

Il fabbisogno energetico degli impianti di illuminazione artificiale

Prassi di riferimento UNI e software gratuito di calcolo
LENICALC

Laura Blaso, PhD Ricercatore ENEA

UNI EN 15193-1:2017

UNI EN 15193-1:2017: Energy Performance of Building – Energy Requirements for lighting Part 1: Specifications, Module M9

Valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione artificiale di edifici residenziali e non residenziali, attraverso la stima dei consumi di energia elettrica imputabile all'illuminazione artificiale anche in presenza di sistemi di controllo

INDICATORE ANNUALE DELL'ENERGIA:

LENI [kWh/m²year] Lighting Energy Numeric Indicator (building)

TOOL LENICALC e PdR UNI

ENEA, nell'ambito della "Ricerca di Sistema Elettrico" PAR 2015-2017,

sta realizzando il **software LENICALC** in collaborazione con **Gruppo di Lavoro UNI/CT023/GL10**

"Efficienza Energetica degli Edifici"

della Commissione Tecnica UNI CT023 "Luce e Illuminazione"

LENICALC consente di **determinare il LENI** secondo il metodo completo della **UNI EN 15193-1:2017**

LENICALC sarà distribuito gratuitamente (inizio 2019)

unitamente alla **"Prassi di Riferimento UNI"** dal titolo *«Strumento di calcolo computerizzato per la determinazione del LENI secondo il metodo di calcolo completo della norma UNI EN 15193-1:2017»*

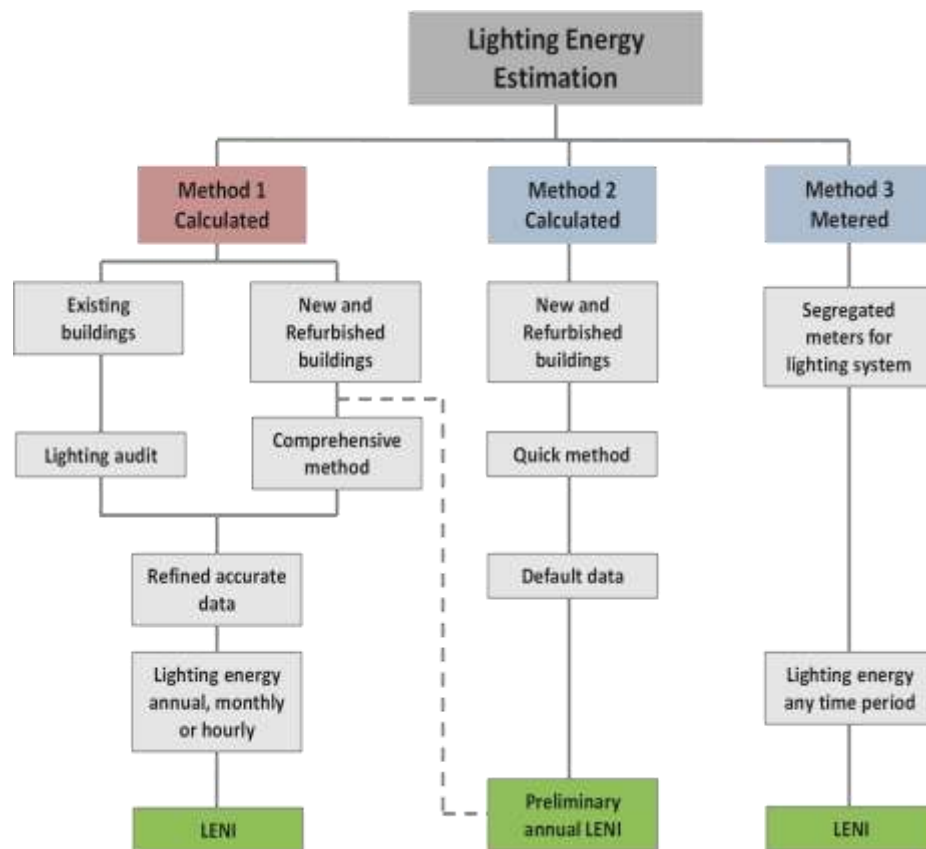
Autori principali: GP Bellomo, L. Blaso, S. Fumagalli, F. Pagano, O. Ransen, L. Schiavon.

che sarà di supporto alla determinazione del LENI mediante il software **LENICALC** dell'ENEA.

UNI EN 15193-1:2017

Ci sono 3 metodi per la valutazione dell'energia necessaria per l'illuminazione elettrica all'interno di un edificio

- tramite calcolo (metodo 1 o 2),
- mediante misurazione (metodo 3) diretta del circuito di illuminazione,
- il metodo di calcolo 1 offre due opzioni, per gli edifici esistenti e per gli edifici nuovi o ristrutturati,
- per edifici nuovi o ristrutturati offre anche il metodo rapido di calcolo (metodo 2) per la stima annuale di energia.



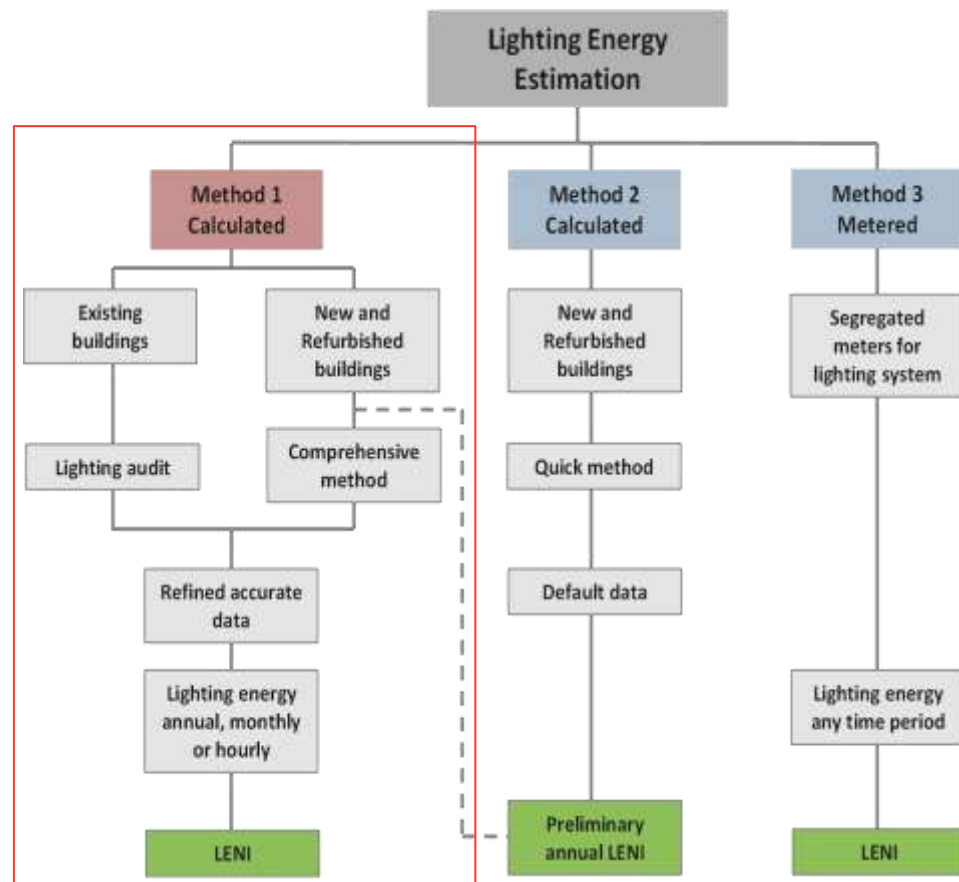
UNI EN 15193-1:2017

Differenze tra i metodi

➤ Metodo 1 (Metodo completo)

• presuppone che per l'edificio sia stato eseguito un progetto completo dell'impianto di illuminazione:

- progetto dell'impianto: dati reali dei prodotti specificati nel progetto,
- le informazioni dell'impianto e dei prodotti: input al processo di stima dell'energia per l'illuminazione W [kWh],
- per gli edifici esistenti, il processo consiste nel fare un Audit dell'impianto di illuminazione per stabilire le potenze installate per l'impianto di illuminazione

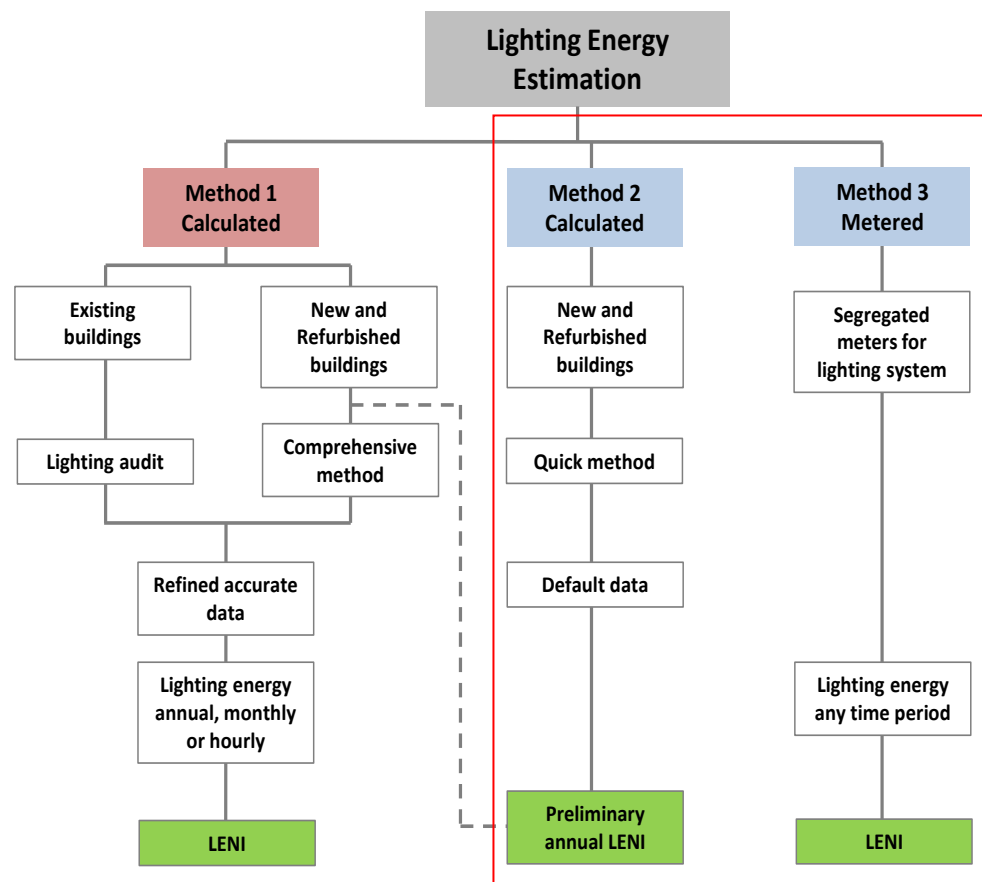


UNI EN 15193-1:2017

Differenze tra i metodi

➤ Metodo 2 (Metodo rapido di calcolo) che utilizza una approssimazione nella procedura per calcolare il budget del carico installato mediante dati default per stimare il fabbisogno di energia per l'illuminazione.

➤ Metodo 3 (Metodo di misura diretta) che fornisce il valore più accurato dell'energia utilizzata per l'illuminazione.



LENI W/A [kWh/m² anno]

W [kWh/anno]: energia totale annua utilizzata per l'illuminazione

A [m²]: superficie di pavimento totale dell'edificio

Il valore del LENI dell'edificio è calcolato normalizzando l'energia annua totale necessaria per l'illuminazione [W] all'area utile [A] dello stesso edificio.

L'energia annua totale necessaria per l'illuminazione elettrica in un edificio W è determinata sommando i valori di energia totale per l'illuminazione W_t per ciascuna stanza o zona dell'edificio:

$$W = 8760 / t_s \times \Sigma W_t \quad [\text{kWh/anno}]$$

$$\text{TOTAL ANNUAL ENERGY} = W_L + W_p [\text{kWh/anno}]$$

W_L [kWh/anno]: energia annua richiesta per l'illuminazione in relazione ai requisiti specifici dell'edificio

W_p [kWh/anno] energia parassita annua richiesta per l'illuminazione di emergenza e per lo stand by per i sistemi di controllo

Come si calcola l'energia annua richiesta per l'illuminazione artificiale?

$$W_{L,t} = \Sigma \{ (P_N \times F_C) \times F_O [(t_D \times F_D) + t_N] \} / 1000 \text{ [kWh/t}_s\text{]}$$

$W_{L,t}$ [kWh]: energia elettrica consumata in un dato periodo t per garantire l'illuminazione artificiale richiesta nell'edificio

P_n [W] è la potenza elettrica installata per l'illuminazione artificiale in un ambiente o zona dell'edificio

F_C [-] è il fattore di illuminamento costante

F_O [-] è il fattore che tiene conto dell'occupazione degli utenti in ambiente

F_D [-] è il fattore che tiene conto della disponibilità di luce naturale in ambiente

t_D [h]: è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale

t_N [h]: è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale

Come si calcola l'energia annua richiesta per l'illuminazione di emergenza ed i dispositivi di controllo?

$$W_{p,t} = \Sigma \{ (P_{pc} \times t_s) + (P_{em} \times t_e) \} / 1000 \text{ [kWh/t}_s\text{]}$$

W [kWh] è l'energia parassita annuale consumata nel periodo t di riferimento

P [W] è la potenza parassita totale assorbita dal sistema di controllo presente nell'edificio/singoli ambienti

t [h] time step considerato (orario, mensile, annuale, es: 8760h, 730h)

P [W] è la potenza totale per lo standby power dell'illuminazione di emergenza

T [h] è il tempo di ricarica della batteria degli apparecchi di illuminazione per l'emergenza

SPECIFICHE TOOL LENICALC



Implementazione del software è pensata per il sistema operativo Windows (per il futuro si pensa di implementarlo direttamente sulla Piattaforma PELL dell'ENEA)

Architettura attuale: Programma scritto in C++ usando Visual Studio 2015 che utilizza il Doc/View architettura di MFC.

Questo tipo di architettura separa i calcoli/dati dell'oggetto dalla vista (View) dell'oggetto, il programma gira su piattaforma Windows a 64 bit (esempio Windows 7 8 o 10).

Un progetto viene salvato su disco come un insieme di file, quali: un file XML con dati numerici e geometrici del progetto, uno o più file DXF che vengono usati come sfondo e guida alla costruzione di piani/stanze/zone.

Il calcolo è effettuato utilizzando lo standard IEEE di calcolo: IEEE 754-2008.

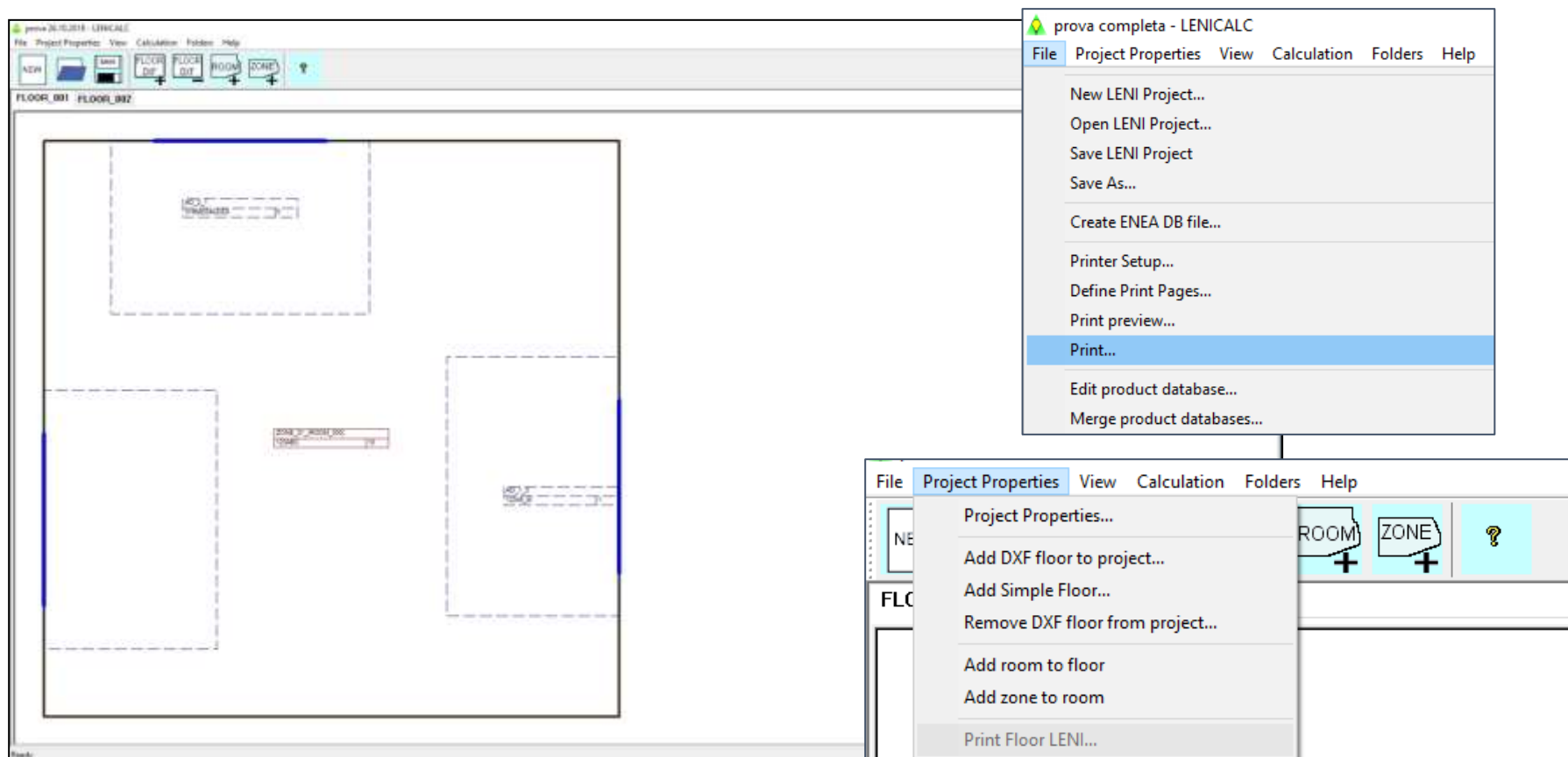
Il programma utilizza la libreria 3D grafica open "OpenGL". Il programma, una volta scaricato, si presenta come un file "install" che copia tutti i file e che crea tutte le cartelle necessarie.

SPECIFICHE TOOL LENICALC

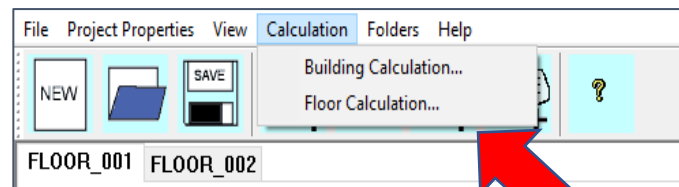
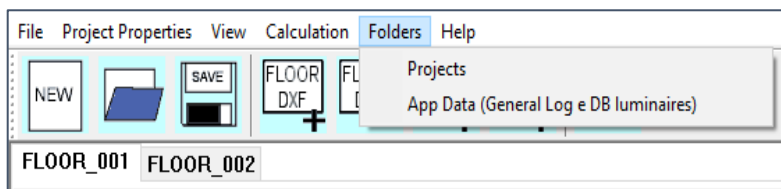
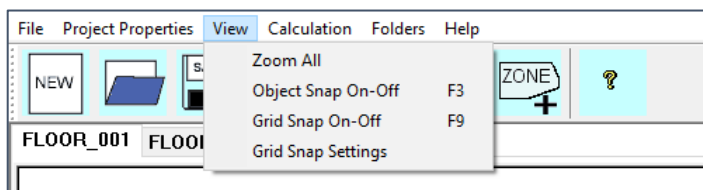
Partendo dal presupposto che:

- la determinazione del LENI è molto complessa, perchè ci sono molteplici fattori che concorrono alla definizione degli indici Dependency Factor (F_D , F_O , F_C), per ciascuna stanza che costituisce l'edificio
- questo comporta non solo un calcolo oneroso in termini di tempo ma anche molte difficoltà nella gestione dei calcoli parziali necessari alla determinazione, su base annua, del LENI dell'edificio, e del SubLENI della stanza, del piano e del settore dell'edificio
- È stato sviluppato il **TOOL LENICALC per il calcolo del LENI**

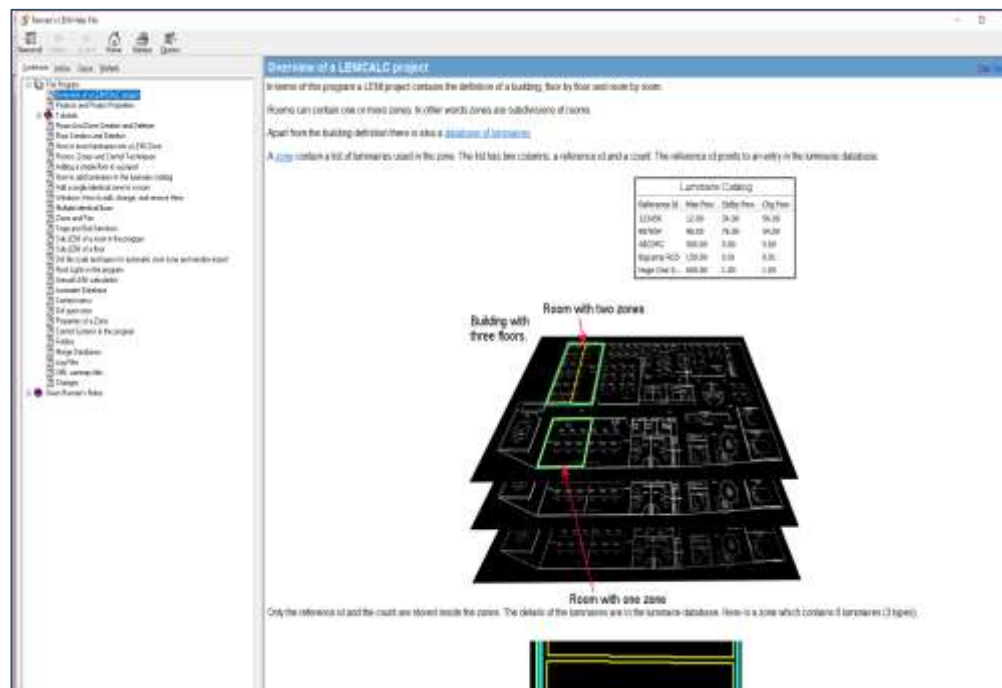
SPECIFICHE TOOL LENICALC



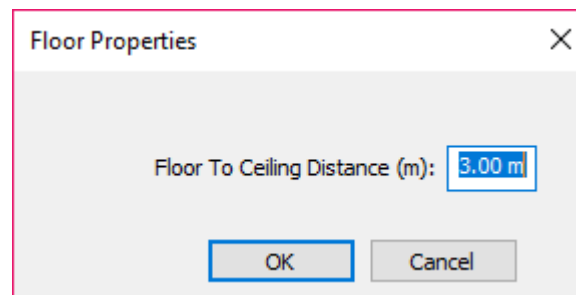
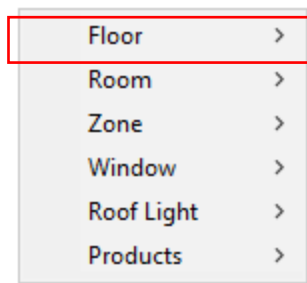
SPECIFICHE TOOL LENICALC



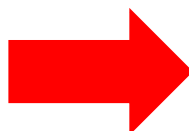
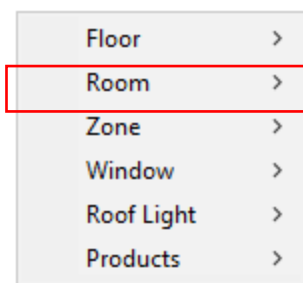
SEZIONE HELP



SPECIFICHE TOOL LENICALC



SPECIFICHE TOOL LENICALC



Room Properties [X]

Room Name:

Area=100.0 m² (bounding box 10.0m x 10.0m) height = 3.0m Em=500.0lx

Room Type: [v]

Worksurface height:

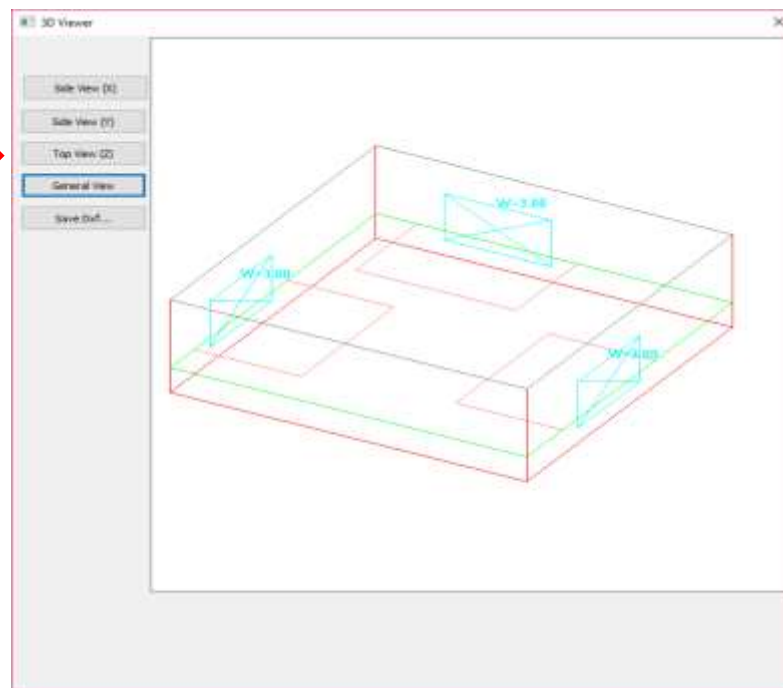
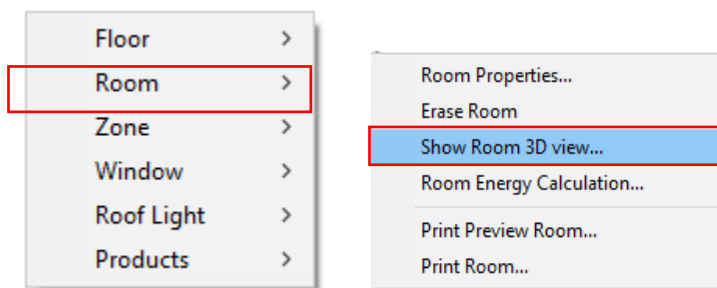
Room MF (UNI EN 12464-1,CIE 97:2005):

Dcaj: [v] User Dcaj:

Shading: [v]

Annual daylight hours, td: Annual nighttime hours, tn:

SPECIFICHE TOOL LENICALC



SPECIFICHE TOOL LENICALC



Zone Properties [X]

Name: Area:

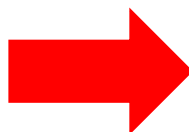
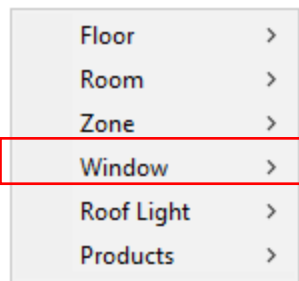
Maintained Illuminance Of Zone (lx): (E task)
"Real" zone lux:

Control System

Has Constant Lumens Output (CLO) ☐
Has constant illuminance sensor for AND (CIC) ☐
Eff. Factor of Constant Illuminance Control, Fcc:
Fc=1.0

Daylight Control Technique:

Occupancy, Fo: User Absence Factor, Fa:



Window Properties

Floor is 3.00m high, wall is 10.00m wide

Window Width:

Window Height:

Window Center X pos (wrt left of wall):

hLi (height of lintel above floor):

Effective Transmittance

$\tau_{d65\ sn\alpha}$

k1:

k2:

k3:

Shading index...

Ish=1.000

OK Cancel

Shading Index Of This Window

Front Obstruction Angle:

Overhang Obstruction Angle:

Side Obstruction Angle:

☐ Has A Glazed Double Facade

Glazed Double Facade

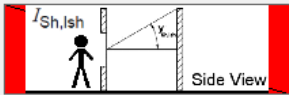
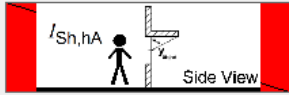
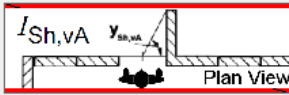
τ_{GDF}

GDF k1:

GDF k2:

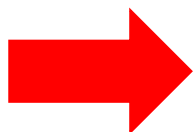
GDF k3:

OK Cancel

SPECIFICHE TOOL LENICALC

- Floor >
- Room >
- Zone >
- Window >
- Roof Light >**
- Products >



Roof Light Properties

Roof Light Id: 1

Roof Light Type: ShedRoofLight

Origin X: 8.47m

Origin Y: 4.10m

X length: 2.00m

Y width: 1.00m

τ_{D65na} : 0.85

τ_{D65sa} : 0.50

K obl1 (frames): 0.90

K obl2 (pollution): 0.90

K obl3 (incidence): 0.85

y_F : 30.0°

hw : 5.00 m

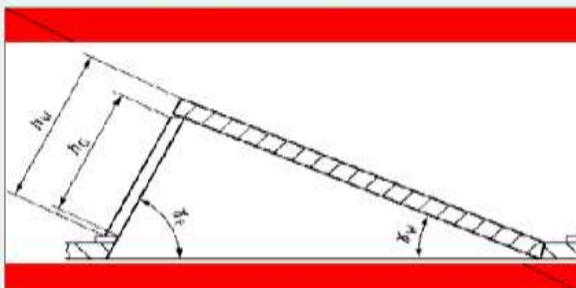
hs : 1.00 m

y_W : 20.0°

hg : 3.00 m

North East/West

OK Cancel



Roof Light Properties

Roof Light Id: 1

Roof Light Type: FlatRoofLight

Origin X: 8.47m

Origin Y: 4.10m

X length: 2.00m

Y width: 1.00m

τ_{D65na} : 0.85

τ_{D65sa} : 0.50

K obl1 (frames): 0.90

K obl2 (pollution): 0.90

K obl3 (incidence): 0.85

y_F : 30.0°

hw : 5.00 m

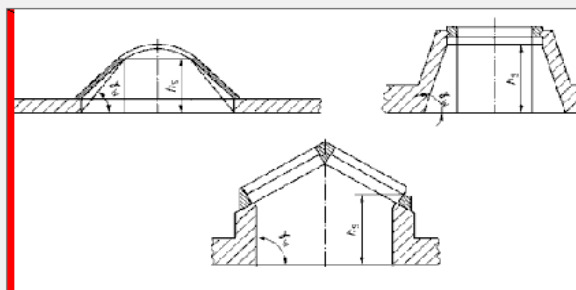
hs : 1.00 m

y_W : 20.0°

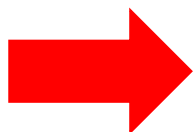
hg : 3.00 m

North East/West

OK Cancel



SPECIFICHE TOOL LENICALC



Product Database

Reference Id	Description	Piw	Standby Pci	Chg Pei	Product Type
0123AAA	fhgfhgf	30.00 W	0.00 W	0.00 W	Control
1234	ACME 1234	1.00 W	2.00 W	34.0	Control
12344321	EMER	0.00 W	0.00 W	2.00 W	Emergency
12345_M	12345 EMM	30.00 W	0.10 W	0.00 W	Luminaire+Emergency
12345_S	ESSE	50.00 W	1.00 W	0.00 W	Luminaire+Control
123ABC	ACME LUX 12...	100.0	0.01 W	0.01 W	Luminaire+Control+Emergency
2103-DN-0011	TACTO 54 EL...	10.00 W	0.50 W	0.50 W	Luminaire+Control+Emergency
2x Linear Basi...	2x Linear	120.0	0.00 W	0.00 W	Luminaire
3196803402IES	PHALANX 620...	54.00 W	0.00 W	0.00 W	Luminaire
3196803402LDT	PHALANX 620...	54.00 W	0.00 W	0.00 W	Luminaire
4234	ACME 4234	4.00 W	23.00 W	4.00 W	Luminaire
5678	ACME 5678	56.00 W	7.00 W	8.00 W	Luminaire
705 FLC 2X55L	705 Airone	116.0	0.00 W	0.00 W	Luminaire
A1234	ACME 1234	1.00 W	2.00 W	34.0	Luminaire
A123ABC	ACME LUX 12...	100.0	0.01 W	0.01 W	Luminaire
A5678	ACME 5678	56.00 W	7.00 W	8.00 W	Luminaire

Add Object To Zone

Luminaire Type Edit

Reference Id: 3196803402IES

Description: 620, PC (bruchsicher) opalweiss, raumstrahlend

Product Type: Luminaire

Luminaire Circuit Power (Pi)[W]: 54.00 W

Luminaire Control Standby Power (Pci)[W]: 0.00 W

Control Type: Occupancy

Luminaire Standby Emergency Charge Power (Pei)[W]: 0.00 W

OK Cancel

SPECIFICHE TOOL LENICALC

CALCOLO DEL LENI DI EDIFICIO

CALCOLO DELL'ENERGIA SPECIFICA MENSILE DELL'EDIFICIO

SPECIFICHE TOOL LENICALC

LENI=29.96 kWh/m² ✕

Building Installed Power (Pn): 1300.00 W
Annual Building Energy: 2995.87 kWh
Area: 100.00 m²

LENI=29.96 kWh/m²

January	July
February	August
March	September
April	October
May	November
June	December

OK

Building Monthly Specific Energy=2.47 kWh/m² (July) ✕

Building Installed Power (Pn): 1300.00 W
July Building Energy: 247.25 kWh
Area: 100.00 m²

Building Monthly Specific Energy=2.47 kWh/m² (July)

OK

CALCOLO DEL LENISub DEL PIANO

CALCOLO DELL'ENERGIA SPECIFICA MENSILE DEL PIANO

SPECIFICHE TOOL LENICALC

LENISub=29.96 kWh/m²

Floor Installed Power (Pn): 1300.00 W

Annual Floor Energy: 2995.87 kWh

Floor Area: 100.00 m²

LENISub=29.96 kWh/m²

January

February

March

April

May

June

July

August

September

October

November

December

OK

Floor monthly specific energy=2.47 kWh/m² (July)

Floor Installed Power (Pn): 1300.00 W

July Floor Energy: 247.25 kWh

Floor Area: 100.00 m²

Floor monthly specific energy=2.47 kWh/m² (July)

OK

CALCOLO DEL LENISub DELLA STANZA

Annual Calculation

Room Area: 100.00 m²

Room Installed Power Pn: 1300.00 W

Daylight Time, td: 2250 h

Daylight Absence Time, tr: 250 h

Energy for illumination, Wi: 2993.24 kWh

Charging and Standby Energy, Wp: 2.63 kWh

Total Energy, W: 2995.87 kWh

Annual LENISub: 29.96 kWh/m²

January July

February August

March September

April October

May November

June December

OK

CALCOLO DELL'ENERGIA SPECIFICA MENSILE DELLA STANZA

July Calculation

Room Area: 100.00 m²

Room Installed Power Pn: 1300.00 W

Daylight Time, td: 188 h

Daylight Absence Time, tr: 21 h

Energy for illumination, Wi: 247.03 kWh

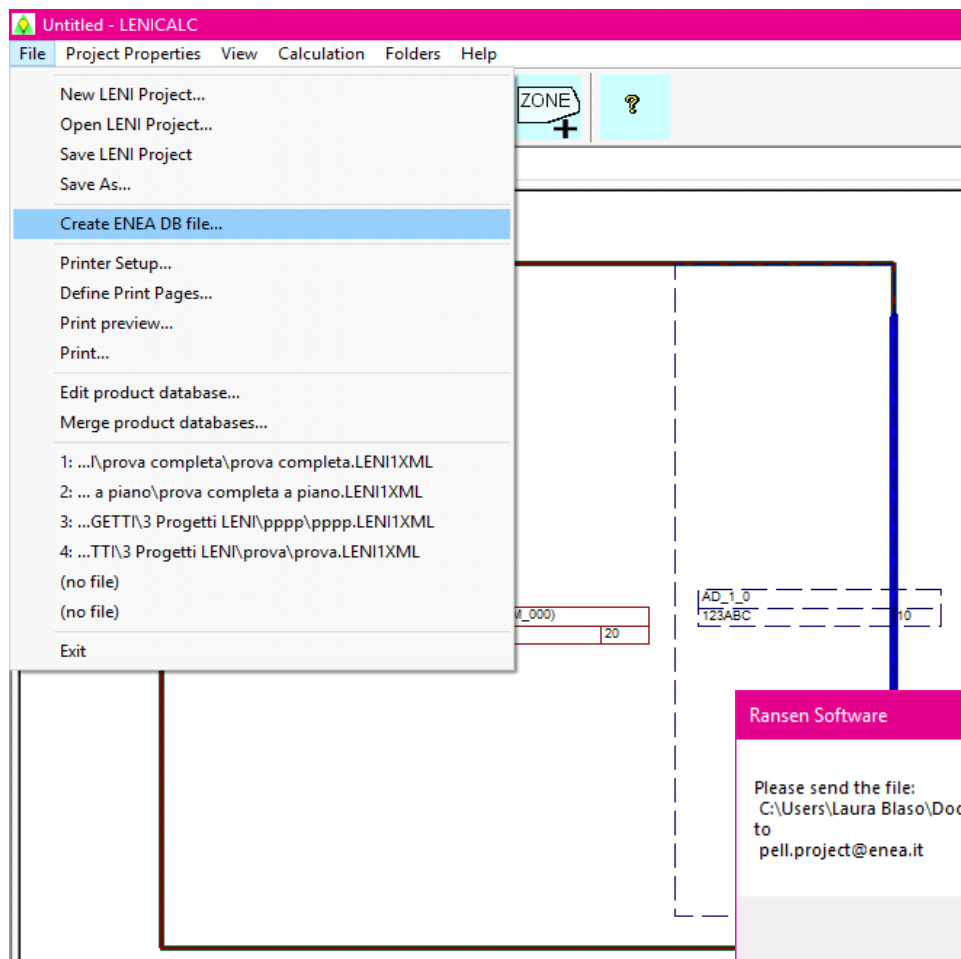
Charging and Standby Energy, Wp: 0.22 kWh

Total Energy, W: 247.25 kWh

Monthly Specific Energy: 2.47 kWh/m²

OK

SPECIFICHE TOOL LENICALC



SPECIFICHE TOOL LENICALC

Raccolta dati per definire valori di benchmark nazionali di LENI

I dati raccolti nell'XML prodotto con LENICALC sono:

- Nome progetto, Tipologia di edificio dominante, Latitudine e longitudine
- Data di realizzazione dell'edificio (year) o anno in cui sarà realizzato (year),
- Data di creazione del progetto ("yyyy-mm-dd"), Data di realizzazione dell'impianto (yyyy-mm-dd),
- Area totale di pavimento dell'edificio (m^2) (somma delle area delle superfici di pavimento)
- Altezza totale dell'edificio (m^2)
- superficie totale finestrata dell'intero edificio (m^2) (somma dei valori disponibili per ciascun piano),
- F_o medio dell'edificio (Fattore di occupazione)
- Potenza totale installata (P_n), Potenza parassita totale installata (P_{pc}),
- Potenza per illuminazione di emergenza totale installata (P_{em}),
- LENI annuale dell'edificio,
- Energia annuale dell'edificio spesa per garantire i requisiti prestazionali (W_L) e spesa per i dispositivi di controllo e la ricarica dell'illuminazione di emergenza (W_p),
- Energia mensile dell'edificio spesa per garantire i requisiti prestazionali (W_L) e spesa per i dispositivi di controllo e la ricarica dell'illuminazione di emergenza (W_p),

Al termine della simulazione per la determinazione del LENI effettuata con LENICALC V3, si può procedere all'esportazione in formato **XML** (sezione "Create ENEA DB file") dei dati predefiniti ed all'invio di una email all'indirizzo di posta del Progetto PELL "pell.project@enea.it

Laura Blaso
laura.blaso@enea.it

GRAZIE PER L'ATTENZIONE