

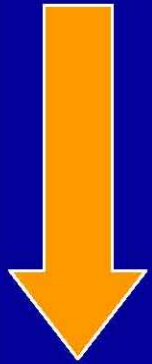
# Classificazione dei laser

ATTENZIONE: i criteri di classificazione sono cambiati



<b>Classi introdotte nel 1993</b>	<b>Classi introdotte nel 2007</b>
1	1
	1M
2	2
	2M
3A	3R
3B	3B
4	4

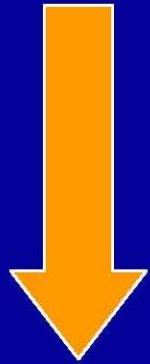
# LASER



LIGHT



AMPLIFICATION by



STIMULATED

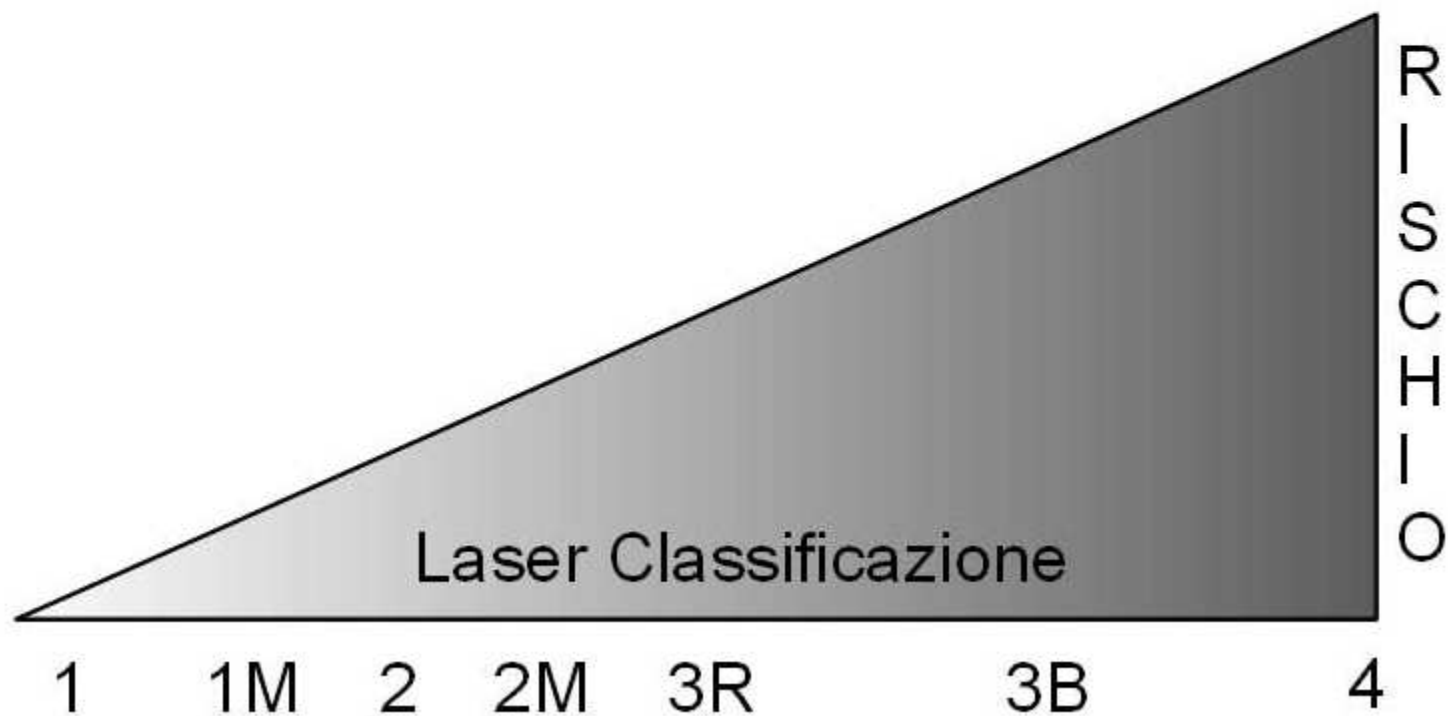


EMISSION of



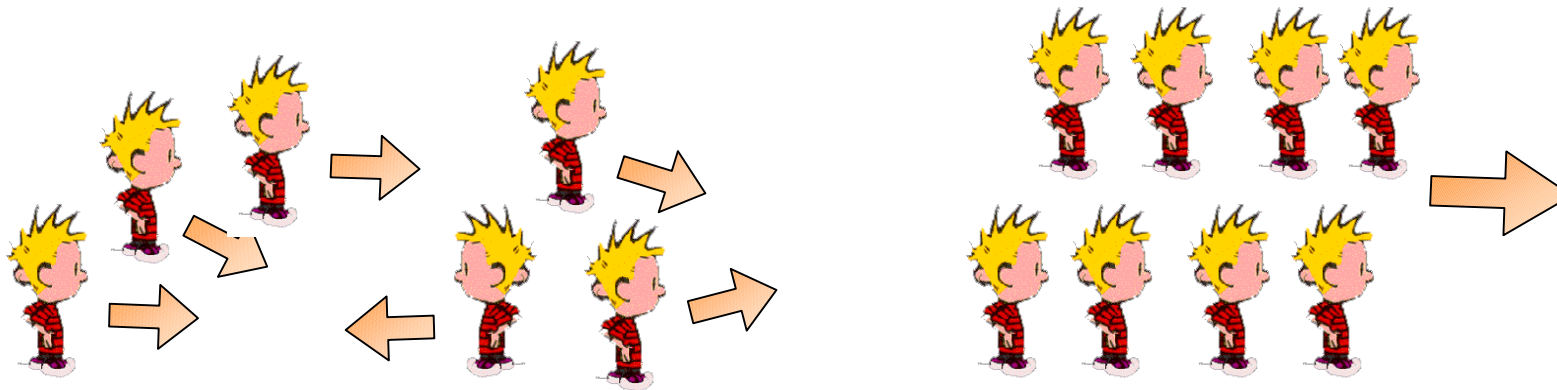
RADIATION

# Classificazione LASER

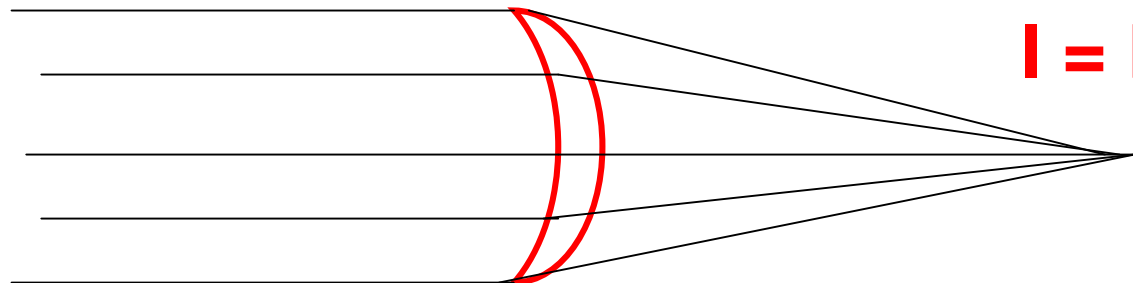


# Che cos'è la coerenza (spaziale):

In termini semplici possiamo pensare ad una sorta di “ordine” dei fotoni



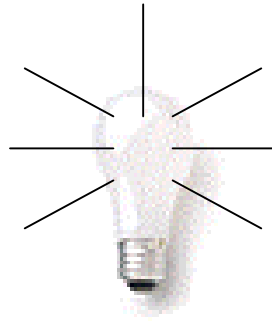
In pratica una coerenza elevata implica una elevata focalizzabilità del laser (macchia focale molto piccola, intensità elevata)



$$I = P / S = E / \tau S$$

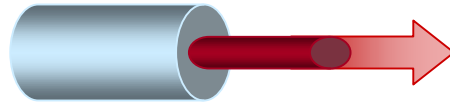
# Che cosa è un laser?

**Luce normale**



**BASSA DIREZIONALITA'  
BASSA MONOCROMATICITA'  
BASSA COERENZA  
BASSA POTENZA**

**Luce laser**



**ALTA DIREZIONALITA'  
ALTA  
MONOCROMATICITA'  
ALTA COERENZA  
ALTA POTENZA**

**Due “ingredienti”**

- IL MECCANISMO DI EMISSIONE  
(Emissione Stimolata  
vs. Emissione Spontanea)
- LA CAVITA' OTTICA RISONANTE

## SOLE:

Intensità massima luce solare a terra =  $1 \text{ kW/m}^2$  o  $1 \text{ mW/mm}^2$

Assumendo un diametro pupillare di  $2 \text{ mm}$ , l'area è circa  $3 \text{ mm}^2$

Quindi la potenza raccolta dall'occhio è =  $3 \text{ mW}$

Il sole forma un'immagine  $\approx 100 \mu\text{m}$  di raggio sulla retina (area =  $0.03 \text{ mm}^2$ )

L'intensità sulla retina (Potenza/Area) =  $3 \text{ mW}/0.03 \text{ mm}^2 =$   
 **$100 \text{ mW/mm}^2$**

## Tipico laser He Ne da $1 \text{ mW}$ (o laser pointer):

Potenza =  $1 \text{ mW}$ , raggio del fascio =  $1 \text{ mm}$

Forma un'immagine con raggio di  $10 \mu\text{m}$  (area dello spot =  $3 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$ )

L'intensità dell'HeNe sulla retina è  $1 \text{ mW}/(3 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2) =$   
 **$3100 \text{ mW/mm}^2$**



**Tabella riassuntiva dei requisiti di sicurezza per diverse tipologie di Laser**

	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 1M</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 2M</b>	<b>Classe 3R</b>	<b>Classe 3B</b>	<b>Classe 4</b>
<b>Descrizione classe</b>	Sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili,	Sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma possono essere pericolosi se l'operatore impiega ottiche	Sicuro per breve esposizioni agli occhi;	Sicuri per breve esposizioni a occhio nudo; possono essere pericolosi se l'utente impiega ottiche	Rischio di lesioni è relativamente bassa, ma può essere pericoloso per uso improprio da parte di personale inesperto	Sono normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio	Sono pericolosi per l'occhio e la pelle; rischio di incendio
<b>Area controllata</b>	<b>Non richiesta</b>	Localizzata o delimitata (chiusa)	<b>Non richiesta</b>	Localizzata o delimitata (chiusa)	<b>delimitata (chiusa)</b>	Delimitato e protetto da interblocco	Delimitato e protetto da interblocco
<b>Comando a chiave</b>	<b>Non richiesto</b>	<b>Non richiesto</b>	<b>Non richiesto</b>	<b>Non richiesto</b>	<b>Non richiesto</b>	<b>Richiesto</b>	<b>Richiesto</b>

**Tabella riassuntiva dei requisiti di sicurezza per diverse tipologie di Laser**

	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 1M</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 2M</b>	<b>Classe 3R</b>	<b>Classe 3B</b>	<b>Classe 4</b>
Formazione all'utilizzo	Seguire le istruzioni del produttore	Raccomandata	Seguire le istruzioni del produttore	Raccomandata	Richiesta	Richiesta	Richiesta
DPI (occhiali)	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Non richiesti	Possono essere necessari a seguito di valutazione del rischio	Richiesti (per operatore e paziente eventuale accompagnatore)	Richiesti (per operatore e paziente eventuale accompagnatore)
Misure di prevenzione	Non necessarie per il normale utilizzo	Evitare di modificare la messa a fuoco o la collimazione ottica del fascio	Evitare di fissare il fascio	Evitare di fissare il fascio e evitare di modificare la messa a fuoco o la collimazione e ottica del fascio	Evitare l'esposizione e diretta dell'occhio	Evitare l'esposizione e diretta dell'occhio e della pelle. Evitare riflessioni accidentali del fascio	Evitare l'esposizione e diretta e diffusa dell'occhio e della pelle. Evitare riflessioni accidentali del fascio

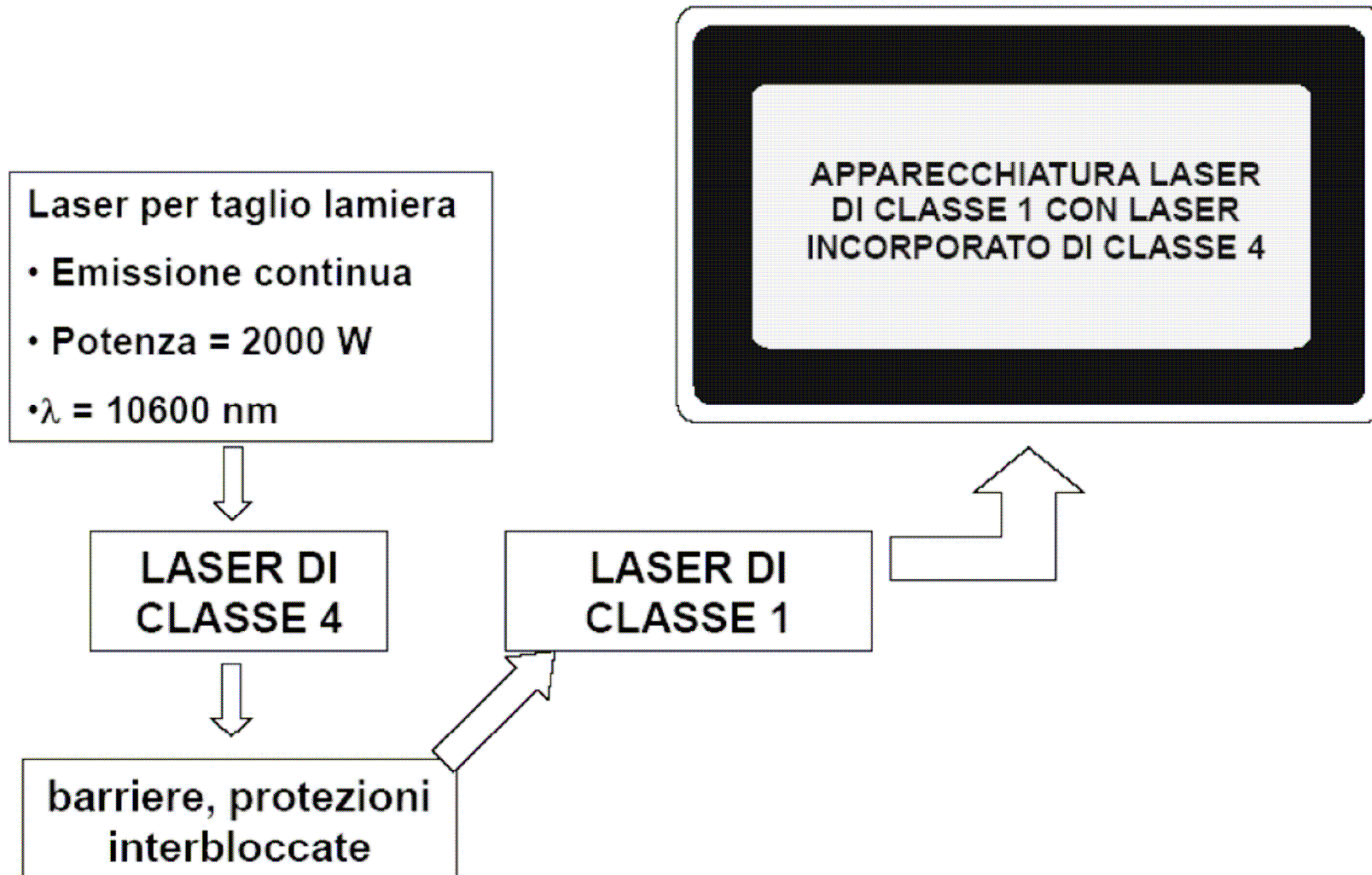
# **Verifica della corretta classificazione**

**Verificare che l'etichetta apposta dal costruttore sia ancora conforme all'ultima versione della norma IEC 60825-1 ed. 2.0B del 2007 e garantisca un adeguato livello di sicurezza.**

**NB: nel caso l'etichettatura sia superata richiedere al costruttore una nuova classificazione e riportare sul DVR le misure di tutela da adottare sulla base della nuova classificazione.**

# Esempio di classificazione

Norma CEI EN 60825-1: Esempio di classificazione delle apparecchiature Laser



# **Valutazione del rischio (art. 216)**

- f) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;**
- g) la disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione alle radiazioni ottiche;**
- h) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;**
- i) sorgenti multiple di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali;**

# **Valutazione del rischio**

**l) una classificazione dei laser stabilita conformemente alla pertinente Norma IEC e, in relazione a tutte le sorgenti artificiali che possono arrecare danni simili a quelli di un laser della classe 3B o 4, tutte le classificazioni analoghe;**

**m) le informazioni fornite dai fabbricanti delle sorgenti di radiazioni ottiche e delle relative attrezzature di lavoro in conformità delle pertinenti Direttive comunitarie.**

# Segnaletica di sicurezza



UNI 7545-10 Segni grafici per segnali di pericolo - Parte 10: Laser



UNI 7545-15 Segni grafici per segnali di pericolo - Parte 15: Radiazioni ultraviolette da saldatura

# **RADIAZIONI OTTICHE: riconoscere e valutare il rischio**

**DPI specifici per la protezione da radiazioni  
ottiche non coerenti e coerenti**



# DPI oculari per radiazioni ottiche

**Tutti i dispositivi di protezione degli occhi e del viso da radiazioni ottiche appartengono almeno alla II categoria del DLgs.475/92 e pertanto comportano l'obbligo di una formazione specifica all'uso**

Marcatura CE in accordo a specifica norma UNI EN



# Organi a rischio

- OCCHI

- CUTE

**Per i primi si adottano occhiali con oculare doppio o singolo.**

**Per la cute si adottano maschere (a scatola o a coppa) e ripari facciali nei confronti del viso; guanti a protezione delle mani; grembiuli.**

# Occhiali e maschere

- **Devono essere idonei a filtrare le lunghezze d'onda di interesse**
- **Non devono alterare in modo eccessivo la trasmissione della parte non nociva della radiazione visibile, la percezione dei contrasti e la distribuzione dei colori**
- **Devono essere conformi alle norme di riferimento a seconda delle lunghezze d'onda e delle attività lavorative**
- **Devono essere marcati sia sulla montatura che sulle lenti**

# Occhiali e maschere

- **Occhiale doppio**



- **Occhiale singolo**



# Occhiali e maschere

- a scatola



- a coppa



# Occhiali e maschere

• Visiera



• Maschera a fiamme



# Occhiali e maschere

- **obbligo di formazione specifica all'uso (D.Lgs 475/92)**
- **marcatura CE**
- **marcatura specifica per lente e montatura, entrambe rappresentate da una sequenza di lettere e numeri che indicano le capacità protettive e le caratteristiche delle due parti del dispositivo**

# Marcatura dell'oculare

Codice alfanumerico I II III IV V VI VII

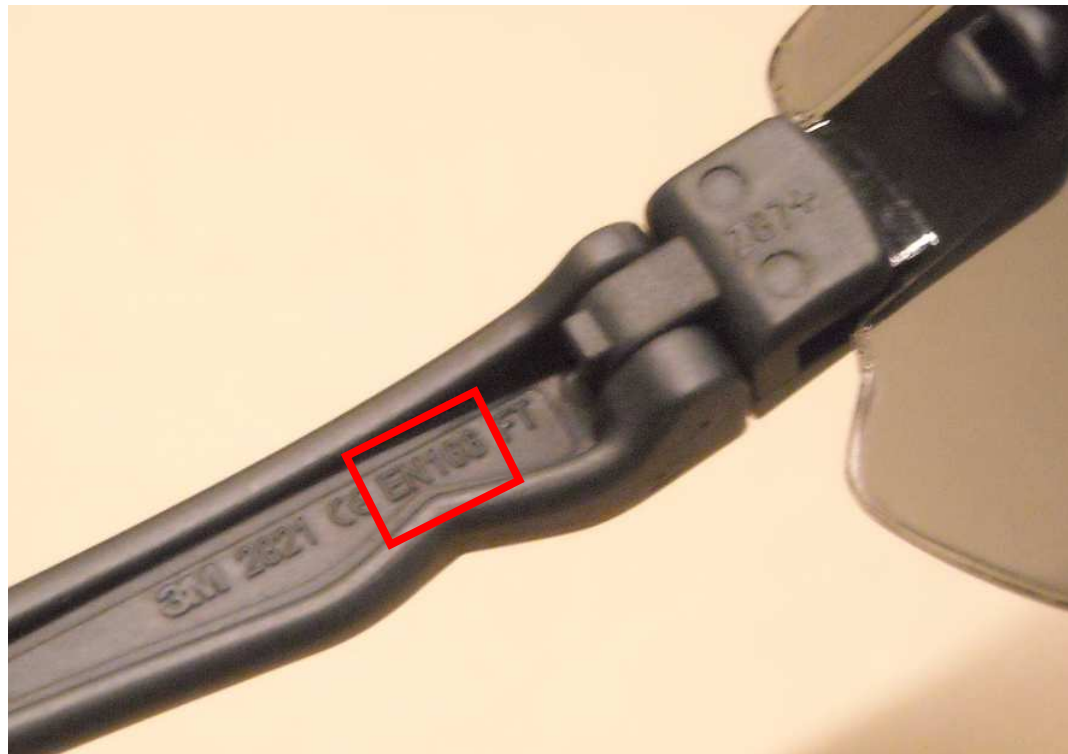
- **Posizione I: numero di scala = numero di codice – numero di graduazione**
- **Posizione II: marchio di identificazione fabbricante**
- **Posizione III: classe ottica; da 1 (migliore) a 3 (peggiore)**
- **Posizione IV: livello di resistenza meccanica all'impatto; A, B, F, S, o niente dal migliore al peggiore (AT, BT o FT indicano la resistenza a particelle di temperature estreme)**
- **Posizione V: protezione da archi elettrici (8) o metalli fusi/ solidi incandescenti (9)**
- **Posizione VI: eventuale lente antigraffio (K)**
- **Posizione VII: eventuale trattamento antiappannante (N)**

# **Codici di identificazione del tipo di radiazione (UNI EN 166)**

- **2: filtro per ultravioletti, il riconoscimento dei colori può risultare alterato**
- **2C/3: filtro per UV con buon riconoscimento dei colori**
- **4: filtro per infrarossi**
- **5: filtro solare senza requisiti per gli IR**
- **6: filtro solare con requisiti per gli IR**

# Esempio: marcatura montatura

- Il numero della norma UNI EN 166 deve essere applicato alle montature e agli alloggiamenti, ma non agli oculari



# Esempio: marcatura lente



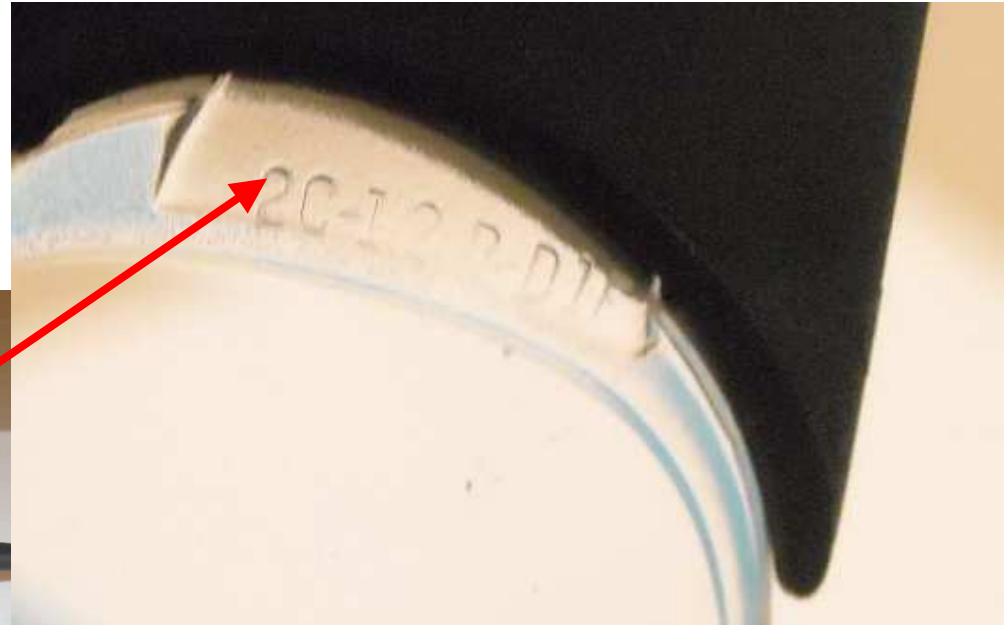
# **Esempio: marcatura lente**

- **Dispositivo, alla diapositiva precedente, caratterizzato da:**
  - **N° di codice: 5 (filtro solare)**
  - **N° di graduazione del filtro: 2.5**
  - **Identificazione del fabbricante: 3M**
  - **Classe ottica: 1**
  - **Resistenza meccanica: FT; resistenza a impatti a bassa energia di particelle a temperatura estrema**

# Protezione da UV (UNI EN 170)

N° di scala	Percezione del colore	Applicazioni tipiche	Sorgenti tipiche (esempi)
2-1,2 2-1,4 2-1,7	Può essere alterata, salvo se il filtro è marcato <b>2C</b>	Da utilizzare con sorgenti che emettono prevalentemente radiazione UV a lunghezza d'onda minori di 313 nm e quando l'abbagliamento non è un fattore importante. Questo copre le bande UVC (da 100 nm a 280 nm) e la maggior parte delle bande UVB (da 280 nm a 315 nm).	Lampade a vapori di mercurio a bassa pressione, come le lampade utilizzate per stimolare la fluorescenza o "luci nere", le lampade attiniche e le lampade germicide.
2-2 2-2,5		Da utilizzare con sorgenti che emettono una forte radiazione contemporaneamente nel campo spettrale UV e nel campo visibile e perciò è richiesta l'attenuazione della radiazione visibile	Lampade a vapori di mercurio a media pressione, come le lampade fotochimiche
2-3 2-4			Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione e lampade a vapori di alogenuri metallici, come le lampade solari per solarium
2-5			Sistemi a lampade pulsanti. Lampade a vapori di mercurio ad alta ed altissima pressione come le lampade solari per solarium

# Protezione da UV esempio



# Protezione da IR (UNI EN 171)

<b>Numero di scala</b>	<b>Applicazione tipica in termini di fonti di temperatura media [°C]</b>	<b>Numero di scala</b>	<b>Applicazione tipica in termini di fonti di temperatura media [°C]</b>
4 – 1.2	Fino a 1.050	4 – 5	1.390
4 – 1.4	1.070	4 – 6	1.510
4 – 1.7	1.090	4 – 7	1.650
4 – 2	1.110	4 – 8	1.810
4 – 2,5	1.150	4 – 9	1990
4 – 3	1.190	4 – 10	2.220
4 – 4	1.290		

# **Protezione da ROA dell'arco di saldatura (UNI EN 169)**

- **Si usano schermi o maschere, con filtri a graduazione singola, a numero di scala doppio o commutabile (cristalli liquidi)**
- **Devono fornire protezione da radiazione UV, visibile e IR**

# Saldatura ad arco (UNI EN)

	Corrente A																											
Processo	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600							
Elettrodi rivestiti	8				9				10				11				12				13				14			
MAG	8								9		10		11				12				13				14			
TIG	8				9				10				11				12				13							
MIG con metalli pesanti	9								10		11				12				13				14					
MIG con leghe leggere	10								10		11		12		13		14											
Taglio aria-arco	10												11		12		13		14		15							
Taglio plasma-jet	9								10		11		12				13											
Saldatura ad arco al microplasma	4		5		6		7		8		9		10		11		12											
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600							

Nota Il termine "metalli pesanti" si applica ad acciai, leghe di acciaio, rame e leghe correlate, ecc.

**(numeri di scala)**

# **Saldatura ad arco (UNI EN 169)**

## **Codice alfanumerico**

- **Posizione I: numero di scala (include solo il numero che indica la graduazione)**
- **Posizione II: marchio di identificazione fabbricante**
- **Posizione III: classe ottica; da 1 (migliore) a 3 (peggiore)**
- **Posizione IV: livello di resistenza meccanica all'impatto (A, B, F o S dal migliore al peggiore)**
- **Posizione V: protezione da archi elettrici (8) o metalli fusi o solidi incandescenti (9)**
- **Posizione VI: eventuale lente antigraffio (K)**
- **Posizione VII: eventuale trattamento antiappannante (N)**

# Saldatura ad arco (UNI EN 169)

Esempio: **“2,5 X 1 F 9 N”**

**Dispositivo con numero di scala (graduazione del filtro) 2,5, fabbricato da X, di classe ottica migliore (1), con basso livello di resistenza meccanica (F), con protezione da metalli fusi e solidi incandescenti (9), con trattamento antiappannante (N)**

# Saldatura ad arco

prospetto 1 Requisiti di trasmissione

N° di scala	Fattore spettrale di trasmissione massimo nel campo dell'ultravioletto $\tau(\lambda)$		Fattore di trasmissione luminosa $\tau_v$		Fattore spettrale di trasmissione medio massimo nel campo dell'infrarosso $\tau_A$
	313 nm %	365 nm %	Massimo %	Minimo %	Da 780 nm a 1 400 nm %
1,2	0,000 3	50	100	74,4	69
1,4	0,000 3	35	74,4	58,1	52
1,7	0,000 3	22	58,1	43,2	40
2	0,000 3	14	43,2	29,1	28
2,5	0,000 3	6,4	29,1	17,8	15
3	0,000 3	2,8	17,8	8,5	12
4	0,000 3	0,95	8,5	3,2	6,4
5	0,000 3	0,30	3,2	1,2	3,2
6	0,000 3	0,10	1,2	0,44	1,7
7	0,000 3	0,050	0,44	0,16	0,81
8	0,000 3	0,025	0,16	0,061	0,43
9	0,000 3	0,012	0,061	0,023	0,20
10	0,000 3	0,006	0,023	0,008 5	0,10
11	0,000 3	0,003 2	0,008 5	0,003 2	0,050
12	0,000 3	0,001 2	0,003 2	0,001 2	0,027
13	0,000 3	0,000 44	0,001 2	0,000 44	0,014
14	0,000 16	0,000 16	0,000 44	0,000 16	0,007
15	0,000 061	0,000 061	0,000 16	0,000 061	0,003
16	0,000 023	0,000 023	0,000 061	0,000 023	0,003

# Saldatura ad arco

prospetto A.9 Utilizzazione raccomandata dei diversi numeri di scala per la saldatura ad arco

Processo	Corrente A																															
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600											
Elettrodi rivestiti	8				9				10				11				12				13				14							
MAG	8				9				10				11				12				13				14							
TIG	8				9				10				11				12				13											
MIG con metalli pesanti					9				10				11				12				13				14							
MIG con leghe leggere									10				11				12				13				14							
Taglio aria-arco					10								11				12				13				14				15			
Taglio plasma-jet									9				10				11				12				13							
Saldatura ad arco al microplasma	4		5		6		7		8		9		10		11		12															
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600											
Nota Il termine "metalli pesanti" si applica ad acciai, leghe di acciaio, rame e leghe correlate, ecc.																																

# Altre saldature e taglio

- Saldatura a gas e saldobrasatura

prospetto A.1 Numeri di scala<sup>a)</sup> da utilizzare per saldatura a gas e saldobrasatura

Lavoro	$q \leq 70$	$70 < q \leq 200$	$200 < q \leq 800$	$q > 800$
Saldatura e saldobrasatura	4	5	6	7
Nota	$q$ è la portata di acetilene, in litri all'ora.			
a)	In funzione delle condizioni di impiego, può essere utilizzato il numero di scala successivo minore o maggiore.			

- Ossitaglio

prospetto A.2 Numeri di scala<sup>a)</sup> da utilizzare per l'ossitaglio

Lavoro	$900 \leq q \leq 2\ 000$	$2\ 000 < q \leq 4\ 000$	$4\ 000 < q \leq 8\ 000$
Ossitaglio	5	6	7
Nota	$q$ è la portata di ossigeno, in litri all'ora.		
a)	In funzione delle condizioni di impiego, può essere utilizzato il numero di scala successivo minore o maggiore.		

# **Assistenti al saldatore**

- Anche gli assistenti dei saldatori, ed eventuali persone nell'area di saldatura, devono usare filtri di protezione per gli occhi (n° di scala da 1.2 a 4). Se l'assistente si dovesse trovare alle medesime distanze del saldatore dall'arco, entrambi dovrebbero utilizzare il medesimo numero di scala.**

# **Camici**

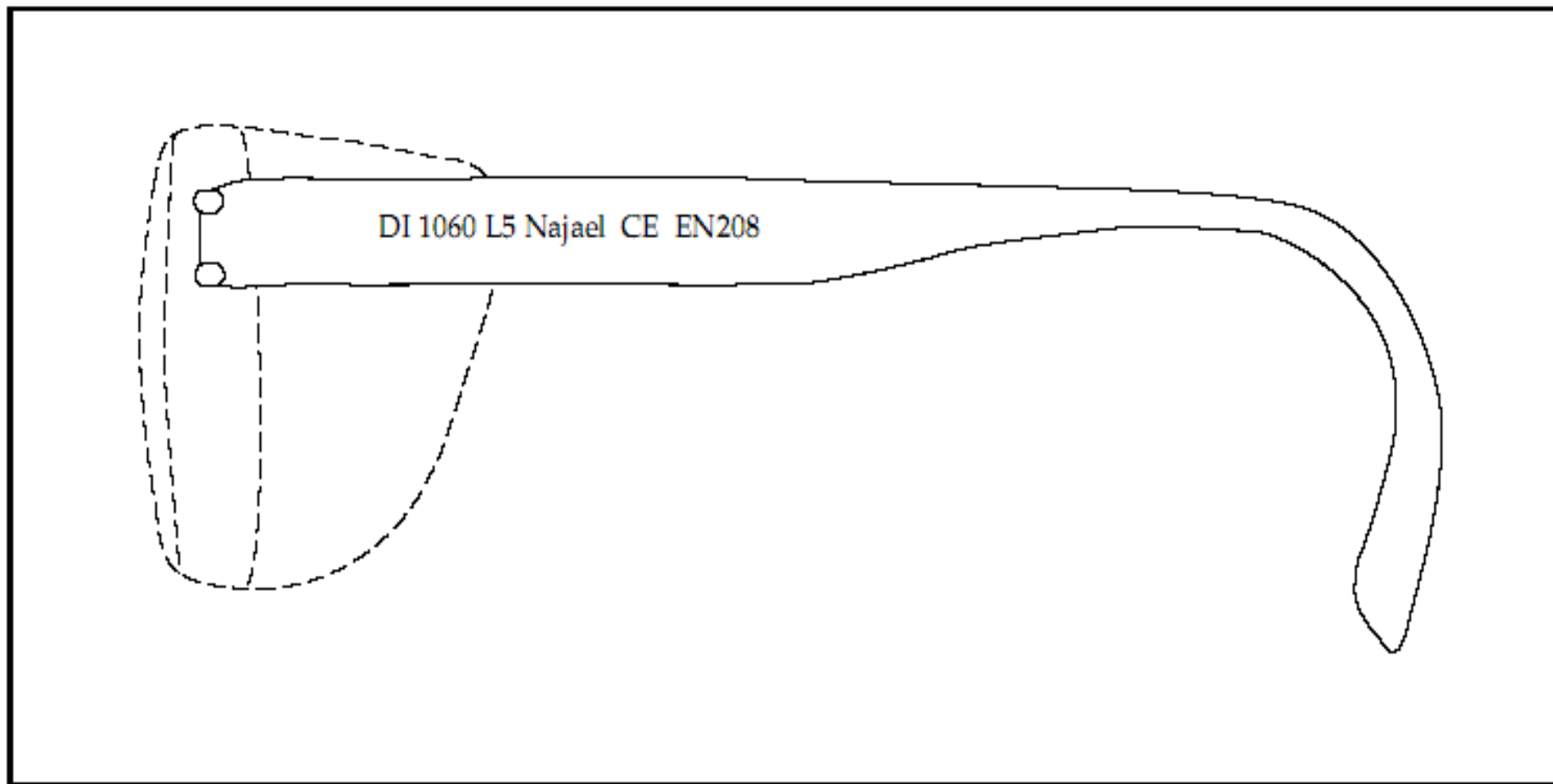
**Per le radiazioni non coerenti, il cotone pesante offre, in genere, una protezione efficace.**

**In generale va valutata la possibile infiammabilità degli indumenti protettivi**

# DPI per Laser



# Protezione individuale



**Esempio di etichettatura occhiali per laser**

# Protezione individuale

## Etichettatura degli occhiali di protezione (cfr. norma EN207)

- D** per laser continui
- I** per laser impulsati ( $\mu\text{s}$ )
- R** per laser ad impulsi «giganti» in regime di «Q switch» (ns)
- M** per laser ad impulsi brevi in regime di «mode locking» (ps, fs)

La lunghezza d'onda (o le lunghezze d'onda) o il dominio spettrale per cui gli occhiali assicurano protezione

Il valore della densità ottica (da 1 a 10) a quella lunghezza d'onda

L'identificazione del produttore

La marcatura di certificazione

Riferimento norma EN 207 (o EN 208 per occhiali di allineamento)

# Protezione individuale

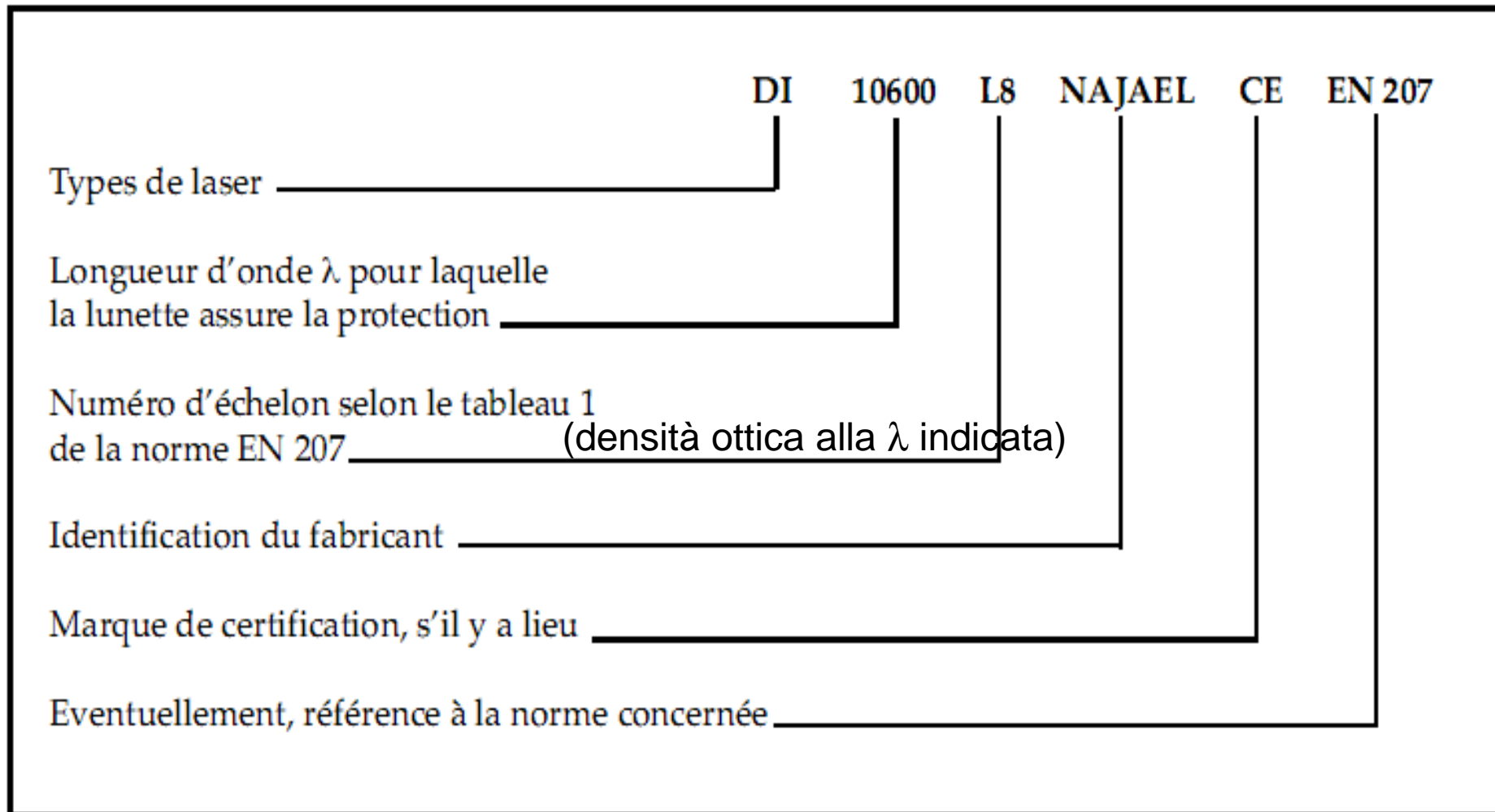


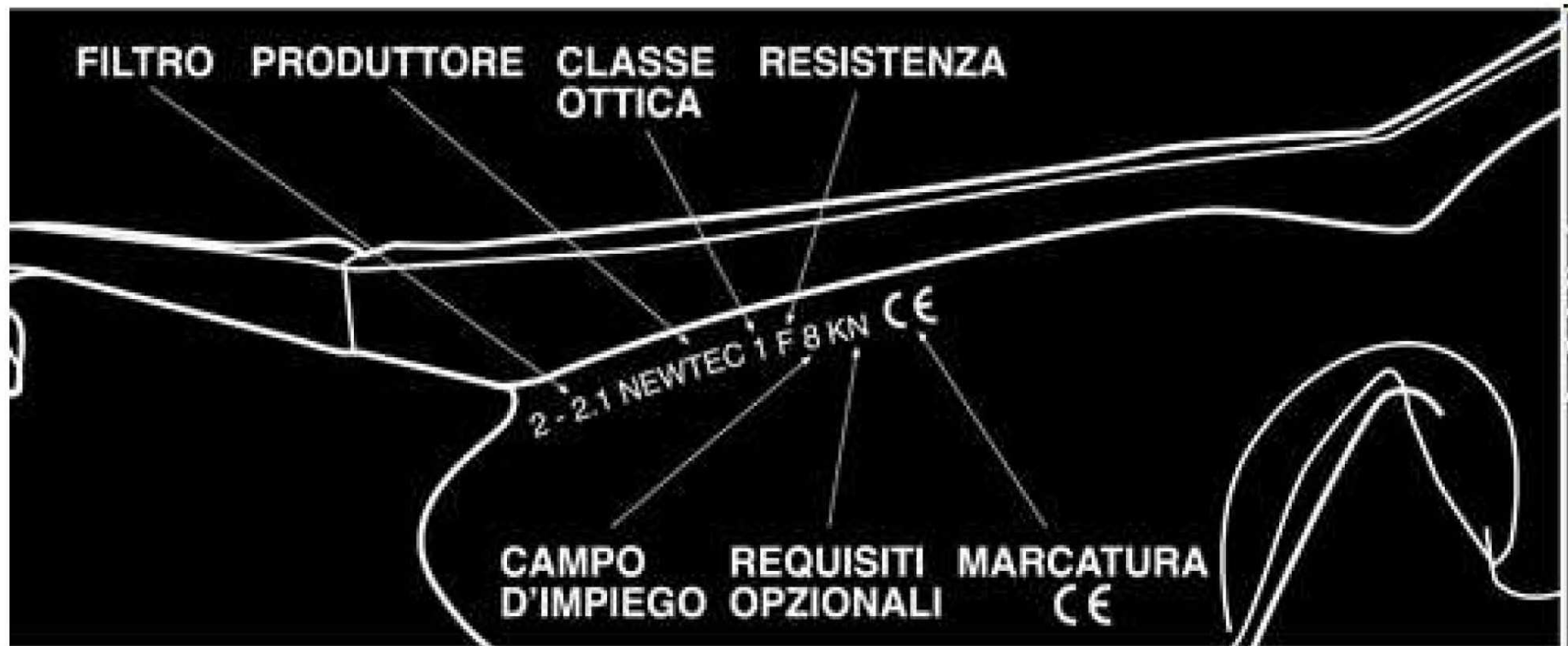
Figure 31 : Exemple de marquage

# Protezione individuale

## NORME PER L'USO DEGLI OCCHIALI

- **Utilizzare esclusivamente occhiali:**
  - **conformi alle norme EN 207 (uso) o EN 208 (allineamento)**
  - **adatti al laser utilizzato**
  - **in buono stato**
- **Leggere le note d'uso fornite dal produttore**
- **Non guardare mai volontariamente il fascio o una delle sue riflessioni, nemmeno con protezione oculare**
- **Pulire regolarmente gli occhiali**
- **Dopo l'uso rimettere gli occhiali nei loro contenitori**
- **Sistemare gli occhiali fuori dalla zona laser**
- **Eliminare gli occhiali difettosi o rovinati**
- **Prevedere degli occhiali supplementari per i visitatori**

**Montatura e oculare sono marcati separatamente, a meno che formino un'unica unità, in tal caso la marcatura completa è applicata alla montatura**



# Cosa non fare MAI

**Non fornire mai occhiali di protezione per UV solare a lavoratori esposti ad Infrarossi!**



# Cosa non fare MAI

**Non fornire mai DPI che non siano perfettamente integri!**



# Cosa non fare MAI

**Non usare mai occhiali di protezione Laser (singola lunghezza d'onda) per sistemi a luce pulsata!!**

**Occorrono occhiali specifici per lunghezza d'onda multipla.**



# Cosa non fare MAI

**Indispensabile la formazione sulla manutenzione e sostituzione dei DPI!**



# **Radiazioni Ottiche e DUVRI**

**Il committente indicherà nel DUVRI i luoghi e i tempi di lavoro nei quali i lavoratori potrebbero essere esposti a ROA e preciserà le misure di prevenzione e protezione da adottare (limitazione della durata delle esposizioni, attuazione di sfasamenti temporali o spaziali per evitare possibili interferenze, allontanamento dei lavoratori dalle sorgenti ROA, segregazione delle sorgenti ROA, impiego di adeguati DPI, ...). Il tema dei rischi interferenti è particolarmente pertinente nel caso della protezione dei lavoratori che, anche in regime di sub-appalto, svolgono mansioni che prevedono la condivisione del sito e lo svolgimento di attività contigue in presenza di almeno una sorgente ROA. Anche nel caso in cui sia evidenziata la presenza di esposizioni a ROA di bassa entità ma interferenti, il committente ne darà comunicazione al fine di prevenire qualsiasi effetto sui lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio.**

# Radiazioni Ottiche e PSC

**All'atto dell'elaborazione del PSC, il CSP dovrà:**

- considerare le eventuali esposizioni dei lavoratori a ROA provenienti da attività lavorative (laser, stazioni di saldatura, stazioni di taglio metalli al plasma, ...) poste in prossimità o all'interno dell'area del cantiere, valutandone i valori espositivi;**
- descrivere, in caso di esposizione dei lavoratori a ROA, le prescrizioni operative, le misure preventive e protettive da adottare, comprese le modalità per la loro verifica,**
- individuare gli eventuali DPI per ridurre al minimo tali rischi.**

**Il CSE adeguerà, se necessario, il PSC prevedendo misure di prevenzione e protezione supplementari o l'idonea informazione in relazione alle possibili interferenze tra le diverse attività lavorative presenti in cantiere**

# Radiazioni Ottiche e POS

**Il POS conterrà le informazioni relative alle attrezzature che potrebbero comportare l'esposizione a sorgenti ROA. Inoltre esso dovrà contenere le informazioni, relative ad eventuali possibili superamenti dei VLE, prevedendo in tal caso l'apposizione di idonea segnaletica indicante il pericolo. In presenza di sorgenti ROA nel POS andranno indicate:**

- le misure preventive e protettive e le procedure complementari e di dettaglio adottate, integrative rispetto a quelle contenute nel PSC, per minimizzare e tenere sotto controllo il rischio stesso;**
- l'elenco dei DPI specifici forniti ai lavoratori occupati in cantiere;**
- la documentazione in merito all'informazione ed alla formazione fornite ai lavoratori occupati in cantiere per il particolare rischio.**