

## RISCHI OCCUPAZIONALI DA ESPOSIZIONE A RADIAZIONI OTTICHE INCOERENTI E COERENTI. MISURE DI TUTELA DEI LAVORATORI

Ottiche naturali: fattori ambientali, fattori personali ed elementi protettivi che condizionano l'esposizione al sole

Chiara Burattini (UNIVERSITÀ SAPIENZA- Dipartimento DIAEE)

Convegno Nazionale Ambiente e Lavoro  
Bologna, 20 novembre 2024



# Introduzione

L'esposizione alla radiazione solare può produrre sia effetti negativi che effetti positivi per la salute umana, in funzione della **dose** ricevuta dai tessuti

## ❑ **Effetti negativi**– SOVRAESPOSIZIONE

danni alla cute e agli occhi di tipo acuto e cronico

## ❑ **Effetti positivi**– MINIMA/GIUSTA DOSE

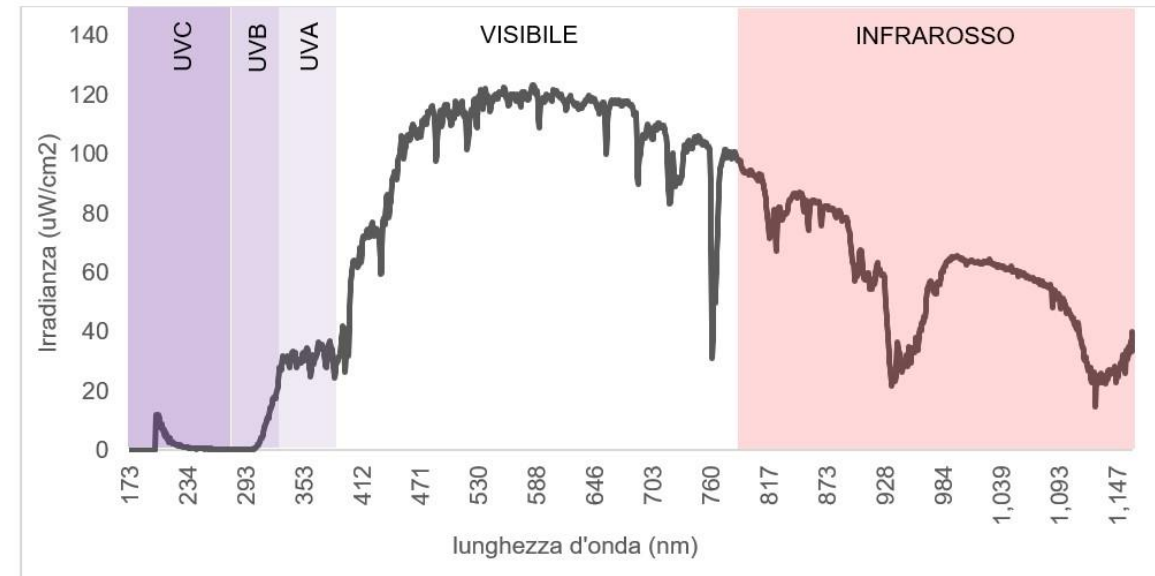
Sintesi della Vitamina D (600 UI al giorno)

## ❑ **Altri effetti** – Sincronizzazione dei ritmi circadiani

# La radiazione solare

Lo spettro solare è suddiviso in **bande di emissione** definite da intervalli di lunghezze d'onda

- ❑ Ultravioletto (100-380 nm)
- ❑ Visibile (380-780 nm)
- ❑ Infrarosso (780-4000 nm)



Ad ogni banda corrispondono effetti diversi per il corpo umano

# La radiazione solare

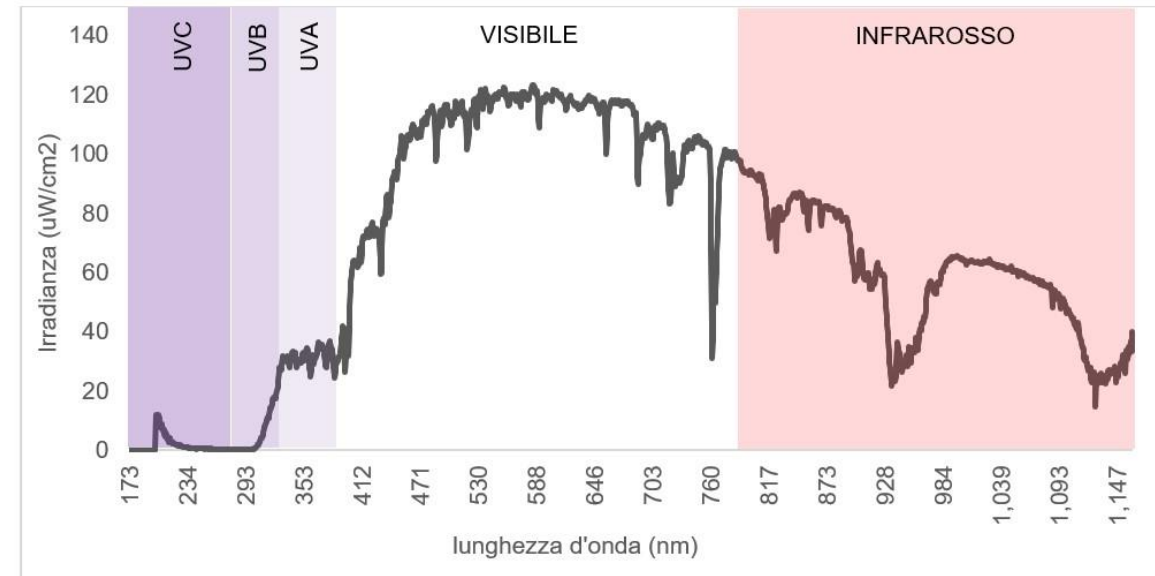
## ☐ **Visibile** (780-4000 nm)

Radiazione percepita grazie a fotorecettori:

Bastoncelli – visione scotopica

Coni – visione fotopica: divisione dello spettro visibile in 7 bande

Cellule gangliari – sistema circadiano



# La radiazione solare

## □ Infrarosso (780-4000 nm)

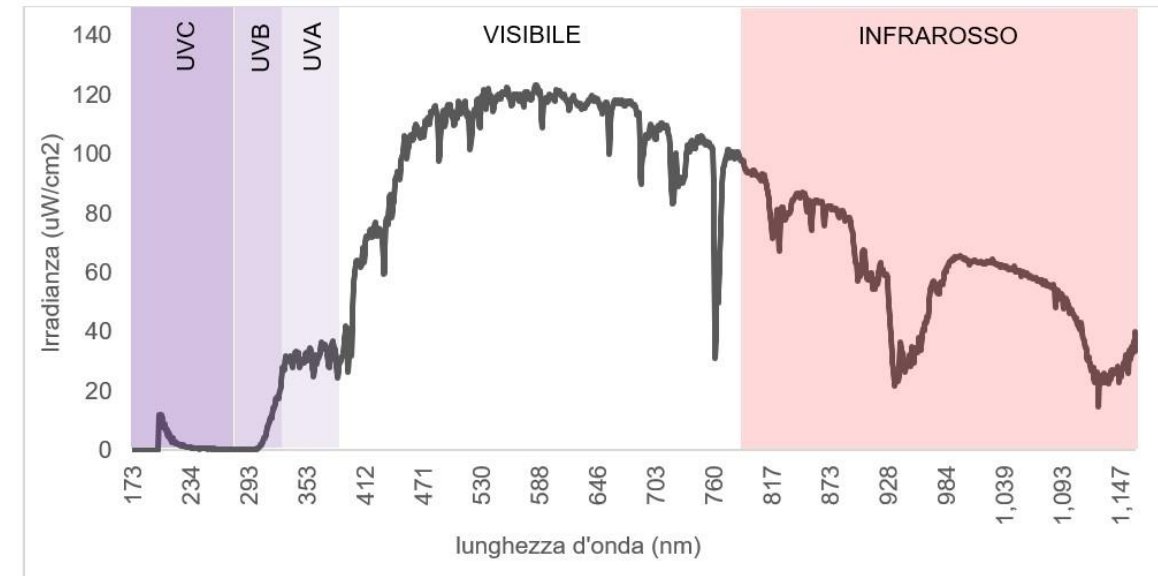
Poco più del 40% dell'emissione solare percepita dal corpo umano sotto forma di calore grazie ai recettori presenti nella pelle

classificazione DIN/CIE:

IR-A (700-1400 nm)

IR-B (1400-3000 nm)

IR-C (3 -1000  $\mu\text{m}$ )



# La radiazione solare

## ☐ **Ultravioletto** (100-380 nm)

Contenuto energetico più elevato

10% circa dell'intera radiazione solare

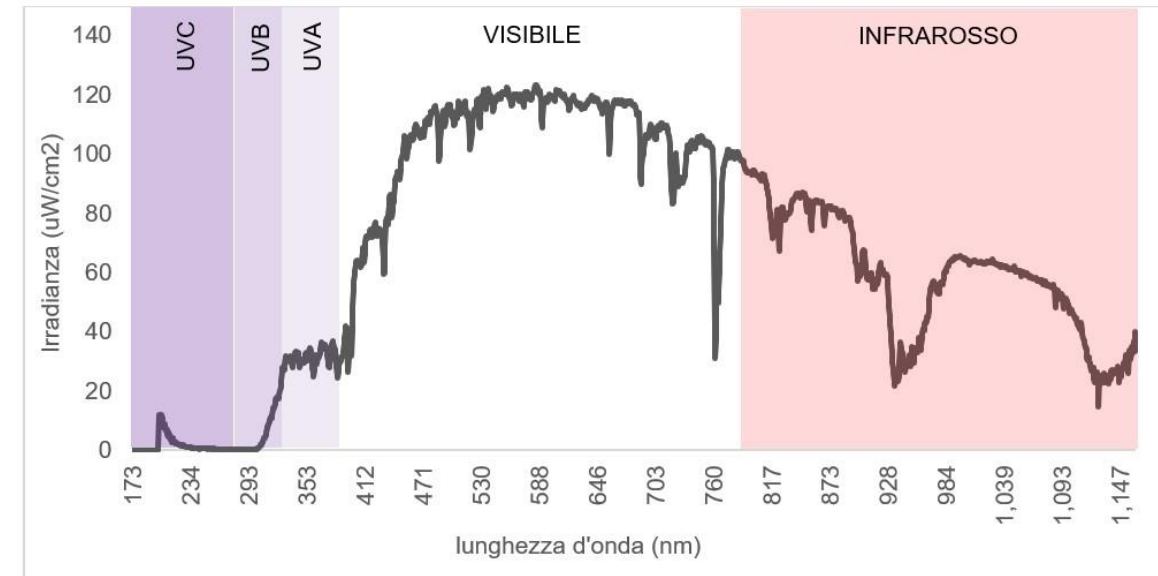
UVC (100-280 nm)

UVB (280-315 nm)

UVA (315-380 nm)

UVC e UVB -> sintesi della vitamina D

UVC, UVB e UVA -> effetti dannosi



# Grandezze

**Irradianza**– potenza emessa dal sole incidente su una superficie unitaria (W/m<sup>2</sup>)

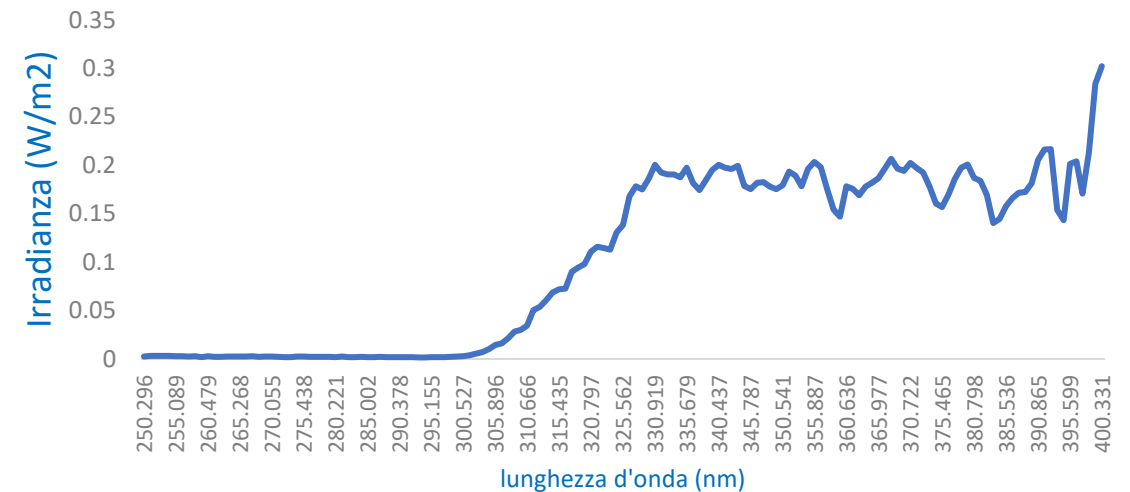
Totale

Intervallo definito

Spettrale

Grandezza che ci interessa misurare per quantificare l'esposizione

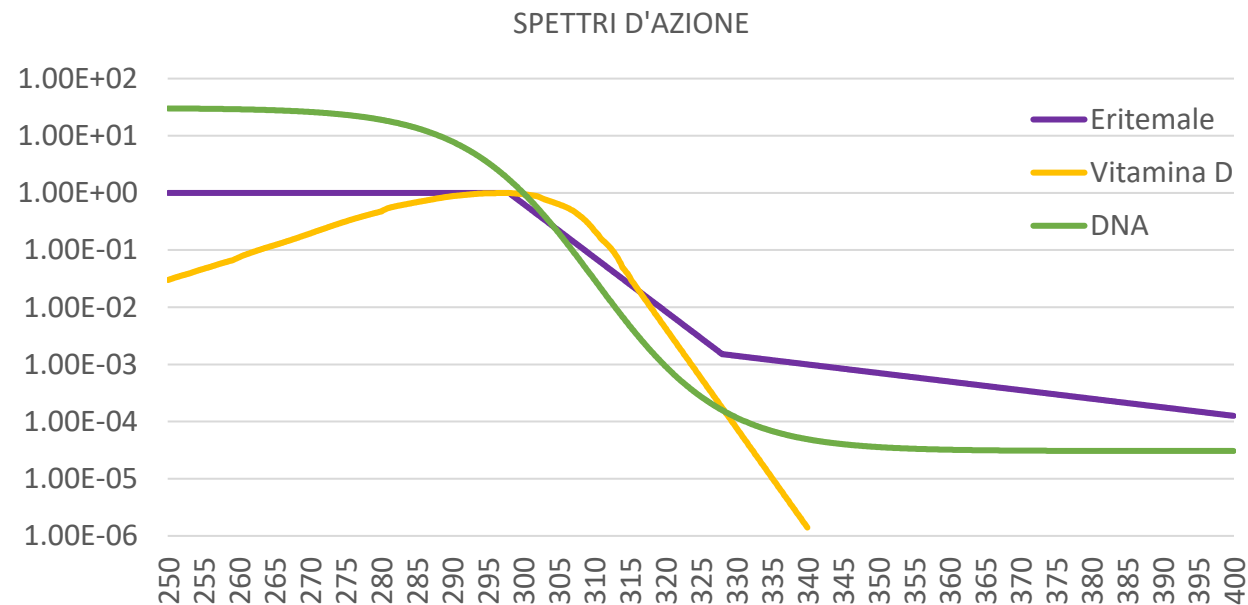
Radiazione spettrale



# Grandezze

L'effetto delle singole lunghezze d'onda sul corpo umano è definito da **spettri d'azione**

Curve di pesatura che trasformano la radiazione fisica in radiazione efficace

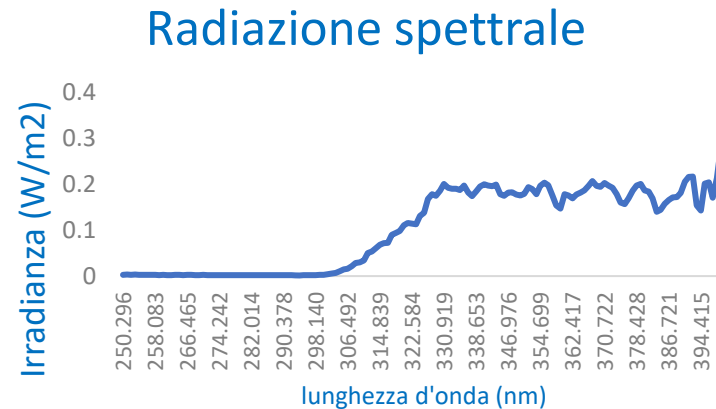




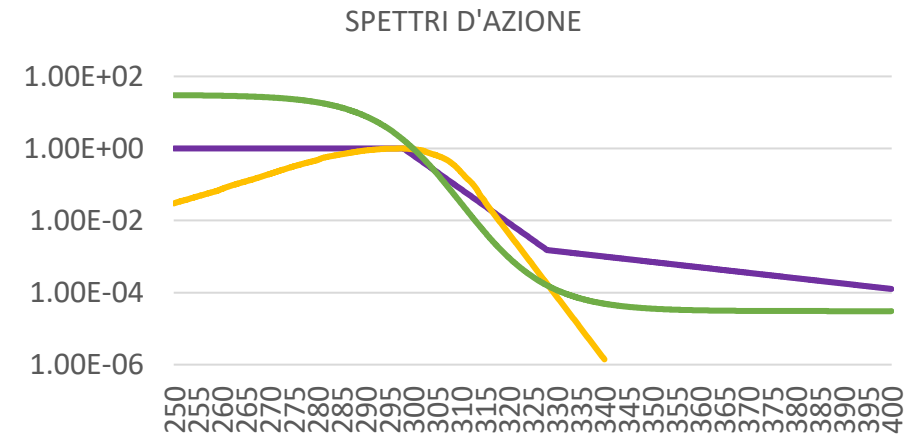
# Grandezze

Irradianza pesata

$$E_s = \int_{280}^{400} E(\lambda) S(\lambda) d(\lambda)$$



X



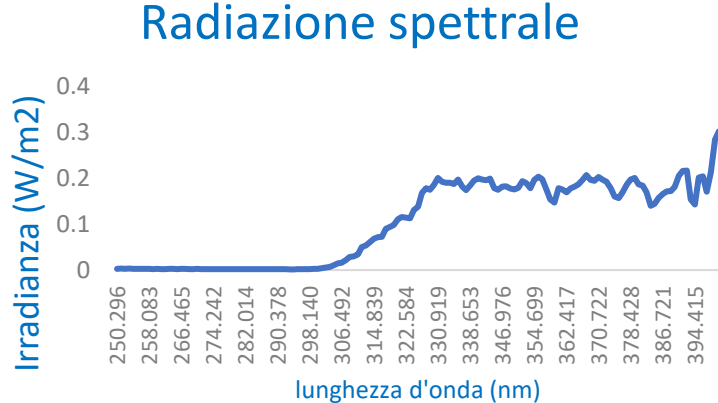
# Grandezze

Irradianza efficace o dose

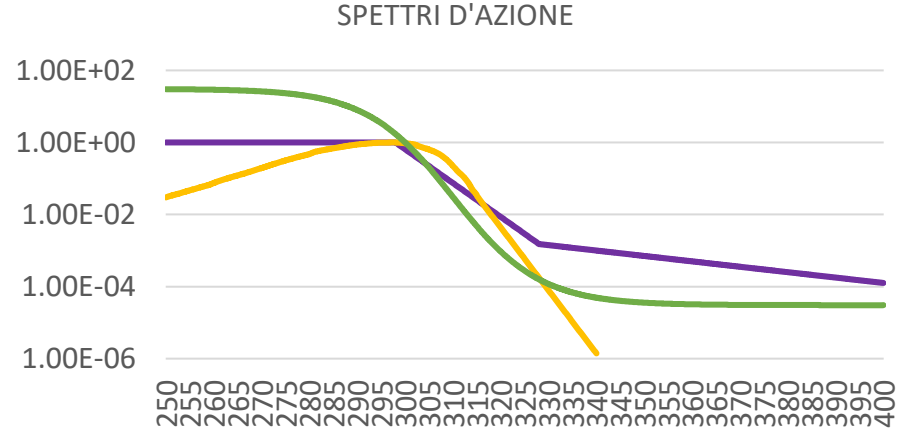
$$E_s = t \int_{280}^{400} E(\lambda) S(\lambda) d(\lambda)$$

TEMPO DI ESPOSIZIONE

X



X



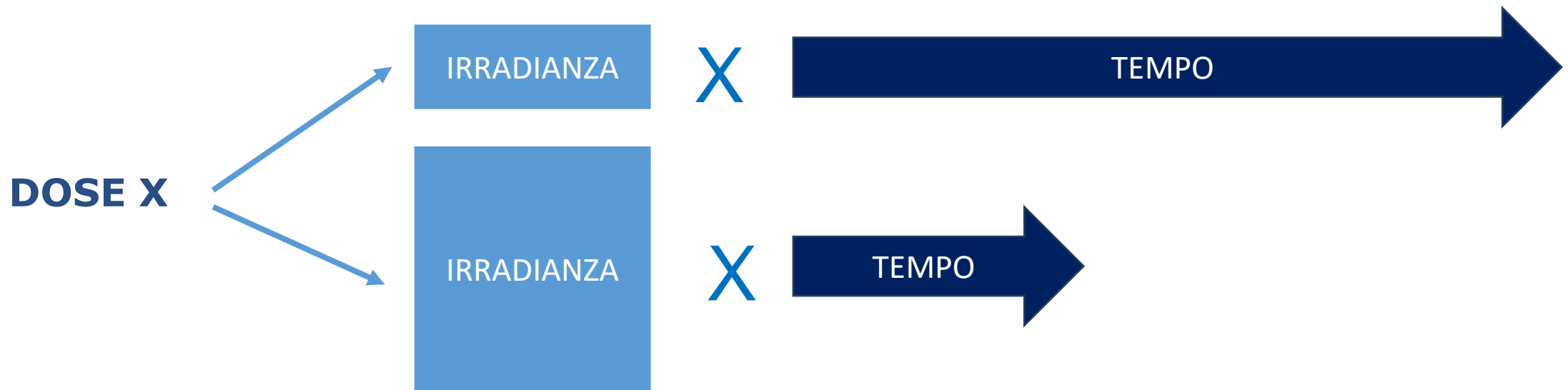
# Grandezze

**Irradianza efficace o dose**

$$E_s = t \int_{280}^{400} E(\lambda) S(\lambda) d(\lambda)$$

I rischi e i benefici per il corpo umano sono legati alla dose ricevuta dal tessuto.

Legge di Burnsen-Roscoe



# Esposizione

## **Esposizione personale**

dipende dalla quantità di radiazione solare ricevuta dal corpo umano

dipende da caratteristiche personali

La reale esposizione della persona dipende da molteplici fattori:

- geografici
- astronomici
- ambientali
- personali
- protezioni

# Fattori geografici

L'irradianza solare è una quantità variabile

Massima per incidenza perpendicolare

# Fattori geografici

☐ Latitudine

# Fattori astronomici

Irradianza solare sulla superficie terrestre è funzione di tre angoli che descrivono la posizione del sole nella volta celeste

- angolo zenitale
- altitudine solare
- azimut solare

# Fattori astronomici

Irradianza solare varia con:

- giorno dell'anno
- ora del giorno



# Fattori ambientali

La radiazione emessa dal sole viene modificata dall'interazione con l'atmosfera

Terrestre (assorbimento)

UVC -> ozono e ossigeno

Assenti sulla terra

UVB -> ozono

Riduzione con altitudine

UVA -> aerosol

IR -> ossigeno, vapore acqueo e  
anidride carbonica

# Fattori ambientali

Le condizioni meteo influenzano la quantità di radiazione solare solare che giunge sulla superficie terrestre

- Cielo sereno: diretta e diffusa
- Cielo variabile: diretta e diffusa
- Cielo coperto: diffusa

# Fattori ambientali

Effetto delle nuvole sulla radiazione solare dipende dalla lunghezza d'onda ed è espresso dal Fattore di Modificazione delle Nuvole (CMF)

L'attenuazione dipende dallo spessore ottico delle nuvole in modo esponenziale

☐ Effetto nuvole su radiazione UV:

schermatura totale

schermatura parziale

aumento per interriflessioni

# Fattori ambientali

## □ Albedo

Gli oggetti e le superfici che circondano la persona, in particolare il terreno, riflettono in modo speculare o diffuso la radiazione UV solare, aggiungendo un contributo alla radiazione diretta, che innalza il livello di irraggiamento dei distretti corporei

# Fattori ambientali

## ☐ Ombra

La presenza di ombra può ridurre notevolmente la radiazione solare diretta, lasciando comunque il corpo esposto alla radiazione diffusa e riflessa:

Totale -> edificio, montagna

Parziale -> chioma albero

# Fattori personali

- ❑ **Fototipo** – definisce la sensibilità della pelle alla radiazione UV

Classificazione di Fitzpatrick

## **Fototipi chiari**

Si scottano facilmente/sempr

Sintetizzano facilmente la Vit. D

## **Fototipi scuri**

Si scottano raramente/mai

Più tempo per la Vit. D

# Fattori personali

L'anatomia del corpo umano fa sì che i singoli **distretti corporei** siano esposti in modo differente alla radiazione solare, cosicché alcune zone anatomiche siano maggiormente soggette all'eritema di altre

Gli **occhi** sono relativamente ben protetti grazie all'anatomia del volto che li tutela dai raggi diretti del sole

# Fattori personali

## □ Percentuale di corpo esposto

Effetti positivi:

la quantità di Vitamina D sintetizzata dal corpo umano aumenta all'aumentare della superficie corporea esposta alla radiazione UV.

Effetti negativi:

tutte le superfici esposte sono soggette a rischio



# Protezioni

L'utilizzo di elementi di protezione può ridurre notevolmente la quantità di radiazione UV solare ricevuta dal corpo

## ☐ vestiti

Fattore di Protezione dai raggi Ultravioletti (UPF) EN13758-1 (2002)

UPF = inverso della frazione di radiazione trasmessa

UPF 50 trasmette 1/50 dei raggi solari

Tessuto anti-UV ha  $UPF > 40$

NB Protezione ridotta se il tessuto si bagna

# Protezioni

## ☐ Creme solari

realizzate con elementi organici o minerali che assorbono o riflettono la radiazione UV

Fattore di Protezione Solare (SPF)

una crema con SPF 20 protegge la pelle 20 volte il tempo che impiegherebbe ad arrossarsi senza l'uso della crema

Utilizzo corretto della crema

# Protezioni

## □ occhiali da sole

Filtrano la radiazione solare

La norma UNI EN 1836 del 1997 indica come calcolare il coefficiente di trasmissione nelle bande UV, VIS e IR.

CATEGORIA	TONALITÀ	TRASMISSIONE	USO RACCOMANDATO
0	A - Lenti chiare	80-100 %	Ambienti interni, giornate molto nuvolose, alba e tramonto
1	B – Lenti colorate	42-80 %	Giornate nuvolose, guida diurna
2	C – Lenti di tonalità media	18-42 %	Giornate poco nuvolose, luce solare media, guida diurna
3	D – Lenti scure	9 -18 %	Luce solare elevata, attività all'aperto, guida diurna
4	E – Lenti molto scure	2-9 %	Luce solare estrema, sport in alta montagna e in alto mare. Non adatte alla guida.

Grazie  
dell'attenzione!  
[chiara.burattini@uniroma1.it](mailto:chiara.burattini@uniroma1.it)