Guida per l'utente per il
Sistema di pulizia laser manuale FLC200M

DD INDUSTRIAL – Davide Defend

Via Caraglio, 45 – 10141 Torino - ITALY

2023.12

Versione 2.5

CONTENUTO

Sommario

Capitolo 1 - Informazioni sulla sicurezza 3
Capitolo 2 - Descrizione del prodotto 11
Capitolo 3 - Installazione del laser 18
Capitolo 4 - Utilizzo del prodotto 22
Capitolo 5 - Parametri di controllo 29
Capitolo 6 - Uso dell'applicazione Android "DD Cleaner" 45
Capitolo 7 - Monitoraggio dello stato della macchina e Allarmi 49
Capitolo 8 - Manutenzione della macchina 53
Capitolo 9 - Parametri di pulizia 55
Capitolo 10 - Automazione e inserimento in impianti robotizzati 57
Capitolo 11 - Garanzia e restituzione 59
Allegato 1 - Dichiarazione di conformità 61
Allegato 2 - Regole di sicurezza e Formazione dell'operatore 62

Capitolo 1 - Informazioni sulla sicurezza

Grazie per aver scelto il sistema di pulizia laser manuale FLC200M.

Al fine di garantire la sicurezza operativa (sicurezza del personale, sicurezza delle apparecchiature, sicurezza della lavorazione) e il funzionamento del prodotto nelle migliori condizioni, forniamo questo documento con importanti informazioni sulla sicurezza, il funzionamento, la manutenzione e altre informazioni. Si prega di leggere e comprendere questa guida per l'utente e di familiarizzare con le istruzioni per l'uso e la manutenzione prima di utilizzare il prodotto.

1.1 Convenzioni di sicurezza utilizzate nella Guida per l'utente

SIMBOLI	DESCRIZIONE
	AVVERTIMENTO: ***Si riferisce a un potenziale pericolo che può causare lesioni personali o morte.***
	ATTENZIONE: ***Si riferisce a un potenziale pericolo per il prodotto o a una potenziale lesione fisica per il personale.***
	IMPORTANTE: ***Si riferisce a qualsiasi informazione relativa al funzionamento del prodotto.*** ***Si prega di non trascurare queste informazioni.***

1.2 Classificazione laser

Il sistema di pulizia laser manuale FLC200M adotta un laser a fibra multimodale, in grado di emettere radiazione laser in modalità pulsata con una lunghezza d'onda nell'intorno di 1064 nm, che è luce invisibile. La potenza di uscita media del laser è di circa 200 W, mentre la potenza di picco del singolo impulso è superiore a 20 kW, quindi il prodotto si classifica come strumento Laser di Classe 4 secondo la norma EN 60825-1. L'esposizione diretta o indiretta a questo livello di intensità luminosa può causare danni molto gravi agli occhi o danni alla pelle. In considerazione di ciò, è necessario indossare sempre abbigliamento adeguato e occhiali protettivi di sicurezza laser appropriati e approvati EN207 mentre il laser è in funzione. Non emettere il raggio laser né direttamente né per riflessione sulle persone.

La zona di lavoro dell'apparecchiatura deve essere fisicamente separata da altre zone di lavoro e l'accesso deve essere consentito solo da parte di personale che indossi gli occhiali protettivi e che sia adeguatamente informato e formato in merito ai rischi. Risulta opportuno dotare gli accessi a suddetta area di serrature interbloccate ed è obbligatorio dotare l'area di apposita segnaletica a norma di legge. Ove non sia tecnicamente possibile operare in una zona fisicamente separata, è opportuno utilizzare dispositivi di protezione collettiva (schermi e/o barriere a norma EN 12254 e/o EN 60825-4) per evitare che riflessioni indesiderate del raggio possano colpire persone o cose anche a distanza.

In considerazione della potenza elevata della sorgente laser, la DNRO (Distanza Nominale di Rischio Oculare) è tale da non rendere possibile la presenza in loco di personale non dotato di adeguati dispositivi individuali di protezione oculare.

Prima di istallare la macchina e per la valutazione dell'ambiente in cui la macchina dovrà operare, consultate sempre il vostro Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione e il vostro Tecnico della Sicurezza Laser. Nell'Allegato 2 – "Regole di sicurezza e Formazione dell'operatore" potrete trovare indicazioni utili su come allestire e gestire il vostro ambiente di lavoro e su come formare i vostri operatori.

AVVERTENZE:

- ***La zona di lavoro deve essere delimitata (fisicamente o tramite accesso controllato) e deve essere consentito l'accesso solo a personale adeguatamente informato e dotato di adeguata protezione oculare.***
- ***Gli occhiali protettivi di sicurezza laser sono selezionati in base alle lunghezze d'onda del laser di uscita. Gli utenti devono assicurarsi che gli occhiali protettivi di sicurezza laser coprano la corretta gamma di lunghezze d'onda dell'emissione laser pulsata (1064 nm) e che offrano un livello di protezione adeguata secondo la norma EN207.***
- ***Gli occhiali protettivi di sicurezza laser devono garantire adeguata protezione anche dal laser rosso di puntamento.***
- ***Le radiazioni emesse dal processo di pulizia possono essere pericolose: utilizzare abbigliamento e protezioni adeguate.***
- ***Fumi e particelle emesse dal materiale oggetto di pulizia possono essere pericolosi: evitare di inalarli e disporre di adeguata ventilazione e impianti di estrazione.***
- ***Il raggio laser stesso può causare un incendio se diretto verso materiali infiammabili. Tenere un estintore nelle vicinanze e NON utilizzare in ambiente ATEX.***

1.3 Etichette sul Prodotto

Le etichette di sicurezza sono situate principalmente sul trolley di alloggiamento del laser, sul pannello interno e sulla torcia di pulizia, come mostrato nelle seguenti figure:

Torcia di pulizia

Vista esterna di FLC 200 M

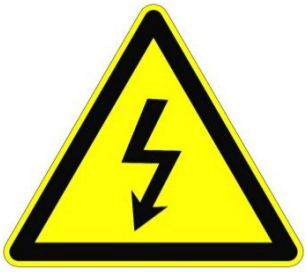
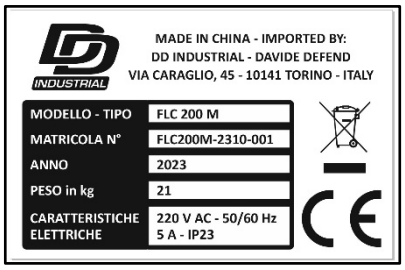
Viste interne di FLC 200 M

Figura 1.1 Posizioni dei simboli sulla macchina

Questi segnali di sicurezza includono principalmente: avviso di categoria di prodotto laser, avviso di pericolo per radiazioni laser, avviso di pericolo per corrente elettrica, targhetta del prodotto, ecc.

I dettagli di identificazione sono mostrati nella tabella seguente

Tabella 1.1 il dettaglio dei simboli

1: Etichetta del prodotto Laser di classe 2M per il laser di puntamento rosso	2: Etichetta del prodotto Laser di classe 4 per il fascio laser di pulizia
	
3: Etichetta di pericolo di radiazioni e raggi Laser	4: Pericolo elettrico
	
5: Targhetta di identificazione del prodotto e conformità CE	6: Avvertenze di sicurezza

1.4 Istruzioni di sicurezza per il funzionamento ottico

Si consiglia vivamente di leggere le seguenti procedure prima di utilizzare il sistema di pulizia laser:

- Non guardare mai direttamente nell'uscita ottica quando l'interruttore principale è

acceso.

- Durante l'operazione di pulizia, evitare di mantenere l'uscita della testina di pulizia e l'occhio allo stesso livello.
- Assicurarsi che tutti i presenti indossino gli occhiali protettivi di sicurezza laser appropriati e approvati EN207 per tutto il tempo in cui il laser è in funzione.
- Assicurarsi che non vi siano persone sul percorso del raggio laser (luce diretta o riflessa, luce diffusa da materiale riflettente, ecc.), la direzione dell'uscita laser deve essere eventualmente protetta da ripari affidabili secondo le norme EN12254, EN60825-4 e EN207.
- Quando si calibra o si regola la messa a fuoco, impostare inizialmente una potenza bassa, quindi impostare una potenza maggiore solo dopo aver completato la regolazione.
- Prima dell'uso, assicurarsi che la lente focale della torcia di pulizia sia pulita e priva di polvere, altrimenti il laser potrebbe essere danneggiato.
- Se la torcia di pulizia si riscalda durante l'uso, interrompere immediatamente l'uso e verificare il problema.

	AVVERTIMENTO: ***Nonostante gli occhiali protettivi siano indossati, è assolutamente vietato fissare l'uscita ottica mentre l'interruttore elettrico del laser è acceso.***
	ATTENZIONE: ***La polvere sulla lente focale della torcia di pulizia può danneggiare la lente quando il raggio laser la colpisce e l'uso continuato causerà anche un possibile danno interno al laser.***

1.5 Istruzioni di sicurezza per il funzionamento elettrico

Si consiglia vivamente di leggere le seguenti procedure prima di utilizzare il sistema di pulizia laser:

1. Assicurarsi che la fonte di alimentazione collegata all'apparecchiatura sia adeguatamente collegata a terra. Qualsiasi interruzione del circuito di terra può causare lesioni personali.
2. Assicurarsi che la tensione e la capacità di corrente in ingresso soddisfino i requisiti della macchina.

	AVVERTIMENTO: ***La tensione di ingresso del laser è 220 V CA, che può causare il rischio di scosse elettriche. Tutti i relativi cavi e fili di collegamento presentano potenziali rischi e devono essere controllati periodicamente.***
	ATTENZIONE: • ***Qualsiasi metodo di cablaggio di alimentazione non corretto può causare danni a persone o strumenti.*** • ***Non ci sono dispositivi all'interno del prodotto che debbano essere manovrati dall'operatore. Non tentare di aprire il pannello interno del prodotto o di estrarre la sorgente dal suo alloggiamento, altrimenti potrebbero verificarsi scosse elettriche e la garanzia del laser non sarà più valida di conseguenza.***

1.6 Altre istruzioni di sicurezza

1. Non utilizzare la macchina in ambienti bui o scarsamente illuminati, e verificare che gli occhiali protettivi utilizzati consentano comunque un valore di luce visibile adeguato.
2. Interrompere l'alimentazione quando la macchina non è in uso.
3. Non puntare mai il laser verso il corpo o verso superfici infiammabili o riflettenti.
4. L'uso di questa macchina è riservato ai professionisti informati, formati e addestrati. Tenere fuori dalla portata dei bambini.
5. Si prega di utilizzare il laser in stretta conformità con il manuale del prodotto, altrimenti eventuali danni al laser non saranno considerati in garanzia.
6. Per evitare scosse elettriche, non manomettere il prodotto, altrimenti eventuali danni al laser non saranno considerati in garanzia.

	ATTENZIONE: ***L'uso di questa attrezzatura è riservato a personale qualificato, adeguatamente informato, formato e addestrato.*** ***L'attrezzatura è da intendersi utilizzabile soltanto in ambito professionale.***
	ATTENZIONE: ***Durante l'uso di questa attrezzatura non devono essere presenti persone estranee alla lavorazione, e tutti i presenti devono indossare occhiali di protezione laser a norma EN207 con protezione adeguata per emissione laser diretta nella lunghezza d'onda di 1064 nm.***

Capitolo 2 - Descrizione del prodotto

2.1 Introduzione

La pulizia laser funziona secondo il processo detto ablazione laser o foto-ablazione, che è il processo di rimozione di materiale da una superficie solida (substrato) mediante irradiazione con un raggio laser. A basso flusso laser, il materiale viene riscaldato dall'energia laser assorbita ed evapora o sublima. Con un flusso laser elevato, il materiale viene convertito in plasma. Generalmente, l'ablazione laser si riferisce alla rimozione di materiale mediante un laser a impulsi. È anche possibile utilizzare un raggio laser ad onda continua, ma l'intensità del laser dovrà essere decisamente più elevata e sarà altrettanto elevato il rischio di danneggiare il substrato.

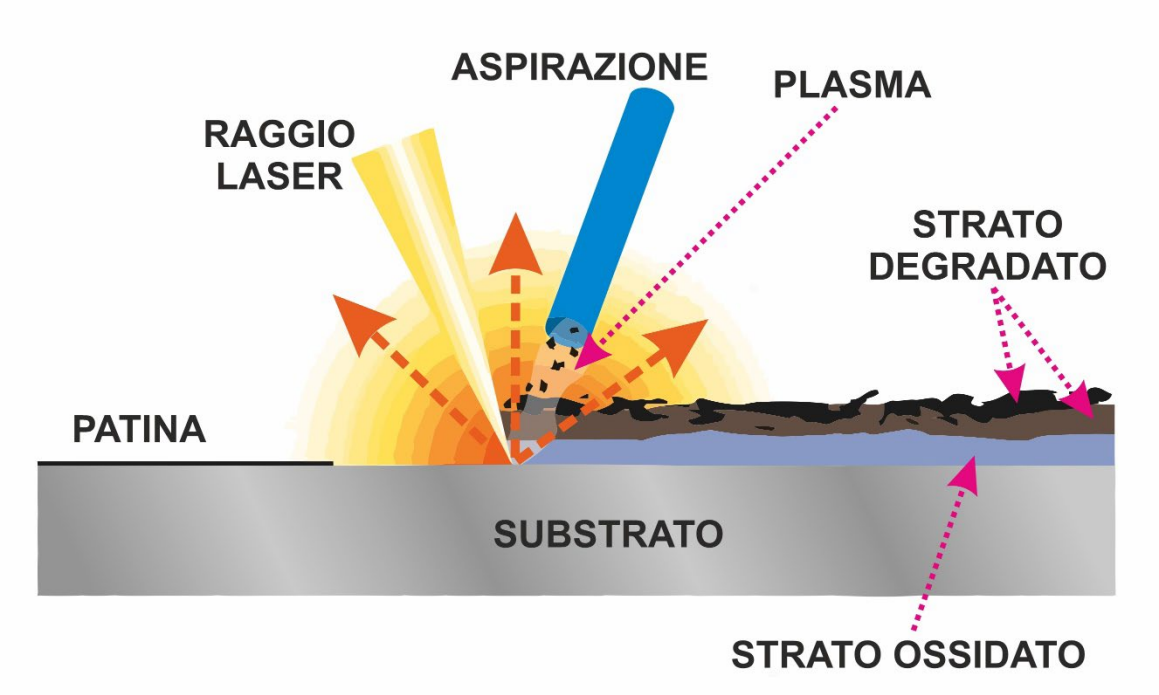


Figura 2.1.1 Funzionamento della pulizia per ablazione laser

La pulizia laser ha grandi applicazioni nell'industria. Rispetto ai metodi di pulizia tradizionali come la pulizia per attrito meccanico, per corrosione chimica, mediante l'uso di solventi o anidride carbonica, oppure ad ultrasuoni ad alta frequenza, la pulizia laser presenta evidenti vantaggi.

1. La pulizia laser è un metodo di pulizia sostenibile. Non è necessario utilizzare

prodotti chimici e liquidi detergenti. I rifiuti della pulizia sono fondamentalmente polvere solida, di piccole dimensioni, facile da immagazzinare, e questo può facilmente aiutare a risolvere il problema dell'inquinamento ambientale che caratterizza altre tecniche di pulizia.

2. I metodi di pulizia tradizionali prevedono spesso la pulizia a contatto, che si basa su forza meccanica che agisce sulla superficie dell'oggetto da pulire. In questo modo si può danneggiare la superficie dell'oggetto, inoltre il mezzo di pulizia aderisce alla superficie dell'oggetto da pulire e non può essere rimosso, con conseguente inquinamento secondario. La pulizia laser non è abrasiva. E l'assenza di contatto rende questi problemi facili da risolvere.

3. Il laser può essere trasmesso tramite fibra ottica, quindi può pulire parti che non sono facilmente raggiungibili con i metodi tradizionali. Questo può inoltre agevolare la sicurezza del personale quando viene utilizzato in luoghi pericolosi.

4. La pulizia laser può rimuovere vari tipi di contaminanti sulla superficie di vari materiali per ottenere una pulizia che non può esser ottenuta con la pulizia convenzionale, e può anche pulire selettivamente i contaminanti sulla superficie del materiale senza danneggiare la superficie stessa.

5. L'efficienza di pulizia del laser è elevata, e questo si traduce in un risparmio di tempo e di mano d'opera.

6. Un sistema di pulizia laser permette di trattare facilmente superfici curve o con rilievi o forme particolari che renderebbero impossibili altre tecniche di pulizia.

7. Sebbene l'investimento iniziale del sistema di pulizia laser sia relativamente elevato, il sistema di pulizia può essere utilizzato stabilmente per lungo tempo, il costo operativo è basso, non vi sono consumabili e la macchina ha un basso consumo di energia elettrica.

La pulizia laser si rivela particolarmente adatta alla pulizia di metalli, ceramiche, materiali edili, legno. Alcuni esempi di campi di applicazione in cui la tecnica di pulizia

laser si rivela eccellente sono:

- Pulizia degli stampi, di particolari meccanici o altre parti metalliche.
- Rimozione di vernici, ossidi, ruggini, olio, grasso e altra sporcizia.
- Preparazione e pulizia delle saldature o di altre superfici.
- Pulizia di intonaci, muri, edifici, ponti, artefatti storici, memoriali e statue.
- Pulizia di elementi in legno, mobili e suppellettili.
- Rimozione di fuliggine, muffe, muschio, erba o altri materiali organici.

Figura 2.1.2 Esempi di possibili lavorazioni

Rispetto ai tradizionali laser a gas e a stato solido, il laser a fibra utilizzato in questo sistema ha un'elevata efficienza di conversione elettro-ottica e una qualità del raggio superiore. La macchina per la pulizia si avvale dei vantaggi della struttura MOPA (Master Oscillator Power Amplifier). L'oscillatore principale utilizza un laser a semiconduttore come sorgente. L'amplificazione è realizzata mediante un amplificatore in fibra. Questo laser MOPA a fibra multimodale ha caratteristiche di durata e frequenza dell'impulso regolabili in modo indipendente e può comunque mantenere una potenza di picco elevata e stabile modificando la durata e la frequenza dell'impulso per adattarsi a una ampia gamma di scenari di pulizia. La torcia laser portatile della macchina per la pulizia è piccola e leggera, e può essere maneggiata a lungo. Il sistema di scansione integrato utilizza un piccolo motore e un azionamento ad alta velocità. L'involucro trolley è realizzato con un processo di lavorazione e stampaggio integrato, è resistente e antipolvere, stabile e durevole, ed è facilmente trasportabile grazie alle ruote e al maniglione abbattibile. La torcia laser adotta

un innovativo design di messa a fuoco ausiliaria a luce rossa, con cui si può facilmente trovare la posizione di messa a fuoco, anche utilizzando lenti con differenti lunghezze focali.

Il sistema di controllo adotta una scheda interna di controllo della pulizia laser e il software è progettato in modo da controllare contemporaneamente i parametri del laser e quelli del sistema di scansione. È inoltre dotato di una piccola scheda di controllo wireless e di un'applicazione installabile su dispositivi Android. La scheda di controllo comunica con la macchina per la pulizia per realizzare il controllo remoto di parametri quali forma di scansione, dimensione di scansione, potenza di uscita del laser, frequenza e durata dell'impulso. L'interfaccia di alimentazione è dotata di una spina europea standard da 220 V AC a tre poli, la macchina può essere utilizzata immediatamente dopo l'accensione.

Caratteristiche principali:

- Elevata efficienza elettrica.
- Elevata potenza con un'eccellente qualità del raggio.
- Funzionamento pulsato, più efficiente del funzionamento continuo.
- Elevata affidabilità, lunga durata, esente da manutenzione della sorgente .
- Involucro trolley compatto, leggero, robusto, trasportabile e dotato di ruote per una movimentazione agevole.
- Torcia leggera e maneggevole.

2.2 Descrizione del modello

In questa serie di laser, la descrizione del nome del modello è illustrata nella seguente figura.

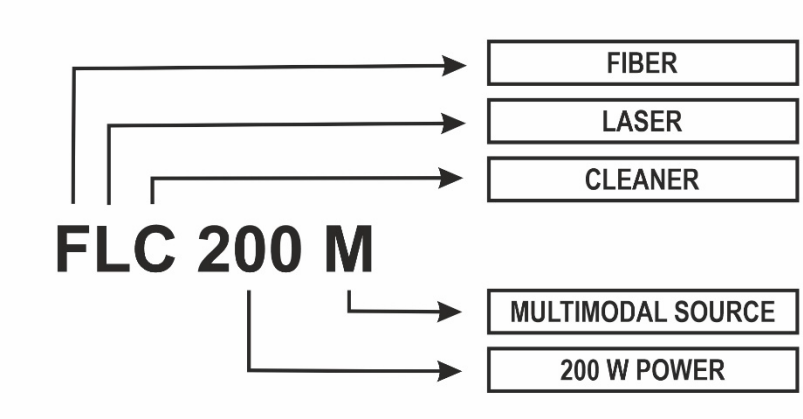


Figura 2.2 il significato del nome del modello

2.3 Disimballaggio e ispezione

Questa apparecchiatura è stata accuratamente testata e ispezionata e soddisfa le specifiche pubblicate prima della spedizione. Si consiglia al destinatario di controllare l'imballaggio, in quanto potrebbero verificarsi danni durante il trasporto. Si prega di fare come segue:

1. Verificare che l'imballaggio sia integro e che non vi siano urti, danni o segni di immersione in acqua sulla confezione.
2. Si prega di controllare gli articoli effettivi e fare riferimento alla lista di imballaggio.

In caso di danni evidenti sul laser o su parte dei suoi accessori durante il trasporto, contattare immediatamente il rivenditore e il vettore.

Raccomandiamo, se possibile, di far installare il prodotto dal personale qualificato inviato dal vostro rivenditore, che potrà verificare la corretta messa in funzione e provvederà a stilare un rapporto di collaudo.

2.4 Condizioni di funzionamento

Le condizioni di funzionamento di base sono elencate nella tabella seguente:

Modello	FLC 200 M
Tensione di alimentazione (V)	220 V CA 50/60Hz
Posizionamento	In piano, orizzontale, senza vibrazioni e urti
Temperatura ambiente	0 ~ 40 °C
Temperatura stoccaggio	-10 ~ 60 °C
Umidità relativa	< 80% UR
Ambiente elettromagnetico	Evitare interferenze elettromagnetiche troppo forti, che possono portare a falsi allarmi del laser
Qualità del raffreddamento	Il laser adotta la dissipazione del calore tramite aria forzata. Utilizzare l'apparecchiatura in un luogo con una buona circolazione dell'aria e assicurarsi che la

	distanza tra i lati sinistro e destro e la parte superiore dell'apparecchiatura e il muro sia > 10 cm e che nessun oggetto possa essere posizionato sulla macchina bloccando il flusso.

Tabella 2.4 le condizioni di funzionamento per il laser FLC200M

Nota:

1. La torcia di pulizia è collegata alla sorgente. Trattare correttamente la torcia di pulizia per evitare polvere o altro inquinamento. Si prega di utilizzare carta speciale per lenti se si desidera pulire la lente focale.
2. Non effettuare operazioni di manutenzione mentre l'apparecchiatura è accesa.
3. Indossare sempre occhiali protettivi certificati EN207.

	ATTENZIONE*:* ***Non far funzionare mai questo prodotto in condizioni di elevata umidità (> 80%), sebbene il prodotto abbia un'ottima adattabilità all'ambiente ad alta umidità.***
	IMPORTANTE: ***La durata del laser sarà ridotta e la potenza in uscita diminuirà se il sistema di raffreddamento lavora a una temperatura più elevata per troppo tempo. Assicurarsi che il sistema di raffreddamento sia sufficiente e che la temperatura dell'ambiente sia adatta.***

2.5 Istruzioni per l'uso

1. Alla prima alimentazione del dispositivo, assicurarsi che l'alimentazione e il collegamento di tutti i cavi siano corretti.

2. Togliere il tappo protettivo dalla torcia, ma reinserirlo mentre il dispositivo non è in uso, la protezione dalla polvere è importante.
3. Tenere pulita la lente focale della torcia, e sostituirla se necessario.
4. Non vi è alcuna garanzia in caso di mancata osservanza di questa istruzione.

2.6 Parametri caratteristici

Nella successiva tabella sono illustrati i parametri caratteristici del laser a fibra modello FLC200M, la cui potenza media è stata testata prima della consegna e risulta almeno pari a 200 W.

Tabella 2.6 Parametri del laser FLC200M

MODELLO		FLC 200 M
Specifiche Ottiche	Potenza media in uscita (W)	≥ 200
	Potenza massima del singolo impulso in uscita (kW)	≥ 20
	Modalità operativa	Pulsata
	Polarizzazione	random
	Scala di potenza (%)	10 ~ 100
	Lunghezza d'onda centrale (nm)	1064
	Instabilità di alimentazione (%)	< 5
	Frequenza impulso (kHz)	1 - 3000
	Durata impulso ns	13 - 500
	Potenza del laser rosso (mW)	> 0,5
	Diametro raggio in uscita (mm)	7,0 ±1,0
	Lunghezza Cavo Fibra (m)	5 m
Specifiche Elettriche	Tensione di esercizio (VAC)	AC 220V 50/60Hz
	Consumo energetico (W)	< 1000
	Modalità di controllo	wireless BLE
	Dimensioni w × h × d (mm)	620 x 470 x 280
	Peso (kg)	25
	Temperatura operativa (℃)	0 ~ 40

Altre Specifiche	Umidità ambiente (%)	< 80
	Metodo di raffreddamento	Aria forzata
	Temperatura di stoccaggio (℃)	- 10 ~ 60

Capitolo 3 - Installazione del laser

3.1 Dimensioni della macchina

Le dimensioni del dispositivo laser FLC 200 M sono riportate di seguito:

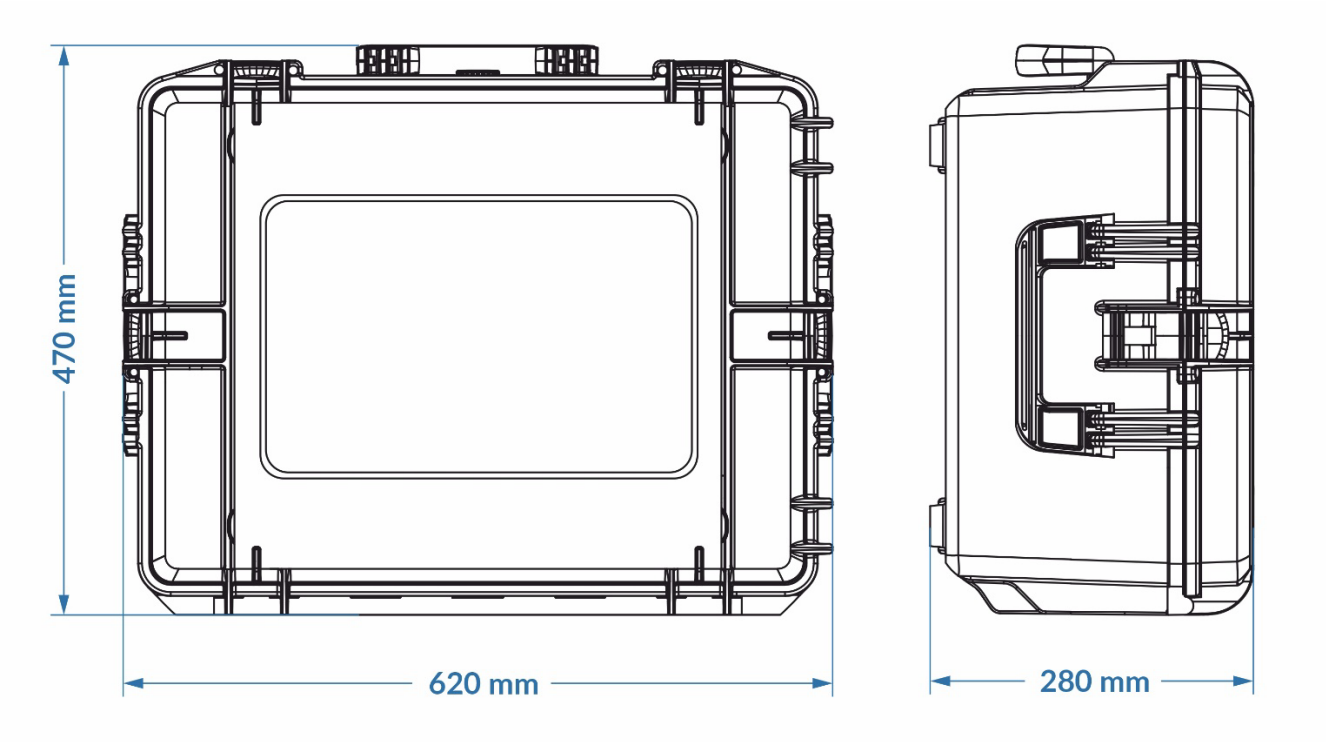


Figura 3.1 Dimensioni complessive (mm)

3.2 La fibra ottica di trasporto del raggio laser.

Il raggio laser viene trasportato dalla sorgente alla torcia tramite una fibra ottica di lunghezza pari a cinque metri. La fibra ottica è rivestita per resistere a eventuali sollecitazioni da parte dell'operatore, ma va comunque trattata in modo da evitare danneggiamenti. Nelle normali operazioni di pulizia e durante le operazioni di riavvolgimento della fibra

nell'alloggiamento dedicato della macchina, occorre evitare di piegare eccessivamente la fibra. Una curvatura troppo accentuata della fibra potrebbe causare la rottura della fibra stessa, che, oltre a creare un potenziale pericolo di fuoriuscita del raggio laser, costituisce un danno grave alla macchina, in quanto implica la sostituzione dell'intera sorgente. Danni derivanti da un'errata modalità d'uso della fibra non saranno considerati in garanzia.

	ATTENZIONE: • ***Il cavo in fibra e la torcia di pulizia sono dispositivi ottici molto precisi, sono possibili danni irreparabili al laser se il cavo è attorcigliato o piegato eccessivamente.*** • ***Evitare forti vibrazioni e urti sulla torcia di pulizia.***

3.3 Dimensioni della torcia di pulizia

La figura seguente mostra le dimensioni esterne della torcia di pulizia.

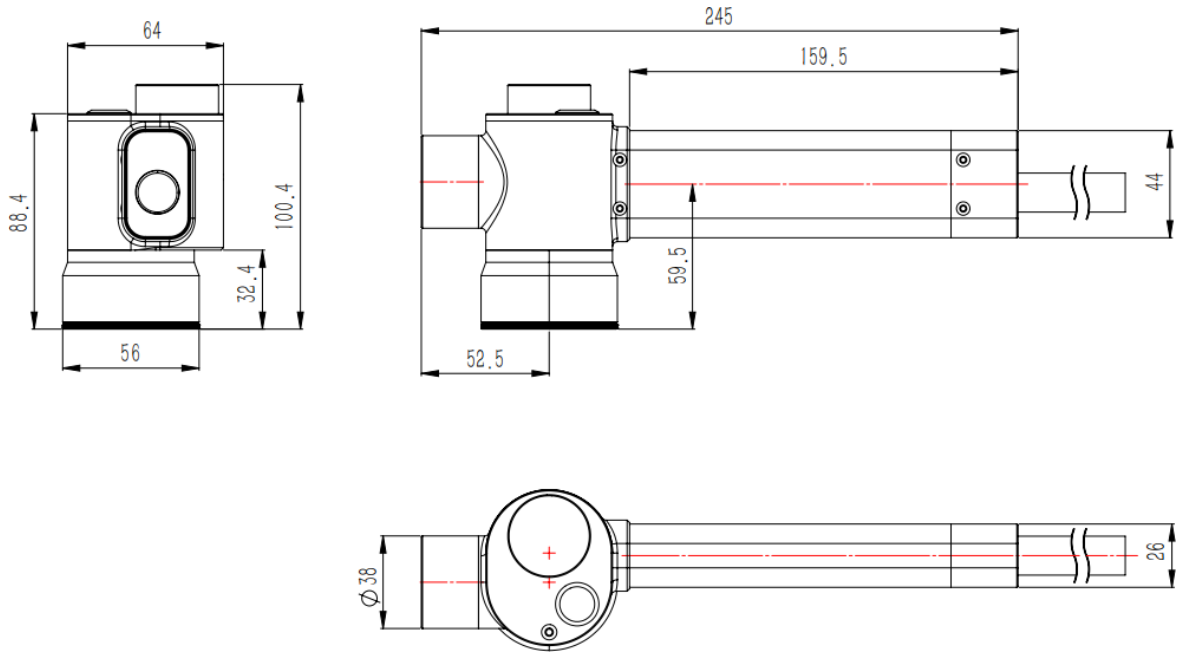


Figura 3.3 Dimensioni in mm della torcia di pulizia

3.4 Connessione e Requisiti

3.4.1 Collegamento al circuito elettrico

Fare riferimento ai requisiti di alimentazione pertinenti nella tabella 2.6. Prima di collegare l'alimentazione elettrica assicurarsi che la tensione di ingresso sia conforme agli standard indicati nelle specifiche tecniche.

3.4.2 Requisiti del sistema di raffreddamento

Il laser adotta la dissipazione del calore tramite un sistema di raffreddamento ad aria forzata. Quando si posiziona la macchina, operare in uno spazio non chiuso e ristretto con buone condizioni di circolazione dell'aria, con almeno 10 cm di spazio libero intorno a tutti i lati della macchina. Non posizionare oggetti che potrebbero bloccare il flusso di raffreddamento sulle griglie di aerazione della macchina. La direzione del flusso d'aria è mostrata nella figura seguente:

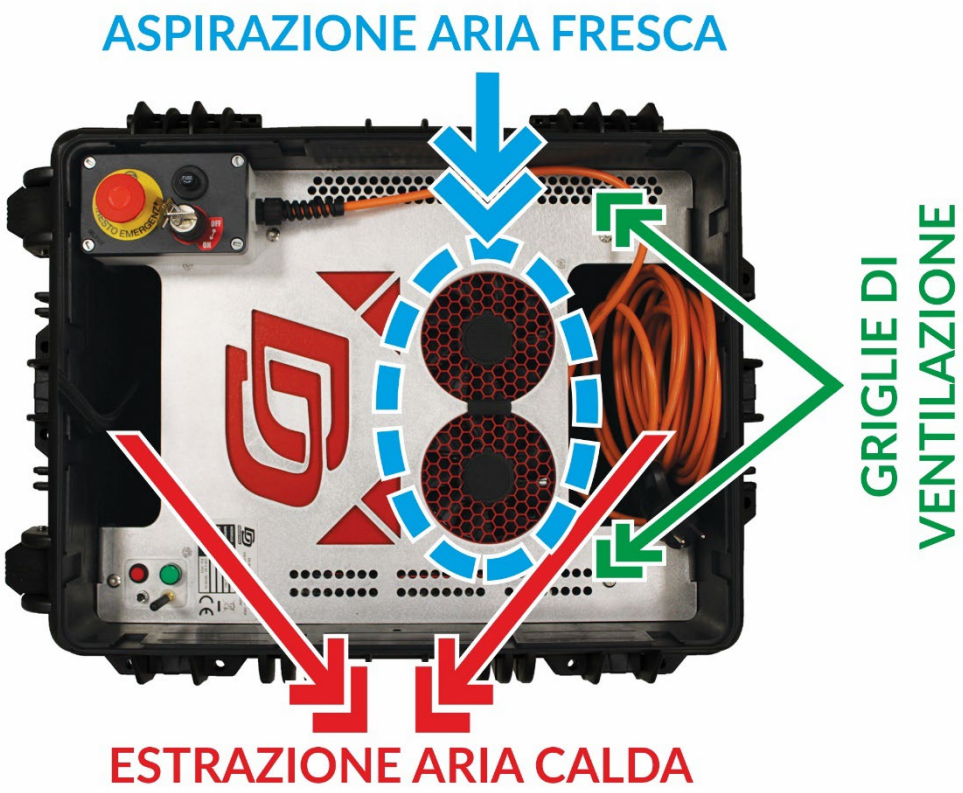


Fig. 3.4.2 Diagramma schematico dell'ingresso e dell'uscita dell'aria di raffreddamento

	IMPORTANTE: ***Le prese d'aria di raffreddamento della sorgente laser devono essere pulite regolarmente.*** ***Non appoggiare oggetti sopra la macchina.*** ***I danni all'apparecchiatura causati da uso/manutenzione impropri non saranno considerati in garanzia.***

3.5 Precauzioni per l'installazione

1. Il laser deve essere posizionato stabilmente su un piano orizzontale, senza possibilità di inclinazione o oscillazione e in assenza di vibrazioni e urti.
2. Quando si collega la linea di alimentazione, assicurarsi che l'alimentazione sia scollegata e non sotto tensione.
3. Evitare che il cavo di collegamento tra torcia e sorgente venga calpestato, si pieghi eccessivamente, si rompa con oggetti pesanti durante l'installazione. Non ci sarà alcuna garanzia se il cavo è danneggiato a causa di una forza esterna.
4. Prima di accendere la macchina, assicurarsi che l'alimentazione elettrica sia quella corretta (220 V CA - 50/60 Hz) e che sia disponibile la connessione a terra.
5. Maneggiare delicatamente la torcia di pulizia durante l'uso e l'installazione o la rimozione dal suo alloggiamento, evitando di farla cadere o di farle subire urti.
6. Mantenere il cavo di alimentazione ben disteso durante il funzionamento a laser acceso, per evitare surriscaldamenti.

	ATTENZIONE*:* 1. ***Assicurarsi che l'uscita ottica del laser sia priva di polvere prima di utilizzare la macchina.*** 2. ***Si prega di tenere al riparo dalla sporcizia la lente focale della torcia, e pulirla con cura se necessario.*** 3. ***Non eseguire mai manutenzioni con il cavo di alimentazione 220V inserito.***

	4. ***Assicurarsi che la fibra ottica del laser e gli altri cavi della torcia di pulizia siano mantenuti i più naturali possibile e non siano piegati o distorti.*** 5. ***Un diametro di curvatura troppo stretto per il cavo di alimentazione può surriscaldare il cavo e danneggiare il dispositivo.***

Capitolo 4 - Utilizzo del prodotto

4.1 Elementi della macchina e dispositivi di comando

La disposizione del pannello interno è mostrata nella Figura 4.1.

Figura 4.1 Elementi del laser a fibra FLC200M

I dispositivi di comando disponibili nel pannello interno della macchina sono descritti in tabella 4.1.

Tabella 4.1 Dispositivi di comando

N.	OGGETTI	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE
1	Arresto di Emergenza	Sospende temporaneamente l'alimentazione al laser. Se premuto, l'alimentazione della sorgente sarà disabilitata. Una volta premuto, può essere ripristinato ruotando la manopola rossa in senso orario.
2	Fusibile di Protezione	Fusibile rapido 250V 8° di protezione della macchina. Se necessario, sostituire solo con fusibili di pari caratteristiche.
3	Chiave di comando	Comando di accensione macchina a chiave. Togliere la chiave quando la macchina è incustodita.
4	Pulsante LASER	Premere il pulsante per attivare la sorgente e permettere l'uscita del raggio laser. Si accenderanno la spia rossa del tasto e la luce verde sul pulsante della torcia di pulizia.
5	Spia 220 V	Spia verde di avviso accensione macchina. Se accesa, indica che la macchina è alimentata.
6	Connettore AUTO	Connettore per il comando remoto dell'avvio del laser. Si può utilizzare con il pedale opzionale o altri sistemi di automazione, ma è necessario predisporre opportune misure di sicurezza.
7	Bluetooth	Connettore di collegamento dell'antenna Bluetooth con la quale il sistema comunica con il microcontrollore.
8	Torcia di pulizia	Torcia di pulizia manuale con lente focale montata e protetta da coperchio antipolvere, inserita nel proprio alloggiamento.
9	Pulsante di avvio laser	La luce verde indica che la torcia è pronta ad emettere. Premendo il tasto UNA VOLTA, la torcia emetterà il laser rosso di puntamento e messa a fuoco. Premendo UNA SECONDA VOLTA, la torcia emetterà il raggio laser di pulizia.

10	Microcontrollore bluetooth	Dispositivo bluetooth tascabile di controllo remoto dei parametri della macchina.
11	Cavo di alimentazione	Cavo integrato di alimentazione del sistema. Inserire la spina in una presa di alimentazione 220 V AC - 16 A.

4.2 Collegamento dell'alimentazione elettrica

Il cavo di alimentazione a 3 poli è integrato nella macchina e dispone di spina europea tipo CEE 7/7 che va collegata ad una presa di alimentazione AC 220V – 16A.

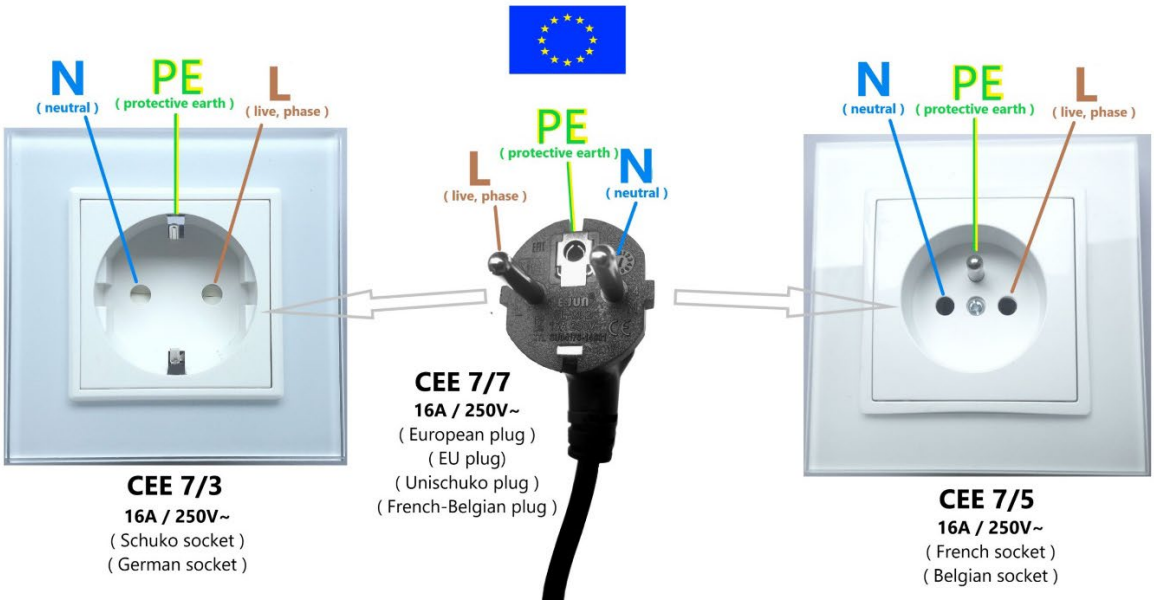


Figura 4.2 Standard di alimentazione 250 V CA

Il cavo di alimentazione è integrato alla macchina e va collegato ad una presa di adeguate caratteristiche (220 V monofase da 16 A). Non sostituire mai il cavo o la spina di alimentazione.

4.3 Operazioni di accensione della macchina

Per rendere operativo il sistema di pulizia laser, procedere in questo modo:

1 Aprire il coperchio superiore del trolley ed estrarre il cavo di alimentazione, distendere il cavo e collegare la spina alla rete di alimentazione 220 V AC.

2 Estrarre la torcia laser portatile, afferrare l'impugnatura mantenendo l'uscita del laser verso il basso, estrarre la fibra dal suo alloggiamento facendo in modo che resti distesa.

3 Estrarre il contenitore degli accessori per favorire la ventilazione della macchina.

4 Azionare la chiave dell'interruttore di alimentazione sul pannello interno della macchina, si accenderà la spia verde 220V.

5 Attivare il pulsante LASER per l'attivazione del laser, se la spia rossa sul tasto e la luce verde intorno all'interruttore della torcia laser portatile si accendono, significa che la macchina è pronta per l'attivazione del laser.

6 Se si desidera usare il microcontrollore remoto, estrarlo e accenderlo. Se viene visualizzato un numero seriale nell'angolo in basso a sinistra dell'interfaccia di avvio, significa che il microcontrollore e la macchina sono stati collegati correttamente; in caso contrario, il microcontrollore sarà in stato disconnesso.

7 Se invece si desidera utilizzare l'applicazione installata sul proprio dispositivo Android, accedere all'applicazione e verificare in alto a sinistra che il laser sia connesso tramite bluetooth.

8 Dopo aver collegato il microcontrollore e/o il proprio dispositivo Android alla macchina, impostare i parametri desiderati.

9 Il pulsante sulla torcia di pulizia è a uno stadio. Facendo un solo clic e tenendo premuto, il laser emetterà il raggio rosso di puntamento per trovare la giusta messa a fuoco. Premendo una seconda volta e tenendo premuto, verrà emesso il raggio laser.

4.4 Microcontrollore remoto bluetooth

Il microcontrollore bluetooth per il settaggio della macchina è mostrato nella Figura 4.4.

Figura 4.4 Il microcontrollore del laser a fibra FLC200M

Come mostrato nella figura 4.4, ci sono tre modalità operative per la rotella del microcontrollore:

- Ruotare la rotella verso l'alto sposta verso l'alto il puntatore oppure può incrementare il valore di un parametro,
- Ruotare la rotella verso il basso sposta il puntatore verso il basso oppure può decrementare il valore di un parametro.

Più velocemente si scorre su e giù, maggiore sarà il valore della modifica del parametro di impostazione. Quando si impostano i parametri con la rotella nell'interfaccia di impostazione dei parametri, è possibile utilizzare SU e GIU per impostare il valore dei parametri desiderati, quindi

- Premere la rotella per confermare l'impostazione.

Il microcontrollore è connesso via bluetooth alla scheda di controllo principale del laser, ed ha molte funzioni: l'impostazione dei parametri di pulizia, l'impostazione della forma di scansione, il monitoraggio degli allarmi, il monitoraggio dello stato e così via. Sono disponibili 6 pagine di interfaccia:

1. Current settings (impostazioni correnti),

2. Graphical settings (impostazioni grafiche),
3. Cleaning parameters (parametri di pulizia),
4. Status prompts (interrogazioni di stato della macchina),
5. Alarm monitoring (monitoraggio degli allarmi),
6. Function selection (selezione delle funzioni).

Le funzioni specifiche disponibili sul controller sono illustrate nelle successive sottosezioni.

4.5 Operazioni preliminari sul microcontrollore

Prima di poter utilizzare il microcontrollore remoto, lo stesso va connesso al sistema mediante connessione Bluetooth, ed è possibile effettuare altre operazioni quali il cambio della lingua di sistema, la modifica della password e ulteriori operazioni in seguito descritte.

4.5.1 Connessione del microcontrollore alla scheda di controllo principale.

La scheda di controllo principale e il microcontrollore possono dialogare con un unico dispositivo alla volta. Questo significa che se si rendesse necessario sostituire la scheda di controllo principale o il microcontrollore, sarebbe necessario reimpostare la connessione da capo. Per impostare la connessione da zero, è necessario procedere nel modo seguente.

Durante l'accensione, premere a lungo la rotella finché non viene visualizzata l'interfaccia "Function", quindi scegliere "Connect Host". Il microcontrollore attenderà che la scheda di controllo principale invii le informazioni sull'indirizzo (come mostrato nella figura che segue). Dopo aver riavviato il microcontrollore, verrà visualizzata un'interfaccia in cui impostare arbitrariamente un indirizzo univoco (se sono presenti più dispositivi di pulizia nelle vicinanze, assicurarsi che ciascun dispositivo abbia un indirizzo univoco).

Una volta assegnato un indirizzo univoco, premere Invio: nell'angolo in basso a sinistra verrà visualizzato "Successful" se la connessione è stata stabilita correttamente. Altrimenti verrà visualizzato "Connection failed".

Nota: la scheda di controllo principale e il microcontrollore devono essere impostati soltanto al primo utilizzo, dopo la prima impostazione di connessione possono identificarsi a vicenda all'accensione. Se si accede accidentalmente alla pagina "Connect

Host", le informazioni di connessione verranno eliminate e sarà necessario impostare nuovamente la connessione.

Interfaccia “Function”	Impostazione indirizzo	Connessione avvenuta

4.5.2 Cambio della lingua di sistema

Nel software del microcontrollore è possibile effettuare il cambio della lingua.
Durante l'accensione del microcontrollore, premere a lungo la rotella finché non viene visualizzata l’interfaccia "Function", quindi scegliere "Language", impostare la lingua desiderata e confermare.

4.5.3 Modifica della password

Nel software del microcontrollore è possibile effettuare la modifica della password.
Durante l'accensione del microcontrollore, premere a lungo la rotella finché non viene visualizzata l’interfaccia "Function", quindi scegliere "Password", inserire prima la vecchia password, quindi impostare la nuova password. La password predefinita è "000000".

Capitolo 5 - Parametri di controllo

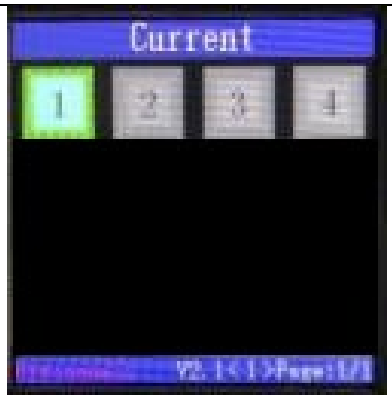
In questo capitolo verranno illustrati i principali parametri di controllo del sistema di pulizia laser, attraverso i quali sarà possibile ottimizzare l'azione di pulizia in base al substrato e al tipo di contaminante.

5.1 Dettaglio delle diverse interfacce di impostazione del microcontrollore.

5.1.1 Interfaccia CURRENT SETTINGS (IMPOSTAZIONI CORRENTI)

All'accensione, la macchina proporrà l'interfaccia di impostazione rapida dei gruppi di parametri memorizzati. Sono disponibili 4 posizioni di memoria. Ciascuna opzione rappresenta un gruppo di dati. Dopo aver selezionato una posizione di memoria da 1 a 4 e confermato, si imposteranno sulla macchina i parametri relativi alla posizione selezionata. Per variare le impostazioni memorizzate, è necessario portarsi su "Current" e confermare, in questo modo si accederà alla pagina della password illustrata qui di seguito. Immettere la password corretta per accedere alle impostazioni dei parametri grafici e di pulizia, la macchina leggerà automaticamente i dati del modello salvati nella scheda di controllo principale interna alla macchina. Tutte le modifiche alle impostazioni predefinite verranno salvate automaticamente.

Se il microcontrollore si spegne, leggerà tutti i parametri dal controller principale quando il microcontrollore si riaccenderà. Se il controller principale si spegne, alla riaccensione del sistema tutte le impostazioni verranno ricaricate e ripristinate allo stato precedente allo spegnimento.

	
Interfaccia di selezione delle impostazioni correnti (4 memorie)	Inserimento della Password (default è 000000)

5.1.2 Interfaccia CLEANING PARAMETER (PARAMETRI DI PULIZIA)

Questa interfaccia permette di impostare i parametri fondamentali della pulizia laser, quali la potenza, la frequenza, la durata del singolo impulso, gli anticipi o ritardi tra la scansione e l'emissione del laser, e così via.

Interfaccia di impostazione dei parametri di pulizia

A. Questa sezione dello schermo mostra lo stato di connessione della macchina in tempo reale, mostrando:

- Disconnect quando il microcontrollore non è connesso alla scheda di controllo del galvanometro,
- Connect quando il microcontrollore è connesso alla scheda di controllo del galvanometro, ma la scheda di controllo non è connessa al laser,
- Numero di serie della sorgente laser quando l'intero sistema è connesso.

B. Questa sezione dello schermo mostra il numero di pagine totali che compongono la sezione del menù in cui ci si trova. In questo caso la pagina 2/2 è l'interfaccia "Cleaning Parameters". Per passare ad un'altra interfaccia, ad esempio la 1/2 che è "Graphical settings", utilizzare I comandi "<-" oppure "->" selezionandoli col puntatore e premendo la rotella per confermare.

C. Questo cursore indica lo stato di avanzamento della sezione in cui ci si trova.

Attraverso questa interfaccia è quindi possibile impostare i parametri di pulizia desiderati, descritti

nella successiva tabella 5.1.2(a)

Tabella 5.1.2(a) Parametri di pulizia

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
Power	Impostazione della potenza del laser	0 ~ 100 %
Frequency	Impostazione della frequenza del laser	0 ~ 4000 khz
Pulse	Impostazione della durata del singolo impulso laser	1 ~ 500 ns
Open Delay	Impostazione del ritardo all'avvio. Valore positivo: si accende prima il galvanometro, dopo il tempo impostato si accende il laser. Valore negativo: si accende prima il laser, dopo il tempo impostato si accende il galvanometro. Il valore corrente può essere regolato ad esempio se l'effetto del laser nel punto iniziale è troppo pesante.	- 1000 ~ +1000 µs
Close Delay	Impostazione del tempo di ritardo di spegnimento del laser. Può essere regolato quando al termine della scansione l'effetto del laser è troppo marcato o troppo leggero.	0 ~ 1000 µs
Final Delay	Impostazione del tempo di ritardo di spegnimento del galvanometro al cessare del raggio laser.	0 ~ 1000 µs
Cornering Delay	Impostazione del tempo di permanenza del laser ad ogni cambio di riga di scansione usando la forma rettangolo. Questo valore può essere regolato se il salto segue un percorso ad arco in modalità rettangolare unidirezionale.	0 ~ 1000 µs
Jumping Delay	Impostazione del tempo di permanenza del laser ad ogni salto di scansione usando la forma rettangolo. Questo valore può essere regolato in modalità rettangolare bidirezionale.	0 ~ 1000 µs

ATTENZIONE: **Parametri come frequenza e durata del singolo impulso sono strettamente legati e devono rientrare in specifici intervalli correlati tra loro.**

Questo sistema di pulizia laser è dotato di una sorgente pulsata, in grado quindi di emettere in un determinato tempo un certo numero di impulsi di una certa durata. Risulta chiaro che queste grandezze sono necessariamente correlate, perché in un determinato periodo di tempo, scelta una durata dell'impulso, ci sarà un limite al numero di impulsi ottenibile.

In particolare, esiste una **frequenza di soglia**, al di sotto della quale la potenza emessa dalla sorgente viene ridotta in modo automatico al fine di proteggere la sorgente stessa.

Questo meccanismo è descritto nella seguente figura 5.1.2(a)

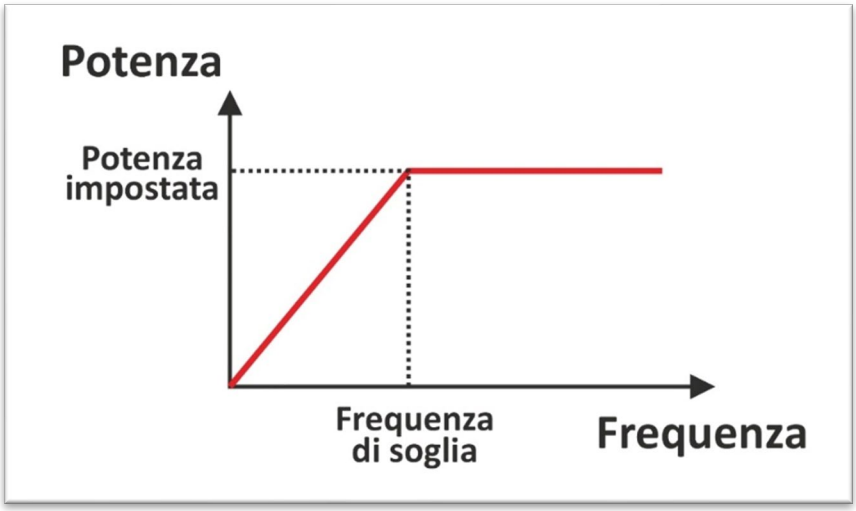


Figura 5.1.2(a) Frequenza di soglia

Ne risulta che per ottenere la potenza desiderata in uscita, è necessario impostare una frequenza superiore a quella di soglia, quindi l'intervallo utile di frequenza ad una data potenza è compreso tra la frequenza di soglia e la frequenza massima che la sorgente è in grado di sostenere in base alla durata di impulso scelta.

Gli intervalli corretti di frequenza in base alla durata dell'impulso sono descritti nella seguente tabella 5.1.2(b)

Tabella 5.1.2(b) Intervalli di frequenza ammissibili

Durata Impulso (ns)	Frequenza di soglia (kHz) MINIMO	Frequenza massima (kHz) MASSIMO
13	700	3000
20	460	3000
30	330	3000

45	250	2000
60	215	2000
80	150	2000
100	110	1000
150	75	1000
200	64	1000
250	55	900
350	45	600
500	40	500

La potenza esprimibile dalla sorgente in base alla durata dell'impulso è osservabile nella seguente figura 5.1.2(b)

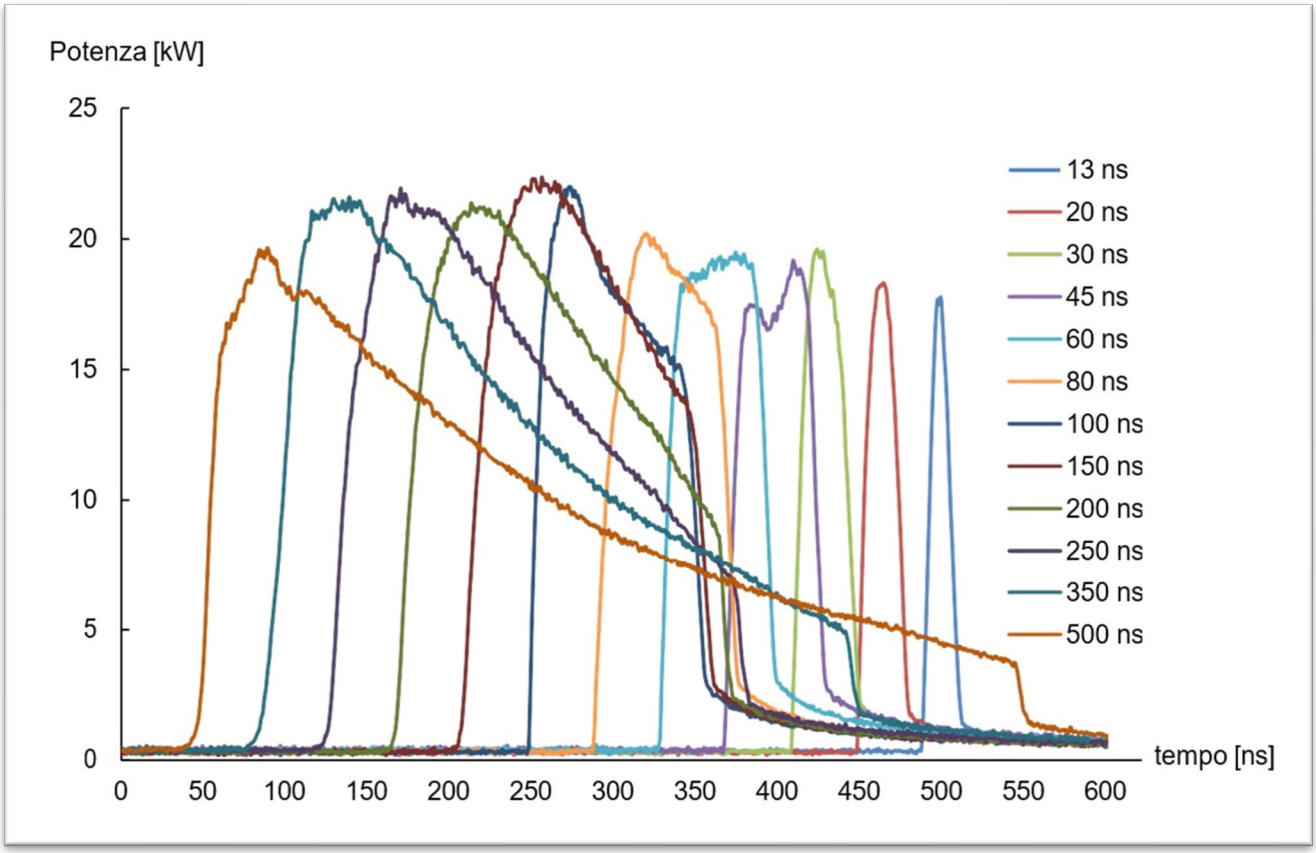


Figura 5.1.2(b) Potenza ottenibile in base alla durata dell'impulso

Utilizzando il microcontrollore è possibile impostare a piacere i valori di frequenza, durata dell'impulso e velocità di scansione del galvanometro, anche se non correlati tra loro in modo

ottimale.

Per avere un controllo dei parametri semplificato, risulta utile usare l'applicazione android "DD Cleaner" che permette, regolando l'efficienza, di variare i tre parametri in modo sincronizzato (vedi Capitolo 6 - Uso dell'applicazione Android "DD Cleaner").

5.1.3 Interfaccia GRAPHICAL SETTINGS (IMPOSTAZIONI DELLA FORMA DI SCANSIONE)

In questa sezione di interfaccia è possibile scegliere la forma di scansione ed i conseguenti parametri , quali dimensioni , passo di scansione, modalità di scansione e altri parametri caratteristici della forma scelta.

ATTENZIONE: Le dimensioni di scansione impostabili sono strettamente legate alla lunghezza focale della lente in uso. In dotazione alla macchina vengono consegnate due lenti focali con diversa lunghezza di fuoco: una pari a 163 mm ed una pari a 254 mm. Altre misure potrebbero essere disponibili come accessori opzionali.

Le forme disponibili per la scansione sono indicate in figura 5.1.3

	BeeLine (Linea)
	Rectangle (Rettangolo)
	Round (Cerchio)
	Sine (Sinusoide)
	Text (Testo)
	Spiral (Spirale)
	Lissajous (Infinito)

Figura 5.1.3 Forme di scansione

Nelle successive sezioni verranno illustrati nel dettaglio i parametri caratteristici di ciascuna forma.

ATTENZIONE: Dopo aver variato i parametri, occorre sempre selezionare "Apply" per applicare le scelte effettuate.

5.1.3.1 Impostazione della forma BeeLine (Linea)

Per scegliere questa forma di scansione è necessario selezionarla tramite l'interfaccia "Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

Interfaccia di selezione delle forme di scansione	Impostazione dei parametri

I parametri impostabili per questa forma sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.1

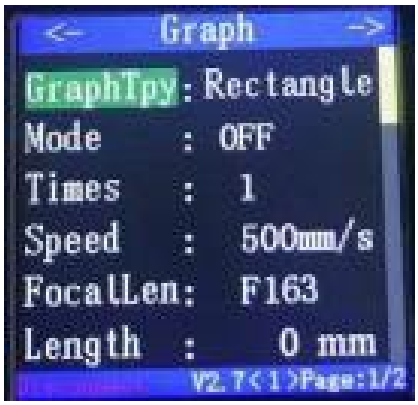
Tabella 5.1.3.1 Parametri della forma BeeLine (Linea)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	BeeLine
Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s
FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…
Lenght	Larghezza della linea	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm

Direction	Direzione di scansione, impostabile sull'asse X o sull'asse Y	X axis / Y axis
FocusX / FocusY	Valori di posizione del fuoco sugli assi di movimento: questi valori verranno impostati automaticamente dal sistema	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm

5.1.3.2 Impostazione della forma Rectangle (Rettangolo)

Per scegliere questa forma di scansione è necessario selezionarla tramite l'interfaccia "Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

	
Interfaccia di selezione delle forme di scansione	Impostazione dei parametri

I parametri impostabili per questa forma sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.2(a)

Tabella 5.1.3.2(a) Parametri della forma Rectangle (Rettangolo)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	Rectangle
Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s

FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…
Lenght - Width	Larghezza e Lunghezza del rettangolo	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm
Direction	Direzione di scansione, impostabile sull'asse X o sull'asse Y	X axis / Y axis
FocusX / FocusY	Valori di posizione del fuoco sugli assi di movimento: questi valori verranno impostati automaticamente dal sistema	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm
CtrEN	Contorno di scansione: abilita la marcatura del contorno del rettangolo	ON/OFF
FillEN	Riempimento: abilita il riempimento del rettangolo secondo la strategia di riempimento selezionata	ON/OFF

Per effettuare il riempimento della forma Rettangolo, è possibile selezionare tre diverse strategie di riempimento, come illustrato nella successiva figura 5.1.3.2.

Selezione del riempimento 1 e dei relativi parametri	Selezione del riempimento 2 e dei relativi parametri

I riempimenti selezionabili sono due, in modo da effettuare due passaggi con parametri differenti. I parametri impostabili per i riempimenti sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.2(b)

Tabella 5.1.3.2(b) Parametri dei riempimenti della forma Rectangle (Rettangolo)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
FillOne	Abilita il primo passaggio di riempimento	ON/OFF
FillTwo	Abilita il secondo passaggio di riempimento	ON/OFF
Method*	Strategia di riempimento: permette di scegliere tra 3 differenti modalità di riempimento: Unidirezionale, Bidirezionale e ad Arco (vedi fig. 5.1.3.2)	Uni-direction, Bi-direction, Arched
Space*	Passo di scansione: regola la distanza tra le linee di scansione	0 ~ 9,9 mm
Angle*	Angolo di scansione: regola l'inclinazione delle linee di scansione	0, 45, 90, 135 °
(*) Queste impostazioni si possono regolare in modo differente per il primo e secondo passaggio		

La descrizione delle diverse strategie di riempimento è illustrata nella seguente figura 5.1.3.2

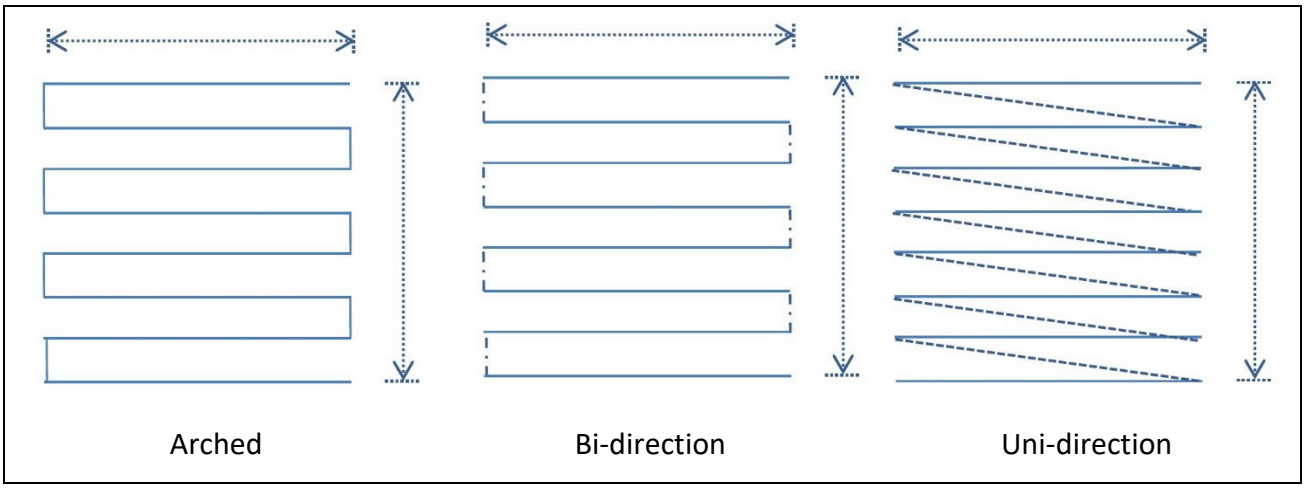


Figura 5.1.3.2 Strategie di riempimento

5.1.3.3 Impostazione della forma Round (Cerchio)

Per scegliere questa forma di scansione è necessario selezionarla tramite l'interfaccia

"Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

Interfaccia di selezione delle forme di scansione	Impostazione dei parametri

I parametri impostabili per questa forma sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.2(a)

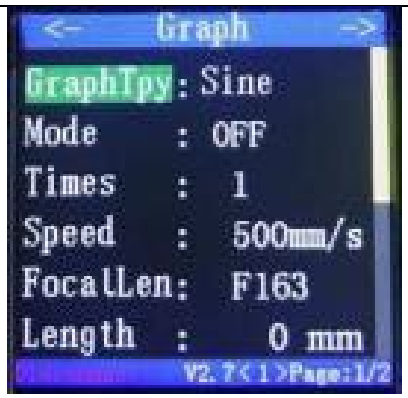
Tabella 5.1.3.3 Parametri della forma Round (Cerchio)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	Round
Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s
FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…
Diameter	Diametro del cerchio	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm
FocusX / FocusY	Valori di posizione del fuoco sugli assi di movimento: questi valori verranno impostati automaticamente dal sistema	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm

CtrEN	Contorno di scansione: abilita la marcatura del contorno del rettangolo	ON/OFF
FillEN	Riempimento: abilita il riempimento del cerchio	ON/OFF

5.1.3.4 Impostazione delle forme Sine (Sinusoide) e DblSine (Doppia Sinusoide)

Per scegliere queste forme di scansione è necessario selezionarle tramite l'interfaccia "Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

	
Interfaccia di selezione della forma Sine	Impostazione dei parametri

I parametri impostabili per queste forme sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.4

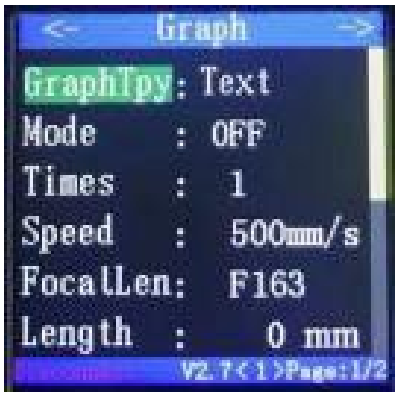
Tabella 5.1.3.4 Parametri delle forme Sine (Sinusoide)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	Sine
Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s
FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…

Lenght - Width	Larghezza e Lunghezza della scansione sinusoidale	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm
FocusX / FocusY	Valori di posizione del fuoco sugli assi di movimento: questi valori verranno impostati automaticamente dal sistema	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm
Margin	Distanza del picco di altezza della sinusoide rispetto all'asse X	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm
CycleCnt	Quantità di singole sinusoidi contenute nella lunghezza impostata	1 ~ 100

5.1.3.5 Impostazione della forma Text (Testo)

Per scegliere questa forma di scansione è necessario selezionarla tramite l'interfaccia "Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

		
Interfaccia di selezione della forma Text	Impostazione dei parametri	Impostazione del testo

I parametri impostabili per questa forma sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.5

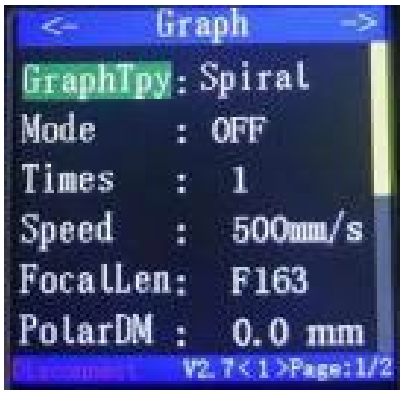
Tabella 5.1.3.5 Parametri delle forme Text (Testo)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	Text

Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s
FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…
Lenght - Width	Larghezza e Lunghezza della scansione sinusoidale	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm
FocusX / FocusY	Valori di posizione del fuoco sugli assi di movimento: questi valori verranno impostati automaticamente dal sistema	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm
Space	Distanza tra i caratteri del testo	1 ~ 100 mm
Text	Accede all'interfaccia "TextModify" (Modifica testo)	-
Choose	Definisce il testo da inserire	0 ~ 9, a ~ z, A ~ Z
Add	Aggiunge il testo selezionato al contenuto	-
Delete	Cancella un carattere partendo dal lato sinistro del contenuto	-
Confirm	Salva il contenuto di testo	-
Back	Cancella le impostazioni inserite	-

5.1.3.6 Impostazione della forma Spiral (Spirale)

Per scegliere questa forma di scansione è necessario selezionarla tramite l'interfaccia "Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

	
Interfaccia di selezione delle forme di scansione	Impostazione dei parametri

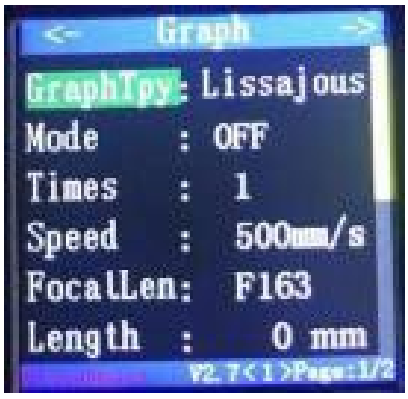
I parametri impostabili per questa forma sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.6

Tabella 5.1.3.6 Parametri della forma Spiral (Spirale)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	Spiral
Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s
FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…
PolarDM	Diametro interno della spirale	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm
PF	Passo della spirale	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm
PolAngle	Diametro esterno della spirale	0 ~ 110 mm

5.1.3.7 Impostazione della forma Lissajous (Infinito)

Per scegliere questa forma di scansione è necessario selezionarla tramite l'interfaccia "Graphical Settings", come indicato nelle figure seguenti.

	
Interfaccia di selezione delle forme di scansione	Impostazione dei parametri

I parametri impostabili per questa forma sono illustrati nella successiva tabella 5.1.3.7

Tabella 5.1.3.7 Parametri della forma Lissajous (Infinito)

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	INTERVALLO
GraphTpy	Tipo di forma: seleziona la forma di scansione	Lissajous
Mode	Modalità di scansione continua	ON/OFF
Times	Numero di cicli di ripetizione della scansione (non selezionabile in modalità continua attivata)	1 ~ 10
Speed	Velocità di scansione: regola la velocità di movimento del galvanometro interno della torcia di pulizia	0 ~ 10000 mm/s
FocalLen	Lunghezza focale della lente in uso	F163, F254, F330…
Lenght - Width	Larghezza e Lunghezza della scansione	F163: 0 ~ 110 mm F254: 0 ~ 175 mm F330: 0 ~ 200 mm

FocusX / FocusY	Valori di posizione del fuoco sugli assi di movimento: questi valori verranno impostati automaticamente dal sistema	F163: ± 52 mm F254: ± 84,5 mm F330: ± 97 mm

Capitolo 6 - Uso dell'applicazione Android "DD Cleaner"

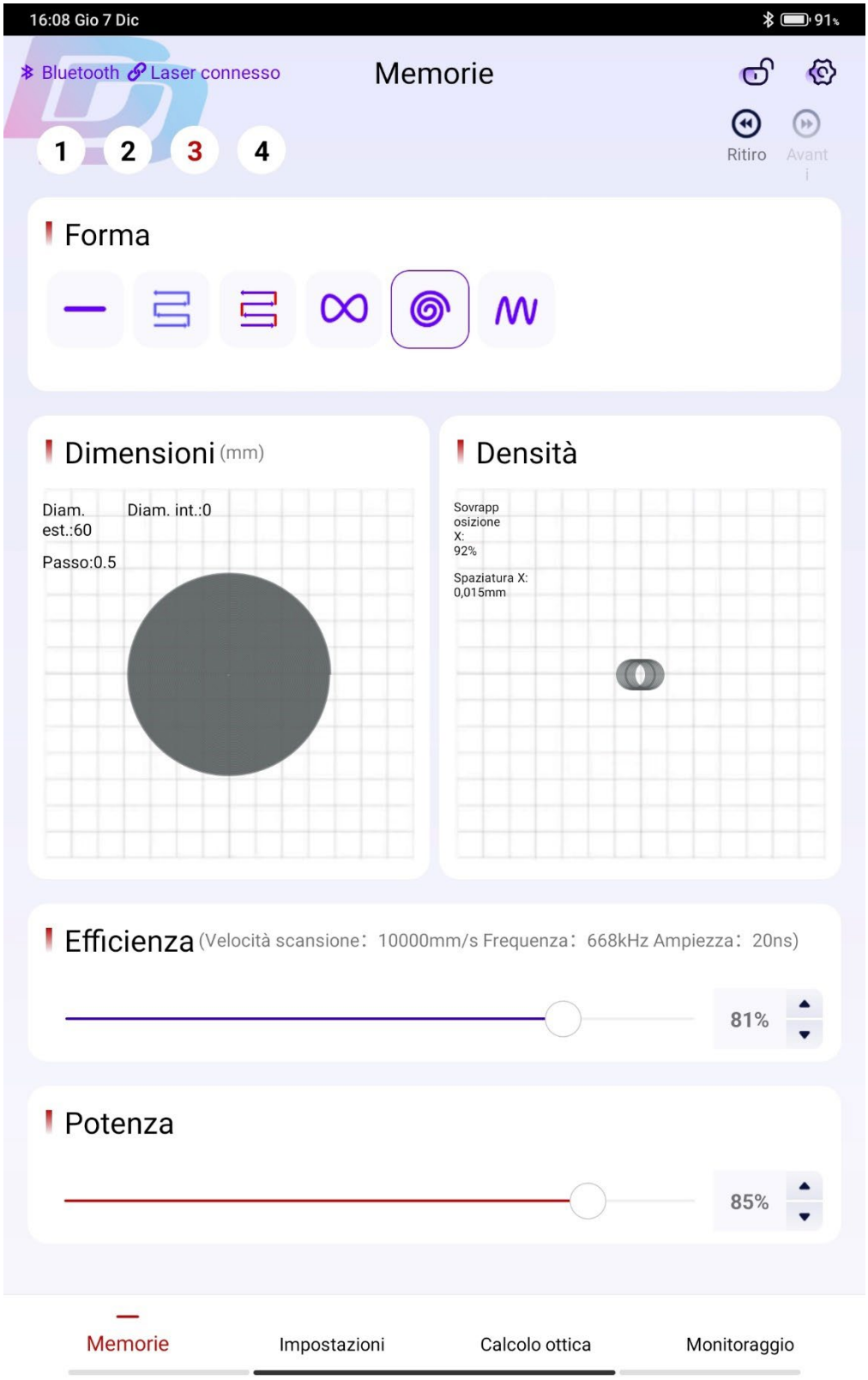
In questo capitolo verranno illustrate le interfacce dell'applicazione DD-Cleaner in italiano per dispositivi Android, attraverso le quali sarà possibile variare temporaneamente i parametri memorizzati nel controller principale ed ottimizzare l'azione di pulizia in base al substrato e al tipo di contaminante.

ATTENZIONE: le variazioni dei parametri attraverso l'applicazione non verranno memorizzate nelle posizioni di memoria, che resteranno legate al microcontrollore bluetooth, ma avranno effetto temporaneo e verranno cancellate alla chiusura dell'applicazione.

6.1 Dettaglio delle diverse pagine di impostazione dell'app DD-Cleaner.

6.1.1 Interfaccia MEMORIE

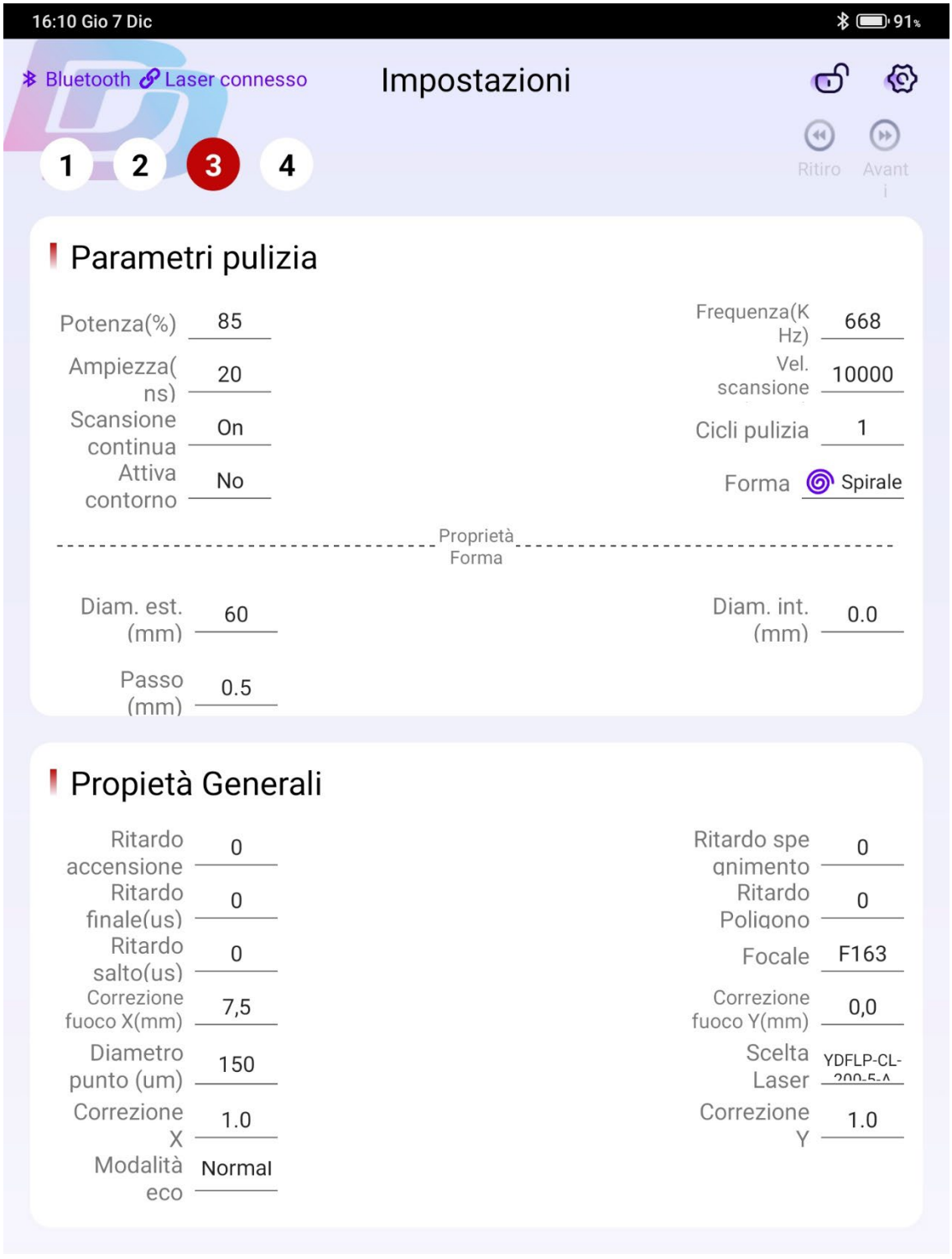
All'avvio, l'applicazione leggerà le 4 posizioni di memoria memorizzate dal microcontrollore bluetooth (che deve essere spento e quindi non connesso) nel controller principale. Ciascuna posizione di memoria potrà essere variata temporaneamente tramite l'app ma non verrà memorizzata. Se si desidera variare in modo permanente una posizione di memoria, andrà fatto attraverso il microcontrollore. L'applicazione Android risulta quindi molto comoda per eseguire variazioni sui parametri al fine di trovare la migliore impostazione, che dovrà poi essere annotata ed eventualmente impostata come memoria permanente tramite il microcontrollore.



Si noti che variando la percentuale di efficienza l'applicazione varierà in modo sinergico i valori di durata e del singolo impulso, frequenza di pulsazione e velocità di scansione del galvanometro per ottimizzare il rendimento della sorgente laser.

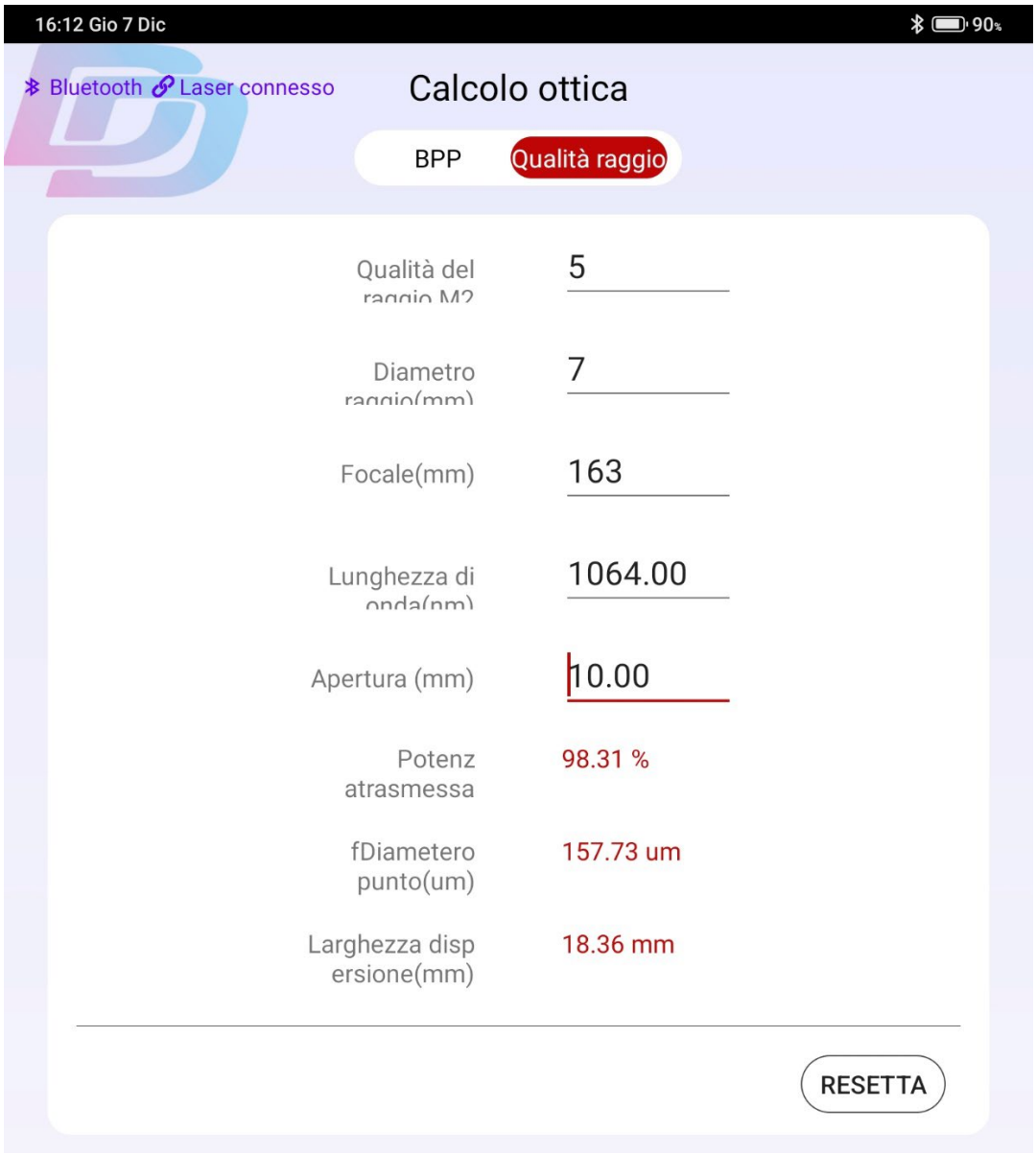
6.1.2 Interfaccia IMPOSTAZIONI

Questa interfaccia permette di variare in modo puntuale i vari parametri. Inoltre sarà possibile personalizzare il modello di sorgente (da cui deriva l'intervallo di durata dell'impulso), la lunghezza focale della lente, correggere la posizione dei segni di riferimento per la messa a fuoco, correggere la distorsione legata alla lente focale.



6.1.3 Interfaccia CALCOLO OTTICA

Questa interfaccia permette di eseguire calcoli sull'ottica in base alla lunghezza d'onda del laser, alla focale e ai parametri caratteristici della sorgente.



6.1.4 Interfaccia MONITORAGGIO

Questa interfaccia permette di monitorare lo stato della macchina e degli allarmi.

Per ulteriori dettagli vedere sezione 7.2 - Monitoraggio tramite applicazione Android.

Per riferimenti più dettagliati in merito ai parametri su cui è possibile operare, fare riferimento all'intero "Capitolo 5 – Parametri di controllo" riferito al microcontrollore bluetooth.

Capitolo 7 - Monitoraggio dello stato della macchina e Allarmi

7.1 Interfacce di Stato e di Allarme

Sul microcontrollore bluetooth è possibile accedere alle interfacce di Stato e di Allarme, posizionandosi su “Graph” o “Parameters” e tenendo premuta la rotella.

Interfaccia di Stato	Interfaccia di Allarme

I parametri monitorabili nell’interfaccia di Stato sono illustrati nella successiva tabella 7.1.1

Tabella 7.1.1 Parametri di Stato della macchina

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE	MISURA
Freq	Frequenza del laser	kHz
Power	Potenza del laser	%
Pulse	Durata del singolo impulso	ns
PA	Amplificatore di potenza	ON/OFF
MO	Oscillatore principale	ON/OFF
Red	Laser rosso di puntamento e messa a fuoco	ON/OFF

Pump	Temperatura del percorso ottico di pompaggio laser	°C
TEC	Temperatura del generatore laser principale	°C

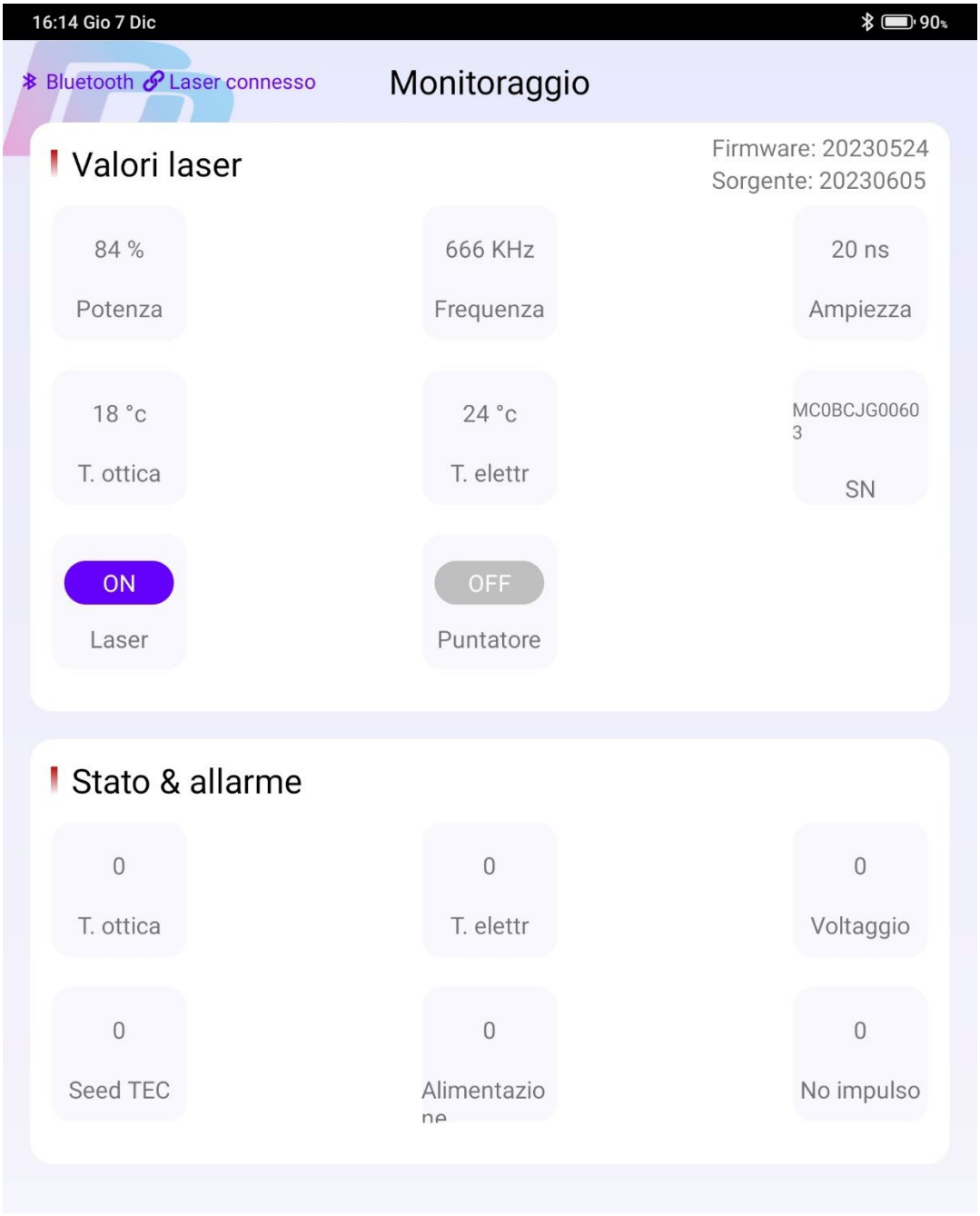
Gli allarmi monitorabili nell'interfaccia di Allarme sono illustrati nella successiva tabella 7.1.2

Tabella 7.1.2 Parametri di Allarme della macchina

PARAMETRO	DESCRIZIONE DELLA FUNZIONE
PumpTemp	Errore di temperatura del sistema di pompaggio laser
CircuitTemp	Errore di temperatura dell'elettronica di sistema
VoltageError	Errore di tensione anomala
TecError	Errore del sistema di controllo temperatura
LowCurrent	Errore di corrente insufficiente
SeedNoPulse	Assenza di pulsazione del generatore laser

7.2 Monitoraggio tramite applicazione Android

Nell'applicazione Android è disponibile un'interfaccia di monitoraggio che permette di tenere sotto controllo lo stato della macchina e la presenza di eventuali allarmi di sistema attivi.



7.3 Soluzioni per la risoluzione dei problemi

Se la macchina presenta un problema, prima di consultare il rivenditore o il servizio assistenza, vi preghiamo di provvedere a verificare che l'anomalia non sia risolvibile in autonomia seguendo i suggerimenti descritti qui di seguito.

In ogni caso i nostri tecnici saranno sempre disponibili ad aiutarvi e consigliarvi la soluzione migliore.

Le istruzioni di guasto e le possibili soluzioni sono le seguenti：

Tabella 7.3 Descrizioni di guasto e possibili soluzioni

DESCRIZIONE	SOLUZIONE
La macchina non si accende	Controllare cavo di alimentazione e fusibile di protezione, controllare pulsante di emergenza, controllare interruttore a chiave di accensione del sistema
Il microcontrollore non si connette al controller principale	L'indirizzo non corrisponde oppure il controller principale è già connesso all'applicazione Android
L'applicazione Android non si connette al sistema	Il controller principale è già connesso al microcontrollore, spegnere il microcontrollore e riprovare
Il raggio laser rosso di messa a fuoco non si accende	Guasto dell'interruttore o guasto del laser rosso, contattare il nostro personale del servizio assistenza tecnica
I risultati della pulizia risultano variati senza variare i parametri di controllo	Calo di potenza del laser o diametro di piegatura della fibra troppo stretto
Alimentazione attiva e spia rossa accesa, ma non c'è uscita laser	Guasto dell'interruttore o guasto della sorgente laser, contattare il nostro personale del servizio assistenza tecnica
Allarme di temperatura	La temperatura ambiente è troppo alta, è necessario lavorare sotto i 40℃ di temperatura ambiente
Altra anomalia	Contattare il personale del servizio assistenza tecnica

Capitolo 8 - Manutenzione della macchina

8.1 Mantenere pulita la macchina

La prima forma di manutenzione consiste nel mantenere pulita la macchina, soprattutto nella zona di circolazione, aspirazione ed estrazione dell'aria di raffreddamento. La sorgente laser e l'elettronica vengono raffreddate mediante un sistema ad aria forzata, che deve quindi essere mantenuto in grado di svolgere il proprio compito.

8.2 Mantenere e sostituire le lenti focali

La torcia di pulizia in dotazione è dotata di una lente focale che funge anche da protezione per il sistema galvanometrico da fumi, polveri e residui di pulizia. La lente focale dispone a sua volta di un vetro esterno di protezione e di tappi antipolvere.

Le caratteristiche di lavorazione tipiche della pulizia laser richiedono una manutenzione regolare della lente. Se l'azione di pulizia risulta essere scarsa, controllare che la lente di protezione o il vetro di protezione esterno non siano sporchi, e nel caso pulirli o sostituirli per tempo se deteriorati.

La modalità di pulizia della lente è estremamente importante, se non viene eseguita correttamente le prestazioni della lente saranno ridotte e la lente stessa o il sistema galvanometrico possono venire danneggiati se non viene pulita.

Pertanto, è necessario prestare la massima attenzione nelle operazioni seguenti:

- Prima di qualsiasi operazione, lavarsi accuratamente le mani con detergente neutro e asciugarle attentamente.
- Tenere a disposizione alcol industriale puro al 99%, pezze di cotone, carta di pulizia per lenti.
- Lavorare in un ambiente pulito e sostanzialmente privo di polvere e indossare preferibilmente guanti di lattice.
- Svitare la lente focale dalla torcia di pulizia e controllare lo stato di pulizia della lente.
- Se la lente risulta contaminata, è necessario pulirla con carta di pulizia per lenti imbevuta di alcol puro.
- Se la lente presenta segni di deterioramento evidenti, procedere immediatamente alla sua sostituzione.

- Controllare il vetro protettivo esterno che si trova avvitato sul lato esterno della lente focale.
- Durante le operazioni di pulizia della lente focale, proteggere l'interno della torcia di pulizia laser dalla contaminazione.

	ATTENZIONE*:* 1. ***La sostituzione delle lenti focali va effettuata in ambiente pulito, preservando dalla contaminazione l'interno della torcia di pulizia.*** 2. ***Si prega di tenere al riparo dalla sporcizia la lente focale della torcia, e pulirla con cura se necessario.*** 3. ***Quando la macchina non è in uso, proteggere sempre la lente focale con il suo tappo protettivo.*** 4. ***Non eseguire mai manutenzioni con il cavo di alimentazione 220V inserito.***

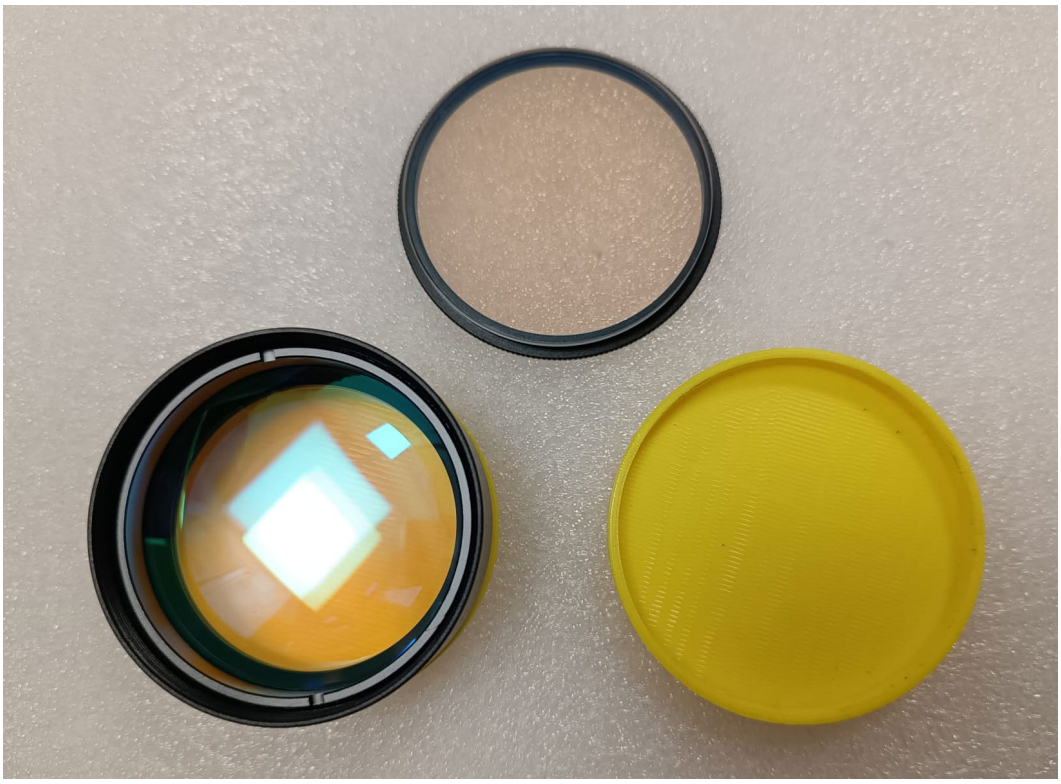


Figura 8.2 Lente focale, vetro di protezione e tappi antipolvere

Capitolo 9 - Parametri di pulizia

9.1 Parametri di processo

Il sistema di pulizia laser FLC200M è dotato di una sorgente pulsata MOPA multimodale, è quindi in grado di variare in modo indipendente durata dell'impulso e frequenza di pulsazione in modo molto preciso e affidabile.

L'elevata potenza del singolo impulso è in grado generare onde d'urto acustiche create dall'assorbimento di energia laser ad alta intensità e raggiungere la cosiddetta "soglia di ablazione".

La soglia di ablazione è una caratteristica peculiare di ogni materiale, e definisce in sostanza il livello di energia e di lunghezza d'onda sotto la quale non avviene la sublimazione.

Normalmente la soglia di ablazione degli ossidi, delle vernici, e delle altre sostanze contaminanti è inferiore a quella del substrato sottostante. Regolando opportunamente i parametri di processo è quindi possibile rimuovere il contaminante depositato sul substrato senza alterare l'integrità di quest'ultimo.

Per ottenere efficacemente questo risultato, è necessario regolare quattro parametri:

1. Durata del singolo impulso,
2. Frequenza di pulsazione,
3. Potenza del laser,
4. Velocità di scansione.

Tutti questi parametri hanno rilevanza nell'ottenimento di una corretta ablazione, qui di seguito analizzeremo il contributo di ciascuno di essi.

9.1.1 Durata del singolo impulso

La durata dell'impulso è il tempo impiegato dal laser per emettere un impulso.

Con impulsi brevi per una quantità fissa di energia laser è possibile ottenere una velocità di rimozione maggiore.

Se la durata dell'impulso è troppo breve, però, la pulizia non è efficiente. Allo stesso tempo se la durata dell'impulso è troppo lunga, il substrato viene influenzato dal calore. Pertanto occorre individuare la durata dell'impulso appropriata.

9.1.2 Frequenza di pulsazione

La frequenza di pulsazione è il numero di impulsi al secondo. Se il tempo di permanenza è troppo breve, la polvere di contaminate ablato e l'impulso laser interferiscono tra loro. Pertanto gli impulsi laser non raggiungono il bersaglio. Se la frequenza di ripetizione degli impulsi è troppo lunga, la pulizia richiederà più tempo. Pertanto la frequenza di ripetizione degli impulsi dovrebbe essere selezionata in modo appropriato. Per ulteriori dettagli, consultare anche la sezione 5.1.2 “Interfaccia CLEANING PARAMETER (PARAMETRI DI PULIZIA)”.

9.1.3 Potenza del laser

La potenza del laser, e quindi 'intensità del raggio, è un parametro cruciale nel processo di pulizia laser. Se non viene selezionato correttamente, il laser potrebbe danneggiare il substrato.
Si consiglia sempre di iniziare a potenza ridotta per poi aumentarla gradualmente fino a raggiungere il risultato desiderato.

9.1.4 Velocità di scansione

La velocità di scansione è la velocità di movimento del sistema galvanometrico che muove il raggio laser in funzione della forma di scansione scelta. Una maggiore velocità permette di ottenere una pulizia più veloce. Una velocità troppo elevata rischia però di non consentire la proiezione efficacie di tutti gli impulsi generati dal laser, quindi una scansione più lenta può aumentare il numero di impulsi efficaci ricevuti dal contaminante, migliorando la pulizia senza rovinare il substrato.
Anche il passo di scansione, quindi la distanza tra le singole linee di scansione che disegnano la forma scelta, influenza la quantità di energia rilasciata sul contaminante e la finitura superficiale risultante dopo la pulizia, quindi va calibrata correttamente.

In conclusione, la ricerca dei parametri di pulizia corretti per ciascun contaminante e ciascun substrato va eseguita mediante adeguata sperimentazione e non può essere ricondotta ad un semplice elenco di preimpostazioni.

Capitolo 10 - Automazione e inserimento in impianti robotizzati

10.1 Passaggio da modalità manuale a modalità remota/automatica.

Il nostro sistema di pulizia laser FLC200M è normalmente predisposto per essere utilizzato in modalità manuale, ma può essere inserito in un sistema automatizzato o robotizzato a comando remoto.

	ATTENZIONE*:* ***Il cliente ha la responsabilità di mettere in opera tutte le precauzioni e le sicurezze aggiuntive necessarie (barriere, sensori, ecc.) se intende inserire questa macchina in un sistema automatizzato/robotizzato.*** ***I danni causati da un'errata installazione non sono coperti da garanzia e saranno considerati responsabilità del cliente. In caso di dubbi consultare sempre il rivenditore.***

Se si intende utilizzare il sistema in modalità automatica, per passare a tale modalità occorre procedere in questo modo **(si raccomanda, prima di operare, di scollegare la macchina dall'alimentazione elettrica):**

- Installare la torcia sull'eventuale sistema di posizionamento (ad esempio robot, pantografo, supporto fisso o altro) in modo che il raggio laser sia orientato verso una zona sicura e mai verso persone.
- Individuare l'apposito connettore "AUTO" a due poli sul pannello interno della macchina.
- Collegare il dispositivo di comando (pedale opzionale o cavo collegato al sistema di controllo di automazione) al connettore "AUTO".
- La chiusura del contatto sul connettore equivarrà alla doppia pressione del tasto sulla torcia di pulizia e attiverà istantaneamente il raggio laser di pulizia.

	ATTENZIONE*:* • ***Il contatto di avvio remoto attiverà istantaneamente il laser, quindi il sistema di sicurezza a doppia pressione del tasto sulla torcia di pulizia sarà reso inefficace e dovranno essere implementati sistemi di sicurezza esterni su responsabilità del cliente.*** • ***Eseguire le operazioni di collegamento a macchina spenta e scollegata dall'alimentazione 220 VAC.***

Si prega di progettare e impostare adeguatamente il proprio sistema di controllo in modo che un interruttore di consenso si attivi prima dell'interruttore di avvio laser, e che il contatto di avvio venga aperto al mancare di uno qualunque dei sistemi di sicurezza previsti (barriere, involucri, sensori, ecc.).
Non impostare MAI il sistema in modo che l'interruttore di consenso risulti costantemente chiuso.

	ATTENZIONE*:* ***Il cliente ha la responsabilità di operare con competenza nel progettare e/o programmare correttamente i propri dispositivi di controllo dell'automazione, e nel predisporre le corrette barriere di protezione o altri adeguati sistemi di protezione.*** ***I danni causati da un'errata installazione o progettazione del sistema di automazione restano a responsabilità esclusiva del cliente.***

10.3 Ritorno alla modalità di funzionamento manuale.

Per impostare nuovamente la macchina sulla modalità di funzionamento manuale è sufficiente scollegare i sistemi esterni dal connettore "AUTO" sul pannello interno della macchina.

Capitolo 11 - Garanzia e restituzione

11.1 Garanzia generale

Tutti i prodotti sono realizzati secondo gli ordini o le specifiche e, una volta consegnati, se presentano problemi derivanti da materiali o tecnologie, sono garantiti dal produttore, purché il laser venga utilizzato secondo le specifiche.

Quando viene rilevato un problema, i clienti dovrebbero fare come di seguito:

- Contattare dapprima il personale del servizio post vendita, quindi presentare i difetti rilevati per iscritto entro un mese (30 giorni) dall'individuazione dei problemi.
- In caso di rientro in fabbrica per manutenzione, imballaggio e trasporto devono essere effettuati in modo da garantire l'integrità del prodotto.
- La garanzia non coprirà mai eventuali danni a terzi.

11.2 Limite di garanzia

Non sono coperti dalla garanzia i seguenti danni (incluso il danno complessivo della macchina, il danneggiamento di parti, fibra ottica, ecc.):

- Danni causati da manomissioni, aperture, installazioni errate, intenzioni di miglioramento eseguite da personale non autorizzato.
- Danni causati da operazioni improprie e negligenza.
- Danni causati da un utilizzo oltre il limite del prodotto.
- Danni causati da una violazione delle informazioni e degli avvisi nella guida per l'utente.

	ATTENZIONE*:* ***Il cliente ha la responsabilità di comprendere e operare secondo le istruzioni operative nella guida per l'utente. I danni causati da errate operazioni non sono coperti da garanzia.***

11.3 Imballo e Trasporto

Prima del trasporto, tutte le macchine da riparare o sostituire devono essere imballate in modo affidabile, preferibilmente con gli imballi originali forniti al momento della vendita, in caso contrario eventuali danni causati non saranno riparati gratuitamente.

Si prega di eseguire l'ispezione e l'accettazione in base all'elenco di imballo quando si prepara il prodotto alla riparazione o alla restituzione. Qualora la macchina da riparare o sostituire non venisse restituita accompagnata da tutti i suoi cavi e accessori, tali componenti non saranno forniti nuovamente.

Allegato 1 - Dichiarazione di conformità

DICHIARAZIONE DI CONFORMITÁ
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE
DECLARACION DE CONFORMIDAD
KONFORMITATSERKLARUNG
DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE
FÖRSÄKRAN OM ÖVERENSSTÄMMELSE
VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS
CONFORMITEITSVERKLARING
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
DEKLARACJA ZGODNOŚCI

Si dichiara che l'apparecchio tipo:
We hereby state that the machine type:
On déclare que la machine type:
Se declara que el aparato tipo:
Die Maschine Typ:
Se declara que o aparelho tipo:
Vi försäkrar att denna typ av apparat:
Vakuutamme, että laitetyyppi:
Men verklaart dat het apparaat type:
Утверждается, что аппарат:
Niniejszym oświadczamy, że maszyna typu:

Handheld Laser Cleaning Equipment:

- Laser Cleaner FLC200M

è conforme alle direttive:
is in compliance with the directives:
est conforme aux directives:
es conforme a las directivas:
entspricht den Richtlinien:
é dentro das diretivas:
överensstämmer med direktiven:
täyttää seuraavat direktiivit:
conform de volgende richtlijnen is:
соответствует Директивам:
jest zgodna z dyrektywami :

2006/42/EC (MD)

2014/30/EU (EMC)

2011/65/EU - 2015/863/EU(RoHS)

e che sono state applicate le norme:
and that the following standards apply:
et qu'on a appliqué le normes:
y que se han aplicado la normas:
folgende Normen kamen zur Anwendung:
e que foram aplicadas as normas:
och att man tillämpat standarder:
ja että seuraavia standardeja on noudatettu:
en dat de volgende normen toegepast werden:
произведено в соответствии с нормами:
i spełnia wymagania norm:

EN ISO 12100:2010
EN 60204-1:2018
EN 60825-1:2014+A11:2021
EN ISO 11553-1:2020+A11 - EN ISO 11553-2:2013

EN IEC 61000-6-2:2019 - EN IEC 61000-6-4:2019
EN IEC 61000-3-2:2019+A1:2021
EN 61000-3-3:2013+A1:2019+A2:2021

EN IEC 63000:2018

DD INDUSTRIAL

Davide Defend
Via Caraglio n. 45, 10141,
Torino (TO) - ITALY

01/11/2023
Davide Defend

OGNI INTERVENTO NON AUTORIZZATO DA **DD INDUSTRIAL** FARÀ DECADERE QUESTA DICHIARAZIONE.
TOUTE MODIFICATION APPORTEE A LA MACHINE SANS L'AUTORISATION DE **DD INDUSTRIAL** ANNULERA CETTE DECLARATION.
ANY TAMPERING OR CHANGE UNAUTHORIZED BY **DD INDUSTRIAL** SHALL IMMEDIATELY INVALIDATE THIS STATEMENT.
TODA MODIFICACIÓN DE LA MAQUINA SIN LA AUTORIZACIÓN DE **DD INDUSTRIAL** INVALIDARA ESTA DECLARACIÓN.
JEDE VERÄNDERUNG DER MACHINE OHNE GENEHMIGUNG DER FIRMA **DD INDUSTRIAL** ANNULLIERT DIESE ERKLÄRUNG.
CADA INTERVENÇÃO NÃO AUTORIZADA PELA **DD INDUSTRIAL** FARÁ ANULAR ESTA DECLARAÇÃO.
ALLA INGREPP SOM INTE AUKTORISERATS AV **DD INDUSTRIAL** OGILTIGGÖR DENNA FÖRSÄKRAN.
MIKÄ TAHANSA LAITTEESEEN TEHTÄVÄ TOIMENPIDE, JOKA EI OLE **DD INDUSTRIAL**:N VALTUUTTAMA, JOHTAA TÄMÄN VAKUUTUKSEN RAUKEAMISEEN.
ELKE INTERVENTIE DIE NIET GEAUTORISEERD IS DOOR **DD INDUSTRIAL** ZAL DEZE VERKLARING TENIET DOEN.
ДАННЫЙ СЕРТИФИКАТ ТЕРЯЕТ СВОЮ СИЛУ В СЛУЧАЕ ЛЮБОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА НЕАВТОРИЗИРОВАННОГО КОМПАНИЕЙ DD INDUSTRIAL ЛИЦА.
JAKIEKOLWIEK ZMIANY LUB PRZERÓBKI NIEAUTORYZOWANE PRZEZ **DD INDUSTRIAL** UNIEWAŻNIAJĄ NINIEJSZĄ DEKLARACJĘ.

DD INDUSTRIAL

1/1

Allegato 2 - Regole di sicurezza e Formazione dell'operatore

ATTENZIONE:

L'INTERO CONTENUTO DI QUESTO ALLEGATO CONTIENE INFORMAZIONI DETERMINANTI PER LA SICUREZZA NELL'USO DEL SISTEMA DI PULIZIA LASER MANUALE FLC 200 M.

Questo allegato fornisce informazioni sulle caratteristiche dei raggi laser e sui pericoli che comportano, sui requisiti di sicurezza e di tutela della salute per le apparecchiature laser, nonché sugli obblighi degli utilizzatori di tali apparecchi. Può darsi che quanto descritto in maniera semplificata non sempre riproduca fedelmente le situazioni riscontrate nella pratica quotidiana. In caso di dubbio sono vincolanti le prescrizioni di sicurezza contenute nelle norme vigenti e le procedure e i regolamenti stabiliti dal vostro Responsabile del Servizio di Protezione e Prevenzione e dal vostro Tecnico della Sicurezza Laser.
Chi mette in commercio apparecchiature laser è tenuto per legge a segnalare agli utilizzatori tutti i pericoli derivanti dall'uso dei loro prodotti.
L'utilizzatore ha l'obbligo di consultare attentamente il manuale d'uso e le regole di sicurezza, forniti assieme all'apparecchio, prima di metterlo in funzione.
Le disposizioni in materia di sicurezza sul lavoro obbligano le aziende ad adottare tutte le misure necessarie al fine di garantire la sicurezza e la tutela della salute dei lavoratori, di documentarle e di verificarne periodicamente il rispetto.

A2.1 Potenziale di pericolo e classificazione dei Laser

Il concetto di laser non basta a descrivere il pericolo rappresentato da un dispositivo che emette radiazioni elettromagnetiche coerenti. Il potenziale di rischio può variare di molto secondo l'apparecchio e le condizioni d'uso. Per questo motivo la norma internazionale raccomanda che ogni sistema laser sia attribuito ad una specifica classe, in modo che il potenziale di pericolo sia immediatamente chiaro a tutti. Il rischio aumenta con l'aumentare della classe.

Come tutte le apparecchiature tecniche, anche i laser devono rispettare gli obbiettivi di sicurezza stabiliti nelle leggi nazionali in materia di sicurezza. In materia di laser la norma vincolante a livello internazionale è la EN 60825-1 dal titolo: «Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore».
Secondo il materiale attivo e la sorgente di pompaggio, il laser può emettere in modo continuo (cw = continuous wave, vale a dire: durata di emissione > 0.25 s), in modo pulsato o pulsato ripetitivamente, oppure emana la sua energia sotto forma di un unico impulso gigante.
Questi parametri sono determinanti per classificare i sistemi laser. La guida per classificare le apparecchiature laser è una parte essenziale della norma EN 60825-1.
In tale normativa, la classificazione dei laser attualmente prevista è la seguente:

Classe 1	innocuo in esercizio normale	nessuna misura necessaria
Classe 1M	innocuo senza strumenti ottici	avvertire le persone che utilizzano strumenti ottici
Classe 2	innocuo se l'esposizione è momentanea	non osservare direttamente il raggio laser; non direzionare il laser sul volto
Classe 2M	senza strumenti ottici: come classe 2	avvertire le persone che utilizzano strumenti ottici
Classe 3R	limitatamente pericoloso	lasciar utilizzare solo da personale qualificato
Classe 3B	raggio diretto pericoloso per gli occhi; radiazione diffusa non pericolosa	designare l'addetto alla sicurezza laser; delimitare la zona di utilizzazione con misure architettoniche; controllare gli accessi; dichiarare la presenza di laser all'entrata; lasciar utilizzare solo da personale qualificato; indossare eventualmente occhiali di protezione
Classe 4	raggio pericoloso per occhi e pelle; radiazione diffusa ev. pericolosa per gli occhi; pericolo di incendio	stesse precauzioni che per la classe 3B; utilizzare i DPI (dispositivi di protezione individuali) necessari

A2.2 Etichettatura e dichiarazione di conformità delle apparecchiature Laser

Il fabbricante (o importatore, distributore, venditore o noleggiatore) dell'apparecchiatura laser può consegnare il prodotto all'utilizzatore solo dopo averlo etichettato in base alle indicazioni della norma sui laser. L'etichettatura comprende come minimo:

un segnale di pericolo (non prescritto per la classe 1);

l'indicazione della classe, con dicitura di avvertimento (a partire dalla classe 1M);

la targhetta di identificazione.

Sulle targhette di avvertimento devono figurare le lunghezze d'onda e i dati di emissione, nonché l'indicazione della norma EN 60825-1. Sulla targhetta di identificazione devono invece figurare tutti i dati necessari ad identificare in maniera univoca l'apparecchio laser, ossia il nome del costruttore/distributore, il tipo di apparecchio, l'anno di produzione, il numero di serie, ecc.

A partire dalla classe 2 bisogna indicare l'orificio di uscita del raggio. La radiazione laser invisibile deve essere indicata esplicitamente sulla targhetta di avvertimento. In caso di emissione contemporanea di radiazione laser visibile e invisibile, la targhetta deve indicare entrambi i tipi. Gli avvertimenti e i simboli indicati possono essere raggruppati (tutti o in parte) sulla stessa targhetta o disposti su targhette diverse.

Chi mette in commercio apparecchiature laser deve fornire assieme ad ogni prodotto una dichiarazione di conformità. Tale dichiarazione deve attestare che il sistema laser soddisfa i requisiti essenziali di sicurezza e tutela della salute imposti per questo tipo di apparecchiatura. I sistemi laser possono essere certificati e dotati della marcatura CE da chi li mette in commercio. La certificazione da parte di un ente esterno accreditato non è richiesta per questo tipo di attrezzature.

In merito al sistema di pulizia Laser FLC200M, la DD Industrial ha provveduto ad effettuare tutte le verifiche tramite test report effettuati da laboratori esterni accreditati a livello internazionale e quindi ad emettere una dichiarazione di conformità legalmente valida a livello europeo e di conseguenza a marcare la macchina come conforme alle direttive comunitarie di prodotto.

A2.3 Requisiti per un ambiente idoneo all'uso di un laser

A2.3.1 Definizioni

Zona laser controllata (ZLC): Zona dove la presenza e l'attività delle persone al suo interno sono regolate da apposite procedure di controllo e sottoposte a sorveglianza al fine della protezione dai rischi da radiazione.

Zona nominale di rischio oculare (ZNRO): Zona all'interno della quale l'esposizione energetica supera l'esposizione massima permessa (EMP), appropriata per la cornea. In questa zona il fascio può essere accidentalmente inviato in direzione sbagliata.

Radiazione laser vagante: Radiazione laser che devia dalla traiettoria prevista del fascio. Tale radiazione include le riflessioni secondarie impreviste da parte di componenti ottici sul percorso del fascio, la radiazione deviata da componenti disallineati o danneggiati e le riflessioni da un pezzo in lavorazione.

A2.3.2 Delimitazione e sorveglianza della zona nominale di rischio oculare (ZNRO)

L'utilizzatore di apparecchi laser deve adottare adeguate misure affinché nessuno venga esposto a radiazioni superiori ai valori di esposizione massima permessa (EMP)
in base alla norma sui laser EN 60825-1.

La protezione è garantita solo se le zone laser sono delimitate architettonicamente e sorvegliate in modo tale da essere accessibili solo al personale autorizzato e dotato del necessario equipaggiamento. In caso di eventi imprevisti, i soccorritori (personale antincendio, sanitario, ecc.) devono poter accedere all'area di lavoro in qualsiasi momento e senza correre pericoli. Per esempio, all'entrata si può installare un interruttore di arresto di emergenza. Se è indispensabile indossare gli occhiali di protezione laser prima di accedere alla zona delimitata, all'entrata potrà essere prevista un'anticamera. Se ci sono pareti, porte e finestre trasparenti, queste devono essere coperte con materiale adeguato. Se la copertura è assicurata da tende mobili, il meccanismo di chiusura deve essere collegato al circuito di sicurezza del laser. Il materiale impiegato è ritenuto idoneo solo se è stato testato in base alla norma EN 12254 e/o EN 60825-4.

In mancanza di un certificato esterno, è possibile eseguire l'autocertificazione. In questo caso è sufficiente verificare che il materiale sia idoneo nella situazione specifica. I materiali così testati (per esempio pellicole adesive o tende a lamelle) non devono essere ceduti ad altri utilizzatori. La procedura di certificazione deve essere messa per iscritto e riportare l'indicazione del luogo,

la data e la firma della persona responsabile del test. Il certificato è parte integrante del piano di sicurezza.

A2.3.3 Principali misure di sicurezza

- Segnaletica: la zona laser e l'accesso a questa area devono essere segnalati allo stesso modo come le corrispondenti apparecchiature. Sugli accessi alle aree o sugli involucri di protezione che contengono apparecchi laser di classe 3B e classe 4 devono essere affissi segnali di pericolo (EN 60825-1 – punto 10.5: segnali di pericolo laser; – punto 5.9: targhette per i pannelli di accesso);
- Comandi: ogni apparecchio laser deve avere i comandi posizionati in modo da poter essere azionati senza correre alcun rischio; i comandi devono essere disposti in modo da non esporre l'utilizzatore ai raggi laser;
- Visualizzazione dello stato di esercizio: se la situazione richiede l'uso di un dispositivo di protezione individuale, lo stato pericoloso di un'apparecchiatura laser deve essere riconoscibile ancor prima di accedere all'area laser; a questo scopo è possibile utilizzare segnali luminosi direttamente comandati dall'operatore o dall'apparecchiatura laser.
- Direzione del fascio: quando possibile, l'intero percorso del fascio deve essere chiuso o schermato. Anche la zona di impatto deve essere disposta in modo da limitare al minimo la fuoriuscita di raggi diffusi. A causa del pericolo d'incendio, occorre evitare la presenza di materiali infiammabili nella zona di lavoro.
- Illuminazione: è necessario disporre di una buona illuminazione perché sovente gli occhiali di protezione attenuano anche parte della luce visibile. È consigliabile una buona illuminazione anche per limitare l'apertura pupillare dell'operatore.
- Vie di fuga: le apparecchiature presenti nella zona laser devono essere disposte in modo da consentire in qualsiasi momento la fuga in caso di necessità. Le condutture di rete, dell'acqua e le linee di misurazione devono preferibilmente essere fatte passare nella parte alta dei locali di lavoro.

Fig. A2.3.1 Esempi di allestimento porte di accesso al locale laser

Fig. A2.3.2 Esempi di allestimenti mobili di protezione laser

A2.4 Obblighi dell'acquirente

Prima di mettere in servizio l'apparecchio l'acquirente deve leggere attentamente il manuale d'uso e osservare le prescrizioni di sicurezza stabilite da chi ha messo in commercio il prodotto. Per i laser di classe 1 la sicurezza deve essere garantita da chi mette in commercio il prodotto, mentre per i laser di classe 3B e 4 è l'utilizzatore che deve occuparsi della loro sicurezza. Esso può dotare il laser di un involucro di protezione in modo che l'apparecchio soddisfi le condizioni della classe 1. Se questo non è possibile a causa del processo di lavorazione, il laser

deve essere impiegato in un'area sorvegliata con accesso controllato. Una valutazione dei rischi permette di chiarire in quali casi possono esserci dei pericoli e quali dispositivi di protezione devono usare le persone presenti per non subire danni.
Per altre informazioni su questo argomento consultare il Portale Agenti Fisici dell'INAIL alla sezione "Radiazioni Ottiche Artificiali" o altra fonte equivalente nel vostro paese.
Nota: le disposizioni generali in materia di sicurezza obbligano l'utilizzatore di un'apparecchiatura laser e il datore di lavoro ad adottare tutte le misure necessarie per garantire la sicurezza e la tutela della salute sul posto di lavoro, a documentare tali misure e a verificarne periodicamente il rispetto. La norma sui laser descrive gli obiettivi da perseguire per garantire la sicurezza degli utenti.
Attenzione: l'utilizzatore che modifica un'apparecchiatura laser sottostà agli stessi obblighi di colui che mette in commercio l'apparecchiatura.
Quando si utilizza un apparecchio laser di classe 3B o 4 bisogna adottare le seguenti misure di sicurezza:

- Non osservare direttamente il raggio laser;
- Non dirigere il raggio verso le persone;
- Utilizzare solo in casi giustificati;
- Consentire l'uso solo a personale qualificato e con specifica formazione. Il tragitto del fascio non deve passare all'altezza degli occhi di persone in piedi o sedute. Bisogna impedire l'accesso all'apparecchiatura alle persone non autorizzate.
- Utilizzare il laser solo all'interno di una zona laser confinata e sorvegliata; l'utilizzatore deve fare in modo che nessuno venga esposto a radiazione non consentita e adottare i necessari provvedimenti; l'accesso alla zona laser deve essere controllato.
- L'addetto all'interruttore di comando dell'apparecchiatura deve attivare il raggio laser solo dopo essersi assicurato che tutti i presenti indossano l'equipaggiamento di protezione appropriato e che nessuna persona non autorizzata possa entrare accidentalmente nella zona laser.

A2.5 La Formazione dell'operatore

Prima di iniziare l'attività, le persone che lavorano con i laser di classe 3R, 3B e 4 devono essere informate sui rischi legati all'utilizzo di tali apparecchi e sul comportamento corretto da adottare.

Si raccomanda di farsi rilasciare da queste persone una conferma scritta dell'avvenuta formazione. Le istruzioni di lavoro più importanti è opportuno siano affisse in forma succinta sul posto di lavoro.

La formazione degli addetti ai lavori comprende i seguenti argomenti:

- effetti dei raggi laser su occhi e pelle;
- rischi ed effetti collaterali, ad esempio sostanze tossiche, incendi, esplosioni;
- norme comportamentali e istruzioni di lavoro;
- misure e dispositivi di protezione;
- uso dei dispositivi di protezione;
- controllo delle misure tecniche e dei dispositivi di protezione;
- comportamento in caso di guasto.

La formazione va ripetuta periodicamente.

A2.6 L'Esperto Sicurezza Laser (o Tecnico Sicurezza Laser)

Sia a livello internazionale che a livello nazionale le Guide per l'utilizzatore prevedono che il datore di lavoro, per installazioni laser di classe 3B e 4, debba servirsi della consulenza specialistica di un Esperto Sicurezza Laser (ESL), chiamato in Italia Tecnico Sicurezza Laser (TSL), con competenze specifiche relative a problemi di sicurezza, per la verifica della vigente normativa e per l'adozione delle necessarie misure di prevenzione.

Essendo in carico al Datore di Lavoro o al Responsabile Legale la piena responsabilità della sicurezza laser, questi dovrebbe assicurare che la persona nominata come TSL abbia le capacità e le conoscenze, nonché le eventuali risorse, per espletare i compiti previsti.

Attualmente nessuna legge prescrive come debba procurarsi tali conoscenze, ma esistono linee guida in merito (ad esempio il documento "Profili professionali del Valutatore Radiazioni Ottiche" redatto il 21 maggio 2020 dalla Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione in collaborazione col Coordinamento Interregionale Sicurezza e Salute Luoghi Lavoro). Spesso il ruolo del Tecnico della Sicurezza Laser e quello del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione sono affidati alla stessa persona, ma il TSL può essere un dipendente o un professionista esterno ed è anche un formatore.

In realtà più ampie, con varie differenti tipologie di LASER, può essere conveniente che l'ESL assuma anche il ruolo di Preposto alla Sicurezza Laser (PSL). In altre situazioni invece, in cui non è necessario un elevato grado di esperienza nella sicurezza LASER, non è necessario che il PSL

sia anche ESL/TSL: in tali casi il datore di lavoro si avvarrà di un ESL/TSL esterno che fornirà le valutazioni ed indicazioni operative da fare attuare al PSL interno.

- I compiti del Tecnico Sicurezza Laser sono:
- supportare e consigliare il Datore di Lavoro o il Responsabile Legale per quanto riguarda l'uso sicuro dell'apparecchiatura laser e le misure di protezione;
- cooperare direttamente con gli utilizzatori dell'apparecchiatura;
- valutare i rischi nella zona di installazione laser e determinare la zona nominale di rischio oculare, incluso quella "estesa" nel caso sia possibile l'uso di strumenti ottici;
- scegliere i dispositivi di protezione individuale;
- partecipare all'aggiornamento (informazione e formazione) del personale che lavora con il laser sui rischi e le misure di sicurezza;
- partecipare al controllo e, se del caso, all'accettazione dell'apparecchio laser in base alle regolamentazioni nazionali;
- verificare che sia predisposta ed esposta presso l'installazione una Procedura Standard operativa in lingua italiana;
- verificare che la manutenzione e l'impiego dell'apparecchio siano effettuate da persone addestrate e qualificate a tal fine;
- verificare che le misure di protezione attive e passive siano efficienti;
- segnalare a chi di competenza imperfezioni o guasti dell'apparecchio e verificare il corretto funzionamento del laser ai fini della sicurezza;
- collaborare con il Servizio di Prevenzione e Protezione e col medico competente ad analizzare eventuali infortuni e incidenti che riguardano il laser di cui è stato nominato TSL e intraprendere azioni atte ad evitare che l'incidente o l'infortunio possa verificarsi di nuovo;
- verificare e, se del caso, predisporre le misure di sicurezza per sistemi laser utilizzati all'esterno.

Le conoscenze di base di un Tecnico Sicurezza Laser sono:

- Lo spettro elettromagnetico della radiazione ottica.
- Le appropriate unità di misura (termini radiometrici e fotometrici).
- I principi di funzionamento delle sorgenti laser.
- Le caratteristiche di emissione della radiazione laser.

- Le modalità di interazione della radiazione ottica con il tessuto biologico (effetti fototermici, fotoacustici, fotoablativi, fotochimici).
- La fisiologia dei tessuti a rischio e gli effetti dell'esposizione alla radiazione laser.
- I limiti di Esposizione Massima Permessa e i Limiti di Emissione Accessibile (EMP e LEA).
- La classificazione delle apparecchiature laser.
- Rischi diretti e indiretti.
- Caratteristiche dei dispositivi di protezione collettivi e individuali.
- Le normative nazionali e internazionali sulla sicurezza laser e le linee guida inerenti.
- I concetti di differenziazione per le classi di laser e le loro caratteristiche.
- Come valutare le zone di rischio laser.
- Come valutare i dispositivi di protezione.
- Le procedure di allineamento dei sistemi laser impiegati.
- Le applicazioni laser utilizzate nella zona affidata al suo controllo.
- Principi di funzionamento, caratteristiche di emissione di specifiche tipologie di sorgenti LASER.
- Principi di funzionamento e caratteristiche di risposta degli strumenti di misura per la determinazione dei livelli di irradianza, radianza e esposizione radiante nei diversi intervalli di lunghezza d'onda.
- Tecniche e modalità di misura delle radiazioni ottiche LASER nei diversi intervalli di lunghezza d'onda e dosimetria delle radiazioni LASER.
- Normativa tecnica sulle metodiche di misura (norme CEI, CENELEC, IEC, UNI, CEN, ISO).
- Modalità di calcolo dei parametri fisici e delle grandezze dosimetriche relative alle radiazioni ottiche coerenti in base ai risultati delle misure strumentali effettuate.
- Metodi di schermatura e riduzione delle emissioni.
- Valutazione e scelta dei DPC e DPI anche tramite calcoli e/o misure.
- Le principali applicazioni industriali, della ricerca e nei settori civili e ambientali.
- I principi di assicurazione qualità.
- Le misure di sicurezza appropriate a seconda della classe di rischio del sistema laser.
- I rischi che possono derivare dal funzionamento dei laser, quali i rischi elettrici, chimici, di incendio, d'uso di agenti criogenici e di materiali cancerogeni, da contaminazione atmosferica, da radiazione collaterale.

- Le procedure e mezzi di controllo dei rischi.
- Le modalità di calcolo, misura e controllo dei parametri di emissione e dei sistemi di sicurezza delle sorgenti LASER, ivi comprese quelle per la classificazione secondo IEC 60825-1.
- I metodi di valutazione delle zone di rischio anche attraverso calcoli e/o misure.
- I metodi di valutazione dei dispositivi di protezione e loro determinazione anche attraverso calcoli e/o misure.

I requisiti di un Tecnico Sicurezza Laser sono:

a) formazione equivalente al livello EQF6;

b) aver seguito uno specifico corso di formazione teorico-pratico con relativo esame finale, della durata di almeno 40 ore di cui circa 2/3 di teoria e 1/3 di esercitazioni pratiche e laboratorio. Tale corso di formazione dovrà riguardare gli argomenti sopra elencati e dovrà essere organizzato nell'ambito di specifici percorsi universitari ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore dei Laser con verifica finale dell'apprendimento.

c) aver svolto attività adeguatamente documentabile nel settore della sorveglianza fisica delle radiazioni ottiche coerenti per almeno 1 anno in modo tale da dimostrare il possesso delle competenze di cui sopra.

A2.7 Il Preposto alla Sicurezza Laser (PSL)

Il Datore di lavoro di ogni organizzazione che impiega sistemi LASER di classe 3B o 4 può nominare, se lo ritiene utile per la gestione operativa della sicurezza LASER sul campo, un PSL interno con la funzione di supervisione della sicurezza LASER sulla base della valutazione del rischio e delle indicazioni operative fornite dal Tecnico Sicurezza Laser.

Il PSL deve assicurare controlli adeguati a minimizzare i rischi per la salute conseguenti all'uso di un sistema LASER, il monitoraggio regolare dei pericoli connessi all'uso del LASER e l'efficacia delle misure di controllo e delle relative registrazioni.

La responsabilità complessiva della sicurezza LASER rimane del Datore di lavoro che deve assicurare che il PSL abbia la capacità, le conoscenze, la competenza e così le risorse necessarie per svolgere in modo efficace tali compiti. Il PSL, nei limiti del mandato conferitogli dal Datore di lavoro, ha la responsabilità delle azioni inerenti le valutazioni e i controlli di sicurezza sia

ingegneristici che amministrativi.

All'interno di grandi organizzazioni con molti LASER spesso può essere utile nominare preposti d'area o di dipartimento per supportare gli utilizzatori LASER localmente.

I compiti del PSL sono:

- Effettuare, oltre a quanto previsto al punto 1a, la valutazione del rischio LASER, esclusivamente nel proprio settore di attività, attraverso i dati forniti dal fabbricante del sistema LASER, i dati disponibili in letteratura e su banche dati accreditate e senza l'esecuzione di calcoli complessi e/o misure.
- Collaborare con il TSL alla prima verifica delle installazioni di cui al punto precedente, valutando con il medico competente eventuali situazioni di rischio specifico.
- Attuare i criteri definiti dal TSL per la caratterizzazione dell'esposizione dei lavoratori nei luoghi di lavoro.
- Segnalare al datore di lavoro situazioni quali:

a) la possibilità di superamento dei limiti di esposizione sulla base delle valutazioni effettuate e/o delle verifiche strumentali eseguite dall'ESL/TSL;
b) problematiche relative ad effetti indiretti (accecamento temporaneo, esplosioni, fuoco) o a interazioni delle radiazioni ottiche con sostanze fotosensibilizzanti presenti nell'ambiente di lavoro;
c) livelli di esposizione non compatibili con situazioni di rischio specifico preventivamente segnalate (es. specifiche patologie, disabilità o suscettibilità individuali).

- Sulla base delle indicazioni o prescrizioni ricevute dall'ESL/TSL, identificare e delimitare, ove tecnicamente possibile, le aree in cui i lavoratori possono essere esposti a livelli di radiazioni ottiche LASER superiori ai limiti di esposizione, al fine anche dell'apposizione della segnaletica necessaria.
- Valutare il grado di efficacia degli interventi di prevenzione e protezione adottati o realizzati in base alle valutazioni eseguite dall'ESL/TSL, fornendo al Datore di lavoro le eventuali azioni correttive.
- Definire strategie di controllo per il mantenimento e il miglioramento delle condizioni di sicurezza raggiunte.
- Verificare che siano eseguiti gli interventi di manutenzione periodici indicati dal fabbricante e/o dall'utilizzatore.

- Consigliare il Datore di lavoro circa l'interpretazione e l'applicazione delle normative nazionali, comunitarie e internazionali in materia.
- Promuovere l'informazione e la formazione di tutti i livelli aziendali coinvolti, collaborando alla realizzazione di tali iniziative, ove richiesto, d'intesa con l'ESL/TSL ed il medico competente.

Le competenze richieste al Preposto alla Sicurezza Laser sono:

- conoscenza dello spettro ottico comprendente la luce visibile, le radiazioni invisibili infrarosso e ultravioletto, in termini di lunghezza d'onda e differenze rispetto alle radiazioni ionizzanti;
- conoscenza delle caratteristiche (spaziali, spettrali e temporali) di base dell'emissione LASER;
- comprensione delle quantità e unità di misura appropriate dell'emissione LASER;
- conoscenza dell'esistenza di standard di sicurezza LASER rilevanti e di regolamentazioni nazionali sull'uso dei LASER;
- comprensione dei concetti di pericolo LASER di classe 1, 1M, 1C, 2, 2M, 3R, 3B e 4 e significato della segnaletica di sicurezza LASER;
- conoscenza delle tipologie dei sistemi LASER in uso nell'azienda e dei relativi impieghi;
- conoscenza delle bande e lunghezze d'onda di emissione dei sistemi LASER in uso;
- conoscenza dei tessuti a rischio di esposizione al fascio LASER e, in caso di emissione LASER all'interno della regione di rischio retinico (lunghezza d'onda tra 400 nm e 1400 nm), comprensione degli effetti di focalizzazione dell'occhio;
- consapevolezza dell'entità dei danni da esposizione a un fascio LASER;
- conoscenza dell'area intorno a un LASER al cui interno possono manifestarsi livelli di esposizioni pericolose in determinate circostanze di impiego;
- comprensione del la natura e dell'estensione degli altri rischi che possono derivare dall'uso di un sistema LASER includendo i seguenti:
- rischi meccanici;
- rischi elettrici;
- rischi da rumore e vibrazioni;
- rischi termici;

- rischi di incendio ed esplosione;
- rischi biologici;
- rischi da radiazioni in aggiunta a quelli dovuti all'emissione LASER.
- comprensione delle procedure di controllo necessarie per eliminare il rischio di possibili danni o per ridurre i rischi a livello accettabile, inclusi gli usi appropriati di segnaletica di attenzione e di area controllata;
- comprensione dei requisiti essenziali di salute e sicurezza sul lavoro e dei principi generali di gestione ottimale della sicurezza con particolare riguardo a quanto stabilito dal D. Lgs. 81/08 nel Titolo VIII Capo I e Capo V e dalle Indicazioni Operative redatte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province apo V e dalle Indicazioni Operative redatte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni e delle Province Autonome;
- comprensione della necessità di predisporre, documentare e implementare procedure di lavoro sicuro (per operazioni ordinarie, lavori di regolazione, e interventi non pianificati compresi gli incidenti);
- comprensione tecnica sufficiente e capacità di gestione per poter assumere la responsabilità amministrativa, per conto del Datore di lavoro, per sovrintendere, monitorare regolarmente, controllare in modo continuo il pericolo LASER in azienda, in relazione ai tipi di LASER in uso, alle applicazioni, ai lavoratori e all'ambiente di lavoro;
- conoscenza di come affrontare gli incidenti inerenti un LASER e altri episodi che potrebbero compromettere la sicurezza;
- essere in grado di agire su indicazioni specifiche dell'ESL/TSL quando necessario.

I requisiti di un Preposto alla Sicurezza Laser sono:

a) formazione equivalente al livello EQF4;

b) aver seguito uno specifico corso di formazione teorico-pratico con relativo esame finale, della durata di almeno 24 ore di cui circa 2/3 di teoria e 1/3 di esercitazioni pratiche e laboratorio. Tale corso di formazione dovrà riguardare gli argomenti sopra elencati e dovrà essere organizzato nell'ambito di specifici percorsi universitari ovvero da Associazioni scientifiche e/o professionali o Enti pubblici di riconosciuta esperienza nel settore dei Laser con verifica finale dell'apprendimento.

c) aver svolto attività adeguatamente documentabile nel settore della sorveglianza fisica delle radiazioni ottiche coerenti per almeno 1 anno in modo tale da dimostrare il

possesso delle competenze di cui sopra.

A2.7 L'Utilizzatore Laser

- Per Utilizzatore Laser si intende la persona che utilizza, lavora o ha il controllo di un sistema LASER di Classe 1M,1C, 2M, 3R, 3B, 4 e che deve essere sufficientemente competente nelle operazioni di lavoro o uso di un sistema LASER e inoltre deve:
- comprendere la natura generale della radiazione LASER;
- conoscere i pericoli per la salute conseguenti all'uso di un sistema LASER, i tessuti biologici a rischio, l'entità dei danni conseguenti;
- comprendere il significato della segnaletica di sicurezza relativa alla classe di LASER usata;
- comprendere le procedure di sicurezza previste nel rapporto di valutazione dei rischi elaborato dal TSL compresa l'eventuale necessità di dispositivi di protezione individuale e le procedure di corretto impiego del DPI predisposte dal TSL nonché il controllo dei pericoli;
- essere consapevole della necessità di eventuali precauzioni aggiuntive necessarie nelle attività non ordinarie, ad esempio quelle di manutenzione, secondo quanto indicato dal TSL;
- avere familiarità con le procedure organizzative e gestionali dell'uso di un LASER elaborate dal TSL incluse le azioni di emergenza e le procedure di documentazione di un incidente.

Si raccomanda che l'Utilizzatore Laser segua un corso di formazione in materia di sicurezza LASER di almeno 4 ore di cui almeno 1 ora dedicata a una parte pratica. Il corso può essere erogato dal TSL, in funzione delle applicazioni specifiche del LASER secondo gli ambiti di attività nel luogo di lavoro. Inoltre chi mette in commercio sistemi laser organizza spesso corsi mirati al tipo di apparecchiatura venduta.

A2.8 Obbligo di notifica

Per le apparecchiature laser di classe 3B e 4 utilizzate all'interno di stabilimenti industriali e artigianali, negli istituti di ricerca e sviluppo, nelle scuole, negli ambulatori medici o negli ospedali non esiste alcun obbligo di notifica.

A2.9 Macchine Laser in capannoni aperti

Le apparecchiature laser utilizzate nella produzione industriale in capannoni aperti non devono rappresentare un pericolo né in esercizio normale né in quello particolare.
Tali apparecchiature devono essere munite di un involucro di protezione. Il fascio laser si deve arrestare quando si apre l'involucro. L'osservazione del processo di lavorazione è consentita solo utilizzando un filtro di protezione incorporato. Per maggiori informazioni sui filtri di protezione consultare la norma EN 207, i cataloghi dei produttori di occhiali di protezione laser, i cataloghi dei produttori di schermi di protezione laser.
Se per motivi tecnici non è possibile realizzare un involucro continuo (classe 1), bisogna per lo meno schermare le zone accessibili alle persone. Lo stesso pezzo in lavorazione e parti della macchina possono servire da schermo, impedendo la visione diretta del campo di lavorazione e la fuoriuscita di raggi riflessi.
Se la macchina non può essere incapsulata, deve essere usata in un'area ad accesso controllato. Le persone presenti devono portare occhiali di protezione correttamente dimensionati. Le finestre devono essere coperte con materiale adeguato (l'autocertificazione è consentita).
Il meccanismo di chiusura delle schermature mobili (ad es. tende a lamelle) deve essere connesso al sistema di sorveglianza.

A2.10 Comportamenti da evitare

Oltre alle già citate regole di comportamento, anche riportate sulle etichette di avvertenza, che impongono di evitare di guardare direttamente il raggio laser e di proteggersi dalla radiazione diretta, riflessa e diffusa, sia per quanto riguarda gli occhi che la cute, occorre prestare particolare attenzione ai comportamenti potenzialmente scorretti da parte dell'operatore.
Durante le operazioni di pulizia è necessario rispettare alcune regole di comportamento.
L'operatore deve sempre:

- evitare assolutamente di dirigere il raggio verso sé stesso o altre persone;
- quando possibile, posizionare il materiale da pulire su un piano orizzontale, in modo da direzionare le eventuali riflessioni del raggio laser verso l'alto, anziché verso sé stesso o verso altre persone;

- impugnare la torcia di pulizia in modo che la direzione di uscita del raggio laser incida sul pezzo in lavorazione con un angolo di almeno 15 gradi, in modo da evitare riflessioni dirette verso la torcia;
- evitare di tenere direttamente in mano il pezzo in lavorazione durante l'operazione di pulizia oppure posizionare le mani nella traiettoria del raggio laser.

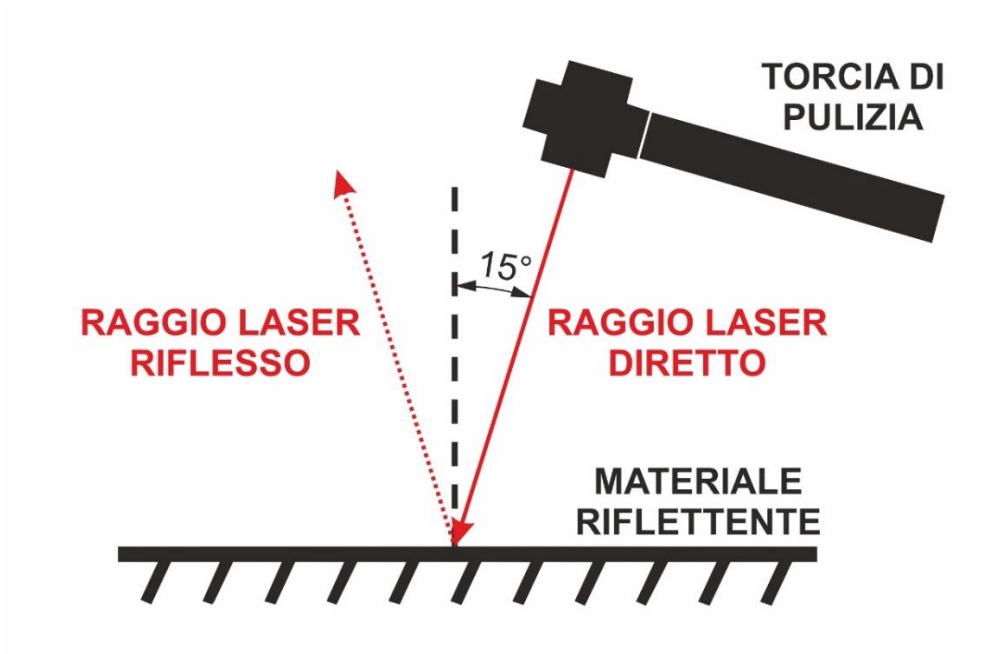


Fig. A2.10 Corretta posizione della torcia di pulizia laser

Si tenga presente che materiali quali l'alluminio, il rame, l'ottone e altri, causano una maggior riflessione/diffusione delle radiazioni, che non sono visibili. Prestare particolare attenzione quando si puliscono questi materiali.

L'operatore dovrebbe essere stato formato in merito a questi comportamenti scorretti effettuando prove pratiche di addestramento sul campo, ma resta comunque opportuna un'attenta attività di vigilanza da parte del preposto.

A2.11 Protezione degli occhi

Quando si utilizzano sistemi laser di classe 3R a radiazione invisibile, e di classe 3B e 4 a radiazione visibile o invisibile, tutte le persone presenti devono indossare obbligatoriamente adeguati occhiali di protezione. Gli occhiali di protezione laser e i filtri devono essere dimensionati per proteggere la vista dal fascio principale anche se vengono utilizzati solo per la radiazione diffusa. Un protettore oculare delle giuste dimensioni attenua il raggio laser riportandolo come minimo entro il valore d'esposizione massimo permesso (EMP) per

l'irradiazione diretta della cornea.

La norma EN 207 comprende una guida per dimensionare correttamente occhiali e filtri di protezione. I fabbricanti di occhiali di protezione offrono di solito un servizio di dimensionamento.

Gli occhiali di protezione contro le radiazioni laser non sono universali e devono essere utilizzati solo per quei tipi di laser per i quali sono stati concepiti (campo di lunghezza d'onda; tipo d'uso: cw, a impulsi, a impulsi giganti, ecc.).

Per regolare gli apparecchi laser di classe 3B e 4 con radiazione visibile si usano, invece degli occhiali di protezione, appositi occhiali per regolazione laser. Secondo la norma EN 207 (EN 208 per gli occhiali di regolazione laser) l'etichettatura deve essere stampata sulla montatura degli occhiali. L'etichetta comprende le seguenti informazioni: nome del fabbricante, grado di protezione e condizioni di irraggiamento nelle quali il grado di protezione è garantito. Esempio: 1064 D L6 Univet (ovvero: lunghezza d'onda 1064 nm, emissione continua, grado di protezione 6, ditta Univet).

Nella protezione da radiazioni nocive è necessario distinguere tra radiazioni ionizzanti e radiazioni non ionizzanti. Tra le radiazioni ionizzanti ricordiamo i raggi X e le radiazioni di origine nucleare. Radiazioni non ionizzanti sono le onde radio e le microonde, i raggi infrarossi e ultravioletti, l'elettrosmog, i campi magnetici ed elettromagnetici, nonché i laser.

Le fonti classiche di radiazioni emettono un campo che si estende nello spazio. Il raggio laser invece è estremamente concentrato e ha un'intensità di potenza elevata.

Vicino a una fonte di radiazioni «classica» si è sempre esposti a una dose di radiazione, mentre vicino a un laser si è irradiati solo se si entra nel fascio concentrato.

In questo caso, i danni subiti sono immediatamente visibili. Non si conoscono effetti tardivi, dovuti all'accumulazione di esposizioni inconsapevoli.

Nell'uso di laser di elevata potenza, appartenenti alle classi 3B e 4, con una lunghezza d'onda compresa tra 400 nm e 1400 nm, la parte del corpo maggiormente esposta sono gli occhi. Infatti il cristallino focalizza ulteriormente il raggio già concentrato del laser. Le lesioni alla retina sono particolarmente gravi perché le cellule sensoriali distrutte non possono più rigenerarsi.

Secondo gli specialisti anche la retina subisce un processo d'invecchiamento. Per questo motivo una lesione retinica conseguente a un'esposizione non è più distinguibile, già dopo breve tempo, da un danno di altra natura, ad es. dovuto ad invecchiamento o infiammazione.

Per questo motivo gli esami oculistici preventivi possono essere problematici, in quanto se si riscontra un peggioramento della vista si tende ad imputarlo ad un'esposizione inconsapevole a raggi laser piuttosto che al normale processo di invecchiamento.
Pertanto, dopo un'esposizione a un raggio laser è importante rivolgersi al più presto a un oculista, ma non risulta indispensabile effettuare controlli preventivi della vista da parte del medico competente.
L'ottica di focalizzazione trasforma il fascio parallelo prodotto dalla sorgente laser in un fascio a forma di cono, che diverge rapidamente dopo il punto focale. In questo modo la distanza nominale di rischio oculare (DNRO) può essere «molto grande» o «poco estesa» o addirittura «vicina al punto di lavoro» a seconda della distanza focale dell'ottica del laser. In casi rari, durante la penetrazione del fascio laser nel pezzo in lavorazione possono verificarsi riflessioni di eccezionale potenza. Nella norma sui laser questo fenomeno è definito radiazione laser vagante. Se il punto di lavorazione (plasma) è visibile direttamente, l'accesso alla zona di pericolo deve essere consentito solo a coloro che indossano adeguati occhiali di protezione laser.
I laser di elevata potenza (nell'ordine dei kW) sono estremamente pericolosi anche senza ottica di focalizzazione. La zona del fascio parallelo non deve quindi essere accessibile.
Nella lavorazione dei materiali si può spesso verificare anche una radiazione diffusa che, a seconda della lunghezza d'onda, può essere pericolosa per gli occhi non adeguatamente protetti.
La radiazione diffusa dei diodi laser ad alta potenza è particolarmente pericolosa per gli occhi. Questa radiazione diffusa invisibile, nel campo dell'infrarosso vicino, attraversa le lenti degli occhiali e il cristallino e si focalizza sulla retina. Se questi laser sono privi di schermatura totale, le persone presenti devono indossare occhiali protettori per raggi laser. Inoltre, l'accesso alla zona in cui il laser è operativo deve essere vietato al personale non autorizzato. Eventuali pareti, porte o finestre trasparenti devono essere ricoperte di materiale adeguato.
In merito al sistema di pulizia Laser manuale FLC200M, i Tecnici Sicurezza Laser di DD Industrial hanno condotto numerosi test sul campo e simulazioni al calcolatore mediante software di simulazione militare per individuare, in base alle lavorazioni possibili e alle situazioni più ragionevolmente prevedibili, il tipo corretto di dispositivi di protezione laser da utilizzare. Considerando l'elevata energia di impulso del laser e la lunghezza d'onda di 1064 nm (quindi nel campo dell'infrarosso), si è cercato di stabilire il miglior compromesso tra protezione e

usabilità. Ipotizziamo uno scenario tipico di utilizzo:

- installazione in un locale chiuso, di dimensioni e caratteristiche idonee (5x6 metri, privo di finestre e superfici vetrate, dotato di rivestimenti murali adeguati, ben illuminato, dotato di impianto di aspirazione, dotato della segnaletica e dei dispositivi di cui alla sezione A2.3 “Requisiti per un ambiente idoneo all’uso di un laser” e in cui è prevista la presenza del solo operatore;
- Lavorazione di pulizia di materiali metallici su piano orizzontale (considerato come superficie lambertiana pura, quindi con emissione di radiazione diffusa) alla massima potenza;
- Comportamento corretto da parte dell’operatore (vedi sezione A2.10 “Comportamenti da evitare”.

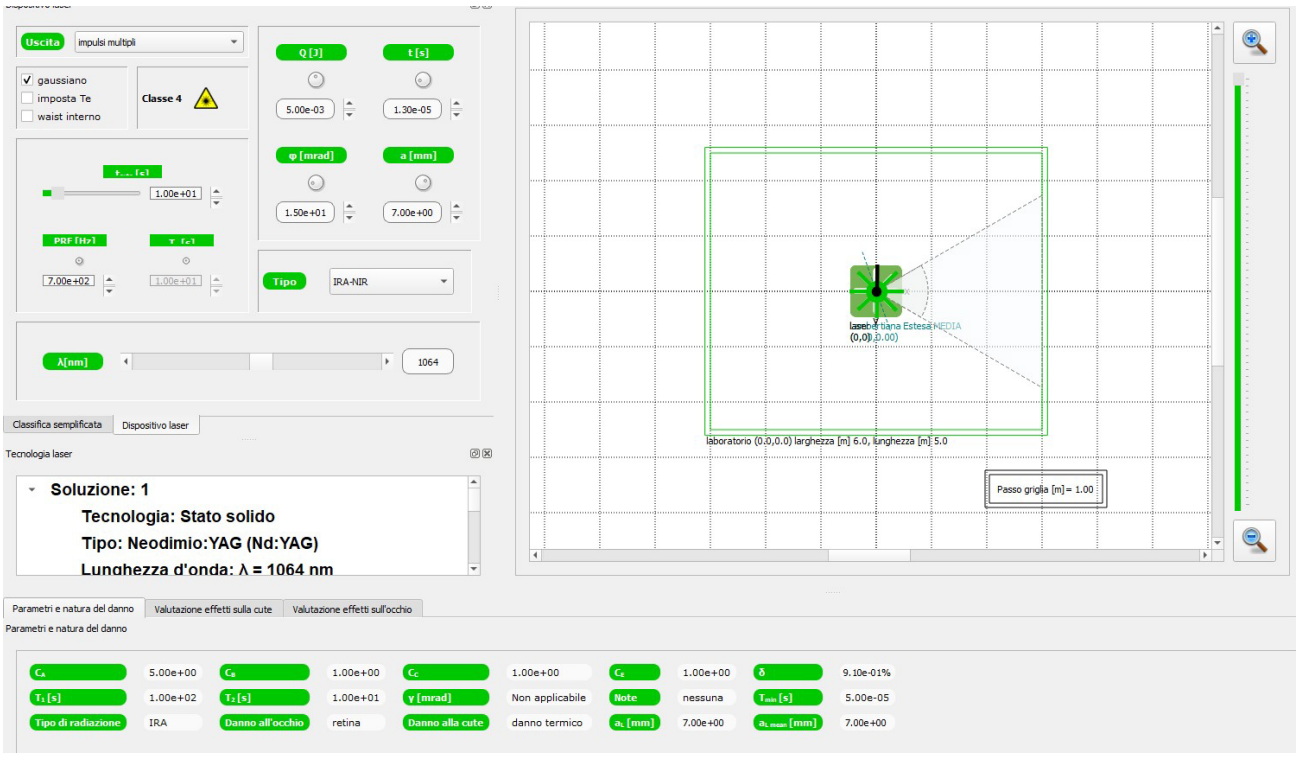


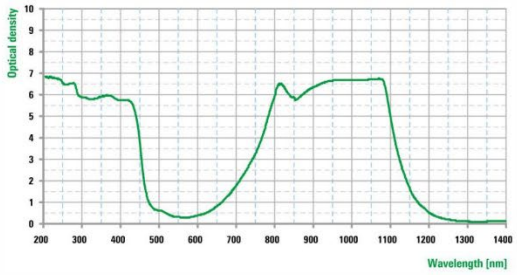
Fig. A2.11.1 Esempio di simulazione locale pulizia laser

Fig. A2.11.2 Valutazione effetti sull'occhio

Nella situazione ipotizzata nella simulazione, la valutazione degli effetti sull'occhio ha portato ad individuare come idonei occhiali di protezione con le seguenti caratteristiche:

IR 1064 LB6 o equivalenti

Ovviamente è possibile utilizzare prodotti con protezione superiore, verificando che il filtro ottico nel campo della luce visibile non risulti eccessivo: il valore di VLT (che rappresenta la quota di luce visibile che attraversa la lente) deve comunque garantire la buona visibilità da parte dell'operatore.



Wavelength	Optical Density	Protection Level
745 – 1115 nm	3	DIR LB3
770 – 1100 nm	4	DIR LB4
785 – 1085 nm	5	DIR LB5
800 – 825 nm	6	DIR LB6
885 – 1075 nm	6	DIR LB6
1000 – 1070 nm	7	D LB6 IR LB7 M LB7Y
1030 – 1065 nm	8	D LB6 IR LB8 M LB7Y
9000 – 11000 nm	6	DI LB4
660 – 690 nm	1	0.01W 2E-6J 660-690 RB1 U S CE

Fig. A2.11.3 DPI consigliati per gli occhi

A2.12 Protezione della cute

Quando si utilizzano sistemi laser a radiazione invisibile, soprattutto se in presenza di radiazione diffusa, è opportuno proteggere la pelle dell'operatore dagli effetti termici della radiazione. Ricordiamo che il sistema di pulizia laser manuale FLC200M utilizza una sorgente pulsata con lunghezza d'onda pari a 1064 nm, quindi nel campo dell'infrarosso vicino.
Rispetto ad altre tecniche di pulizia (sabbiatura, solventi, ecc.) che emettono una quota significativa di sostanza volatili, la pulizia laser espone molto meno l'operatore a questo tipo di rischio. La pulizia laser utilizza però raggi infrarossi, che possono comunque provocare eritemi e scottature, soprattutto per esposizioni prolungate.
Un vantaggio è che il corpo umano reagisce istintivamente all'insulto termico derivante dai raggi IR, sottraendosi immediatamente all'esposizione ed evitando danni gravi.
Considerando questi aspetti, e sempre tenendo presente il corretto comportamento da parte dell'operatore, e osservando che la DNRP (distanza nominale di rischio per la pelle) risulta piuttosto contenuta, per la protezione della cute dell'operatore si può ritenere sufficiente indossare abbigliamento non infiammabile che copra adeguatamente la pelle.
Sebbene la ridotta potenza media di questo particolare laser pulsato consenta di esporre la pelle al raggio laser senza subire ustioni, se il raggio dovesse trovarsi perfettamente a fuoco sulla cute si avrebbe un serio rischio di lesioni, quindi è assolutamente da evitare l'esposizione della cute al raggio laser diretto.

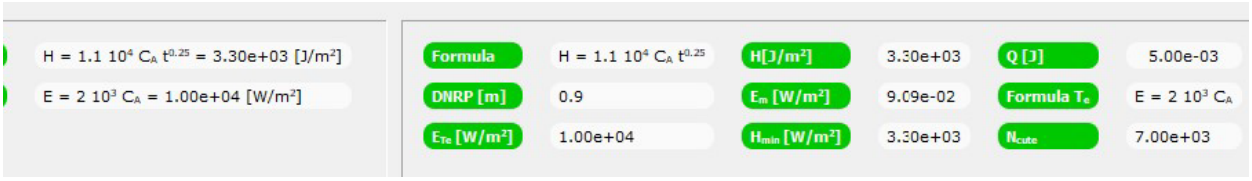


Fig. A2.12.1 Valutazione effetti sulla cute