



MUNGILUX WORKING GROUP: TECHNICAL NOTES

5. LUCE NATURALE IN SALA MUNGITURA: PERCHÉ È IMPORTANTE E COME VALUTARLA

5. NATURAL LIGHT IN THE MILKING PARLOUR: WHY IT MATTERS AND HOW TO ASSESS IT

La luce naturale esercita effetti positivi sull'uomo. Nel breve termine ha un'azione stimolante, nota anche come "effetto caffeina", che aumenta l'attenzione e le prestazioni intellettive, incidendo positivamente sull'umore. A lungo termine, invece, prevale l'effetto di benessere, noto anche come "effetto vitamina", legato all'azione benefica sui ritmi circadiani e sullo stato psicofisico [1].

Una buona illuminazione naturale, combinata con lampade energeticamente efficienti, contribuisce, inoltre, a ridurre i costi operativi di mungitura.

Come valutare la disponibilità di luce naturale in sala mungitura?

La disponibilità di luce naturale in un ambiente è indicata dal **fattore di luce diurna (η)** che esprime il rapporto tra illuminamento interno, dovuto alla sola luce naturale diffusa (cioè non solare diretta) entrante dalle finestre, e lo stesso valore di illuminamento diffuso su una superficie orizzontale all'esterno dell'ambiente.

In fase di progettazione di ambienti con finestre il fattore medio di luce diurna (η_m) si può calcolare a partire dalle seguenti variabili costruttive: superficie netta delle finestre; trasmittanza del vetro; coefficiente di riduzione del fattore finestra, funzione dell'arretramento delle finestre; superficie totale delle pareti dell'ambiente, compresi soffitto e pavimento; fattore di riflessione medio ponderato delle superfici dell'ambiente.

Natural light has positive effects on humans. In the short term, it has a stimulating effect, also known as the "caffeine effect", which increases attention and intellectual performance and has a positive effect on mood. In the long term, it has a feel-good effect, also known as the "vitamin effect", linked to its beneficial effect on circadian rhythms and psychophysical state [1].

Good natural lighting, combined with energy-efficient lamps, also helps to reduce milking operating costs.

How to assess the availability of natural light in the milking parlour?

The availability of daylight in a room is indicated by the **daylight factor (η)**, which expresses the ratio of internal illuminance due to diffuse (i.e. non-direct) sunlight entering through windows to the same value of diffuse illuminance on a horizontal surface outside the room.

When designing rooms with windows, the average daylight factor (η_m) can be calculated from the following design variables: net window area; glass transmittance; window factor reduction coefficient, function of window setback; total wall area of the room, including ceiling and floor; weighted average reflection factor of the room surfaces.





Nella pratica il **fattore di luce diurna (η)** si ottiene da valori misurati attraverso la seguente formula:

$$\eta = \frac{E_i}{E_e}$$

dove:

E_i = illuminamento dovuto alla sola luce naturale diffusa dalla volta celeste, misurato in un punto interno dell'ambiente a finestre chiuse senza schermature;

E_e = illuminamento dovuto alla sola luce naturale diffusa dalla volta celeste in condizioni di cielo coperto e in assenza di ostruzioni, misurato su una superficie orizzontale esterna.

Le misure vanno eseguite con due luxmetri in modo da rilevare contemporaneamente gli illuminamenti interno ed esterno. Per ottenere un valore medio, vanno eseguite più misure in punti uniformemente distribuiti nell'ambiente, indicativamente ad almeno 1 m dalle finestre e a 0,5 m dalle pareti.

Il fattore di luce diurna rilevato dipende dalla quantità di luce che arriva al punto di misurazione da tre sorgenti: *i*) dal cielo, attraverso le finestre (componente cielo); *ii*) dopo aver subito riflessioni da superfici esterne, come edifici vicini, alberi, ecc. (componente di riflessione esterna); *iii*) dopo aver subito riflessioni causate dalle superfici interne, come pavimento, pareti, soffitto, ecc. (componente di riflessione interna). Il fattore medio di luce diurna tiene conto di tutte e tre le componenti insieme, consentendo di valutare, a parità di tempo e luogo, l'illuminamento interno in relazione a quello esterno, quindi in termini relativi e non assoluti. Il fattore medio di luce diurna, tuttavia, non è necessariamente rappresentativo della distribuzione della luce naturale in un locale. Una migliore indicazione dell'uniformità di tale distribuzione si ottiene dal **fattore mediano di luce diurna** che considera la mediana dei valori misurati. In Figura 1, ad esempio, è evidente come, a parità di fattore medio di luce diurna (2,3%), la distribuzione della luce sia molto differente. Nell'immagine destra della Figura 1, la presenza di una sola finestra determina una luce molto intensa solo da una parte (monodirezionalità), mentre il resto del locale è prevalentemente al buio.

In practice, the **daylight factor (η)** is obtained from measured values using the following formula:

where:

E_i = illuminance due to natural light diffused only by the sky, measured at a point inside the room with windows closed and no shading;

E_e = illuminance due to natural light diffused by an unobstructed overcast sky, measured on an external horizontal surface.

Measurements shall be made with two lux meters to measure indoor and outdoor illuminance simultaneously. In order to obtain an average value, several measurements should be taken at evenly distributed points in the room, approximately at least 1 m from windows and 0.5 m from walls.

The measured daylight factor depends on the amount of light arriving at the point of measurement, from three sources: *i*) from the sky, through the windows (sky component); *ii*) after having been reflected from external surfaces, such as neighbouring buildings, trees, etc. (external reflection component); *iii*) after having been reflected from internal surfaces, such as floors, walls, ceilings, etc. (internal reflection component). The average daylight factor takes into account all three components together and makes it possible to evaluate, at the same time and place, the internal illuminance in relation to the external illuminance, i.e. in relative rather than absolute terms. However, the average daylight factor is not necessarily representative of the distribution of natural light in a room. The **median daylight factor**, which takes into account the median of the measured values, gives a better indication of the uniformity of this distribution. For example, Figure 1 shows that for the same average daylight factor (2.3%), the light distribution is very different. In the right-hand panel of Figure 1, the presence of only one window results in very bright light from only one side (monodirectionality), while the rest of the room is predominantly dark.



A sinistra, invece, il posizionamento delle finestre su tutte le pareti determina una maggiore omogeneità della luce [2]. Rapportando il fattore medio di luce diurna più basso a quello più alto si ottiene l'**indice di uniformità** che ci dà un'idea di quanto sia omogenea la distribuzione della luce naturale all'interno di un locale. Per raggiungere un elevato indice di uniformità è necessario avere finestre su tutti i lati del locale e usare luce zenitale attraverso l'apertura di superfici vetrate sulla copertura.

On the left, the positioning of the windows on all the walls results in more homogeneous light [2]. The ratio of the lowest to the highest average daylight factor is the **uniformity index**, which gives an idea of how homogeneous the distribution of natural light is a room. To achieve a high uniformity index, it is necessary to have windows on all sides of the room and to use zenithal light through the opening of glazed surfaces in the roof.

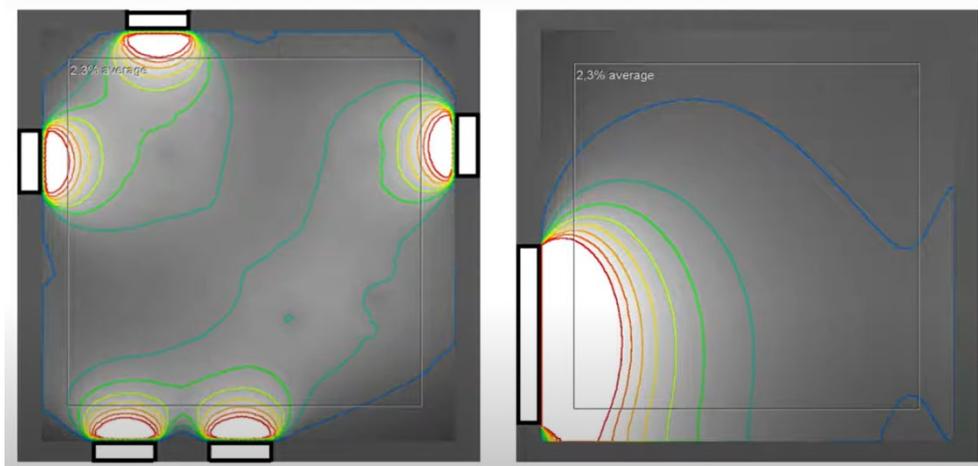


Figura 1: A parità di fattore medio di luce diurna, nel locale di sinistra, caratterizzato da finestre su tutte le pareti, si raggiunge un'omogeneità della luce maggiore rispetto al locale di destra dove è presente un'unica finestra (Velux Italia).

Figure 1: For the same average daylight factor, the room on the left with windows on all walls achieves greater light homogeneity than the room on the right with only one window (Velux Italia).

Esistono metriche più avanzate per valutare la luce naturale all'interno di un locale come la **Daylight Autonomy (DA)** o autonomia della luce diurna, che esprime la percentuale di tempo in un anno per cui in un punto dello spazio è sufficiente la sola luce naturale [3]. A titolo di esempio nelle sale mungitura delle due aziende partner del progetto MungilUX sono state misurate DA del 18%, corrispondente a 65 giorni (sala 1), e del 3%, equivalente a 12 giorni (sala 2). La DA tiene conto delle variazioni stagionali e giornaliere della luce solare, fornendo una valutazione più completa e realistica dell'illuminazione naturale rispetto alle misure statiche.

There are more advanced metrics for assessing natural light in a space, such as **Daylight Autonomy (DA)**. This is a measure of daylight availability and indicates the percentage of time that a given point in a room receives enough natural light to meet the required illuminance [3]. For example, in the milking parlours of the two MungilUX project partners, DA was measured at 18%, equivalent to 65 days (parlour 1), and 3%, equivalent to 12 days (parlour 2). DA takes into account seasonal and daily variations in sunlight, providing a more complete and realistic assessment of natural light than static measurements.



Questo parametro diventa particolarmente utile in ambienti come la sala mungitura, dove l'illuminazione naturale può variare significativamente in base all'orario di inizio della mungitura, alla stagione e all'orientamento dell'edificio.

L'utilizzo della DA per progettare l'illuminazione in sala mungitura offre alcuni vantaggi. Ad esempio, calcolando quando e per quanto tempo l'illuminamento target delle aree dei compiti visivi del mungitore è soddisfatto dalla componente naturale della luce, consente di ridurre la componente artificiale con risvolti positivi sia sul comfort visivo di operatori ed animali, sia sui consumi energetici. L'analisi della DA può influenzare le scelte progettuali nella disposizione delle finestre, nell'orientamento dell'edificio e nell'uso di dispositivi come lucernari o superfici riflettenti, per aumentare la capacità di captare e distribuire la luce naturale negli spazi interni.

Integrare razionalmente illuminazione naturale e artificiale

Per integrare al meglio l'illuminazione naturale con quella artificiale, è utile prevedere l'installazione di sensori crepuscolari che permettano di regolare automaticamente l'intensità della luce artificiale in base alla quantità di luce naturale effettivamente disponibile, assicurando un'illuminazione adeguata. I sensori crepuscolari consentono una gestione dinamica dell'illuminazione, evitando l'accensione completa delle luci artificiali durante le ore diurne, quando la luce naturale potrebbe essere sufficiente. Al diminuire dell'intensità della luce naturale (ad esempio, al tramonto o in condizioni di cielo nuvoloso), i sensori permettono di aumentare progressivamente l'intensità dell'illuminazione artificiale, garantendo il mantenimento del comfort visivo per operatori ed animali. Alcuni vantaggi derivanti dall'impiego di sensori crepuscolari sono:

1. Risparmio energetico: l'illuminazione artificiale contribuisce fino al 15-20% dei consumi energetici di un'azienda agro-zootecnica [4]. Lo sfruttamento della luce naturale può ridurre

This parameter is particularly useful in environments such as the milking parlour, where natural light can vary significantly depending on the time of day milking starts, the season and the orientation of the building.

Using DA to design the lighting in the milking parlour has several advantages. For example, by calculating when and for how long the target illuminance of the milker's visual task areas is met by the natural component of light, it is possible to reduce the artificial component, with positive effects on both operator and animal visual comfort and energy consumption. DA analysis can influence design decisions on windows placement, building orientation and the use of devices such as skylights or reflective surfaces to increase the ability to capture and distribute natural light indoors.

Rational integration of natural and artificial lighting

To integrate natural and artificial lighting, it is useful to install twilight sensors that automatically adjust the intensity of artificial lighting according to the amount of daylight actually available, ensuring adequate lighting. Twilight sensors allow dynamic lighting management, avoiding the need to switch on all the artificial lighting during the day when natural light may be sufficient. As the intensity of natural light decreases (e.g. at sunset or in cloudy conditions), the sensors allow the intensity of the artificial light to be gradually increased, ensuring that visual comfort for operators and animals is maintained. Some advantages of using twilight sensors are:

1. Energy savings: artificial lighting accounts for up to 15-20% of the energy consumption of an agricultural or livestock farm [4]. The use of natural light can reduce this consumption by 50%, resulting in savings of 30-60% on the electricity bill [5].



**Regione
Lombardia**

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

Iniziativa realizzata nell'ambito del Gruppo Operativo MUNGILUX cofinanziato dal FEASR

Operazione 16.1.01 "Gruppi Operativi PEI" del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Lombardia.

Capofila del partenariato è l'Università degli Studi di Milano, realizzato con la collaborazione di

Azienda Agricola Fogliata Giacomo e Società Agricola Giacomelli Roberto Luigi Gianfranco.

Autorità di gestione del Programma: Regione Lombardia



del 50% questi consumi portando a risparmi del 30-60% sulla bolletta elettrica [5].

2. Maggiore comfort visivo: una regolazione graduale della luce artificiale previene variazioni improvvise di luminosità, creando un ambiente più confortevole per i mungitori e gli animali.
3. Prolungamento della vita delle lampade: riducendo l'intensità luminosa quando non è necessaria, si diminuisce anche l'usura delle sorgenti luminose, prolungandone la durata e riducendo i costi di manutenzione.

Per **quantificare il risparmio energetico** derivante dall'utilizzo della luce naturale, è necessario conoscere il consumo di energia dell'impianto di illuminazione artificiale. Il **metodo LENI** (Lighting Energy Numeric Indicator) è in grado di quantificare l'efficienza energetica di un sistema di illuminazione. Tale indicatore viene calcolato rapportando il consumo totale di energia utilizzata per l'illuminazione (kWh) all'area utile illuminata (m^2), quindi, un basso valore di LENI (kWh/m^2) corrisponde ad un'elevata efficienza energetica dell'illuminazione. I principali fattori che influenzano il valore di LENI sono:

1. tipo di sorgente luminosa artificiale (LED, lampade alogene, lampade a fluorescenza, ecc.) e relativa efficacia di illuminazione, espressa come il rapporto tra il flusso luminoso (lumen) e la potenza elettrica (W) assorbita dalla lampada (lm/W);
2. caratteristiche dell'edificio (orientamento, presenza di finestre, coefficienti di riflessione delle superfici, ecc.);
3. durata giornaliera di accensione delle lampade;
4. ottimizzazione della luce naturale tramite finestre e/o lucernari.

Nelle sale di mungitura la disponibilità di luce naturale dipende da più fattori come l'esposizione e l'orientamento degli edifici, la stagione e l'orario di mungitura.

L'integrazione tra illuminazione naturale e artificiale garantisce un comfort visivo tale da soddisfare la norma UNI EN 12464:1-2021.

2. Increased visual comfort: gradual adjustment of artificial light prevents sudden changes in brightness, creating a more comfortable environment for milkers and animals.
3. Lamp life extension: by reducing the light intensity when not needed, the wear and tear on the light sources is also reduced, extending their life and reducing maintenance costs.

To **quantify the energy** savings from using daylight, it is necessary to know the energy consumption of the artificial lighting system. The **LENI** (Lighting Energy Numeric Indicator) **method** can quantify the energy efficiency of a lighting system. This indicator is calculated by relating the total energy used for lighting (kWh) to the useful illuminated area (m^2), so a low LENI value (kWh/m^2) corresponds to a high energy efficiency of the lighting.

The main factors influencing the value of LENI are:

1. type of artificial light source (LED, halogen, fluorescent, etc.) and its luminous efficacy, expressed as the ratio between the luminous flux (lumen) and the electrical power (W) consumed by the lamp (lm/W);
2. building characteristics (orientation, presence of windows, surface reflectance, etc.);
3. daily operating time of the lamp;
4. natural light optimisation through windows and/or skylights.

In milking parlours, the availability of natural light depends on several factors such as the exposure and orientation of the buildings, the season and the milking time.

The integration of natural and artificial lighting ensures visual comfort in compliance with UNI EN 12464:1-2021.



Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

Iniziativa realizzata nell'ambito del Gruppo Operativo MUNGILUX cofinanziato dal FEASR

Operazione 16.1.01 "Gruppi Operativi PEI" del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Lombardia.

Capofila del partenariato è l'Università degli Studi di Milano, realizzato con la collaborazione di

Azienda Agricola Fogliata Giacomo e Società Agricola Giacomelli Roberto Luigi Gianfranco.

Autorità di gestione del Programma: Regione Lombardia



Per approfondimenti:

1. Di Fraia L. 2008. Illuminazione naturale e sua importanza per la qualità della vita di oggi. Seminario di aggiornamento. Ordine degli ingegneri di Napoli, Commissione illuminotecnica.
2. Velux Italia:
<https://www.youtube.com/watch?v=HNlaYBqeZsM>
3. Bashir M.F., Shahbaz M., Ma B., Khorshed A. Evaluating the roles of energy innovation, fossil fuel costs and environmental compliance towards energy transition in advanced industrial economies. Journal of Environmental Management, 351.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119709>.
4. <https://www.thedairysite.com/articles/2342/energy-efficiency-on-dairy-units/>
5. Reinhart, C., Walkenhorst, O. (2001) Dynamic RADIANCE-Based Daylight Simulations for a Full-Scale Test Office with Outer Venetian Blinds, Energy and Buildings, 33:7, pp. 683-697

For further details:

1. Di Fraia L. 2008. Illuminazione naturale e sua importanza per la qualità della vita di oggi. Seminario di aggiornamento. Ordine degli ingegneri di Napoli, Commissione illuminotecnica.
2. Velux Italia:
<https://www.youtube.com/watch?v=HNlaYBqeZsM>
3. Bashir M.F., Shahbaz M., Ma B., Khorshed A. Evaluating the roles of energy innovation, fossil fuel costs and environmental compliance towards energy transition in advanced industrial economies. Journal of Environmental Management, 351.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119709>.
4. <https://www.thedairysite.com/articles/2342/energy-efficiency-on-dairy-units/>
5. Reinhart, C., Walkenhorst, O. (2001) Dynamic RADIANCE-Based Daylight Simulations for a Full-Scale Test Office with Outer Venetian Blinds, Energy and Buildings, 33:7, pp. 683-697

