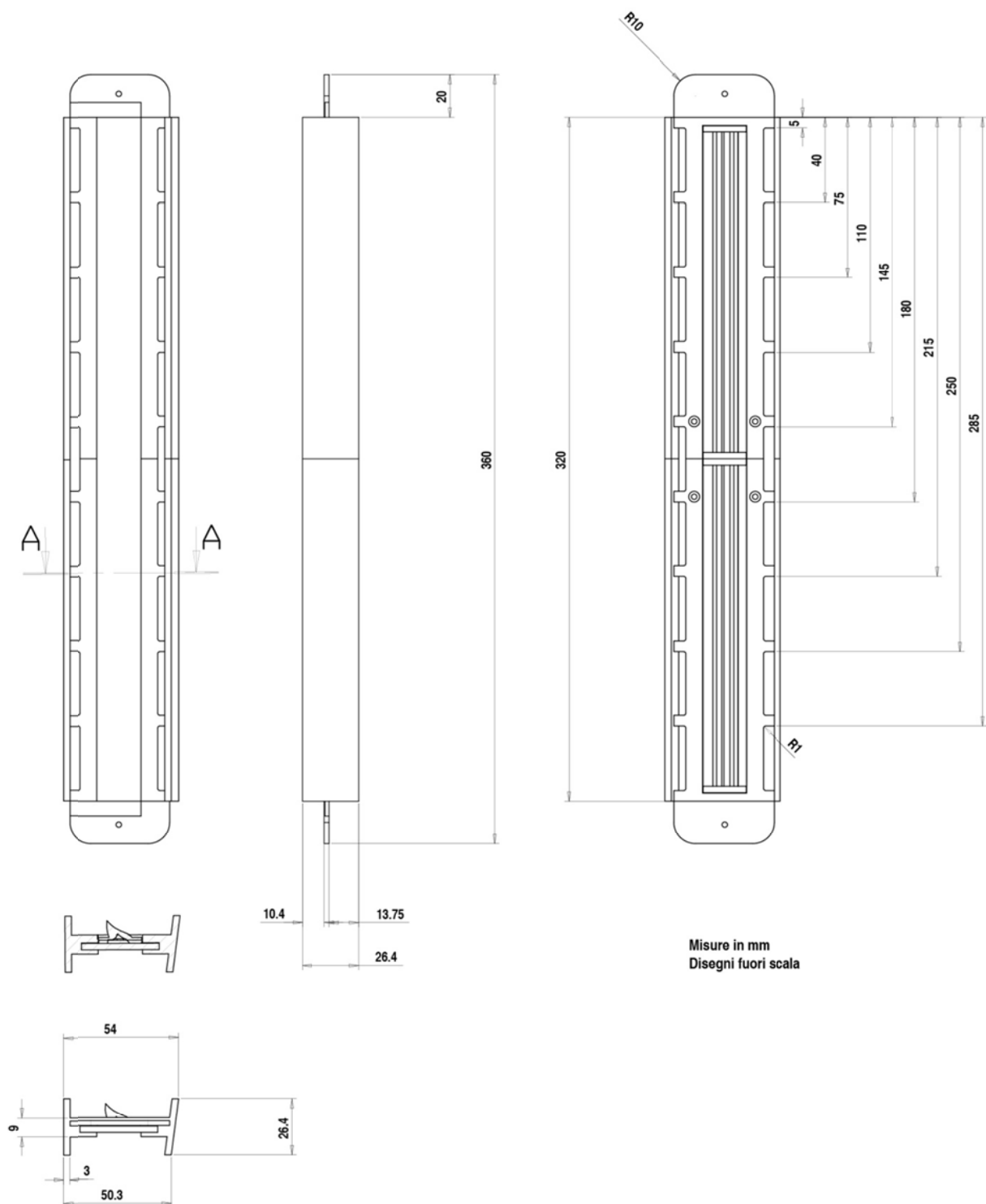


Figura 132 Dimensioni di massima del sistema di illuminazione indiretta

12.2.3 Scenari di illuminazione e simulazione

Il sistema di illuminazione Asterism è stato progettato al fine di ottenere diversi scenari di illuminazione dinamica e diverse configurazioni dell'atmosfera luminosa della stanza di lavoro. In particolare, le diverse possibilità di illuminazione dinamica riguardano:

- variazione dell'intensità luminosa (dimming) da 0 (OFF) a 100 (ON);

- variazione della temperatura di colore tra 3000K e 6500K;
- variazione della distribuzione luminosa diretta e indiretta in modalità autonoma e personale;
- variazione della distribuzione luminosa diretta e indiretta secondo diversi scenari individuati e proposti come ipotesi da validare tra i seguenti:
 - Scenario 1 – Workshop: illuminazione estesa diretta e indiretta per il lavoro in team;
 - Scenario 2 - Focus: illuminazione focalizzata diretta e indiretta per il lavoro individuale;
 - Scenario 3 - Haven: illuminazione diretta per la concentrazione e privacy;
 - Scenario 4 - Relax: illuminazione indiretta per il relax (con eventuale modulo ART).

In particolare gli scenari descritti sono stati selezionati basandosi su articoli scientifici in materia di illuminazione di ufficio e di interni e soprattutto in riferimento alle attività, azioni e tipologie di lavoro che si espletano negli uffici in base alla letteratura corrente (paragrafo 10.1 e successivi).

Scenario 1 - Workshop: illuminazione estesa diretta e indiretta per il lavoro in team (Figura 133)

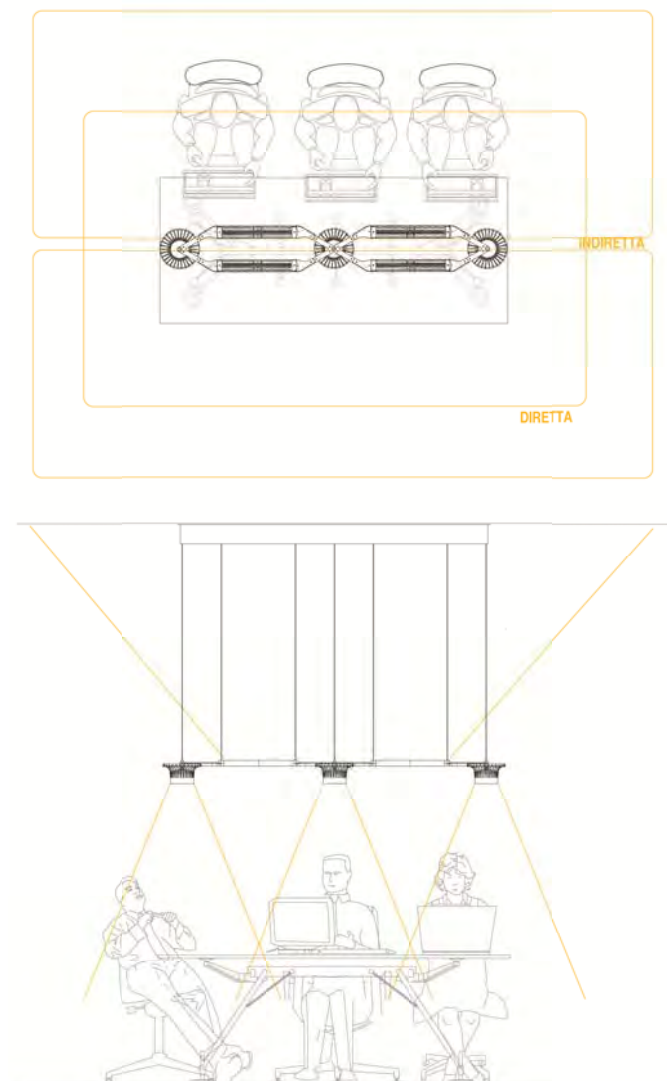


Figura 133 Scenario 1 - Workshop: illuminazione estesa diretta e indiretta per il lavoro in team

Questo scenario è stato pensato per supportare il lavoro collettivo, sia in team che individuale, in una postazione di lavoro multifunzionale in cui possano essere seduti diversi soggetti contemporaneamente. Si

tratta di una zona di meeting e networking in cui si possano realizzare attività di scambio di informazioni, comunicazione e creatività in gruppo (riunioni – workshop – group concentration – group exchange).

In questa situazione Asterism prevede che ciascun modulo di illuminazione diretta corrisponda ad una zona del piano di lavoro, ed eventualmente al soggetto, e possa essere individualmente controllato. L'illuminazione indiretta garantisce una qualità e chiarezza visiva all'ambiente ufficio, aumentando lo spazio percepito e creando un'atmosfera più accogliente in una dimensione pubblica.

Si propone che i tre moduli di illuminazione diretta siano accesi, provvedendo all'illuminazione del piano di lavoro della scrivania e dello spazio circostante, con l'adeguato livello di illuminamento medio mantenuto e di uniformità degli illuminamenti minimo e medio. Il sistema prevede la possibilità di assicurare un controllo individuale dei singoli punti luminosi di luce diretta in modo da gestire le tre aree della scrivania individualmente.

I quattro moduli di illuminazione indiretta sono accesi completamente provvedendo all'illuminazione del soffitto e quindi a creare un ambiente circostante luminoso, conferendo una sensazione di spazialità aumentata dello spazio, minore oppressione e maggiore chiarezza visiva (Figura 134).

Il sistema completo (diretta + indiretta) garantisce l'ottenimento di 645lux sul piano scrivania con una uniformità di 0.65, un illuminamento medio mantenuto del surround di 245lux, con un'uniformità 0.48, e un illuminamento a terra superiore ai 90 lux (Figura 135).

Inoltre, dall'esame dei risultati della simulazione con il software Dialux, si conclude che i valori per il controllo dell'abbagliamento risultano accettabili: valore UGR 15÷16 per tutte le postazioni possibili per la scrivania di lavoro. (Figura 136).



Figura 134 Simulazione con Dialux per lo Scenario 1 - Workshop

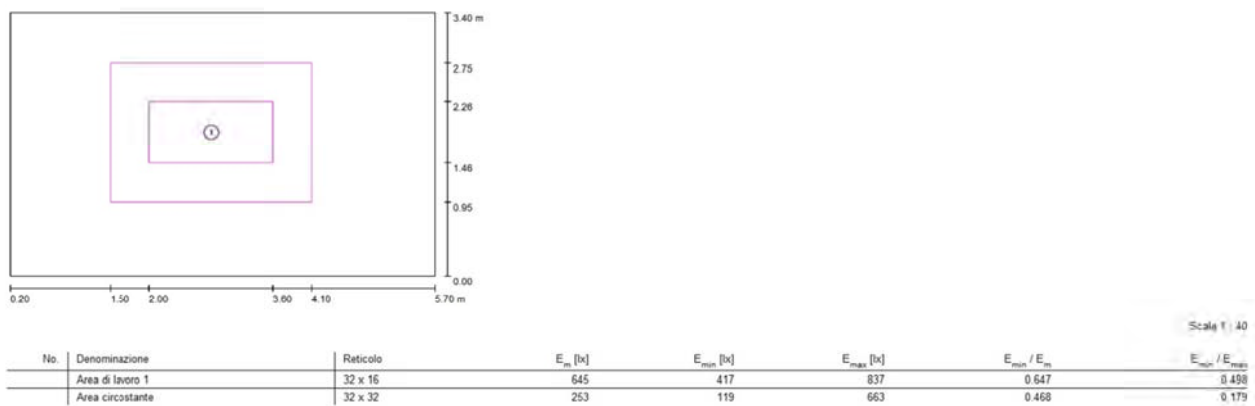


Figura 135 Verifica dei livelli di illuminamento e di uniformità degli illuminamenti per lo Scenario 1 - Workshop

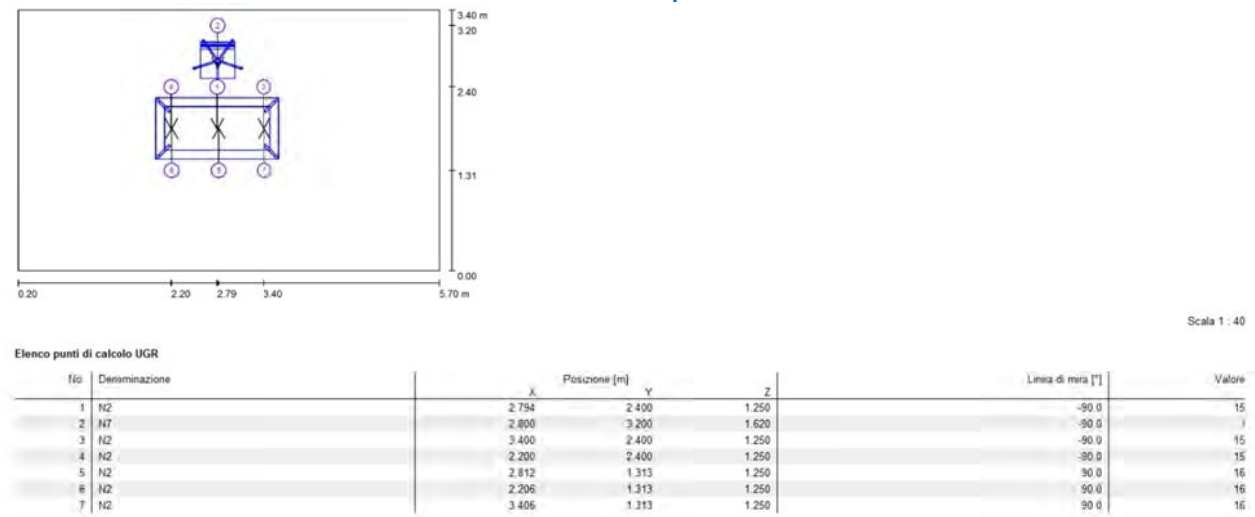


Figura 136 Verifica dell'abbagliamento tramite valori UGR per lo Scenario 1 - Workshop

Scenario 2 - Focus: illuminazione focalizzata diretta e indiretta per il lavoro individuale (Figura 137)

In questo scenario si vuole creare un ambiente luminoso adatto al lavoro individuale, sia di creatività che di processo delle informazioni, e lavoro al video terminale. La maggiore focalizzazione sul compito visivo implica un maggiore livello di illuminamento nella zona in cui si sta compiendo il lavoro mentre l'ambiente circostante è uniformemente illuminato in modalità indiretta garantendo comunque un equilibrio delle luminanze con lo sfondo.

Si propone dunque che l'illuminazione diretta risulti focalizzata sul singolo utente che occupa la postazione di lavoro. Uno dei tre moduli di luce diretta risulta acceso mentre gli altri possono essere accesi, spenti o regolati in modo individuale al fine di fornire un equilibrio di luminanze sul piano del tavolo in base alle preferenze dell'individuo.

L'illuminazione indiretta sarà quindi regolata in modo tale da garantire una corretta chiarezza visiva sul piano di lavoro ma anche una visuale frontale ampia, limitando il senso di oppressione e definendo i contorni dello spazio ufficio. In questo scenario si può prevedere la possibilità di controllare le due emissioni, indirette frontali o retrostante l'individuo, in modo da garantire comunque uno spazio visivo confortevole e salvaguardando l'efficienza energetica dell'installazione (Figura 138).

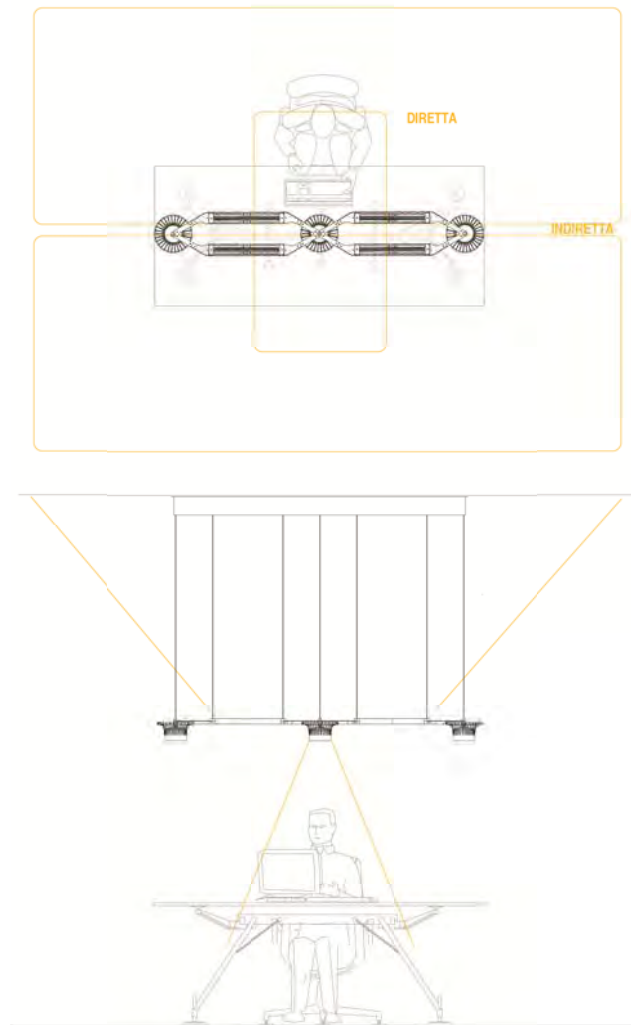


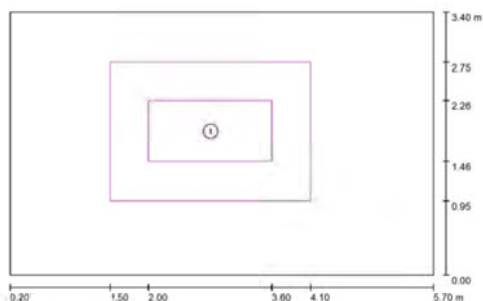
Figura 137 Scenario 2 - Focus: illuminazione focalizzata diretta e indiretta per il lavoro individuale



Figura 138 Simulazione con Dialux per lo Scenario 2 - Focus

Il sistema completo (diretta + indiretta) garantisce l’ottenimento di 351lux sul piano scrivania con un uniformità di 0.41, un illuminamento medio mantenuto del surround di 141lux, con un’uniformità 0.73, e un illuminamento a terra superiore ai 75 lux (Figura 139).

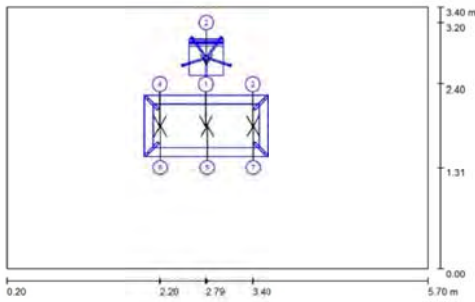
Inoltre, dall’esame dei risultati della simulazione con il software Dialux, si conclude che i valori per il controllo dell’abbagliamento risultano accettabili: valore UGR 16÷17 per tutte le postazioni possibili della scrivania di lavoro. (Figura 140).



Scala 1 : 40

| Nº. | Denominazione | Reticolo | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{media} [lx] | E_{max} / E_{min} | E_{max} / E_{media} |
|-----|------------------|----------|----------------|----------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| | Area di lavoro 1 | 32 x 16 | 351 | 145 | 714 | 0.412 | 0.203 |
| | Area circostante | 32 x 32 | 141 | 103 | 361 | 0.731 | 0.286 |

Figura 139 Verifica dei livelli di illuminamento e di uniformità degli illuminamenti per lo Scenario 2 - Focus



Scala 1 : 40

Elenco punti di calcolo UGR

| No | Denominazione | Posizione [m] | | | Linea di mira [°] | Valore |
|----|---------------|---------------|-------|-------|-------------------|--------|
| | | X | Y | Z | | |
| 1 | N2 | 2.794 | 2.400 | 1.250 | -90.0 | 16 |
| 2 | N7 | 2.800 | 3.200 | 1.620 | -90.0 | / |
| 3 | N2 | 3.400 | 2.400 | 1.250 | -90.0 | / |
| 4 | N2 | 2.200 | 2.400 | 1.250 | -90.0 | / |
| 5 | N2 | 2.812 | 1.313 | 1.250 | 90.0 | 17 |
| 6 | N2 | 2.205 | 1.313 | 1.250 | 90.0 | / |
| 7 | N2 | 3.406 | 1.313 | 1.250 | 90.0 | / |

Figura 140 Verifica dell'abbagliamento tramite valori UGR per lo Scenario 2 - Focus

Scenario 3 - Haven: illuminazione diretta per la concentrazione e privacy (Figura 141)

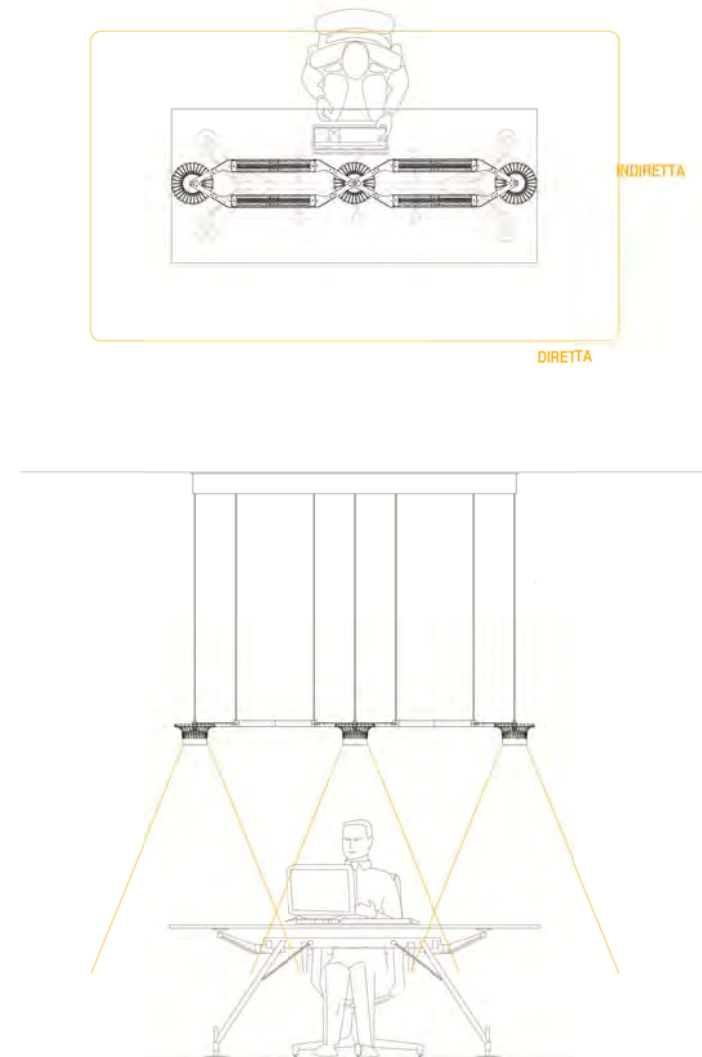


Figura 141 Scenario 3 - Haven: illuminazione diretta per la concentrazione e privacy

In questo scenario si vuole configurare un ambiente di lavoro particolarmente privato in cui l'illuminazione sia focalizzata sul piano di lavoro della scrivania garantendo elevati livelli di illuminamento e focalizzazione sul compito visivo specifico. L'ambiente intorno si riduce nella dimensione percepita diventando confinato e ristretto, una sorta di spazio prossemico di concentrazione personale solitaria attraverso la luce (Figura 142).

L'illuminazione indiretta sarà dunque completamente spenta o regolata al minimo mentre i tre moduli di illuminazione diretta sul piano di lavoro saranno accesi e regolati dall'utente in modo personale.

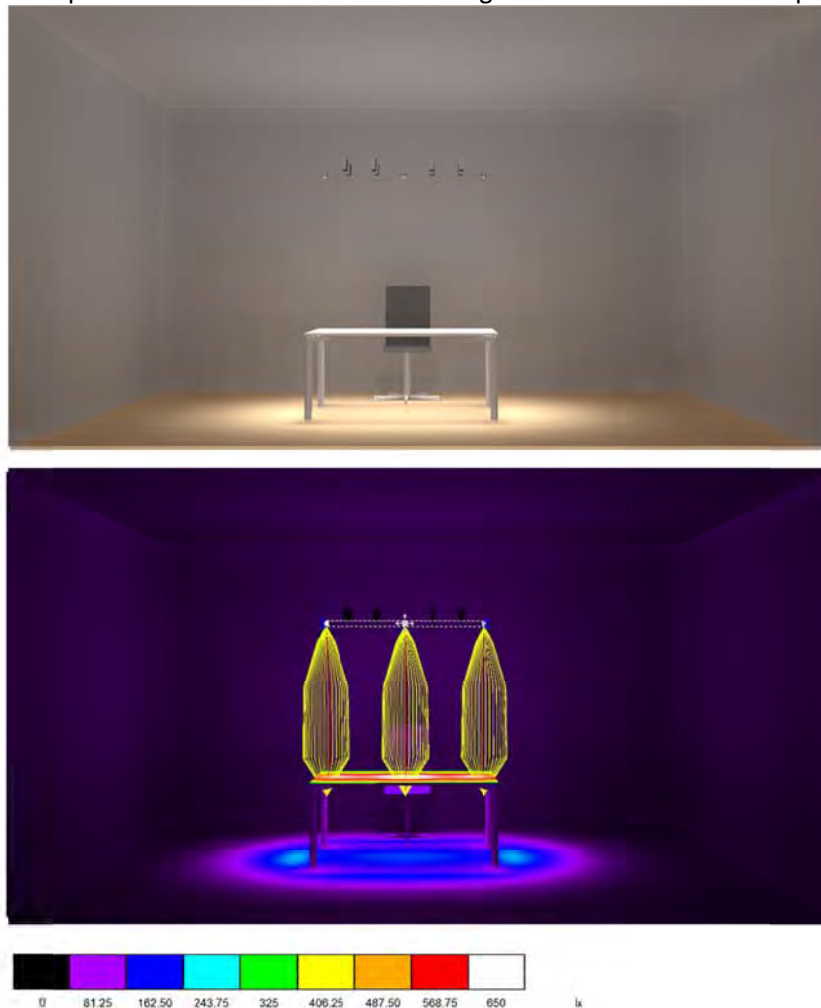
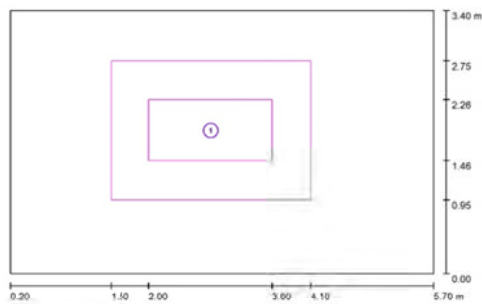


Figura 142 Simulazione con Dialux per lo Scenario 3 – Haven

Il sistema completo garantisce l'ottenimento di 522lux sul piano scrivania, con un uniformità di 0.57, un illuminamento medio mantenuto del surround di 144lux, con un'uniformità 0.14 (Figura 143).

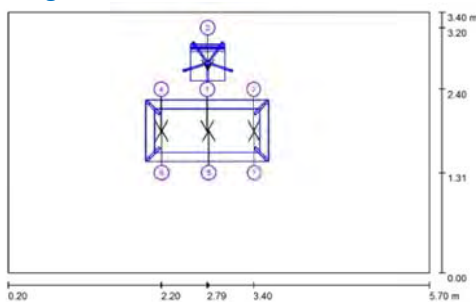
Inoltre, dall'esame dei risultati del calcolo con il software Dialux, si conclude che i valori per il controllo dell'abbagliamento risultano accettabili: valore UGR $18 \div 19$ per tutte le postazioni possibili della scrivania di lavoro. (Figura 144).



Scala 1 : 40

| Nº | Denominazione | Reticolo | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{avg} [lx] | E_{min} / E_{max} | E_{avg} / E_{max} |
|----|------------------|----------|----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|
| | Area di lavoro 1 | 32 x 16 | 522 | 298 | 711 | 0.570 | 0.419 |
| | Area circostante | 32 x 32 | 144 | 20 | 550 | 0.142 | 0.037 |

Figura 143 Verifica dei livelli di illuminamento e di uniformità degli illuminamenti per lo Scenario 3 – Haven



Scala 1 : 40

Elenco punti di calcolo UGR

| Nº | Denominazione | Posizione [m] | | | Linea di mira [°] | Valore |
|----|---------------|---------------|-------|-------|-------------------|--------|
| | | X | Y | Z | | |
| 1 | N2 | 2.794 | 2.400 | 1.250 | -90.0 | 18 |
| 2 | N7 | 2.800 | 3.200 | 1.620 | -90.0 | / |
| 3 | N2 | 3.400 | 2.400 | 1.250 | -90.0 | 18 |
| 4 | N2 | 2.200 | 2.400 | 1.250 | -90.0 | 18 |
| 5 | N2 | 2.612 | 1.313 | 1.250 | 90.0 | 18 |
| 6 | N2 | 2.206 | 1.313 | 1.250 | 90.0 | 18 |
| 7 | N2 | 3.406 | 1.313 | 1.250 | 90.0 | 19 |

Figura 144 Verifica dell'abbagliamento tramite valori UGR per lo Scenario 3 - Haven

Scenario 4 - Relax: illuminazione indiretta per il relax (con eventuale modulo ART)

In questo scenario si intende definire un ambiente di lavoro rilassante ideale per una pausa dal ritmo di una giornata lavorativa e per il recupero dell'attenzione dopo un prolungato sforzo mentale e visivo. Per questo motivo l'illuminazione sarà prevalentemente indiretta sfruttando il soffitto e le pareti circostanti dell'ambiente ufficio, mentre l'illuminazione diretta sarà spenta o regolata al minimo.

In questo scenario è possibile prevedere anche l'inserimento (in questa relazione puramente a livello di concept) di un modulo ART che proietti sul soffitto e sulla parete frontale un pattern di luci e ombre ispirato alla natura per il concetto della biophilia e dell'illuminazione bio-ispirata.

Si ipotizza quindi l'accensione della sola illuminazione indiretta con possibilità di regolare al minimo la diretta (Figura 146).

Il sistema completo garantisce l'ottenimento di 123lux sul piano scrivania, con un'uniformità di 0.97, un illuminamento medio mantenuto del surround di 110lux, con un'uniformità 0.9 (Figura 147).

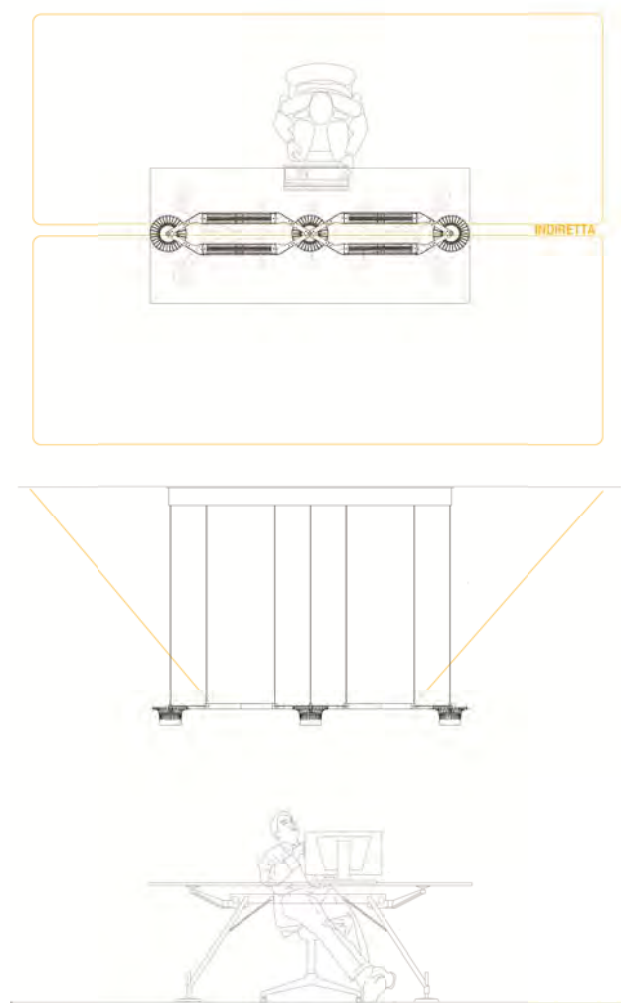


Figura 145 Scenario 4- Relax: illuminazione indiretta per il relax (con eventuale modulo ART)



Figura 146 Simulazione con Dialux per lo Scenario 4 – Relax

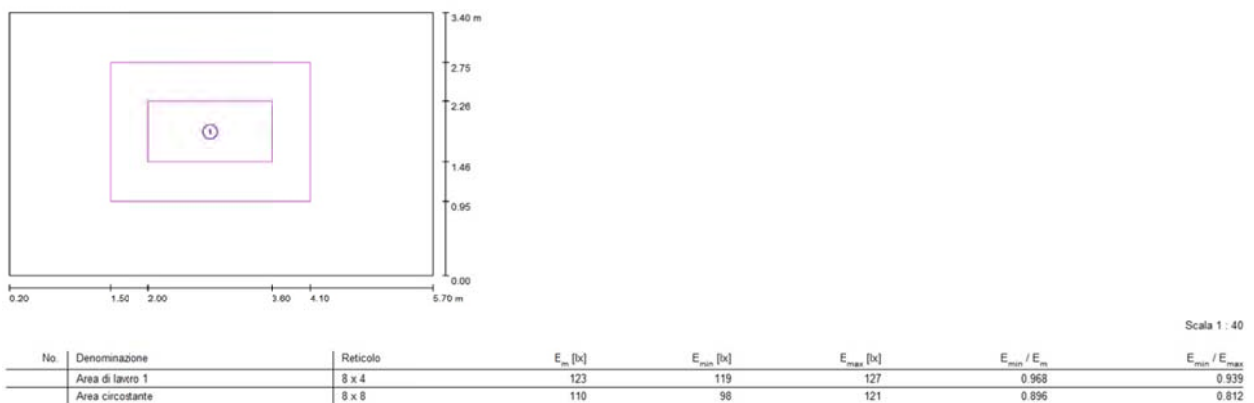


Figura 147 Verifica dei livelli di illuminamento e di uniformità degli illuminamenti per lo Scenario 4_ Relax

12.3 Funzionalità: caratteristiche termiche

Il sistema di illuminazione presenta un sistema di dissipazione differenziato a seconda del tipo di emissione considerata:

- per l'emissione diretta è stato utilizzato un dissipatore in alluminio anodizzato a stella con diametro esterno di 178 mm, spessore 10 mm e diametro interno di 80 mm, di produzione Fisher Elektronik, modello SK 590. Sulla base delle informazioni fornite dal costruttore, la resistenza termica è stata

stimata pari a 2.5 °C/W. Questo dissipatore ospita un metal core PCB (diametro 40 mm) su cui sono stati montati 4 LED bianchi CREE MC-E Dynamic White.

La massima temperatura prevista per le giunzioni della componente diretta è di 60°C (Figura 148), quando entrambi i canali e tutte le sue giunzioni, sono alimentate alla corrente di 350 mA con una temperatura ambiente di 25°C. Nella Figura 149 è riportata la massima temperatura raggiunta dal dissipatore (nella parte centrale e sulle alette), dove il limite imposto, dalla necessità di accoppiamento con le altre componenti plastiche che realizzano la schermatura, risulta ampiamente soddisfatto. Tutte le simulazioni termiche sono state condotte con entrambi i canali accesi (tutte le giunzioni attive), alla corrente di 350 mA, con temperatura ambiente di 25°C.

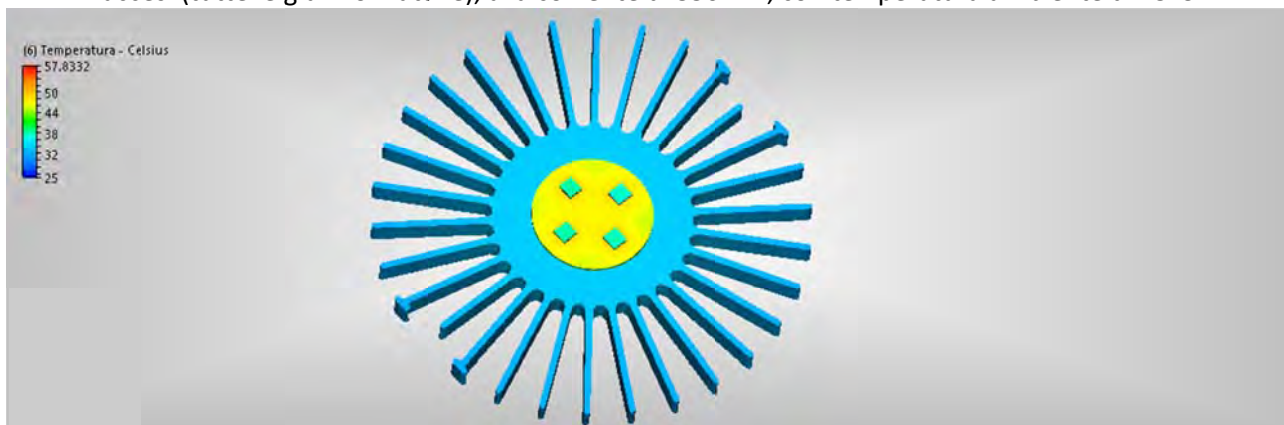


Figura 148 Dissipatore stellato per illuminazione diretta: verifica delle temperature sul PCB

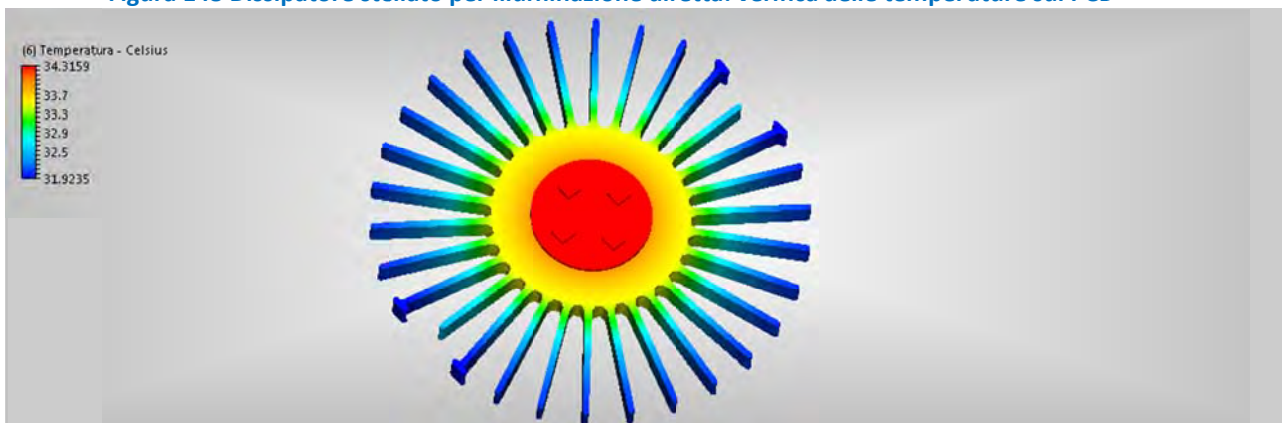


Figura 149 Dissipatore stellato per illuminazione diretta: verifica delle temperatura sul disco centrale del dissipatore e sulle alette

- per l'emissione indiretta, il dissipatore è costituito da una piastrina di alluminio di dimensioni 320 mm x 36 mm, spessore 3 mm, che ospita una coppia di metal core PCB (dimensioni 150mm x 320 mm spessore 1.5 mm), con a bordo 9 Mid-Power 3030 LED SEOUL, per ciascuna temperatura di colore (calda e fredda) e per ciascun PCB. La resistenza termica stimata per la piastra dissipante in alluminio risulta pari a 3.9523 °C/W che consente di raggiungere una temperatura di giunzione dei LED di circa 70°C, quando il 50% dei componenti risulta funzionante alla corrente di 130 mA, con una temperatura ambiente di 25°C. Nella medesima condizione descritta, sono state condotti i calcoli termici riportati alla Figura 150: dall'esame, si osserva che anche in questo caso la temperatura delle parti in plastica non raggiunge valori critici.

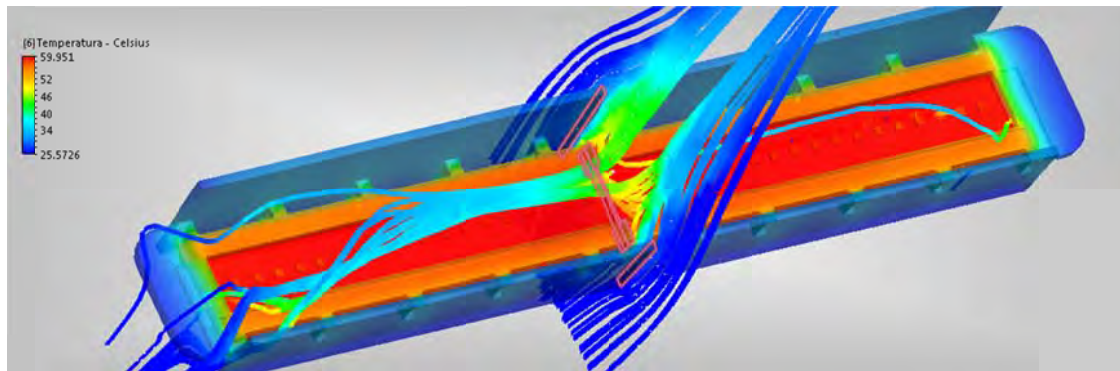


Figura 150 Simulazione termica modulo illuminazione indiretta per la verifica della massima temperatura della piastra dissipante e delle parti in plastica

L'interfaccia termica tra MCPCB e il dissipatore è costituita da un materiale termo-conduttivo bi-adesivo di produzione BERGQUIST, Bond-Ply 100, con un valore di conducibilità termica pari a 0.8 (W/m-K).

12.4 Funzionalità: caratteristiche elettriche

L'apparecchio utilizza due differenti tipologie di LED per realizzare la componente diretta e quella indiretta:

- Per la diretta, 9 CREE MC-E Dynamic White per la realizzazione di 3 spot dotati di 3 LED ciascuno, montati su un MCPB del diametro 48 mm e spessore 1.5 mm. Il sistema è capace di produrre un flusso luminoso con temperatura di colore variabile tra 2700 K e 6500 K.



Figura 151 MCPB per la realizzazione di 3 spot a temperatura di colore variabile

- Per la indiretta, 144 Mid-Power LED 3030 SEOUL STW8C2SA suddivisi tra due differenti temperature di colore: calda 3000K e fredda 6500 K, disposti su 8 MCPB (156 mm x 20 mm) che ospitano 18 LED ciascuno (9 per ciascuna temperatura di colore). Ciascun PCB è alimentato a tensione costante 24 V, e dotato di due alimentazioni separate per ogni temperatura di colore (anodo comune), mentre il valore di corrente in ciascun LED è fissato a 130 mA. In questo caso il PCB è stato appositamente studiato e realizzato per questa applicazione.



Figura 152 MCPB per illuminazione indiretta a temperatura di colore variabile

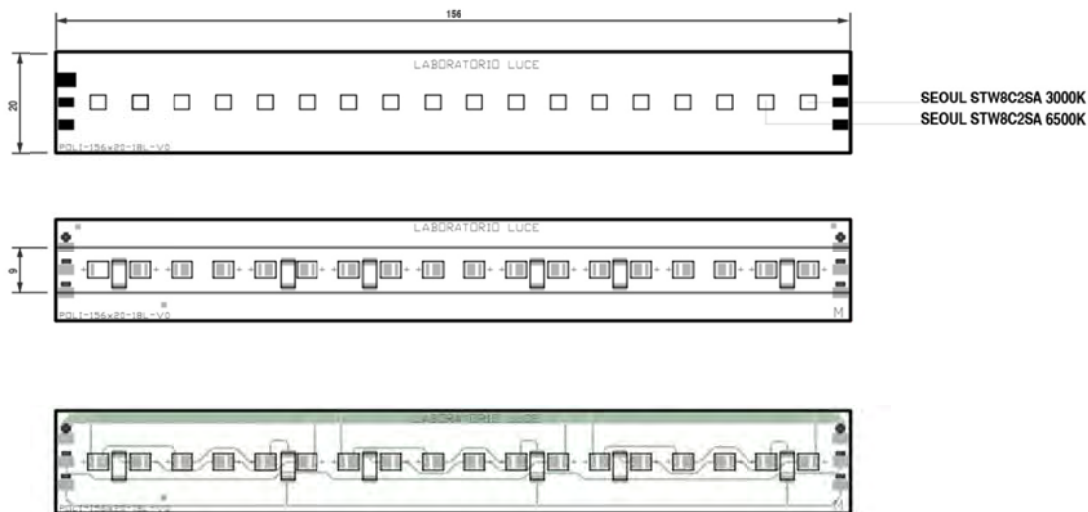


Figura 153 Design del modulo custom per l'illuminazione indiretta

Il sistema di alimentazione risulta composto dalle seguenti componenti:

- due alimentatori a corrente costante ELDOLED Power Drive 562/S, per la realizzazione dell'illuminazione diretta. L'alimentatore dispone di 3 canali indipendenti, controllabili tramite protocollo DMX. Occorre pilotare 6 diversi circuiti (2 temperature di colore, 3 fasci distinti), per cui ogni fascio sarà alimentato da due alimentatori distinti, uno per ciascuna temperatura di colore.
- due alimentatori a tensione costante ELDOLED Linear Drive 100/A per l'illuminazione indiretta: su ciascun canale saranno collegati in parallelo due schede con 9 LED per temperatura di colore per un assorbimento totale di 780 mA. Questo modello di alimentatore è dotato di 4 canali indipendenti, controllabili tramite protocollo DMX, sui quali è possibile assorbire una corrente massima di 1A, quando la tensione di uscita è selezionata a 24 V. Un alimentatore realizzerà l'emissione calda, l'altro quella fredda.

Tutti gli alimentatori utilizzati dispongono di diverse interfacce per la regolazione della corrente di uscita:

- DALI
- DMX in
- LedSync out
- Ext in: regolazione 1-10V mediante potenziometro da 10 K Ω , oppure interfacciamento con sensori (per esempio PIR, orologi astronomici, ecc).

12.5 Prototipazione: caratteristiche di realizzazione, componenti e assemblaggio

Il prototipo Asterism è costituito da quattro parti fondamentali procedendo dall'alto verso il basso:

- box per gli ausiliari elettrici con montaggio a soffitto;
- due moduli di illuminazione indiretta;
- tre moduli di illuminazione diretta;
- piattaforma di gestione e controllo.

Il box degli ausiliari elettrici è realizzato in legno e ospita al suo interno i diversi alimentatori (3) e il sistema di connessione e controllo costituito da Arduino e dallo shield XBee. Il box degli ausiliari elettrici, montato a soffitto, è collegato al sistema di illuminazione tramite cavetti di acciaio.

Il sistema di illuminazione diretta downlight deriva tra tre moduli identici distanziati opportunamente per ottenere l'uniformità sulla postazione di lavoro e sull'ambiente intorno. Il modulo è caratterizzato da un sistema di dissipazione commerciale della Fischer Elektronik SK 590 a cui sono fissati un PCB in alluminio con 4 LED CREE MC-E Dynamic White e una lente LEDIL C10702 – Rocket-4-W. A questo è assemblata la schermatura realizzata in prototipazione rapida mediante stampa FDM. L'elemento è realizzato in PLA.

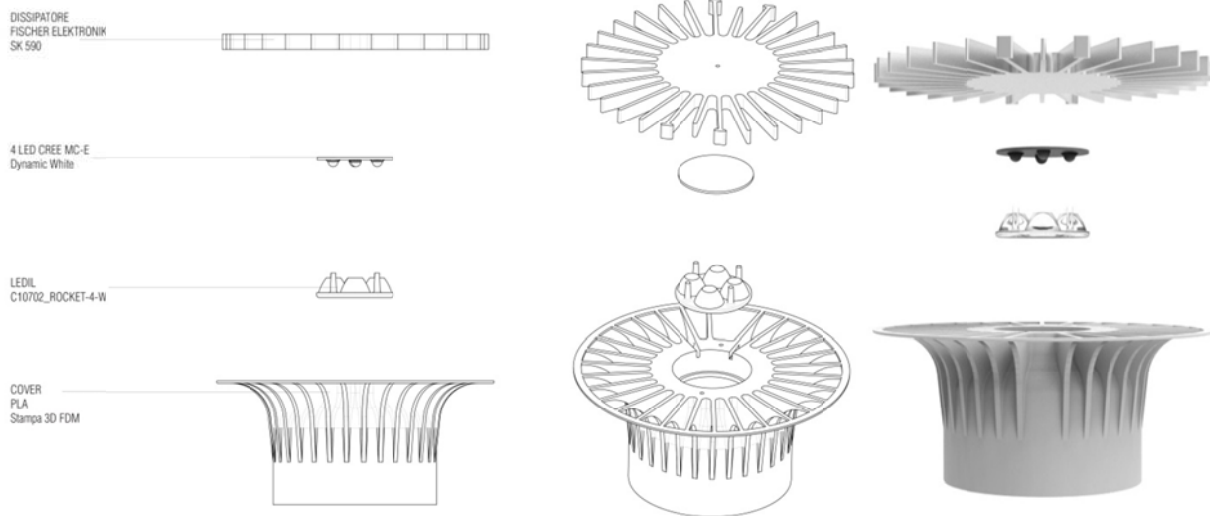


Figura 154 Esploso del sistema di illuminazione Asterism: modulo downlight

Il sistema di illuminazione indiretta up-light deriva da quattro moduli identici a coppie. Sono caratterizzati da un sistema di schermatura realizzato in prototipazione rapida mediante stampa FDM in PLA e ospitano un dissipatore in alluminio con spessore 3 mm, due moduli di illuminazione da 18 LED ciascuno realizzati custom e due lenti C12446_Sophie opportunamente orientate per ottenere il corretto illuminamento sulla superficie del soffitto.

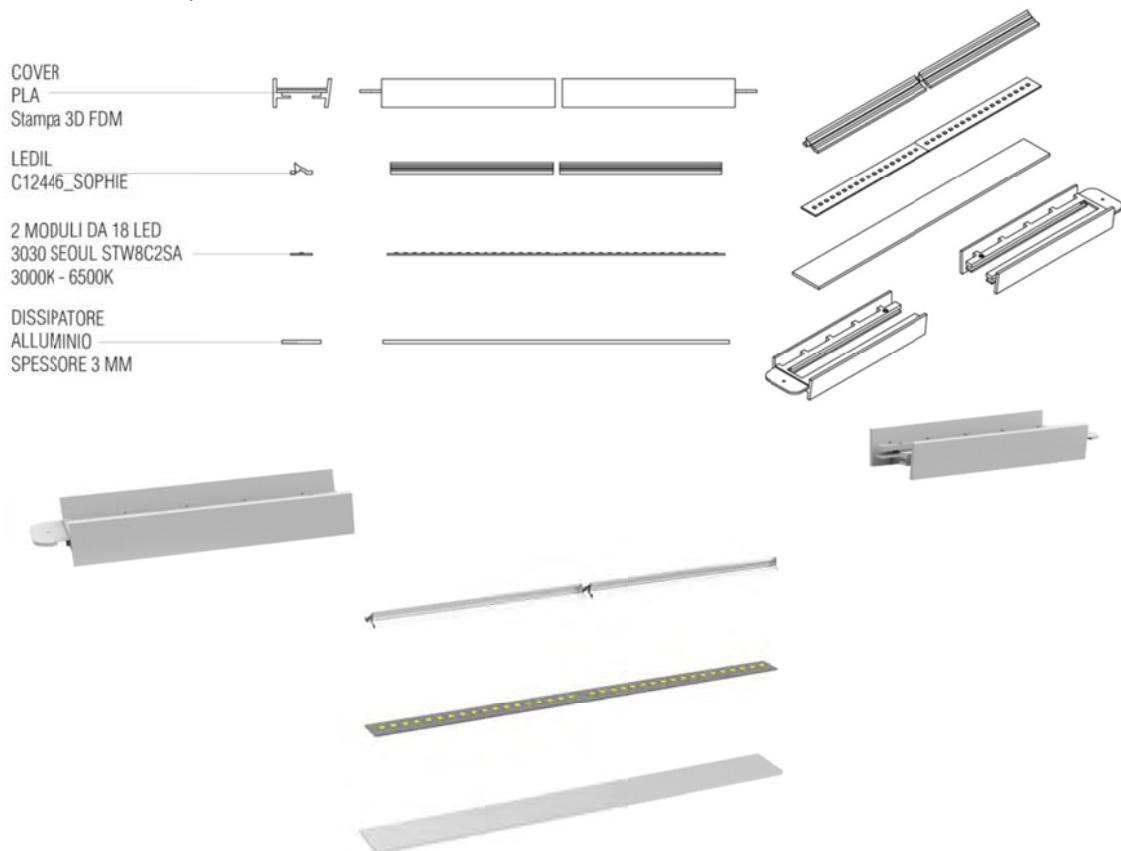


Figura 155 Esploso del sistema di illuminazione Asterism: modulo uplight

12.6 Controllo e gestione

Il sistema di controllo previsto, realizza le seguenti funzioni:

- controllo manuale dell'apparecchio, con possibilità di modificare l'emissione diretta (illuminazione lato sinistro della scrivania, centrale, destro) in termini di flusso emesso e di temperatura di colore. In questa modalità di funzionamento è anche possibile modificare l'emissione luminosa della componente indiretta di fronte o alle spalle dell'utente: anche in questo caso i parametri controllabili riguardano sia il flusso emesso, sia la CCT della luce.
- Registrazione e riproduzione di scene luminose create dell'utente o di default che corrispondono a diverse condizioni di utilizzo dell'apparecchio o situazioni luminose desiderate

Il sistema di controllo si compone di due parti distinte, un telecomando sulla scrivania e un sistema di controllo a bordo dell'apparecchio che dialoga con gli alimentatori tramite protocollo DMX, mentre la comunicazione tra i due componenti avviene tramite protocollo XBEE.

Per la realizzazione di questo sistema di controllo, sono state impiegate due schede di prototipazione rapida Open Source Arduino Uno, e alcuni shield per la realizzazione delle diverse interfacce e/o funzionalità (interfaccia DMX, interfaccia XBEE, gestione dei pulsanti e dei potenziometri, ecc).

Il controllo del sistema di illuminazione Asterism è più complesso e articolato rispetto all'altro prototipo (COELO) in quanto prevede che l'illuminazione possa essere regolata manualmente mediante la manipolazione dei parametri di illuminazione e mediante la scelta di scene di illuminazione pre-impostate. Il sistema inoltre prevede che alcune scene possano essere memorizzate e quindi personalizzate previa manipolazione dei parametri di illuminazione.

La proposta di due modalità di interazione con il sistema di illuminazione deriva dalla volontà di realizzare tre livelli di controllo della luce per utenti di esperienze e competenze diverse e per offrire maggiori possibilità di variazione della luce e quindi customizzazione.

Si prevede che l'interfaccia possa essere utilizzata agilmente da:

- Un utente esperto, mediante un'esperienza di gestione dell'illuminazione manipolando tre parametri di illuminazione quali l'intensità, la temperatura correlata di colore e la distribuzione luminosa della diretta e dell'indiretta e dei singoli moduli di illuminazione;
- Un utente esperto mediante un'esperienza di memorizzazione di scene di illuminazione personalizzate a partire dalla manipolazione dei parametri precedentemente descritte;
- Un utente non esperto che si limita a selezionare le scene pre-impostate (cfr. Scenari di illuminazione e simulazione)

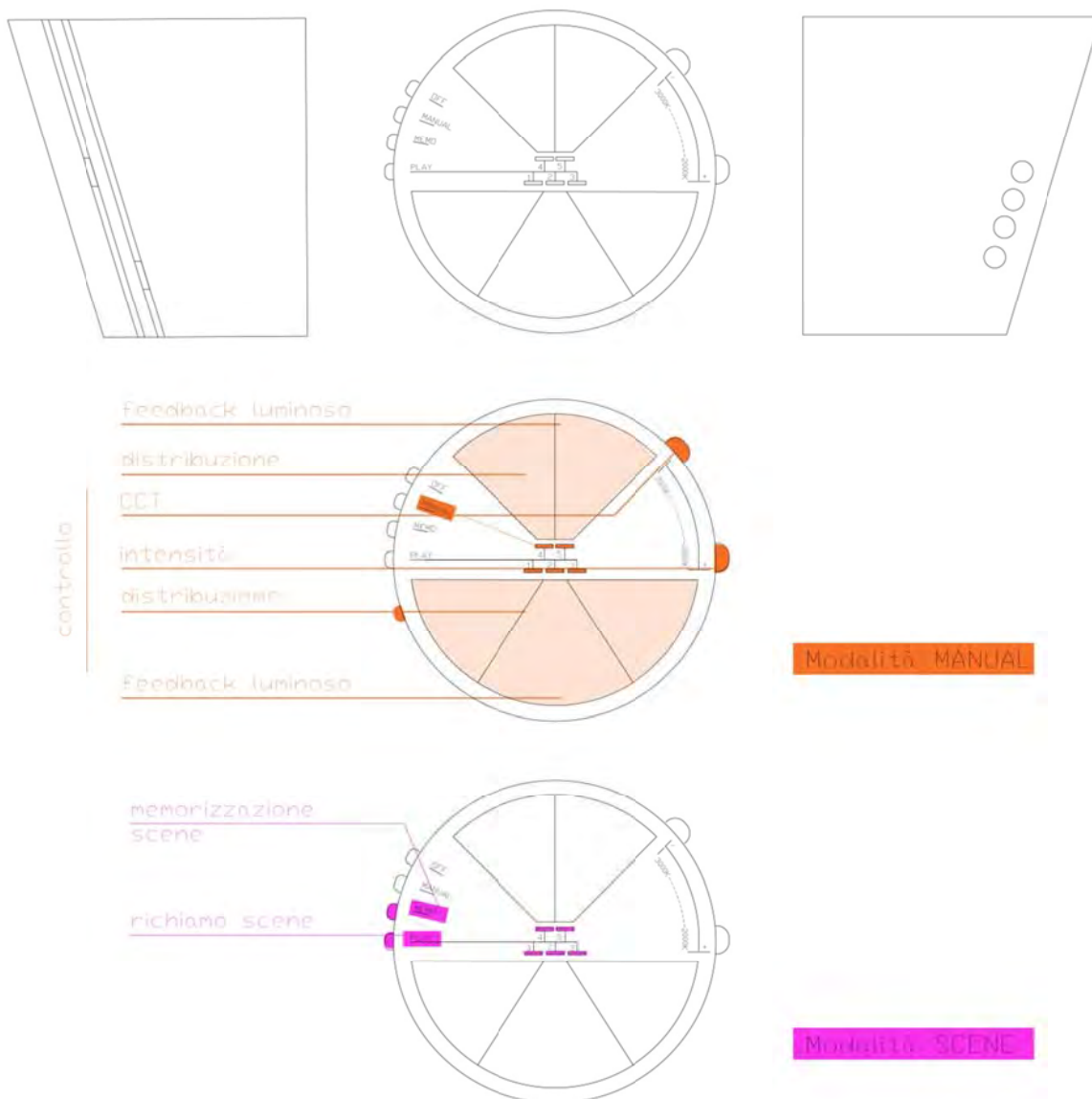


Figura 156 Interfaccia di controllo del sistema di illuminazione Asterism

Le interfacce di controllo dei parametri di illuminazione e di richiamo e memorizzazione delle scene di illuminazione sono sovrapposte nello stesso spazio del sistema di gestione e controllo. Un pulsante permette di passare tra l'una e l'altra modalità e infine anche di spegnere completamente il sistema (posizionato nel lato sinistro del sistema) (Figura 156).

La modalità MANUAL, che implica il controllo dei parametri di illuminazione, prevede la gestione della distribuzione luminosa mediante dei pulsanti posti centralmente rispetto all'interfaccia con un feedback luminoso che rappresenta geometricamente quale sistema di illuminazione (diretta, indiretta) e quale dei moduli specifici stiano funzionando. È possibile per ognuna di queste manipolare l'intensità luminosa (+ o -) e la temperatura correlata di colore (3000K÷5000K) mediante delle levette poste nella parte laterale destra del sistema (Figura 156).

13 Attività B3: Sperimentazione

Uno studio condotto dall'istituto di ricerca Fraunhofer e da Zumtobel¹³¹, si è occupato della descrizione dello stato dell'illuminazione degli uffici su scala europea e di analizzare le esigenze specifiche dei vari gruppi di utenti in differenti scenari lavorativi.

I partecipanti allo studio (questionario on-line) sono lavoratori europei, prevalentemente Tedeschi (39%) e Austriaci (35%), Svizzeri (8%) e Britannici (6%); per quanto riguarda le fasce d'età coinvolte il 9% degli intervistati ha meno di 25 anni, 8% ha più di 65 anni, 29% degli intervistati ha un'età compresa tra 46 e 55 anni, mentre il rimanente 54% ha un'età compresa tra 26 e 45 anni¹³².

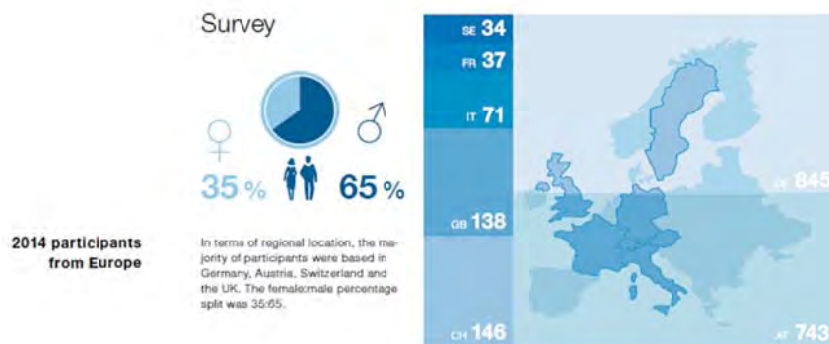


Figura 157 Distribuzione geografica dei partecipanti

Le attività svolte dai partecipanti sono abbastanza differenti, ma l'attività al computer prevale, con il 60% delle risposte, mentre l'attività di lettura e scrittura nella postazione di lavoro sono svolte solo dal 10% degli intervistati.

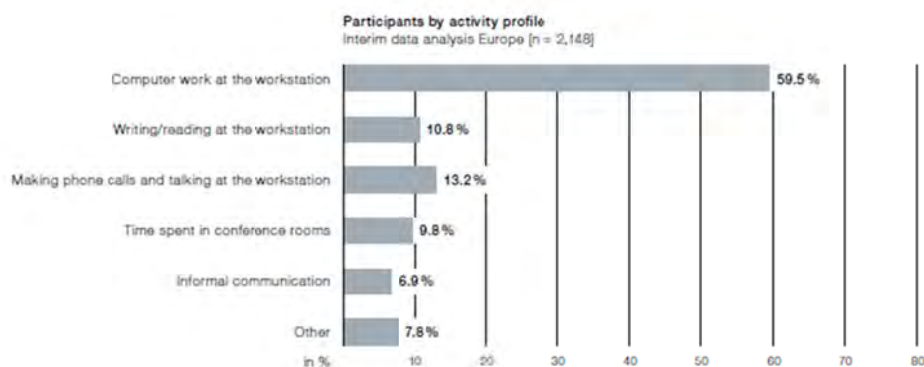


Figura 158 Profili di attività svolta in ufficio dagli intervistati¹³³

I primi risultati divulgati hanno mostrato una grande potenzialità per il miglioramento della qualità della luce negli uffici, se nel prossimo futuro verranno considerati i temi maggiormente sentiti dagli utenti:

- Nel blocco di domande riguardanti il layout degli uffici, 30% degli intervistati ha dichiarato un cattivo posizionamento della postazione rispetto alle fonti di luce naturale. Uno studio più accurato del layout degli ambienti di lavoro e una maggiore attenzione, dove possibile, allo sfruttamento della luce naturale porteranno certamente ad un miglioramento del confort visuale, dell'attenzione e dell'umore, come mostrato da recenti studi in letteratura¹³⁴.
- Una percentuale significativa degli intervistati (82%) ha dichiarato di preferire soluzioni in cui si abbia una combinazione di luce diretta e indiretta, mentre nelle attuali condizioni, il 65% degli uffici descritti dagli utenti non offre tale possibilità (nel 51% dei casi descritti, l'illuminazione era solo diretta, nel 38% dei casi diretta e indiretta, 11% solo indiretta). Soluzioni con illuminazione esclusivamente diretta sono state preferite solo dal 18% degli intervistati. Questo risultato sembra

rispecchiare quanto descritto in letteratura dove, esperimenti condotti in set-up simili ad un ufficio (sviluppati per verificare precedenti risultati di laboratorio), hanno dimostrato che, per occupanti temporanei di uno spazio, si registra una significativa preferenza degli spazi illuminati con una combinazione di luce diretta e indiretta^{135,136,137}.

- Per quanto riguarda la temperatura di colore, i risultati mostrano come una tonalità intermedia tra 4000K e 5000K sia apprezzata dalla maggior parte degli utenti (41% e 36% rispettivamente).

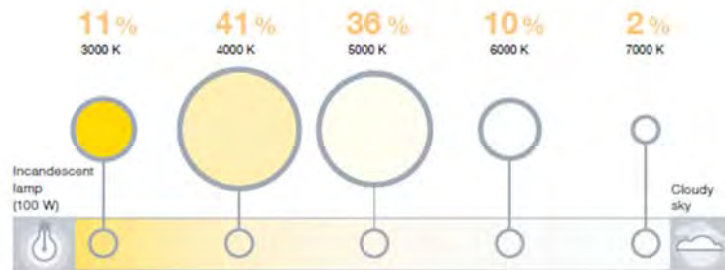


Figura 159 Temperatura di colore preferita dagli utenti¹³⁸

- L'indagine ha evidenziato che solo in pochi uffici gli utenti hanno la possibilità di variare l'illuminazione e di adattarla alle proprie esigenze personali (81% degli intervistati ha dichiarato la ridotta possibilità o la totale incapacità di variare le condizioni di illuminazione del proprio ambiente di lavoro). Il grado di soddisfazione e benessere degli impiegati cresce man mano che aumenta la possibilità di controllo sulla propria postazione di lavoro.



Figura 160 Una illuminazione controllabile migliora il benessere e la soddisfazione¹³⁹

Un maggiore grado di soddisfazione nelle condizioni di illuminazione dei luoghi di lavoro è di solito associato a valori elevati di illuminamento sul compito visivo, uniformità elevata, assenza di abbagliamento, direzionalità della luce, intesa come rapporto tra l'illuminazione orizzontale e verticale e la presenza di finestre, indipendentemente dal fatto che sia possibile osservare l'esterno attraverso di esse.¹⁴⁰

Uno dei principali aspetti della pratica del Lighting design e delle raccomandazioni è quello di fornire una adeguata illuminazione agli utenti per svolgere i loro compiti visivi. La visibilità viene definita come l'abilità di riconoscere oggetti o segni di una data dimensione, ad una certa distanza di osservazione, dotati di un fissato contrasto rispetto al background¹⁴¹.

Se da un lato le conoscenze sugli effetti della luce sulla visione sono ormai sufficientemente note, meno esplorati sono i legami tra l'illuminazione e le sensazioni di benessere, la salute e la piacevolezza dello spazio per gli occupanti. La ricerca sull'illuminazione oggi si concentra sul rapporto tra l'uomo e l'illuminazione (Human Centric Lighting), e cerca di rispondere, in modo operativo, ad alcuni quesiti: Quali effetti luminosi influenzano lo stato d'animo e il comportamento degli individui? Quali messaggi visivi dell'illuminazione interagiscono con il sistema percettivo? Quali effetti ha la luce rispetto alla salute e alle performance lavorative degli individui? (Boyce, 2004)¹⁴² Quali nuove forme di illuminazione possiamo immaginare in risposta?

Accanto al tema del rapporto tra uomo e illuminazione, occorre considerare la necessità di una progettazione di apparecchi e sorgenti di illuminazione più efficienti, che stimolino comportamenti più

responsabili da parte degli utenti nell'uso dell'energia elettrica, sia per motivi di risparmio energetico e di taglio dei costi sia di tematiche ambientali legate alla riduzione del CO₂.

Si osserva inoltre che un ambiente progettato nel rispetto delle raccomandazioni, del risparmio energetico e di tutte le pratiche del "buon progetto", potrebbe non risultare gradevole, attraente e stimolante per i suoi occupanti.

Sulla base di queste premesse è stato sviluppato il secondo prototipo di apparecchio di illuminazione per il quale sono state immaginate una serie di scenari applicativi descritti nel paragrafo Scenari di illuminazione e simulazione (pag. 133): l'apparecchio, nelle diverse configurazioni proposte, soddisfa i requisiti normativi e le principali raccomandazioni riguardanti l'illuminazione degli uffici, ma si propone anche di rispondere ad alcuni dei desiderata evidenziati dall'indagine.

Si propone quindi di investigare, tramite un'installazione pilota del prodotto e una serie di soggetti tester, chiamati a lavorare in tale ambiente per un periodo di almeno 3 giorni, l'efficacia dei concept proposti al fine di valutarne gli aspetti relativi al benessere, alla preferenza e al miglioramento delle performance lavorative.

Gli scenari immaginati per il prodotto Asterism sono 4 e risultano i seguenti:

- Scenario 1 – Workshop: illuminazione estesa diretta e indiretta per il lavoro in team;
- Scenario 2 - Focus: illuminazione focalizzata diretta e indiretta per il lavoro individuale;
- Scenario 3 - Haven: illuminazione diretta per la concentrazione e privacy;
- Scenario 4 - Relax: illuminazione indiretta per il relax.

La principali motivazioni per intraprendere la sperimentazione proposta rispetto al semplice utilizzo dei dati descritti in letteratura per la valutazione degli aspetti di benessere, comfort e preferenza, possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- Il sistema di illuminazione proposto è flessibile in quanto è in grado di produrre diverse atmosfere luminose che possono susseguirsi all'interno della stessa giornata lavorativa. Questo aspetto è stato evidenziato in letteratura dove si è osservato che il cambiamento delle variabili fotometriche modula i cambiamenti nella percezione della luce, dello stato di vigilanza e dell'umore nel corso del pomeriggio in ambienti di ufficio illuminati dalla luce naturale ed artificiale. Gli autori dello studio hanno osservato che queste variazioni non vanno sempre "nella stessa direzione": per esempio aumenti dell'illuminamento verticale, nel primo pomeriggio sono correlati ad una sensazione di sonnolenza e peggioramento della percezione visiva, mentre il medesimo tipo di aumento alle ore 15 del pomeriggio viene percepito come un miglioramento della percezione luminosa dell'ambiente¹⁴³;
- Le attività di ufficio si sono molto modificate nel corso degli anni, basti osservare le distribuzioni percentuali delle attività svolte dagli utenti che hanno risposto al sondaggio. Oltre a questo occorre considerare che anche gli strumenti di lavoro si sono molto evoluti e modificati nel corso degli anni: per esempio le attività di lettura avvengono sempre più spesso attraverso il display di un computer o di un portatile o di un tablet piuttosto che su carta. Questo significa che i contrasti e le posizioni di osservazione sono differenti da quelle che hanno portato fino ad oggi a scegliere i livelli di illuminamento sul compito visivo. Se ben riflettiamo, anche la posizione del compito visivo risulta differente da quella tradizionalmente associata con il lavoro alla scrivania: non si legge o si scrive quasi più a mano, ma si utilizzano strumenti quali notebook o tablet in cui le consolidate regole dell'ergonomia non sono quasi mai rispettate;
- Anche il layout degli uffici è molto cambiato, la disponibilità di connessioni wi-fi consente agli utenti di muoversi liberamente all'interno dello spazio e quindi il contenimento degli abbagliamenti e delle riflessioni moleste degli apparecchi attraverso un attento studio della disposizione degli arredi e della fotometria degli apparecchi sono rese più difficili. Questo fatto implica che le prestazioni fotometriche del sistema di illuminazione debbano evolversi e diventare maggiormente flessibili.
- L'esame dei dati dell'indagine ha mostrato come il benessere e la soddisfazione crescano con l'aumento della possibilità di controllo sulla illuminazione del proprio ambiente di lavoro

(autodeterminazione della luce); inoltre le maggiori preferenze sono indirizzate verso l'ufficio singolo o per due persone. In generale il benessere diminuisce al crescere del numero delle persone presenti. La maggior parte degli uffici esaminati presentava comunque una disposizione in blocchi, per la quale il sistema di illuminazione proposto è stato appositamente studiato.

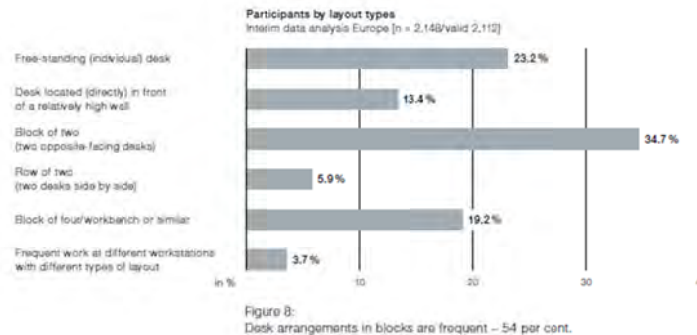


Figura 161 Frequenza del tipo di layout¹⁴⁴

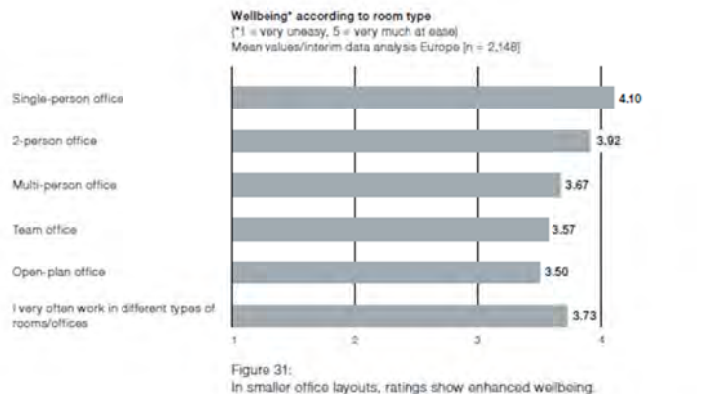


Figura 162 Legame tra percezione di benessere e layout dell'ufficio¹⁴⁵

- Il sistema di illuminazione proposto consente la creazione di uno scenario di illuminazione (Scenario 3 - Haven: illuminazione diretta per la concentrazione e privacy), che consente, almeno nelle intenzioni, di mitigare gli effetti della mancanza di privacy nella propria postazione di lavoro. Anche questa caratteristica del sistema dovrà essere indagata e approfondita mediante indagine sul campo.
- Il sistema di illuminazione proposto consente la creazione di uno scenario di illuminazione (Scenario 4 - Relax: illuminazione indiretta per il relax) che consente, almeno nelle intenzioni, di aiutare l'individuo a prendersi una pausa momentanea dalle attività di concentrazione, consentendo il rilassamento e la decompressione nella propria postazione di lavoro. Anche questa caratteristica del sistema dovrà essere indagata e approfondita mediante indagine sul campo.
- La sperimentazione dovrebbe anche indagare il legame tra consumi energetici e scelte personali degli utenti, all'interno di un sistema complesso, che consente di creare diversi scenari luminosi. Infatti la performance visiva migliora al crescere della luminanza del compito visivo, ma esiste una soglia al di sopra della quale i miglioramenti della performance visiva sono insignificanti^{146,147}. Di conseguenza l'incremento di luminanza oltre tale livello comporterebbe un inutile e dannoso speco di energia, che deve essere evitato. Questa sperimentazione inoltre dovrebbe avere un arco temporale sufficientemente lungo in modo da valutare correttamente l'effettivo utilizzo e di conseguenza i consumi, prescindendo dal maggiore utilizzo iniziale legato alla novità.

14 Conclusioni

La ricerca è partita dalla definizione delle caratteristiche dei luoghi di lavoro volta alla proposta di alcuni scenari futuribili dell'ambito ufficio, per poi giungere alla stesura delle specifiche dei prodotti di illuminazione e concludersi con il progetto di due sistemi di illuminazione con prestazioni e caratteristiche molto diverse tra di loro.

Il lavoro è un processo intrinsecamente sociale che necessita che le persone rapidamente passino da un contesto individuale ad un contesto di lavoro collettivo o in team, da attività estremamente focalizzate ad attività di collaborazione creativa.

Ognuna di queste attività si configura in differenti atteggiamenti, posture fisiche e necessità di diverse atmosfere di luce che siano conformi al contesto, allo scopo e all'attività di lavoro da effettuare. Non solo illuminazione funzionale ma anche illuminazione che determina una specifica atmosfera luminosa e che si adatta alle necessità fisiologiche, psicologiche e sociali del lavoratore.

Viste le differenze generazionali, di sesso e tipologia di lavoro, dovranno essere tenute in considerazione le singole specificità umane, le relazioni instaurate tra le differenti persone e anche i nuovi comportamenti che si sviluppano in un contesto lavorativo laddove si utilizzano nuove tecnologie. Nuovi apparati e strumenti di lavoro tecnologici stimolano e inducono nuovi modi di muoversi e lavorare nel contesto ufficio, sia nel micro spazio delle posture del corpo umano sia nel macro spazio dell'intero ambiente ufficio. Ad esempio uno studio globale sulle posture da ufficio in relazione alle tecnologie informatiche ha rivelato che esistono pattern e trend di utilizzo della scrivania e del computer diversi da quelli tradizionalmente utilizzati.

L'illuminazione del posto di lavoro dovrà quindi essere variabile e flessibile; in particolare si dovrebbe aumentare l'illuminamento mantenuto richiesto quando il compito visivo è critico, gli errori sono costosi da correggere, sono molto importanti accuratezza o alta produttività, le capacità visive del lavoratore sono inferiori al normale, i dettagli del compito sono eccezionalmente piccoli o con basso contrasto, il compito deve essere svolto per tempi eccezionalmente lunghi.

Alcuni recentissimi studi sui trend nell'ambito del progetto degli uffici, rivelano quanto sia importante creare degli spazi salubri e in cui i lavoratori possano essere "energizzati", in cui poter "staccare" ogni tanto per rinfrescarsi mentalmente ed essere più produttivi nel lungo termine. Il focus dello spazio lavoro del XXI secolo sarà la salute psicologica degli individui: per questo motivo saranno fondamentali sistemi che permettono frequenti pause, che siano di incoraggiamento a sospendere le attività che durano da periodi di tempo troppo prolungati, postazioni per la concentrazione e la meditazione come pure situazioni per il "daydreaming". La luce può contribuire a creare parte di questi scenari e alcune funzionalità dei prototipi progettati sono state espressamente pensate avendo in mente questi obiettivi.

Tenendo ben presente tutti questi aspetti si è quindi giunti alla progettazione di due differenti sistemi di illuminazione:

Il primo, COELO, pone il focus su un aspetto tecnologico (fosforo remoto) e sulle tecniche di prototipazione rapida quali validi strumenti per la costruzione di prototipi funzionali di dispositivi che potrebbero essere preliminari nei processi di produzione seriale e industriale. Oltre a ciò è un esempio di illuminazione bio-inspirata sia nelle possibilità di cambiamento dinamico dell'illuminazione, sia nella definizione di pattern di luce e ombre sia nelle caratteristiche geometriche e formali.

Si tratta di un prodotto che assolve ai requisiti della norma per la progettazione degli interni, ma allo stesso tempo tiene in considerazione anche aspetti di comfort e di benessere (ad esempio non realizza solo una illuminazione diretta finalizzata alla riduzione dei consumi elettrici, ma offre anche un'illuminazione indiretta molto apprezzata dagli utenti). Il progetto nasce da una rivisitazione di una precedente ricerca svolta per ENEA con lo scopo di arrivare ad un prototipo in tempi rapidi e dal costo contenuto. Per quanto riguarda gli aspetti di variabilità e flessibilità, il sistema progettato offre un'emissione luminosa diretta e

indiretta con possibilità per l'utente di regolarne l'intensità e la tonalità della luce in un intervallo di temperatura correlata di colore tra 3000K e 5000K.

Il secondo progetto, Asterim, pone l'accento sugli aspetti legati all'impatto che le nuove tecnologie e l'organizzazione del lavoro hanno sugli spazi, sugli individui e, come conseguenza, sui sistemi di illuminazione. Anche per questo sistema, il progetto ha fatto ampio ricorso a tecniche di prototipazione rapida e a componenti disponibili sul mercato in modo da contenere i costi in attrezzature di produzione. Gli scenari immaginati sono 4 e risultano i seguenti:

- Scenario 1 – Workshop: illuminazione estesa diretta e indiretta per il lavoro in team;
- Scenario 2 - Focus: illuminazione focalizzata diretta e indiretta per il lavoro individuale;
- Scenario 3 - Haven: illuminazione diretta per la concentrazione e privacy;
- Scenario 4 - Relax: illuminazione indiretta per il relax (con eventuale modulo ART).

Il sistema concepito offre un'illuminazione diretta/indiretta che può essere personalizzata non solo in termini di intensità e temperatura correlata di colore (3000K-6500K), ma anche dal punto di vista della distribuzione spaziale del flusso luminoso sul compito visivo e sul soffitto.

La parte finale della relazione si focalizza su una serie di verifiche sperimentali che sarebbe opportuno mettere in atto per verificare l'importanza dell'illuminazione delle postazioni di lavoro anche dal punto di vista del benessere e della soddisfazione psico-percettiva dell'individuo.

15 Allegati attività B

15.1 Allegato 4: Disegni e modello 3D del Prototipo COOELO (Attività B1)

Cartella compressa COOELO_MODELLO contenente:

Cartella COOELO_DXF:

- 01_Struttura riflettore COOELO.dxf
- 02_Cover motore luminoso COOELO.dxf
- 03_Case Interno COOELO.dxf
- 04_Case Interno centrale COOELO.dxf
- 05_Fosforo remoto Intematix.dxf
- 06_Furukawa MCPet.dxf
- 07_Dissipatore SK501 COOELO.dxf
- 08_Posizionamento LED.dxf
- COOELO_completo_Assembling.dxf

Cartella COOELO_STEP

- 01_Struttura riflettore COOELO.step
- 02_Cover motore luminoso COOELO.step
- 03_Case Interno COOELO.step
- 04_Case Interno centrale COOELO.step
- 05_Fosforo remoto Intematix.step
- 06_Furukawa MCPet.step
- 07_Dissipatore SK501 COOELO.step
- 08_Posizionamento LED.step
- COOELO_completo_Assembling.step

15.2 Allegato 5: File fotometrici di interscambio prototipo COOELO

15.3 Allegato 6: Disegni e modello 3D del Prototipo Asterism (Attività B2)

Cartella compressa Asterism_MODELLO contenente:

Cartella Asterism_DXF:

- 01_Schermatura diretta.dxf
- 02_Dissipatore diretta.dxf
- 03_Schermatura indiretta.dxf
- 04_Dissipatore indiretta.dxf
- 05_Connessione moduli indiretta superiore.dxf
- 06_Connessione moduli indiretta inferiore.dxf
- 07_Connessione moduli diretta estremo superiore.dxf
- 08_Connessione moduli diretta estremo inferiore.dxf
- 09_Connessione moduli diretta centrale dx.dxf
- 10_Connessione moduli diretta centrale sx.dxf
- Completo Assembly Asterism IT.dxf

Cartella Asterism_STEP

- 01_Schermatura diretta.step
- 02_Dissipatore diretta.step
- 03_Schermatura indiretta.step
- 04_Dissipatore indiretta.step
- 05_Connessione moduli indiretta superiore.step
- 06_Connessione moduli indiretta inferiore.step
- 07_Connessione moduli diretta estremo superiore.step
- 08_Connessione moduli diretta estremo inferiore.step
- 09_Connessione moduli diretta centrale dx.step
- 10_Connessione moduli diretta centrale sx.step
- Completo Assembly Asterism IT.step

15.4 Allegato 7: File fotometrici di interscambio prototipo Asterism

16 Riferimenti bibliografici

-
- ¹ Hamilton, d. K., Watkins, d.h., Evidence-Based Design for Multiple Building Types: Applied Research-Based Knowledge for Multiple Building Types, Ed. John Wiley & Sons, New York,2008
 - ² Active ageing and solidarity between generations. A statistical portrait of the European Union 2012 – Eurostat Statistical books (2012) ISBN 978-92-79-21507-0 - ISSN 1830-7906 doi: 10.2785/17758
 - ³ Lalive d'Epinay, C., Christe, E., Coenen-Huther, J., Hagmann, H.-M., Jeanneret, O., Junod, J.- P., Kellerhals, J., Raymond, L., Shellhorn, J.-P., Wirth, G. and De Wurstenberger, B. (1983) Vieillesse. Situations, Itinéraires Et Modes De Vie Des Personnes Âgées Aujourd'hui, Saint-Saphorin, Georgi.
 - ⁴ Active ageing and solidarity between generations. A statistical portrait of the European Union 2012 – Eurostat Statistical books (2012) ISBN 978-92-79-21507-0 - ISSN 1830-7906 doi:10.2785/17758
 - ⁵ Assunta D’Innocenzo (2012) Sondaggio di AeA Informa: Invecchiare a casa propria, esigenze e comportamenti I risultati di un’indagine qualitativa nell’universo “anziani” in AeA Informa n. 1 "Le esigenze abitative degli anziani: così simili, ma anche tanto diverse"
 - ⁶ Assunta D’Innocenzo (2012) Sondaggio di AeA Informa: Invecchiare a casa propria, esigenze e comportamenti I risultati di un’indagine qualitativa nell’universo “anziani” in AeA Informa n. 1 "Le esigenze abitative degli anziani: così simili, ma anche tanto diverse"
 - ⁷ Noelker, Linda; Browdie, Richard (August 22, 2013). "Sidney Katz, MD: A New Paradigm for Chronic Illness and Long-Term Care". *The Gerontologist*. doi:10.1093/geront/gnt086. Retrieved May 9, 2015
 - ⁸ Assunta D’Innocenzo (2012) Sondaggio di AeA Informa: Invecchiare a casa propria, esigenze e comportamenti I risultati di un’indagine qualitativa nell’universo “anziani” in AeA Informa n. 1 "Le esigenze abitative degli anziani: così simili, ma anche tanto diverse"
 - ⁹ Verrillo, R. T. & Verrillo, V. (1985). Sensory and perceptual performance. In N.Charness (Ed.), *Aging and human performance* (pp. 1-46). New York: John Wiley & Sons.
 - ¹⁰ Boyce P.(2003), *Human Factors in Lighting*, [2ND edition] Capitolo 12 Lighting for the elderly, Taylor and Francis, New York & London
 - ¹¹ Evans JR, Fletcher AE, Wormald RPL, Siu-Woon Ng E, Stirling S, Smeeth L, Breeze E, Bulpitt CJ, Nunes M, Jones D, Tulloch A (2002) Prevalence of visual impairment in people aged 75 years and older in Britain: results from the MRC trial of assessment and management of older people in the community. *British Journal of Ophthalmology*, 86: 795-800.
 - ¹² Nelson P, Aspinall P, Pappasouliotis O, Worton B, O’Brien C (2003) Quality of Life in Glaucoma and its Relationship with Visual Function. *Journal of Glaucoma*, 12: 139-150.
 - ¹³ Dr. Asha Hegde, RID, IESNA, IDEC, LC. (2012) Color for the Older Adults: Do they see what I see? June 12, 2012
 - ¹⁴ Piti Irawan, James A. Ferwerda, and Stephen R. Marschner, " Perceptually Based Tone Mapping of High Dynamic Range Image Streams", Eurographics Symposium on Rendering (2005)
 - ¹⁵ Russel Foster (2012) "Light and time: the discovery of a third photoreceptor system within the eye" 2012 Holst Memorial Lecture and Symposium
 - ¹⁶ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments, Leon 05
 - ¹⁷ Noell-Waggoner, Eunice, LIGHTING IN NURSING HOMES – THE UNMET NEED, LC, IESNA, International Commission on Illumination Publication: CIE 031:2006 "Proceedings of the 2nd CIE Expert Symposium Lighting and Health"
 - ¹⁸ Dementia-Friendly Design Considerations, Murray Alzheimer Research and Education Program (MAREP) in collaboration with the Alzheimer Knowledge Exchange (AKE) Design and Dementia Community of Practice and is a supplement to the ‘Alzheimer Knowledge Exchange Design and Dementia Community of Practice Dementia-Friendly Design Considerations
 - ¹⁹ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments, Leon 05

-
- ²⁰ Helle Wijk, Stig Berg, Birgitta Bergman, Anne Bo ¨rjesson Hanson, Lars Sivik and Bertil Steen, (2002) Colour perception among the very elderly related to visual and cognitive function, 2002 Nordic College of Caring Sciences, Scand J Caring Sci
- ²¹ Yao-Jen Chang, Shu-Ming Peng, Tsen-Yung Wang, Shu-Fang Chen, Yan-Ru Chen and Hung-Chi Chen (2010) Autonomous indoor wayfinding for individuals with cognitive impairments, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2010, 7:45 doi:10.1186/1743-0003-7-45
- ²² Manlio Matera (2007) La luce della mente. La stimolazione sensoriale nella cura della demenza senile, Anno luce 2007, Light tales from 12 months (capitolo di un libro presente in Laboratorio)
- ²³ Staal JA, Sacks A, Matheis R, Collier L, Calia T, Hanif H, Kofman ES. (2007) The Effects of Snoezelen (MultiSensory Behavior Therapy) and Psychiatric Care on Agitation, Apathy, and Activities of Daily Living in Dementia Patients on a Short Term Geriatric Psychiatric Inpatient Unit Int J Psychiatry Med. 2007;37(4):357-70.
- ²⁴ Borland I (2010) The effectiveness of Snoezelen sensory-based behavioural therapy on individuals with Dementia, Mental Health CATs. Paper 16. Pacific University CommonKnowledge <http://commons.pacificu.edu/otmh/16>
- ²⁵ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments, Leon 05
- ²⁶ Campbell, V. A., Crews, J. E., Moriarty, D. G., Zack, M. M., & Blackman, D. K. (1999). Surveillance for sensory impairment, activity limitations, and health-related quality of life among older adults - United States, 1993-1997 (Rep. No. 48(SS08)). Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention.
- ²⁷ Tinetti M and Speechley M (1989) Prevention of Falls Among the Elderly. The New England Journal of Medicine, 320: 1055-9.
- ²⁸ National Center for Health Statistics (2001). New series of reports to monitor health of older Americans.
- ²⁹ Scuffham P, Legood R, Wilson E, Kennedy-Martin T (2002) The incidence and cost of injurious falls associated with visual impairment in the UK. Visual Impairment Research, 4: 1-14.
- ³⁰ Hill LD, Haslam RA, Howart PA, Brooke-Wavell K, Sloane JE (2000) Safety of Older People on Stairs: Behavioural Factors. London: Department of Trade and Industry.
- ³¹ Boyce P.(2003), Human Factors in Lighting, [2ND edition] Capitolo 12 Lighting for the elderly, Taylor and Francis, New York & London (capitolo di un libro)
- ³² Seeing it from their side – supporting sight loss in older people’s services, Environment and lighting - a presentation by Peter Hodgson, Thomas Pocklington Trust
- ³³ Lighting the homes of people with sight loss: an overview of recent research, a publication presents findings from a review conducted by Dr John Percival. (Occasional Paper Number 13 September 2007)
- ³⁴ Research Discussion Paper 11 June 2013, Improving lighting, improving lives Published by Thomas Pocklington Trust
- ³⁵ Mariana G Figueiro, Barbara Plitnick, Mary S Rea, Laura Z Gras and Mark S Rea, (2011) Lighting and perceptual cues: Effects on gait measures of older adults at high and low risk for falls, Figueiro et al. BMC Geriatrics 2011, 11:49 <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/11/49>
- ³⁶ Seeing it from their side – supporting sight loss in older people’s services, Environment and lighting - a presentation by Peter Hodgson, Thomas Pocklington Trust
- ³⁷ Lighting the homes of people with sight loss: an overview of recent research, a publication presents findings from a review conducted by Dr John Percival. (Occasional Paper Number 13 September 2007)
- ³⁸ Research Discussion Paper 11 June 2013, Improving lighting, improving lives Published by Thomas Pocklington Trust
- ³⁹ J M Torrington and P R Tregenza, Lighting for people with dementia, Lighting Research and Technology 2007 39: 81, DOI: 10.1177/1365782806074484
- ⁴⁰ Research Discussion Paper 11 June 2013, Improving lighting, improving lives Published by Thomas Pocklington Trust
- ⁴¹ L. Izsó, D.Sc., E. Lang, Ph.D., and L. Laufer, Department of Ergonomics and Psychology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary; S. Suplicz, Budapest Tech Polytechnical Institution,

-
- Hungary; and Á. Horváth, Budapest Tech Polytechnical Institution, Hungary (2009), *Psychophysiological, Performance and Subjective Correlates of Different Lighting Conditions*, Sage Publications, *Lighting Research and Technology* ISSN: 1477-1535, Volume: 41, Issue: 4, Pages: 349-360
- ⁴² L. Laufer, E. Láng, L. Izsó, and E. Németh, Department of Ergonomics and Psychology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary, *Psychophysiological Effects of Coloured Lighting on Older Adults*, Sage Publications, *Lighting Research and Technology*, 2009 (p. 371-378) (progetto ALADIN)
- ⁴³ L. Izsó, D.Sc., and L. Laufer, Department of Ergonomics and Psychology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary; and S. Suplicz, Budapest Tech Polytechnical Institution, Hungary, (2009) *Effects of Dynamic Lighting on the Visual Performance of Older Adults*, Sage Publications, *Lighting Research and Technology*, ISSN: 1477-1535, Volume: 41, Issue: 4, Pages: 361-370
- ⁴⁴ Igor Knez, associate professor and Christina Kers, B.S. student, Department of Psychology, University of Gavle, Sweden (2000) *Effects of Indoor Lighting, Gender, and Age on Mood and Cognitive Performance*, Sage Publications, *Environment and Behavior*, ISSN: 0013-9165, Volume: 32, Issue: 6, Pages: 817-831.
- ⁴⁵ Rea, M. S.; Ouellette, M. J.(1991), *Relative visual performance: a basis for application*, *Lighting Research & Technology*, 23, 3, pp. 135-144, 1991-09-01
- ⁴⁶ L. Laufer, E. Láng, L. Izsó, and E. Németh, Department of Ergonomics and Psychology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary, *Psychophysiological Effects of Coloured Lighting on Older Adults*, Sage Publications, *Lighting Research and Technology*, 2009 (p. 371-378) (progetto ALADIN)
- ⁴⁷ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, *New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments*, Leon 05
- ⁴⁸ Mariana G. Figueiro, Gregory Eggleston, and Mark S. Rea *Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, NY, 12180, Effects of light Exposure on Behaviour of Alzheimer's Patients – A pilot study*
- ⁴⁹ Mariana G Figueiro*, Natalia Z Lesniak and Mark S Rea (2011), *Implications of controlled short-wavelength light exposure for sleep in older adults*, Figueiro et al. *BMC Research Notes* 2011, 4:334 <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/4/334>
- ⁵⁰ M. S. Rea, M. G. Figueiro, A. Bierman and R. Hamner, (2011) *Modeling the spectral sensitivity of the human circadian system*, *Lighting Research and Technology* published online 14 December 2011 DOI: 10.1177/1477153511430474
- ⁵¹ Philip D. Sloane, MD, MPH, Christianna S. Williams, PhD, C. Madeline Mitchell, MURP, John S. Preisser, PhD, Wendy Wood, PhD, Ann Louise Barrick, PhD, Susan E. Hickman, PhD, Karminder S. Gill, MSPH, Bettye Rose Connell, PhD, Jack Edinger, PhD, and Sheryl Zimmerman, PhD, *High-Intensity Environmental Light in Dementia: Effect on Sleep and Activity*, (*JAGS* 55:1524–1533, 2007, The American Geriatrics Society)
- ⁵² Noell-Waggoner, Eunice, *LIGHTING IN NURSING HOMES – THE UNMET NEED*, LC, IESNA, International Commission on Illumination Publication: CIE 031:2006 "Proceedings of the 2nd CIE Expert Symposium Lighting and Health"
- ⁵³ Hilary Dalke, Paul J Littlefair, David L Loe, BRE London South Bank, University, (2004)
- ⁵⁴ *Lighting and colour for hospital design, A Report on an NHS Estates Funded Research Project*
- ⁵⁵ The Society of Light and Lighting, Part of the Chartered Institution of Building Services Engineers, (November 2004) *LIGHTING FOR PEOPLE WHO ARE VISUALLY IMPAIRED*, *Factlife n8*
- ⁵⁶ IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) (1998) *Recommended Practice for Lighting and the Visual Environment for Senior Living*. New York: IESNA.
- ⁵⁷ Percival J (2007) *Lighting the homes of people with sight loss: an overview of recent research*. Occasional Paper Number 13 September 2007, Thomas Pocklington Trust
- ⁵⁸ Percival J (2007) *Lighting the homes of people with sight loss: an overview of recent research*. Occasional Paper Number 13 September 2007, Thomas Pocklington Trust
- ⁵⁹ John I. Gilderbloom and John P. Markham,(1996) *Housing Modification Needs of the Disabled Elderly: What Really Matters?* Sage Publications, ISSN: 0013-9165, Volume: 28, Issue: 4, Pages: 512-535 Disponibile (parzialmente) su <http://www.deepdyve.com/lp/sage/housing-modification-needs-of-the-disabled-elderly-what-really-matters-wpj38VoK2H/1>

-
- ⁶⁰ David H. Slay, MA, (2002) Home-Based Environmental Lighting Assessments for People Who Are Visually Impaired: Developing Techniques and Tools, American Foundation for the Blind, Journal of Visual Impairment and Blindness ISSN: 0145-482X, Volume: 96, Issue: 2, Pages: 109-115
- ⁶¹ Lighting the homes of people with sight loss: an overview of recent research, a publication presents findings from a review conducted by Dr John Percival. (Occasional Paper Number 13 September 2007)
- ⁶² DH (Department of Health) (2001) National Service Framework for Older People: Executive Summary. London: Department of Health
- ⁶³ Boyce P.(2003), Human Factors in Lighting, [2ND edition] Capitolo 12 Lighting for the elderly, Taylor and Francis, New York & London
- ⁶⁴ P. Boyce (2011) Matching lighting to sight loss. Research Discussion Paper number 5 Thomas Pocklington Trust
- ⁶⁵ Patricia Rizzo (2007), Lighting for Universal Design, www.UltimateHomeDesign.com • Issue 07 • January/February 2007
- ⁶⁶ Patricia Rizzo, (2007) Lighting Design Process for the first optimum Performance Home TM, Sandhya Parameswaran, Rui (Nancy) Qi, Robert Soler & Justin Bosy, www.UltimateHomeDesign.com • Issue 08 • March/April 2007
- ⁶⁷ ANSI/IESNA (Recommended Practice) RP-28-2007 Lighting and the Visual, Environment for Senior Living
- ⁶⁸ Lighting the homes of people with sight loss: an overview of recent research, a publication presents findings from a review conducted by Dr John Percival. (Occasional Paper Number 13 September 2007)
- ⁶⁹ AARP BOOK 1 – LIGHTING THE WAY A KEY FOR INDIPENDENCE retrieved the 03/03 /2014 <http://www.lrc.rpi.edu/programs/lighthealth/aarp/pdf/aarpbook1.pdf>
- ⁷⁰ Wenting Cheng, Jiaqi Ju, Yaojie Sun, and Yandan Lin (2011), The Effect of LED Lighting on Color Discrimination and Preference of Elderly People, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries 00 (0) 1–8 (2011)
- ⁷¹ Lighting Research Center: Lighting the way: a Key to Independence (2001) <http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/AARP/pdf/AARPbook2.pdf>
- ⁷² Dalke H. and Corso A. (2013) Making an Entrance: Colour, contrast and the design of entrances to homes of people with sight loss Research Findings 39 Published by Thomas Pocklington Trust ISBN 978-1-906464-54-7
- ⁷³ J M Torrington and P R Tregenza, Lighting for people with dementia, Lighting Research and Technology 2007 39: 81, DOI: 10.1177/1365782806074484
- ⁷⁴ <https://www.automatedliving.com/>
- ⁷⁵ <http://www.castleos.com/>
- ⁷⁶ Dr. Asha Hegde, RID, IESNA, IDEC, LC. (2012) Color for the Older Adults: Do they see what I see? June 12, 2012
- ⁷⁷ Anjali Joseph, Ph.D., Director of Research, The Center for Health Design (August 2006), The Impact of Light on Outcomes in Healthcare Settings, The Center for Health Design, Issue 2
- ⁷⁸ Rea, M. S.; Ouellette, M. J.(1991), Relative visual performance: a basis for application, Lighting Research & Technology, 23, 3, pp. 135-144, 1991-09-01
- ⁷⁹ L. Izsó, D.Sc., E. Lang, Ph.D., and L. Laufer, (2009), Psychophysiological, Performance and Subjective Correlates of Different Lighting Conditions, Sage Publications, Lighting Research and Technology ISSN: 1477-1535, Volume: 41, Issue: 4, Pages: 349-360
- ⁸⁰ L. Izsó, D.Sc., and L. Laufer, (2009) Effects of Dynamic Lighting on the Visual Performance of Older Adults, Sage Publications, Lighting Research and Technology, ISSN: 1477-1535, Volume: 41, Issue: 4, Pages: 361-370
- ⁸¹ Igor Knez, and Christina Kers, B.S. (2000) Effects of Indoor Lighting, Gender, and Age on Mood and Cognitive Performance, Sage Publications, Environment and Behavior, ISSN: 0013-9165, Volume: 32, Issue: 6, Pages: 817-831.
- ⁸² Watson,D., Clark,L.A., &Tellegen,A.(1988). Development and validation of brief measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scales. Journal of Personality and Social Psychology, 54, 1063-1070

-
- ⁸³ Satlin, A., Volicer, L., Ross, V., Herz, L., & Campbell, S. (1992). Bright light treatment of behavioral and sleep disturbances. *American Journal of Psychiatry*, 149(8), 1028.
- ⁸⁴ M. S. Rea, M. G. Figueiro, A. Bierman and R. Hamner, (2011) Modeling the spectral sensitivity of the human circadian system, *Lighting Research and Technology* published online 14 December 2011 DOI: 10.1177/1477153511430474
- ⁸⁵ M. S. Rea, M. G. Figueiro, A. Bierman and R. Hamner, (2011) Modeling the spectral sensitivity of the human circadian system, *Lighting Research and Technology* published online 14 December 2011 DOI: 10.1177/1477153511430474
- ⁸⁶ J M Torrington and P R Tregenza, *Lighting for people with dementia*, *Lighting Research and Technology* 2007 39: 81, DOI: 10.1177/1365782806074484
- ⁸⁷ Philip D. Sloane, MD, MPH, Christianna S. Williams, PhD, C. Madeline Mitchell, MURP, John S. Preisser, PhD, Wendy Wood, PhD, Ann Louise Barrick, PhD, Susan E. Hickman, PhD, Karminder S. Gill, MSPH, Bettye Rose Connell, PhD, Jack Edinger, PhD, and Sheryl Zimmerman, PhD, High-Intensity Environmental Light in Dementia: Effect on Sleep and Activity, (*JAGS* 55:1524–1533, 2007, The American Geriatrics Society)
- ⁸⁸ Sharon J. Gochenour, Marilyn Andersen, (2009), *Circadian Effects of Daylighting in a Residential Environment*, In *Proceedings LuxEuropa 2009 – Istanbul*, Sept 9-11, 2009.
- ⁸⁹ Shochat, T., Martin, J., Marler, M., & Ancoli-Israel, S. (2000). Illumination levels in nursing home patients: Effects on sleep and activity rhythms. *Journal of Sleep Research*, 9(4), 373-379.
- ⁹⁰ Prof. Emeritus Dr. Serge Daan FRSC (2012) *Evolution in light and darkness: the importance of timing in nature*, 2012 Holst Memorial Lecture and Symposium
- ⁹¹ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, *New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments*, Leon 05
- ⁹² MG Figueiro (2008) *A proposed 24 h lighting scheme for older adults* doi: 10.1177/1477153507087299 *Lighting Research and Technology* June 2008 vol. 40 no. 2 153-160
- ⁹³ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, *New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments*, Leon 05
- ⁹⁴ Mariana G. Figueiro, Gregory Eggleston, and Mark S. Rea *Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, NY, 12180, Effects of light Exposure on Behaviour of Alzheimer’s Patients – A pilot study*
- ⁹⁵ Mariana G Figueiro*, Natalia Z Lesniak and Mark S Rea (2011), *Implications of controlled short-wavelength light exposure for sleep in older adults*, Figueiro et al. *BMC Research Notes* 2011, 4:334 <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/4/334>
- ⁹⁶ Patricia Rizzo, (2007) *Lighting Design Process for the first optimum Performance Home TM*, Sandhya Parameswaran, Rui (Nancy) Qi, Robert Soler & Justin Bosy, www.UltimateHomeDesign.com • Issue 08 • March/April 2007
- ⁹⁷ Mariana G. Figueiro, Mark S. Rea PhD, *New research in the light and health field is expanding the possibilities for LED lighting in healthcare environments*, Leon 05
- ⁹⁸ J M Torrington and P R Tregenza, *Lighting for people with dementia*, *Lighting Research and Technology* 2007 39: 81, DOI: 10.1177/1365782806074484
- ⁹⁹ Mariana G Figueiro, Barbara Plitnick, Mary S Rea, Laura Z Gras and Mark S Rea, (2011) *Lighting and perceptual cues: Effects on gait measures of older adults at high and low risk for falls*, Figueiro et al. *BMC Geriatrics* 2011, 11:49 <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/11/49>
- ¹⁰⁰ Mariana G Figueiro, Barbara Plitnick, Mary S Rea, Laura Z Gras and Mark S Rea, (2011) *Lighting and perceptual cues: Effects on gait measures of older adults at high and low risk for falls*, Figueiro et al. *BMC Geriatrics* 2011, 11:49 <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/11/49>
- ¹⁰¹ David H. Slay, MA, (2002) *Home-Based Environmental Lighting Assessments for People Who Are Visually Impaired: Developing Techniques and Tools*, American Foundation for the Blind, *Journal of Visual Impairment and Blindness* ISSN: 0145-482X, Volume: 96, Issue: 2, Pages: 109-115

- ¹⁰² Rosalyn Cama, Jennifer DuBose, Craig Zimring (2013) The New Normal Worksheet of New Functions for Inpatient Lighting Systems Healthcare Design, November 2013
- ¹⁰³ <http://archetypeld.com/index.html>
- ¹⁰⁴ <http://interactivefurniture.de/en/concept-automatic-led-stair-light.html>
- ¹⁰⁵ Kempter, G., Seyringer, H., Pohl, W., Ulmer, T., Atz, H. & Nedopil, C. (2012) Ambient Light Guiding System for the Mobility Support of Elderly People AAL JP (AAL-2011-4-033)
- ¹⁰⁶ Guido Kempter, Walter Ritter and Markus Canazei, Using Light Guiding to Structure Everyday Life Conference Proceedings
- ¹⁰⁷ Markus Laner (2013) Produktentwicklung für ältere Menschen unter Berücksichtigung wahrnehmungspsychologischer und – 26.06.2013 Standortagentur Tirol physiologischer Bedürfnisse
- ¹⁰⁸ Guido Kempter, Walter Ritter and Andreas Künz (2013) Guiding Light for the Mobility Support of Seniors, Ambient Assisted Living 6. Ambient assisted Living Advanced Technologies and Societal Change AAL-Kongress 2013 Berlin, Germany, January 22–23, 2013 ISSN 2191-6853 ISSN 2191-6861 (electronic) ISBN 978-3-642-37987-1 ISBN 978-3-642-37988-8 (eBook) DOI 10.1007/978-3-642-37988-8
- ¹⁰⁹ Assunta D’Innocenzo (2012) Sondaggio di AeA Informa: Invecchiare a casa propria, esigenze e comportamenti I risultati di un’indagine qualitativa nell’universo “anziani” in AeA Informa n. 1 "Le esigenze abitative degli anziani: così simili, ma anche tanto diverse"
- ¹¹⁰ Evolve for vision. Evaluation of older people’s living environments
<http://www.housinglin.org.uk/Topics/browse/PhysicalDisability/?&msg=0&parent=991&child=8395>
- ¹¹¹ O’Neill, M. (2009). Future Work and Workplace. Knoll research white paper.
- ¹¹² walerczyk S. (2012) Human Centric Lighting Architectural SSL (www.architecturassl.com) p 20 - 26
- ¹¹³ Market Study Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency”, (2013)
- ¹¹⁴ The School Vision Lighting Solution accessed from <http://www.un.org/en/ecosoc/innovfair2011/docs/philips.pdf>
- ¹¹⁵ Elke Daemen, Roel Cuppen, Ingrid Flinsenber, Evert van Loenen and Roos Rajae-Joordens (2013) Adaptive Daily Rhythm Atmospheres for Stroke Patients - A patient evaluation in Proceedings of the Second European Conference on Design 4 Health 2013, 3 - 5 July 2013, Sheffield UK ISBN: 978-1-84387-373-0
- ¹¹⁶ Tackling work-related stress: adaptive relaxation space accessed from http://www.design.philips.com/about/design/designportfolio/design_futures/Tackling_work-related_stress_adaptive_relaxation_space.page
- ¹¹⁷ Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224, 420-421.
- ¹¹⁸ Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. New York: Cambridge University Press.
- ¹¹⁹ Kaplan, S. (2001). Meditation, restoration, and the management of mental fatigue. *Environment & Behavior*, 480-506.
- ¹²⁰ Berto, R. (2005). Exposure to restorative environments helps restore attentional capacity. *Journal of Environmental Psychology*, 249-259.
- ¹²¹ Finnegan, M. C. & Solomon, L. Z. (1981). Work attitudes in windowed vs. windowless environments. *The Journal of Social Psychology*, 115, 291-292.
- ¹²² Farley, K. M. J., & Veitch, J. A. (2001). A room with a view: A review of the effects of windows on work and wellbeing (IRC-RR-136). Ottawa, ON: National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Retrieved April 16, 2007, from <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/rr136/>.
- ¹²³ Elzeyadi, I.M.K. (2012). Quantifying the Impacts of Green Schools on People and Planet. Research presented at the USGBC Greenbuild Conference & Expo, San Francisco, November 2012, 48-60.
- ¹²⁴ Kim, S.Y. & J.J. Kim (2007). Effect of fluctuating illuminance on visual sensation in a small office. *Indoor and Built Environment* 16 (4): 331–343.
- ¹²⁵ Figueiro, M.G., J.A. Brons, B. Plitnick, B. Donlan, R.P. Leslie, & M.S. Rea (2011). Measuring circadian light and its impact on adolescents. *Light Res Technol.* 43 (2): 201-215.

-
- ¹²⁶ Beckett, M. & L.C. Roden (2009). Mechanisms by which circadian rhythm disruption may lead to cancer. *South African Journal of Science* 105, November/December 2009.
- ¹²⁷ Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). *14 Patterns of Biophilic Design*. New York: Terrapin Bright Green llc.
- ¹²⁸ The Future Workplace – Key trends that will affect employee wellbeing and how to prepare for them today (2014) Unum
- ¹²⁹ Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). *14 Patterns of Biophilic Design*. New York: Terrapin Bright Green llc.
- ¹³⁰ Sung Yong Chun, Chan-Su Lee, “Applications of Human Motion Tracking: Smart Lighting Control”, 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops
- ¹³¹ The Light. Global User Study on Perceived Lighting Quality in Offices: <http://www.zumtobel.weberhebung.de/english/>
- ¹³² Zumtobel Research - Lighting quality perceived in offices Phase 1 | Data Analysis Europe. Fraunhofer IAO, Stuttgart | DE Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn | AT March 2014 Zumtobel Research ISBN 978-3-902940-50-6
- ¹³³ Zumtobel Research - Lighting quality perceived in offices Phase 1 | Data Analysis Europe. Fraunhofer IAO, Stuttgart | DE Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn | AT March 2014 Zumtobel Research ISBN 978-3-902940-50-6
- ¹³⁴ A Borisuit, F Linhart, J-L Scartezzini and M Munch, “Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood”, *Lighting Res. Technol.* 2015; Vol. 47: 192–209
- ¹³⁵ Boyce PR et al. (2006). Lighting quality and office work: Two field simulation experiments. *Lighting Research and Technology*, 38(3), 191-223.
- ¹³⁶ Veitch JA, Newsham GR (2000). Preferred luminous conditions in open plan offices: Research and practice recommendations. *Lighting Research and Technology*, 32, 199-212.
- ¹³⁷ Houser KW et al. (2002). The subjective response to linear fluorescent direct/indirect lighting systems. *Lighting Research and Technology*, 34(3), 243-264.
- ¹³⁸ Zumtobel Research - Lighting quality perceived in offices Phase 1 | Data Analysis Europe. Fraunhofer IAO, Stuttgart | DE Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn | AT March 2014 Zumtobel Research ISBN 978-3-902940-50-6
- ¹³⁹ Zumtobel Research - Lighting quality perceived in offices Phase 1 | Data Analysis Europe. Fraunhofer IAO, Stuttgart | DE Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn | AT March 2014 Zumtobel Research ISBN 978-3-902940-50-6
- ¹⁴⁰ Veitch JA, Geerts J, Charles KE, Newsham GR, Marquardt CJG. Satisfaction with lighting in open-plan offices: COPE field findings: *Proceedings of Lux Europa 2005*. Berlin, Germany, pp. 414–417.
- ¹⁴¹ CIE (Commission Internationale de l’Éclairage), 1978. A unified framework of methods for evaluating visual performance aspects of lighting. *CIE 1978*; 19-2.
- ¹⁴² Boyce, P.R. (2004). Lighting research for interiors: the beginning of the end or the end of the beginning. *Lighting Research and Technology*, Vol. 36 No. 4:283-293
- ¹⁴³ A Borisuit, F Linhart, J-L Scartezzini and M Munch, “Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood”, *Lighting Res. Technol.* 2015; Vol. 47: 192–209
- ¹⁴⁴ Zumtobel Research - Lighting quality perceived in offices Phase 1 | Data Analysis Europe. Fraunhofer IAO, Stuttgart | DE Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn | AT March 2014 Zumtobel Research ISBN 978-3-902940-50-6
- ¹⁴⁵ Zumtobel Research - Lighting quality perceived in offices Phase 1 | Data Analysis Europe. Fraunhofer IAO, Stuttgart | DE Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn | AT March 2014 Zumtobel Research ISBN 978-3-902940-50-6
- ¹⁴⁶ REA, M.S., OUELLETTE, M.J., 1991. Relative visual performance: a basis for application. *Lighting Research and Technology* 23 (3), 135-144.

¹⁴⁷ CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), 2002. The correlation of models for vision and visual performance.
CIE 2002; 145

Nome dell'intervistato:

Data:

Informazioni generali sulle abitudini e la cultura dell'illuminazione domestica

- 1_Quando sono stati comprati gli apparecchi di illuminazione presenti in casa?
- 2_Chi si è occupato di tale scelta? (es: Da solo / su consiglio di un esperto)
- 3_Quali motivazioni / principi / valori / qualità hanno diretto l'acquisto di questi apparecchi di illuminazione?
(es: efficienza energetica, estetica dell'apparecchio, quantità di luce etc.)
- 4_Chi si occupa di fare manutenzione al sistema di illuminazione (riparazioni, pulizia, ricambio lampade)?
- 5_Ogni quanto? Per quanto tempo?
- 6_Hai modificato (comprato ulteriori) apparecchi di illuminazione oppure nuove sorgenti di illuminazione?
- 7_Se sì, per quale motivo? Quali caratteristiche di scelta (es. funzionalità / qualità)?

Informazioni generali sulle attitudini al cambiamento

(in relazione alla presa di coscienza della necessità di occuparsi della transizione verso la terza età)

1_ Senti l'esigenza di rinnovare il sistema di illuminazione domestico?

2_ Per quale motivo?

3_ Ritieni che l'illuminazione possa migliorare la tua qualità di vita?

4_ Se sì, in quale attività e utilizzo?

5_ Se pensi alla normale transizione verso l'età adulta (vecchiaia),
ritieni che qualche modifica all'illuminazione possa essere utile per migliorare la tua vita?

6_ Se sì, cosa cambieresti? Di cosa avresti bisogno?

1_PROBLEMA: SALUTE

Gli studi mostrano che esiste una concreta relazione tra la luce e la salute dell'uomo, in particolare sugli effetti che essa ha sulla qualità del riposo e sulla modulazione dei livelli di allerta, sulla regolazione dell'orologio biologico umano nelle diverse stagioni.

La sregolatezza dell'orologio biologico determina problemi alle funzioni cognitive e favorisce lo sviluppo dello stress, di malattie metaboliche e cardiovascolari e, in casi estremi, causa una limitata interazione sociale.

È inoltre noto che la depressione stagionale derivi da una ridotta esposizione alla luce in inverno.

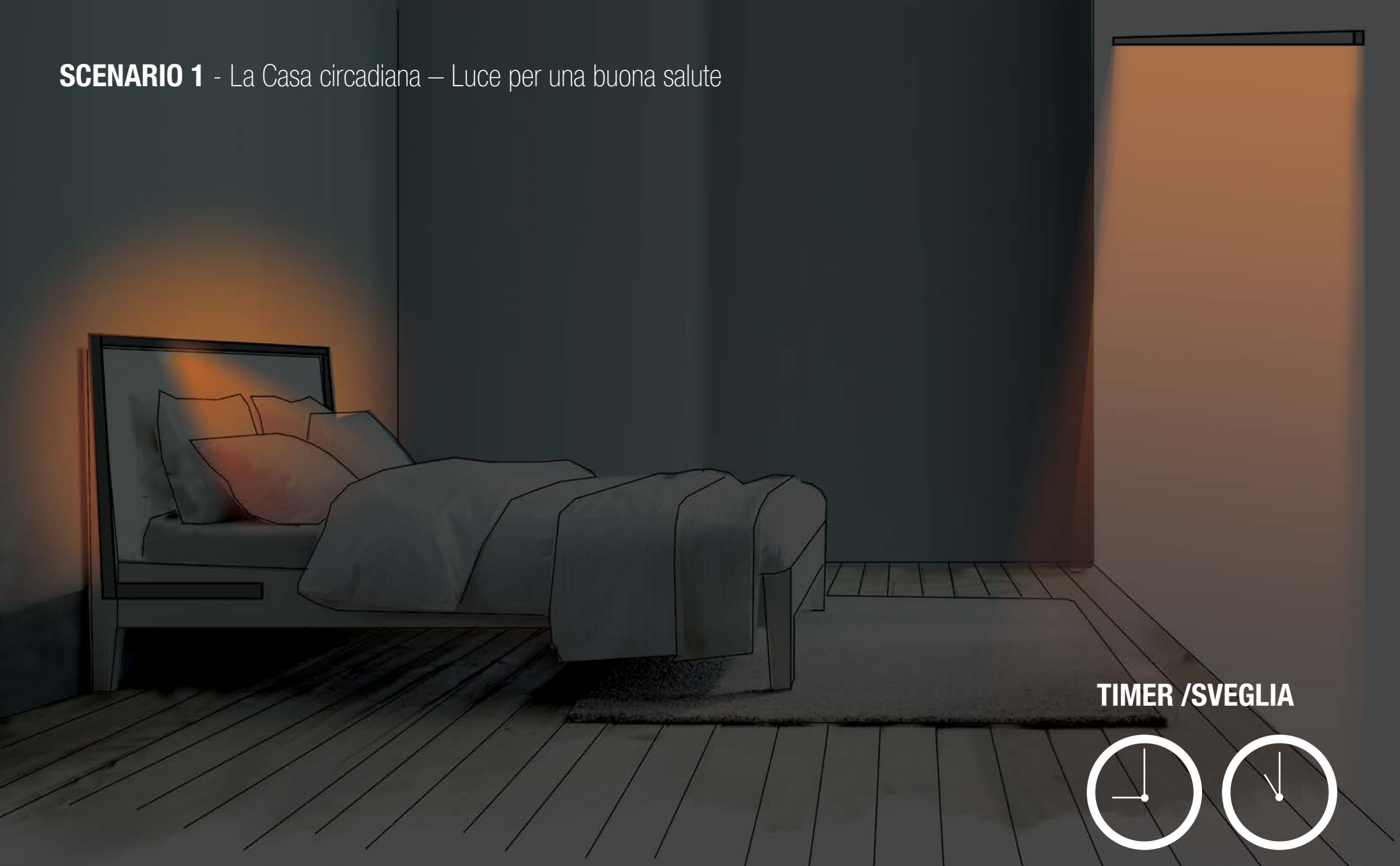
Inoltre la mancanza di vitamina D, legata allo sviluppo di malattie somatiche e al sopraggiungere dell'osteoporosi, deriva dalla limitata esposizione alla luce UV.

SCENARIO 1 - La Casa circadiana – Luce per una buona salute

La luce “terapeutica e curativa”

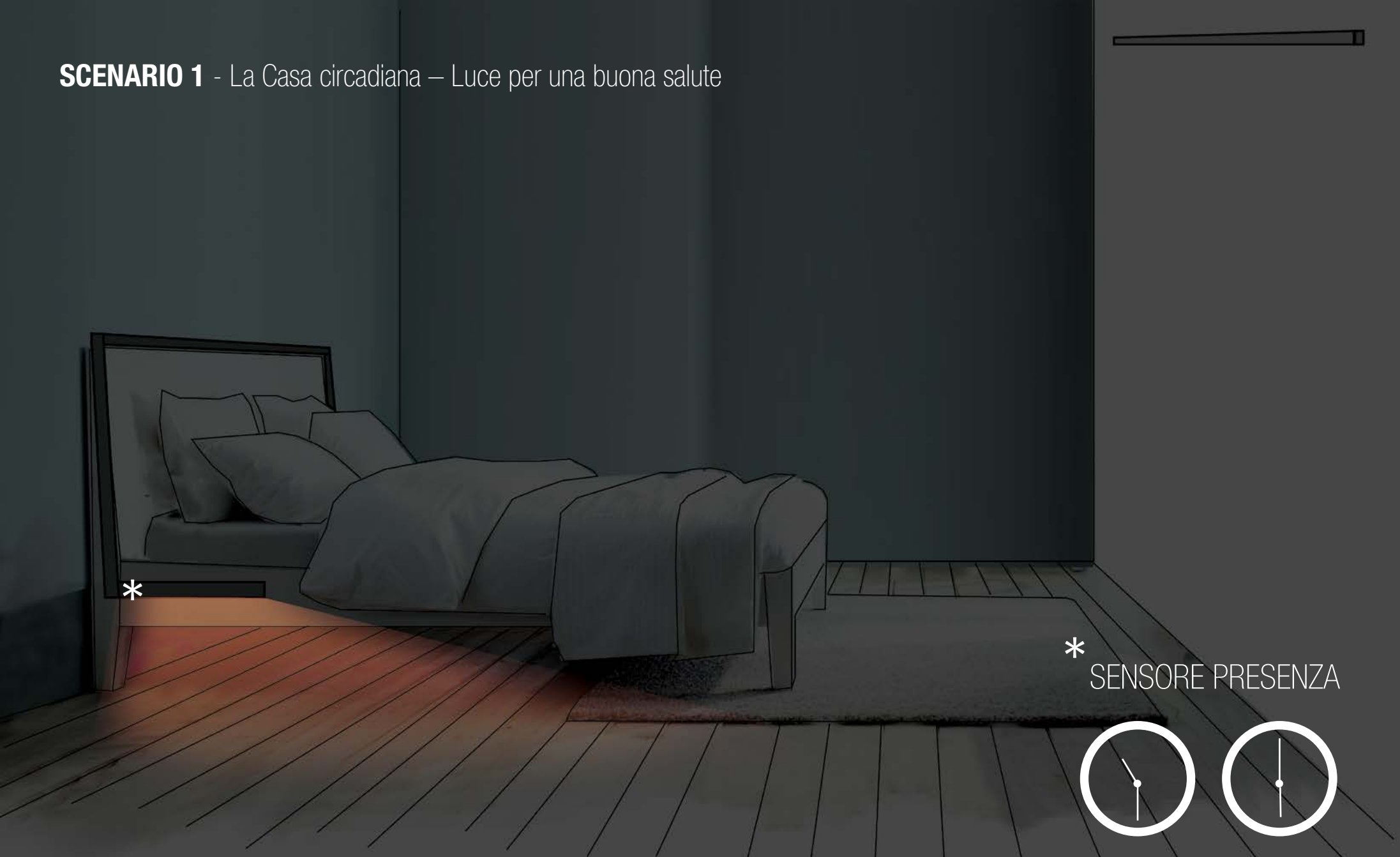
Lo scenario di una casa circadiana consiste in una abitazione che promuova la salute sincronizzando la luce con le attività e i ritmi circadiani (sonno-veglia) dei suoi occupanti rispetto ad un ciclo di 24 ore e tenendo in considerazione sia i cambiamenti stagionali che determinano la lunghezza della giornata sia i cambiamenti climatici che determinano la possibilità o meno di usufruire di luce naturale diurna diretta o diffusa in casa.

SCENARIO 1 - La Casa circadiana – Luce per una buona salute



h 21:00 - 23:00 - RICETTA DI LUCE PER IL RELAX per favorire l'addormentamento
La luce diminuisce gradualmente simulando un tramonto.

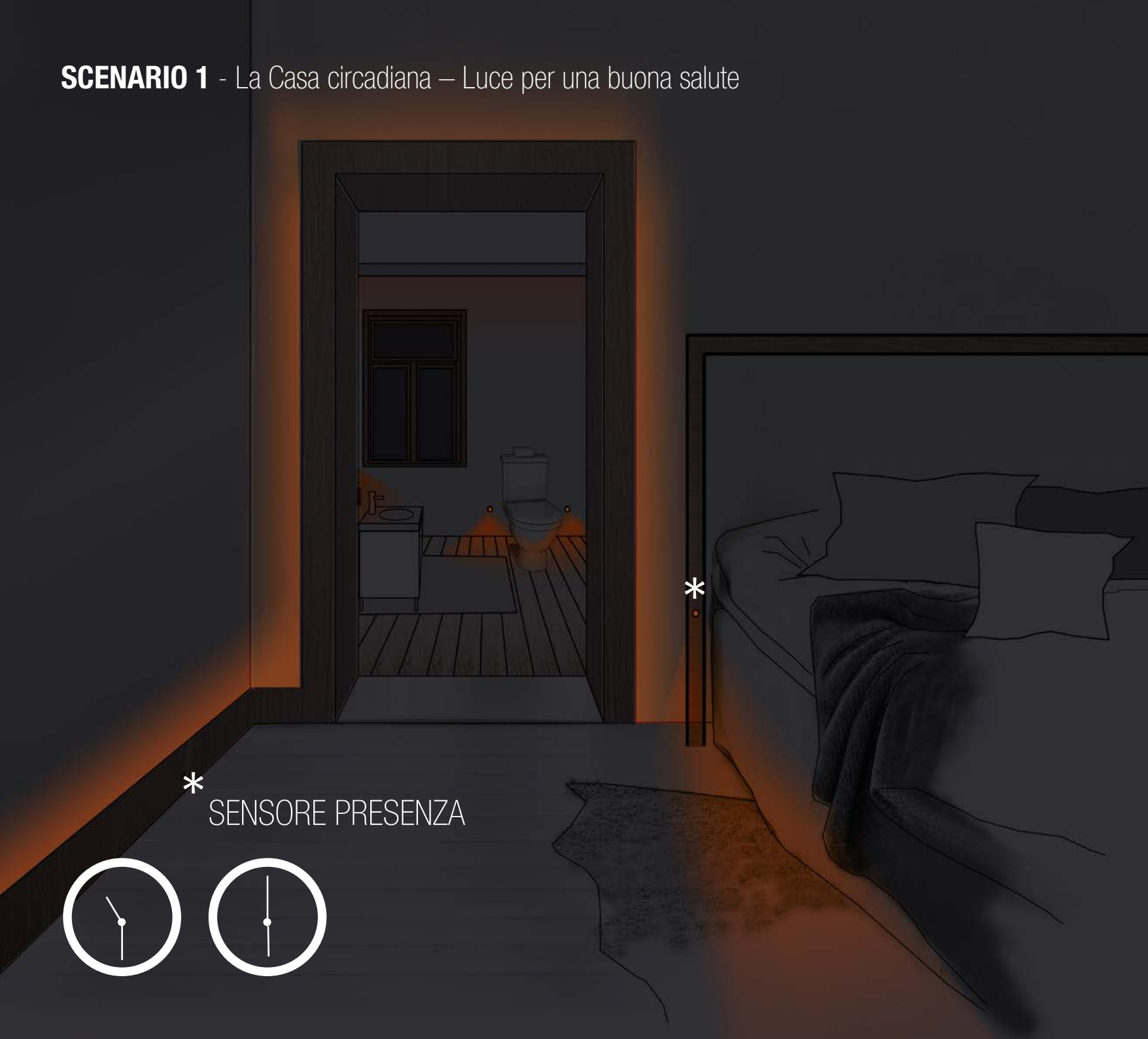
SCENARIO 1 - La Casa circadiana – Luce per una buona salute



h 23:30 - 06:00 - RICETTA DI LUCE PER LA SICUREZZA NOTTURNA per il risveglio notturno
La luce si accende gradualmente per illuminare il percorso verso il bagno

SCENARIO 1 - La Casa circadiana — Luce per una buona salute

h 23:30 - 06:00
RICETTA DI
LUCE PER LA
SICUREZZA
NOTTURNA per il
risveglio notturno



*
SENSORE PRESENZA



SCENARIO 1 - La Casa circadiana – Luce per una buona salute



*
SENSORE PRESENZA



h 23:30 - 06:00 - RICETTA DI LUCE PER LA SICUREZZA NOTTURNA per il risveglio notturno

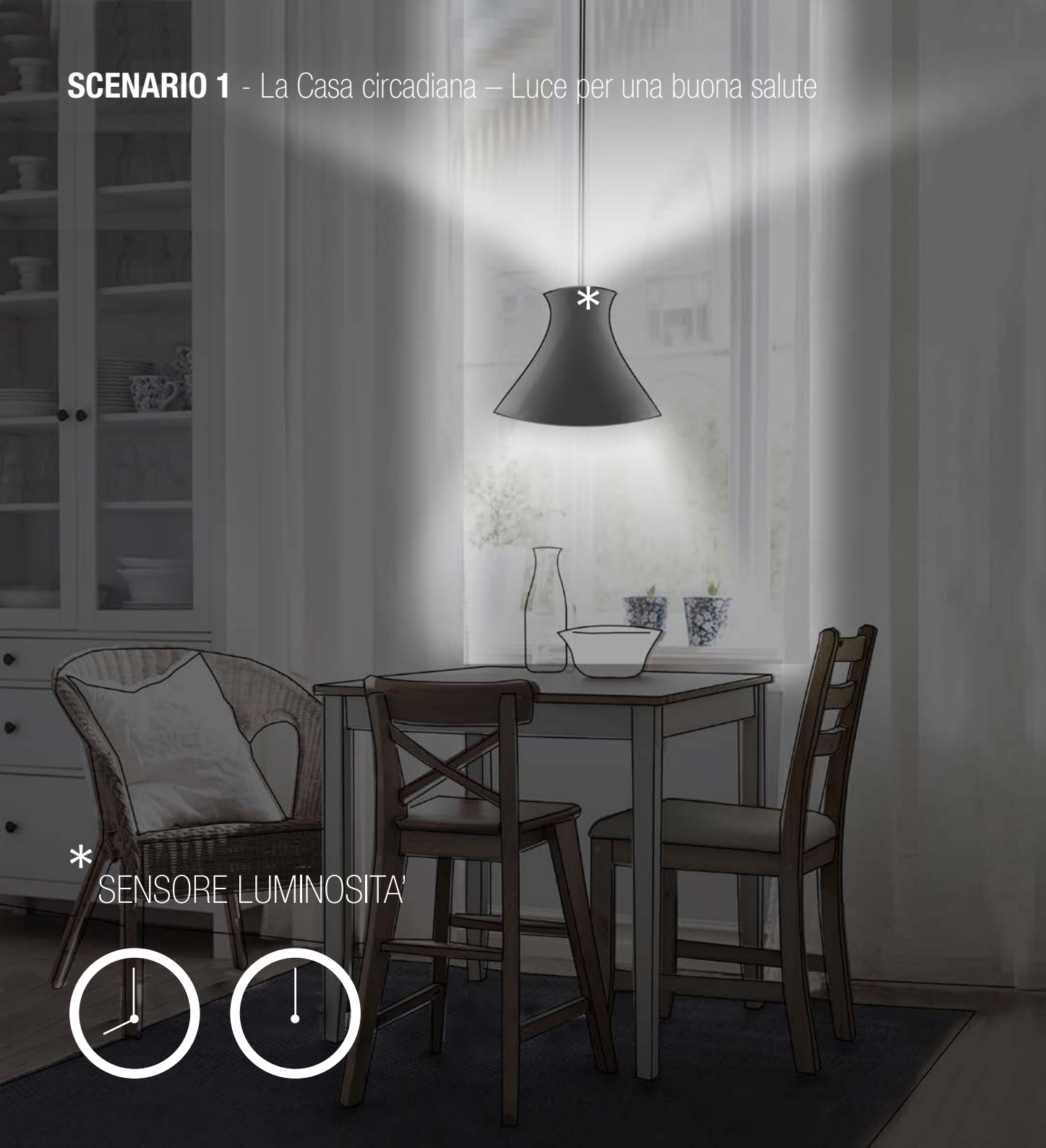
SCENARIO 1 - La Casa circadiana — Luce per una buona salute



h 07:00 - 09:00 - RICETTA DI LUCE PER IL RISVEGLIO

La luce si attiva gradualmente al risveglio simulando un'alba.

SCENARIO 1 - La Casa circadiana – Luce per una buona salute



h 08:00 - 12:00
RICETTA DI LUCE
ENERGIZZANTE

per favorire il risveglio e la concentrazione, nonché favorire la corretta esposizione alla luce policromatica che regola l'orologio biologico.

*
SENSORE LUMINOSITA'



SCENARIO 1 - La Casa circadiana — Luce per una buona salute



*
SENSORE LUMINOSITA'



h 08:00 - 12:00 RICETTA DI LUCE ENERGIZZANTE - per favorire il risveglio e la concentrazione

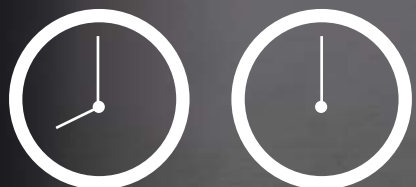
SCENARIO 1 - La Casa circadiana — Luce per una buona salute

h 08:00 - 12:00
RICETTA DI LUCE
ENERGIZZANTE

per favorire
il risveglio e la
concentrazione



*
SENSORE LUMINOSITA'



In relazione a questa tipologia di luce descritta,

- 1_ Trovi che una soluzione del genere potrebbe essere facilmente integrata nella tua casa?
- 2_ Trovi che possa infastidire la tua routine quotidiana?
- 3_ Trovi che la soluzione sia funzionale e utile?
- 4_ Quale di queste soluzioni pensi possa essere più interessante per te e perchè?

2_PROBLEMA: SICUREZZA DOMESTICA

Gli urti, ustioni, le cadute e gli avvelenamenti sono i maggiori incidenti che si verificano in casa non soltanto agli anziani ma anche alla popolazione adulta a causa di disattenzioni, stanchezza e stimoli molteplici che occorrono a distogliere l'attenzione dall'attività che cagiona l'incidente.

SCENARIO 2 - La Casa sicura – luce guida

La luce, seppur non completamente risolutiva, può aiutare a rendere la vita in casa più sicura soprattutto aumentando i livelli di illuminazione laddove è più rischioso o dove le attività richiedono maggiore concentrazione. Un ulteriore accorgimento è quello di illuminare le zone in cui si transita più spesso al fine di limitare le cadute.



Il sistema di illuminazione per una casa sicura aiuta nel:

Movimento e deambulazione in casa rivelando il percorso senza produrre abbagliamento e segnalando gli ingressi e le uscite come punti di riferimento luminescenti.

Tale sistema avrà un duplice scopo: di segnalazione luminosa e di distribuzione della luce vera e propria nei corridoi e nelle zone ritenute più a rischio della casa (ad esempio corridoi senza finestre, scale, gradini, etc);

BATTISCOPIA TECNICO LUMINOSO (di notte)

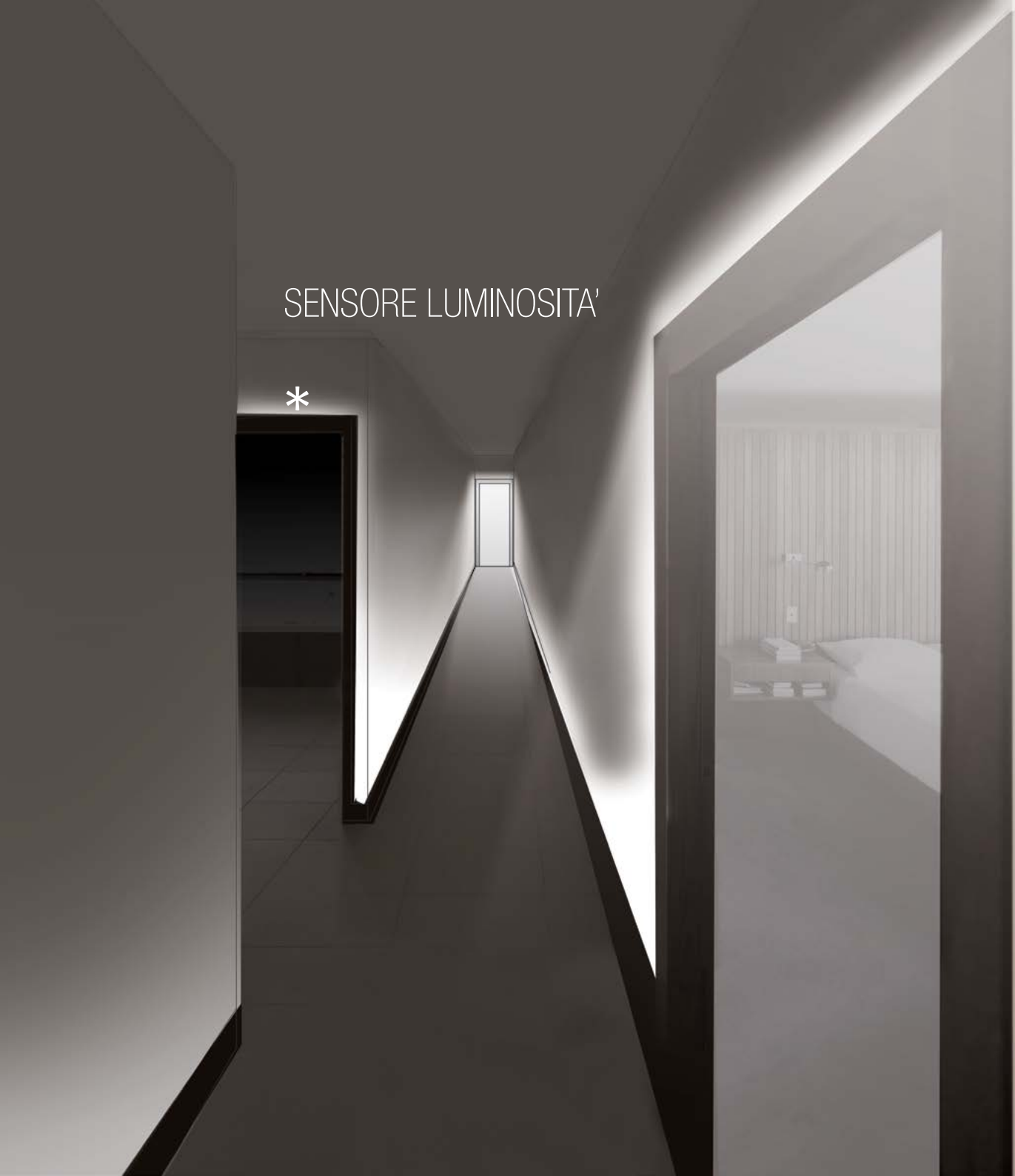
BATTISCOPIA E STIPITE TECNICO LUMINOSO (di notte)



Altamente customizzabile tale elemento verrà progettato in modo da poter essere integrato all'arredo e alle finiture del locale con particolare attenzione all'estetica complessiva.



BATTISCOPIA TECNICO LUMINOSO (di giorno)



SENSORE LUMINOSITA'



Il sistema di illuminazione per una casa sicura aiuta nell'

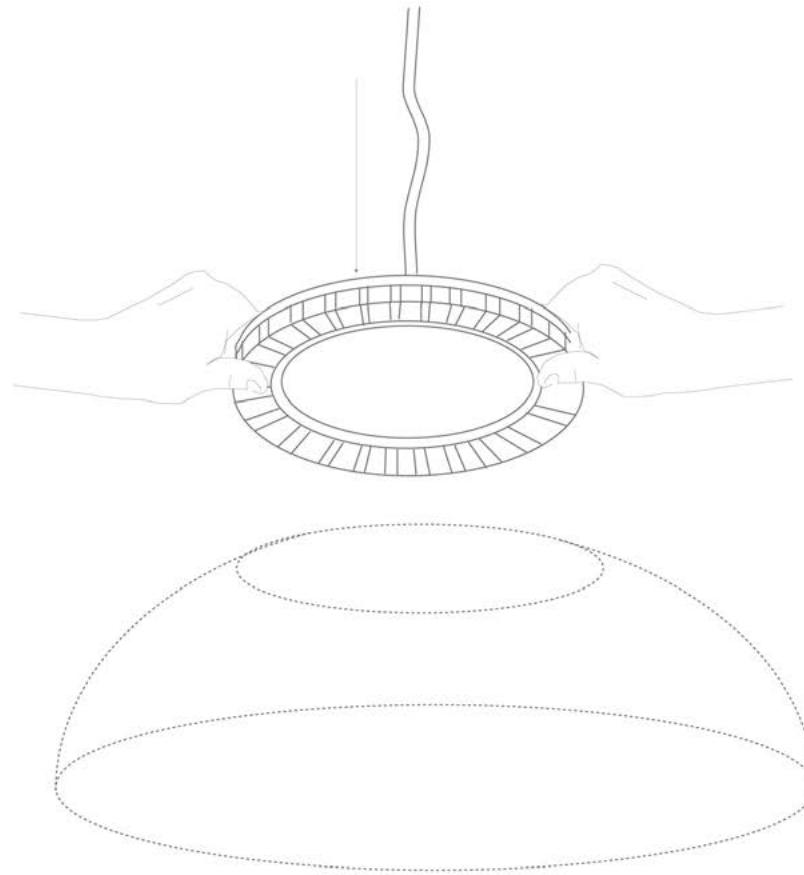
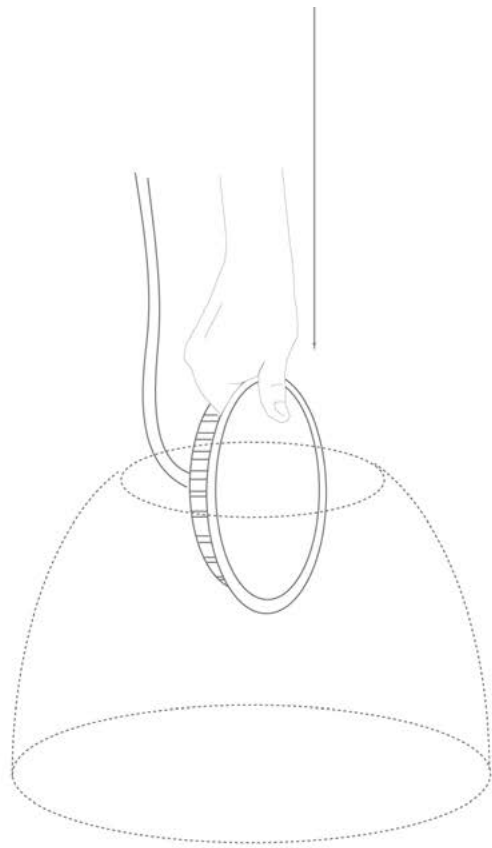
Orientamento da una zona all'altra mediante un gradiente di illuminazione che favorisca l'adattamento visivo e crei una soglia luminosa intermedia di passaggio tra ambienti a luminosità eterogenea.

Il sistema di illuminazione intelligente viene integrato allo **“stipite tecnico”** nella parte superiore delle porte che separano stanze molto esposte con elevata luminanza e zone interne senza finestrate (come i corridoi), oppure l'esterno dall'interno dell'abitazione. Una coppia di sensori rileva il rapporto di illuminazione tra i due vani e provvede a bilanciare l'illuminazione in modo da creare una transizione di soglia che sia gradevole e non di disturbo.

Il sistema di illuminazione per una casa sicura aiuta nella

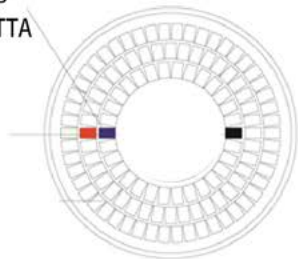
Manipolazione di strumenti e materiali pericolosi come attrezzi da cucina, per il bricolage e quindi favorisca la visione e l'accuratezza visiva in tutte le operazioni di cucina, lavoro, etc;

Concentrazione in attività di lettura, studio, recupero informazioni (ad esempio ingredienti, scadenze di alimenti e medicinali) mediante una luce ad alta intensità e non abbagliante.



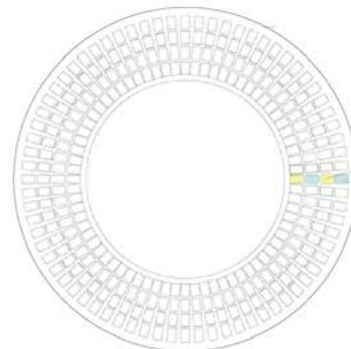
MOTORE LUMINOSO
EMISSIONE INDIRECTA

LED RGBWUV



MOTORE LUMINOSO
EMISSIONE DIRETTA

LED CW + WW



In relazione a questa tipologia di luce descritta,

- 1_ Trovi che una soluzione del genere potrebbe essere facilmente integrata nella tua casa?
- 2_ Trovi che possa infastidire la tua routine quotidiana?
- 3_ Trovi che la soluzione sia funzionale e utile?
- 4_ Quale di queste soluzioni pensi sia più congeniale per le tue necessità?

3_PROBLEMA: DURATA DI VITA

Le necessità visive degli individui sono mutevoli nel tempo e sono destinate a cambiare mano a mano che l'età avanza. Allo stesso modo si modificano le capacità cognitive e fisiche. Un oggetto che si compra oggi non è detto che possa assolvere a funzioni utili anche in futuro sia perchè le esigenze sono cambiate, sia perchè non funziona più così bene sia perchè la tecnologia si è evoluta e le soluzioni sono molto migliori.

Un ulteriore problema è la durata di vita degli oggetti pensati per durare poco e essere poi gettati senza possibilità di recupero o di sostituzione con qualcosa di più avanzato.

SCENARIO 3 - La Casa che cresce con te luce adattiva e durevole

Tutti i sistemi di illuminazione precedentemente descritti saranno sviluppati in maniera tale da potersi adattare per seguire il naturale processo di invecchiamento dell'individuo.

I sistemi di illuminazione saranno

individualmente e manualmente personalizzabili
in grado di programinarsi autonomamente
sostituibili a fine vita con soluzioni più nuove ed efficienti

In relazione a questa tipologia di luce descritta,

1_ Quali vantaggi pensi possa determinare l'avere una soluzione di questo tipo?

2_ Quale tra queste pensi possa essere più congeniale per le tue esigenze e perchè?

4_PERSONALIZZAZIONE

Ogni situazione domestica è specifica per le preferenze e necessità dei singoli abitanti, per le loro abitudini, aspettative, necessità, caratteristiche. Inoltre ogni casa è diversa, ha uno stile, una storia, un vissuto e un'anima propria.

Inoltre essere informati è fondamentale per operare delle scelte pienamente consapevoli.

SCENARIO 4 - La Casa su misura

un servizio di customizzazione dell'illuminazione

Sembra interessante proporre soluzioni di illuminazione in maniera customizzata per ottenere uno scenario di illuminazione che risponda ai bisogni e si adatti alla specificità domestica ed individuale.

Si propone un **sito on-line “Domestic Lighting Planner”** utile per una auto-pianificazione e auto-progettazione del sistema di illuminazione permettendo all'utente di scegliere tra diverse caratteristiche customizzabili:

le diverse performance di illuminazione

le specifiche soluzioni

il posizionamento e localizzazione nello spazio domestico,

i materiali e le finiture.

APPARECCHIO SOSPENSIONE

- X BUONA SALUTE
- X MANIPOLAZIONE

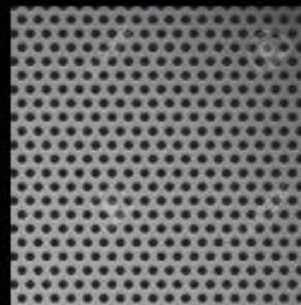
- X MOTORE LUMINOSO
- X PARALUME

LOCALIZZAZIONE



PARALUME MATERIALI

PLASTICA



VETRO



BATTISCOPA TECNICO LUMINOSO

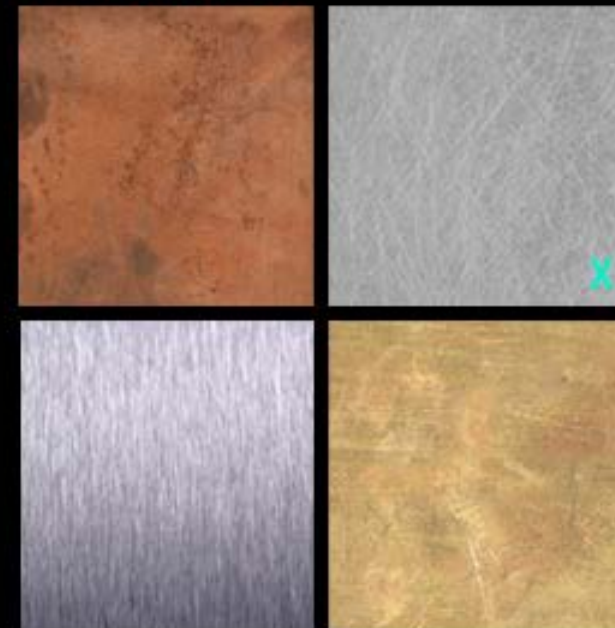
- X SEGNALAZIONE
- X MOVIMENTO
- PASSAGGIO CAVI

LOCALIZZAZIONE



MATERIALI

FINITURA METALLICA



FINITURA LEGNO



In relazione a questa tipologia di luce descritta,

- 1_ Trovi che una piattaforma on-line sia funzionale e utile?
- 2_ Quali vantaggi pensi possa determinare l'avere una soluzione di questo tipo?
- 3_ Preferiresti recarti personalmente in un negozio e poter parlare con un addetto?
- 4_ Preferiresti un addetto a casa tua per verificare e progettare insieme?

Funzionalità e utilità

SCENARIO 1 La Casa circadiana Luce per una buona salute

Sistema circadiano diurno

Sistema circadiano notturno

Sistema di sicurezza notturno

SCENARIO 2 La Casa sicura luce guida

Battiscopa

Stipite

Manipolazione

SCENARIO 3 La Casa che cresce con te luce adattiva e durevole

Personalizzazione

Autonomia del sistema

Sostituzione

SCENARIO 4 La Casa su misura un servizio di customizzazione dell'illuminazione

Acquisto diretto on-line

Acquisto con un esperto

interesse

Forte e positivo

Forte e negativo

Forte e positivo

Forte e negativo

M: Penso che, stando in casa ben poco, l'illuminazione della parte notturna potrebbe essere (più) utile e significativa per le nuove esigenze interessanti il tramonto e la luce notturna per segnalare il capitolo.
L: Sarei interessato anche alla parte diurna a patto che non ci sia troppa luce perché tanta luce diurna mi crea fastidio. Preferisco luce soffusa non troppo forte. Ovviamente non durante lavoro.

L: Di nuovo mi sembra molto interessante la soluzione del camminamento di segnalazione separato notturno.

M: Il problema dell'insonnia mi interessa particolarmente perché si percepisce il fastidio che crea. Una luce che mi aiuti a riposare meglio potrebbe migliorare la mia routine quotidiana. Mi interessa soprattutto il sistema per la camera da letto.
T: soprattutto il sistema di illuminazione notturna. Ho visto un sistema di faretti incassati a terra che si accendono a contatto o a pressione. Sono dei fondi con vetro opaco.

E: La relazione tra la luce e la depressione mi sembra interessante e vera anche nella mia personale esperienza. Per quanto riguarda la soluzione proposta, credo che potrebbe essere facilmente integrata se bastasse sostituire le sorgenti con questa più evolute. Per quanto riguarda il sistema testato mi piacerebbe capire come integrarlo nel mio. Mi interessa in particolare il sistema che simula l'alba e il tramonto.
S: Mi interesserebbe verificare che sia effettivamente funzionale da un punto di vista della salute. Potrei testarlo?

E: Interessante questa idea della luce come compagno di vita. Non avevo mai riflettuto su questa qualità dei LED ma solo sull'efficienza. Mi sembra interessante come sviluppo successivo della tecnologia.
I: Il sistema di sveglia ce lo abbiamo naturale, filtra dalla finestra. Diversamente è interessante, per me, il sistema di illuminazione notturna per guidare nel percorso.

T: Per la tipologia di casa in cui viviamo non credo sia utile. Probabilmente in altre situazioni sì.
M: Ricorda il sistema di luci a presa per i bambini. Ritengo sia comunque una soluzione valida per gli anziani quando si alzano di notte.

E: interessante il sistema di manipolazione e concentrazione per avere più luce di qualità dove serve. Io per esempio ricamo solo di giorno perché a sera non vedo bene i colori. Diversamente il gradiente di luce potrebbe funzionare tra l'esterno e l'interno, lo inciampo sembra nel gradino dell'ingresso.

E: La soluzione del camminamento è simile all'inserimento dei punti luce a terra solo che in quel caso è più difficile l'installazione perché devi fare uno scasso. Così si semplifica l'operazione di integrazione in casa.
I: Il sistema di orientamento sarebbe interessante nella zona lavanderia della mia casa che è sempre buio a causa di oggetti esterni comparati al resto degli spazi.

E: In questo senso mi interessa a gestione comoda dell'illuminazione e la capacità di poter gestire diversi scenari di luce.

T&M: La soluzione sembra interessante perché potrebbe comportare un vantaggioso risparmio energetico a avere sempre un sistema aggiornato che si ricicla. Basta buttare tutto!

S&E: Sarebbe una pratica virtuosa: vedrei vantaggi nel risparmio e nella creazione di una minor quantità di rifiuti che non sai dove mettere. Riciclare indietro e ottenere un sistema più evoluto mi sembra molto intelligente.

M&L: Potrebbe anche essere utile se funzionasse per migliorare la gestione della casa.

M: Non vorrei che un arredatore scegliesse per me perché inserirebbe la sua personalità nella casa. Diversamente credo che la casa non sia un museo ma debba essere personale e vissuta. Diversamente avrei bisogno di un aspetto di luce come consulente. Il Domestic Lighting Planner lo utilizzerò come sistema di previsione per visualizzare le possibilità.

S&E: Conosco il sistema: è come quando il progettista cucina su misura e sceglie tutte le varianti. Ad ogni modo preferirei anche parlare con un esperto.

I: Mi sembra interessante come sistema per chi vuole farsi un'idea senza chiedere ad un architetto. Magari un tecnico però ci vuole.

L: Non credo mi piacerebbe gestire la casa con un sistema del genere da momento che non sono abituato. Preferirei un aspetto che mi spieghi la scelta, le possibilità in base alla mia casa e mi sappia consigliare. Una sorta di assistente della luce.

Profilo utente



M & L
E & I
T & M
S & E