ENEA

Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

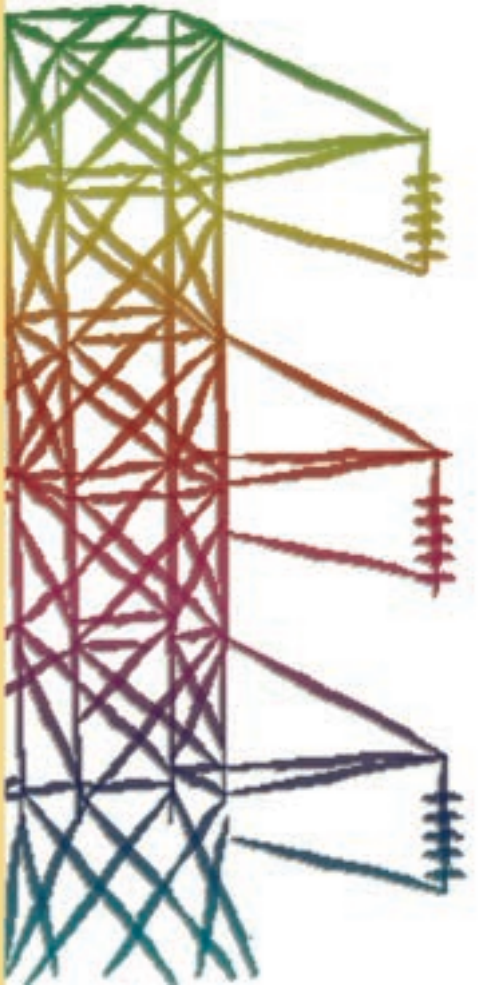
Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Integrazione luce naturale/luce artificiale in ambito industriale

Parte 3: Simulazioni numeriche delle possibili soluzioni per il capannone AleniaAermacchi

Franco Gugliermetti, Fabio Bisegna



Report RSE/2009/37

Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Integrazione luce naturale/luce artificiale in ambito industriale

Parte 3: Simulazioni numeriche delle possibili soluzioni per il capannone AleniaAermacchi

Franco Gugliermetti, Fabio Bisegna

SAPIENZA
Università di Roma
Dipartimento di Fisica Tecnica

Report RSE/2009/37

INTEGRAZIONE LUCE NATURALE/LUCE ARTIFICIALE IN AMBITO INDUSTRIALE
PARTE 3: SIMULAZIONI NUMERICHE DELLE POSSIBILI SOLUZIONI PER IL CAPANNONE ALENIA-AERMACCHI

Franco Gugliermetti, Fabio Bisegna (Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università di Roma La Sapienza)

Aprile 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico
Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA
Area: Usi finali
Tema: Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali
Responsabile Tema: Ennio Ferrero, ENEA

Sommario

La presente relazione riporta i risultati della ricerca su diversi argomenti. La relazione è stata suddivisa in 6 parti (e files), corrispondenti ai capitoli.

Parte 1. Analisi dell'ambiente luminoso del capannone AleniaAermacchi

L'analisi è riferita al caso studio nella sua struttura generale, con particolare attenzione all'aspetto dell'illuminazione naturale. I valori di illuminamento e fattore di luce diurna sono studiati tramite simulazioni.

Parte 2. Analisi delle possibili tecniche, componenti e regolazioni per l'illuminazione artificiale/naturale

Stato dell'arte sul controllo dell'illuminazione naturale: le funzioni da svolgere, i sistemi di illuminazione diurna ovvero componenti schermanti opache o trasparenti innovativi. Il sistema di illuminazione artificiale: stato dell'arte sulle sorgenti, gli apparecchi, i sistemi di controllo e integrazione con la luce naturale. Aspetti di progettazione architettonica delle applicazioni integrate.

Parte 3. Simulazioni numeriche delle possibili soluzioni per il capannone AleniaAermacchi

Analisi dell'ambiente luminoso del caso studio simulando diverse disposizioni / aree delle superfici finestrate.

Parte 4. Linee guida per la progettazione di interni con presenza di illuminazione naturale e progettazione di massima

Riferite a illuminazione in interni con presenza di illuminazione naturale. Indicazioni per individuare le migliori soluzioni per una progettazione efficiente ed efficace della luce artificiale, che ben si integri con il contributo di luce naturale

Parte 5. Protocolli di monitoraggio

Riferite alla verifica del soddisfacimento dei requisiti normativi, laddove presenti, in funzione delle grandezze fotometriche (illuminamenti, luminanze, colore della radiazione luminosa…) sulle diverse superfici presenti all'interno di uno spazio confinato, da cui si ricavano indici quali valori medi, fattori di luce diurna, coefficienti di uniformità, indici di abbagliamento…

Parte 6. Tecniche di modellazione avanzate e tradizionali per l'analisi dell'ambiente visivo in presenza di sistemi tradizionali e innovativi

Sono presentati metodi di calcolo manuali, i modelli in scala e alcuni software di calcolo computerizzato, evidenziandone le diverse caratteristiche a confronto.

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA
Dipartimento di Fisica Tecnica

ATTIVITA' DI RICERCA:
INTEGRAZIONE LUCE NATURALE / ARTIFICIALE IN AMBITO INDUSTRIALE

Nell'ambito del Tema di ricerca 5.4.3.1
"Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali", di cui all'art 11 del decreto 8 marzo 2006

ACCORDO DI COLLABORAZIONE TRA

ENEA
Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

E IL

DIPARTIMENTO DI FISICA TECNICA
DELLA "SAPIENZA" UNIVERSITA' DI ROMA

RELAZIONE FINALE

PARTE 3

Roma, Aprile 2009

CONTENUTI

CAPITOLO 3. SIMULAZIONI NUMERICHE DELLE POSSIBILI SOLUZIONI PER IL CAPANNONE ALENIAAERMACCHI 3

SOLUZIONE 1 3
SOLUZIONE 2 11
SOLUZIONE 3 20

Capitolo 3. Simulazioni numeriche delle possibili soluzioni per il capannone AleniaAermacchi

Si sono individuate tre soluzioni alternative rispetto al caso presentato al Cap. 1.

Soluzione 1

Una prima soluzione è stata progettata lasciando invariata l'area della superficie finestrata ma alzandola di 0,35 metri per le finestre del prospetto est e di 0,23 metri nel prospetto ovest.

Una serie di simulazioni nelle condizioni svantaggiose di cielo coperto sono state effettuate anche per questo caso per studiare i valori di illuminamento e del fattore di luce diurna presenti in ambiente e verificarne la variazione.

In particolare, si riportano i valori di illuminamento in pianta su di un piano di lavoro alto 0,80 metri, in 3D e render per tre giorni rappresentativi: 21 Dicembre (Fig. 3.1.a-f), 21 Marzo (Fig. 3.2.a-f) e 21 Giugno (Fig. 3.3.a-f), nonché i valori di luminanza in 3D e render per il 21 Giugno (Fig. 3.3.g-k). Sono stati inoltre riportati per il mese di giugno per completezza i dati di illuminamento relativi anche alle condizioni di cielo sereno (Fig. 3.3.l-m).

Figura 3.1.a. Pianta con valori di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12

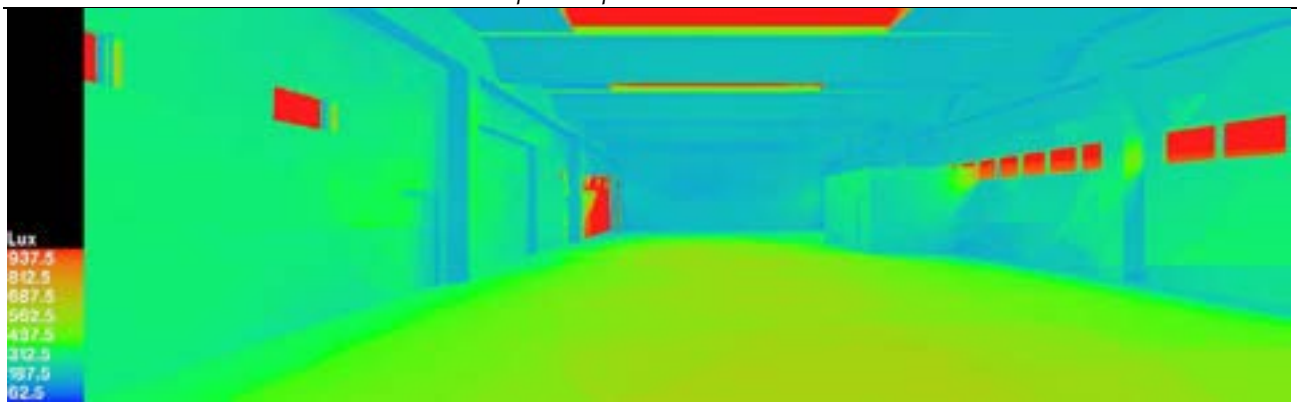


Figura 3.1.b. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

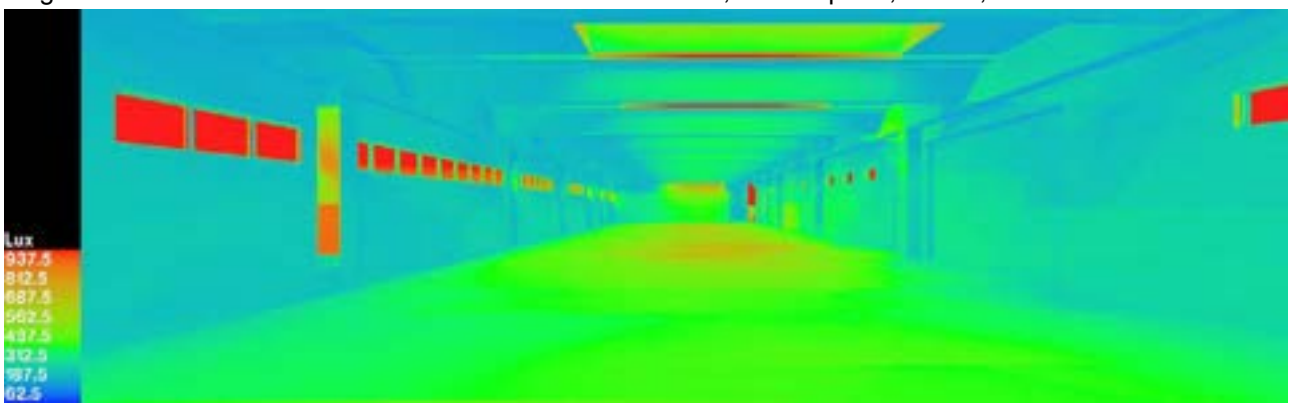


Figura 3.1.c. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

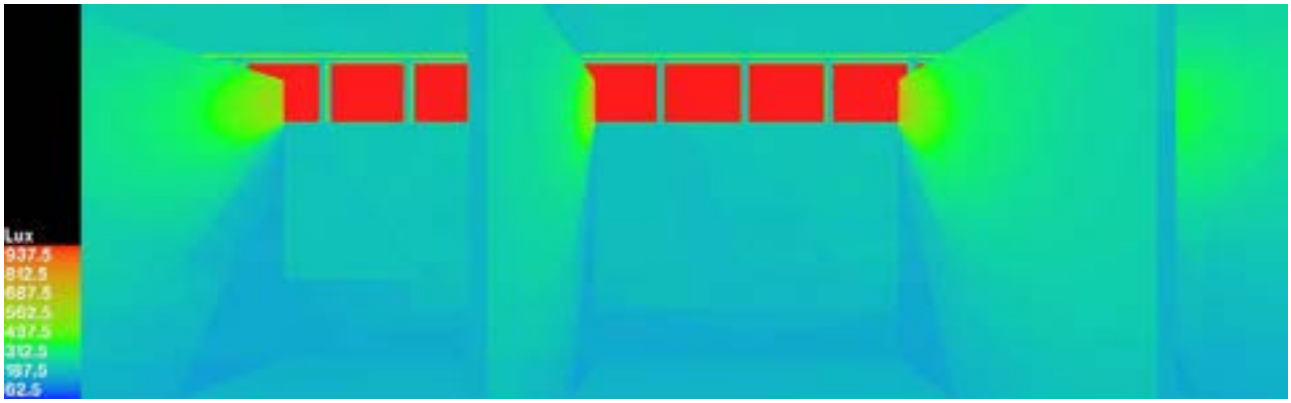


Figura 3.1.d. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.1.e. Rendering con illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.1.f. Rendering con illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.2.a. Pianta con valori dell'illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12

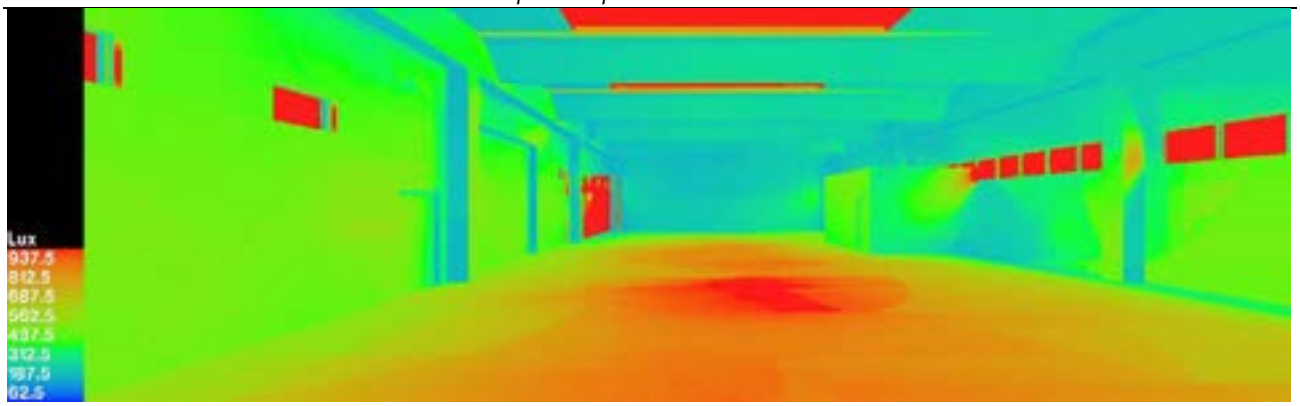


Figura 3.2.b. 3D con valori dell'illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

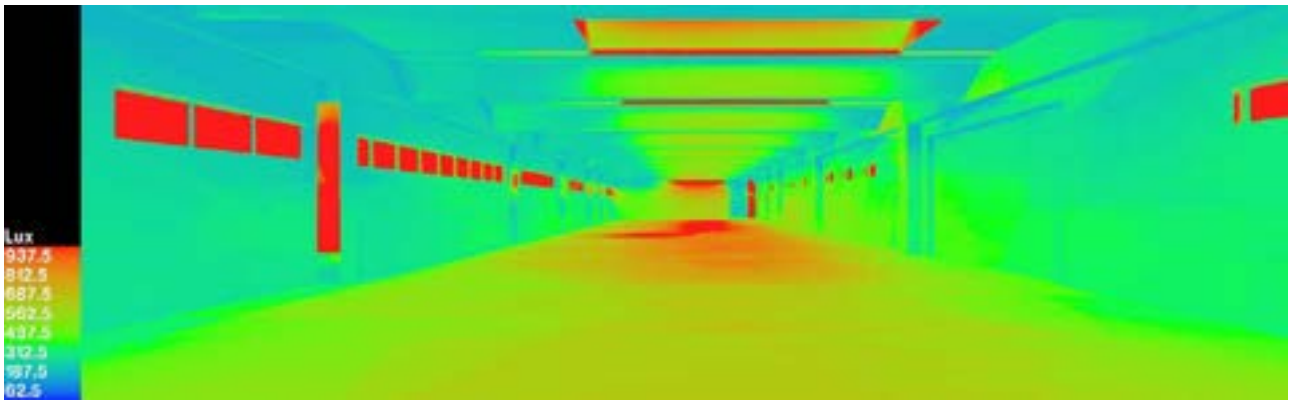


Figura 3.2.c. 3D con valori dell'illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

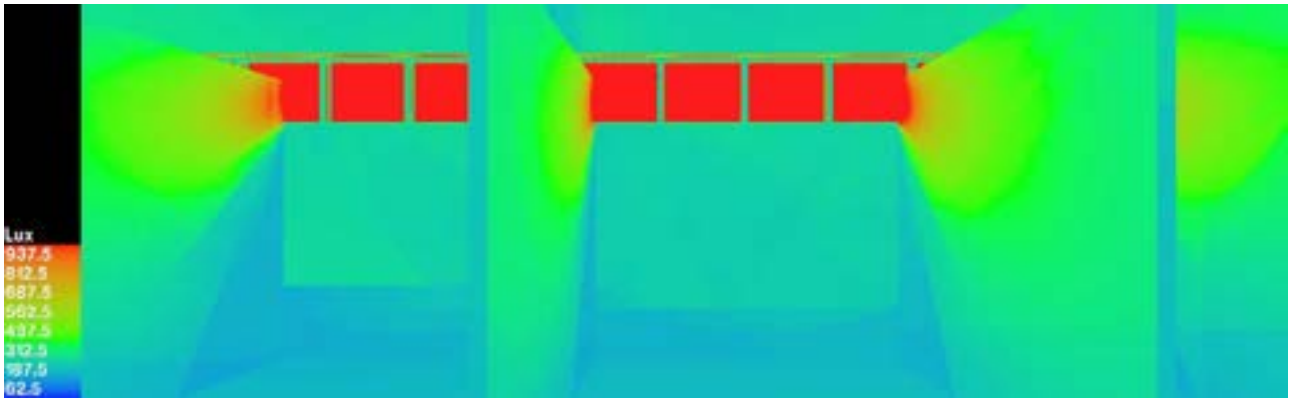


Figura 3.2.d. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.2.e. Rendering con illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.2.f. Rendering con illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.3.a. Pianta con valori dell' illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12

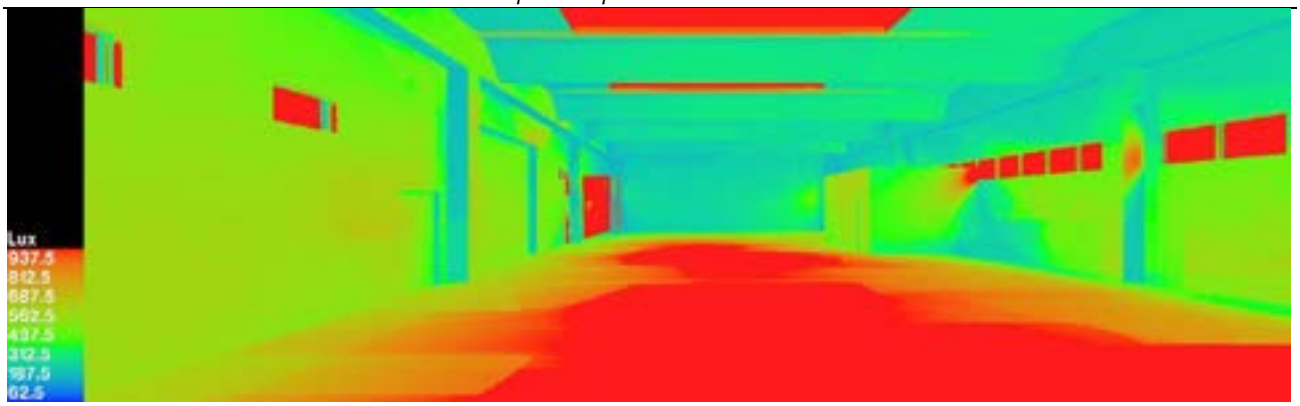


Figura 3.3.b. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

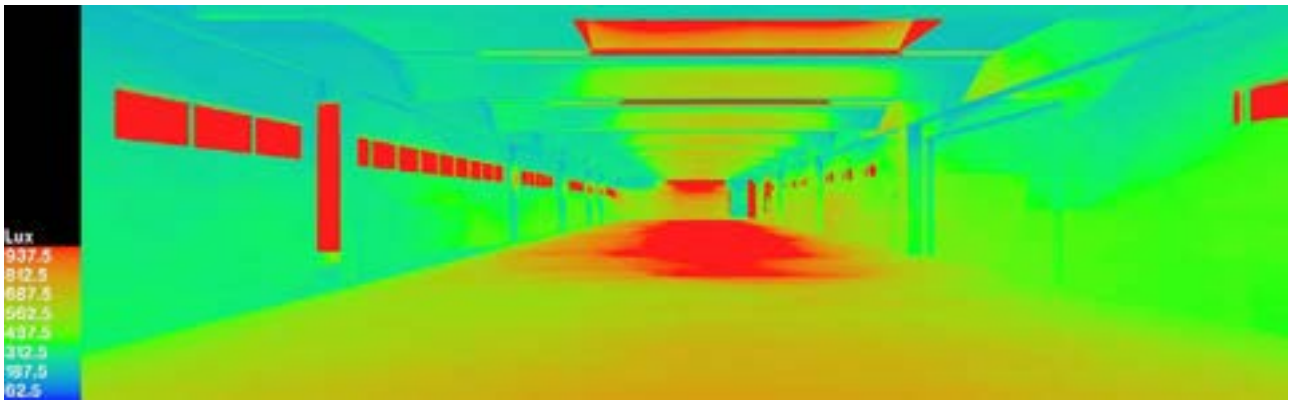


Figura 3.3.c. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

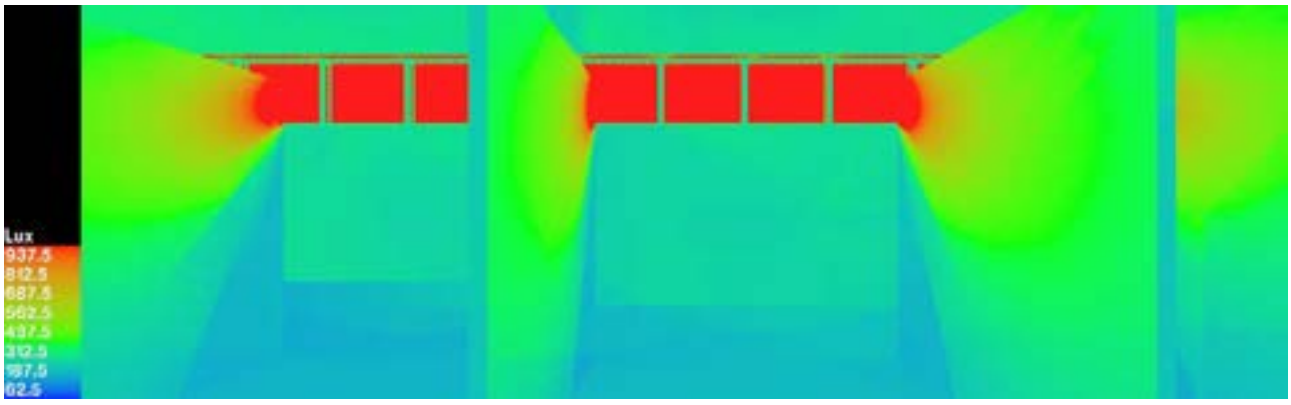


Figura 3.3.d. 3D con valori dell' illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.3.e. Rendering con illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.3.f. Rendering con illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

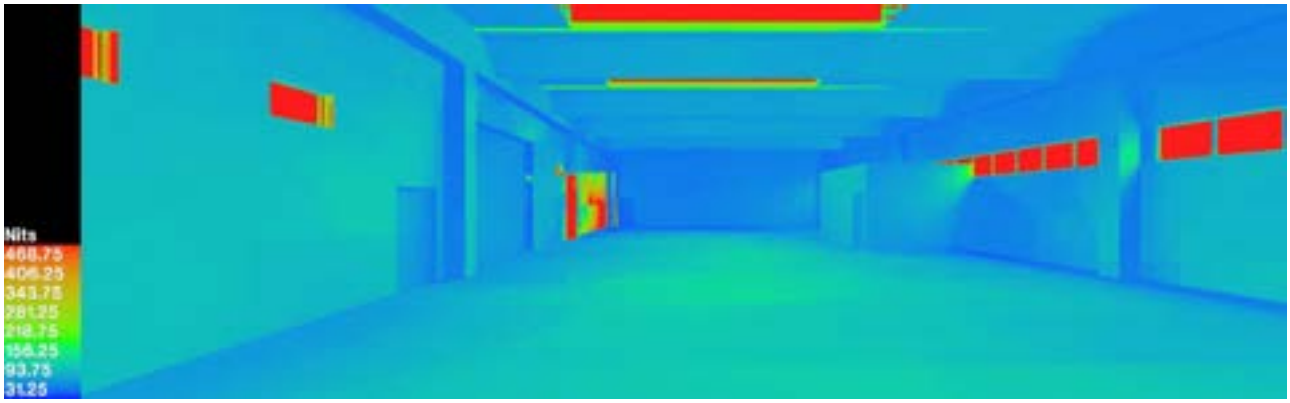


Figura 3.3.g. 3D con valori della luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

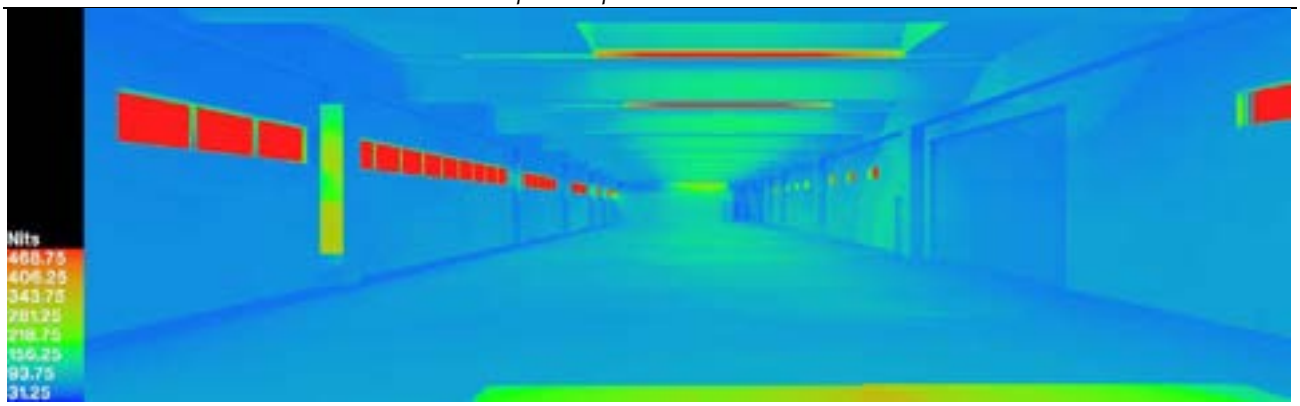


Figura 3.3.h. 3D con valori della luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

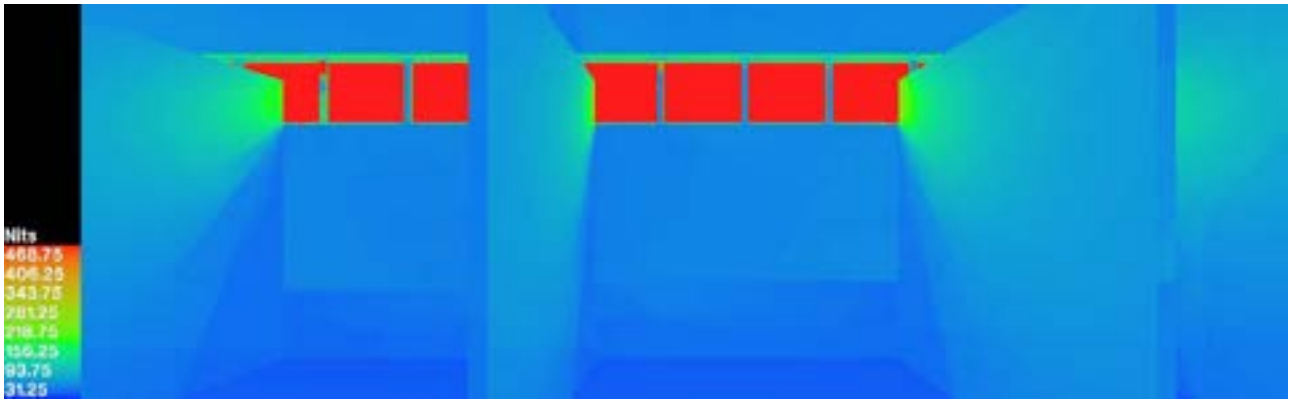


Figura 3.3.i. 3D con valori della luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.3.j. Rendering con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.3.k. Rendering con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.3.l. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo sereno, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.3.m. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo sereno, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Soluzione 2

Una seconda soluzione è stata progettata raddoppiando l'area delle finestre ma dimezzandone il numero chiudendo alternativamente una finestra si e una no rispetto al

precedente esempio. Così nel prospetto est le finestre hanno dimensioni 1x1,50 m e sono poste ad un'altezza di 2 metri da terra; nel prospetto ovest invece le finestre hanno dimensioni 1x1 m e sono poste ad un'altezza di 2,50 metri da terra.

Una serie di simulazioni nelle condizioni svantaggiose di cielo coperto sono state effettuate anche per questo caso per studiare i valori di illuminamento e del fattore di luce diurna presenti in ambiente e verificarne la variazione.

In particolare, si riportano i valori di illuminamento in pianta su di un piano di lavoro alto 0,80 metri, in 3D e render per tre giorni rappresentativi: 21 Dicembre (Fig. 3.4.a-f), 21 Marzo (Fig. 3.5.a-f) e 21 Giugno (Fig. 3.6.a-f), nonché i valori di luminanza in 3D e render per il 21 Giugno (Fig. 3.6.g-k). Sono stati inoltre riportati per il mese di giugno per completezza i dati di illuminamento relativi anche alle condizioni di cielo sereno (Fig. 3.6.l-m).

Figura 3.4.a. Pianta con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12

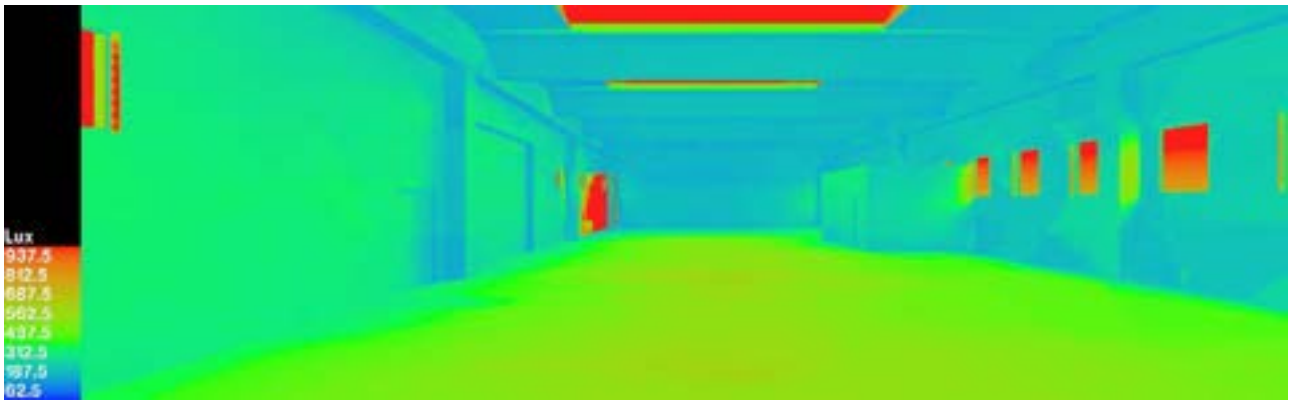


Figura 3.4.b. 3D con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

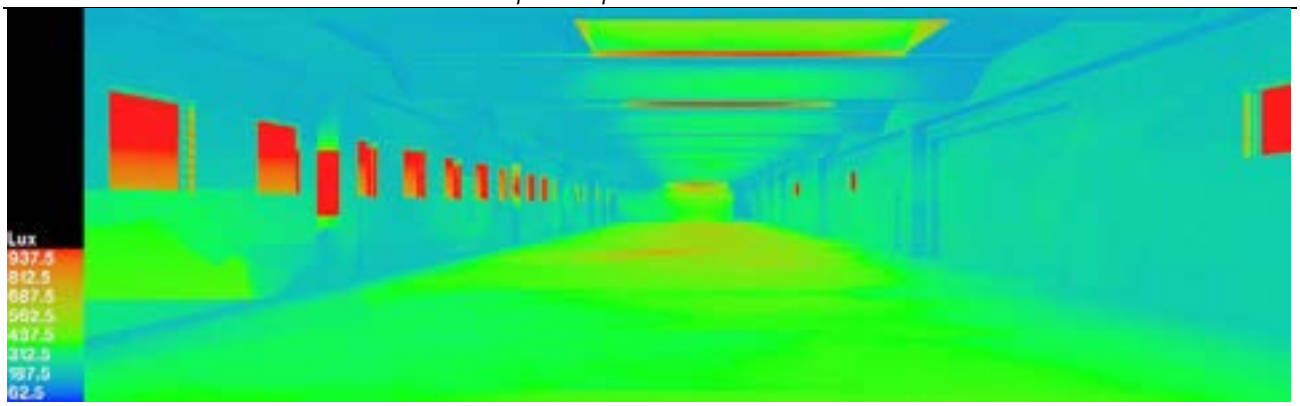


Figura 3.4.c. 3D con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

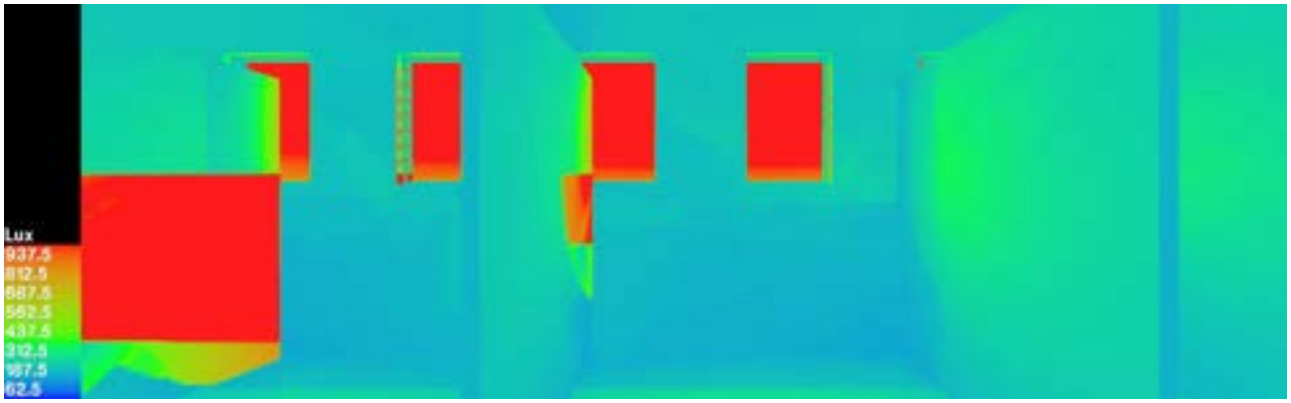


Figura 3.4.d. 3D con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.4.e. Render con illuminamenti: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.4.f. Render con illuminamenti: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.5.a. Pianta con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12

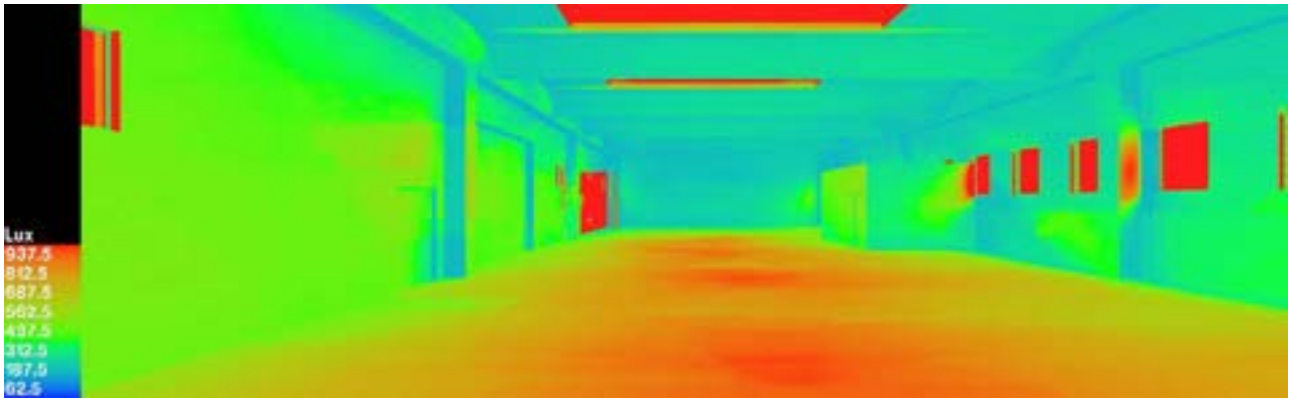


Figura 3.5.b. 3D con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

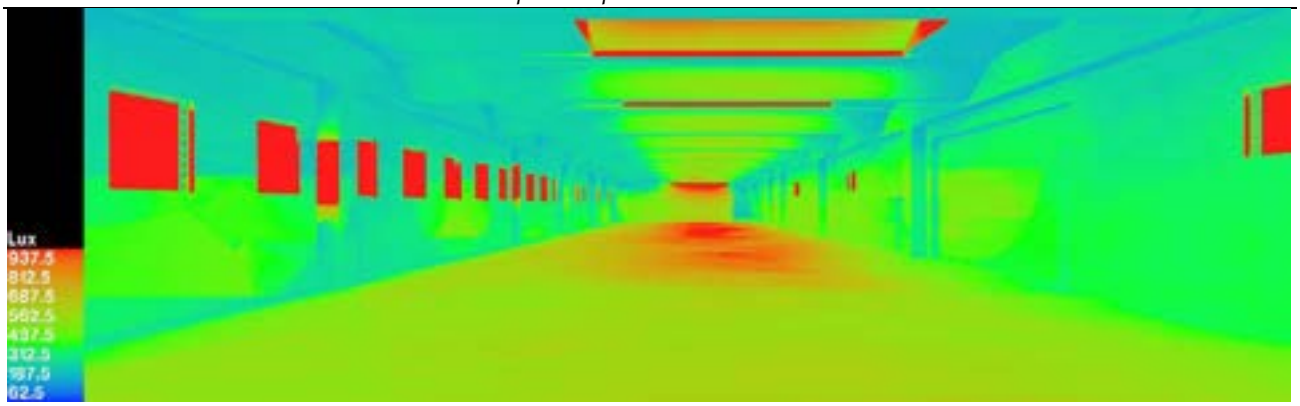


Figura 3.5.c. 3D con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

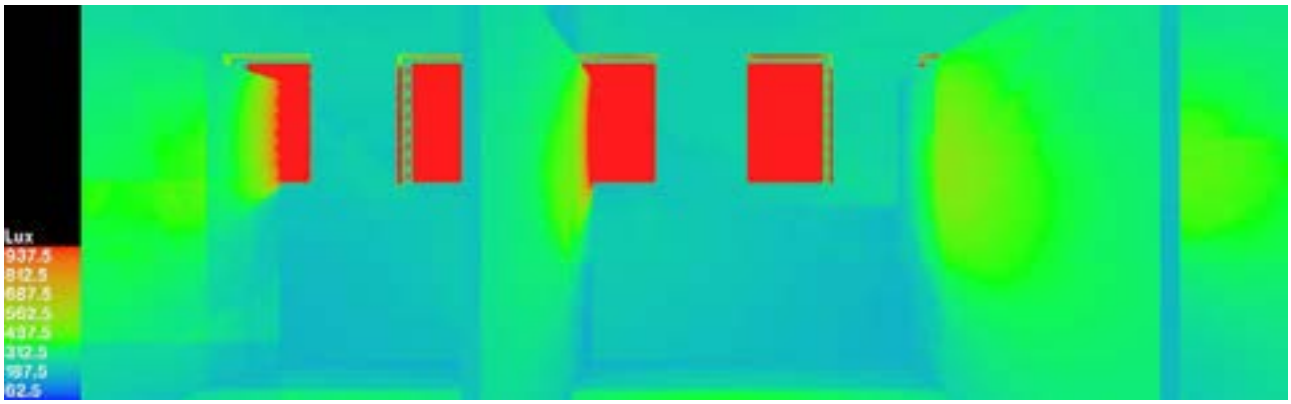


Figura 3.5.d. 3D con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.5.e. Render con illuminamenti: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.5.f. Render con illuminamenti: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.6.a. Pianta con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12

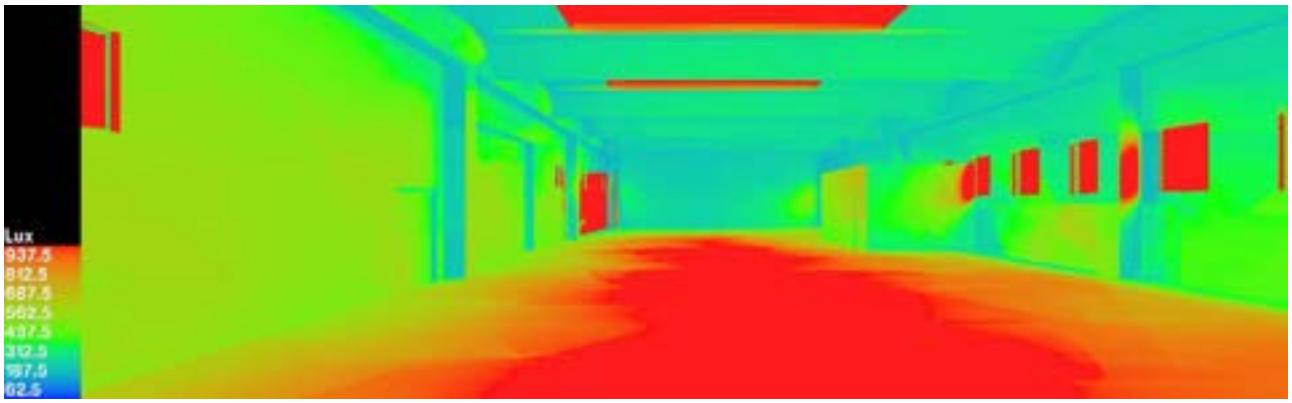


Figura 3.6.b. 3D con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

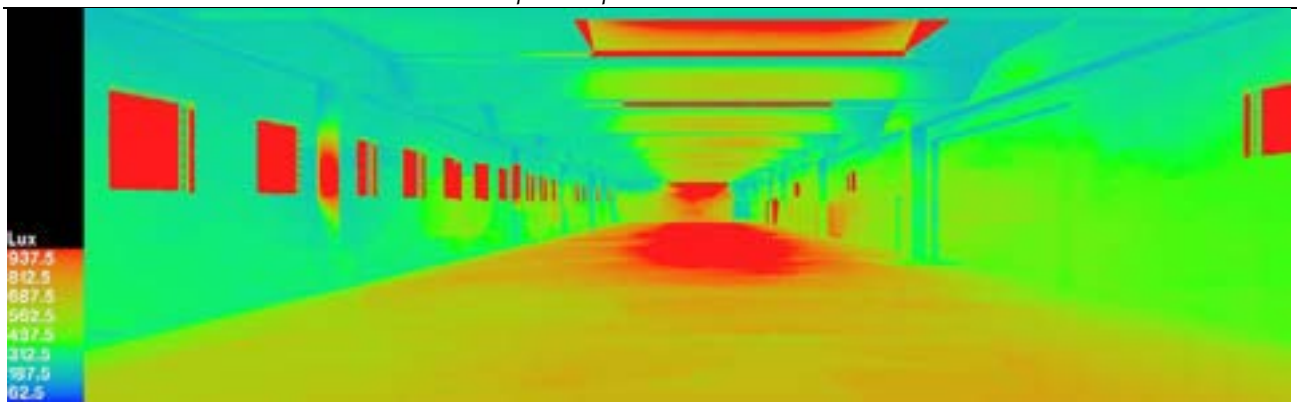


Figura 3.6.c. 3D con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

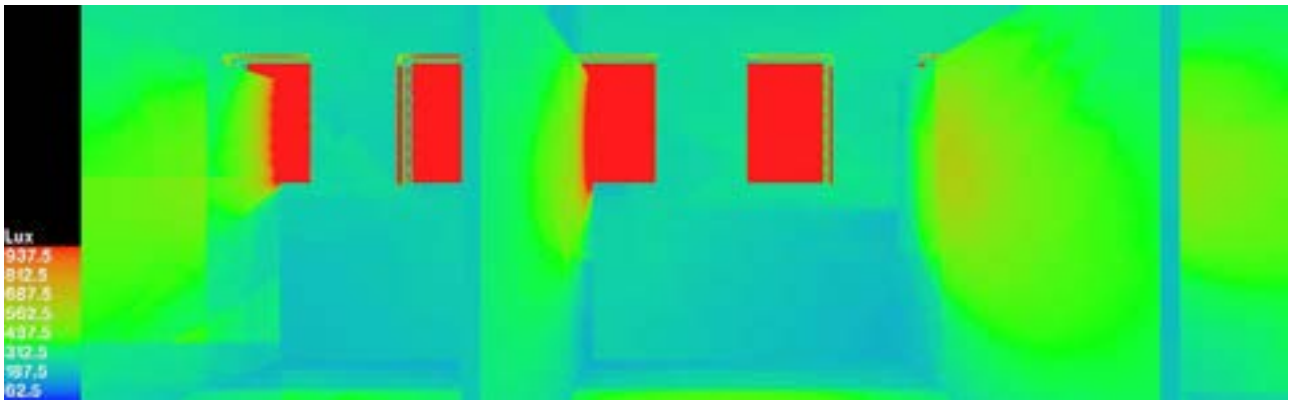


Figura 3.6.d. 3D con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.6.e. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.6.f. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

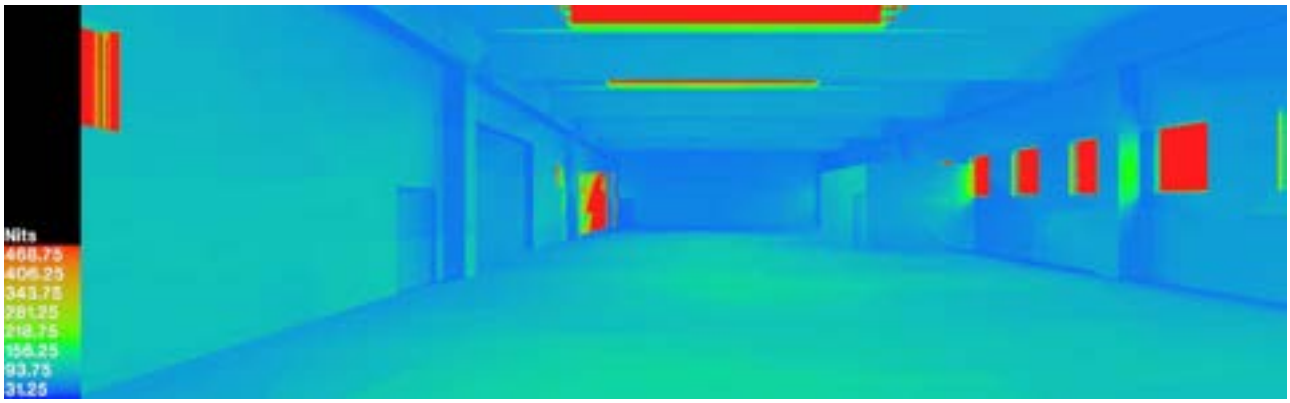


Figura 3.6.g. 3D con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

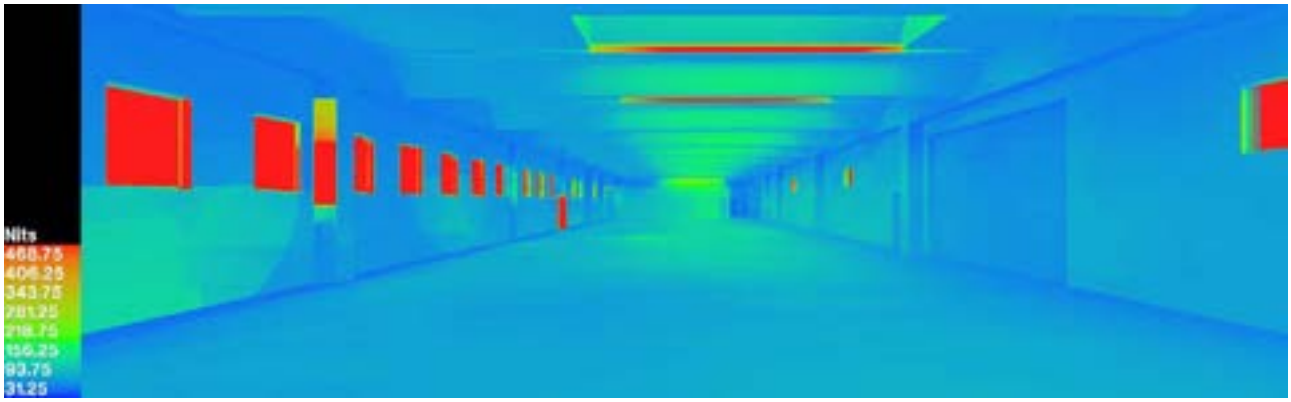


Figura 3.6.h. 3D con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

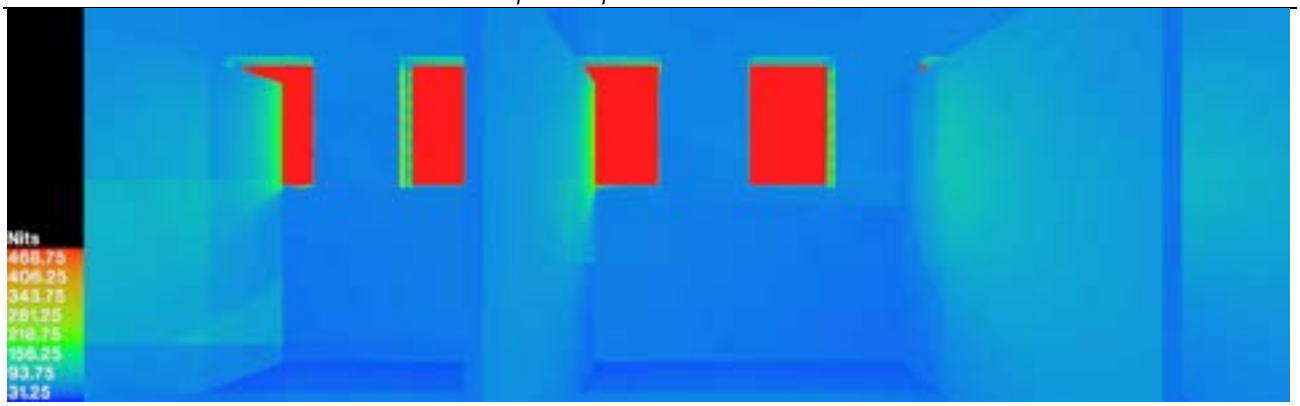


Figura 3.6.i. 3D con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.6.j. Render con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.6.k. Render con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.6.l. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo sereno, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.6.m. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo sereno, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Soluzione 3

Una terza soluzione è stata sviluppata raddoppiando l'area delle superfici trasparenti rispetto ai precedenti esempi, mantenendo invariate quindi le dimensioni delle finestre rispetto all'esempio precedente ma raddoppiandone il numero. Così, nel prospetto est le finestre hanno sempre dimensioni 1x1,50 m e sono poste ad un'altezza di 2 metri da terra ma sono a nastro; nel prospetto ovest le finestre hanno sempre dimensioni 1x1 m e sono poste ad un'altezza di 2,50 metri da terra ma sono il doppio.

Una serie di simulazioni nelle condizioni svantaggiose di cielo coperto sono state effettuate anche per questo caso per studiare i valori di illuminamento e del fattore di luce diurna presenti in ambiente e verificarne la variazione.

In particolare, si riportano i valori di illuminamento in pianta su di un piano di lavoro alto 0,80 metri, in 3D e render per tre giorni rappresentativi: 21 Dicembre (Fig. 3.7.a-f), 21 Marzo (Fig. 3.8.a-f) e 21 Giugno (Fig. 3.9.a-f), nonché i valori di luminanza in 3D e render per il 21 Giugno (Fig. 3.9.g-k). Sono stati inoltre riportati per il mese di giugno per completezza i dati di illuminamento relativi anche alle condizioni di cielo sereno (Fig. 3.9.l-m).

Figura 3.7.a. Pianta con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12

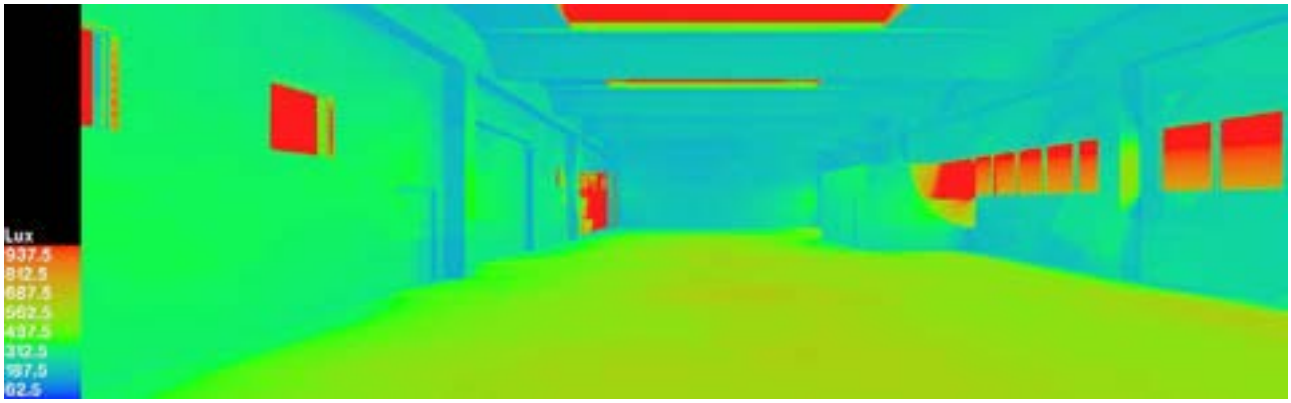


Figura 3.7.b. 3D con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

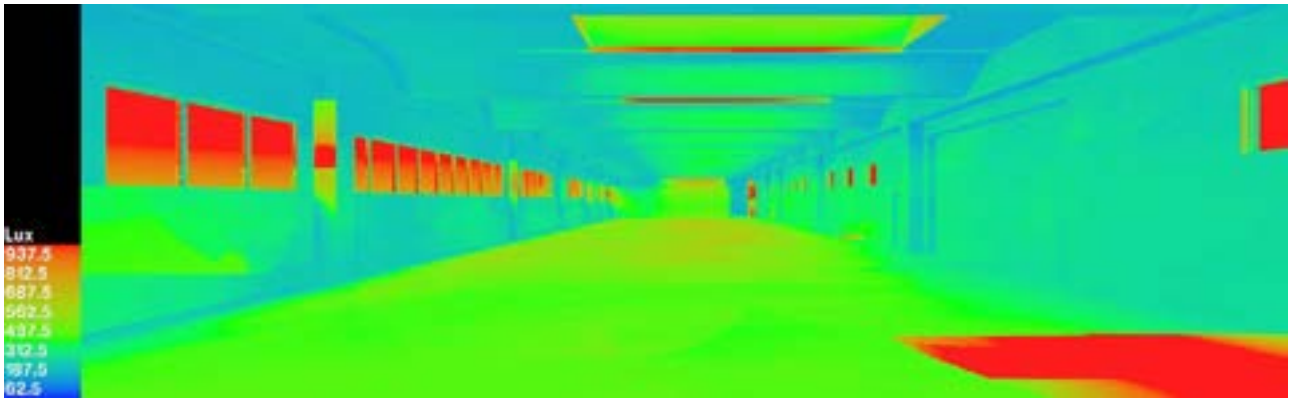


Figura 3.7.c. 3D con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

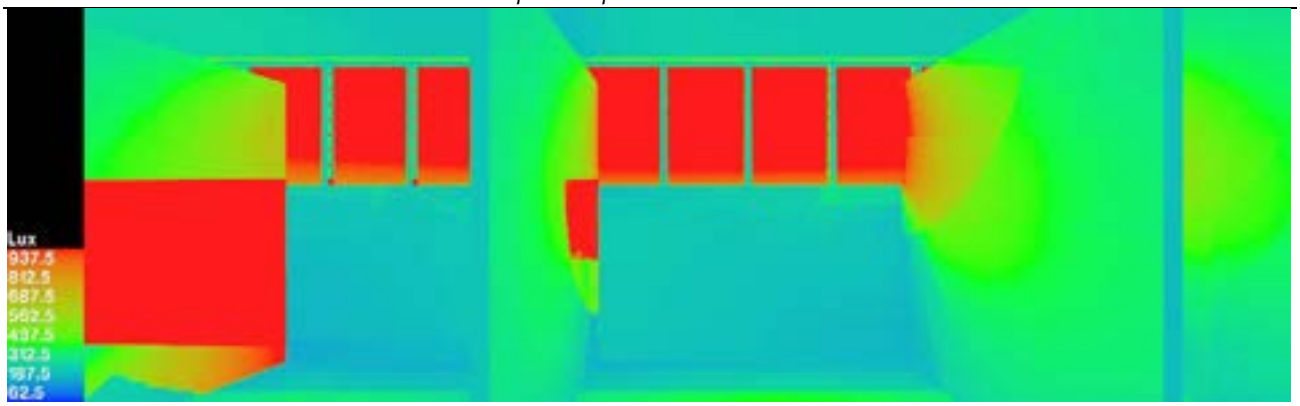


Figura 3.7.d. 3D con misure di illuminamento: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.7.e. Render con illuminamenti: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.7.f. Render con illuminamenti: 21 Dicembre, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

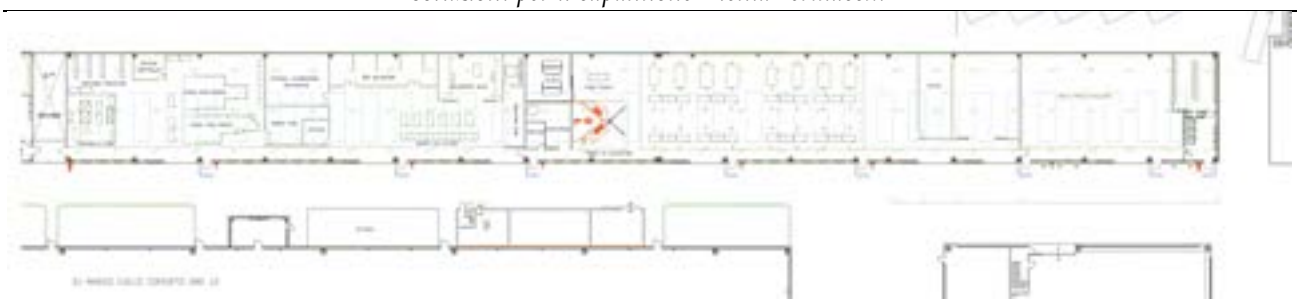


Figura 3.8.a. Pianta con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12

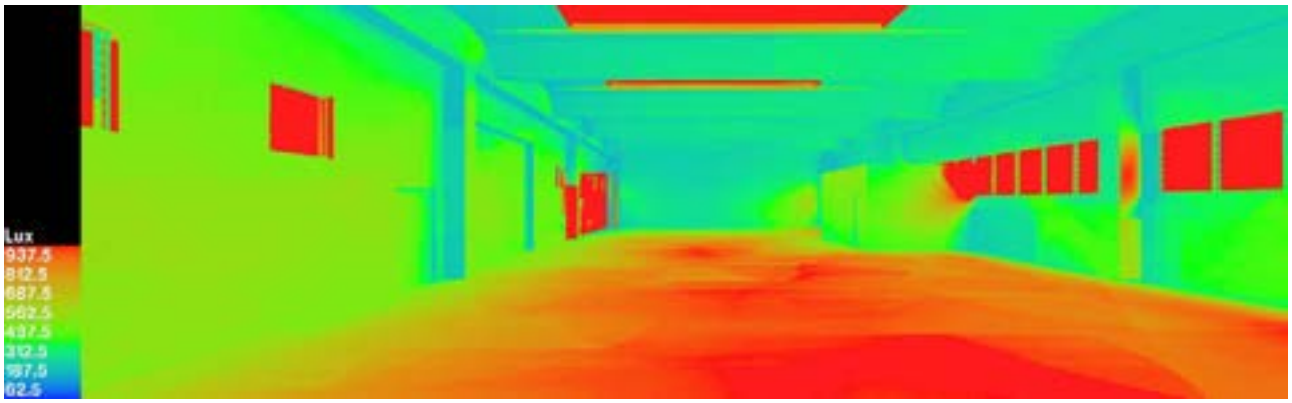


Figura 3.8.b. 3D con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

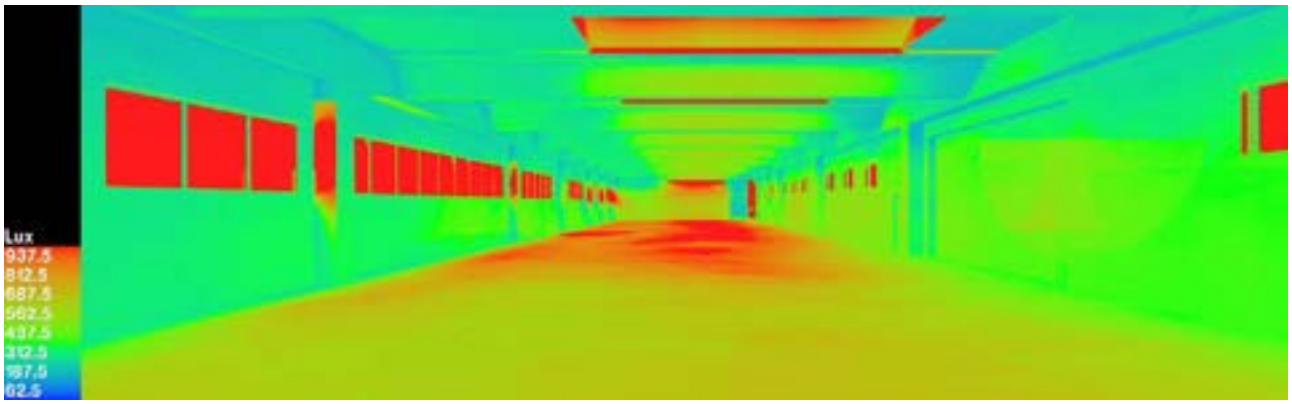


Figura 3.8.c. 3D con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

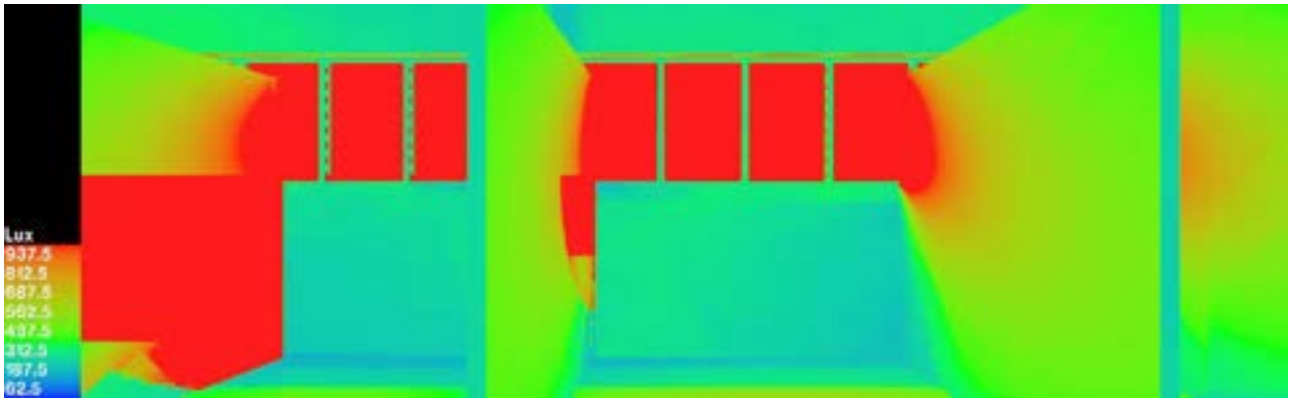


Figura 3.8.d. 3D con misure di illuminamento: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.8.e. Render con illuminamenti: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.8.f. Render con illuminamenti: 21 Marzo, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.9.a. Pianta con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12

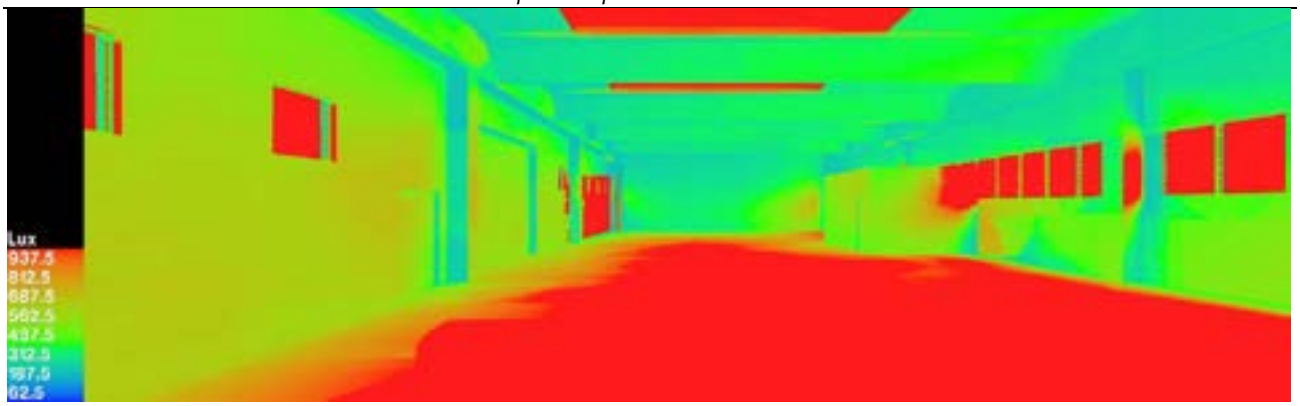


Figura 3.9.b. 3D con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

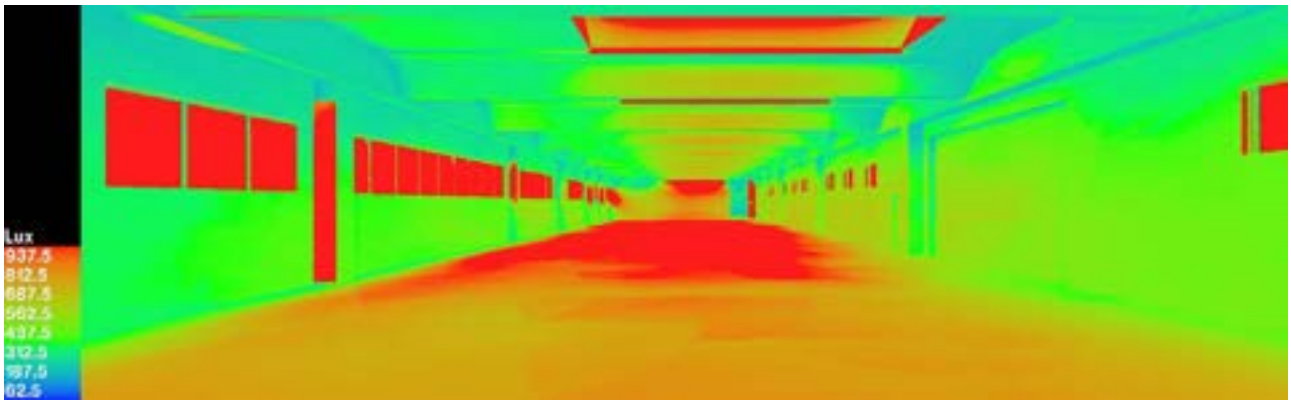


Figura 3.9.c. 3D con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

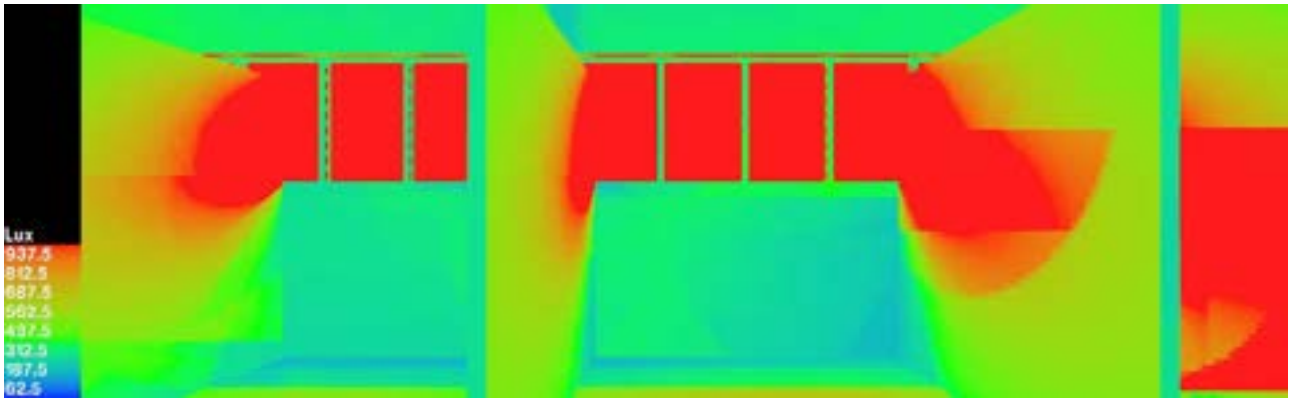


Figura 3.9.d. 3D con misure di illuminamento: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.6.e. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.9.f. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

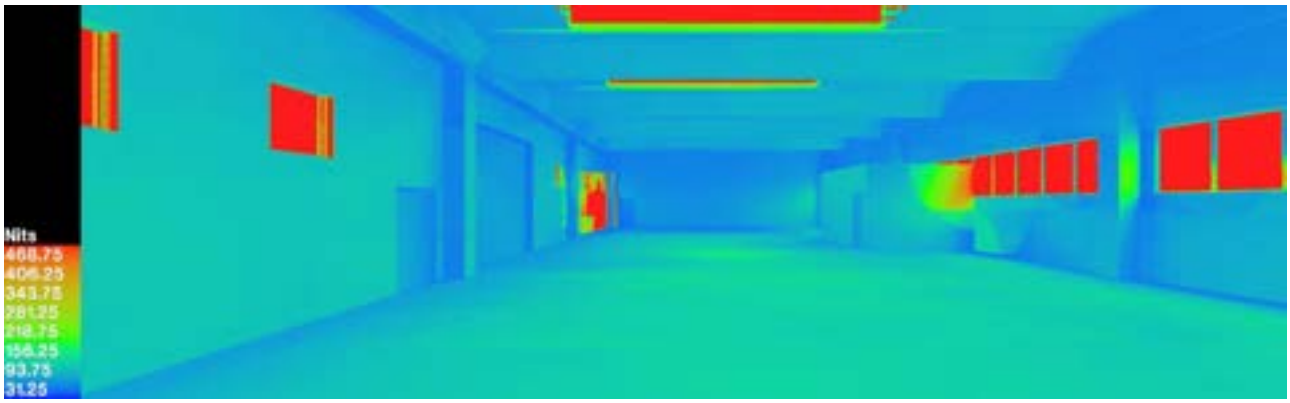


Figura 3.9.g. 3D con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

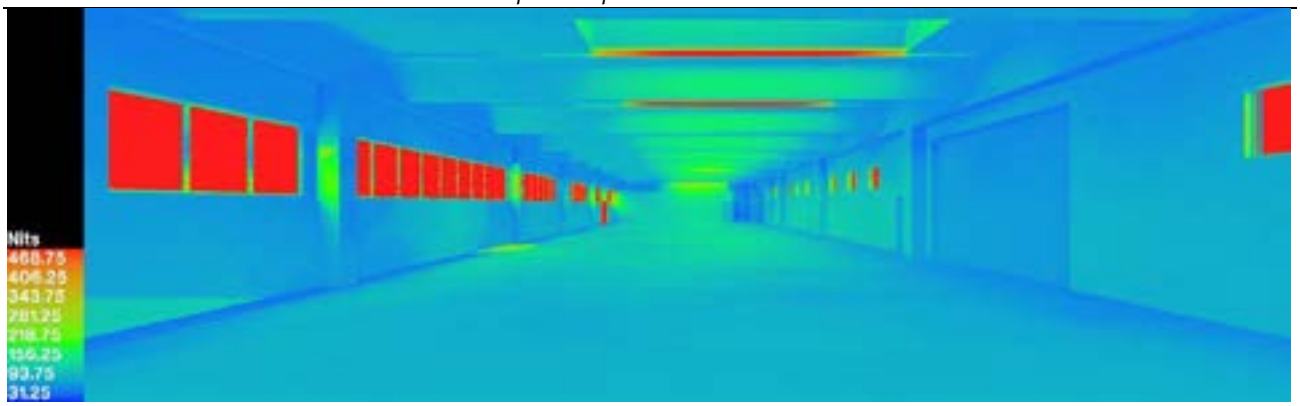


Figura 3.9.h. 3D con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

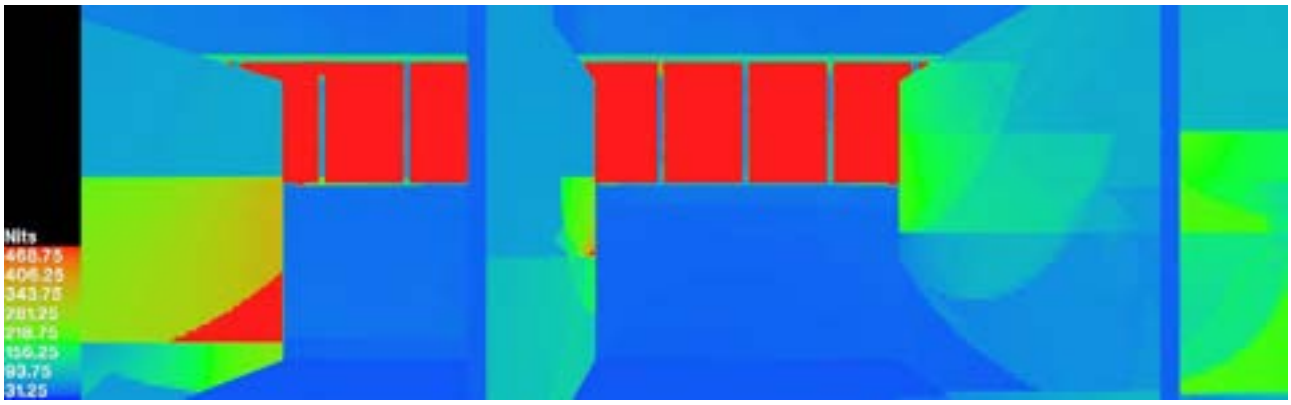


Figura 3.9.i. 3D con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, box saldatori.

Figura 3.9.j. Render con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.9.k. Render con luminanza: 21 Giugno, cielo coperto, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Figura 3.9.l. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo sereno, ore 12, ambiente di altezza 6m.

Figura 3.9.m. Render con illuminamenti: 21 Giugno, cielo sereno, ore 12, ambiente di altezza 5.5m.

Come è possibile vedere mettendo a confronto i risultati di illuminamento in pianta e in 3D delle tre soluzioni alternative e i risultati della luminanza in 3D, la soluzione migliore si rivela essere quella ultima che permette di aumentare notevolmente i valori di illuminamento nell'ambiente col semplice aumento dell'area della superficie finestrata,

migliorando così l'uniformità di illuminamento, senza creare eccessivi sbilanciamenti di luminanza, potenziale causa di abbagliamento.