



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA FACOLTÀ DI AGRARIA

Dipartimento di Geologia e Ingegneria Meccanica, Naturalistica e Idraulica
per il Territorio (GEMINI)

Dottorato di Ricerca in Meccanica Agraria XXIII Ciclo

**VALUTAZIONE DEI RISCHI PER LA SALUTE E LA SICUREZZA,
NELLA COLTIVAZIONE DELLE NOCCIOLE:
INDAGINE SPERIMENTALE NELLE PRINCIPALI REALTÀ
CORILICOLE ITALIANE**

Settore Scientifico AGR/09

Coordinatore

Prof. Ing. Danilo Monarca

Tutor

Prof. Massimo Cecchini

Dottoranda

Giuseppina Menghini

Riassunto

In questa indagine sperimentale sono stati rilevati tutti i rischi che si possono presentare nel ciclo produttivo del nocciolo per la salute e la sicurezza dei lavoratori, individuando in tal modo le procedure e gli obblighi necessari per prevenire tali rischi, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 81/2008. Il lavoro si compone di una prima parte, in cui viene analizzato tutto il ciclo colturale; di una seconda, in cui si studia l'interazione delle innovazioni tecnologiche sul ciclo produttivo ed i rischi in generale correlati alla meccanizzazione. Infine in una terza parte si esaminano, anche alla luce di prove sperimentali in pieno campo ed in laboratorio, tutti i rischi presenti nella corilicoltura: il rischio da vibrazioni al sistema mano braccio e al corpo intero, quello al rumore, alle polveri; i rischi chimici, quelli dovuti ai mezzi meccanici, al microclima, agli agenti biologici, alla movimentazione manuale dei carichi, e infine quello da stress correlato.

Abstract

In this experimental study we have pointed out the risks which can be found in the productive cycle of hazelnuts both for the health and safety of workers; in this way we can find out the necessary procedures and the conditions to prevent such risks, according to the Legislative Decree 81/2008. The work is made up of a first part in which all the cycle of cultivation is analyzed; and a second part in which we study the interaction of the technological innovations on the productive cycle in general caused by mechanization. At last, in a third part, we examine all the risks present in hazelnut cultivation also as a result of experimental proofs effected both in an open field and in a laboratory: the risk due to hand arm vibrations (HAV) and whole body vibrations (WBV); the risk due to noise and dusts; chemical risks, risks due to mechanical means, microclimate, biological agents, manual handling of loads and at last risk due to correlated stress

SOMMARIO

1 - INTRODUZIONE	5
1.1 Obiettivi della tesi	8
1.2 Stato dell'Arte	9
2 - LA FRUTTA IN GUSCIO, IL NOCCIOLO.....	10
2.1 Aspetti botanici del nocciolo	10
2.2 Distribuzione del nocciolo	15
2.3 Varietà e produttività del nocciolo	17
3 - TECNICHE COLTURALI DEL NOCCIOLO.....	47
3.1 Tecniche colturali per l'impianto	47
3.1.1 Forme più comuni di propagazione del nocciolo	47
3.1.2 L'impianto del nocciolo	49
3.1.3 Sesti d'impianto e forme di allevamento.....	50
3.1.4 Le sistemazioni idraulico-agrarie	52
3.1.5 La preparazione del terreno.....	53
3.1.6 La messa a dimora delle piantine	54
3.1.7 Gestione del suolo	55
3.2 Tecniche colturali per la gestione di un nocciolo.....	56
3.2.1 Concimazione.....	56
3.2.2 Il controllo dei polloni.....	57
3.2.3 La ripuntatura	58
3.2.4 Irrigazione	58
3.2.5 Potatura	58
3.2.6 Principali avversità causate dagli insetti	60
3.2.7 Le principali avversità fungine.....	67
3.2.8 Principali avversità causate da altri animali	68
3.3 La raccolta manuale	69
4 - LA MECCANIZZAZIONE.....	69
4.1 La lavorazione del terreno	69
4.1.1 Operazioni che deve compiere l'addetto	71
4.2 La spollonatura meccanizzata con il decespugliatore.....	71
4.3 L'andanatura	80
4.4 Operazioni che deve compiere l'addetto	81
4.5 I soffiatori portati a spalla.....	81
5 - LE MACCHINE RACCOGLITRICI.....	83

5.1 Macchine aspiratrici	84
5.1.1 Aspiratrici trainate.....	87
5.1.2 Aspiratrici semoventi	89
5.1.3 Aspiratrici portate	91
5.2 Macchine raccattatrici	93
5.2.1 Raccattatrici trainate.....	93
5.2.2 Raccattatrici semoventi	97
5.2.3 Raccattatrici portate (o semiportate)	101
PARTE SECONDA	106
LA VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO NELLA CORILICOLTURA: MATERIALI E METODI	106
6 - RISCHI FISICI	107
6.1 Vibrazioni	107
6.1.1 Le vibrazioni	107
6.1.2 Gli effetti delle vibrazioni sul corpo umano.....	109
6.1.3 Normativa di riferimento.....	112
6.1.4 Strumenti per la misura delle vibrazioni	118
6.2 Rumore	122
6.2.1 Cenni di acustica	123
6.2.2 Effetti del rumore sul corpo umano.....	129
6.2.3 Normativa di riferimento.....	134
6.2.4 Strumenti per la misura del rumore	140
7 - RISCHI CHIMICI, CANCEROGENI E MITAGENI	143
7.1 Prodotti chimici distribuiti	143
7.1.1 Normativa di riferimento e norme di buona regola	145
7.2 Le polveri	149
7.2.1 Normativa di riferimento.....	155
7.2.2 Strumenti.....	157
7.3 Gas di scarico, lubrificanti, carburanti	160
7.3.1 Normativa di riferimento.....	175
7.3.2 Strumenti.....	192
8 - RISCHI DI NATURA MECCANICA	206
8.1 Rischi correlati all'utilizzo di macchine ed attrezzature	207
8.2 Rischi correlati all'utilizzo dell'albero cardanico e alla pdp	208
8.3 Rischi correlati alle operazioni di aggancio e sgancio di macchine operatrici	232
8.4 Rischi correlati a prese e circuiti idraulici	232
8.5 Rischi correlati all'impianto di frenatura	233
8.6 Rischi correlati agli interventi di manutenzione	233
8.7 Direttiva macchine	235

9 - RISCHI DA MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI	239
9.1 Normativa di riferimento per la MMC	239
8.3 Metodo Niosh per la misura del rischio.....	240
9.3 Applicazione NIOSH, nella raccolta meccanizzata dove si impiegano sacchi	244
10 - IL MICROCLIMA	248
10.1 Valutazione dell'ambiente.....	250
10.2 Ambienti severi caldi	251
10.3 Ambienti severi freddi	253
10.4 Rischio microclima nella corilicoltura	254
10.5 Normativa di riferimento	255
10.6 Strumenti	255
11 - RISCHIO STRESS, LAVORO CORRELATO	257
11.1 Valutazione indicatori oggettivi stress lavoro correlato	258
11.2 Identificazione della condizione di rischio	268
11.3 Valutazione percezione dello stress dei lavoratori	270
11.4 Azioni di miglioramento e misure di prevenzione.....	272
12 - ALTRI RISCHI	273
12.1 Rischi generici provocati da fattori biotici.....	273
12.2 Rischi generici provocati da fattori abiotici.....	275
PARTE TERZA	276
RISULTATI E DISCUSSIONE.....	276
13 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA LAVORAZIONE DEL TERRENO.....	276
13.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazione per la lavorazione del terreno.....	277
13.2 Calcolo del valore di esposizione al rumore.....	279
14 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA SPOLLONATURA MECCANIZZATA.....	281
14.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni, mano-braccio prodotte da decespugliatore...	281
14.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore prodotto da decespugliatore	283

14.3	Calcolo dei livelli di concentrazione di CO voc's e benzene prodotti da decespugliatore.....	285
15	- VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA FASE DI CONCENTRAMENTO DELLE NOCCIOLE NELLA RACCOLTA.....	288
15.1	Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni prodotte dal soffiatore a spalla.....	289
15.2	calcolo del valore di esposizione a rumore prodotto dal soffiatore a spalla	292
16	- VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA FASE DI CONCENTRAMENTO CON ANDANATRICE	295
16.1	Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni prodotte dall'andanatrice.....	295
16.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore prodotto	296
17	- VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA RACCOLTA MECCANIZZATA.....	299
17.1	Macchina raccogliatrice Cassinelli TR180.....	299
17.1.1	Calcolo del valore di esposizione a WBV trasmesse dalla Cassinelli TR180	299
17.1.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Cassinelli TR180.....	302
17.1.3	Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole.....	304
17.2	Macchina raccogliatrice Chianchia	305
17.2.1	Calcolo del valore di esposizione a WBV trasmesse dalla Chianchia.....	305
17.2.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla raccogliatrice Chianchia	309
17.3	Macchina raccogliatrice Cimina 300.....	312
17.3.1	Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesse dalla Cimina 300	312
17.3.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Cimina 300.....	315
17.3.3	Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole utilizzando la raccogliatrice Cimina 300.....	318
17.4	Macchina raccogliatrice Cimina 380	318
17.4.1	Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesso dalla Cimina 380	318
17.4.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Cimina 380.....	322
17.4.3	Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole effettuata con la Cimina 380.....	324
17.5	Macchina raccogliatrice Jolly 2800	325
17.5.1	Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesso dalla Jolly 2800	325
17.5.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Jolly 2800.....	328
17.5.3	Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole effettuata con la Jolly 2800	330
17.6	Macchina raccogliatrice Smart.....	331
17.6.1	Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesso dalla Smart	331
17.6.2	Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Smart	335
17.6.3	Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole effettuata con la Smart	337
18	- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	338
19	- MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE	344

1 - INTRODUZIONE

La sicurezza è attualmente un tema di grande attualità ed in particolare la sicurezza in agricoltura è un tema ricorrente soprattutto nelle cronache dei giornali, in cui sono riportati tragici infortuni ma anche casi di insorgenza di malattie professionali.

Nello svolgimento delle attività agricole sono presenti molteplici rischi a causa delle proprie peculiarità: ambienti aperti, superfici irregolari, carichi di lavoro eccessivo concentrato in periodi brevi; inoltre l'impiego di macchine e attrezzature se da un lato ha agevolato l'agricoltore, dall'altro lo ha esposto a rischi aggiuntivi. In questo lavoro ci occupiamo proprio della sicurezza del lavoro nell'ambito dell'agricoltura e, in particolare, della sicurezza degli agricoltori durante tutte le fasi del ciclo produttivo del nocciolo (*Corylus avellana*).

Studiare le cause dell'insorgenza di malattie professionali, o le cause che espongono gli operatori agricoli a rischi di infortunio, è di fondamentale importanza per promuovere una coscienza della sicurezza, e pertanto migliorare la qualità della vita degli operatori del settore agricolo e di chi è ad essi vicino.

Gli anni '90 sono stati il decennio del recepimento delle direttive europee dapprima con il D.Lgs. 277/91, poi con la 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE e 2003/10/CE, 2003/18/CE, riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute, dei lavoratori durante il lavoro; tali norme sono andate a costituire il D.Lgs. 626/94 che, insieme alle "direttiva macchine" e a quella sui "cantieri temporanei mobili", hanno rappresentato, negli anni '90, il nuovo significativo quadro di riferimento della normativa di igiene e sicurezza [36].

Il D.Lgs. 626/94, non essendo un testo unico, lasciava presenti, e per molti aspetti immutate, le importanti norme degli anni '50, come il D.P.R. 547/55, il D.P.R. 303/56 ed altri. Alla fine degli anni '90 ci si avvia verso la realizzazione di un quadro legislativo organico (Testo unico per la Sicurezza) che culmina, passando per la legge delega 123/07, nella emanazione del D.Lgs. 9 aprile 2008, n.81. in data 3 agosto 2009 il D.Lgs.106 "Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 recante in materia di della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" [86]

L'attuale decreto 81/2008 o Testo Unico della sicurezza sul lavoro, nasce anch'esso come recepimento di una direttiva europea. La legge provvede innanzi tutto a garantire la piena tutela contro gli incidenti a tutte le lavoratrici e i lavoratori, compresi quelli a tempo determinato: "flessibili", a domicilio e a distanza. Le singole parti del decreto sicurezza fanno riferimento a queste aree: a) Riordino della normativa vigente, b) Revisione del sistema delle sanzioni, c) Estensione dei diritti, d) Coordinamento della informazione. Il testo del decreto approvato dal Consiglio dei Ministri è strutturato come Testo Unico. Il suo obiettivo è riordinare e coordinare tutte le disposizioni sulla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro attraverso un provvedimento che dia uniformità alla tutela del lavoro su tutto il territorio nazionale. Il sistema sanzionatorio viene modificato e la sanzione calibrata sulla gravità della violazione delle norme sulla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro. Infatti il datore di lavoro che non abbia effettuato la valutazione dei rischi, a cui possono essere esposti i lavoratori nelle aziende ad alto rischio, potrà incorrere in tipologie diverse di sanzioni. Per i casi gravi è prevista la pena dell'arresto da 6 a 18 mesi. Per i casi meno gravi, ad esempio quelli di inadempienza, si applica la sanzione dell'arresto alternativo all'ammenda o l'ammenda, con la graduazione delle sanzioni in relazione alle singole violazioni. Per chi si mette subito in regola non è applicata la sanzione penale, ma una sanzione pecuniaria [31]

Viene ampliata l'applicazione delle disposizioni in materia di salute e sicurezza, con conseguente innalzamento dei livelli di tutela, a tutte le tipologie di lavoratori; è previsto anche il rafforzamento delle rappresentanze in azienda, in particolare di quelle dei lavoratori territoriali, e la creazione di un rappresentante di sito produttivo che sia presente in realtà particolarmente complesse e pericolose (ad esempio, le aree portuali).

E' prevista la creazione di un sistema informativo pubblico, al quale partecipano anche le parti sociali per la condivisione e la circolazione di notizie sugli infortuni, sulle ispezioni e sulle attività in materia di salute e sicurezza sul lavoro. Il sistema sarà utile anche per indirizzare le azioni pubbliche. Sono previsti inoltre i finanziamenti per le azioni promozionali private e pubbliche, come l'inserimento nei programmi scolastici e universitari della materia "salute e sicurezza nei luoghi di lavoro [109]

Il nuovo testo unico ha previsto l'eliminazione con differenti modalità temporali, delle seguenti normative:

- D.P.R. n. 547 del 27 aprile 1955;
- D.P.R. n. 164 del 7 gennaio 1956;
- D.P.R. n. 303 del 19 marzo 1956, fatta eccezione per l'articolo 64;
- D.Lgs. n. 277 del 15 agosto 1991;
- D.Lgs. n. 626 del 1 settembre 1994;
- D.Lgs. n. 493 e n. 494 del 14 agosto 1996;
- D.Lgs. n. 187 del 19 agosto 2005;
- Art. 36 bis, commi 1 e 2, del D.L. n. 223 del 4 luglio 2006, convertito con modifiche alla L. n. 248 del 5 agosto 2006;
- Artt. 2, 3, 5, 6 e 7 della legge delega. n. 123 del 3 agosto 2007.
- La lettera c) dell'articolo 3, della legge 22 luglio 1961, n.628
- Gli articoli 42 e 43 del decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 1956, n.520
- decreto del Presidente della Repubblica 3 luglio 2003 n.22

La struttura della legge è impostata prima con l'individuazione dei soggetti responsabili, e poi con la descrizione delle misure gestionali e degli adeguamenti tecnici, necessari a ridurre i rischi lavorativi. Alla fine di ciascun titolo, sono indicate le sanzioni in caso di inadempienza. Al testo degli articoli del decreto, sono stati aggiunti altri 51 allegati tecnici, che riportano, in modo sintetico e coordinato, le precisazioni tecniche di quasi tutte le norme più importanti, emanate in Italia dal dopoguerra fino ad oggi. In ambito legislativo, la denominazione “testo unico”, è erronea, in quanto la sicurezza è di competenza esclusiva delle regioni [86].

Il D. Lgs 81/2008 è formato da 306 articoli, suddivisi nei seguenti titoli:

Titolo I (art. 1-61) Principi comuni (disposizioni generali, sistema istituzionale, gestione della previdenza nei luoghi di lavoro, disposizioni penali);

Titolo II (art. 62-68) Luoghi di lavoro (disposizioni generali, sanzioni);

Titolo III (art. 69-87) Uso delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuale (Uso delle attrezzature di lavoro, uso dei dispositivi di protezione individuale, impianti e apparecchiature elettriche);

Titolo IV (art. 88-160) Cantieri temporanei o mobili (misure per la salute e sicurezza nei cantieri temporanei o mobili; Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni e nei lavori in quota, sanzioni);

Titolo V (art. 161-166) Segnaletica di salute e sicurezza sul lavoro (disposizioni generali, sanzioni);

Titolo VI (art. 167-171) Movimentazione manuale dei carichi (disposizioni generali, sanzioni);

Titolo VII (art. 172-179) Attrezzature munite di videoterminali (disposizioni generali, obblighi del datore di lavoro, dei dirigenti e dei preposti, sanzioni);

Titolo VIII (art. 180-220) Agenti fisici (disposizioni generali, protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro, protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni, protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici, protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche, sanzioni);

Titolo IX (art. 221-265) Sostanze pericolose (protezione da agenti chimici, protezione da agenti cancerogeni e mutageni, protezione dai rischi connessi all'esposizione all'amianto, sanzioni);

Titolo X (art. 266-286) Esposizione ad agenti biologici (obblighi del datore di lavoro, sorveglianza sanitaria, sanzioni);

Titolo XI (art. 287-297) Protezione da atmosfere esplosive (disposizioni generali, obblighi del datore di lavoro, sanzioni);

Titolo XII (art. 298 - 303) Disposizioni diverse in materia penale e di procedura penale;

Titolo XIII (art. 304 - 306) Disposizioni finali [31].

1.1 Obiettivi della tesi

Obiettivo di questa indagine sperimentale è quello di rilevare tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, che si possono presentare nel ciclo produttivo del nocciolo, individuando in tal modo le procedure e gli obblighi necessari per prevenire i vari rischi, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 81/2008. In questo decreto legislativo la valutazione del rischio appare all'articolo 15 come la prima misura generale di tutela; inoltre appare anche nell'articolo 2 nella lettera q) dove troviamo la seguente dicitura: "valutazione dei rischi-valutazione globale e documentata di tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori presenti nell'ambito dell'organizzazione in cui essi esercitano la propria attività, finalizzata ad individuare le adeguate misure di prevenzione e di

protezione e ad elaborare il programma delle misure atte a garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza”.

Il fine ultimo di questo lavoro è di creare un metodo, sintetico, immediato e facilmente fruibile, di informazione su tutti i rischi ai quali sono soggetti gli operatori agricoli che operano nel settore della corilicoltura.

Il lavoro si comporrà di più parti: in una prima parte viene analizzato tutto il ciclo colturale del nocciolo, in una seconda parte si studia l’interazione delle innovazioni tecnologiche sul ciclo produttivo del nocciolo; in una terza ed ultima si esaminano, anche alla luce di prove sperimentali, in pieno campo ed in laboratorio, tutti i rischi correlati sia all’impiego di una meccanizzazione più spinta che al ciclo produttivo del nocciolo.

1.2 Stato dell’Arte

I lavori che costituiscono la base di partenza scientifica per la presente ricerca, sono stati eseguite presso l’Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, Dipartimento GEMINI (Geologia e Ingegneria Meccanica, Idraulica e Naturalistica per il territorio).

Per quanto riguarda la sperimentazione in campo, le prove per la valutazione dei vari rischi sono state effettuate in Piemonte, ed in particolare nella zona delle Langhe, e nel Lazio (provincia di Viterbo). Le elaborazioni dei dati sono state seguite presso il laboratorio ERGOLAB. Nella sperimentazione si è presa visione dell’attuale livello di meccanizzazione nella coltivazione del nocciolo; quindi sono stati misurati tutti i rischi ad essa associati: rumore, vibrazioni, polveri, ecc. I valori ottenuti dalle indagini strumentali sono stati confrontati con i valori indicati dai riferimenti normativi.

PARTE PRIMA

LA COLTIVAZIONE DEL NOCCIOLO NELLE PRINCIPALI
REALTA' CORILICOLE ITALIANE

2 - LA FRUTTA IN GUSCIO, IL NOCCIOLO

3

La frutta si divide in frutta a polpa e frutta a guscio. La frutta a polpa è la più impiegata per l'alimentazione diretta: ha alto contenuto di acqua, variante dal 70 al 95%, mentre è povera di proteine e grassi. La FAO classifica la frutta in guscio "NUTS", frutti secchi o noccioli secchi chiusi in gusci legnosi e/o duri, che a loro volta sono ricoperti da spessi rivestimenti esterni fibrosi o carnosì che sono rimossi durante la raccolta. Sono considerati frutti in guscio solo quelli commestibili; alcuni prodotti simili, come arachidi, semi di girasole, semi di melone, sono inclusi nelle colture oleaginose. [7]

La coltivazione di specie in guscio rappresenta una nuova opportunità per il settore ortofrutticolo: noci, nocciole, ma anche pistacchi, mandorle e carrube stanno riscuotendo un crescente interesse tra i consumatori italiani e la domanda è in costante aumento, tanto da alimentare un importante flusso di importazioni sul mercato interno. [88]

2.1 Aspetti botanici del nocciolo

Corylus avellana comunemente detto nocciolo appartiene alla classe MAGNOLIOPSIDA, alla sottoclasse HAMAMELIDIDAE, all'ordine FAGALES, alla famiglia BETULACEAE; è un arbusto a foglie caduche, raggiunge i 4-7 metri di altezza, ha un'elevata capacità pollonifera ed è poco longevo (generalmente inferiore a 50 anni). Nei primi anni cresce con molta rapidità, è ramificato fin dalla base in più fusti che deperiscono dopo circa 20-30 anni e vengono rimpiazzati da nuovi polloni che possono anche affrancarsi. Talvolta il nocciolo può assumere portamento a piccolo albero, ovvero monocormico; la chioma è fitta, la corteccia è marrone grigiastro, rapidamente glabra. Le gemme sono portate spiravate, globose, pluriperulate, glabre,

bruno chiare. Il nocciolo ha foglie alterne semplici, piccole, vanno da 0,5 a 2 cm con stipule caduche, sono obovate, spesso anche leggermente lobate (la maggior parte trilobate), cordate alla base grossolanamente e doppiamente dentate, acuminate all'apice, molli e vellutate al momento del germogliamento, verde scuro e sparsamente pelose, superiormente più chiare e tormentose nella parte inferiore. I fiori maschili sono riuniti in gruppi di 2-4 amenti cilindrici penduli ibernanti, lunghi 3-7 (10) cm all'antesi.

I fiori femminili hanno il perianzio concresciuto con l'ovario, sono riuniti in brevissimi amenti; il loro aspetto è gemmiforme e si evidenziano all'antesi solo per gli stami rosso vivo che fuoriescono. La fioritura è molto precoce e va da dicembre a febbraio-marzo. Nel momento dell'impollinazione gli ovuli non sono ancora differenziati; in primavera le "gemme fiorali" si aprono e formano un breve rametto foglioso che, all'apice, porta l'infiorescenza con gli stigmi ormai secchi. In questa fase termina lo sviluppo, mentre solo successivamente gli ovuli completano il differenziamento, e avviene la fecondazione (aprile-maggio). Quando i tubetti pollinici raggiungono la base degli stili, il gametofito femminile ancora non esiste; infatti gli ovuli compaiono solo all'incirca a fine marzo, formando il gametofito femminile: in questo momento avviene la fecondazione. Tra l'impollinazione e la fecondazione intercorrono 5-4 mesi, durante i quali i nuclei germinativi maschili sostano alla base degli stili nel tessuto ovarico in cui va differenziandosi il gametofito femminile. Gli amenti maschili sono visibili a fine dell'estate precedente, e passano ibernanti la prima parte della stagione invernale; anche quelli femminili si sono differenziati all'inizio dell'estate, e già alla fine di luglio sono formate le "le gemme fiorali", anche se gli stigli si vedranno solamente all'antesi.

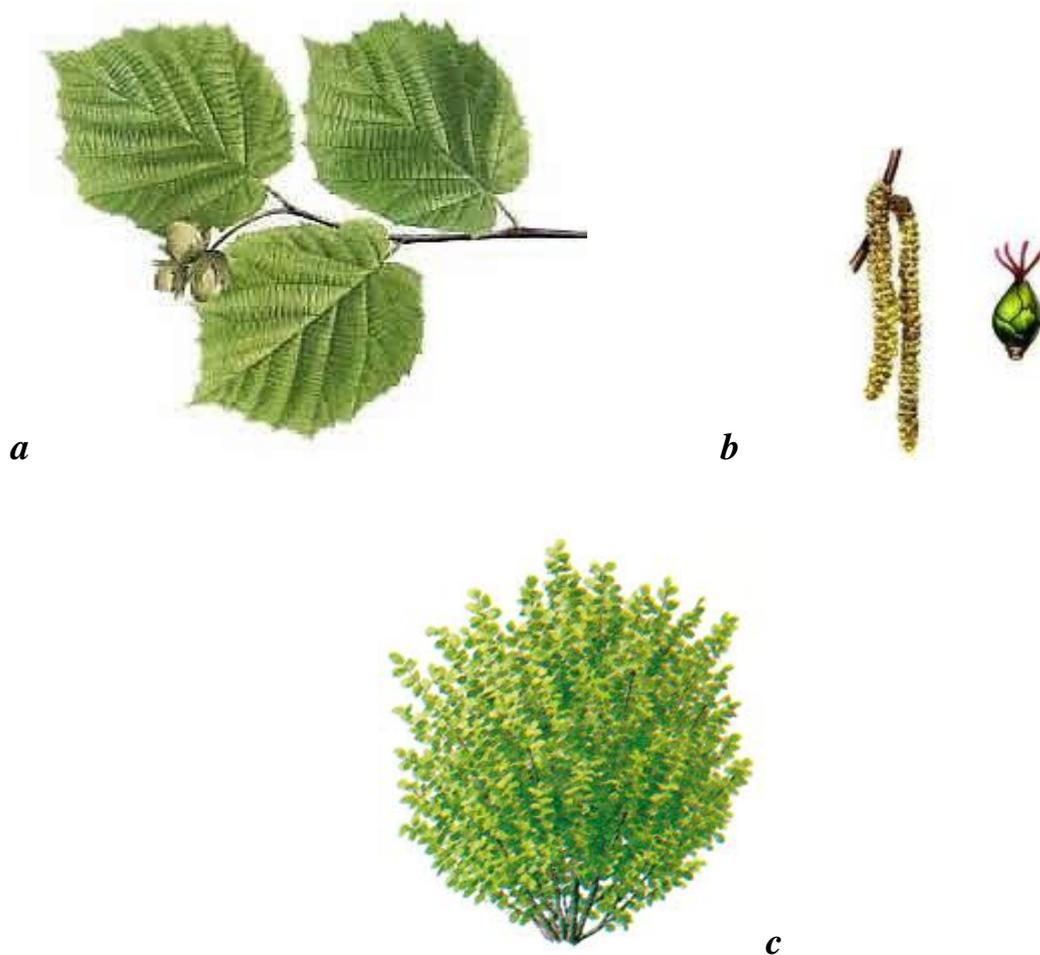


Figura 2.1 - *Corylus avellana*: a) foglie; b) infiorescenze maschili e femminili; c) portamento (arbustivo o piccolo albero)[103, 105, 107]

Il frutto matura in settembre ed è un achenio globoso di 15-20 mm di diametro, solitario o in gruppi di 2-4, protetto anche se non completamente da un involucre campanuliforme di consistenza fogliacea, irregolarmente dentato o lobato-lanciniato all'apice. Il pericarpo è legnoso, dapprima verdognolo poi bruno, con un ilo che è grande quanto la base stessa. Per il nocciolo, l'inizio della fruttificazione si ha verso i 15-20 anni, ma i polloni possono cominciare anche prima, a 10-12 anni. La germinazione è ipogea, con semenzali che si formano quasi simili alla forma adulta. Il frutto si forma a partire dalla fecondazione, e giunge a completa maturazione attraverso le seguenti fasi:

- 1) Ingrossamento: la Nocciola inizia a crescere passando così dal tessuto spugnoso alla fase lattea del seme, fino ad arrivare alla formazione del frutto completo.
- 2) Invasatura: il frutto cambia colore: dalla colorazione lattea si passa a quella

tipica di ogni cultivar.

3) Maturazione: i frutti assumono colorazione e dimensione tipica del cultivar.

L'apparato radicale è inizialmente fittonante, poi si espande rimanendo superficiale. Il legno è di colore bianco rosato, ha porosità diffusa, con numerosi raggi parenchimatici uniseriati e con anelli evidenti. Il legno, poco durevole, può essere utilizzato per lavori al tornio, per paleria, per cerchi da botte etc. il carbone serve per preparare polvere pirica e apprezzati carboncini da disegno.

Il nocciolo vive in quasi tutta l'Europa (ad eccezione dell'Islanda, delle montagne scandinave, delle regioni settentrionali della stessa Scandinavia e della Russia) e nella Turchia settentrionale fino al Caucaso. In Italia è componente fondamentale del sottobosco, e lungo i margini di boschi di conifere o di latifoglie di tutte le regioni, dal *Castanetum* al *Picetum*. In Italia viene coltivata già dal tempo dei Romani; la specificazione "avellana" si riferisce al territorio di Abella, l'odierno Avellino che era rinomata per le sue nocciole [29].

È una specie con fototemperamento mediamente ombrivago ed è frugale, purché il suolo abbia la capacità di mantenere anche durante l'estate una certa capacità di acqua, altrimenti, anche a causa dell'apparato radicale superficiale, entra facilmente in *stress* idrico. In condizioni positive si adatta a qualsiasi tipo di terreno, che viene inoltre migliorato dalla sua lettiera facilmente degradabile. Sopporta temperature piuttosto basse (-25°C) per cui si ritrova facilmente lungo i versanti esposti a nord che, fra l'altro, gli garantiscono un migliore mantenimento delle riserve idriche. La formazione delle gemme e l'entrata in dormienza sono indotte dal giorno corto, mentre la ripresa vegetativa è controllata dal termoperiodo. La quantità di freddo (espressa come ore al di sotto di +7°C) necessaria per tale fabbisogno, è per le gemme a fiore circa la metà di quella necessaria per le gemme vegetative.

Il nocciolo è una componente importante in molti cedui e svolge un ruolo rilevante nel miglioramento dei soprassuoli e nella sistemazione dei terreni franosi; la sua importanza e la sua diffusione sono però soprattutto legate al suo impiego come pianta alimentare. Le nocciole sono frutti molto saporiti e molto energetici (i cotiledoni hanno un contenuto in grassi che è pari al 60-68% del peso secco); sono state selezionate numerose cultivar di *Corylus avellana*, ma anche ibridi con altri *Corylus* (come *maxima*), dai risultati altamente produttivi. Il nocciolo comune è usato anche come pianta ornamentale e di esso esistono sul mercato numerose cultivar.

Corylus maxima (comunemente detto “nocciolo lungo” per le dimensioni dell’involucro fruttifero), è un arbusto delle regioni costiere balcaniche, dall’Istria alla Dalmazia a quindi alla Grecia egea; in Asia minore il suo areale è simile a quello del nocciolo comune ed arriva anch’esso fino al Caucaso. Si riconosce dal nocciolo comune per l’involucro che, lungo il doppio del frutto, lo avvolge completamente come se fosse un tubo: subito dopo l’apice della nocciola il tubo si restringe e la parte distale è sfrangiata. È una specie più termofila e più esigente in umidità del nocciolo comune: necessita di terreni più freschi e più ricchi di nutrienti. Le nocciole di *Corylus Maxima* sono molto ricercate per il loro valore alimentare, e rappresentano una parte molto consistente del mercato di questo frutto. Anche questa specie viene impiegata con funzione decorativa; frequente è la forma “Purpurea” (var. *atropurpurea* Bean) che costituisce la forma più diffusa di nocciolo a foglie rosse.

Corylus colurna, comunemente detto “nocciolo turco”, è un altro nocciolo con distribuzione pontica, diffuso nella penisola balcanica centro meridionale, dalla Bosnia alla Grecia e alla Bulgaria, come pure nella penisola anatolica. E’ un nocciolo a portamento arboreo, arriva fino a 20 m di altezza, si distingue per la cicatrice ilare che occupa metà della nocciola e per l’involucro, che è molto più lungo del frutto ma caratteristicamente diviso fin dalla base in numerosi lobi stretti e acuti all’apice. Nell’Europa centrale, più che per i suoi frutti, il nocciolo turco viene utilizzato per le alberature stradali. [48]

La corteccia del nocciolo è liscia e sottile, le foglie sono ovoidali con il margine seghettato e la pagina inferiore coperta da peluria. Il nocciolo è caratterizzato da notevole rusticità. Il nocciolo predilige terreni tendenzialmente sciolti con pH neutro (6,8 a 7,2), ma si adatta ai terreni acidi e alcalini (fino a pH 8). Il nocciolo soffre particolarmente in terreni troppo compatti e nei ristagni d’acqua, che provocano asfissia e marciumi radicali. In autunno è consigliabile utilizzare ripper o scarificatori, che hanno lo scopo di muovere il terreno, ormai compattato dagli innumerevoli passaggi delle trattrici, per ripristinare la permeabilità in modo da salvaguardarlo dai dilavamenti ottimizzando l’areazione.

Gli scarificatori in particolare sono dotati di ancore con un’ innovativa struttura che permette loro di tagliare e sollevare la suola del terreno senza compromettere drasticamente il piano di lavorazione. Un ulteriore passaggio del rullo posteriore, oltre a mantenere la profondità necessaria, ottimizza il livellamento del terreno. Tali attrezzi permettono di effettuare anche l’interramento del concime. [7]

2.2 Distribuzione del nocciolo

La produzione mondiale di nocciole, pur rivestendo un ruolo di secondo piano nel contesto delle produzioni agricole in generale e frutticole in particolare, occupa una posizione di tutto rispetto nell'ambito della produzione mondiale di frutta in guscio. Il nocciolo presenta una spiccata caratterizzazione territoriale, ripartendosi in pochi paesi, e all'interno di questi, spesso in regioni ad elevata specializzazione colturale. Il motivo di tale concentrazione territoriale è da ricercarsi essenzialmente nelle esigenze pedoclimatiche della pianta e nelle caratteristiche ambientali ad essa favorevoli. Il nocciolo trova condizioni ecologiche eccellenti nelle colline e nelle pendici basse delle montagne. La sua coltivazione ha avuto origine nelle regioni mediterranee e nei Balcani e si è diffusa soprattutto in alcune zone dell'Europa e del Nord America [18].

La produzione di nocciolo in Italia è localizzata principalmente in aree limitate, nella maggior parte delle quali si è raggiunto un elevatissimo livello di specializzazione produttiva. I Monti Cimini in provincia di Viterbo, le Langhe nel Cuneese, e una parte della provincia di Avellino rappresentano i principali esempi di questa spiccata localizzazione territoriale della coltura. Importanti aree nocciolicole, anche se meno specializzate, si possono riscontrare anche nella provincia di Messina, Napoli e Salerno.

La concentrazione di nocciole in aree circoscritte è il risultato del manifestarsi di due elementi: da un lato la presenza di un territorio naturalmente vocato per le condizioni ambientali (clima, altimetria, caratteristiche del suolo ecc.), dall'altro l'esistenza di un particolare ambiente socio-economico nel quale si integrano conoscenze tecniche, strutture commerciali, e relazioni sociali [79].

Il contributo delle principali aree alla produzione nazionale di nocciolo è sintetizzato, nella tabella che segue, dalla quale si può notare come l'80% della produzione nazionale provenga da aree comprese all'interno di sei province [54]. Il comprensorio viterbese, come si può vedere, è il più importante a livello nazionale, con oltre un quarto delle superfici investite e circa un terzo della produzione totale. Rilevante in termini quantitativi risulta anche il ruolo dei comprensori di Avellino e di Messina, anche se quest'ultimo presenta un ridotto livello di specializzazione produttiva, come testimonia il basso valore della resa media.

Considerando le variazioni delle superfici e delle produzioni registrate nelle diverse province negli ultimi trenta anni, emerge un quadro abbastanza differenziato dell'evoluzione della nocciolicoltura nel decennio 1970-80, incremento che si è molto ridimensionato nel periodo successivo, mostrando in alcuni casi (Avellino e Salerno) addirittura un'inversione di tendenza. Le province di Messina e di Napoli invece hanno avuto un'evoluzione apprezzabile delle superfici, mentre le produzioni hanno manifestato oscillazioni sostanzialmente collegate alle variazioni delle rese medie unitarie.

Tabella 2.1

Zona di produzione	Superficie in (migliaia ha)	Produzione in t (migliaia t)	Resa media t/ha
<i>Viterbo</i>	17.6	45.1	2.57
<i>Avellino</i>	10.3	24.5	2.39
<i>Messina</i>	12.5	14.4	1.15
<i>Cuneo</i>	8.6	11.5	1.35
<i>Napoli</i>	6.7	10.3	1.53
<i>Salerno</i>	2.5	4.9	1.93
<i>Altre</i>	12.2	20.6	1.69
Italia	70.4	131.3	1.87

Questo quadro evidenzia, all'interno di una forte connotazione territoriale della coltura, delle sensibili differenze tra le aree di produzione. Ciò rende abbastanza difficile, e in un certo senso anche fuorviante, analizzare il comparto nocciolicolo nazionale in una logica settoriale. Una tale prospettiva, che deve assumere come dati di fatto il ruolo dominante della Turchia nel mercato internazionale e le oscillazioni di prezzo del prodotto che ne derivano, può consentire di evidenziare gli aspetti critici e i punti di forza dei diversi distretti produttivi nazionali. Proprio alla luce di queste analisi locali sarà possibile, caso per caso, individuare le strategie in grado di limitare gli effetti negativi indotti dal contesto sfavorevole di mercato, e valorizzare le specificità e le vocazioni di ciascun territorio.[90,87]

2.3 Varietà e produttività del nocciolo

Nei diversi paesi produttori di nocciole sono usate varietà selezionate in passato e rispondenti alle esigenze delle zone di coltivazione. Le varietà della Turchia sono caratterizzate da piante piccole, con nocciole completamente avvolte dall'involucro, di buona qualità, di ottima resa alla sgusciatura e di elevata pelabilità; sono particolarmente adatte per la raccolta manuale.

Tra le varietà italiane, la Tonda di Giffoni, la Tonda Romana, e la Tonda Gentile delle Langhe sono state bene valutate. Tonda Giffonio è stata largamente apprezzata in USA, Spagna, Italia, Jugoslavia, per la produttività, per la resistenza ai parassiti e per la pelabilità; tuttavia in alcune zone ha l'inconveniente del germogliamento precoce e della maturazione tardiva. Tonda Gentile delle Langhe rimane la cultivar di riferimento per la qualità. La selezione clonale è stata applicata in Turchia, in Spagna e in Italia sulle varietà maggiormente rappresentative; l'incrocio programmato è piuttosto recente: è iniziato in Italia intorno al 1960 ed è proseguito in altri paesi. Gli USA hanno il più grande programma di miglioramento genetico.

Fino ad ora non sono emerse grandi novità tali da sconvolgere l'assetto varietale esistente, anche per il sopraggiungere di preoccupanti malattie; ma molte nuove proposte sono in fase di elaborazione finale, soprattutto in quei paesi dove sono in corso programmi consistenti. Le varietà possono migliorare la qualità e l'entità delle produzioni delle zone di coltivazione del nocciolo. [9,3]

Le varietà hanno nel loro patrimonio genetico le caratteristiche di qualità, le potenzialità produttive e di adattamento all'ambiente, che le tecniche colturali dovranno poi consentire di esprimere e di esaltare. La produzione mondiale è basata su 20 varietà principali che sono state selezionate da lungo tempo da piante spontanee nelle aree di maggiore espansione della coltura. Esse sono adatte alle condizioni ambientali presenti nelle zone di coltivazione, prevalentemente con clima mite, alta piovosità ed estati fresche. La Turchia è in assoluto la più importante, seguita a distanza da Italia, Stati Uniti, Azerbaijan, Georgia, Iran, Spagna. In Turchia l'87% della coltura è dislocata nella zona nord orientale vicino al Mar Nero, caratterizzata da piogge regolarmente distribuite in prossimità delle città di Ordu, Giresun, Rize, Arvin. Il 12 % è nella zona centro nord, prospiciente il Mar Nero, intorno alle città di Samsun, Sinop e Kastamonu. Tutte sono su terreni di collina e di montagna, di difficile meccanizzazione. Gran parte delle tecniche colturali e la raccolta, che avviene sull'albero, sono eseguite

manualmente; la produzione si basa prevalentemente su nocciole tonde, di cui Tambul è la varietà più importante.

Dopo l'Italia il 3° posto è occupato dagli Stati Uniti d'America, con una produzione di circa 33.000 t. La coltura è localizzata lungo la valle del Williamette, in Oregon, e si basa sulla varietà Barcellona, in impianti di pianura, razionali e completamente meccanizzati. Le nocciole sono destinate per la quasi totalità al consumo diretto. La 4°, 5° e 6° posizione è occupata rispettivamente da Azerbaijan, Georgia, Iran, con varietà selezionate localmente e coltivate in zone con clima mite e piovosità molto elevata. Poi viene la Spagna con 18.000 t circa, con il 90 % della produzione concentrata in Catalogna, che presenta basse precipitazioni, suoli calcarei, pH elevati. In queste condizioni la principale varietà è Negret (80%); l'irrigazione è diffusa.

In Italia la superficie utilizzata per il nocciolo è di circa 72.000 ha, localizzata principalmente in 4 regioni che hanno il 98% della superficie totale. La produzione italiana negli ultimi anni si è stabilizzata intorno a 128.000 t con una produzione media per ha di 1,60 t. In Campania vi è il 32 % della superficie, in particolare nella provincia di Avellino, seguita da Napoli, Caserta, Salerno, in cui viene realizzata una produzione pari al 35 %, con una media ad ha di 1,79 t. Vi sono differenti varietà: Mortadella e S. Giovanni con frutti allungati; Tonda Bianca, Tonda Rossa e Tonda Giffoni, quest'ultima localizzata nei monti in provincia di Salerno. La coltivazione è su piccole superfici spesso con piante di noce, ciliegio, vite, poste ai bordi. La coltura è posta per il 70 % in alta collina, in terreni declivi con difficoltà di meccanizzazione e migliori risultati produttivi. Il Lazio ha una superficie del 26 % di quella nazionale, concentrata nella provincia di Viterbo con 17.500 ha. La provincia di Roma copre la superficie rimanente: la produzione è il 34 % di quella nazionale, con una produzione ad ha di 2,09 t. La coltivazione del nocciolo è concentrata in un'area particolarmente vocata dei Monti Cimini, dove raggiunge un'alta specializzazione. La dimensione delle aziende e la dislocazione dei nocciolati permettono un'elevata meccanizzazione e l'applicazione di tecniche colturali razionali: la varietà predominante è la Tonda Romana, che rappresenta l'80 % della produzione insieme a Nocchione e alla Tonda di Giffoni di recente introduzione. Il 17 % della superficie è in Piemonte, dove ci sono 12.400 ha, di cui 2/3 nella provincia di Cuneo e 1/4 nella provincia di Asti. La produzione è pari al 15 % con una produzione ad ha di 1,51 t. la coltivazione è praticata in piccole aziende di collina a conduzione familiare. Vi è coltivata quasi esclusivamente la Tonda Gentile delle

Langhe (TGL), che si avvale di impollinatori che crescono allo stato selvatico. A differenza di altre zone italiane, negli ultimi 10 anni vi è stato un incremento delle superfici del 20 % nelle basse colline, anche in sostituzione di altre produzioni questo per l'aumento della richiesta di nocciole di qualità da parte dell'industria dolciaria piemontese [9].

In Sicilia vi è, secondo la statistica ufficiale, il 22 % della superficie localizzata, specialmente in provincia di Messina; piccole superfici sono nella provincia di Enna e Catania. La produzione è il 14 % di quella nazionale con produzioni ad ha di 1,03 t. In Sicilia vi sono numerose varietà di scarso valore agronomico e commerciale.

Tambul. Nocciole di forma sferoidale, maturazione a medio periodo, alta resa alla sgusciatura, buon gusto e aroma, buona rimozione della pellicola; basso vigore, alta produttività. L'involucro è due volte più lungo della nocciola. Le nocciole sono piccole.

Tonda gentile delle Langhe. Nocciole di peso medio, con media resa alla sgusciatura, di forma arrotondata, di buona rimozione della pellicola, gusto ed aromi buoni, lunga capacità di conservazione, di media produttività e maturazione precoce.

Tonda Romana. Nocciole di buon peso e media resa allo sgusciato, limitata rimozione della pellicola, germogliamento tardivo, buon gusto ed aroma. Produttività medio alta, maturazione medio-tardiva.

Tonda di Giffoni. Nocciole di buon peso, media resa alla sgusciatura, ottima rimozione della pellicola, precoce germogliamento, buon gusto ed aroma, produttività medio-buona, maturazione tardiva.

Negret sono nocciole di medio-piccole dimensioni, resa alla sgusciatura media, forma allungata, buona rimozione della pellicola, buon gusto ed aroma .[9]

Cultivar Apolda , da tavola molto produttiva, di origine sconosciuta.

Caratteristiche dell' albero

- portamento: espanso
- Precocità produttiva: bassa
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Cosford,Gunslabert,Merveille,De Bollwiller

- Germogliamento: tardivo data di raccolta tardiva

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 1,6
➤ Lunghezza involucro: lungo
➤ Forma: globulare
➤ Colore: marrone chiaro
➤ Indice di rotondità: 0,67
➤ Dimensioni (h,l,s): 27,6x19,6x17,5 (mm)
➤ Peso: 3,20 (g)
➤ Spessore del guscio: 3,20 (g)

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 19,2x10,5x8,8 (mm)
➤ Peso: 1,49 (g)
➤ Resa in sgusciato: 41,0 (%)
➤ Pelpabilità: scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide non suscettibile

Cultivar Barcelona, da tavola molto produttiva, di origine sconosciuta.

Caratteristiche dell'albero

- Portamento: assurgente
➤ Precocità produttiva. elevata
➤ Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
➤ Fioritura femminile: precoce
➤ Dicogamia: proterandra
➤ Impollinatori: Daviana, Mortadella, Cosford, Apoda, Imperiale di Trebisonda
➤ Germogliamento: tardivo
➤ data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 3,2
➤ Lunghezza involucro: poco più lungo
➤ Forma: conica

- Colore: marrone scuro
- Indice di rotondità: 0,92
- Dimensioni (h,l,s): 21,6x21,2x18,6 (mm)
- Peso: 3,20 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14,8x14,3x12,4 (mm)
- Peso: 1,50 (g)
- Resa in sgusciato: 43,0 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Barrettona, di scarso interesse agronomico, origine Italia.

Caratteristiche dell'albero

- Portamento: assurgente
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: intermedia
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Tonda Romana, Cosford, Apoda, Riccia di Talanico
- Germogliamento: precoce
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 3,5
- Lunghezza involucro: poco più lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 1,00
- Dimensioni (h,l,s): 19,1x20,7x17,5 (mm)
- Peso: 3,50 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 12,0x12,30x10,1 (mm)
- Peso: 1,30 (g)
- Resa in sgusciato: 37,0 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Bearn, di scarso interesse agronomico di origine sconosciuta.

Caratteristiche dell'albero

- Portamento: intermedio
- Precocità: produttiva bassa
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra - omogenea
- Impollinatori: Gunslebert, Cosford, Brgeri
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: tardiva

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 3,1
- Lunghezza involucro: corto
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0,77
- Dimensioni (h,l,s): 21,6x17,5x16,0 (mm)
- Peso: 2,70 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14,1x 9,2 x 8,6 (mm)
- Peso: 1,04 (g)
- Resa in sgusciato: 38,5 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile.

Cultivar Camponica, da industria e da tavola molto produttiva, origine sconosciuta.

Caratteristiche dell' albero

- Portamento: assurgente
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
- Fioritura femminile: precoce
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Martarella, Riccia di Talanica, Tonda Rossa, Tonda Bianca
- Germogliamento: intermedio
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 3,4
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0,97
- Dimensioni (h,l,s): 19,2x20,2x17,2 (mm)
- Peso: 3,20 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14,6x 14,6 x 12,7 (mm)
- Peso: 1,50 (g)
- Resa in sgusciato: 46,8 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile.

Cultivar Carrello, scarso interesse agronomico, di origine Italia Sicilia.

Caratteristiche dell' albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: elevata

- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
➤ Fioritura femminile: precoce
➤ Dicogamia: proterandra - omogama
➤ Impollinatori: Cosford, Merveille, De Bollwiller
➤ Germogliamento: tardivo
➤ data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 2,8
➤ Lunghezza involucro: corto
➤ Forma: appiattita
➤ Colore: marrone chiaro
➤ Indice di rotondità: 1,02
➤ Dimensioni (h,l,s): 16,6x18,8x15,2 (mm)
➤ Peso: 2,92 (g)
➤ Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 12,2x11,1x9,0 (mm)
➤ Peso: 1,03 (g)
➤ Resa in sgusciato: 35,3 (%)
➤ Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Comen, interessante per produttività e qualità del seme, di origine Greca.

Caratteristiche dell'albero

- portamento: espanso
➤ Precocità produttiva: intermedia
➤ Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
➤ Fioritura femminile: tardiva
➤ Dicogamia: proterandra - omogama
➤ Impollinatori: Ryal, Tonda Romana, Riccia di Talanico
➤ Germogliamento: intermedio

- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 3,4
➤ Lunghezza involucro: lungo
➤ Forma: conica
➤ Colore: marrone scuro
➤ Indice di rotondità: 0,83
➤ Dimensioni (h,l,s): 21,6x17,5x16,0 (mm)
➤ Peso: 1,85 (g)
➤ Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13,1x10,7x9,0 (mm)
➤ Peso: 0,84 (g)
➤ Resa in sgusciato: 45,4 (%)
➤ Pulpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Comune di Sicilia, scarso interesse agronomico, di origine Italia (Sicilia).

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
➤ Precocità produttiva: elevata
➤ Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
➤ Fioritura femminile: molto tardiva
➤ Dicogamia: proterandra
➤ Impollinatori: Cosford, Tonda Romana, Gunslebert, Carrello
➤ Germogliamento: intermedio
➤ data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 2,5
➤ Lunghezza involucro: poco più lungo
➤ Forma: ovoidi

- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 1,01
- Dimensioni (h,l,s): 14,9x16,4x13,6 (mm)
- Peso: 2,4 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 10,6x11,1x8,8 (mm)
- Peso: 0,95 (g)
- Resa in sgusciato: 39,6 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Cosford, da tavola a resa elevata, di origine inglese

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: molto elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Merveille de Bollwiller, Morell, Lunga di Spagna, Gunslebert
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 1,2
- Lunghezza involucro: molto lungo
- Forma: cilindrica breve
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0,67
- Dimensioni (h,l,s): 24.3x17.0x15.5 (mm)
- Peso: 2,50 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 24.4x10.7x8.7 (mm)
- Peso: 1.30 (g)
- Resa in sgusciato: 52.0 (%)
- Pelpabilità: scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Daviana, poco produttiva, di origine inglese.

Caratteristiche dell' albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: bassa
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Cosford, Merveille, Derborwille, Lunga di Spagna, Gunslebert
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 1.0
- Lunghezza involucro: corto
- Forma: ovoide
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.71
- Dimensioni (h,l,s): 25x18.7x17.0(mm)
- Peso: 2.62 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 18.8x11.5x10.0 (mm)
- Peso: 1.30 (g)
- Resa in sgusciato: 49.6 (%)
- Pelpabilità: molto scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide molto suscettibile

Cultivar Gunslebert, da tavola, di origine tedesca.

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Cosford, Lunga di Spagna, Morell, Bergeri
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 2.5
- Lunghezza involucro: poco più lungo
- Forma: cilindrica breve
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.70
- Dimensioni (h,l,s): 24.5x18.8x17.7(mm)
- Peso: 3.30 (g)
- Spessore del guscio: intermedio

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 18.4x13.9x12.8 (mm)
- Peso: 1.50 (g)
- Resa in sgusciato: 47.50 (%)
- Pelpabilità: scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Imperiale di Trebisonda, da industria e da tavola, di origine turca.

Caratteristiche dell'albero

- portamento: molto espanso
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: scarso

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: intermedia
- Dicogamia: proterandra omogama
- Impollinatori: Tombul, Palaz, Tonda Romana, Riccia di Talanico
- Germogliamento: intermedio
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 4.5
- Lunghezza involucro: molto lungo
- Forma: appiattita
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 1.15
- Dimensioni (h,l,s): 18.0x21.8x19.9 (mm)
- Peso: 2.60 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 12.6x14.4x12.9 (mm)
- Peso: 1.40 (g)
- Resa in sgusciato: 46.7 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Jean's, di origine inglese.

Caratteristiche dell'albero

- portamento: espanso
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Gunslebert, Cosford, Morell

- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 1.4
- Lunghezza involucro: molto lungo
- Forma: ovoide
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.76
- Dimensioni (h,l,s): 15.5x14.2x12.3 (mm)
- Peso: 2.40 (g)
- Spessore del guscio: intermedio

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.2x10.0x8.5 (mm)
- Peso: 1.10 (g)
- Resa in sgusciato: 45.0(%)
- Pelpabilità: scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Locale di Piazza Armerina, di scarso interesse agronomico, di origine italiana.

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
- Fioritura femminile: molto precoce
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Ghirara, Mortadella, Riccia di Talanico
- Germogliamento: precoce
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 2.5
- Lunghezza involucro: poco più lungo

- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.96
- Dimensioni (h,l,s): 17.7x18.8x15.3 (mm)
- Peso: 2.70 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14.8x11.4x9.8(mm)
- Peso: 0.96 (g)
- Resa in sgusciato: 35.0 (%)
- Pelpabilità: scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Lunga di Spagna, da tavola, di origine inglese

Caratteristiche dell'albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: molto tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Gunslebert, Merveille de Bollville, Morell, Berberi, Cosford
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: tardiva

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 2.0
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: cilindrica allungata
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.63
- Dimensioni (h,l,s): 25.5x16.5x14.7 (mm)
- Peso: 2.30 (g)

- Spessore del guscio: intermedio

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 17.3x11.6x9.3(mm)
- Peso: 1.10 (g)
- Resa in sgusciato: 47.0 (%)
- Pelpabilità: molto scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Mansa, di scarso interesse agronomico, di origine italiana (Sicilia).

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: intermedia
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Ghirara, Carrello, Riccia di Talanico
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 3.0
- Lunghezza involucri: molto lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.96
- Dimensioni (h,l,s): 19.1x20.0x16.9 (mm)
- Peso: 3.46 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 17.0x11.5x10.4 (mm)
- Peso: 1.15 (g)
- Resa in sgusciato: 33.2 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Merveille di Bollwiller, da tavola, di origine francese.

Caratteristiche dell' albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: bassa
- Vigore: molto elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Lunga di Spagna Morell, Cosford
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 2.5
- Lunghezza involucri: molto lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.85
- Dimensioni (h,l,s): 23.4x20.7x19.4 (mm)
- Peso: 3.70 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.0x9.9x8.3 (mm)
- Peso: 1.40 (g)
- Resa in sgusciato: 37.0 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Minnolara, scarso interesse agronomico, di origine, italiana

Caratteristiche dell' albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: molto tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Carrello, Csford, Gunslebert, Lunga di Spagna
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 2.5
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 1.02
- Dimensioni (h,l,s): 17.8x20.1x16.1 (mm)
- Peso: 3.40 (g)
- Spessore del guscio: intermedio

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14.9x11.8x10.2(mm)
- Peso: 1.20 (g)
- Resa in sgusciato: 35.2 (%)
- Pelpabilità: scarsa

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Monte Bello, di scarso interesse agronomico

Caratteristiche dell'albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: precoce
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: ---

- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 2.0
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.97
- Dimensioni (h,l,s): 18.4x19.4x16.3 (mm)
- Peso: 2.94 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.8x13.3x10.8 (mm)
- Peso: 1.17 (g)
- Resa in sgusciato: 39.7 (%)
- Pelpabilità: media

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Morell, di origine spagnolo

Caratteristiche dell' albero

- portamento: espanso
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: molto tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Griffol, Mortadella, Lunga di Spagna, Cosford
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 3.0
- Lunghezza involucro: lungo

- Forma: ovoide
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.86
- Dimensioni (h,l,s): 19.8x18.1x16.1 (mm)
- Peso: 2.05 (g)
- Spessore del guscio: intermedio

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 3.3x11.2x9.6(mm)
- Peso: 0.88 (g)
- Resa in sgusciato: 43.0 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Mortadella, rustica diffusa in Campania, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedio
- Fioritura femminile: intermedio
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Tonda di Giffoni, San Giovanni, Riccia di Talanico
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 4.5
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: cilindrica breve
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.78
- Dimensioni (h,l,s): 19.1x16.2x13.8 (mm)
- Peso: 2.17 (g)

- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 15.2x11.2x9.7 (mm)
- Peso: 0.99 (g)
- Resa in sgusciato: 45.6 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Nocchione, da industria e da tavola, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: precoce
- Fioritura femminile: precoce
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Tonda Romana, Riccia di Talanico
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 3.4
- Lunghezza involucro: appena più lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.97
- Dimensioni (h,l,s): 19.5x20.5x17.4 (mm)
- Peso: 2.60 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.4x13.0x11.0(mm)
- Peso: 1.00 (g)
- Resa in sgusciato: 38.0 (%)
- Pelpabilità: media

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Pallagrossa, da tavola di scarso interesse agronomico, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: bassa
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: molto tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Cosford, Berberi, Gunslebert
- Germogliamento: intermedio
- data di raccolta: tardiva

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: i.8
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: cilindrica lunga
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.61
- Dimensioni (h,l,s): 27.1x16.9x16.0 (mm)
- Peso: 2.33 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14.4x9.1x7.2(mm)
- Peso: 0.69 (g)
- Resa in sgusciato: 29.5 (%)
- Pelpabilità: media

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar San Giovanni, predilige climi miti, con scsa attività pollonifera, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: intermedia

- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
- Fioritura femminile: precoce
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Tonda di Giffoni, Mortadella, Camponica, Tonda Bianca
- Germogliamento: molto precoce
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 3.2
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: cilindrico breve
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.76
- Dimensioni (h,l,s): 22.3x18.4x15.4 (mm)
- Peso: 2.60 (g)
- Spessore del guscio: intermedio

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 17.06x12.1x9.6(mm)
- Peso: 1.20 (g)
- Resa in sgusciato: 46.0 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide molto suscettibile

Cultivar Santa Maria del Gesù, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
- Fioritura femminile: precoce
- Dicogamia: proterandra - omogama

- Impollinatori: Mortadella, Riccia di Talanico, Tonda Romana
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 3.0
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: appiattita
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 1.03
- Dimensioni (h,l,s): 18.9x20.6x18.4 (mm)
- Peso: 2.68 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.5x11.1x13.1(mm)
- Peso: 1.17 (g)
- Resa in sgusciato: 37.5 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Segorbe, di origine francese.

Caratteristiche dell' albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: precoce
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: ---
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 2.8

- Lunghezza involucro: appenapiù lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.90
- Dimensioni (h,l,s): 16.5x15.6x14.1 (mm)
- Peso: 2.26 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 11.9x10.1x9.6(mm)
- Peso: 0.99 (g)
- Resa in sgusciato: 43.0 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Tombul, di origine turca

Caratteristiche dell'albero

- portamento: molto espanso
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: scarso

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Cosford, Tonda Romana Riccia di Talanico
- Germogliamento: molto precoce
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nucule per gruppo: 3.5
- Lunghezza involucro: molto lungo
- Forma: conica
- Colore: marrone scuro
- Indice di rotondità: 0.83
- Dimensioni (h,l,s): 17.0x15.0x13.2 (mm)
- Peso: 1.80 (g)

- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.4x10.9x9.8(mm)
- Peso: 0.90 (g)
- Resa in sgusciato: 50.0 (%)
- Pelpabilità: molto elevata

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Tonda Bianca, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Tonda Rossa, Camponica, Mortadella, Riccia di Talanico
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: tardiva

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 1.5
- Lunghezza involucro: corto
- Forma: globulare
- Colore: marrone scuro
- Indice di rotondità: 0.95
- Dimensioni (h,l,s): 20.0x20.8x17.3 (mm)
- Peso: 2.85 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 16.2x14.2x10.6(mm)
- Peso: 1.20 (g)
- Resa in sgusciato: 42.0 (%)

- Pelpabilità: elevata
- Comportamento rispetto all'Erifide non suscettibile

Cultivar Tonda di Giffoni, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
- Fioritura femminile: molto precoce
- Dicogamia: proterandra - omogama
- Impollinatori: Mortadella, San Giovanni, Camponica, Riccia di Talanico, Tonda Bianca
- Germogliamento: molto precoce
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 2.8
- Lunghezza involucro: molto lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone scuro
- Indice di rotondità: 1.0
- Dimensioni (h,l,s): 19-0x20-7x18-2 (mm)
- Peso: 2.50 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14.0x13.7x11.5(mm)
- Peso: 1.16 (g)
- Resa in sgusciato: 46.0 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide suscettibile

Cultivar Tonda Gentile delle Langhe, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio

- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: molto precoce
- Fioritura femminile: intermedia
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Cosford e selvaggiole locali, Camponica
- Germogliamento: molto precoce
- data di raccolta: precoce

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 2.9
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: appiattita
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.98
- Dimensioni (h,l,s): 18.6x18.6x17.9 (mm)
- Peso: 2.60 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 13.9x11.9x12.9 (mm)
- Peso: 1.17 (g)
- Resa in sgusciato: 45.5 (%)
- Pelpabilità: elevata

Comportamento rispetto all'Erifide molto suscettibile

Cultivar Tonda gentile Romana, di origine italiana

Caratteristiche dell'albero

- portamento: intermedio
- Precocità produttiva: elevata
- Vigore: intermedio

Fenologia

- Fioritura maschile: tardiva
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra - omogama

- Impollinatori: Nocchione, Mortadella, Riccia di Talanico, Tonda di Giffoni
- Germogliamento: tardivo
- data di raccolta: intermedia

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocule per gruppo: 3.2
- Lunghezza involucro: lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.95
- Dimensioni (h,l,s): 19.6x17.6x18.2 (mm)
- Peso: 2.70 (g)
- Spessore del guscio: sottile

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 14.2x12.8x13.3(mm)
- Peso: 1.22 (g)
- Resa in sgusciato: 45 (%)
- Pelpabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide poco suscettibile

Cultivar Tonda Rossa, di origine italiana

Caratteristiche dell' albero

- portamento: assurgente
- Precocità produttiva: intermedia
- Vigore: elevato

Fenologia

- Fioritura maschile: intermedia
- Fioritura femminile: tardiva
- Dicogamia: proterandra
- Impollinatori: Tonda di Giffoni, Riccia di Talanico, Tonda Romana, Tonda Bianca
- Germogliamento: molto tardivo
- data di raccolta: tardiva

Caratteristiche della nocciola

- Numero nocchie per gruppo: 1.7
- Lunghezza involucri: appena più lungo
- Forma: globulare
- Colore: marrone chiaro
- Indice di rotondità: 0.84
- Dimensioni (h,l,s): 21.1x19.8x15.9 (mm)
- Peso: 2.50 (g)
- Spessore del guscio: spesso

Caratteristiche del seme

- Dimensioni (h,l,s): 12.4x12.3x10.7 (mm)
- Peso: 1.07 (g)
- Resa in guscio: 42.0 (%)
- Pelabilità: intermedia

Comportamento rispetto all'Erifide molto suscettibile [84]



Foto 2.2 - Tonda di Giffoni [84]



Foto 2.3 - Tonda Gentile delle Langhe [84]



Foto 2.4 - Tonda gentile Romana [84]

Essendo le cultivar di nocciolo autosterili, è necessario provvedere a validi impollinatori; nella figura che segue si riportano le disposizioni degli impollinatori: A in presenza di venti dominanti, B in assenza di venti dominanti, C in presenza di due cultivar interfertili [90].

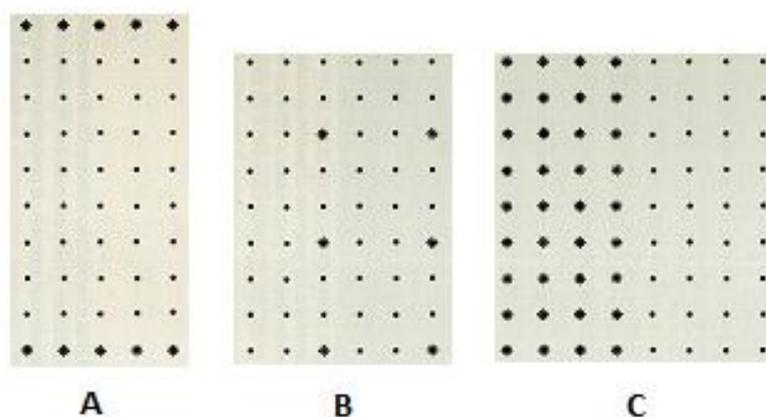


Foto 2.4 - Disposizione degli impollinatori [90]

3 - TECNICHE COLTURALI DEL NOCCIOLO

3.1 *Tecniche colturali per l'impianto*

3.1.1 **Forme più comuni di propagazione del nocciolo**

Una delle caratteristiche del nocciolo è di emettere vigorosi germogli (polloni) al colletto della pianta. Questo è un modo semplice e poco costoso di moltiplicare una varietà. Tuttavia non è consigliabile utilizzare tale metodo in quanto, per ottenere un numero di barbatelle sufficiente, è necessario prelevare polloni da un numero elevato di piante madri in pieno campo; questo non consente di effettuare adeguati controlli, ne' di rispondenza varietale/clonale, ne' tantomeno sanitari, a scapito quindi della qualità e

dell'omogeneità del materiale propagato. I metodi di propagazione consigliati nella corilicoltura professionale sono: la ceppaia e la propaggine. La ceppaia permette di ottenere un buon numero di barbatelle partendo da piante madri controllate periodicamente. Le ceppaie vengono allestite con materiale proveniente da piante di cui sia stata verificata per più anni la rispondenza varietale/clonale e l'assenza di malattie trasmissibili per propagazione. Prima del germogliamento, in primavera, si sfooltiscono i germogli (polloni) nati dalla pianta madre e si mantengono quelli più sani e vigorosi. Alla base di ogni pollone viene messo un anello di metallo per ostacolare il passaggio della linfa e favorire la radicazione. I germogli sono poi rinalzati per 10-15 cm sopra il punto di anulatura. L'operazione si esegue entro la seconda decade di giugno e consente l'emissione di nuove radici sopra la "strozzatura" [28]. A fine inverno le barbatelle vengono scalzate dalla pianta madre tagliandole sotto il palco di radici neo-formate. Se le operazioni di anulatura sono state eseguite correttamente, le barbatelle saranno dotate di un buon apparato radicale, e potranno essere messe a dimora in pieno campo senza ricorrere a sistemazioni in piantonaia per un anno. Nella propaggine, le piante-madri sono realizzate come descritto per la ceppaia. Dalla pianta madre (ceppaia), capitozzata al suolo, nascono nuovi germogli. I polloni più vigorosi, a fine estate vengono curvati ed interrati per la porzione curva. L'anno successivo si formano le radici in corrispondenza della curvatura e, a fine stagione, si ottengono le barbatelle radicate. Esse presentano una forma particolare "a manico d'ombrello". Il futuro della propagazione sarà verosimilmente rappresentato dai sistemi di moltiplicazione per Talea e per propagazione in provetta. La talea è un metodo di propagazione che permette di ottenere, a partire da porzioni di pianta madre (per il nocciolo talee da pollone o da chioma), piante con caratteristiche identiche a quelle di partenza. Per quanto riguarda la micropropagazione, essa si applica in laboratorio su piante miniaturizzate allevate su substrati artificiali in provetta. Consente di ottenere un gran numero di piante da poche piante-madri. Anche i cicli sono rapidi: normalmente nel ciclo di 1 anno si passa dalla produzione in vitro alla produzione al trapianto della pianta micropropagata. È un metodo impiegato per la diffusione di nuove varietà; spesso è un buon sistema per la produzione di piante-madri certificate. Tuttavia questo metodo ha causato problemi nella fase successiva all'impianto, pertanto sono stati effettuati studi sul confronto delle piante ottenute con il metodo della micropropagazione con piante ottenute da ceppaia. I risultati hanno evidenziato come non ci siano differenze nell'attecchimento, nell'attitudine pollonifera, nella rapidità di produzione dei frutti (in entrambi i casi si è

verificata al quinto anno dall'impianto), nella produttività. Una leggera differenza è stata riscontrata a livello di accrescimento annuale (sviluppo vegetativo), che risulta di poco superiore in quelle ottenute da micropropagazione. Si è dimostrata l'affidabilità della propagazione in vitro [28,15].

3.1.2 L'impianto del nocciolo

L'impianto di un nocciolo va eseguito correttamente, in quanto le conseguenze incideranno su tutto il ciclo vegetativo e produttivo della coltura; infatti la scarsa produzione di molti noccioli ed alcune malattie, come l'asfissia radicale, il marciume radicale, il seccume, sono la diretta conseguenza di lavori d'impianto mal eseguiti.

Per realizzare un impianto uniforme, con buone garanzie di attecchimento, è necessario scegliere piante sane, dotate di un buon apparato radicale, possibilmente di due anni, esenti da attacchi parassitari, e garantite dal punto di vista varietale. Per il reperimento delle piantine è bene quindi rivolgersi a vivai "accreditati" ai sensi delle leggi vigenti.

La messa a dimora di un nuovo nocciolo rappresenta sempre un momento di particolare importanza per l'azienda agricola in quanto, come investimento di oltre un decennio di durata, le scelte operate in questo ambito avranno ripercussioni per tutto il ciclo. Gli aspetti primari sono: le caratteristiche del terreno, le sistemazioni idrauliche, la scelta della cultivar e tutte le esigenze dell'impianto che ne derivano: innesto, sesto, forma di allevamento, esigenze e possibilità di meccanizzazione adottabili. Non devono inoltre essere trascurate a preventivo tutte le eventuali dotazioni accessorie, specifiche per tipologia di impianto, quali strutture di sostegno e protezione da agenti atmosferici, impianti di irrigazione con eventuali accessori per altre finalità, come distribuzione di elementi fertilizzanti, irrigazioni antibrina, ecc.. Nell'esecuzione dell'impianto, le moderne tecnologie hanno messo a disposizione soluzioni innovative volte principalmente, ove possibile, all'eliminazione o almeno ad una forte riduzione dell'intervento manuale. L'adozione di queste tecnologie, in alternativa ai forti apporti di manodopera notoriamente richiesti, deve comunque essere sempre preventivamente valutata sotto l'aspetto economico. Questo per poter determinare con una certa sicurezza la quota annua di ammortamento che inciderà poi sul bilancio aziendale, specialmente nei primi anni, caratterizzati da assenza o ridotte produzioni. Le operazioni attualmente meccanizzabili, anche se con varie metodologie ed attrezzature, riguardano ormai la

maggior parte degli interventi relativi alla sistemazione e preparazione del terreno, messa a dimora delle piante e delle strutture eventualmente annesse. [8]

La prima fase di un impianto, è valutare bene le caratteristiche dell'appezzamento (sia pedologiche che ambientali) e delle piantine; si procede alla preparazione del terreno, alla tracciatura e alla messa a dimora delle piante.

Per l'analisi si prelevano "carote di terreno", avendo cura di eliminare il cotico erboso superficiale, dei primi 50 cm di suolo. I prelievi devono essere effettuati in più punti dell'appezzamento di terreno, fino a raggiungere un campione di 500 g. L'analisi serve per determinare la granulometria del terreno (percentuale di sabbia, limo e argilla), e le caratteristiche fisico-chimiche del terreno: valori di pH, percentuale di sostanza organica e di calcare attivo, capacità di scambio cationico, contenuto di macroelementi e microelementi. I terreni migliori sono quelli collinari, fertili e di medio impasto, freschi e permeabili, con pH neutro (intorno a 7), senza eccessi di calcare (possibile causa di clorosi). Il nocciolo si adatta anche a terreni argillosi; tuttavia, essendo sensibile all'asfissia radicale, in questi terreni è necessario prevedere drenaggio per lo scolo delle acque in eccesso. Una volta verificata l'idoneità del terreno alla coltivazione del nocciolo, si può procedere all'impianto, seguendo alcuni accorgimenti preliminari, come la scelta di barbatelle con un buon apparato radicale (che ne facilita l'attecchimento) e prediligendo l'impianto autunnale, in cui le piante sono in riposo vegetativo [28].

3.1.3 Sesti d'impianto e forme di allevamento

Per il nocciolo, come per molte altre specie frutticole, non è possibile adottare una distanza di impianto fissa, standardizzata. Un errore nella scelta del sesto di impianto e della forma di allevamento potrebbe condizionare sensibilmente l'intero ciclo vegetativo e produttivo della pianta.

La scelta del sesto di impianto dipende da molti fattori, quali: la fertilità del terreno, la forma di allevamento scelta, la possibilità di effettuare irrigazioni, la necessità di impiego di macchinari, come per esempio le semoventi per la raccolta meccanizzata delle nocciole. Nel passato si aveva la tendenza di utilizzare sestini d'impianto più piccoli (5x4 m-5x5 m) con minore distanza tra le file (6x4m-6x5m).

- 5x4 m 500 piante/ettaro
- 5x5 m 400 piante/ettaro

- 6x5 m 333 piante/ettaro
- 6x6 m 278 piante/ettaro

Mentre negli “Impianti fitti” in cui il numero di piante è maggiore e l’entrata in produzione è più anticipata.

I sistemi di allevamento possono essere: a cespuglio, a vaso cespugliato, ad alberello.

Il sistema a cespuglio o sistema policaule è caratteristico dei nocioleti coltivati in Piemonte, in particolare nell’Alta Langa. In questo tipo di allevamento, gli astoni, messi a dimora in autunno, vengono capitozzati in primavera al livello del terreno. A seguito della capitozzatura, i germogli emessi vengono selezionati in base alla loro vigoria e posizione: i 5-6 che rimangono serviranno a dare vita al nuovo cespuglio. Il sistema a cespuglio è facile da realizzare, anche se è difficile l’operatività nella fase di pulizia basale della pianta. Questo sistema di allevamento viene generalmente scelto in impianti situati ad altitudini più elevate e nei terreni meno fertili.

Il sistema di allevamento a vaso cespugliato (figura 2.5) è anch’esso un sistema policaule, impalcato all’altezza di 30-40 cm. Questo permette, a differenza del sistema di allevamento a cespuglio, di effettuare facilmente le operazioni di spollonatura e di pulizia della base della pianta. L’astone messo a dimora in autunno viene capitozzato a 30-40 cm; l’anno successivo, scelti 4 o 5 rami vigorosi opportunamente orientati, si dà forma al vaso. Il vaso cespugliato è il sistema di allevamento che fa coesistere le esigenze di sviluppo vegetativo delle piante con quelle tecniche operative dell’agricoltore.

Il sistema di allevamento ad alberello è un sistema di allevamento monocaule che, soprattutto nelle zone dell’alessandrino e dell’astigiano, negli anni novanta, ha trovato particolare sviluppo. Presenta un unico astone dal quale si diramano 3 o 4 branche principali; l’astone viene capitozzato a 70-80 cm da terra e da qui si scelgono i germogli meglio orientati che andranno a formare l’alberello. Particolarmente adatto alle zone pianeggianti, dove buona parte delle operazioni colturali vengono eseguite meccanicamente, richiede però più tempo e manodopera per le operazioni di potatura rispetto agli altri sistemi di allevamento precedentemente illustrati.



Foto 3.1 – Noccioli policauli settembre 2010

3.1.4 Le sistemazioni idraulico-agrarie

Per quanto riguarda le sistemazioni idraulico-agrarie e la messa a dimora delle piante, ormai da vari anni sono disponibili, e ampiamente utilizzati, sistemi di livellamento e posizionamento elettronici (funzionamento laser e DGPS), prevalentemente installati sui cantieri impiegati per le sistemazioni agrarie (livellamento e posizionamento, drenaggi permanenti) e la messa a dimora di piante e sostegni morti. Relativamente al terreno, per la maggior parte delle specie frutticole è necessaria un' adeguata sistemazione superficiale, sia per garantire un sufficiente strato esplorabile dalle radici della pianta, sia per garantire un buon controllo e regimazione delle acque meteoriche [8].

Per la sistemazione idraulico-agraria, è buona regola che gli interventi che comportano consistenti movimenti di terreno vengano effettuati almeno un paio di anni prima della messa a dimora dell'impianto, per permettere al terreno movimentato e prelevato in profondità di acquisire lo stesso livello di fertilità degli strati superficiali (dotazione microbiologica, ossigeno, struttura ed elementi minerali per la fertilizzazione). Questi interventi sono ormai largamente diffusi ed effettuati con varie tipologie di attrezzature, sia prettamente agricole che di derivazione cantieristica (macchine movimento terra), comunque dotate di controllo laser di livellamento, che permette livelli di precisione notevole, con scarti di pochi centimetri per lunghezze superiori ai 100 metri [8].

3.1.5 La preparazione del terreno

Nella preparazione del terreno per l'impianto sono ancora pressoché equamente diffuse le arature tradizionali, seguite da successive erpicature fino al livello di affinamento desiderato. La preparazione del terreno per la messa a dimora delle piantine di nocciolo, si esegue in estate, agosto-settembre, mediante uno scasso profondo esteso a tutta la superficie. Lo scasso favorisce l'assorbimento delle acque piovane, facendo percolare in profondità l'eventuale eccesso e trattenere l'umidità necessaria all'apparato radicale. Se si dispone di medie o grandi superfici, si ricorre allo scasso totale, fino alla profondità di 0,80 m e anche oltre. Tale operazione va eseguita con il terreno asciutto. Nei terreni tendenzialmente argillosi, dove si riscontrano ristagni d'acqua o comunque difficoltà nello sgrondo delle acque, non risolvibili con le normali operazioni di scasso e livellamento del terreno, si rendono necessari appositi drenaggi. Ultimato lo scasso, se si ritiene necessario, si effettua il livellamento superficiale del terreno con ruspe o livellatrici, al fine di evitare ristagni d'acqua e facilitare l'impiego di macchinari per la coltivazione e la raccolta delle nocciole. Si procede con una concimazione; orientativamente si può prevedere lo spargimento in superficie di 40 - 50 t di letame ad ettaro, più 0,25 - 0,30 t di solfato potassico a titolo 50 - 52, più 0,5 - 0,6 t. di perfosfato minerale a titolo 19 - 21 (possibilmente sostituito da scorie Thomas nel caso di terreni acidi). Per eventuali concimazioni più specifiche, è consigliabile effettuare analisi chimico-fisiche del terreno [8]. Una volta ultimata la concimazione, si effettua l'interramento della stessa che può avvenire prima delle operazioni di scasso profondo del terreno; per controllare le infestanti si effettua un'erpicatura, la quale ha anche lo scopo di rompere le zolle formatesi sul terreno. Il passo successivo nella realizzazione del nocciolo è la tracciatura dell'impianto in relazione al sesto prescelto. Infine si procede con la messa a dimora delle piantine, normalmente nella prima decade di novembre, utilizzando il sistema "a buche".

La messa a dimora delle piante e dei sostegni, rappresenta tutt'oggi l'operazione più difficilmente meccanizzabile, soprattutto a costi economicamente accettabili. La delimitazione dei sestri d'impianto e la messa a dimora delle piante con trapiantatrici specifiche hanno buona diffusione solo nell'impianto di vigneti. Sono attualmente disponibili macchine trapiantatrici automatiche, o più frequentemente semiautomatiche, dotate di sistemi elettronici di localizzazione (tecnologia GPS o più frequentemente

DGPS) per l'esecuzione in contemporanea delle operazioni di posizionamento e messa a dimora delle piante, secondo i sesti d'impianto desiderati. Queste soluzioni, ora diffuse prevalentemente per le talee di vite, sono state saltuariamente applicate anche ad altri frutteti (pomacee e drupacee con materiale di riproduzione poco sviluppato); generalmente non vengono impiegate per il nocciolo [8].

3.1.6 La messa a dimora delle piantine

La messa a dimora delle piantine di nocciolo va fatta preferibilmente in autunno, nei primi giorni di novembre, ottenendo così un risultato migliore con minor fallanze rispetto agli impianti realizzati in primavera. Dopo aver terminato la preparazione del terreno, si procede alla tracciatura dell'impianto in realizzazione al sesto precedentemente scelto, cioè al numero di piante per ettaro.

Negli ultimi anni tale operazione viene eseguita con l'ausilio di strumenti che consentono una maggiore precisione e un minor impiego di tempo e di manodopera. Effettuata la tracciatura, si preparano le buche a mano o con apposite trivelle con un diametro di 30-50 cm e una profondità di 30-40 cm. La buca, con dentro la piantina, viene riempita di terreno generalmente miscelato con apposito terriccio per favorire lo sviluppo delle radici.

Generalmente vengono posizionati dei sostegni vicino alla pianta con funzione anche di segnalazione. Nella primavera successiva, si procederà con il taglio dell'astone in funzione della forma di allevamento precedentemente scelta. Quando è segnalata la presenza di lepri o altri animali che potrebbero danneggiare le piantine, è consigliabile posizionare delle protezioni metalliche leggere, che vengono rimosse quando la pianta sarà più grande.

Nelle zone in cui la presenza di nocciolo selvatico è scarsa, può essere consigliabile l'inserimento di alcuni impollinatori, al fine di migliorare l'impollinazione e quindi la capacità produttiva del nocciolo. Occorre naturalmente scegliere le varietà di impollinatori compatibili con quelle dell'impianto. Gli impollinatori vanno piantati sulla stessa fila, in modo da separare meglio il prodotto nella fase di raccolta[28].

Nell'impianto dei nocciolati, è necessario prevedere un adeguato numero di impollinatori; spesso si ritiene che tale ruolo sia svolto a sufficienza dai nocciolati selvatici presenti ai bordi degli appezzamenti. In realtà l'apporto di polline da piante spontanee è spesso insufficiente, soprattutto per gli impianti di ampia estensione e con

andamenti stagionali sfavorevoli. La presenza adeguata di impollinatori, stabilizza la produttività, anche in seguito ad inverni difficili. La scelta degli impollinatori è correlata alle varietà adottate nell'impianto per l'intercompatibilità, e per la corrispondenza della fioritura maschile con quella femminile della varietà scelta per l'impianto. La collocazione degli impollinatori deve essere effettuata seguendo alcune regole fondamentali:

- 1) buona copertura di tutto il nocchieleto con gli impollinatori;
- 2) raggruppamento degli impollinatori su una fila; questa precauzione deve adottarsi in quanto gli impollinatori hanno particolari esigenze agronomiche (per trattamenti ed epoca di raccolta) diverse dalle varietà impiantate;
- 3) l'insieme delle varietà impollinatrici deve rappresentare dall'8 al 12% del totale degli alberi presenti nell'appezzamento;
- 4) tener conto della direzione e intensità del vento [28].

3.1.7 Gestione del suolo

Una volta eseguito l'impianto del nocchieleto, all'incirca fine novembre, è necessario eseguire delle operazioni colturali che andranno eseguite negli anni successivi.

Al primo anno le lavorazioni da effettuare sono: la capitozzatura delle piantine; eventuali sostituzioni delle fallanze (piante morte); da una a due sarchiature manuali; da due a tre fresature.

Al secondo anno di impianto le lavorazioni da eseguire sono: la concimazione localizzata primaverile; da una a due sarchiature manuali; da due a tre fresature; eventualmente, se necessario, si esegue la prima spollonatura manuale o chimica.

Al 3° - 4° anno i lavori da eseguire sono: la potatura di allevamento (impalcatura della pianta), la concimazione localizzata (più abbondante); da una a due sarchiature manuali, da due a tre fresature o passaggi con ripuntatore per l'eliminazione delle infestanti, la spollonatura manuale o chimica, un trattamento fitosanitario (con zolfo in polvere per l'eriofide).

Al 5° - 7° anno dall'impianto, i lavori che devono essere eseguiti sono: la potatura di allevamento (impalcature della pianta), la concimazione (più abbondante), da una a due sarchiature manuali, la trinciature e l'utilizzo di ripuntatore, si procede con

la spollonatura ed un eventuale diserbo interfila, un trattamento fitosanitario (con zolfo in polvere per l'eriofide) ed eventuale insetticida se si renda necessario.

All'8° anno il nocciolo è in produzione e i lavori che devono essere effettuati sono: la potatura di produzione, la concimazione autunnale e primaverile, la trinciatura e l'eventuale utilizzo di ripuntatore nell'interfila, la spollonatura ed un eventuale diserbo sulla fila; inoltre va previsto, a seconda delle situazioni, un piano di difesa fitosanitaria.

3.2 Tecniche colturali per la gestione di un nocciolo

3.2.1 Concimazione

La concimazione è una delle pratiche agronomiche più importanti nella coltivazione del nocciolo, poiché contribuisce a mantenere il terreno fertile, a ridurre il fenomeno di alternanza produttiva, e permette di ottenere produzioni più elevate e di buona qualità.

Gli elementi fondamentali per le piante sono: l'azoto, il fosforo, il potassio. L'azoto è l'elemento fondamentale per la crescita delle piante, anche se apporti eccessivi in fase di allevamento possono ritardare l'entrata in produzione; influisce sull'allungamento dei germogli e sullo spessore del guscio della nocciola; viene messo in riserva dalla pianta a fine estate per essere mobilizzato alla ripresa vegetativa nella stagione successiva. Il fosforo serve a moltissime funzioni della pianta (respirazione, sintesi proteine, etc.); viene rapidamente immobilizzato dal terreno. Per questo è opportuno distribuirlo a fine inverno-inizio primavera, ovvero nel periodo più vicino all'utilizzo da parte del nocciolo. Il potassio è un elemento molto mobile all'interno della pianta; favorisce la fotosintesi e diminuisce la traspirazione. Secondo le ricerche svolte, una buona dotazione diminuisce la formazione di nocciole vuote.

La scelta di concimi. Le dosi e l'epoca di somministrazione sono strettamente condizionate dalle caratteristiche del terreno, dallo stato vegetativo, dall'età della pianta e dall'entità delle produzioni. Prima di effettuare una concimazione in un nocciolo, è indispensabile fare un'analisi chimico-fisica del terreno per conoscerne le caratteristiche e il grado di fertilità. Si possono distinguere concimazioni di fondo, di allevamento, e di produzione, dove il tipo e i quantitativi dei concimi da distribuire sono diversi tra di loro. Nei primi anni dell'impianto vengono distribuiti in primavera concimi

essenzialmente a base azotata, quale ad esempio il nitrato ammonico o, in presenza di terreni a pH acido, nitrato di calcio. Quando la pianta è in piena produzione, è indispensabile provvedere a somministrazioni di concime, una autunnale ed una primaverile. In autunno, ad esempio è preferibile utilizzare concimi misti organici con titoli come ad esempio 4/9/18 – 4/8/16 (1-2-3). In primavera si possono utilizzare concimi minerali complessi con titoli come ad esempio 12/6/18 – 15/5/20 (2-1-3).

Al fine di evitare fenomeni di dilavamento, è bene provvedere ad interrare il concime con appositi interratori o semplicemente con lavorazioni superficiali del terreno. Importante è anche la dotazione dei microelementi, quali il magnesio, il boro e lo zinco, indispensabili al fine di migliorare lo sviluppo delle piante e l'allegagione dei frutti. Considerando un nocciolo di 15-20 anni, con una produzione di 20 q di nocciole ad ettaro, possiamo indicare come fabbisogno nutritivo (quota di mantenimento e asporto o reintegro) i seguenti valori: 70-80 unità di N ha/anno; 30-40 unità di fosforo (P) ha/anno; 80-100 unità di potassio (K) ha/anno. Tali valori possono variare a seconda dell'età delle piante, del tipo di terreno, e della produzione.

3.2.2 Il controllo dei polloni

Il nocciolo emette molti polloni che si sviluppano alla base del cespuglio, creando problemi di competizione per lo sviluppo con la pianta e ostacoli per la raccolta. In rari casi possono essere utili, per esempio per sostituire pertiche con disseccamenti (es. cancri rameali e attacchi di aprilo), o rotte dalla neve [28]. Per ricostituire la chioma, si scelgono 1-2 germogli per la sostituzione delle pertiche soppresse. Occorre accertarsi che si tratti di polloni nati dal cespuglio e non da seme, in tal caso avrebbero caratteristiche diverse rispetto alla pianta d'origine. Per il controllo dei polloni, normalmente 2-3 volte l'anno si può intervenire nei modi seguenti:

- manualmente, con l'ausilio di forbici pneumatiche o decespugliatori. Si procede al taglio del pollone a livello del terreno;
- con agrofarmaci, ricorrendo a sostanze attive ad azione disseccante per contatto (s.a. glifosinate ammonio), che raggiungono la massima efficacia se utilizzati su polloni allo stadio erbaceo (approssimativamente un'altezza di 15-20 cm).
- Meccanizzata mediante l'impiego di decespugliatori.
-

3.2.3 La ripuntatura

Una pratica importante e spesso sottovalutata nella gestione del nocciolo, è la ripuntatura. Si tratta di un'operazione meccanica che permette di ridurre il compattamento del suolo, causato dal passaggio dei mezzi meccanici; favorisce l'arieggiamento e una maggiore penetrazione delle radici. Si utilizzano erpici, a uno o più denti, che penetrano per 25-30 cm nel suolo intervenendo nell'interfila del nocciolo, normalmente nel periodo autunnale.

3.2.4 Irrigazione

La carenza di acqua determina uno squilibrio vegetativo, causando la riduzione di crescita della pianta; limita la formazione dei germogli e la differenziazione delle gemme a fiore, accentua la cascola dei frutti, riduce inevitabilmente la produzione e la resa allo sguscio. Inizialmente si sono realizzati impianti di irrigazione a goccia superficiali, mentre oggi si stanno diffondendo impianti di subirrigazione.

È una tecnica di irrigazione localizzata, che prevede la distribuzione a goccia con ali gocciolanti ad alta funzionalità, interrate alla profondità di 40-50 cm a livello delle radici. Ciò permette una riduzione dei consumi e una maggior uniformità nella distribuzione dell'acqua, non creando ostacolo alle operazioni colturali sul terreno (lavorazioni, raccolta meccanizzata) [90].

Un utilizzo razionale dell'irrigazione parte da un'esatta individuazione dei fabbisogni idrici del nocciolo, rispondenti alle reali esigenze della pianta, evitando inutili sprechi di acqua, garantendo produttività e qualità del prodotto. È opportuno proseguire la fase di studio per meglio individuare i volumi di acqua e i tempi di somministrazione, per evitare errori che possono compromettere lo sviluppo e la capacità produttiva delle piante. È necessario operare perseguendo il corretto e razionale reintegro idrico ai fini produttivi e di redditività economica del nostro nocciolo.

3.2.5 Potatura

La potatura mira a stabilire un rapporto di equilibrio tra l'attività produttiva e quella vegetativa, limitando il fenomeno dell'alternanza e della cascola anticipata delle nocciole. L'eliminazione delle branche e dei rami in eccesso, delle parti secche e malate

della pianta, permette maggiore penetrazione della luce all'interno della chioma. Il nocciolo produce su rami che si sono sviluppati l'anno precedente. I rami corti, di 5/6 cm di lunghezza, sono pressoché sterili, mentre, ai fini produttivi, i rami migliori sono quelli con lunghezza di 15/20 cm.

Si distinguono vari tipi di potatura: potatura di allevamento, potatura di produzione, potatura di ringiovanimento e potatura di risanamento.

La potatura di allevamento Viene effettuata nella fase iniziale di coltivazione, ovvero quando l'astone di nocciolo viene messo a dimora e capitozzato a diverse altezze a seconda della forma di allevamento e della fertilità del suolo. Ha lo scopo di formare le piante in funzione del tipo di allevamento prescelto: a cespuglio, a vaso cespugliato o ad alberello;

La potatura di produzione serve a mantenere la pianta in equilibrio tra sviluppo vegetativo e produzione:

- il ramo che ha fruttificato nell'anno non porterà più frutti, ma darà origine a nuovi rami a frutto;
- le infruttescenze si trovano sui rami di un anno, nelle parti illuminate della chioma. Negli impianti senescenti o troppo fitti, la parte in luce si trova in alto. Proprio per questo occorre evitare che la fruttificazione si sposti troppo verso l'alto, ma rimanga distribuita lungo tutto il profilo della chioma.
- La lunghezza dei rami di un anno deve raggiungere uno sviluppo di almeno 15-20 cm. La produttività è proporzionale alla lunghezza dei rami di un anno.

Nei primi anni di produzione (8°-15° anno di età dall'impianto), è sufficiente procedere con tagli volti ad eliminare le sottobranche in eccesso, soprattutto quelle rivolte verso il centro della chioma. Nella fase di piena produzione (dal 15° anno in poi), occorre adottare interventi che mantengano giovani le piante con tagli di ritorno su pertiche e branche per stimolare la produzione di legno nuovo[90].

La potatura di rinnovamento. In questo tipo di potatura i tagli risulteranno più severi con l'invecchiamento dell'impianto, intorno al 25° anno da questo: sono necessari per eliminare le branche colpite da cancri corticali o disseccamenti vari. Questo serve a stimolare la ripresa vegetativa senza compromettere la produzione dell'anno successivo.

La potatura si esegue generalmente in inverno, durante il riposo vegetativo, che va dalla caduta delle foglie all'inizio della fioritura. Una volta eseguita la potatura, le ferite, in particolare i tagli più grandi, vanno disinfettate con appositi mastici. Nei

noccioleti in produzione, un'operazione che viene solitamente effettuata è il taglio di ritorno, per stimolare la pianta a produrre rami nuovi.

Negli ultimi anni si sono svolte prove di potatura meccanica su nocciolo utilizzando diversi sistemi e tecniche di intervento. La potatura meccanizzata offre molti vantaggi, soprattutto in termini di tempo di esecuzione, rispetto a quella manuale. La potatura meccanica si esegue con macchine dotate di barre orientabili, che montano 4-6 dischi ruotanti, con le quali è possibile eseguire interventi cesori, sia laterali che di cimatura del cespuglio. L'intensità, la profondità e la direzione del taglio variano a seconda della larghezza dell'interfila, tra 50 e 200 cm. Per la potatura meccanizzata rimangono molti aspetti da approfondire per raggiungere il massimo di efficienza nella gestione meccanica della chiome del nocciolo[90].

In alcune situazioni, come per esempio in seguito a danni causati da abbondanti nevicate, è necessario intervenire con potature "straordinarie".

I residui di potatura del nocciolo, grazie all'elevata potenzialità energetica, possono essere impiegati come combustibile, da cui si stanno sviluppando iniziative per promuovere l'utilizzo delle biomasse derivanti da potatura sul nocciolo. [28]

3.2.6 Principali avversità causate dagli insetti

Le principali avversità per il nocciolo sono di natura animale. Gli insetti danneggiano i semi, le pertiche, le gemme e la vegetazione, provocando perdite di produzione e di qualità del raccolto. In condizioni ambientali particolari, caldo umido, piovosità primaverile, nevicate tardive, si sviluppano maggiormente i parassiti fungini che attaccano gemme, legno e apparato radicale.

Ai fini dell'impostazione di corrette strategie di difesa, è buona regola eseguire campionamenti delle popolazioni di insetti dannosi. Il monitoraggio permette di individuare soglie di presenza, oltre le quali è necessario eseguire interventi insetticidi, sia biologici che di sintesi. Questa è la filosofia della difesa guidata: intervenire solo quando è strettamente necessario e in modo mirato. Una tecnica di campionamento efficace è applicabile a più parassiti (agrillo, cimici, balanino) e consiste nello scuotimento delle pertiche del cespuglio di nocciolo.

I campionamenti si eseguono tra maggio e luglio, a cadenze regolari, nelle prime ore del mattino (tra le 05.00 e le 06:00). Si procede stendendo un telo di plastica nell'interfila sotto la chioma del nocciolo, poi si scuotono le pertiche del cespuglio in

modo da far cadere gli insetti sul telo, per poterli successivamente classificare. L'operazione va eseguita su 8/10 delle piante per ogni singolo campionamento, è importante avere una buona rappresentatività del campione prelevato, curando di scegliere le piante in base alla posizione all'interno del nocciuolo e cambiando, di volta in volta, i cespugli. Il materiale caduto sul telo viene raccolto in sacchetti di plastica e consegnato ai tecnici speciali [28].

Cocciniglia (Eulecanium tiliae).

La sua azione può essere efficacemente contenuta attraverso l'impiego di specifici parassitoidi. Può tuttavia occasionalmente attaccare il nocciuolo.

Ciclo biologico - L'insetto compie 1 generazione/anno e le femmine arrivano a deporre sino a 2000 uova. Le neanidi, che nascono nel mese di giugno, raggiungono la pagina inferiore delle foglie di nocciuolo fissandosi sulle nervature per poi spostarsi, in autunno e prima della completa caduta delle foglie, sui rametti dove trascorreranno l'inverno (foto 11).

Danni - I rametti, ricoperti di neanidi, che si nutrono succhiando la linfa prodotta dalla pianta, possono disseccare.

Difesa - In caso di forti infestazioni si consiglia di intervenire con olio bianco sulle neanidi, che rappresentano lo stadio più sensibile del parassita.

Eriofide (Phytoptus avellanae).

La Tonda Gentile Trilobata è molto sensibile agli attacchi del parassita. Il sintomo dell'attacco è l'ingrossamento delle gemme che, durante l'inverno, si trasformano in pseudogalle. Le gemme ipertrofiche non danno origine ad un germoglio, perché cadono anticipatamente. Le piante possono subire una perdita di produzione tra il 20 e il 70%.

Ciclo biologico - Durante l'inverno si possono trovare eriofidi nello stadio post-embrionale all'interno delle gemme, che vengono trasformate in pseudogalle. L'acaro, terminato lo sviluppo, con condizioni climatiche favorevoli (tra fine marzo e aprile), all'inizio dello sviluppo fogliare migra dalle gemme gallate a quelle sane. Raggiunte le nuove gemme, l'acaro si sviluppa lentamente. Solitamente in estate ed autunno sono pochi gli individui presenti (5-10/gemma). A fine autunno la popolazione cresce sino a raggiungere il migliaio di individui. Può compiere fino a 6 generazioni/anno. Controlli visivi della presenza di gemme gallate nel periodo tra marzo e aprile su 200 controllate per appezzamento: si consiglia di intervenire con agrofarmaci specifici.

Difesa - Si possono effettuare 2-3 trattamenti distanziati di 10 gg durante il periodo di migrazione dell'acaro (quando le squame carnose delle gemme trasformate sono aperte) ed impiegando prodotti a base di zolfo.

Agrillo (Agrilus viridis)

Le larve scavano profonde gallerie nel legno, provocando interruzione del ciclo linfatico con conseguente ingiallimento delle chiome nel periodo estivo e progressivo deperimento delle branche colpite sino al loro disseccamento. I rami colpiti presentano rigonfiamenti in corrispondenza delle gallerie scavate sotto la corteccia dalle larve.

Ciclo biologico - Compie 1 generazione/anno. Gli adulti hanno colori dal verde metallico al rosso rameico bronzato (foto 13), e compaiono verso la metà di maggio, a seconda dell'andamento climatico stagionale. Gli sfarfallamenti proseguono fino all'ultima decade di giugno, mentre la presenza in campo degli adulti si protrae fino ad agosto-settembre. Sono buoni volatori e si muovono preferibilmente durante le ore calde della giornata; se sono disturbati, cadono a terra fingendosi morti (tanatosi). Gli accoppiamenti avvengono di norma 10 giorni dopo gli sfarfallamenti, e poco dopo le femmine depongono ovature ricoperte da un secreto di colore biancastro o aranciato, a seconda della dieta dell'insetto. Dopo una decina di giorni nascono le larve, che penetrano all'interno della corteccia e scavano gallerie superficiali, provocando rigonfiamenti visibili all'esterno (foto 14). Nelle gallerie trascorrono l'inverno. I nuovi adulti sfarfallano la primavera successiva, aprendo un foro caratteristico, a mezzaluna, nel legno.

I campionamenti vanno fatti nel periodo compreso tra la prima decade di maggio a metà luglio, anche se non esiste una soglia vera e propria per intervenire. Occorre valutare visivamente lo stato fitosanitario del nocciolo e la percentuale di piante colpite. Sulla base delle informazioni finora raccolte dalla sperimentazione, è possibile posizionare l'intervento insetticida nel momento di massimo sfarfallamento (secondo i dati forniti dai campionamenti) che, indicativamente, corrisponde con la fine del mese di maggio.

La scalarità degli sfarfallamenti e la lunga presenza in campo dell'insetto hanno finora reso difficile impostare programmi di difesa. Nel corso della sperimentazione avviata nel biennio 2008-2009 sono stati ottenuti i primi incoraggianti risultati con l'impiego di alcuni insetticidi (lambda cialotrina e spinosad), distribuiti con trattamento nel momento di massima presenza in campo del coleottero.

In attesa che i risultati sperimentali siano confermati da ulteriori prove in campo, si indicano di seguito gli interventi agronomici utili a contenere il parassita:

- durante i mesi estivi, individuare i rami infestati da larve e ovature;
- in autunno, eseguire potature energiche delle pertiche colpite;
- in inverno, asportare e bruciare il legno di potatura;

Le ricerche svolte nel comprensorio corilicolo delle Langhe hanno permesso di accertare che: il *viridis* è la specie responsabile dei danni del nocciolo, anche se ci sono altre specie di *Agrilus* nei noccioli; gli sfarfallamenti degli adulti avvengono da fine maggio a fine giugno, anche se la presenza in campo di adulti longevi può protrarsi fino a settembre; l'ovideposizione inizia a metà giugno e si protrae per circa un mese; in campo le uova sono parassitizzate da un imenottero encirtide *Oobius zahiakevitshi* con percentuali di parassitizzazione fino al 41% (dati 2009); le trappole cromotropiche gialle, collocate ad 1,5 m di altezza su piante di nocciolo, non sono efficaci per monitorare il ciclo di sfarfallamento dell'insetto e, inoltre, catturano anche altre specie di agrilo; lo scuotimento delle branche si è dimostrata la tecnica più efficace per il campionamento degli adulti.

Cimici

Sia gli adulti, sia le forme giovanili pungono le nocciole in accrescimento. Gli stiletti dell'apparato boccale raggiungono il tessuto spugnoso o il seme in formazione, provocando l'aborto traumatico. Le cimici sono in grado di pungere la nocciola anche quando il guscio è già indurito ed il seme occupa interamente la cavità del frutto, provocando il cosiddetto "cimiciato". La saliva, iniettata dall'insetto con la puntura, rende il seme amaro e sgradevole, inutilizzabile per l'industria dolciaria. Negli ultimi anni, nel comprensorio corilicolo delle Langhe, anche grazie all'impiego di sostanze attive in formulazione microincapsulata, che garantisce una maggior persistenza d'azione, le popolazioni di cimici dannose per il nocciolo si sono ridotte notevolmente. I valori di cimiciato sono stati quasi sempre inferiori all'1%. Tuttavia la revisione della Normativa Comunitaria sulle sostanze attive riduce la scelta di molti degli agrofarmaci efficaci contro le cimici del nocciolo. Occorre, quindi, tener alta la guardia, procedendo con monitoraggi tempestivi, grazie ai quali sarà possibile programmare interventi insetticidi nel momento di maggiore suscettibilità delle nocciole alle punture dell'insetto.

Di seguito si indicano le principali specie di cimici che causano danno su nocciolo.

Gonocerus acuteangulatus

Ciclo biologico - Compie 1 generazione/anno. L'adulto presenta una colorazione dorsale marrone e nella parte ventrale verde chiaro (foto 15). Sverna in siepi e cespugli e compare a partire dalla seconda metà di maggio. Le femmine, durante la loro vita, che si protrae di norma fino a fine estate, depongono alcune decine di uova, normalmente isolate, sulle brattee delle nocciole e sulle foglie.

Le neanidi si trovano a fine giugno e danno luogo a forme adulte a fine luglio.

Si consiglia di intervenire nel caso in cui, da campionamento con scuotimento, si catturino in media 1,5-2 adulti/cespuglio campionato. Indicativamente i campionamenti vanno effettuati nel periodo compreso tra fine maggio e fine luglio.

La ricerca svolta in questi anni ha consentito di monitorare le popolazioni di cimici presenti nel comprensorio corilicolo delle Langhe e di sperimentare l'efficacia di principi attivi alternativi a quelli fino ad ora impiegati (es. Endosulfan) non più inseriti nell'Allegato I della Direttiva Europea.

Tra le sostanze attive saggiate nelle prove sperimentali, si sono dimostrate efficaci Bifenthrin e Lambda-cialotrina e, con risultati inferiori alle precedenti, anche Etofenprox.

Difesa - Al superamento della soglia si consiglia di intervenire con insetticidi a base delle sostanze attive indicate nel punto precedente.

Palomena prasina

Ciclo biologico - Compie 2 generazioni all'anno. L'adulto di color verde scuro (foto 16), che sverna in ricoveri costituiti da siepi o cespugli, a maggio si trasferisce su piante arboree dove si accoppia. La femmina ovidepone sulla pagina inferiore delle foglie. Le uova sono di color verde e sono deposte in gruppi. Una decina di giorni dopo nascono le neanidi, che si trasferiscono sul nocciolo per pungerne i frutti.

Difesa - Nei confronti della cimice valgono le indicazioni suggerite per *Gonocerus acuteangulatus*, sia per quanto riguarda la soglia di intervento che per la difesa. Accanto a queste due specie di cimici, ve ne sono altre che, occasionalmente, possono trovarsi su nocciolo e causare danno: cimice grigia (*Raphigaster nebulosa*) (foto 17), *Pentatoma rufipes*, *Coreus marginatus*.

Balanino (Curculio nucum)

Ciclo biologico - Gli adulti, color nocciola, dotati di rostro, che nelle femmine è lungo quanto il corpo (foto 18), compaiono nei nocciolati ad aprile-maggio. Dopo un periodo di alimentazione necessario per la maturazione delle gonadi, iniziano ad

accoppiarsi verso la metà di maggio e proseguono per tutto giugno e parte del mese di luglio. La femmina scava con il rostro una celletta all'interno delle nocciole con guscio ancora tenero (diametro di 10-12 mm) e, man mano che questo si indurisce, i fori vengono praticati sempre più in basso, fino alla base dell'involucro bratteale. Ogni femmina depone 20-30 uova, lasciando una piccola ferita che rapidamente cicatrizza. La larva, dopo un periodo di incubazione di 8-10 giorni, nasce e completa lo sviluppo all'interno della nocciola in 30-35 gg. Poi fuoriesce e trascorre l'inverno in diapausa, in una celletta terrosa nel suolo, a 25-30 cm di profondità. Una parte delle larve trascorrerà in diapausa anche 2-3 inverni consecutivi prima di compiere la metamorfosi.

Come per le cimici, sono sufficienti 2 femmine adulte/cespuglio campionato per consigliare un intervento insetticida. I campionamenti vanno effettuati da maggio a inizio luglio, ed è importante capire quando le femmine del coleottero hanno gli ovaroli maturi e sono pronte per ovideporre all'interno delle nocciole. L'accertamento del periodo che precede l'ovideposizione, nel quale è corretto posizionare un intervento insetticida, è effettuato con controlli al microscopio ottico.

Difesa - Al superamento della soglia, si interviene con agrofarmaci a base di Bifentrin. Se le condizioni del suolo lo consentono, in tardo autunno si può ricorrere alla lavorazione del terreno, la quale contribuisce a portare in superficie le larve esponendole all'azione degli agenti atmosferici. Prospettive di lotta biologica potrebbero essere offerte da funghi entomopatogeni (es. *Beauveria bassiana*), da distribuire in autunno, che sono in grado di raggiungere le larve svernanti nel suolo e di devitalizzarle.

Sicuramente meno dannosi dei precedenti, ma comunque presenti sporadicamente nel nocciolo, gli insetti di seguito elencati meritano una descrizione del ciclo di sviluppo e dei danni provocati su nocciolo:

Falena brumale (Operophera brumata)

Non è un insetto che abitualmente attacca il nocciolo. Le ultime infestazioni nei nocciolati delle Langhe si sono avute nel 2002 e nel 2006.

E' un lepidottero, i cui adulti sfarfallano in tardo autunno o in pieno inverno e, in minima parte, anche in febbraio-marzo. Dopo gli accoppiamenti, le femmine depongono le uova incollandole alle gemme di nocciolo. Le larve fuoriescono alla ripresa vegetativa e, appese ad un filo sericeo, si calano sui rami a danneggiare i germogli e a compiere erosioni sulle foglie, lasciando il lembo bucherellato.

Difesa - Poiché le femmine risalgono dal terreno, dove hanno svernato, è possibile collocare una fascia di plastica intorno al tronco e cospargerla di colla in modo che, risalendo, rimangano invischiate.

Cerambycidae del nocciolo (Oberea linearis)

Gli adulti compaiono tra fine maggio e metà giugno. Dopo l'accoppiamento, le femmine si portano sui rami di nocciolo. Vi compiono incisioni entro cui collocano l'uovo. Le larve nascono dopo una decina di giorni ed iniziano a scavare una galleria fino a provocare il disseccamento dei rami. A fine novembre le larve entrano in diapausa, per poi riprendere l'attività nella primavera successiva. Lo sviluppo procede nel secondo anno fino all'impupamento, verso la fine di aprile; questo, dopo una ventina di giorni, si concluderà con lo sfarfallamento del nuovo adulto.

Il ciclo dell'insetto si conclude in 2 anni con comparsa dell'adulto nella primavera del terzo anno.

Difesa - In caso di infestazioni elevate si può procedere, in autunno, al taglio dei rami 20-30 cm al di sotto del punto in cui inizia il disseccamento, in modo da distruggere le larve svernanti.

Afidi – (Corilobium avellanae, Myzocallis coryli)

Si tratta dell'afidone ??? verde e dell'afide giallo che, compiendo più generazioni all'anno, possono dare origine a spettacolari infestazioni a carico delle foglie, su cui non si osservano danni diretti, se non la presenza di abbondante melata da cui si origina la fumaggine che imbratta foglie e frutti di nocciolo.

Difesa - Normalmente le popolazioni afidiche vengono tenute sotto controllo da insetti spontanei definiti "ausiliari". Solo nel caso di attacchi gravi, occorre valutare la possibilità di un intervento insetticida [7].

3.2.7 Le principali avversità fungine

Mal dello stecco (Cytospora corjlicola)

Normalmente colpisce impianti vecchi e indeboliti, o che presentano ferite causate da organi lavoranti delle macchine operatrici.

Inizialmente compaiono macchie bruno-rossastre sul fusto, al di sotto delle quali i tessuti legnosi appaiono necrotizzati fino a causare il disseccamento del ramo. In estate è facile osservare, sui rami colpiti, cirri conidici (foto 19) di color rosso intenso. Occorre intervenire asportando e bruciando il legno colpito per prevenire la diffusione di altri inoculi infettivi.

Difesa - Oltre all'impiego di mastici medicanti da applicare sui grossi tagli subito dopo la potatura, in caso di impianti molto colpiti, si può ricorrere all'uso di prodotti rameici da distribuire sui fusti.

Gleosporiosi (Piggotia corali)

In Piemonte la gleosporiosi costituisce la principale avversità crittogamica del nocciolo, anche se solo in annate con andamento stagionale piovoso e umido può richiedere interventi specifici. Presenta due manifestazioni nel corso dell'anno. La prima si verifica in primavera, quando il fungo colpisce le gemme, che imbruniscono e disseccano. Occasionalmente, può attaccare anche i rametti terminali e gli amenti. La seconda si presenta in tarda estate e riguarda le foglie, sulle quali si formano macchie circolari necrotiche (foto 20): il danno più grave rimane l'infezione a carico delle gemme che, in casi di forte intensità, compromette la futura formazione della chioma.

Normalmente gli attacchi si manifestano in zone di fondovalle dove si verificano condizioni di elevata umidità.

Difesa - Nelle zone umide si interviene in autunno, a metà caduta foglie, con prodotti a base di tiofanate metile.

Marciume radicale (Armillaria mellea)

Colpisce l'apparato radicale di impianti soggetti a ristagni idrici. E' quindi una patologia rara in collina. Le piante colpite assumono un aspetto stentato della chioma, con scarso vigore vegetativo, che porta al suo progressivo disseccamento.

Nei primi stadi di sviluppo del fungo, si notano sotto corteccia, a livello degli organi colpiti, formazioni di micelio di color bianco-crema; solo con il progredire della malattia si potranno vedere le fruttificazioni esterne.

Difesa - Non sono previsti interventi di difesa con fungicidi ma, in caso di attacco, si consiglia di tagliare le parti colpite e bruciare il residuo di potatura per eliminare future fonti d'inoculo.

Oidio (Phyllactinia guttata)

L'infezione si presenta a carico della pagina inferiore delle foglie con un'efflorescenza biancastra in corrispondenza di maculature giallastre sulla pagina superiore. La malattia non assume mai livelli di particolare gravità, perché si manifesta in tarda estate o in autunno, con l'unica conseguenza di produrre una caduta anticipata delle foglie colpite.

Difesa - In caso di attacchi gravi, in cui il fungo compaia in epoca precoce, causando la defogliazione anticipata, si possono effettuare trattamenti specifici con prodotti a base di zolfo (formulati in polvere secca o bagnabile) [59].

3.2.8 Principali avversità causate da altri animali

Il ghiro (Glis glis)

Negli ultimi anni la produzione di nocciole delle Langhe (foto 21) ha subito perdite, con ripercussioni economiche rilevanti, a causa degli attacchi di alcuni roditori, tra cui il ghiro (*Glis glis*), specie infeudata al bosco, ma che riesce a sfruttare, per l'approvvigionamento del cibo, anche i nocciolieti. E' una specie arboricola e, a volte, può insediarsi anche in abitazioni rurali. Colonizza principalmente i boschi misti di faggio, quercia, carpino e altre latifoglie; la sua presenza è strettamente connessa allo stato di conservazione dei boschi, prediligendo quelli densamente cespugliati. Ha abitudini crepuscolari e notturne, con una dieta vegetariana (si ciba principalmente di ghiande, nocciole e faggioline). In tarda estate ed in autunno produce molto grasso cutaneo per prepararsi al letargo (periodo compreso tra ottobre e maggio), all'interno di nidi collocati sul terreno o in anfratti rocciosi. A seconda delle condizioni climatiche e ambientali, le femmine possono partorire una o due volte all'anno. Tra i predatori del ghiro, oltre alla martora e alla faina, può rivestire un ruolo rilevante anche l'azione dell'aquila reale e del gufo reale.

Nei nocciolieti della Langa, la presenza del ghiro è stata segnalata soprattutto nel periodo compreso tra fine giugno e settembre. Ciò indica come il frutto sia appetibile già quando non è ancora maturo e la perdita del raccolto deriva sia dalle nocciole mangiate, che dalla caduta a terra di frutti sani causata dal passaggio dei roditori. *G. glis*

è una specie tutelata dalla L. 11/02/1992 n. 157, in quanto considerata non cacciabile. Alla luce di questa disposizione di legge, si può intervenire incentivando la prevenzione con sistemi che impediscano l'invasione dei nocioleti attraverso il taglio di piante arboree o di file troppo ravvicinate, creando discontinuità ambientali: può aiutare a limitare i danni provocati dal roditore [59].

3.3 La raccolta manuale

La raccolta manuale si effettua con mezzi economici e facilmente reperibili, quali sacchi di juta, secchi di plastica o di lamiera. La capacità raccoglitrice (produttività) di un operatore è di circa 30 - 45 kg/giorno (considerando un giorno lavorativo di 7 ore) di nocciole in buone condizioni, ma in media è assai difficile superare i 40 kg. Fattore limitante è soprattutto il terreno (meglio se fresato e rullato oppure con cotico erboso ben trinciato).

4 - LA MECCANIZZAZIONE

4.1 La lavorazione del terreno

Per favorire la penetrazione ed espansione delle radici nella massa terrosa e garantire l'infiltrazione dell'acqua nel suolo riducendo il ruscellamento superficiale, si consiglia di eseguire nei primi anni di vita del corileto, una rippatura profonda. Questo tipo di lavorazione, durante tutto il ciclo di vita del nocioleto, viene fatto molto raramente: solo quando si riscontrano situazioni di asfissia radecale, evidenziata da ridotta vigoria vegetativa, comparsa di ingiallimenti non riconducibili a microcarenze.

Le lavorazioni più frequenti che vanno effettuate nei corileti in pieno ciclo produttivo, prevedono l'impiego di trinciatrici, erpici snodati e diserbanti, per evitare la comparsa di condizioni che ostacolano le fasi di raccolta. Nel corileto si deve comunque evitare l'eccessivo compattamento del terreno.

Le macchine trinciaerba, trinciastocchi e/o trinciasermenti sono macchine agricole utilizzate per sminuzzare l'erba le prime, per la sminuzzatura di erba e dei residui delle potature le seconde. Nella corilicoltura si impiegano maggiormente le

trinciaerba. Sono macchine portate dalla trattrice mediante attacco a tre punti: agiscono sul terreno in virtù del proprio peso e del movimento della presa di potenza. Sono costituite da una struttura in cui l'organo lavorante è formato da un rotore ad asse orizzontale, al quale sono collegati utensili sagomati che ruotano ad una velocità maggiore di quella di avanzamento. Il prodotto viene così lanciato all'interno della struttura che forma la macchina verso la parte anteriore, la percorre verso l'alto e fuoriesce da quella posteriore. Possono essere dotate di un portello posteriore con palette, che viene utilizzato per spandere il prodotto trinciato. Le macchine dispongono di un sistema di regolazione dell'altezza di lavoro, che può essere ottenuto tramite slitte laterali, con ruote o con un rullo posteriore; quest'ultimo ha anche la funzione di creare uno strato uniforme di prodotto lavorato sul terreno. L'albero cardanico è dotato di innesto unilaterale (ruota libera) che consente di trasmettere il moto in un solo senso di rotazione. Gli utensili, denominati flagelli, normalmente sono costituiti da coltelli, ma possono essere utilizzati in alternativa zappette, martelli o altro [85].

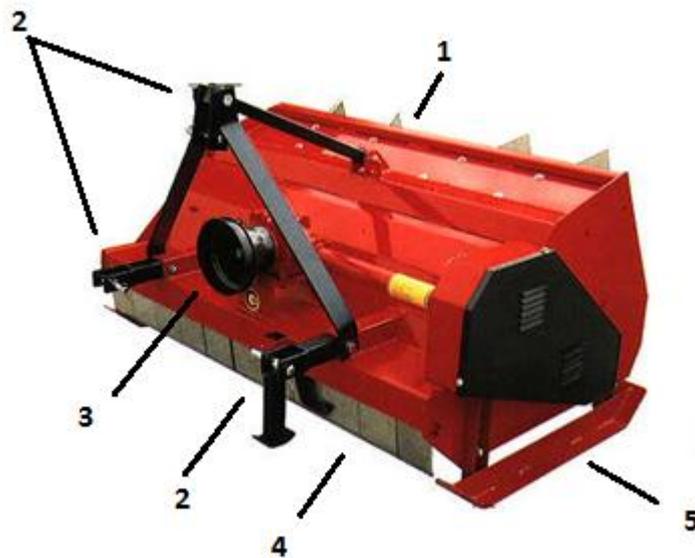


Figura 4.1 - Trinciastocchi:

1 - portello posteriore; 2 - attacco a tre punti; 3 - attacco albero cardanico; 4 - palette anteriori; 5 - slitta laterale

4.1.1 Operazioni che deve compiere l'addetto

Collegare la macchina alla trattrice mediante l'attacco a tre punti. Collegare l'albero cardanico. Regolare l'altezza di lavoro (a seconda della macchina, con slitte laterali, ruote o rulli). Sostituire gli organi usurati, quali zappette, slitte ed altro, seguendo le istruzioni riportate nel manuale di uso e manutenzione. Abbassare la macchina sul terreno, azionare la presa di potenza della trattrice ed iniziare l'avanzamento. Tutte le operazioni di manutenzione, quali ingrassaggio, lubrificazione o sostituzione di organi lavoranti, devono essere effettuate con la macchina appoggiata a terra, la presa di potenza disinserita, il motore della trattrice fermo e la chiave di accensione estratta dal cruscotto. Effettuare una accurata pulizia prima del rimessaggio invernale.

4.2 La spollonatura meccanizzata con il decespugliatore

Attualmente il metodo più utilizzato per la spollonatura è quello manuale effettuata tagliando la base dei polloni con la marra o sega; tuttavia oggi essa viene effettuata con il decespugliatore. La spollonatura invernale viene effettuata con decespugliatore a lama d'acciaio (figura 4.2), mentre le altre due o tre, effettuate prima dell'estate, possono essere effettuate con decespugliatore a filo.



Figura 4.2 - Lama in acciaio specifica per la spollonatura, settembre 2010

Sui decespugliatori sono montati motori a combustione interna, quasi sempre a due tempi. Recentemente sono comparsi sul mercato modelli di motori a quattro tempi:

rispetto a quelli a due tempi, questi possono vantare il peso ridotto (a parità di potenza erogata), una consistente diminuzione della quantità e della nocività del gas di scarico, una rumorosità inferiore e un aumento della coppia motrice ai bassi regimi che permette di risolvere più facilmente situazioni critiche di lavoro, come sovraccarichi improvvisi.



Figura 4.3 - Serbatoio decespugliatore

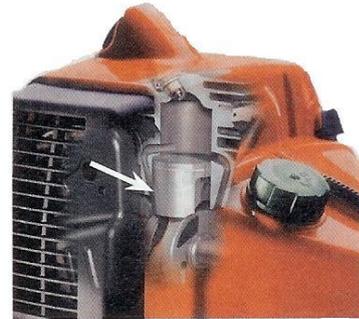


Figura 4.4 - Motorizzazione

Si tratta di motori monocilindrici ad elevato regime di rotazione, di piccola cilindrata indicativamente da 20 a 60 cm³; sono propulsori di concezione semplice, sui quali non mancano però talvolta originali soluzioni tecniche, come per es. l'accensione elettrica, ormai acquisita da molti modelli, la cromatura della superficie interna del cilindro (per una maggiore resistenza all'usura), l'impermeabilizzazione dei componenti elettrici e del carburatore per consentire accensioni sicure anche in presenza di elevata umidità dell'aria e un serbatoio del carburante semi-trasparente, che rende possibile un controllo costante del livello.

La semplicità del motore fa sì che, per funzionare a dovere, vengano richieste poche ma importanti regole di corretto uso e alcune fondamentali operazioni di manutenzione [12].

Per avviamenti a freddo, bisogna dare al motore quello che taluni in gergo definiscono il "cicchetto"; cioè agire sull'apposito comando (definito tecnicamente "primer") per far fluire una sufficiente quantità di miscela nel carburatore, e quindi nella camera di combustione (figura 4.5);

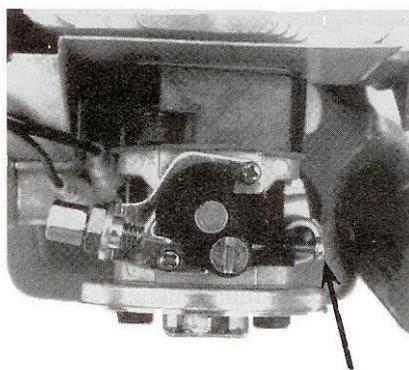


Figura 4.5 - Carburatore

con l'acceleratore posizionato tra metà e tre quarti della sua corsa (alcuni modelli riportano un riferimento specifico): si può quindi effettuare la manovra di avvio a strappo, tirando con movimento, dapprima lento, poi più veloce, l'apposita fune autoavvolgente [55] (figura 4.6).



Figura 4.6 - Accensione

Diversamente, per gli avviamenti a caldo, non bisogna agire sul primer, altrimenti è facile incappare nell'inconveniente probabilmente più comune del funzionamento di queste macchine, cioè l'ingolfamento del motore. Per rendere meno faticosa l'esecuzione della messa in moto, alcuni modelli montano una valvola che riduce automaticamente la compressione dell'avviamento e con essa quindi la resistenza allo strappo esercitata dalla fune, senza bisogno di altre manovre complementari (figura 4.7).

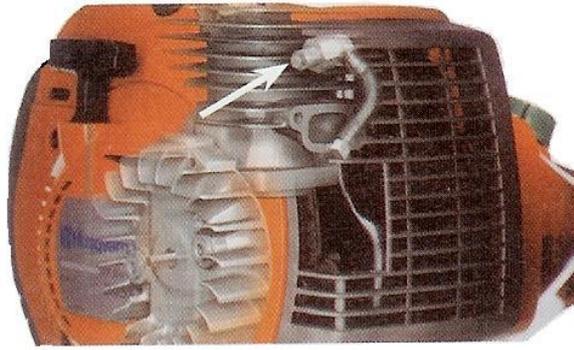


Figura 4.7 - Accensione comandata

In funzione del clima e dell'altitudine della zona dove il decespugliatore è utilizzato, potrebbe essere necessario regolare la carburazione, e con essa il regime di rotazione minimo del motore (di solito tra 3000 e 4000 giri al minuto), al di sotto del quale l'organo lavorante non ruota. In questo caso bisogna agire sul comando deputato a fissare il regime minimo del motore, facendo aumentare la velocità di rotazione fino a quando la frizione "attacca" e inizia a far ruotare il gruppo falciante, e successivamente riducendolo fino al punto nel quale la frizione interviene, interrompendo la trasmissione del moto [12]. Un motore funziona bene se tutti i suoi componenti sono in ordine: nel caso specifico, ciò significa che sono da controllare la candela, il filtro dell'aria, il filtro carburante, l'olio motore, la marmitta.

La candela. Questa deve essere mantenuta sempre pulita e con una distanza tra gli elettrodi costante, pari a 0,6-0,7 mm; se la miscela non è correttamente preparata e/o se il filtro dell'aria è intasato, sulla candela (figura 4.8) si depositano rapidamente dei residui che ne diminuiscono gradualmente l'efficienza: tale operazione è da effettuarsi una volta al mese.

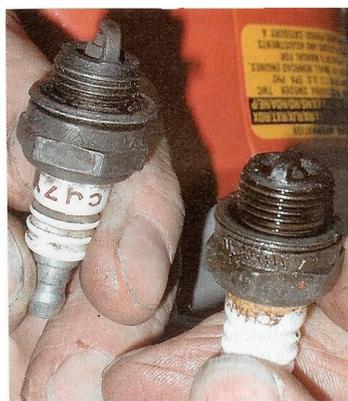


Figura 4.8 - Candela (nuova e usata)

Anche in caso di ingolfamento, la candela si “bagna” di miscela e non funziona: in tal caso va smontata e pulita, non dimenticando, prima di riavvitarla nella sua sede e ritentare la messa in moto, di dare qualche strappo di avviamento (naturalmente con l’acceleratore al minimo, altrimenti si peggiora la situazione), in modo da facilitare l’evacuazione dei vapori di benzina che ancora possono ristagnare nella camera di combustione. Infine, quando gli elettrodi appaiono corrosi, bisogna provvedere alla sostituzione della candela, da effettuarsi in ogni caso anche in assenza di inconvenienti specifici, ogni 100 ore di funzionamento, ovviamente con un esemplare dalle identiche caratteristiche tecniche (figura 4.9).

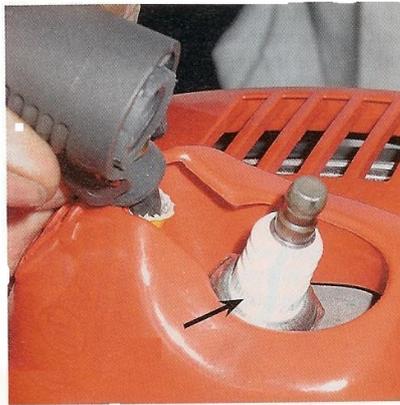


Figura 4.9 - Copertura dal raccordo del cavo di accensione

Filtro dell’aria. Il decespugliatore lavora in un ambiente molto polveroso, in cui sono presenti anche i residui dello sfalcio, che si impastano facilmente con tracce di grasso e olio presenti sul corpo della macchina fino a ridurre al minimo o anche fino ad ostruire completamente le feritoie per il passaggio dell’aria (figura 4.10).



Figura 4.10 - Presa d’aria ostruita dopo l’attività

Per tale motivo occorre effettuare periodicamente la pulizia del corpo della macchina (specialmente delle alette per il raffreddamento del corpo motore onde evitare il surriscaldamento di quest'ultimo); così come logicamente è necessario tenere in efficienza il filtro dell'aria comburente, denominato anche "filtro-spugna" (proprio per il suo aspetto) (figura 4.11).



Figura 4.11 - Filtro aria

Ogni 10-15 ore di lavoro, pertanto, occorre lavarlo con acqua saponata, asciugandolo completamente prima di reinserirlo in sede. Quando il filtro appare degradato, la sua sostituzione è solitamente agevole e si attua estraendo semplicemente dalla sua sede l'esemplare esausto e rimpiazzandolo con uno nuovo dalle identiche caratteristiche [12] (figura 4.12).



Figura 4.12 - Sostituzione filtro carburatore

Filtro carburante. Per i più diffusi modelli che sono alimentati a miscela, si deve provvedere periodicamente anche alla verifica del filtro carburante, che può essere

di diverso tipo: in alcuni casi è presente un filtro in ceramica, particolarmente porosa, collegato al tappo del serbatoio. Si tratta di un filtro estremamente efficiente; ma proprio perché tale, richiede un'attenta e puntuale manutenzione. Per la pulizia è possibile effettuare un lavaggio; ma l'operazione migliore da eseguire è creare un getto d'aria, ossia una contro pressione opposta alla direzione di passaggio della miscela, in modo da espellere la maggior quantità possibile di residui trattenuti all'interno del corpo-filtro. Se, viceversa, la superficie esterna risulta corrosa, è necessaria una immediata sostituzione. Dopo ogni verifica del filtro carburante (di qualsiasi tipo), e ancor di più dopo la sua sostituzione, non bisogna dimenticarsi di agire sul primer per far fluire una quantità sufficiente di miscela per permettere un'agevole messa in moto [12] (figura 4.13).



Figura 4.13 - Tappo serbatoio e filtro del tubo aspiratore della benzina



Figura 4.14 - Pulsante decompressione

L'olio motore. Per il modello a benzina (motori a quattro tempi) è necessaria anche la sostituzione periodica dell'olio motore (solitamente si tratta di 100 ml), evitando così di essere costretti a sostituire spesso la candela.

La marmitta. Anche la marmitta (silenziatore di scarico) deve essere periodicamente verificata e pulita, indicativamente ogni 100 ore. In particolare si devono rimuovere eventuali depositi carboniosi, che potrebbero, a lungo andare, ridurre la sezione di scarico della marmitta e surriscaldare così il motore. Nella pulizia è importante fare attenzione che i residui non ricadano all'interno del cilindro. Inoltre, se è presente, bisogna rimettere correttamente in sede lo schermo contro l'emissione di scintille [12].

Una manutenzione trascurata, più che un uso non corretto, porta al grippaggio, che si verifica quando il pistone si blocca all'interno del cilindro a causa di una forzatura, che può anche essere causata da una lubrificazione insufficiente.

Si verifica in tal caso un eccessivo sviluppo di calore, che causa il danneggiamento più o meno pronunciato delle superfici metalliche, con rigature più o meno profonde (figura 4.15).

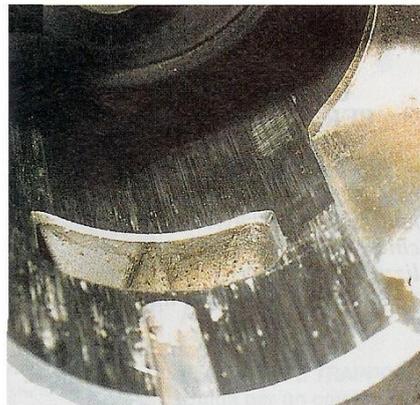


Figura 4.15 - Cilindro

Nei casi più gravi, avvengono autentici inizi di saldatura localizzata, con asportazione di materiale e irrimediabile messa fuori uso dei componenti.

Possono grippare i perni degli alberi nei cuscinetti che li supportano, le valvole nelle guide, etc, ma il grippaggio più tipico è quello del pistone nel cilindro [12] (figura 4.16).

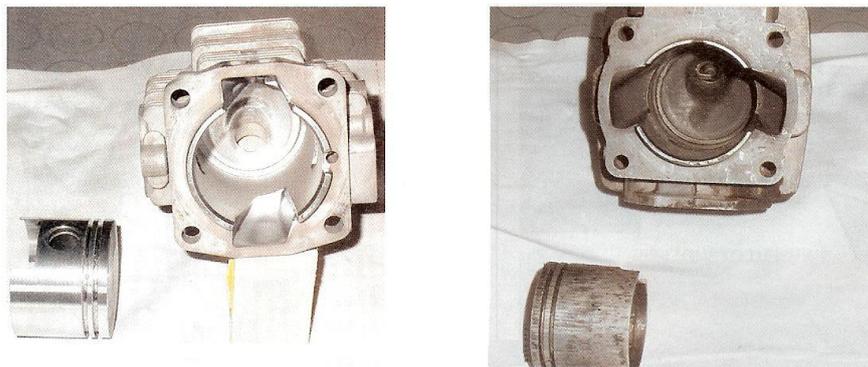


Figura 4.16 - Cilindro e pistone motore motosega

Il componente di gran lunga più importante per evitare problemi di funzionamento del motore, è il carburante. Con l'avvento della benzina verde, le cose si sono un po' complicate, perché, rispetto alla super con il piombo, la benzina verde è meno stabile chimicamente e la miscela con l'olio risulta essere più problematica.

Sono reperibili in commercio appositi contenitori graduati che permettono di miscelare olio per miscela e benzina in una percentuale fissa; se si hanno però più macchine che richiedono percentuali diverse, è possibile usare una siringa con capacità elevata (fino a 60 ml), per mezzo della quale si può realizzare con precisione la giusta proporzione fra olio e benzina. Le più utilizzate sono le miscele che vanno dal 2% al 5% (di olio rispetto alla benzina): questo significa che per ogni litro di benzina va aggiunta una quantità di olio per es. 20 ml (per miscele del 2%), fino a 50 ml (per miscele al 5%).

Un errore comune è di utilizzare oli non adatti o economici. Non vanno utilizzati oli per i motori a 4 tempi, perché, oltre a produrre una grande fumosità e incrostazioni eccessive, non sono in grado di lubrificare adeguatamente il motore, portando a un maggiore inquinamento, se non addirittura al citato grippaggio del motore.

Per effettuare la miscelazione, è bene versare inizialmente nella tanica una piccola quantità di benzina, poi l'olio e, successivamente, altra benzina nella quantità voluta. Infine è necessario agitare a lungo, in modo da favorire la massima uniformità della dispersione dell'olio nella benzina.

Essendo la miscela soggetta ad un rapido deterioramento con il tempo (dopo 2 settimane inizia a perdere le sue originali caratteristiche), è opportuno prepararne ogni volta quantità ridotte, sufficienti per il lavoro che si intende fare, evitando così anche il non trascurabile problema dello smaltimento della rimanenza. La luce accelera notevolmente l'invecchiamento della miscela: è quindi meglio impiegare, per lo stoccaggio, recipienti impermeabili alla luce, preferibilmente metallici ed espressamente

adibiti a tale uso. Per una maggiore durata della miscela, si può aggiungere un apposito additivo conservante, che aumenta la sua stabilità chimica fino a 24 mesi.

In alternativa, infine, sono disponibili sul mercato confezioni di miscele additivate già pronte o predisposte per una facile ed immediata preparazione, vendute dalle case costruttrici di decespugliatori e macchine simili. Il loro costo risulta più elevato di quello della miscela preparata in proprio.

In linea di massima è raccomandato l'uso di benzine con un numero di ottani non inferiore a 90 (la verde comunemente in vendita in Italia ha 95 ottani). Dove proprio non fosse disponibile un tipo specifico per motori a due tempi, qualche costruttore suggerisce di aggiungere olio di qualità SAE 30, che abbia ottime caratteristiche di detergenza e che si opponga efficacemente alla formazione di morchie e lacche, e alla deposizione di residui carboniosi sul pistone e sulle relative gole. Non si devono comunque utilizzare oli multigradi (per es. 10W30). In figura 4.17 si riporta la procedura di realizzazione della miscela [12].

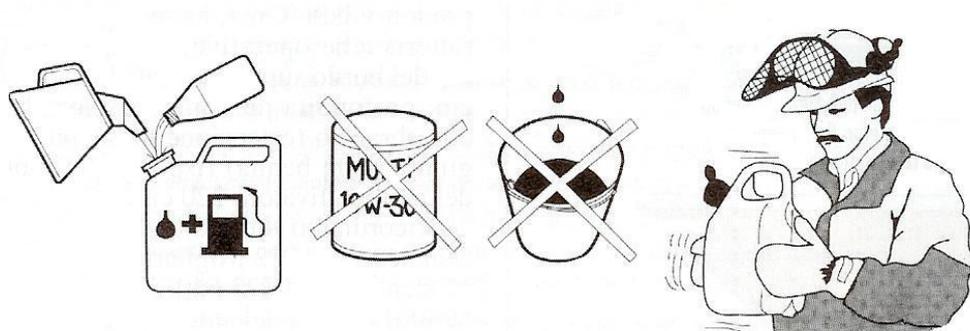


Figura 4.17 - Realizzazione della miscela

4.3 L'andanatura

Per quanto riguarda le macchine per l'andanatura, le soluzioni più diffuse prevedono sempre sistemi rotativi con rotori singoli o multipli, con bracci mobili per la presa, il trasporto e il rilascio del prodotto. Le andanatrici sono costituiti da un telaio di base, agganciato alla trattrice tramite l'attacco a tre punti sul quale sono poste delle giranti (da 2 a 8), composte ognuna da bracci sui quali sono montati gli utensili.

4.4 Operazioni che deve compiere l'addetto

Le operazioni che l'utilizzatore delle andatrici deve compiere variano a seconda del modello, tuttavia in generale l'operatore deve: agganciare la macchina "trainata" alla trattrice collegando il gancio di traino al timone della macchina; agganciare la macchina "portata" alla trattrice, collegando l'attacco a tre punti; predisporre la macchina per la fase di lavoro seguendo le istruzioni riportate nel manuale di uso e manutenzione; collegare i tubi idraulici, ove presenti, alle apposite prese d'olio della trattrice; innestare l'albero cardanico. Al termine della fase di lavoro, disinserire la presa di potenza della trattrice e predisporre la macchina per il trasporto su strada, seguendo le indicazioni riportate sul manuale di uso e manutenzione e rispettando il codice della strada. Tutte le operazioni di manutenzione, quali ingrassaggio, lubrificazione o sostituzione di organi lavoranti, devono essere effettuate con la macchina appoggiata a terra, la p.d.p. disinserita, il motore della trattrice fermo e la chiave di avviamento estratta dal cruscotto. Effettuare una accurata pulizia e lubrificazione prima del rimessaggio invernale.

4.5 I soffiatori portati a spalla

I soffiatori portatili a spalla sono macchine piuttosto diffuse ed ampiamente utilizzate nel mondo agricolo e in città. Essi sono dotati di un motore, generalmente a combustione interna, e hanno la specifica funzione di emettere un getto d'aria controllato e diretto dall'operatore tramite apposita impugnatura. Il flusso d'aria viene espulso da un lungo tubo rigido flessibile alla base, ciò per consentire una gamma completa di movimenti e facilitare il lavoro dell'operatore. I soffiatori portatili sono inoltre dotati di apposito comando di avviamento, di blocco e di grilletto acceleratore che consente di ottenere la velocità del motore desiderata. Due cinghie per le spalle assicurano che la macchina aderisca correttamente all'operatore. Inoltre, la parte della macchina che aderisce al corpo dell'operatore (zona dorsale) è generalmente provvista di imbottitura per evitare ferite o bruschi contraccolpi, e per diminuire le vibrazioni trasmesse durante le operazioni di lavoro. In figura 4.17 vengono descritte le varie parti che compongono un soffiatore.

Inoltre i soffiatori generalmente sono dotati di cuscinetti smorzanti, che hanno il compito di abbassare il livello di vibrazioni prodotte dal motore che altrimenti verrebbero trasmesse al corpo-intero e al sistema mano-braccio.

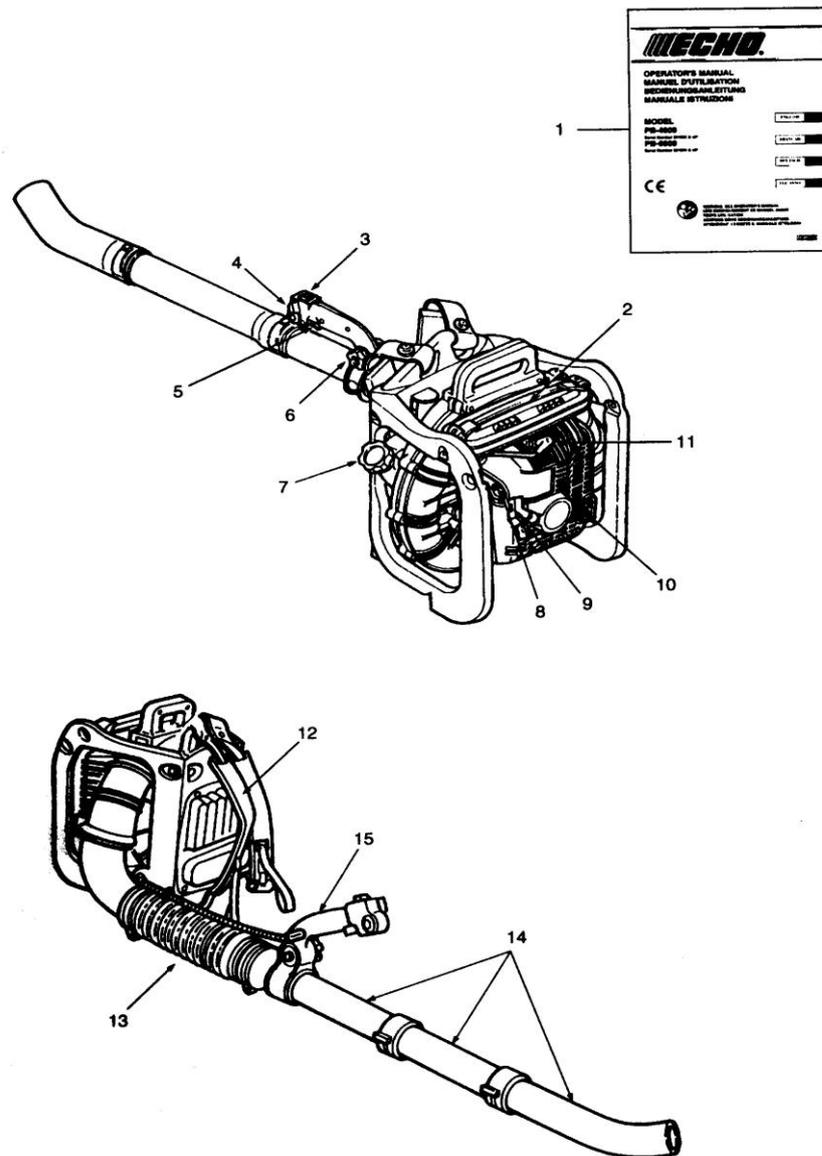


Figura 4.18 - Soffiatore spalleggiato

1 Manuale di Istruzione; 2 Carter filtro aria; 3 Interruttore accensione; 4 Leva posizione acceleratore; 5 Grilletto acceleratore; 6 Pomello di blocco; 7 Tappo serbatoio carburante; 8 Primer; 9 Pomello avviamento; 10 Carter marmitta; 11 Candela; 12 Cinghia per le spalle; 13 Tubo flessibile; 14 Tubi soffiatori; 15 Impugnatura.

I campi di utilizzazione del soffiatore portatile a spalla sono molteplici. Sicuramente l'uso più noto e diffuso è quello per la raccolta delle nocciole. I frutti, quando sono maturi, si staccano dalla pianta e si disperdono sul terreno sottostante. L'operazione di raccolta consiste nel riunire, con l'opportuno soffiatore portato a spalla, le nocciole in andane o cumuli; quindi con una aspiratrice o raccattrice meccanica si raccoglie il prodotto così concentrato. E' opportuno che il terreno sia ben livellato e compatto, oppure ricoperto da un sottile e fitto tappeto erboso, per facilitare la raccolta e limitare la produzione di polvere. Nel periodo della raccolta delle nocciole, dalla terza decade di agosto fino alla fine di settembre, gli operatori che utilizzano i soffiatori sono sottoposti a turni lavorativi molto lunghi, spesso ben oltre le otto ore, per cui l'aspetto igienistico e di prevenzione del lavoratore assume una primaria importanza. [30]



Figura 4.19 - Soffiatore spalleggiato settembre 2010

5 - LE MACCHINE RACCOGLITRICI

Il fattore che più ha contribuito a rilanciare la coltura del nocciolo è stato l'introduzione di macchine raccoglitrice o che agevolano la raccolta, riducendo sensibilmente i costi operativi. Il grado di meccanizzazione in fase di raccolta è in funzione dell'orografia del territorio: è modesto in coltivazioni di collina, soddisfacente in pianura. Nelle coltivazioni in collina, situate anche in zone impervie e a forte pendenza (Avellino), si usano scope metalliche per raccogliere le nocciole in mucchi, poi raccolte con aspiratrici a motore a spalle o con tubi di macchine aspiratrici trainate. Quest'ultime sono le più usate in piccole aziende. Terminata la raccolta, le nocciole vengono essiccate ancora all'aria dalla maggior parte delle aziende, con tutti i problemi legati alla qualità. Poche grosse aziende usano gli essiccatori, che sono indispensabili in condizioni di piovosità e umidità eccessiva. Presso le cooperative esistenti sono

disponibili centri attrezzati di essiccazione a servizio dei soci. Anche per l'essiccazione si va diffondendo l'attività per conto-terzi. [81]

Le macchine per la raccolta delle nocciole si distinguono in due categorie principali, a seconda del loro funzionamento:

- 1) Macchine raccoglitrice aspiratrici
- 2) Macchine raccoglitrice raccattatrici

Una seconda distinzione è quella che fa riferimento al tipo di auto-dislocamento: si hanno macchine trainate, quando vengono agganciate alla trattrice ed azionate dalla presa di potenza della stessa; portate, quando sono connesse alla trattrice tramite l'attacco a tre punti (hanno il vantaggio di lavorare con un solo operatore e con prodotto sparso sul terreno, con la riduzione o l'eliminazione dell'andatura); semoventi, che sono mezzi autonomi con un proprio motore per il movimento della macchina ed il suo funzionamento. Oggi sul mercato sono presenti macchine



Figura 5.1 - Classificazione delle macchine per la raccolta delle nocciole

5.1 Macchine aspiratrici

Nelle aspiratrici, sia trainate che semoventi, il prodotto raccolto viene convogliato in una camera di depressione e poi scaricato, tramite una valvola, in un convogliatore munito di ventilatore laterale. Il getto d'aria generato da tale ventilatore investe trasversalmente il prodotto grezzo mentre cade verso la parte inferiore del convogliatore, eliminando le foglie e le impurità più leggere miste ai frutti. Successivamente il prodotto è trasportato tramite una coclea in un crivello rotativo, composto da due vagli cilindrici concentrici e rotanti che provvedono alla cernita del prodotto. Sostituendo il doppio vaglio rotativo con uno dotato di fori di dimensione e

forma adeguati, si può adattare la macchina alla raccolta di differenti tipi di frutta in guscio. Infine il prodotto viene inviato pneumaticamente in sacchi o in carrelli trainati. L'aria di aspirazione usata per sollevare il prodotto passa attraverso uno o più cicloni cilindrici per l'abbattimento delle polveri. La corrente d'aria satura di polveri entra nella parte alta di questi dispositivi imbutiformi creando un moto vorticoso; per effetto centrifugo le particelle sospese strisciano sulle pareti, perdono velocità e cadono in basso; la dispersione a terra avviene per gravità attraverso valvole a pale gommate [14]. Nella macchina trainata, la raccolta avviene in genere grazie ad uno o più tubi flessibili e leggeri, con diametri compresi tra 100 e 140 mm, manovrati da operatori a piedi, che aspirano il prodotto disposto preventivamente in cumuli o andane. La potenza richiesta al trattore varia, a seconda dei modelli e delle loro grandezze, da un minimo di 20 kW ad un massimo di 60 kW. Nei modelli più diffusi, la trasmissione interna ai sistemi di aspirazione e pulizia è realizzata a mezzo di cinghie. Per alcune versioni di aspiratrici trainate è anche possibile montare un raccoglitore automatico laterale, sollevabile tramite un braccio idraulico, costituito da una testata con spazzole, analoga a quella della semovente. Tramite questo è possibile eliminare la movimentazione manuale dei tubi, limitando così l'impiego di manodopera. Per poter operare con le aspiratrici trainate, è necessario disporre di prodotto ammucchiato in cumuli o in andane, in modo da minimizzare i tempi di spostamento degli operatori a piedi che portano i tubi. Alcune ditte hanno proposto altri interessanti dispositivi, da applicare lateralmente o frontalmente alle tradizionali aspiratrici trainate. La ditta Pietracci ha realizzato un nastro spazzolatore, da montare anteriormente alla macchina, che convoglia il prodotto nella parte laterale dove viene aspirato [69].

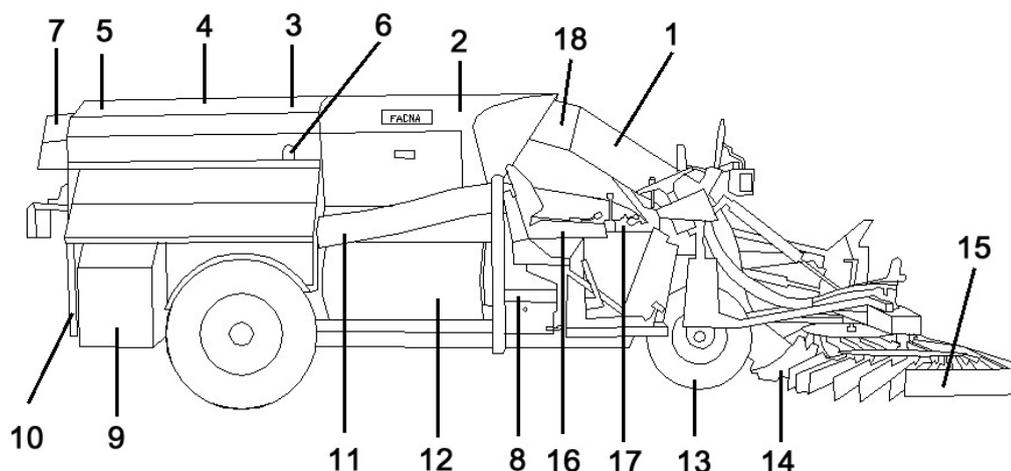


Figura 5.2 - Schema di funzionamento della aspiratrice semovente Cimina 300.

1 = tubo di aspirazione; 2 = camera di aspirazione; 3 = ventilatore per aspirazione e cicloni; 4 = ventilatore di spinta del prodotto; 5 = filtro aria motore; 6 = gancio di sollevamento; 7 = distributore per sacchi; 8 = batteria; 9 = serbatoio olio idraulico di circa 100 dm³; 10 = pedana portasacchi; 11 = tubo di spinta del prodotto; 12 = ventilatore defogliatore; 13 = ruota anteriore sterzante; 14 = testa del raccogliore frontale; 15 = raccogliore frontale; 16 = sedile posto di guida; 17 = freno di stazionamento; 18 = bocca per aggancio del tubo di aspirazione.
MONARCA D [71].

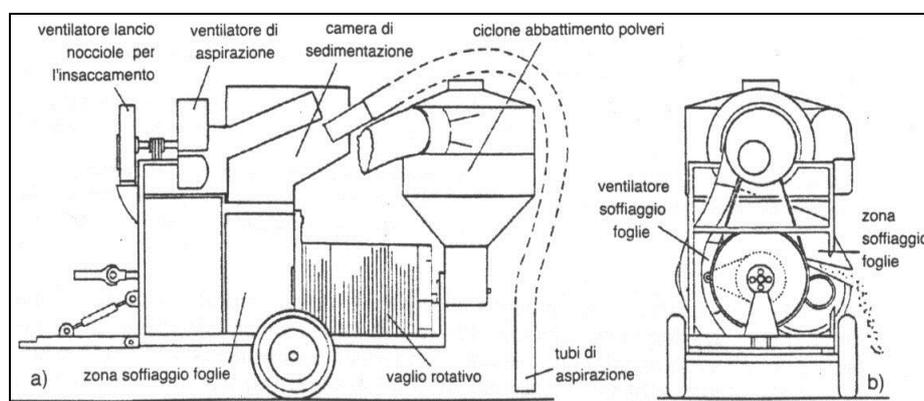


Figura 5.3 - Schema macchina aspiratrice trainata [14]

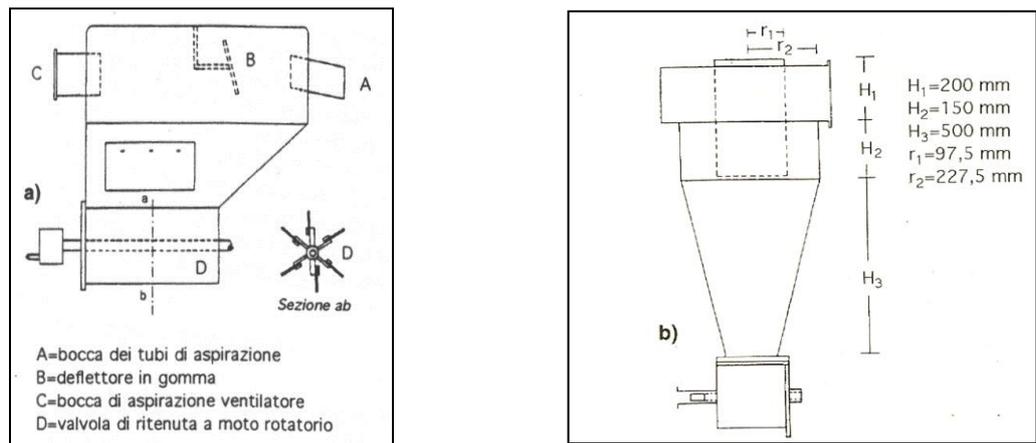


Figura 5.4 - Schema camera di sedimentazione a) e di un ciclone b) [14]

5.1.1 Aspiratrici trainate

Funzionano agganciando la macchina al trattore agricolo per mezzo del giunto cardanico, che quindi fornisce la potenza necessaria ad azionare gli organi meccanici.

La raccolta viene effettuata per mezzo di uno o più tubi flessibili (2-3) leggeri, manovrati da operatori a piedi che operano su cumuli o su prodotto a terra. Più frequentemente sono dotate di un raccogliitore laterale su braccio idraulico, che è costituito da una testata di raccolta, munita di spazzole, analoga a quella delle macchine semoventi.

L'impiego del raccogliitore laterale consente di aumentare notevolmente la produttività, a patto che il frutteto abbia spazi di manovra sufficienti a consentire l'impiego della Facma Cimina 300 T. La potenza richiesta varia da un minimo di 19 kw ad un massimo di 60 kw. I tubi di aspirazione da azionare a mano (1 o 2) hanno diametri da 100 a 140 mm. Entrambe le marche prevedono a richiesta il raccogliitore laterale ad azionamento idraulico.

Facma

La Facma produce la Cimina trainata in 4 modelli: 120T, 200T, 300T e 380T. Tranne la Cimina 120T, su tutti gli altri modelli è possibile montare il raccogliitore laterale su braccio idraulico, costituito da una testata con spazzole che opera idraulicamente tramite le prese a doppio effetto del trattore.



Figura 5.5 - Macchina trainata Facma Cimina 120 T (gentile concessione Facma)

Le caratteristiche tecniche dei modelli Facma Cimina sono le seguenti (il valore inferiore è riferito alla 120T e quello superiore alla 380T) [56]:

Tabella 5.1 - Dati raccoglitrice trainate Facma Cimina

<i>Lunghezza m</i>	<i>Larghezza m</i>	<i>Altezza m</i>	<i>Massa kg</i>	<i>Potenza richiesta kw</i>	<i>Ø tubi aspirazione mm</i>	<i>capacità di lavoro nocciole kg/h</i>
3,00/ 5,74	1,30/ 1,77	1,76/ 1,77	420/ 1100	22/ 60	100/ 140	200/ 900

Monchiero

La ditta cuneese produce 4 modelli: MR30, MR40, MR50 e MR 60. Anche su queste macchine può essere montato il raccoglitore laterale.

Le caratteristiche tecniche di questi modelli sono riportati nella tabella seguente [56].

Tabella 5.2 - Caratteristiche raccoglitrice trainate ditta Monchiero

<i>Lunghezza m</i>	<i>Larghezza m</i>	<i>Altezza m</i>	<i>Massa kg</i>	<i>Potenza richiesta kw</i>	<i>Ø tubi aspirazione mm</i>	<i>capacità di lavoro nocciole kg/h</i>
3,25/ 3,95	1,30/ 1,60	1,70/ 2,00	430/ 780	19/ 42	100/ 140	800/ 2000



Figura 5.6 - Macchina aspiratrice trainata serie MR (gentile concessione ditta Monchiero)

5.1.2 Aspiratrici semoventi

Queste macchine, di cui è leader in Italia e nel mondo la Facma, sono dotate di un sistema di propulsione a due o tre ruote motrici con trasmissione idraulica. La ruota motrice anteriore consente alla macchina di lavorare su terreni scoscesi o in pendenza. Sono caratterizzate dal fatto di richiedere per il loro utilizzo un solo operatore.

Costruttivamente queste macchine sono costituite da un telaio portante in acciaio sagomato tubolare che supporta le apparecchiature di trazione e di guida, i sistemi di aspirazione ed insaccamento del prodotto.

La raccolta avviene per mezzo di una testata di brevetto Facma, costituita da una coppia di rotori anteriori su cui sono presenti le spazzole. Queste, ruotando in senso contrapposto, spingono i frutti verso il tubo di aspirazione sito in posizione centrale su una slitta metallica regolabile in altezza.

I frutti passano poi agli organi di cernita con i quali si realizza la pulizia del prodotto. Questo viene poi convogliato o in sacchi, che richiedono però manodopera e tempi aggiuntivi per la loro movimentazione (peso di circa 60-70 kg), o più funzionalmente in cassoni montati posteriormente in grado di contenere dai circa 0,4-0,45 t, il cui contenuto può essere poi riversato (essendo il cassone elevabile e ribaltabile) in un rimorchio agricolo.

La testata di raccolta può spostarsi orizzontalmente sul lato sinistro per mezzo di un pistone idraulico, consentendo di regolare la macchina anche per consentire la raccolta in appezzamenti con sesti meno favorevoli, e di raccogliere il prodotto nell'interfila e sottochioma. Un soffiatore laterale consente di spostare i frutti verso il centro dell'interfila, in modo da raccogliere completamente il prodotto. Le caratteristiche tecniche di questi modelli sono riportati nella seguente tabella.[56].

Tabella 5.3 - Dati raccoglitrice semoventi FACMA CIMINA

<i>modello</i>	<i>Lunghezza m</i>	<i>Larghezza m</i>	<i>Larghezza raccoglitrice m</i>	<i>Altezza m</i>	<i>Massa Kg</i>	<i>Potenza richiesta kW</i>	<i>capacità di lavoro noccioline kg/h</i>
160s	4,80	1,53	2,3	1,53	1.450	27	500
180s	4,80	1,65	2,3/2,5	1,60	1.800	30,5	600
200s	5,20	1,64	2,3/2,5	1,60	2050	50	650
300s	5,76	1,70	2,5/3,5	1,70	2.330	61	1000
380s	5,74	1,77	2,5/3,5	1,76	2.400	61	1400



a



b

Figura 5.7 – Facma: a) Cimina 300; b) Cimina 380 (Langhe settembre 2010)



Figura 5.8- Facma Cimina 300 e Cimina 380 (Langhe settembre 2010)

5.1.3 Aspiratrici portate

La ditta Chianchia di Cherasco (Cuneo) è, per quel che si ha conoscenza, l'unica ditta che produce modelli di aspiratrici portate. Sono macchine di peso e dimensioni ridotte, utilizzabili a seconda dei modelli da trattori di piccola o media potenza, e con i modelli più piccoli con motocoltivatori.

La ditta è anche l'unica ditta che produce modelli di aspiratrici portate anche in versione carrellata, utilizzabili anche per altra frutta in guscio (castagne, noci, mandorle, ecc..).

I dati tecnici della serie EU 2000 evidenziano che queste macchine sono adatte ad un utilizzo da parte di piccole medie aziende [56]

Tabella 5.4 - Dati raccogliatrici semoventi FACMA CIMINA

<i>Lunghezza (m)</i>	<i>Larghezza (m)</i>	<i>Altezza (m)</i>	<i>Massa (kg)</i>	<i>Potenza consigliata (kw)</i>	<i>capacità di sollevamento richiesta al trattore (kg)</i>	<i>capacità di lavoro nocciole (kg/h)</i>
1,100	1,70	1,53	300	26	800	500



Figura 5.9 - Raccogliatrice Chianchia serie EU 2000 (gentile concessione ditta Chianchia)

La Chianchia produce anche modelli utilizzabili per piccole quantità, adatte alla raccolta dei frutti in appezzamenti disagiati. Il frutto raccolto viene indirizzato – come si vede dall’immagine seguente – in semplici cassette di plastica. La capacità di raccolta oraria è quindi limitata [56].



Figura 5.10 - Modello K530 per trattore (gentile concessione ditta Chianchia) [56]



Figura 5.11 - Modello K380 per motocoltivatore (gentile concessione ditta Chianchia)[56]

5.2 Macchine raccattrici

Le raccattrici effettuano la raccolta dei frutti tramite spazzole in grado di sollevarli e lanciaarli su nastri caricatori o coclee di trasferimento verso gli organi di cernita. Il frutto viene a contatto con organi in movimento, che possiedono una certa energia cinetica; perciò particolare attenzione va rivolta alla riduzione dei danni arrecabili al prodotto. Queste macchine sono adatte alla raccolta di tutti i tipi di frutta in guscio, in particolare per quelli con gusci più consistenti, come nocchie o mandorle. Le raccattrici hanno bisogno di un terreno piatto, poiché le spazzole raccoglitrice lavorano male in presenza di avvallamenti o buche del terreno [14].

5.2.1 Raccattrici trainate

Le raccattrici trainate sono particolarmente indicate per aziende medio-piccole, fino ad una superficie massima di 5-6 ha. Queste macchine hanno raggiunto un buon livello di funzionalità e di capacità di raccolta, anche se il cantiere di raccolta (trattore-raccattrice-carrello) può risultare di difficile manovrabilità in frutteti stretti, in pendenza e privi di capezzagne. Le macchine trainate operano su un fronte di raccolta abbastanza limitato, larghezza massima di 150 cm, e necessitano che il prodotto sia preventivamente andanato. Le raccattrici semoventi hanno avuto una larga diffusione in Italia a partire dagli anni '90, quando hanno raggiunto livelli di funzionalità tali da poter competere con le aspiratrici per prestazioni, affidabilità e qualità del prodotto ottenuto. Il rischio di danneggiamento dei frutti, che ne aveva in precedenza limitato l'impiego, soprattutto per le castagne, è stato risolto con la messa a punto di modelli specifici [14]. La raccattrice trainata californiana Weiss Mc Nair è diffusa in Italia

soprattutto per la raccolta delle noci e negli USA per la raccolta di ogni tipo di frutta in guscio (noci, nocciole, mandorle). Il modello California Special possiede una testata di raccolta costituita da un rotore orizzontale a spazzole, disposto trasversalmente alla direzione di avanzamento della macchina. Le spazzole convogliano la maggior parte del prodotto verso il primo nastro di caricamento, largo 120 cm, disposto al centro della macchina, che assolve alla duplice funzione di sollevare il prodotto verso un successivo nastro di pulizia e di spingere il prodotto, rimasto ancora a terra, verso le spazzole anteriori. Le noci passano quindi su un nastro a maglie metalliche, che funge da vaglio, separandole dalle impurità più grossolane (terra, sassi, residui legnosi) e riversandole su una griglia. Al momento della caduta i frutti sono investiti da un getto di aria che allontana le impurità più leggere (foglie, malli, gusci, ecc.). I frutti puliti sono stoccati in un carrello trainato dalla stessa macchina, mentre tutte le impurità sono espulse attraverso una o due bocche laterali, sfruttando l'aria dello stesso ventilatore di pulizia. La macchina richiede un trattore con una potenza di almeno 50 kW e ha una larghezza operativa di 120 cm, per cui è opportuno andanare preventivamente le noci. La versione California Special 9800, dotata di spazzole anteriori andatrici, raggiunge una larghezza operativa leggermente superiore (150 cm), ma richiede un trattore di almeno 63 kW di potenza. In Italia macchine raccattrici trainate sono prodotte dalla ditta Agrintem di Soriano nel Cimino in provincia di Viterbo; il principio di funzionamento è simile a quello della semovente prodotta dalla stessa ditta e descritto in seguito. La Agrintem si è specializzata nella costruzione di raccattrici semoventi (denominate Perla), che si differenziano per potenza (29-44 kW) e larghezza di lavoro (2-2,5 m). Le raccattrici Perla hanno trasmissioni idrauliche e si muovono su tre ruote, con la direttrice disposta posteriormente. La testata di raccolta è costituita da una coppia di spazzole elastiche, ruotanti intorno ad assi orizzontali, posti leggermente inclinati rispetto alla direzione di avanzamento. Le spazzole sono disposte trasversalmente rispetto all'asse longitudinale della macchina in modo da convogliare i frutti verso un rotore orizzontale posto al centro della macchina. Il rotore lancia i frutti su un nastro trasportatore grigliato, posto in posizione ventrale e inclinato di 35° rispetto al piano orizzontale. Il nastro permette una prima cernita, con eliminazione di terriccio e sassi, e solleva il prodotto fino ad un punto di caduta, dove un getto di aria, generato da un ventilatore, allontana le foglie, le cupole vuote, i ricci e le altre impurità leggere. Il prodotto cade su un piccolo nastro grigliato trasversale rispetto al precedente, dove è soggetto ad un'ultima cernita con la separazione dei sassi e delle impurità residue. Il

prodotto pulito viene infine trasportato sul lato sinistro, alla bocchetta di insacchettamento, da dove viene inviato pneumaticamente al carrello trainato dalla semovente. La trasmissione degli organi di pulizia ed insaccamento avviene tramite cinghie a sezione trapezoidale, mentre gli altri organi sono azionati oleodinamicamente, con moto regolabile tramite pompe a portata variabile. La macchina ha un avanzamento idrostatico su tutte e tre le ruote motrici e può operare anche su terreni ripidi. Oltre al guidatore, necessita di un ulteriore addetto se in presenza di rami sul terreno (castagneti); nei nocioleti, per una maggiore velocità di avanzamento, si può eliminare l'andanatura preliminare e raccogliere con due passate ciascuna fila (ad esempio con sestri 5x5 m). La Perla 55 è stata messa a punto anche per la raccolta delle castagne, grazie ad alcune modifiche all'apparato di raccolta e di lancio anteriore, alla adozione di pneumatici ad aderenza migliorata e all'inserimento di un ulteriore nastro di scarico (al posto del sistema pneumatico) che provvede a depositare delicatamente le castagne nel carrello (Monarca *et al.*, 2003). La californiana Weiss Mc Nair produce due serie di raccattatrici semoventi abbastanza simili. Il modello Magnum, identico nel funzionamento alle trainate California Special descritte in precedenza, è dotato di un motore diesel turbocompresso John Deere di 93 kW. Le trasmissioni ai vari organi (rullo raccoglitore, ventilatore d'aspirazione, nastri di trasporto e cernita) sono idrauliche. I modelli della serie Ramacher ricalcano, nel principio di funzionamento, i modelli trainati e il modello Magnum; tuttavia differiscono per la presenza di una testata raccoglitrice costituita da una coppia di rotori orizzontali controrotanti, che servono a sollevare il prodotto verso il nastro di trasporto grigliato. Da poco comparse sul mercato, le raccattatrici portate hanno riscontrato negli ultimi anni un buon successo in aziende di medie e piccole dimensioni, grazie al costo contenuto e alla facilità di utilizzo. La più diffusa raccoglitrice portata è la "Jolly 1800", della ditta GF di Sutri (Viterbo), che si aggancia all'attacco, a tre punti, anteriore del trattore. Il telaio portante, in lamiera di acciaio saldata, supporta la scatola di trasmissione collegata alla presa di potenza del trattore tramite un albero cardanico. La trasmissione del moto alla testata è di tipo meccanico (tramite catene), mentre il ventilatore dei sistemi di pulizia e di carico è mosso tramite cinghie trapezoidali. La testata, larga 1,80 m, è composta da una spazzola rotante disposta frontalmente, e trasversalmente, alla direzione di avanzamento. Nella versione più recente la macchina è corredata di una spazzola andanatrice laterale, che accompagna verso la prima i frutti da raccogliere. La spazzola di raccolta, costituita da pettini a denti di plastica flessibili, ruota in senso opposto a

quello delle ruote, e, lambendo il terreno, solleva e lancia il prodotto verso una coclea di trasferimento orizzontale, dotata di palette elicoidali in gomma, che convoglia lateralmente i frutti raccolti e gli elementi estranei (terriccio, foglie, cupole, sarmenti) verso l'estremità d'uscita. Durante il movimento, il prodotto si trova a contatto con una sottostante serie di rulli defogliatori metallici, che sbriciolano le foglie e il terriccio rilasciandolo sul terreno. All'uscita della prima camera di lavoro una serie di palette, inserite sullo stesso albero della coclea, alimenta le camere successive, dove agiscono una seconda e una terza coclea di pulizia. Queste separano il prodotto rispettivamente dalle componenti più grossolane (materiale pietroso e legnoso), e dai materiali più fini ancora presenti. Alla fine i frutti sono convogliati pneumaticamente, attraverso un tubo di collegamento in materiale plastico flessibile, al gruppo portasacchi o al rimorchio posteriore [69].

Agritem

L'azienda produce raccoglitrice trainate e semoventi basate sullo stesso principio di funzionamento: la trainata è azionata tramite l'albero cardanico del trattore e non consente di impiegare spazzole andanatrici.

La macchina viene collegata al gancio di traino del trattore e ha una larghezza di lavoro di 1 metro.



Figura 5.12 - Raccattrice portata Agritem (gentile concessione ditta Agritem) [59]

La testata di raccolta è costituita da una coppia di spazzole elastiche ruotanti intorno agli assi orizzontali posti leggermente inclinati rispetto alla direzione di marcia (l'inclinazione può essere regolata con l'impiego di un martinetto idraulico collegato alla presa idraulica della trattrice). Il rotore investe quindi il prodotto e lo lancia sul nastro trasportatore posto in posizione centrale inclinato di 35° rispetto al piano

orizzontale. Da qui il prodotto inizia un percorso di cernita con la progressiva eliminazione delle impurità ed il conferimento finale del prodotto all'insaccatore.

5.2.2 Raccattatrici semoventi

Le funzionalità di queste macchine, dopo che i produttori hanno risolto il principale difetto costituito, soprattutto per le castagne, dal danneggiamento del prodotto, sono tali da porsi in competizione con le aspiratrici semoventi. L'avanzamento di queste macchine è di tipo idrostatico su tre o quattro ruote motrici.

Le principali aziende italiane che producono questo tipo di macchine, sono l'AGRINTEM di Soriano al Cimino (Viterbo) e MONCHIERO di Pollenzo (Cuneo), che hanno modelli di raccattatrici semoventi con funzionalità simili, in quanto il frutto viene sollevato meccanicamente da terra con l'ausilio di spazzole anteriori ruotanti (sistema pick-up).

Da citare anche il prototipo (esposto tra le novità tecniche 2006 all'EIMA di Bologna) della ditta costruttrice G.F costruzioni Macchine Agricole, la Super Jolly 4x4 (a 4 ruote motrici).

Agritem

La raccolta avviene mediante le spazzole laterali che, secondo i terreni, possono essere di gomma, rigida o a pettine.

Le principali parti meccaniche sono le spazzole laterali, il rullo d'imbocco, il raccoglitore, il nastro trasportatore, il nastrino trasversale, e il defogliatore e l'insaccatore.

Le nocciole sono spinte nel rullo d'imbocco al centro della macchina ove è situato l'organo di raccolta, e poi raggiungono il nastro trasportatore (formato da palette) che, girando sul tratto grigliato sottostante, dà inizio alla prima cernita. Contemporaneamente viene scaricato il primo terriccio; quindi le nocciole sono condotte al punto di caduta con conseguente defogliazione.

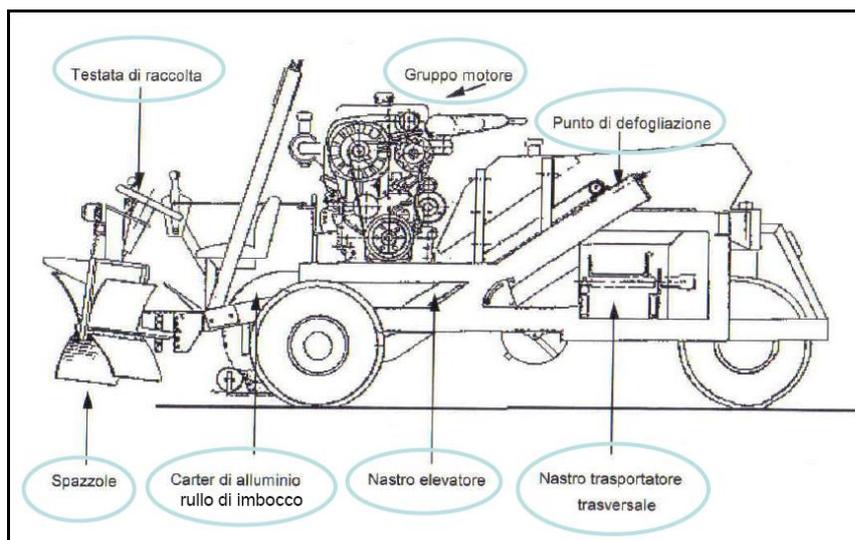


Figura 5.13 - Schema di funzionamento raccattrice Perla della Agrintem

Mentre le nocchie cadono sono investite da una grossa quantità d'aria, emessa dal ventilatore, che consente l'eliminazione d'impurità. Per ultimo trovano un nastro trasversale che, essendo posto al disopra di una griglia, esegue un'ultima cernita per separarle dai sassi. L'insaccatore può essere meccanico, se gli viene applicato un nastro, oppure pneumatico (se ad aria forzata). L'AGRI.NT.EM. consiglia l'insaccatore meccanico per la raccolta dei marroni allo scopo di evitare che i frutti vengano graffiati.

L'avanzamento della macchina è idrostatico su tre ruote motrici con blocco differenziale, che consente di operare in cantieri di lavoro molto ripidi, che assicura aderenza continua al terreno e quindi maggiore sicurezza anche in condizioni estreme. Permette anche di scegliere la velocità di lavoro agendo su un'apposita leva di comando [7]

Tabella 5.5 - Dati tecnici Perla 55

<i>Lunghezza m</i>	<i>Larghezza di lavoro m</i>	<i>Altezza m</i>	<i>Massa kg</i>	<i>Potenza kw</i>	<i>motore diesel cc</i>
4,500	1,84	1,96	2000	44	3000



Figura 5.14 - Raccattrice Perla 55 (gentile concessine Agrintem)

L'azienda produce il modello Perla in tre versioni, i cui dati tecnici sono di seguito riportati:

- Perla 55, motore da 44 kW e larghezza di lavoro di 2,5 metri
- Perla 55/4 motore da 59 kW e larghezza di lavoro di 2,5 metri
- Perla 35 motore da 29 kW e larghezza di lavoro di 2,0 metri.

Monchiero

Simile, come principio di funzionamento, a quello della ditta Agri.nt.em, le macchine della ditta Monchiero offrono contenuti tecnologici elevati conferendo a queste macchine una grande affidabilità. La raccattrice ha una testata di raccolta con due spazzole laterali andanatrici, sollevabili e richiudibili (in gomma rigida o a pettine in materiale plastico a seconda dei modelli) e un doppio pick-up centrale che poggia su due ruote ad altezza regolabile, e piroettanti per adattarsi ai dislivelli del terreno. E' costituito da due rulli controrotanti a spazzole lamellari: il primo intercetta le nocciole e le lancia verso il secondo, che provvede a sua volta a inviarlo su un nastro di caricamento a barre trasversali in gomma alla sottostante griglia. Il nastro mosso idraulicamente ha la doppia funzione di portare il materiale nella parte posteriore del mezzo e di eseguire una prima cernita allontanando le impurità di piccole dimensioni. Un ventilatore situato all'uscita dal nastro separa i frutti dalle parti più leggere (foglie, rametti, erba). Dopo il ventilatore è posto un vaglio vibrante ed un secondo nastro che opera un'ulteriore cernita del prodotto. Poi un terzo nastro trasporta le nocciole al contenitore portato posteriormente dalla macchina [7].

Il cassone di stoccaggio è provvisto di meccanismo idraulico per lo scarico del prodotto, viene così eliminato il problema di dover collegare alla macchina rimorchi o carrelli.

I modelli di raccattatrici semoventi della Monchiero sono 4: 2060, 2070, 2090 e 20125.



Figura 5.15 - Raccattatrice semovente mod. 20125 (gentile concessione ditta Monchiero)



Figura 5.16 - Raccattatrice semovente mod. 2060 (per gentile concessione ditta Monchiero)

Queste macchine, le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella sottostante figura, hanno motori diesel con potenze da 44 a 93 kW, con larghezze di lavoro variabile da 2,15 a 3,05 metri.

5.2.3 Raccattatrici portate (o semiportate)

Questa tipologia di macchine, dopo la loro comparsa, hanno avuto una buona diffusione nelle piccole-medie aziende, coniugando, ad un costo contenuto, produttività, economicità e facilità di utilizzo.

L'applicazione al trattore avviene mediante l'attacco anteriore a tre punti. Le macchine presentano un appoggio al suolo: per questo motivo è forse più corretto classificarle come semi-portate.

La principale azienda produttrice è la GF Costruzione Macchine Agricole di Sutri (Viterbo) con le macchine Jolly. Altri modelli che ricalcano, pur con delle differenze, il funzionamento della Jolly sono prodotti dalla Rivrmec di Neive (Cuneo) con la Smart e dalla Giampi di Corchiano (Viterbo) e la Giemme di Caprarola (Viterbo).

GF – modelli JOLLY

I due principali modelli della GF Costruzioni Macchine Agricole sono i Jolly 1800 e 2800. Oltre a questi sono a listino il 1500 ed il 2800.

Il funzionamento di queste macchine si basa sulla presenza di una spazzola rotante di raccolta del prodotto a terra, disposta frontalmente e trasversalmente alla direzione di avanzamento, e di più camere di lavoro separate tra loro, che provvedono alla pulizia del prodotto stesso tramite dispositivi meccanici. A lato della macchina può essere montata una spazzola per la raccolta sottochioma del prodotto.

Sul fronte della macchina è presente una paratia mobile che provvede a chiudere sui due lati la camera di rotazione della spazzola di raccolta, per impedire la fuoriuscita di frutti verso l'esterno.

Le Jolly presentano una capacità oraria di raccolta che varia da 1,2/1,5 a 2,5/2,6 t. Sono caratterizzate da un consumo ridotto, in quanto il trattore lavora a bassi regimi (1200-1300 giri/minuto) [59].

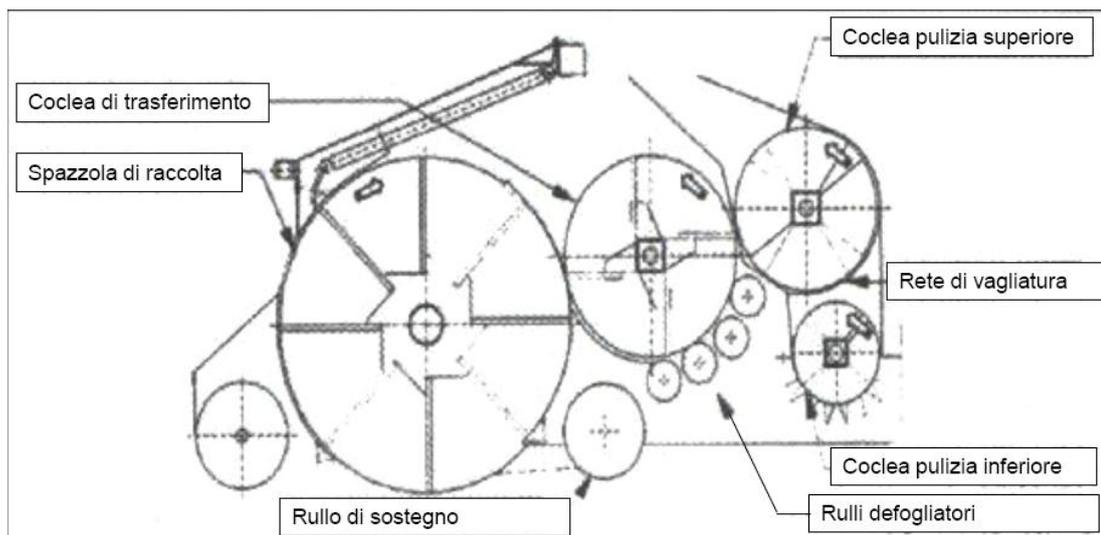


Figura 5.17 - Schema di funzionamento raccattrice Jolly.



Figura 5.18 - Raccattrice semiportata JOLLY 1800 (gentile concessione GF)

La raccolta può essere fatta anche su terreni inerbiti o con fogliame. L'azienda dichiara una percentuale di pulizia del prodotto raccolto del 98,64%, con una percentuale di gusci rotti dello 0,13%.

La Jolly può essere accoppiata a qualsiasi trattore reversibile (l'azienda ritiene ideale quello con il TRX di Carraro) o su qualsiasi altro trattore, mediante un apposito kit idraulico composto da serbatoio olio, pompa, moltiplicatore e radiatore.

La differenza sostanziale dei modelli Jolly 1500 e 2500 rispetto alle raccattrici 1800 e 2800 consiste nella minore di lavoro (teorica) di 30 cm (1,5 m anziché 1,80).



Figura 5.19 - Particolare kit idraulico JOLLY 1800 montato su trattore Carraio

Nella tabella seguente sono stati riportate le principali caratteristiche tecniche delle raccogliatrici JOLLY della GF.

Tabella 5.6 - Dati tecnici e prestazioni Jolly 1800 e 2800

<i>modello</i>	<i>Lunghezza (m)</i>	<i>larghezza massima (m)</i>	<i>Larghezza di lavoro teorica (m)</i>	<i>Larghezza di lavoro effettiva (m)</i>	<i>Altezza (m)</i>	<i>Massa (kg)</i>	<i>Potenza richiesta p.d.p.</i>	<i>consumo gasolio (kg/ora)</i>	<i>capacità operativa (ha/ora)</i>	<i>produzione fittiva (t/ora)</i>	<i>tempo effettivo lavoro</i>
1800	2,06	1,51	1,8	1,7	0,96	530	11,4	2,17	0,31	1,42	2,63
2800	2,06	1,51	1,8	1,7	0,96	530	12,5	4,00	0,38	2,63	2,48

RIVMEC

La ditta cuneese produce un modello con caratteristiche simili alla Jolly, commercializzato con il marchio SMART 1800.



Figura 5.20 - Macchina raccoglitrice Rivmec, trattore A. Carraro guida reversibile mod. TRX 7400, cassone per stoccaggio e scarico (gentile concessione ditta Chianchia)

La raccattatrice è applicabile a trattori reversibili, trattori da frutteto con sollevatore anteriore e presa di potenza e su ogni altro trattore mediante un apposito kit idraulico. L'impiego di un cassone di stoccaggio montato posteriormente al trattore consente di eliminare i sacchi di juta, consentendo la raccolta mediante un solo operatore.



Figura 5.21 - Smart 1800 al lavoro nelle Langhe (agosto 2006 e 2007)

GIAMPI

La Giampi produce le raccoglitrici Star 1500 e Star 2000, la prima in due e la seconda in quattro modelli. La macchina, applicabile a trattori reversibili e monodirezionali tramite l'attacco a tre punti, differisce dalle altre macchine per l'entrata del prodotto. Questa avviene mediante spazzole o scopa disposta parallelamente al

senso di marcia, con un movimento quindi ortogonale alla direzione del mezzo. La “scopa” spazzola progressivamente il terreno adattandosi alle imperfezioni della superficie, mentre una regolazione idraulica permette di sollevare le ruote della macchina nel caso in cui il terreno lo richieda, cioè in condizioni di umidità o erboso. Le nocchie vengono andanate nella parte destra della macchina e fatte salire verso la parte superiore della scocca per poi farle ricadere al disopra di un nastro trasportatore in materiale plastico che a sua volta le invierà nella camera di pulizia, dove una coclea gommata le farà scorrere sopra il crivello forato per la cernita ed il conseguente invio nel contenitore di stoccaggio per mezzo di un ventilatore [7].



Figura 5.22 - Raccattrice portata mod. STAR 2000 ditta GIAMPI di Corchiano (VT) su trattore con guida reversibile

Tabella 5.7 - Dati tecnici mod. Star della Giampi

DATI TECNICI		GIAMPI STAR 1500	GIAMPI STAR 1500 - I	GIAMPI STAR 2000 - C	GIAMPI STAR 2000 - CI	GIAMPI STAR 2000 - L	GIAMPI STAR 2000 - LI
Dimensioni	cm	150x100x157	150x100x157	225x100x157	225x100x157	250x100x157	250x100x157
Attacco al trattore		posteriore	anteriore	posteriore	anteriore	posteriore	anteriore
Attacco a tre punti		1° e 2° cat.	1° e 2° cat.	1° e 2° cat.	1° e 2° cat.	1° e 2° cat.	1° e 2° cat.
Trasmissione		meccanica	idraulica	meccanica	idraulica	meccanica	idraulica
Potenza trattore	hp	10 ÷ 15	10 ÷ 15	10 ÷ 15	10 ÷ 15	10 ÷ 15	10 ÷ 15
Velocità media di raccolta*	km/h	1 ÷ 4	1 ÷ 4	1 ÷ 4	1 ÷ 4	1 ÷ 4	1 ÷ 4
Produzione oraria media*	q.LI/h	7 ÷ 15	7 ÷ 15	7 ÷ 15	7 ÷ 15	7 ÷ 15	7 ÷ 15
Tempo di raccolta per ettaro*	h	2 ÷ 3	2 ÷ 3	2 ÷ 3	2 ÷ 3	2 ÷ 3	2 ÷ 3
Foro fuoriuscita frutti	ø (cm)	14	14	14	14	14	14
Peso	kg	550	550	642	642	660	660

PARTE SECONDA

LA VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO

NELLA CORILICOLTURA: MATERIALI E METODI

Osservando il ciclo produttivo del nocciolo sopra descritto, è possibile notare come l'agricoltore, che opera in questo settore, sia esposto a numerosi fattori di rischio, di diversa natura: fisica, chimica, biologica e meccanica. L'esposizione a determinati rischi è spesso associata al tipo di meccanizzazione impiegata durante tutto il ciclo di lavorazione delle nocciole fino al momento della raccolta; per tale motivo è bene fare una premessa sul tipo di meccanizzazione che si può impiegare in questo settore. La meccanizzazione in agricoltura sta subendo un'evoluzione esponenziale, più che mai nella corilicoltura. In questo settore si prevede l'impiego di macchine e attrezzature nelle fasi di: lavorazione del terreno, distribuzione di prodotti chimici (fertilizzanti, insetticidi etc.), spollonatura (decespugliatori con lame realizzate per tale funzione), andatura e raccolta dei frutti. In particolare la meccanizzazione della raccolta delle nocciole è in continua evoluzione. I produttori di tali macchine, grazie all'esperienza acquisita in campo, stanno cercando di realizzare macchine che si avvicinino il più possibile alle esigenze degli agricoltori.

I rischi che si possono manifestare durante il ciclo di produzione di un nocciolo, considerando un impianto in piena produzione, sono:

- di natura meccanica, derivanti da tutti gli organi in movimento delle macchine e trattori adoperati (albero cardanico);
- di natura fisica: rumore e vibrazioni trasmesse dalle macchine ed attrezzature adoperate;
- di natura chimica: polveri prodotte durante la lavorazione del terreno e durante la raccolta meccanizzata, prodotti chimici somministrati al nocciolo, e prodotti chimici impiegati nella meccanizzazione (lubrificanti e i carburanti);
- di natura biologica, in particolare nella fase di spollonatura gli operatori possono essere esposti a punture di insetti e morsi di piccoli mammiferi; derivanti dalla movimentazione manuale dei carichi: nella fase di spollonatura e nella fase di raccolta delle nocciole; questo dipende naturalmente dal tipo di macchina adoperato e quindi dalle modalità di stoccaggio del prodotto (in sacchi);
- derivanti da movimenti ripetitivi: tale rischio si può presentare nella fase di

spollonatura manuale;

- derivanti da stress, essendo la raccolta concentrata in un periodo breve dell'anno.

6 - RISCHI FISICI

6.1 Vibrazioni

È noto che l'esposizione umana a vibrazioni meccaniche può rappresentare un fattore di rischio rilevante per i lavoratori esposti. L'angiopatia e l'osteopatia da vibrazioni sono riconosciute come malattie professionali dalla Commissione dell'Unione e dalla Legislazione del nostro paese. La sola osteoangioneurosi da vibranti costituiscono in Italia la quinta causa di malattia professionale indennizzata dall'INAIL.

6.1.1 Le vibrazioni

Nella vita quotidiana siamo spesso esposti a diversi tipi di vibrazioni: nelle nostre case, in automobile, durante il lavoro ecc.

Infatti, poiché molti dei corpi solidi sono elastici, la maggior parte degli oggetti vibra (almeno leggermente) quando viene sottoposto ad un impulso. Le vibrazioni, secondo la definizione fisica, sono oscillazioni meccaniche generate da onde di pressione che si trasmettono attraverso i corpi solidi. L'oscillazione è il movimento che un punto mobile compie per ritornare alla posizione di partenza R[29]. Affinché sia possibile che si manifesti un moto vibratorio è necessario che del sistema faccia parte almeno un membro a cui attribuire caratteristiche elastiche, e che al sistema sia applicata almeno una forza (o una coppia) non costante, variabile nel tempo con legge periodica. La caratteristica elastica può essere individuata nella elasticità propria del materiale che costituisce il sistema di uno dei suoi membri; oppure in quella di un singolo elemento del sistema stesso (per esempio una molla). In generale tale caratteristica può sempre essere espressa da una costante elastica, indicata di solito con la lettera k (N/m) [48].

Quando si ha a che fare con sistemi reali è necessario tener conto anche di una caratteristica dissipativa; ossia quelle forze che si oppongono al moto stesso, ed il cui effetto è quello di limitare l'ampiezza del moto oscillatorio del sistema; esse vengono di

solito definite smorzatori. Il più comune è lo smorzatore di tipo viscoso in cui le forze che si oppongono al moto sono proporzionali alla velocità. In tal caso la caratteristica dissipativa del sistema: viene espressa da un coefficiente di smorzamento viscoso che si indica, in genere, con la lettera c .

Le caratteristiche fisiche delle vibrazioni sono definite dalla frequenza f , che rappresenta il numero di oscillazioni compiute in un secondo. L'unità di misura della frequenza viene espressa in hertz (Hz), dove $1 \text{ Hz} = 1$ ciclo al secondo [48]. Altra caratteristica importante è il periodo T , definito come il tempo necessario per compiere un ciclo completo, viene considerato come l'inverso della frequenza [48]. Il periodo viene, di solito, espresso in secondi (s).

$$F = 1/T \quad T = 1/f$$

Poiché parliamo di fenomeni oscillatori, bisogna interpellare altre due caratteristiche fisiche: la lunghezza d'onda e l'ampiezza A .

Questo, come detto sopra, perché per poter definire una vibrazione, è necessario definire il concetto di onda (poiché alla base di questi ultimi fenomeni vi sono proprio le vibrazioni). La lunghezza d'onda rappresenta la distanza tra due creste successive (espressa in m), dove per cresta intendiamo il punto più alto di un'onda periodica di tipo sinusoidale. L'ampiezza è, invece, la massima altezza di una cresta [48].

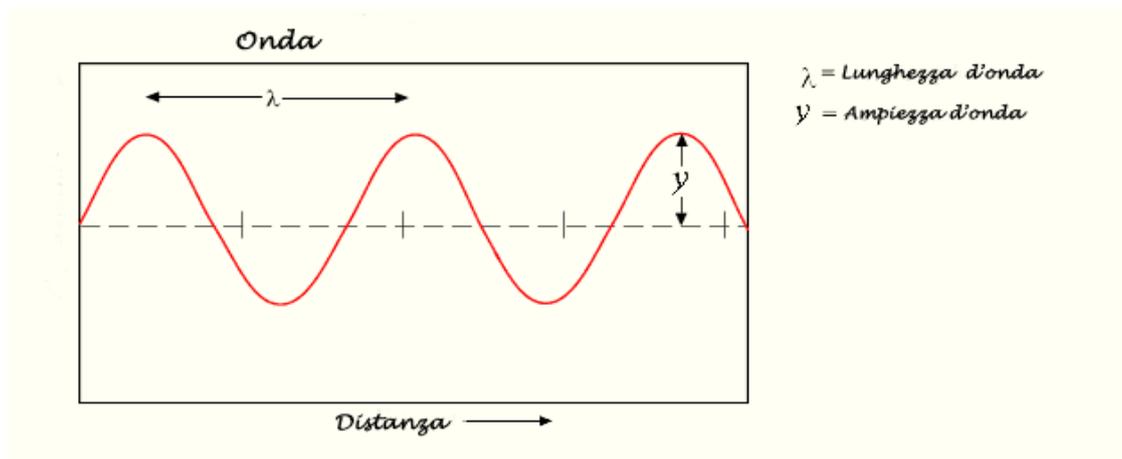


Figura 6.1 - esempio di onda e suoi parametri

Il moto vibratorio di un sistema dipende, in generale, da due particolari valori di frequenza: la frequenza naturale (o frequenza propria) che è quella con cui vibra un sistema che ha soltanto caratteristiche elastiche; la frequenza eccitatrice (o frequenza forzante) che agisce sul sistema con variabilità periodica. Quando i valori di tali

frequenze coincidono, si ha la condizione di risonanza, cui può corrispondere una maggiore ampiezza del moto vibratorio con possibile pericolo per la integrità del sistema. Si comprende, quindi, l'importanza della determinazione della frequenza naturale in un sistema vibrante [89]. Una classificazione delle vibrazioni porta a distinguere fra vibrazioni libere e vibrazioni forzate: si dicono vibrazioni libere quelle di un sistema che, allontanato, in qualche modo, dalla sua configurazione di equilibrio statico, viene lasciato libero di oscillare in assenza di azioni eccitatrici esterne; si dicono vibrazioni forzate quelle di un sistema sottoposto invece all'azione di azioni eccitatrici esterne. Si definiscono, infine, vibrazioni transitorie quelle la cui ampiezza varia nel tempo. In funzione degli effetti fisiopatologici sull'uomo, le vibrazioni vengono suddivise in tre principali bande di frequenza

- 0-2 Hz : oscillazioni a bassa frequenza, generate dai mezzi di trasporto (terrestri, aerei e marittimi);
- 2-20 Hz : oscillazioni a media frequenza, generate da macchine ed impianti industriali;
- ≥ 20 -30 Hz : oscillazioni ad alta frequenza, generate da un'ampia gamma di strumenti vibranti diffusi in ambito industriale.

6.1.2 Gli effetti delle vibrazioni sul corpo umano

L'energia di vibrazione viene trasmessa al corpo umano tramite il contatto con un utensile o una superficie vibrante; il nostro corpo ha la capacità di smorzare le oscillazioni riducendone così l'ampiezza. Nella posizione eretta gli arti inferiori smorzano le vibrazioni verticali mentre quelle orizzontali, che si trasmettono prevalentemente attraverso le mani, si riducono progressivamente nelle stesse, sui gomiti e sulle spalle.

Per poter valutare gli effetti delle vibrazioni sull'uomo bisogna considerare diversi parametri: l'intensità e la frequenza della vibrazione, la durata dell'esposizione, l'area di contatto con la vibrazione e l'accelerazione. L'accelerazione è il parametro più importante per la valutazione della risposta corporea alle vibrazioni. Questo perché l'uomo avverte più il variare di uno stimolo piuttosto che il suo perdurare [89]

Ogni parte del nostro organismo è caratterizzata da una frequenza propria, per cui anche le reazioni alle vibrazioni risultano differenti a seconda delle regioni interessate. Ad esempio la frequenza di risonanza degli organi addominali è di 4-8 Hz,

quella delle spalle è di 4-5 Hz, per la testa si ha una frequenza di 20-30 Hz, mentre per le gambe, a seconda dell'angolazione, si va dai 2 ai 20 Hz .

Le parti del corpo attraverso cui le vibrazioni fanno ingresso, sono le mani, quando si manovrano utensili o si opera su macchinari che vibrano. Anche piedi e natiche rappresentano parti anatomiche di ingresso, quando il soggetto è alla guida di un automezzo o si trovi in postura eretta su una superficie in movimento o su una piattaforma vibrante. Le problematiche che insorgono sul corpo umano, a causa delle esposizioni alle vibrazioni, sono di diversa entità e qualità. In generale la vibrazione può comunque essere causa di affaticamento, con progressiva riduzione delle capacità di svolgere un'attività. O può, essere causa principale o scatenante di patologie circolatorie a carico degli arti, specie superiori [19].

Nel corso degli anni, si è reso necessario differenziare la valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni, in due tipologie:

- *Vibrazioni dell'intero corpo – whole body vibrations (WBV);*
- *Vibrazioni del sistema mano-braccio – hand arm vibrations (HAV).*

Per vibrazione dell'intero corpo si intende una sollecitazione meccanica di natura oscillatoria che coinvolge il corpo umano nella sua totalità. Ciò è quanto avviene, ad esempio, su un mezzo di trasporto, su un trattore (a ruote o cingolato) nelle lavorazioni agricole, su mezzi di trasporto militari ed elicotteri. L'esposizione a questa tipologia di vibrazioni può comportare, per i lavoratori esposti, l'insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare ed anche, come segnalato da alcuni studi, alterazioni del distretto cervico-brachiale (disturbi a tale livello sono legati oltre che alle vibrazioni, anche a diversi fattori ergonomici, quali torsione e rotazione del capo, movimenti ripetitivi del sistema mano-braccio-spalla per azionare i comandi del veicolo), dell'apparato gastroenterico (disturbi digestivi per aumento dell'attività gastro-intestinale come gastrite ed ulcera peptica), del sistema venoso periferico (disturbi circolatori, quali emorroidi e varici negli arti inferiori legati, oltre che alle vibrazioni, anche alla prolungata postura assisa), dell'apparato riproduttivo femminile (disturbi del ciclo mestruale, processi infiammatori, anomalie del parto ed aborto spontaneo rilevati in donne esposte a vibrazioni con frequenze tra 40 e 55 Hz) e del sistema cocleo - vestibolare (con spostamento temporaneo della soglia uditiva alle alte frequenze) [89].

Per vibrazione del sistema mano-braccio si intende una sollecitazione meccanica di natura oscillatoria, che penetra nell'organismo attraverso le mani e le braccia, lungo le quali si propaga attenuandosi in maniera graduale.

Questa tipologia di vibrazioni coinvolge entrambi gli arti impegnati nella presa e nell'esercizio della lavorazione, ma l'interessamento non sempre è simmetrico.

In conseguenza dell'assorbimento progressivo dell'energia trasmessa dalla vibrazione da parte del tessuto osseo e dai muscoli, gli effetti della vibrazione del sistema mano-braccio, si esauriscono al livello dell'articolazione scapolo-omeroale o della colonna vertebrale cervicale [19].

Sono molti i processi lavorativi o gli attrezzi utilizzati nelle attività industriali o agricole (motoseghe, decespugliatori, motozappe, motocoltivatori, cesoie pneumatiche) che espongono alle vibrazioni gli arti superiori (soprattutto le mani) degli operatori.

L'esposizione alle vibrazioni, interessanti le mani, è facilmente riscontrabile in quelle attività che prevedono l'utilizzo di varie attrezzi sorretti e guidati a mano, che normalmente vengono impiegati durante svariate lavorazioni. Tali attrezzi sono muniti di un motore interno in grado di generare atti rotativi o percussivi.

È stato stimato che dal 1,7% al 3,6% dei lavoratori europei ed americani, sono potenzialmente esposti ai danni generati dall'esposizione alle vibrazioni trasmesse alle mani.

L'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili e/o da manufatti impugnati, è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo scheletriche a carico del sistema mano-braccio. L'insieme di tali lesioni è definito "sindrome da vibrazione mano-braccio" [19].

La componente vascolare della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud, definita "vibration-induced white finger" (VWF) dagli autori anglosassoni, altrimenti detta sindrome del dito bianco. Questo insorge dopo un'esposizione per circa 2-5 anni a vibrazioni con frequenze tra 40 e 300 Hz [21].

A questa sindrome si associa la perdita di sensibilità sulle dita delle mani che assumono inizialmente un colorito pallido e poi cianotico. Il soggetto avverte sensazione di freddo, fitte dolorose alle dita delle mani ed agli avambracci, riduzione della sensibilità tattile e termica e limitazione della capacità di manipolazione degli oggetti.

Le lesioni osteoarticolari sono di tipo cronico-degenerativo a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori. In particolare si rilevano:

- alterazioni trofiche ossee del carpo, metacarpo, delle epifisi distali del radio e dell'ulna: ad esempio la decalcificazione del carpo con danno del semilunare (malattia di Kienbok), o con danno dello scafoide (malattia di Kohler);
- alterazioni articolari e dei tendini, come artrosi delle mani, dei polsi, dei gomiti, delle spalle, del tratto di rachide cervicale e del I° tratto di rachide dorsale.

E' comunque importante comprendere che, tra le cause di queste affezioni, oltre alle vibrazioni giocano un ruolo rilevante anche fattori ergonomici quali postura incongrua, movimenti ripetitivi, elevata forza di prensione e di spinta sull'impugnatura degli utensili [66].

6.1.3 Normativa di riferimento

Il principale riferimento per la misurazione e per la valutazione del rischio di esposizione professionale alle vibrazioni rimane lo standard ISO5349:2004; la disciplina normativa di riferimento è dettata dagli articoli 199 e segg. del D.Lgs 81/08 che contengono le misure per la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori esposti o che possono essere esposti a rischi derivanti da vibrazioni meccaniche. Si intende per:

- *vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio*: le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici e muscolari.
- *Vibrazioni trasmesse al corpo intero*: vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano un rischio per la salute e per la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide.
- *Esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio $A(8)$ [ms^{-2}]*: valore mediato nel tempo, ponderato in frequenza, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di 8 ore.
- *Esposizione giornaliera a vibrazioni trasmesse al corpo intero $A(8)$ [ms^{-2}]*: valore mediato nel tempo, ponderato in frequenza, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa nominale di 8 ore (Masciocchi Pierpaolo-Agenti fisici, rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche EPC LIBRI settembre 2009)

Il D.Lgs 626/94: è stato introdotto nel 1994 in Italia per regolamentare la sicurezza sui luoghi di lavoro, a recepimento della Direttiva Quadro Comunitaria 89/391/CEE. Il decreto non fu il primo a regolamentare la sicurezza nei luoghi di lavoro, le cui principali leggi presenti sin dagli anni Cinquanta, ma superò l'approccio delle leggi precedenti, pur senza abrogarle formalmente [106].

Oggi il D.Lgs. n. 626/94 è stato abrogato D.Lgs. 81/08, il nuovo Testo unico sulla sicurezza sul lavoro. La principale novità introdotta dal D.Lgs. 626/94, in coerenza con concetti espressi nelle direttive CE in esso recepite, è l'obbligo della valutazione del rischio da parte del Datore di lavoro e l'introduzione di nuove figure, come il Servizio di Prevenzione e Protezione, e il Responsabile.

Il D.Lgs. 187/2005 del 19 agosto 2005: è un' attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche [35]. Esso introduce nella nostra normativa specifiche metodiche di individuazione e valutazione dei rischi associati all'esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio e del corpo intero e specifiche misure di tutela, L'articolo 4 del D.Lgs 187/05 prescrive in particolare l'obbligo, da parte dei datori di lavoro, di valutare il rischio da esposizione a vibrazioni dei lavoratori durante il lavoro, ed è previsto che la valutazione dei rischi possa essere effettuata sia senza misurazioni, sulla base di appropriate informazioni reperibili dal costruttore e/o da banche dati accreditate, sia con misurazioni, in accordo con le metodiche di misura prescritte da specifici standard ISO-EN [111]. I limiti di esposizioni fissati dal D.Lgs 187/2005 sono ripresi senza modifiche nel D.Lgs 81/2008, e verranno illustrati più avanti nel paragrafo relativo a tale decreto.

Legge 123/2007: pubblicata il 10 Agosto 2007 sulla Gazzetta Ufficiale n. 185, che conferisce al Governo il mandato di elaborare entro maggio 2008 un Testo Unico in materia di sicurezza del lavoro, introducendo: un'armonizzazione delle leggi vigenti; l'estensione della 626 a tutti i settori, tipologie di rischio e lavoratori autonomi e dipendenti; la versione del sistema sanzionatorio; l' introduzione di nuove misure per il contesto del lavoro nero, come ad esempio l'obbligo di indossare tesserini di riconoscimento, indicanti dati del lavoratore e del datore di lavoro, all'interno dei cantieri e altri luoghi di lavoro; il rafforzamento degli organici degli ispettori del lavoro [www.spisal.it].

Direttiva comunitaria 2002/44/CE: il 6 luglio 2002 sulla Gazzetta Ufficiale n. L 177, viene pubblicata la direttiva comunitaria 2002/44/CE, che stabilisce le prescrizioni

minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici, quali le vibrazioni. La Direttiva definisce vibrazioni pericolose: le vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano-braccio, che possono costituire rischi per la salute, comportando ad esempio disturbi vascolari, osteoarticolari o neurologici; vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero, che costituiscono possibili cause di lombalgia e traumi del rachide. Sono interessate dalla Direttiva tutte le attrezzature che producono vibrazioni, anche minime, purché prevedano un contatto fisico con l'operatore che le manovra, o attraverso il corpo intero (stando seduti o in piedi sulla macchina) o attraverso mani e braccia (a causa dell'utilizzo di impugnature, leve, comandi manuali) [29]. Il campo d'applicazione della Direttiva 2002/44/CE è quindi generale e comprende tutte le attività in cui i lavoratori sono esposti o possono essere esposti a rischi derivanti da vibrazioni meccaniche durante il lavoro.

Il panorama storico sopra illustrato, dimostra come l'evoluzione delle leggi e dei decreti riguardanti la sicurezza sul lavoro sia in continua evoluzione.

D.Lgs.781/08. La normativa del rischio vibrazioni è attualmente contenuta nel Decreto Legislativo 81/2008 titolo VIII capo III, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 101. Tale norma contiene 306 articoli e 51 allegati; costituisce il Testo Unico in materia di sicurezza sul lavoro; va ad attuare la direttiva comunitaria 2002/44/CE sugli agenti fisici. Per Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro si intende l'insieme di norme contenute nel Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 che ha riformato, riunito ed armonizzato, abrogandole, le disposizioni dettate da numerose precedenti normative in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, succedutesi nell'arco di quasi sessant'anni, al fine di adeguare il corpus normativo all'evolversi della tecnica e del sistema di organizzazione del lavoro [21]

Il D.Lgs 81/2008 è stato successivamente integrato dal D.Lgs. n. 106 del 3 agosto 2009, recante Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008 n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Le norme contenute nel cosiddetto "decreto correttivo" sono entrate in vigore il 20 agosto 2009 [110]

Il titolo VIII, capo I del D.Lgs 81/2008 (disposizioni generali), così recita: “per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori. Fermo restando quanto previsto dal presente capo, per le

attività comportanti esposizione a rumore si applica il capo II; per quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il capo III; per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il capo IV; per quelle comportanti esposizione a radiazioni ottiche artificiali si applica il capo V , [31].

Il capo III rappresenta l'insieme di articoli riguardanti la protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni [31] e definisce:

Valori limiti di esposizione A(8) : indicano valori che, per la tutela del lavoratore non devono essere superati.

Valori di azione A(8) : indicano valori che possono essere superati, ma il cui superamento comporta specifici obblighi.

Il D.Lgs. 81/08 all'articolo 201 definisce i valori limite di esposizione e valori di azione Tali livelli rappresentano valori mediati nel tempo, ponderati in frequenza delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa di otto ore. Essi vengono differenziati a seconda se riferiti alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio o a quelle trasmesse al corpo intero:

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio:

- **Il** valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 5 m/s^2 ; mentre su periodi brevi è pari a 20 m/s^2
- Il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, che fa scattare l'azione è fissato a $2,5 \text{ m/s}^2$

Vibrazioni trasmesse al corpo intero:

- **Il** valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a $1,0 \text{ m/s}^2$; mentre su periodi brevi è pari a 5 m/s^2
- Il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, che fa scattare l'azione è fissato a $0,5 \text{ m/s}^2$.

Questa direttiva obbliga il datore di lavoro a valutare il rischio da vibrazioni presente nell'ambito delle lavorazioni svolte con macchine ed attrezzature, nella sua azienda, confrontandolo con i limiti di esposizione [31].

Il livello d'azione rappresenta quel valore di esposizione a partire dal quale devono essere attuate specifiche misure di tutela per i soggetti esposti. Tali misure includono: la formazione dei lavoratori sul rischio specifico, l'attuazione di interventi mirati alla riduzione del rischio, il controllo sanitario periodico dei soggetti esposti.

Il valore limite rappresenta il livello di esposizione il cui superamento è vietato, e deve essere evitato, con misure preventive e protettive.

Note le vibrazioni a cui sono esposti i lavoratori e definiti i tempi di esposizione, si calcola l'esposizione giornaliera $A(8)$ espressa in m/s^2 .

Nel caso delle vibrazioni trasmesse al corpo intero va considerato il valore dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza a_w rilevata sul piano del sedile o sul pavimento lungo gli assi ortogonali x, y, z , [50]; questi ultimi, nel caso dei mezzi di trasporto e delle macchine semoventi, corrispondono rispettivamente agli assi longitudinale, trasversale e verticale. Si deve tener presente che, come accennato nel paragrafo 3.5, la sensibilità del corpo umano alle vibrazioni orizzontali supera di 1.4 volte la sensibilità alle vibrazioni verticali, e che le attuali conoscenze sulla relazione dose-effetto sono molto scarse e si basano sostanzialmente sulle vibrazioni relative ad un unico asse (quello verticale a cui sono associate in genere le vibrazioni maggiori). Per tali motivi i valori di $a_{w,x}$ e $a_{w,y}$ vanno moltiplicati per il fattore 1,4 e della terna di valori $1,4 a_{w,x}, 1,4 a_{w,y}, a_{w,z}$ si considera il valore più elevato ossia quello che determina il rischio ($a_{w,max}$). Quest'ultimo valore va elevato al quadrato al fine di ottenere una grandezza proporzionale all'energia e successivamente va moltiplicato per il tempo di esposizione giornaliero al fine di ottenere la *dose di esposizione*; in termini geometrici tale dose può essere considerata come l'area di un rettangolo avente per altezza $(a_{w,max})^2$ e per base il tempo di esposizione t .

Nel caso di esposizione giornaliera alle vibrazioni prodotte da più macchine, si considera la dose complessiva, somma di tutte le dosi parziali di esposizione (ossia si considera la somma delle aree di tutti i rettangoli). La dose, o la dose complessiva va successivamente divisa per le 8 ore giornaliere al fine di determinare l'accelerazione media normalizzata a 8 ore (dividendo l'area del rettangolo per la base si ottiene l'altezza); ovviamente, in ogni caso, tale accelerazione risulta elevata al quadrato, per cui al termine del calcolo si estrae la radice quadrata.

Il valore di questa accelerazione, denominata $A(8)$, va confrontato con il valore di azione giornaliero ($0.5 m/s^2$) e con il valore limite di esposizione giornaliero ($1,15 m/s^2$). la relazione generale è la seguente:

$$A(8) = \{ [\sum (a_{w,max,i})^2 t_i] / T \}^{0,5}$$

dove $a_{w,max,i}$ è l'accelerazione espressa in m/s^2 e t_i è il tempo espresso in ore, ambedue relativi alla macchina i -esima e t è il tempo di riferimento pari a 8 ore.

Si rammenti che nel caso delle vibrazioni trasmesse al corpo intero da parte di una o più macchine non va considerata la somma quadratica delle accelerazioni ma, come si è detto, il valore più levato della terna.

Nel caso delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio vanno considerati i valori dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza $a_{h,w}$ rilevati sull'elemento vibrante (impugnatura, manufatto o volante) lungo gli assi x , y e z (nel caso dell'impugnatura, l'asse y è definito come l'asse parallelo all'asse della stessa impugnatura).

Si deve tener presente che: la sensibilità del sistema mano-braccio alle vibrazioni è la stessa lungo i tre assi; le conoscenze sulle relazioni dose-effetto si basano sulla somma vettoriale delle vibrazioni.

Per tali motivi si considera proprio la somma vettoriale ($a_{h,w,v}$):

$$a_{h,w,v} = [(a_{h,w,x})^2 + (a_{h,w,y})^2 + (a_{h,w,z})^2]^{0,5}$$

Tale somma vettoriale va elevata al quadrato al fine di ottenere una grandezza proporzionale all'energia e va successivamente moltiplicata per il tempo di esposizione giornaliero al fine di ottenere la dose di esposizione, ossia l'area del rettangolo che ha per altezza $(a_{h,w,v})^2$ e per base il tempo di esposizione. Nel caso di esposizione giornaliera alle vibrazioni prodotte da più macchine, si considera la dose complessiva, somma di tutte le dosi parziali di esposizione (la somma delle aree di tutti i rettangoli). La dose, o la dose complessiva, va successivamente divisa per le 8 ore giornaliere al fine di determinare l'accelerazione media normalizzata alle 8 ore; quest'ultima risulta ovviamente elevata al quadrato, per cui a termine del calcolo si estrae la radice quadrata.

Il valore di $A(8)$ così ottenuto va confrontato con il valore di azione giornaliero (2.5 m/s^2) e con il valore limite di esposizione giornaliero (5 m/s^2). La relazione generale è la seguente:

$$A(8) = \left\{ \left[\sum (a_{h,w,v,i})^2 t_i \right] / T \right\}^{0.5}$$

Dove $a_{h,w,v,i}$ è l'accelerazione espressa in m/s^2 e t_i è il tempo di esposizione espresso in ore, ambedue relativi alla macchina i -esima, e T è il tempo di riferimento pari a 8 ore. [65]



Figura 6.2 - Guanti antivibranti



Figura 6.3 - Sedile a sospensione

6.1.4 Strumenti per la misura delle vibrazioni

La normativa (D.Lgs. 181/2008) prevede che i valori di accelerazione, ponderata in frequenza lungo i tre assi a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} , richiesti per il calcolo di $A(8)$, sia nel caso dell'esposizione al sistema mano-braccio che nel caso della valutazione dell'esposizione del corpo intero, possano essere determinati attraverso due differenti metodi: misurazione diretta secondo le direttive prescritte dallo standard ISO 5349-2 (2001) per il sistema mano-braccio, e ISO 2631-1 (1997) per il corpo intero; utilizzando i valori di emissione dichiarati dai costruttori o eventuali fonti informative disponibili [77].

Tutte le misurazioni effettuate per il seguente elaborato, sono state eseguite adottando il primo criterio.

In questa sperimentazione si sono rilevate le vibrazioni, trasmesse al corpo intero, per le trattrici agricole, per l'andatrici e per le macchine raccogliatrici; mentre sono state eseguite misurazioni del sistema mano-braccio per i decespugliatori e i soffiatori.

Lo strumento che viene utilizzato in campo è il Larson Davis HVM – 100 (figura 19), conforme al D.Lgs. 81/2008 titolo VIII capo III (*Esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche*), attuazione della Direttiva 2002/44/CE [5].

Il misuratore di vibrazioni triassiale si presenta come uno strumento versatile per le misure di esposizione alle vibrazioni, sia del corpo intero (esposizione da mezzi di trasporto e movimentazione) che del segmento mano-braccio (esposizione da uso di utensili vibranti). Nei 350 grammi dello strumento vi è racchiuso quanto prescritto dalle norme ISO:

- ISO 8041: 1990, “*Strumentazione di misura per le vibrazioni al corpo umano*”;
- ISO 2631-1: 1997, “*Corpo intero*”;
- ISO 5349-1 e 2: 2001, “*Mano braccio*”;
- ISO 10819, “*Vibrazioni al sistema mano-braccio, metodo per la misurazione e la valutazione della trasmissibilità delle vibrazioni dai guanti al palmo della mano*”;
- ISO 2361-2: 2003, “*Vibrazioni meccaniche ed urto*”;
- UNI 9614: 1990, “*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*”;
- UNI 11048, “*Disturbo negli edifici*”.

In conformità alla ISO 8041, l’HVM-100 consente di rilevare direttamente, oltre a tutti i valori globali: *Arms*, *Amin*, *Amax*, *Aeq*, *Amp*, *Peak*, *Aeq1*, *Aeq2*, *Aeq4*, *Aeq8*, anche il valore di picco pesato e il corrispondente fattore di cresta *CF*, che unitamente ai valori richiesti dei metodi addizionati quali il *VDV* (Vibration Dose Value) ed l’*MTVV* (Maximum Transient Vibration Value), risultano essere elaborazioni fornite solo da questa specifica strumentazione.

Il misuratore di vibrazioni misura contemporaneamente le vibrazioni su i tre assi ortogonali *X*, *Y*, *Z* oltre al relativo vettore somma (*SUM*). Inoltre per ciascun asse può essere memorizzato il profilo temporale del livello di vibrazione (time history) con velocità di acquisizione selezionabile tra 1 secondo ed un minuto e per durate comprese tra 6 ore e 200 ore. Per misure di controllo, possono essere memorizzate fino a 100 time history da 240 campioni, ciascuna con i rilievi sugli assi *X*, *Y*, *Z* e *SUM*, inclusi tutti i valori complessivi relativi ad ogni singola misura. Con il modello Larson Davis HVM 100, tutte le procedure sono guidate; basta richiamare il set-up per la modalità di misura desiderata “corpo intero” o “mano-braccio”, fissare l’accelerometro triassiale sul dispositivo vibrante ed avviare la misura[50, 112].



Figura 6.4 - Larson Davis HVM-100

Per ciò che concerne le misurazioni al sistema mano-braccio, gli accelerometri devono essere fissati sull'impugnatura dell'utensile, in stretta prossimità della posizione assunta dalle mani dell'operatore nelle ordinarie condizioni operative. Essi devono essere fissati in maniera che la loro presenza non influenzi le modalità di prensione e lavorazione normalmente adottate dall'operatore. Le modalità di fissaggio degli accelerometri sono molteplici e vanno dall'utilizzo della colla all'utilizzo di fascette metalliche o plastica, da specifici adattatori per l'impugnatura (che consentono l'impiego dei filtri meccanici) al fissaggio con le viti (meno pratico).

Gli accelerometri impiegati per la misura delle vibrazioni trasmesse al sistema *mano-braccio* sono stati saldamente impugnati dagli operatori tramite un apposito adattatore a "T" (Figura 6.5).



Figura 6.5 - Adattatore a “T” collegato al trasduttore

Questo ha consentito di mantenere il trasduttore solidale alla mano del lavoratore e, senza ostacolarne i movimenti (Figura 6.6).



Figura 6.6 - Trasduttore impugnato dall'operatore

Inoltre, i cavi degli accelerometri, al fine di evitare disturbi nel segnale di rilevamento o rischi di rottura, sono stati fissati in prossimità del trasduttore mediante carta gommata [50]

Per quanto riguarda il corpo intero, le misure vanno effettuate sulla superficie di contatto tra il corpo e la sorgente di vibrazioni. Le specifiche dell'accelerometro di uso comune per le misure di vibrazioni trasmesse al corpo e del suo adattatore sono riportate nello standard ISO 10326-1. Esso è un disco rigido di gomma al cui interno è fissato un accelerometro triassiale che viene fissato tramite nastro adesivo sul sedile del mezzo di guida (nel caso di soggetto seduto) o sul pavimento (nel caso di soggetto in piedi).

In ogni caso, i cavi degli accelerometri non devono essere forzati, specialmente nelle immediate vicinanze del trasduttore, e non devono essere lasciati liberi di

oscillare, per evitare artefatti nel segnale rilevato (rumore triboelettrico) o rischi rottura. E' pertanto necessario fissare i cavi in prossimità del trasduttore mediante nastro adesivo [17].



Figura 6.7 : Accelerometro per il corpo intero

6.2 Rumore

Al termine “rumore” viene associato correntemente il significato di “suono sgradevole e non desiderato”. Questa interpretazione implica un giudizio soggettivo, che a sua volta comporta l’esistenza di un rapporto di azione e reazione fra un ambiente sonoro e l’uomo. La distinzione tra suono e rumore ha carattere esclusivamente soggettivo e non trova riscontro in acustica; in realtà i suoni o i rumori possono essere definiti come “perturbazioni prodotte da vibrazioni di corpi (sorgenti sonore) che si propagano attraverso un mezzo elastico con la velocità caratteristica di quel mezzo, e che possono essere rilevati da un opportuno ricevitore.

Il suono è un fenomeno fisico di carattere ondulatorio che stimola il senso dell'udito. Esso viene definito come propagazione di energia meccanica, sotto forma di onde cicliche, attraverso mezzi elastici. Il suono è associato al nostro senso dell’udito e, pertanto, alla fisiologia delle nostre orecchie e alla psicologia del nostro cervello, che interpreta le sensazioni che raggiungono il nostro apparato uditivo.

Tuttavia la relazione esistente tra suono considerato come entità fisica e la sensazione sonora non è lineare, ma segue la legge di Weber-Fechner, [47] secondo la quale l’intensità di una sensazione fisiologica è proporzionale al logaritmo dello

stimolo, per cui, quando la pressione sonora si decuplica, il livello di pressione sonora aumenta di 20 dB.

Questo è il motivo per cui è necessario sapere che la descrizione dell'intensità può essere fatta utilizzando o i dB SPL (Sound Pressure Level), quando si parla di pressione sonora (dove per pressione sonora intendiamo la misura in dB della deviazione dalla pressione ambientale provocata da un'onda sonora), o i dB HTL (Hearing Threshold Level) quando si tratta di sensazione uditiva. Non è quindi corretto considerare simili i dB SPL misurati con il fonometro (strumento di misura del suono) ed livelli di soglia uditiva valutati in dB HTL con l'audiometro, se non servendosi di idonee tabelle di conversione.

Visto che in questo capitolo ci occupiamo di rumore, è utile capire che quest'ultimo e il suono, sono dal punto di vista fisico, perfettamente equivalenti in quanto possono essere descritti mediante le stesse grandezze; ma al rumore si attribuisce normalmente il significato di suono non desiderato [21].

6.2.1 Cenni di acustica

Il suono è una propagazione di energia meccanica, sotto forma di onde cicliche, attraverso mezzi elastici; i suoni possono essere propagati nei gas, nei liquidi e nei solidi, ma non nel vuoto [47]. Dal punto di vista fisico, un'onda sonora ha determinate caratteristiche, sia spaziali che temporali, che è utile descrivere mediante alcune grandezze fisiche:

- periodo: tempo necessario per completare un ciclo, misurato in secondi (s);
- lunghezza d'onda: distanza percorsa durante un intervallo di tempo uguale al periodo (m);
- frequenza: numero di cicli per secondo, misurato in hertz (Hz);
- potenza sonora: energia sonora generata in un secondo, misurata in watt (W);
- intensità sonora: quantità media di potenza sonora per unità di superficie, misurata in decibel (dB).

Di questi parametri, di particolare interesse è la frequenza (la cui definizione è già stata data nel capitolo precedente) che rappresenta il numero di cicli per unità di tempo; viene misurata in Hz e determina le caratteristiche di suono basso o suono acuto.

Una bassa frequenza corrisponde a suoni bassi, mentre una frequenza molto elevata corrisponde a suoni acuti. L'orecchio percepisce suoni che sono compresi tra 20 e 20000 Hz. Questo intervallo di frequenze è chiamato "intervallo di udibilità". Le onde che sono al di fuori di questo intervallo, possono raggiungere l'orecchio umano, ma normalmente non vengono avvertite. Le frequenze al di sotto dei 20 Hz si definiscono "infrasuoni", mentre al di sopra dei 20000 Hz si parla di "ultrasuoni". Le onde infrasoniche sono particolarmente dannose per i lavoratori nelle fabbriche, in quanto tali onde, sebbene non udibili, possono provocare danni ingenti al corpo umano.

Alto parametro da considerare è l'intensità sonora, che è la quantità di energia sonora per unità di superficie; viene misurata in decibel (dB).

Poiché il campo umano dell'udito è molto ampio, se si utilizzasse il Pascal (Pa) per la misura della pressione acustica, si avrebbe un range di misura dell'udito estremamente ampio compreso tra 20 μ Pa (livello minimo percettibile dall'orecchio umano) e 100 Pa (soglia del dolore). Per questo motivo si preferisce esprimere i parametri acustici come logaritmo del rapporto tra valore misurato (p) ed un valore di riferimento pari alla più piccola pressione in grado di produrre una sensazione sonora (p_0):

$$L_p = 10 \log_{10} (p^2/p_0^2)$$

Quindi, data l'estesissima banda di intensità in gioco, per descrivere il rumore viene usata una scala logaritmica di variazione di intensità la cui unità di misura è il Bel, o meglio ancora il decibel (1/10 di Bel). In pratica 1 dB è la più piccola variazione di intensità sonora che può essere rilevata. [61].

Il decibel è una quantità che ha caratteristiche particolari: è adimensionale e non lineare. Come detto sopra, l'intensità sonora misura la quantità di energia sonora per unità di superficie. L'unità di misura comunemente usata per descrivere l'energia è il watt (W), quindi la frazione di potenza incidente su una certa superficie si misurerà in W/m^2 . La scala dei suoni, riferita a questa misura, dal più debole appena udibile al più forte, è molto ampia: il rumore più leggero percepito dall'orecchio di una persona giovane e sana è, a 1000 Hz, di circa $1/10^{-12} W/m^2$ [68].

Prendendo come unità di riferimento questa quantità, si ottiene una scala che però risulta essere troppo ampia per qualsiasi strumento lineare. Si applica allora una scala logaritmica, che permette di contare solo le potenze di 10; queste unità si

chiamano “Bel” (da Alexander Graham Bell). Questa nuova scala in Bel, per gli scopi pratici, risulta però poco utile; pertanto conviene considerare come unità di misura la decima parte di un Bel, appunto il decibel.

E' utile conoscere anche come si propaga il suono: mentre in un ambiente aperto il suono si diffonde in maniera sferica a partire dalla sorgente rumorosa, senza alcuna riflessione, diminuendo d'intensità sonora con il quadrato della distanza [50], negli ambienti di lavoro, confinati per la presenza di pareti, l'energia sonora può essere in parte assorbita, in parte riflessa e in parte, se le pareti hanno determinate caratteristiche, trasmessa nel locale adiacente; quindi, negli ambienti di lavoro normalmente confinati, non si deve tenere conto solo dell'intensità sonora che viene prodotta dalla sorgente rumorosa, ma anche del rumore riflesso che andrà a sommarsi a quello della sorgente sonora. L'insonorizzazione delle pareti, con l'uso di pannelli fono-assorbenti, che riducono la riflessione, rappresenta un intervento preventivo utile per ridurre la rumorosità negli ambienti di lavoro.

In ambienti chiusi, diversamente che all'aperto, l'intensità sonora diminuisce direttamente con la distanza: se una macchina posta a 25 m produce un rumore pari a 85 dB, a 50 m il rumore si dimezzerà, passando da 85 a 82 dB [22], ma possono verificarsi condizioni in cui il livello sonoro non diminuisce con l'aumentare della distanza della sorgente.

Oltre al suo contenuto in frequenza, il rumore può anche essere caratterizzato in relazione alle specifiche modalità di emissione della sorgente; un rumore può quindi essere definito:

- continuo: se dura per tutto il turno di lavoro;
- discontinuo: se sono presenti delle pause di durata significativa;
- fluttuante: se caratterizzato da variazioni del livello di pressione sonora superiori ad 1 dB;
- impulsivo: se ha una durata compresa tra 1ms ed 1 s; questo tipo di rumore è frequente negli ambienti di lavoro e può essere più lesivo di quello continuo.

Per essere uditi, i suoni devono raggiungere l'orecchio con una intensità superiore ad un valore minimo detto *soglia uditiva*, cioè il valore minimo di pressione sonora in grado di determinare una sensazione sonora. La soglia uditiva è stata determinata in seguito ad esami su diversi soggetti.

Vi sono però livelli di pressione sonora pari a 130-140 dB, che determinano una sensazione fisica di dolore: tale valore viene definito *soglia di dolore* ed è indipendente dalla frequenza [4]. L'orecchio umano presenta una sensibilità che è funzione di due variabili principali: la frequenza del segnale sonoro e il livello di pressione sonora del segnale.

In generale la sensibilità dell'orecchio diminuisce sensibilmente alle basse frequenze, si accentua alle frequenze medie e torna a ridursi, chiaramente, alle frequenze più alte. Sulla base del comportamento dell'orecchio medio sono state realizzate delle curve di eguale sensazione sonora in funzione della frequenza e del livello di pressione sonora, dette *curve isofoniche* [104]. Ogni curva isofonica è caratterizzata da un valore di livello di sensazione sonora, espresso in phon.

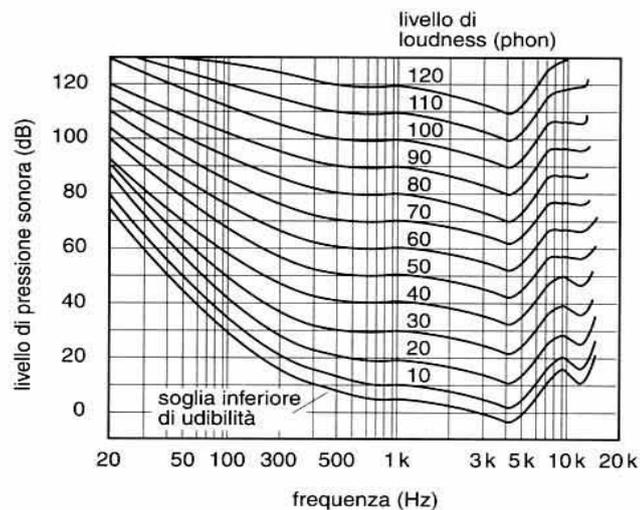


Grafico 6.1 - Curve isofoniche

In questo grafico ogni curva rappresenta un insieme di segnali sonori che producono sull'ascoltatore la medesima sensazione sonora.

Le curve isofoniche pongono il problema di una unità di misura dei livelli sonori che risulti significativa per l'orecchio umano, sappia cioè tenere conto della sua sensibilità. Occorre quindi correggere il livello rilevato da uno strumento ad una certa frequenza per un fattore collegato alla *sensibilità dell'orecchio umano* a quella stessa frequenza. Cioè, per valutare l'effetto del rumore in relazione ai danni che può causare all'apparato uditivo, la pressione viene “ponderata” in funzione della propria frequenza attraverso “filtri” specifici che riproducono l'andamento delle curve isofoniche [104]. Si utilizzano, quindi, delle curve di ponderazione che trasformano i dB reali in dB

corrispondenti alla sensazione fisiologica dell'uomo. Esistono diverse curve di ponderazione più o meno adatte ai diversi livelli sonori (denominate A, B, C), di cui la più usata è la curva di ponderazione A (a cui fanno riferimento le normative e le regolamentazioni in vigore), adatta per livelli fino a 50/60 dB. I livelli sonori ponderati con tale curva vengono espressi in dBA o dB(A)

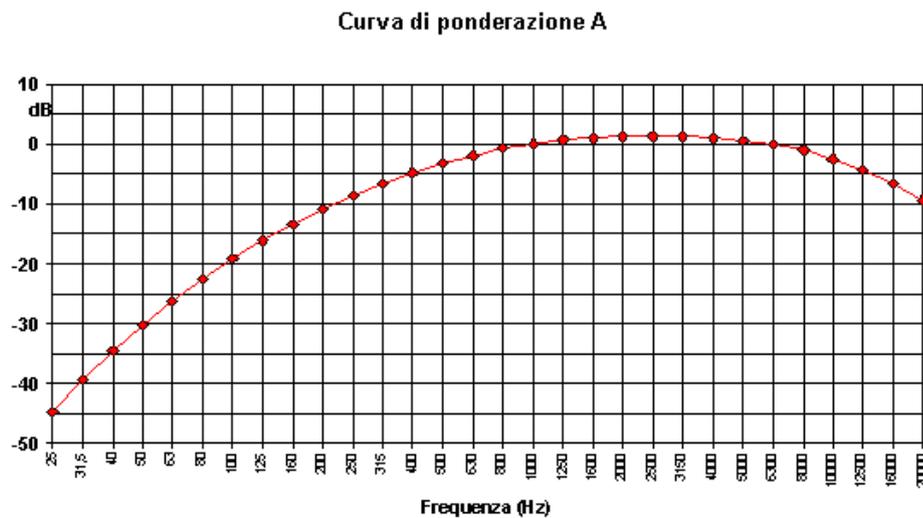


Grafico 6.2 - Curva di ponderazione A

Il danno all'udito è provocato non solo dal livello di rumore, ma anche dalla durata dell'esposizione: ossia dipende dalla quantità di energia sonora assorbita dall'orecchio [47]. In molti casi non basta valutare il livello in dB di una certa macchina o di un ambiente di lavoro perché quella misura è legata al momento in cui è stata fatta e non ci dice nulla sulla durata. Ci sono allora dei fonometri (i più tipici strumenti di misurazione del livello di pressione sonora), detti "integratori", che misurano istante per istante il livello di rumore e lo integrano in funzione del tempo, dividendo poi il valore di energia ottenuto sonora per l'intervallo di tempo trascorso. Praticamente si tratta di un valore medio noto come "livello equivalente" (indicato con la sigla L_{eq}); cioè il livello di rumore costante avente uguale effetto di quello variabile assorbito dall'operatore nell'intervallo di tempo considerato [4].

Il livello sonoro equivalente può essere misurato direttamente con appositi strumenti, che in pratica eseguono automaticamente il calcolo della seguente espressione:

$$L_{eq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt$$

Dove: T è l'intervallo di tempo in cui è stata effettuata la misura, p(t) è la pressione sonora istantanea efficace nel tempo del rumore in esame e $p_0 = 20 \mu Pa$ è la pressione sonora di riferimento [104].

Se, in un ambiente lavorativo è presente per 4 ore un rumore di 100 dB(A), e per altre 4 ore un rumore di 80 dB(A), il livello equivalente verrà calcolato secondo la formula del Leq, e fornirà il risultato di 97 dB(A), corrispondente all'energia sonora di un ipotetico suono continuo di 8 ore di durata, identica a quella emessa da un suono di 100 dB(A) di durata di 4 ore, sommata a quella di un suono di 80 dB(A) di durata di 4 ore .

Il valore limite di esposizione al rumore, cioè il valore massimo a cui può essere esposto un lavoratore, è stato fissato dalla normativa a 87 dB(A). Questo valore limite vale per esposizioni di 8h al giorno per 5 giorni alla settimana per tutta la vita lavorativa e per persone sane [22]

La zona nella quale il suono si propaga è Il “campo sonoro” esso viene classificato in base all'ambiente in cui le onde sonore si propagano. Abbiamo così il campo sonoro “libero” e il campo sonoro “diffuso”. Il campo libero definisce la propagazione del suono in uno spazio libero ideale senza alcuna riflessione. Tali condizioni esistono all'aria aperta (abbastanza lontano dal suolo) o in una camera dove i suoni vengono totalmente assorbiti dalle mura (camera anecoica). La propagazione in campo libero è caratterizzata da una caduta di 6 dB del livello di pressione sonora ogni volta che la distanza dalla sorgente si raddoppia [77]

Quando un suono incontra un ostacolo, viene in parte riflesso, in parte assorbito ed in parte trasmesso. Riflessione, assorbimento e trasmissione sono legate alle caratteristiche del materiale ed alle dimensioni dell'ostacolo stesso, oltre alla lunghezza d'onda del segnale sonoro e all'angolo di incidenza. Le onde corte (alte frequenze) vengono facilmente assorbite anche da materiali di spessore ridotto, mentre quelle lunghe (bassa frequenza) tendono ad attraversare od aggirare l'ostacolo oppure vengono da esso riflesse [83].

Il campo diffuso è caratterizzato da una serie di riflessioni ripetute e si sposta in tutte le direzioni con uguale pressione e probabilità.

La determinazione del contenuto in frequenza di un certo suono è chiamata “analisi in frequenza” o “analisi di spettro”. Tale analisi procede suddividendo la gamma da esaminare in una successione di “contenitori” o “bande”, caratterizzati da un estremo inferiore, di frequenza superiore, all’interno dei quali ricade ogni pressione sonora avente una frequenza compresa fra tali estremi. La banda di riferimento universalmente adottata copre l’ampiezza di un’ottava, che può essere ulteriormente suddivisa in frazioni di ottava (terzi di ottava).

6.2.2 Effetti del rumore sul corpo umano

Il rumore viene individuato dai sondaggi [106] come una delle più rilevanti cause del peggioramento della qualità della vita ed è ormai riconosciuto come uno dei principali problemi ambientali. Pur essendo, talora, ritenuto meno rilevante rispetto ad altre forme di inquinamento, come quella atmosferico o delle acque, il rumore suscita sempre più reazioni negative nella popolazione esposta. L’effetto più noto del rumore nei luoghi di lavoro è la perdita dell’udito. Tuttavia, il rumore può anche contribuire ad aumentare lo stress e il rischio di infortuni. I danni provocati da questo aspetto, sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche fisiche del rumore prodotto (livello di rumore, tipo di sorgente, periodo di funzionamento della sorgente, caratteristiche qualitative del rumore), dalle condizioni di esposizione (tempo di esposizione, distanza dell’individuo dalla sorgente), e infine dalle caratteristiche psicofisiche della persona esposta (abitudine e sensibilità al rumore, attività eseguita dall’individuo esposto).

Nello specifico, quindi, i danni che l’esposizione al rumore può produrre nell’organismo umano, possono interessare sia l’organo dell’udito sia gli altri organi e funzioni del corpo umano. Le conseguenze sull’apparato uditivo sono facilmente quantificabili, irreversibili e non evolutive una volta interrotta l’esposizione allo stimolo sonoro [40].

Per subire questo tipo di danni occorrono esposizioni a livelli sonori molto alti per parecchie ore al giorno e per un periodo di esposizione molto lungo.

Ma, la stimolazione uditiva determina disturbi non soltanto all’apparato uditivo. Gli effetti maggiormente diffusi sono per lo più di tipo psicofisico, che si manifestano sotto forma di stress fisiologico e reazioni cardiovascolari; ma vi sono anche i disturbi alle attività svolte (specie se richiedono particolare attenzione e concentrazione); disturbi nella conversazione verbale; disturbi del sonno.

Alcuni di questi effetti, vanno sotto il nome di socioacusia, cioè il danno all'udito dovuto all'esposizione al rumore negli ambienti di vita. Questo sembra assumere sempre più rilevanza nella maggior parte dei paesi industrializzati, soprattutto come conseguenza dell'esposizione al rumore durante attività di tipo ricreativo [86].

Generalizzando possiamo dire che gli effetti provocati dal rumore vengono così classificati:

- effetti di danno, alterazioni non reversibili o non completamente reversibili;
- effetti di disturbo, alterazioni temporanee delle condizioni psicofisiche del soggetto, determinando effetti fisiopatologici ben definiti;
- sensazione di disturbo e fastidio genericamente intesa (*annoyance*).

Aspetto peculiare di questi effetti è che la loro entità dipende da tutta una serie di caratteristiche soggettive ed ambientali; esiste, infatti, una grande variabilità sia nelle risposte dello stesso individuo allo stesso rumore in situazioni diverse, che tra individui diversi nella stessa situazione. Da alcuni dati resi noti dalla Commissione Europea (1996), emerge che circa il 20% della popolazione dell'Unione (80 milioni di persone) è esposto a livelli di rumore diurni superiori a 65 dB(A) e che altri 170 milioni di persone risiedono in aree con livelli compresi fra 55 e 65 dB(A) [104]

Secondo quanto riportato nella Proposta di Direttiva Europea sul rumore ambientale (2000), il risultato di questa diffusione dell'inquinamento acustico è che una percentuale di popolazione dell'UE, pari almeno al 25%, sperimenta un peggioramento della qualità della vita a causa dell'*annoyance*, e una percentuale compresa fra il 5 ed il 15% soffre di seri disturbi del sonno, dovuti al rumore. La principale sorgente di rumore, come è facile immaginare, risulta essere il traffico stradale, che interessa i 9/10 della popolazione esposta a livelli superiori a 65 dB(A) .

È spesso consuetudine, però, fare distinzione fra gli effetti prevalenti del rumore ambientale (definiti "extrauditivi") e quelli dell'esposizione professionale al rumore (definiti "uditivi"). Questo sia per la diversa composizione della popolazione esposta, sia per le diverse caratteristiche fisiche del rumore; ma anche perché le patologie che ne scaturiscono sono particolarmente differenti nei due casi.

I fattori che possono condizionare la lesività dell'impatto sonoro nel soggetto esposto sono molteplici; per ciò che riguarda il disturbo ed il danno in generale, e più in particolare il danno specifico, hanno rilevanza preminentemente:

- 1) il livello della pressione sonora;
- 2) il tempo di esposizione ;
- 3) la composizione in frequenza del rumore.

Altri fattori, ritenuti accessori, ma che sembrano influenzare gli effetti del rumore sull'uomo sono: la sensibilità e la reattività individuale, la saturazione sensoriale, il timbro del rumore, la possibilità di controllo dell'emissione sonora, l'atteggiamento motivazionale del soggetto esposto, il numero e la distribuzione spaziale delle sorgenti, l'identificabilità della natura del rumore e della localizzazione della sorgente, l'età, l'acuità uditiva e, secondo alcuni studi, anche il sesso dei soggetti esposti [5].

Molti studi hanno evidenziato che il rumore interagisce con il benessere sia fisico, sia mentale. Si ritiene che il rumore agisca come un generico elemento di stress e che come tale possa attivare diversi sistemi fisiologici, provocando modificazioni, quali l'aumento della pressione sanguigna e del ritmo cardiaco. Alcune ricerche, infatti, mostrano che il rumore attiva il sistema endocrino e simpatico, provocando cambiamenti fisiologici acuti che sono identici a quelli che intervengono in risposta ad un generico stress [40]. Qualora l'esposizione sia temporanea, queste variazioni sono di breve durata e di piccola entità, senza effetti negativi rilevabili.

L'entità e la durata di questi effetti sono determinate in parte dalla sensibilità individuale, dallo stile di vita e dalle condizioni ambientali. Le risposte individuali al rumore sono, infatti, estremamente variabili e pertanto un individuo, qualora sia sottoposto ad un certo stimolo, può manifestare una variazione della pressione sanguigna, mentre un altro può mostrare cambiamenti nei livelli di colesterolo. Il rumore è soltanto uno dei molti elementi di stress che possono stimolare le stesse risposte fisiologiche; inoltre la reazione del singolo individuo ad un elemento di stress assume una rilevante importanza, in quanto può essere modificata in modo complesso da molti fattori [40]

Gli individui più vulnerabili, in seguito ad esposizioni prolungate ad elevati livelli di rumore possono sviluppare effetti permanenti quali ipertensione o cardiopatia ischemica [76]. Fra gli effetti studiati, i più rilevanti sono quelli cardiovascolari (in

particolare l'aumento della pressione sanguigna e la patologia cardiaca di natura ischemica), quelli sulla salute mentale, in particolare la depressione.

Un altro aspetto riguarda i problemi delle lavoratrici gestanti. E' stato infatti dimostrato che l'esposizione a elevati livelli di rumore può avere effetti negativi sull'udito del feto. Molti studi hanno dimostrato che ulteriori effetti sull'individuo esposto a rumore, riguardano il disturbo del sonno.

Il disturbo del sonno è considerato uno dei più importanti effetti del rumore ambientale [104]. L'esposizione al rumore provoca disturbi del sonno in termini di difficoltà ad addormentarsi, alterazioni della profondità o della struttura del sonno (in particolare una riduzione del sonno REM, Rapid Eye Movements).

Inoltre l'esposizione notturna al rumore può indurre effetti cosiddetti secondari, cioè effetti che si manifestano nel mattino o nel giorno successivo all'esposizione, quali percezione di una peggiore qualità del sonno, aumento dell'affaticamento, mal di testa, tristezza, diminuzione del benessere e peggioramento delle prestazioni.

Come già specificato, il rumore è un fattore che influenza (assieme ad altri parametri) numerosi aspetti della vita dell'uomo. Quindi, oltre agli effetti già descritti, ve ne sono ancora due a cui si deve prestare particolare attenzione: l'interferenza del rumore con la comunicazione verbale e i cosiddetti effetti sulle prestazioni.

L'interferenza del rumore con la comunicazione verbale è stata oggetto di numerosi studi, per l'importanza che la corretta interpretazione delle comunicazioni riveste sia nell'ambito delle relazioni umane, che in quello lavorativo; in quest'ultimo caso si può, infatti, verificare anche la possibilità di infortuni dovuti alla mancata percezione dei segnali di avvertimento o pericolo. In generale l'interferenza del rumore con la conversazione e con la comprensione del linguaggio parlato provoca problemi di concentrazione, irritazione, malintesi, diminuzione della capacità lavorativa, problemi nelle relazioni umane, incertezza e mancanza di fiducia in sé ed un certo numero di reazioni da stress.

Gli effetti del rumore sulle prestazioni, vale a dire sullo svolgimento di attività (in particolare di tipo cognitivo), sulla produttività, sul rendimento, sull'attenzione e sull'apprendimento, sono molto complessi, poiché vengono coinvolti meccanismi di tipo neurale. L'esposizione a rumore interferisce negativamente, in particolare, con i compiti di tipo cognitivo, o che richiedono attenzione ai dettagli o a molteplici fattori.

I dati disponibili sull'effetto del rumore sul livello delle prestazioni e sulla sicurezza (in quanto, chiaramente, gli incidenti possono essere un indicatore di un calo

delle prestazioni), hanno indicato che il rumore può influenzare negativamente lo svolgimento di alcune attività ed aumentare il numero di errori commessi, ma l'effetto risulta dipendente dalla tipologia del rumore e dell'attività stessa [104].

Uno dei maggiori danni è l'ipoacusia da rumore. Questa si presenta come una sordità bilaterale causata dalla continua e prolungata esposizione al rumore, che agisce su una particolare struttura dell'orecchio interno, detta coclea (per la caratteristica forma a chiocciola). E' un danno uditivo irreversibile e può essere di tipo cronico, quando evolve lentamente nello spazio di anni a seguito di una esposizione protratta, e di tipo acuto quando si realizza in un tempo breve, provocata da una stimolazione acustica particolarmente intensa [106].

La forma cronica insorge in maniera inavvertita e nel suo decorso è possibile distinguere quattro fasi:

- 1) prima fase: sensazione di "orecchio pieno", lieve cefalea, senso di fatica e di intontimento alla fine del turno di lavoro. L'esame audiometrico può essere normale o può presentare un lieve innalzamento della soglia uditiva; è una fase ancora reversibile che non comporta perdita dell'udito, se la persona viene allontanata dal lavoro. Di solito in questa fase vengono interessate le cellule che compongono la coclea, che rispondono alle alte frequenze. In questa fase la perdita di udito non viene notata dal soggetto, perché non si tratta delle frequenze del linguaggio sonoro; può capitare di non sentire più l'orologio o la suoneria del telefono.
- 2) seconda fase: in questa fase non ci sono sintomi soggettivi, solo dall'esame audiometrico si possono rilevare aumenti della soglia uditiva di 30-40 dB, attorno ai 4000 Hz.
- 3) terza fase: c'è un innalzamento della soglia di 60 dB e incominciano ad essere interessate le frequenze vicine (3000-5000 Hz). Rappresenta quella fase in cui il soggetto comincia ad accorgersi di perdere l'udito.
- 4) quarta fase: è il quadro classico della sordità da rumore; si ha difficoltà a udire la voce parlata con compromissione, quindi, della comoda udibilità sociale. Rappresenta la fase in cui il deficit uditivo diventa grave, compare il fenomeno detto "recruitment", caratterizzato dal fatto che un segnale acustico ad un certo livello di intensità non è udito affatto, ma basta un incremento di pochi dB perché venga percepito molto forte, distorto e particolarmente fastidioso; possono anche manifestarsi fastidiosi ronzii detti "acufeni" [77]

Altri tipi di disturbi riguardanti la coclea vengono suddivisi in: intossicazione metabolica e trauma meccanico. Nel primo caso si intende una situazione di disequilibrio tra processi metabolici (cioè di produzione di energia) e catabolici (cioè di smaltimento dei cataboliti), tale da determinare un'insufficiente produzione di energia ed un accumulo di prodotti tossici. L'intossicazione metabolica costituisce la base biochimica di un fenomeno transitorio comune a tutti i recettori sensoriali, noto con il termine di *fatica*. Nel caso del recettore acustico, l'esposizione prolungata a rumore, determina un innalzamento della soglia uditiva. Inoltre un'esposizione prolungata a rumore di elevata intensità può anche diminuire l'efficienza del recettore [106]

Le lesioni possono essere soltanto transitorie qualora, al termine dell'esposizione, il recettore ha a disposizione un tempo di riposo sufficiente al ripristino delle riserve energetiche e metaboliche: si parla in questo caso di spostamento temporaneo della soglia uditiva (TTS, *Temporary Threshold Shift*). Se l'esposizione risulta invece prolungata nel tempo, senza sufficienti tempi di recupero, gli effetti si traducono in alterazioni metaboliche e danni irreversibili, responsabili di una perdita uditiva permanente (PTS, *Permanent Threshold Shift*).

Il trauma meccanico può invece avere due differenti tipologie. Per livelli di intensità molto elevati e impulsivi (come i rumori da scoppio), si può determinare una rottura delle strutture membranose della partizione cocleare. Per livelli sonori meno intensi vi possono essere zone della coclea in cui può instaurarsi preferenzialmente una lesione permanente [35].

6.2.3 Normativa di riferimento

Il panorama legislativo relativo all'esposizione dei lavoratori al rumore, ha subito notevoli cambiamenti nel corso degli anni.

Infatti, proprio come per l'esposizione alle vibrazioni, nell'ambito lavorativo queste problematiche stanno assumendo sempre più importanza.

Oggi, come già spiegato nella normativa di riferimento per le vibrazioni, per quanto riguarda l'esposizione ad agenti fisici (come appunto il rumore), siamo di fronte al Decreto Legislativo del 9 Aprile 2008, n. 81 titolo VIII capo II.

D.Lgs. 277/91: fu uno dei primi veri risultati in campo "esposizione ad agenti fisici". Si presenta come attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori

contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro. L'emanazione del D. Lgs. 277/91 ha avuto un forte impatto sulle aziende, in quanto la legislazione precedente era basata su obblighi generici che più difficilmente si traducevano in una prevenzione concreta. Tuttavia in tema di esposizione al rischio rumore sui luoghi di lavoro, il quadro legislativo attuale discende anche dal recepimento di un'altra fondamentale direttiva comunitaria inerente il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro: la 89/391/CEE recepita col D.Lgs.626/94 e successive modifiche. In effetti, oggi si può convenire che il D.Lgs.277/91 anticipava ciò che è stato attuato compiutamente solo a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs.626/94. Tutte le aziende (private/pubbliche, industriali/artigianali, commerciali / edili / agricole..) con lavoratori subordinati o ad essi equiparati, hanno l'obbligo di valutare il rischio rumore. Il decreto legislativo 277/91 prescrive misure per la protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro. Tale decreto si applica a tutte le aziende con lavoratori subordinati o ad essi equiparati, quali soci, collaboratori, ecc. Le ditte individuali senza dipendenti sono escluse. Il D.Lgs.277/91 pone a carico del datore di lavoro una serie di obblighi che hanno l'obiettivo di proteggere i lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro, L'obiettivo del decreto è di ridurre al minimo il rischio derivante dall'esposizione, privilegiando gli interventi alla fonte, in quanto prescrive misure per il contenimento del rumore fin dalla progettazione, la costruzione e la realizzazione di nuovi impianti, macchine ed attrezzature.

D.Lgs. 195/2006: l'articolo 1 di tale decreto viene denominato “ Sostituzione del titolo del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626”.

Esso recita: “Al decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, di seguito denominato: «decreto legislativo n. 626 del 1994», il titolo è sostituito dal seguente: «Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE e 2003/10/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro” [32]. Il decreto legislativo n. 195/2006 ha inserito nel D.Lgs. n. 626/94 un Titolo V-bis sulla protezione dall'esposizione al rumore, nel quale sono fissate delle prescrizioni minime di sicurezza e di salute, sono stabiliti i valori limite di esposizione ed i valori di azione; sono individuati gli obblighi, a carico dei datori di lavoro, di identificare e valutare i rischi ai quali i lavoratori sono esposti e di adottare

appropriati dispositivi di protezione individuale, nonché di sottoporre a sorveglianza sanitaria e di informare e formare i lavoratori stessi relativamente ai rischi provenienti dall'esposizione al rumore.

D.Lgs. 626/94: nel Titolo V bis del Decreto Legislativo 626/95 vengono date le seguenti definizioni: pressione acustica di picco “ p_{peak} ”: valore massimo della pressione acustica istantanea, ponderata in frequenza C; livello di esposizione giornaliera al rumore “ $L_{ex,8h}$ ” in dB(A): valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999: 1990; livello di esposizione settimanale al rumore “ $L_{ex,8h}$ ”: valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione giornaliera per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999: 1990 [36].

Come già illustrato in tabella 1, i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco, sono fissati a:

a) valori limite di esposizione rispettivamente:

$$L_{ex,8h} = 87 \text{ dB(A)} \text{ e } p_{peak} = 200 \text{ Pa [(140 dB(C))];}$$

b) valori superiori di azione rispettivamente:

$$L_{ex,8h} = 85 \text{ dB(A)} \text{ e } p_{peak} = 140 \text{ Pa [(137 dB(C))];}$$

c) valori inferiori di azione rispettivamente:

$$L_{ex,8h} = 80 \text{ dB(A)} \text{ e } p_{peak} = 112 \text{ Pa [(135 dB(C))]$$

Per il calcolo del L_{ex} viene impiegata la seguente formula:

$$L_{ex,8h} = L(A)_{eq, T_e} + 10 \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Il punto 2 dell' articolo 49-quarter, aggiunge: “laddove a causa delle caratteristiche intrinseche della attività lavorativa l'esposizione giornaliera al rumore varia significativamente, da una giornata di lavoro all'altra, è possibile sostituire, ai fini dell'applicazione dei valori limite di esposizione e dei valori di azione, il livello di esposizione giornaliera al rumore con il livello di esposizione settimanale a condizione che: il livello di esposizione settimanale al rumore, come dimostrato da un controllo

idoneo, non ecceda il valore limite di esposizione di 87 dB(A); siano adottate le adeguate misure per ridurre al minimo i rischi associati a tali attività” .

Come già illustrato nel precedente capitolo, il decreto 626/94 viene sostituito dal decreto legislativo del 9 Aprile 2008, n. 81 dal titolo “ attuazione dell’ articolo 1 della legge 3 Agosto 2007, n. 123. Il D.Lgs. è stato a sua volta integrato dal Decreto n. 106 del 3 Agosto 2009, le cui norme contenute sono entrate in vigore il 20 Agosto 2009. Le normative di riferimento sono illustrate nel titolo VIII capo II, dal titolo:“ protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro [21].

Come prima cosa, va opportunamente spiegato che il D.Lgs. 81/08 nulla innova circa i valori di limite di esposizione e i valori inferiori e superiori di azione, da quanto già sancito dal precedente D.Lgs. 195/06. Di particolare interesse è l’articolo 190 “ valutazione del rischio” , in quanto fornisce indicazioni sui metodi e le strumentazioni utilizzate, ed impone che il datore di lavoro valuti l’esposizione dei lavoratori al rumore durante il lavoro prendendo in considerazione in particolare:

- “ il livello, il tipo e la durata dell’esposizione, ivi inclusa ogni esposizione a rumore impulsivo” ;
- “tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rumore, con particolare riferimento alle donne in gravidanza e i minori” ;
- “le informazioni sull’emissione di rumore fornite dai costruttori dell’attrezzatura di lavoro in conformità alle vigenti disposizioni in materia” ;
- “l’esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre l’emissione di rumore” [31].

È totalmente di nuova formulazione l’art. 191 dal titolo “Valutazione di attività a livello di esposizione molto variabile”, che risponde all’esigenza di poter definire con un unico dato esposizioni molto variabili nel tempo.

Per quanto il decreto faccia riferimento alla settimana quale intervallo di tempo massimo su cui valutare l’esposizione, l’art. 191 permette di attribuire ai lavoratori soggetti ad elevata fluttuazione dei livelli di esposizione, un L_{ex} al di sopra del valore superiore di azione garantendogli:

- “la disponibilità dei dispositivi di protezione individuale dell’udito”;
- “l’informazione e la formazione”;
- “il controllo sanitario”.

- Nell'articolo 192 dal titolo "misure di protezione e prevenzione" (ex art. 49 sexies del D.Lgs. 195/06) dispone che, se i valori inferiori di azione sono superati, il datore di lavoro elabora e applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione, tra cui:
 - "scelta di attrezzature di lavoro adeguate, tenuto conto del lavoro da svolgere, che emettano il minor rumore possibile" ;
 - "adozione di misure tecniche per il contenimento" ;
 - "opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro e dei sistemi sul posto di lavoro" .

La portata di questo provvedimento è davvero elevata e induce tutti coloro i quali hanno lavoratori esposti a più di 80 dB(A) per il L_{ex} , o a più di 135 dB(C) di picco, a programmare ed attuare interventi di miglioramento o di organizzazione interna per ridurre l'esposizione. Invece il precedente D. Lgs. 185/06 poneva tale incombenza al di sopra dei valori superiori di azione [108].

L' articolo 193 "uso dei dispositivi di protezione individuali" cita : "il datore di lavoro, nei casi in cui i rischi derivanti dal rumore non possono essere evitati con le misure di prevenzione e protezione di cui all'articolo 192, fornisce i dispositivi di protezione individuali per l'udito ... alle seguenti condizioni:

- a) nel caso in cui l'esposizione al rumore superi i valori inferiori di azione il datore di lavoro mette a disposizione dei lavoratori dispositivi di protezione individuale dell'udito;
- b) nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito;
- c) sceglie dispositivi di protezione individuale dell'udito che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti (riferendosi per la selezione, l'uso, la manutenzione degli otoprotettori, alla norma UNI EN 458:2995);
- d) verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito

Per quanto riguarda le misure per la limitazione dell'esposizione, e la sorveglianza sanitaria, siamo di fronte agli stessi obblighi già visti nel capo III riguardo le vibrazioni [83].

D.Lsg 17/2010. Nel passato, il problema della sicurezza, sorgeva nel momento in cui si verificava un incidente grave e ripetuto; oggi si cerca invece di trattare il problema con una visione preventiva, cioè in fase di progettazione del sistema meccanico. Come strumento d'aiuto per progettisti e costruttori, interviene proprio la "direttiva macchine", che è un provvedimento comunitario che l'Italia ha recepito con il D.P.R 459 del 24 luglio 1996 [106]. Anche per il rumore i DPI costituiscono l'ultimo provvedimento per eliminare il rumore, sempre dopo aver cercato di ridurre il rischio alla fonte. I dispositivi di protezione individuale sono destinati a proteggere l'apparato uditivo di chi li indossa creando una barriera tra l'apparato uditivo del soggetto esposto e le onde sonore presenti nel campo acustico in cui lo stesso viene a trovarsi. Attualmente si distinguono quelli che intervengono nell'attenuazione per via aerea, quali cuffie e inserti o tappi, e quelli che intervengono attenuando anche la trasmissione del suono per via ossea, avvolgendo in tutto o in parte il capo del soggetto esposto con i caschi o elmetti acustici [77].

- 1) cuffie auricolari: sono costituite da conchiglie auricolari per ciascun padiglione dell'orecchio o da conchiglie che avvolgono il padiglione e vengono premute contro la testa. Le conchiglie auricolari sono rigide, rivestite internamente con una calotta in materiale fonoassorbente destinata ad aumentare l'attenuazione sonora a determinate frequenze; sono provviste di cuscinetti ammortizzanti, riempiti con liquido o con materiale espanso e vengono tenute premute contro la testa da un archetto di sostegno o con un apposito dispositivo montato su un elmetto di protezione. La funzione dei cuscinetti ammortizzanti è di realizzare una chiusura ermetica tra le conchiglie e la testa. Le conchiglie possono essere corredate di ulteriori protezioni temporanee monouso applicate sui cuscinetti per la loro protezione contro sporcizia, traspirazione, cosmetici [76].



Figura 6.8 - Esempi di cuffie

- 2) inserti auricolari: costituiti da un elemento di materiale elastico da inserire nel condotto uditivo esterno. Si distinguono in: inserti monouso, destinati ad essere utilizzati una sola volta; inserti riutilizzabili, destinati ad essere utilizzati più volte. Questo tipo di inserti può essere corredato di cordino che unisce due inserti; inserti adattabili, che richiedono una manipolazione prima di essere inseriti nel condotto uditivo, fabbricati in materiale comprimibile; inserti preformati, che non richiedono alcuna manipolazione prima di essere utilizzati. Sono realizzati in materiale morbido che, con l'inserimento nel condotto uditivo si adattano perfettamente;
- 3) elmetti acustici o caschi: sono in materiale rigido e coprono gran parte della testa e l'orecchio esterno. Ciò può ridurre ulteriormente la trasmissione dei suoni per via aerea alla scatola cranica e quindi ridurre la conduzione ossea del suono all'orecchio interno [104].

6.2.4 Strumenti per la misura del rumore

Per rilevare il livello di inquinamento acustico, lo strumento oggi più utilizzato è il fonometro. Esistono in commercio diversi tipi di fonometri, con diverse prestazioni e diverse caratteristiche. Tale strumento è in grado di rilevare la variazione di pressione dovuta alla presenza di un campo sonoro, tramite un microfono, e di indicare successivamente su di un display o su di un Pc il livello di campo misurato. I fonometri possono essere anche in grado di effettuare l'analisi in frequenza del segnale captato [30].

Di base, questo strumento è composto da: microfono, preamplificatore, filtri, amplificatore, rettificatore RMS, compressore logaritmico ed indicatore digitale (o analogico). In funzione della precisione, le Norme Internazionali (I.E.C., A.N.S.I., BS, D.I.N.) hanno fissato diverse classi:

- Classe 0: riferimento (usati per tarare gli altri strumenti).
- Classe 1: precisione (usati per misure di inquinamento acustico ed emissioni sonore. La legge stessa impone solamente l'utilizzo dei fonometri di classe 1 per tali misure).
- Classe 2: industriale (si usano per rilevazione di cui non è richiesta alcuna certificazione).

- Classe 3: sorveglianza (di solito usati da personale non specializzato, per rilevazioni dirette).

Secondo le norme I.E.C., la lettura delle misure di un fonometro deve avere una precisione entro 0,3 dB per la classe 0, 0,7 dB per la classe 1, 1 dB per la classe 2 e 1,5 dB per la classe 3. Ogni modello di fonometro, prima della sua commercializzazione viene sottoposto ad una procedura di omologazione, ossia un certificato richiesto dal produttore ad un ente preposto.

Le grandezze fisiche misurate in questo elaborato, allo scopo di determinare il livello di esposizione giornaliero e/o settimanale al rumore sono:

- $L_{Aeq,T}$: livello equivalente di pressione acustica, nel tempo di misura T, rilevato con filtro di ponderazione in frequenza A.
- $L_{peak,T}$: livello di pressione acustica istantanea non ponderata. Esso viene rilevato utilizzando la costante di tempo strumentale “peak”.

La strumentazione utilizzata per monitorare i livelli di esposizione a rumore è la seguente:

- Fonometro integratore di classe 1 (Brüel & Kjaer, figura 23);
- Microfono di precisione di classe 1 (Brüel & Kjaer, figura 23).

Per l’elaborazione dei dati è stato utilizzato il software “Rumors”. Il fonometro integratore Brüel & Kjaer utilizzato risulta conforme alle norme I.E.C. n. 651/1979 classe 1, I.E.C. n. 804/1985 classe 1 e alla A.N.S.I. S.1.4.1983 classe 1.



Figura 6.9 - fonometro integratore e microfono di precisione Brüel & Kjaer

Le rilevazioni di rumore sono state eseguite ponendo il microfono dello strumento orientato verso la direzione principale di provenienza del rumore, a 10 cm di distanza dalla testa dell'operatore, all'altezza dell'orecchio più esposto; anche per evitare che le misure risultassero falsate dalla perturbazione del campo sonoro sul corpo umano. Lo strumento di misura è stato calibrato prima delle rilevazioni e il livello di calibrazione è stato verificato anche al termine delle operazioni di misura. Le misurazioni sono ritenute valide se le due calibrazioni differiscono al massimo di circa 0,5 dB e se, durante il rilevamento, non si verificano condizioni di sottocarico e sovraccarico strumentale.

Il fonometro integratore è stato programmato secondo i seguenti parametri:

- Costante di tempo: fast e peak
- Range di misura: 40-120 dB
- Filtro di ponderazione in frequenza: A

7 - RISCHI CHIMICI, CANCEROGENI E MITAGENI

Oggi la chimica in agricoltura sta assumendo un ruolo sempre più dominante, a causa di un crescente aumento dei prodotti chimici che vengono distribuite alle colture. Tuttavia il rischio chimico in questo settore è legato anche all'utilizzo delle macchine ed attrezzature portatili, come motoseghe e decespugliatori. L'uso delle macchine espone gli utilizzatori al rischio chimico causato da lubrificanti, carburanti, e gas di scarico.

Nella coltura del nocciolo, il rischio chimico è notevolmente presente, in quanto viene fatto un largo uso di prodotti fitosanitari, nei trattamenti fungicidi, battericidi, insetticidi e diserbanti.

Il rischio chimico non è presente solo nella preparazione e distribuzione del prodotto, ma anche nelle successive fasi, in quanto il prodotto permane nell'ambiente: ad esempio, è possibile venire a contatto con residui di trattamenti durante la potatura; oppure i diserbanti possono essere veicolati all'interno del corpo umano attraverso le polveri sviluppate durante la raccolta o altre operazioni.

Per scongiurare questi rischi, è necessario indossare i necessari DPI; ma anche evitare di rientrare in campo durante il periodo di cadenza, ed effettuare solo i trattamenti strettamente necessari impiegando, preferibilmente, i prodotti meno tossici possibile.

7.1 Prodotti chimici distribuiti

Fitosanitari. Il termine “prodotto fitosanitario”, “fitofarmaco”, o “pesticida”, definisce una sostanza di natura organica, inorganica, naturale o di sintesi, utilizzata in agricoltura per prevenire, combattere o curare le avversità che possono colpire le colture agrarie. Queste avversità possono essere di natura fungina, batterica, provocata dall'attacco da parte di insetti, o dalla competizione con altre specie vegetali. L'uso più esteso di queste sostanze è quello in pieno campo; ma queste vengono anche utilizzati nelle colture in serra, e durante la conservazione dei prodotti dopo la raccolta.

Tabella 7.1 – Classificazione

DL ₅₀ (ppm)	Vecchia classificazione	Classificazione europea	Frase o simbolo di rischio
<5	prima classe	molto tossico	T+
da 5 a 50	prima classe	tossico	T
da 50 a 500	seconda classe	nocivo	Xn
>500	terza classe	irritante	Xi
	quarta classe	non classificato	

La tossicità dei prodotti fitosanitari viene classificata in base alla dose letale DL₅₀, valore che indica la dose di prodotto che, se somministrata in un'unica volta, provoca la morte del 50% delle cavie da laboratorio: viene misurata in parti per milione (ppm), o in milligrammi per chilogrammo di peso vivo (mg/Kg). I preparati o formulati commerciali, i fitofarmaci destinati al consumo finale, sono costituiti da una sostanza o principio attivo (pa o sa), cioè quella molecola chimica, agente fisico, o microrganismo che esplica l'azione contro gli organismi nocivi. Il principio attivo è affiancato nell'azione da uno o più coformulanti, che ne migliorano l'azione, come l'adesività sulla foglia, il potere bagnante, la stabilità e la solubilità nel tempo, ecc... I fitofarmaci si possono classificare anche in base alla loro capacità migratoria all'interno della pianta: si avranno così prodotti ad azione superficiale, translaminare, con sistemicità acropeta o basipeta. E' importante conoscere la capacità di distribuzione del prodotto all'interno della pianta, sia per impostare il tipo di lotta più efficace, che per sapere se ci saranno tracce di fitofarmaco anche nelle parti non trattate.

Le tipologie di difesa fitosanitaria sono così classificate:

Lotta a calendario: uno dei vantaggi di questo tipo di lotta è che può essere effettuata da chiunque senza una professionalità specifica. Gli svantaggi sono sanitari sia per l'esposizione degli operatori, che per la qualità del prodotto e la salute delle piante; economici, in quanto vengono fatti dei trattamenti superflui; ecologici, in quanto vengono immesse nell'ambiente una grande quantità di sostanze inquinanti e viene favorita la comparsa di specie resistenti, ed eliminate le specie utili.

Lotta guidata. Vantaggi: minore esposizione a fitofarmaci da parte dell'operatore e del consumatore, migliore qualità del prodotto, risparmio economico, minore inquinamento ambientale, metodo più professionale.

Svantaggi: necessità di grande competenza e presenza costante nell'azienda.

Lotta biologica. Vantaggi: ai vantaggi della lotta guidata si aggiungono il mancato utilizzo di prodotti chimici di sintesi, maggiore sanità del prodotto, minore o nulla esposizione dell'operatore, salvaguardia dell'ambiente, maggior prezzo dei prodotti agricoli.

Svantaggi: maggiore costo, necessità di competenza specifica e di applicare il metodo su grandi superfici, riduzione della produzione.

Lotta integrata. Metodo consistente nell'impiego ottimizzato di mezzi utilizzati nella lotta guidata e della lotta biologica. Vantaggi: gli stessi della lotta guidata. Svantaggi: gli stessi della lotta guidata [28].

Nella scelta del fitofarmaco è necessario tenere in considerazione i seguenti fattori:

- 1) Tipo di parassita.
- 2) Verificare che il danno arrecato sia maggiore del costo del trattamento.
- 3) Lo stato di sviluppo del parassita, e quello della coltura: ad esempio, non si può trattare quando la pianta è in fioritura, per salvaguardare gli impollinatori, in uno stadio in cui la coltura verrebbe danneggiata.
- 4) Confronto del tempo mancante alla raccolta, con l'intervallo di carenza del prodotto.
- 5) Condizioni meteorologiche, e possibilità di entrare in campo.
- 6) Conseguenze ambientali del trattamento effettuato.

Dopo aver valutato tutti questi punti, si sceglie il principio attivo più adatto, e il formulato commerciale migliore. L'agricoltore può essere aiutato nella scelta da un tecnico specializzato.

7.1.1 Normativa di riferimento e norme di buona regola

La normativa vigente legata a tematiche riguardanti sostanze e preparati pericolosi, sia in campo nazionale che comunitario, è in continua evoluzione e si adegua ai risultati degli studi scientifici finalizzati al miglioramento della tutela della sicurezza e della salute umana.

L'etichetta deve riportare tutte le informazioni per l'utilizzo corretto e in sicurezza del prodotto fitosanitario. Le etichette regolamentari devono riportare: nome commerciale del formulato e azienda produttrice; le indicazioni del parassita bersaglio del prodotto, come si presenta il prodotto (se liquido, in polvere, granulare), il meccanismo di azione, e le colture su cui è destinato, indicando particolari colture maggiormente sensibili; tempo di sicurezza o di carenza sulle singole colture; dose di distribuzione; la composizione, compresi i coformulanti; frasi e simbolo di rischio; consigli per l'utilizzo del prodotto in sicurezza; informazioni sulla ditta produttrice, sulla sede legale, e sullo stabilimento di produzione; numero e data di registrazione presso il Ministero della Sanità, e data di scadenza dell'autorizzazione; quantità netta di preparato contenuto nella confezione; numero di partita del prodotto; frase indicante che il prodotto non può essere riutilizzato e norme per smaltire il prodotto: frase tipo "Da non vendersi sfuso" [67].

In etichetta deve essere riportata la dose di fitofarmaco in grammi/ettolitro, o Kg/ha, nonché le dosi e le modalità di distribuzione sulle varie colture; deve essere riportata la compatibilità con altri fitofarmaci, ed eventuali effetti fitotossici che si hanno su alcune varietà, cultivar o particolari stati fenologici della pianta. Devono essere riportate, in etichetta, dettagliate informazioni su:

- Persistenza agronomica, cioè la durata di tempo in cui il prodotto sviluppa la propria azione fitosanitaria.
- Persistenza ambientale, il tempo di permanenza del prodotto nel terreno e nelle parti della pianta, la sua eventuale traslocazione nei vari organi della pianta, il percolamento nel sottosuolo, e i meccanismi di degradazione.
- Nocività per altri organismi utili come gli impollinatori, gli insetti antagonisti e la fauna selvatica.

Norme da seguire per l'acquisto sicuro di fitofarmaci:

- I fitofarmaci devono essere prodotti solo in stabilimenti autorizzati.
- Devono essere venduti in esercizi commerciali che rispettano le norme di legge, e da personale in possesso di abilitazione alla detenzione e alla vendita.
- Per l'acquisto di fitofarmaci di I e II classe, è necessario un patentino della durata di 5 anni, consigliato anche per prodotti di classe inferiore.
- E' vietata la vendita e l'acquisto di fitofarmaci in forma sfusa.
- Una volta acquistati, i fitofarmaci non possono essere ceduti o venduti, neanche a persone in possesso di patentino.

- Evitare di acquistare fitofarmaci la cui confezione sia danneggiata, al momento dell'acquisto, controllare se la confezione è sigillata e dotata di tutte le targhette.
- Con l'acquisto si diventa responsabili del trasporto, detenzione e utilizzo del fitofarmaco.
- Norme da seguire per il trasporto dei fitofarmaci in sicurezza:
- Il piano di appoggio del mezzo non deve presentare parti che potrebbero danneggiare le confezioni.
- Durante il trasporto, sul mezzo non devono essere presenti altre persone, cibi, bevande, o animali.
- I fitofarmaci devono essere sistemati in modo che le confezioni non si rovescino o sbattano tra di loro.
- Sul mezzo deve essere presente un estintore, i DPI e un pacchetto di pronto soccorso.
- I fitofarmaci, una volta portati in azienda, devono essere conservati in locali appositi, aventi le seguenti caratteristiche:
- Locale asciutto e ben areato, il pavimento deve essere rialzato e facilmente lavabile.
- Il locale deve essere lontano da abitazioni, e chiuso a chiave.
- I fitofarmaci, contenuti nelle confezioni originali, devono essere conservati in armadi o scaffali metallici.
- Bisogna cercare di ridurre le quantità di prodotto e il loro periodo di stoccaggio.
- All'interno del locale devono essere presenti una cassetta di pronto soccorso, DPI, un estintore, i numeri di emergenza; inoltre vicino al locale devono esserci delle docce di emergenza e la possibilità di lavarsi.
- I prodotti liquidi devono essere posizionati in basso.
- Periodicamente deve essere controllato lo stato di conservazione dei contenitori e l'assenza di perdite, i contenitori non possono essere riutilizzati, ma vanno smaltiti adeguatamente.

La preparazione dei fitofarmaci è un'operazione molto delicata e pericolosa, che deve essere eseguita da personale competente, utilizzando macchinari in buono stato e prodotti fitosanitari autorizzati sulla coltura che si vuole trattare.

Norme da seguire per la preparazione dei prodotti fitosanitari:

- 1) Indossare i seguenti DPI: guanti impermeabili possibilmente monouso, tuta impermeabile, occhiali protettivi, stivali di gomma, casco, maschera facciale e semi-maschera, filtri contro vapori organici e polveri.
- 2) I DPI monouso devono essere smaltiti correttamente, mentre quelli riutilizzabili devono essere lavati dopo l'uso
- 3) Non fumare, mangiare o bere, soprattutto alcolici durante la preparazione e la distribuzione in campo dei fitofarmaci.
- 4) La botte va preparata all'aperto, in assenza di vento.
- 5) Il prodotto deve essere pesato solo su una bilancia adibita esclusivamente a tale scopo. La quantità deve essere calcolata in modo da evitare rimanenze.
- 6) Se il prodotto è in polvere, deve essere sciolto in poca acqua, successivamente immesso nella botte piena per metà, e poi la botte deve essere riempita agitando.
- 7) Per evitare fuoriuscite, la botte non deve mai essere riempita fino all'orlo.
- 8) La quantità di prodotto distribuito non varia con il volume di acqua con cui si opera.
- 9) Regole da osservare per la distribuzione in sicurezza dei prodotti fitosanitari.
- 10) Non trattare in presenza di vento e in fioritura (per non danneggiare gli insetti impollinatori).
- 11) Tenersi distanti da corsi d'acqua e abitazioni.
- 12) Segnalare il trattamento con appositi cartelli ben visibili e dotati degli adeguati pittogrammi, che devono essere posti a bordo campo.
- 13) Osservare un periodo di rientro di almeno 48 ore prima di rientrare in campo.
- 14) Non toccare le parti trattate prima della fine del periodo di carenza.
- 15) Eseguire le varie operazioni sempre con la massima attenzione e prudenza.

Procedura per la corretta pulizia della botte: usare acqua o acqua e soda, da far circolare per almeno 10 minuti; sciacquare con abbondante acqua pulita fino alla completa eliminazione dei residui; lavare accuratamente anche i contenitori e le altre attrezzature utilizzate per la preparazione; le acque di lavaggio sono rifiuti speciali, non devono essere sparse sui campi o gettate nei corsi d'acqua; i trattamenti fitosanitari non sono gli unici responsabili del rischio chimico in agricoltura. Questo proviene anche da: fertilizzanti, polveri, carburanti, oli lubrificanti, vernici, prodotti medicinali, etc.. Questi prodotti devono essere manipolati con prudenza, seguendo le indicazioni presenti sulla confezione, ed utilizzando i necessari DPI.

Per il rischio chimico, la normativa di riferimento è il Titolo IX (art. 221-265) del D.Lgs. 81/2008; il rischio chimico può essere valutato attraverso il "MoVaRisCh", modello di valutazione del rischio chimico, che è stato approvato dalle regioni Emilia Romagna, Lombardia e Toscana, è l'applicazione del Titolo IX Capo I D.Lgs. 81/2008.

7.2 Le polveri

Il rischio polvere costituisce un rischio molto importante in agricoltura ed in particolare nella corilicoltura; è un rischio che si manifesta sia nella fase di lavorazione del terreno ma soprattutto nella fase di raccolta delle nocciole.

Con il termine polvere, pulviscolo o aerosol, si intende quella parte di materiale allo stato solido, originato da frantumazione naturale o artificiale, che si trova disperso nell'aria. Le dimensioni di queste particelle vanno dal visibile, al submicroscopico. Le polveri possono essere classificate, in base alla loro origine, in polveri organiche e polveri inorganiche. Le polveri organiche possono avere origine animale, crini, piume, pelle, ossa, ecc, le polveri vegetali possono derivare dal grano, fieno, cotone, sughero, canapa, etc.. Le polveri inorganiche, si distinguono in solubili ed insolubili. Le polveri atmosferiche possono anche essere classificate come: polveri primarie, quando derivano direttamente da una sorgente naturale, o sono state prodotte da attività umane; e polveri secondarie, quando derivano dalla reazione di altre molecole presenti nell'aria.

Le polveri atmosferiche vengono anche classificate, in base alla loro granulometria, in polveri inalabili e respirabili.

- **Le polveri inalabili** hanno un diametro compreso tra i 5 e i 10 μm ; riescono a penetrare solo nella prima parte dell'apparato respiratorio, in quanto vengono bloccate nella laringe.
- **Le polveri respirabili** hanno un diametro compreso tra i 5 e gli 0,5 μm ; queste hanno la capacità di penetrare in profondità, nella trachea, bronchi e alveoli polmonari, e di depositarvi.

Sono stati fatti degli studi sulla probabilità che le polveri raggiungano gli alveoli, a seconda della loro granulometria. Una particella di 5 μm , ha il 25% di possibilità di raggiungere gli alveoli; la probabilità cresce al 35%, se il diametro della particella è di 3,5 μm , la probabilità massima del 90%, si ha per particelle aventi diametro compreso tra 0,5 e 2 μm . Se il diametro è inferiore a 0,5 μm , le particelle non si depositano, ma

rimangono sospese nel flusso respiratorio. Da questi dati si capisce che le particelle più pericolose hanno un diametro compreso tra i 5 e 0,5 μm .

Come già sappiamo, le polveri più pericolose sono quelle respirabili, di quella frazione granulometrica compresa tra 5 e 0,5 μm . Queste polveri raggiungono gli alveoli polmonari, dove non ci sono meccanismi in grado di bloccarle, e lì esplicano la loro azione dannosa. In base all'effetto sulla salute dell'uomo, le polveri possono essere distinte in *pneumoconiogene* e *non pneumoconiogene*. Le polveri pneumoconiogene possono a loro volta essere divise, in base alla loro pericolosità, in inerti, fastidiose e fibrogene. Le polveri inerti o fastidiose, come amido, gesso, ossido di alluminio, ossido di ferro, cellulosa, calcare, saccarosio, hanno le seguenti caratteristiche: non alterano la struttura dell'apparato respiratorio, non comportano la formazione di significative quantità di collagene all'interno degli alveoli polmonari, non sono causa dell'insorgenza di malattie o di altri effetti tossici in generale; le modificazioni tessutali provocate sono potenzialmente reversibili. [82].

Le polveri fibrogene, invece, contengono una concentrazione variabile di silice cristallina, in tutte le sue forme polimorfe (la silice è contenuta anche nella terra, quindi il rischio è molto alto in agricoltura). Tra le polveri fibrogene compare anche il temutissimo amianto, rischio che per fortuna è quasi del tutto assente in agricoltura, e quindi anche nel ciclo colturale del nocciolo.

Le polveri fibrogene hanno le seguenti caratteristiche:

- Alterano permanentemente la struttura degli alveoli.
- Provocano sui tessuti gravi reazioni di tipo collagene.
- La malattia si aggrava anche se cessa l'esposizione.
- L'alterazione provocata è irreversibile.

La nocività delle polveri non pneumoconiogene non è dovuta alla polvere di per sé, ma al fatto che attraverso queste polveri vengono veicolate sostanze pericolose per la salute. Dopo essere state inalate, si depositano negli alveoli, e da lì le sostanze in esse contenute vengono trasportate dal sangue in tutto il corpo. Le polveri non pneumoconiogene possono veicolare, o essere composte totalmente dalle seguenti sostanze: metalli e loro vari sali, sostanza organica, batteri, virus e spore di funghi. Le polveri non pneumoconiogene, oltre che attraverso l'apparato respiratorio, possono esplicare danno anche attraverso l'apparato digerente. Tra le numerose malattie provocate dall'esposizione alle polveri inorganiche si riporta:

- Silicosi: malattia provocata dall'inalazione di polveri contenenti il biossido di

silicio sotto forma di quarzo, tiridimite e cristobalite. I primi sintomi compaiono dopo una decina di anni dall'esposizione, e consistono nella comparsa di una certa difficoltà respiratoria, che mano a mano peggiora fino ad arrivare ad una totale insufficienza respiratoria, e alla totale chiusura e distruzione degli alveoli polmonari. La silicosi è una delle malattie professionali più diffuse, causa del 20% delle morti dovute a malattie professionali.

- Asbestosi: è una gravissima fibrosi polmonare causata dall'inalazione di fibre di amianto. Insorge 10 - 15 anni dopo l'esposizione, e provoca un ispessimento e indurimento del tessuto polmonare, rendendo sempre più difficile gli scambi gassosi tra l'aria e il sangue. Per fortuna in Italia è vietata la lavorazione e l'utilizzo di manufatti contenenti amianto, quindi in agricoltura questo rischio non è presente, tranne in particolari casi.
- Siderosi: malattia dovuta all'inalazione di fumi o polveri contenenti ferro, o ossidi di ferro; i sintomi sono quelli del sovraccarico polmonare.
- Baritosi: malattia provocata dall'utilizzo del solfato di bario nella concia delle pelli.

Gli effetti dovuti all'esposizione alle polveri organiche, si dividono in quelli dovuti alle polveri animali e in quelli alle polveri vegetali. L'esposizione alle polveri animali provoca soprattutto riniti allergiche a carico di soggetti predisposti, mentre l'esposizione alle polveri di origine vegetale, provoca vere e proprie malattie professionali:

- Bissinosi: malattia dovuta all'inalazione di spore, miceti e muffe presenti nelle polveri di cotone: i primi sintomi sono la comparsa di febbre e tosse alla fine del turno lavorativo; successivamente i sintomi si manifestano sempre più frequentemente.
- Bagassosi: malattia professionale dovuta all'inalazione di polveri provenienti dalla lavorazione della canna da zucchero.
- Suberosi: malattia provocata dall'esposizione a polveri di legno e sughero, la sintomatologia è analoga a quella della bissinosi.
- Polmone del trebbiatore: malattia professionale dovuta all'esposizione a polveri provenienti da raccolta del nocciolo, polveri di fieno, grano, ecc... L'esposizione a queste polveri provoca asma bronchiale e irritazione delle vie respiratorie, che favoriscono lo sviluppo di allergie. L'evoluzione della malattia dipende dalla concentrazione e natura delle polveri, e alla predisposizione del soggetto [82].

All'interno del ciclo colturale del nocciolo sono molte le operazioni colturali che espongono gli operatori alla polvere: la trinciatura, la potatura e le lavorazioni del terreno, producono polveri in quantità e di tipologia differente, in base al macchinario utilizzato, le caratteristiche del suolo e quelle ambientali. Ma sono senza dubbio le operazioni di raccolta meccanizzata espongono maggiormente gli operatori al pericolo polvere. La raccolta meccanizzata è preceduta dall'andanatura delle nocciole, eseguita con macchine apposite, oppure con soffiatori a spalla: anche questa operazione preliminare espone gli operatori a massicce dosi di polvere, fortemente influenzata dall'umidità del terreno.

Per poter prevenire efficacemente il rischio polveri, è necessario conoscere a quale esposizione sono sottoposti gli operatori: ci si può affidare ad eventuali dati forniti dalle case costruttrici, oppure è possibile procedere alla misura delle polveri.

Per misurare la concentrazione di polveri ci si avvale di un campionatore personale, di cui esistono vari modelli. Questa deve essere di piccole dimensioni, in modo da poter essere indossato dall'operatore, senza che possa essere compromessa l'attività lavorativa. Inoltre deve essere adatto alla tipologia di polvere che si deve campionare.

Per avere una misura più precisa, è necessario che il campionatore sia il più vicino possibile al viso dell'operatore; bisogna anche far attenzione che i fori di ingresso dell'aria non siano coperti dal vestiario.

Al termine del campionamento, il filtro viene smontato e pesato per determinare la quantità di polvere trattenuta; quindi, conoscendo il tempo di campionamento, la portata d'aria (circa 2 litri al minuto) e il peso della polvere campionata, è semplice stabilire la concentrazione in volume delle polveri.

I campionatori hanno una struttura che simula il funzionamento dell'apparato respiratorio umano, e quindi trattengono le polveri comprese nel range di granulometria delle polveri respirabili: è però possibile conoscere con maggior precisione la distribuzione della granulometria, e la natura delle polveri ricorrendo ad indagini microscopiche e tramite la spettrofotometria a raggi X.

Dopo aver rilevato la quantità di polvere, si confrontano questi valori con le varie TLV, e se la quantità di polveri a cui sono esposti i lavoratori supera la TLV, è necessario dotare i lavoratori di DPI.

Nella raccolta del nocciolo, si supera spesso il valore di TLV anche utilizzando moderne macchine per la raccolta dotate di sistemi per l'abbattimento delle polveri:

infatti l'emissione di polvere non è dovuta solo al tipo di macchina utilizzata, ma anche ad altri fattori. Un nocchioleto inerbito riduce l'emissione di polvere; l'umidità del terreno diminuisce la quantità di polvere, ma di contro peggiora la qualità delle nocciole. Infine la produzione di polvere è anche influenzata dalla tessitura del terreno, su cui naturalmente non si può agire.

Le macchine per la raccolta possono influenzare l'esposizione degli operatori a polvere. Oltre alla presenza di un eventuale sistema di abbattimento delle polveri, è importante anche che la polvere in uscita non investa direttamente il manovratore della macchina e le altre persone a terra. Un nocchioleto troppo fitto ostacola la circolazione dell'aria e favorisce l'accumulo di alte concentrazioni di polvere nell'aria, è preferibile avere un sesto di impianto non troppo fitto, anche se questo può portare a ridurre la produzione.

Una soluzione radicale potrebbe essere quella di dotare le nuove macchine raccogliatrici di una cabina climatizzata e dotata di opportuni filtri. Questa soluzione, che risolverebbe anche il problema del rumore, delle vibrazioni e del microclima, non è di semplice realizzazione, a causa degli alti costi, della limitata visibilità aggravata dall'offuscamento dei vetri causato dalla polvere, e infine dal fatto che, lavorando in nocchioleti spesso bassi e fitti, c'è il rischio che la cabina venga danneggiata. Ma se in questa eventualità la cabina riparerebbe il conducente dall'urto contro i rami.

Tutte queste problematiche potrebbero essere risolte con gli attuali mezzi della tecnica, assicurando una maggiore salute, sicurezza e comfort del lavoro.

Tenendo conto del principio generale che impone di ridurre il pericolo alla fonte (in questo caso l'emissione di polveri), nel caso in cui questo non sia tecnicamente possibile, è necessario dotare i lavoratori di adeguati DPI che proteggono dalla polvere.

Per avere una protezione completa, è necessario che gli A.P.V.R. siano indossati durante tutto il periodo di esposizione, altrimenti il fattore limitante diventa il periodo in cui vengono indossati.

I DPI in grado di proteggere dalle polveri vengono anche chiamati A.P.V.R. (apparato di protezione delle vie respiratorie). Questi dispositivi si dividono in due categorie [23].

I respiratori a filtro sono in grado di filtrare l'aria inquinata, rendendola respirabile. I respiratori isolanti impediscono il passaggio dell'aria inquinata e forniscono aria respirabile prelevata da un'altra fonte pulita. I riferimenti normativi che riguardano gli A.P.V.R. sono due:

- La norma UNI EN 132, che fornisce le definizioni per gli apparecchi di protezione delle vie respiratorie.
- La norma UNI EN 143, che tratta nello specifico i respiratori con filtro antipolvere, che tra l'altro sono i dispositivi più utilizzati per la protezione dalle polveri nella raccolta delle nocciole, e nell'agricoltura in generale.

La protezione offerta non deve essere il solo motivo che porta a scegliere un A.P.V.R. da un altro, ma bisogna anche tenere conto della comodità, soprattutto se vengono indossati a lungo, del corretto impiego e della tenuta; bisogna anche valutare il costo e la prevedibile durata utile.

I respiratori isolanti devono essere indossati se si verifica anche solo una delle seguenti condizioni:

- La percentuale di ossigeno nell'aria è inferiore al 17%.
- La concentrazione delle polveri è superiore alla capacità filtrante del filtro.
- Non si è a conoscenza della natura e concentrazione delle polveri.

I respiratori possono essere a respirazione assistita o non assistita, inoltre possono essere antipolvere, antigas, o combinati.

I respiratori antipolvere non assistiti, filtrano la polvere attraverso un'azione meccanica ed elettrostatica. Si possono dividere in due tipologie: i facciali filtranti antipolvere FFP (le mascherine) e le maschere in gomma, semimaschere o pieno facciale, dotati di filtri antipolvere sostituibili, indicati dalla lettera P.

I facciali filtranti antipolvere si dividono in tre categorie in base all'efficienza filtrante:

- 1) FFP1/P1 con efficienza del 78%.
- 2) FFP2/P2 con efficienza del 92%.
- 3) FFP3/P3 con efficienza del 98%.

La prova di efficienza viene effettuata con particelle di cloruro di sodio aventi diametro medio di 0,6 μm ; l'aumento dell'efficienza di filtrazione viene ottenuto aumentando lo spessore del filtro: questo causa un aumento della difficoltà respiratoria, soprattutto se l'A.P.V.R. viene utilizzato a lungo.

Nella scelta di un filtro, non si tiene conto dell'efficienza filtrante, ma del "fattore di protezione nominale" FPN, che rappresenta il rapporto tra la concentrazione della polvere esterna, e quella presente all'interno del respiratore facciale.

Ad esempio, un respiratore di classe P1 ha un'efficienza del 78%, ed un FPN di 4,5 cioè è in grado di abbattere di 4,5 volte la concentrazione di polveri: quindi la concentrazione massima a cui l'operatore può esporsi con il filtro è pari a **4,5*TLV**.

Le maschere facciali, invece, sono dispositivi più complessi, in quanto sono dotati di valvole per l'espulsione dell'aria, di filtri sostituibili, e generalmente hanno una maggiore tenuta degli FPP.

Le norme prescrivono che queste maschere debbano avere una resistenza inferiore di 15 mm Hg in inspirazione, e di 5 mm Hg in espirazione, con un flusso d'aria pari a 50 litri al minuto. Infatti uno degli inconvenienti di queste maschere è che con l'utilizzo aumenta la resistenza alla respirazione: di conseguenza si è costretti a sostituire frequentemente i filtri aventi dimensioni ridotte di circa 35 - 40 cm³.

Altri mezzi a protezione delle altre parti del corpo possono essere: occhiali protettivi, tute antipolvere, e creme protettive [24].

Un altro tipo di polvere che si potrebbe presentare durante il ciclo produttivo delle nocciole è la polvere del legno, prodotta durante la fase di spollonatura con il decespugliatore. Tuttavia gli effetti della polvere prodotta in questa fase non sono stati ancora completamente chiariti. Dal punto di vista sintomatologico, si individuano due effetti: uno di tipo allergenico, con allergie croniche ed acute, e l'altro di tipo cancerogeno, con l'insorgenza di tumori alle vie respiratorie.

7.2.1 Normativa di riferimento

Il D.Lgs. 66 del 25 febbraio 2000 di recepimento di alcune direttive comunitarie, intervenuto a modificare il Titolo VII del D.Lgs. 626/94 "Protezione da agenti cancerogeni e mutageni", poi conferito nel T.U. (D.Lgs. 81/2008).

Non esistono soglie di legge che fissano valori limite per l'esposizione a polveri, ma visto che i datori di lavoro sono obbligati a prendere misure di prevenzione anche per il rischio polveri, si usano i valori limite di soglia pubblicati dall'A.C.G.I.H.

L'A.C.G.I.H. (conferenza governativa americana igienisti industriali) è un'associazione "no profit" costituita da professionisti nel campo della salute e sicurezza sul lavoro. Come già detto, non vengono fissati limiti di legge, ma valori limite di soglia, utili nella valutazione del rischio derivante da un'esposizione. Nonostante questi non siano valori di legge, vengono utilizzati così dagli enti. I TLV si basano su fattori che prendono in considerazione esclusivamente la salute, senza tenere in considerazione

problematiche tecniche o economiche: per questo motivo non sono sempre di facile applicazione. Inoltre i TLV tengono conto esclusivamente delle polveri inalate, trascurando altri fattori, come l'esposizione cutanea o digestiva. I TLV esprimono la concentrazione di polveri nell'aria in mg/m^3 o in ppm. Esistono tre tipologie di TLV:

- Valore limite di soglia, media ponderata nel tempo (TLV-TWA), esprime la concentrazione ponderata nel tempo, per una giornata lavorativa di 8 ore, e 40 ore di lavoro settimanali, alla quale i lavoratori possono essere esposti ripetutamente per lunghi periodi, senza avere alcun effetto negativo per la salute.
- Valore limite di soglia, limite per breve esposizione (TLV-STEL), esprime la concentrazione massima di polvere, a cui un lavoratore può rimanere esposto per un breve periodo, purché il TLV-TWA non venga superato, senza che insorgano irritazioni, malattie croniche, e alterazioni irreversibili a carico del tessuto polmonare; inoltre non devono esserci riduzioni della lucidità che possano diminuire i riflessi, ed essere quindi causa di infortuni. Il periodo massimo di uno STEL è di 15 minuti, e non deve essere superato neanche nel caso in cui l'esposizione giornaliera sia inferiore ai TLV; inoltre questi sforamenti non possono verificarsi più di 4 volte al giorno.
- Valore limite di soglia, di tetto (Ceiling) (TLV-C): esprime la concentrazione che non deve mai essere superata durante l'attività lavorativa.

Il peggiore effetto delle polveri sull'organismo umano è l'insorgenza di tumori: l'A.C.G.I.H. fornisce delle definizioni specifiche per definire le varie classi di cancerogenicità:

- A1: Cancerogeno riconosciuto per l'uomo.
- A2: Cancerogeno sospetto per l'uomo.
- A3: Cancerogeno riconosciuto per l'animale, con rilevanza non nota verso l'uomo.
- A4: Non classificabile come cancerogeno per l'uomo.
- Non sospetto come cancerogeno per l'uomo.

Per quanto riguarda le polveri inerti, definite con il termine PNOC, viene stabilito, per le polveri totali prive di amianto e di concentrazione di silice cristallina, inferiore all'1%, un TLV-TWA di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, mentre per la frazione respirabile, il limite di soglia è di $3 \text{ mg}/\text{m}^3$. È possibile arrivare a $9 \text{ mg}/\text{m}^3$ per un periodo non superiore a 30 minuti.

Per quanto riguarda la silice, sono indicati dei valori riferiti alla sola frazione respirabile, di $0,05 \text{ mg/m}^3$ per la cristobalite e la tridimite, mentre per il quarzo il limite è di $0,1 \text{ mg/m}^3$. Per le polveri respirabili provenienti dai cereali, sono forniti valori TLV-TWA di 4 mg/m^3 , mentre per il cotone grezzo abbiamo TLV-TWA di $0,2 \text{ mg/m}^3$.

7.2.2 Strumenti

Per effettuare il campionamento delle polveri è stato utilizzato un campionatore dotato di ciclone (figura 7.1), il quale separa le particelle più pesanti, quindi con un diametro maggiore, prima che si depositino sul filtro.

Il campionatore utilizzato è dotato di filtri in acetato di cellulosa del diametro di 25 mm e viene collegato ad una pompa di campionamento con flusso di 2 l/min .

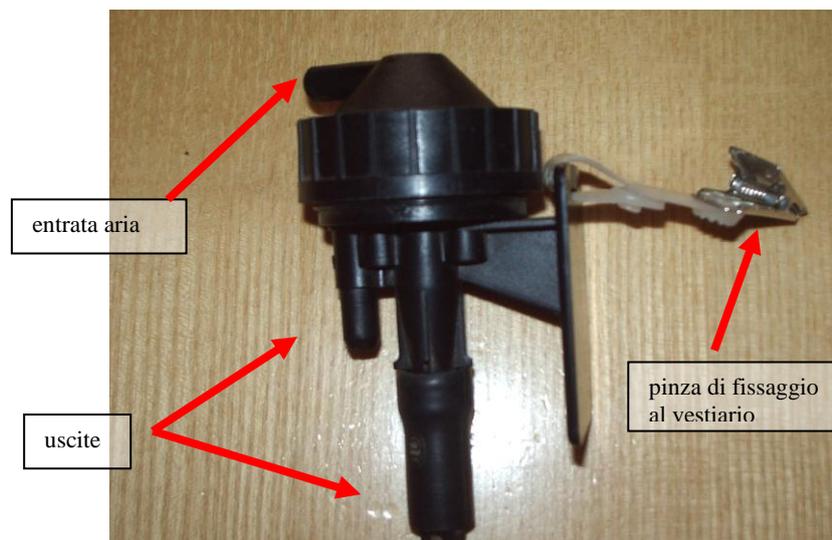


Figura 7.1 - Ciclone porta filtri utilizzato

Per effettuare i campionamenti, i portafiltri utilizzati sono stati collegati a pompe SKC modello Airchek 52. Le dimensioni di tale dispositivo sono molto contenute in modo da non intralciare il normale svolgimento del lavoro durante il campionamento, $127 \times 76 \times 44 \text{ mm}$ con un peso di 566 grammi, dotato di un'apposita clip per posizionarlo sulla cinghia dell'operatore. L'alimentazione avviene tramite una batteria NiCd ricaricabile da 1,8 Ah e 4,8 V. Lo strumento è dotato di un dispositivo di compensazione automatica del flusso, il quale viene regolato con l'ausilio di un flussimetro (figura 7.4) che agisce sull'apposita vite di fianco al display (figura 7.2). [56] Il display a tre cifre permette di monitorare costantemente il tempo di

campionamento espresso in minuti; in caso in cui la pompa si blocca, anche il timer smette di avanzare. Il flusso può essere regolato in un range che va da 5 a 3000 ml/min.

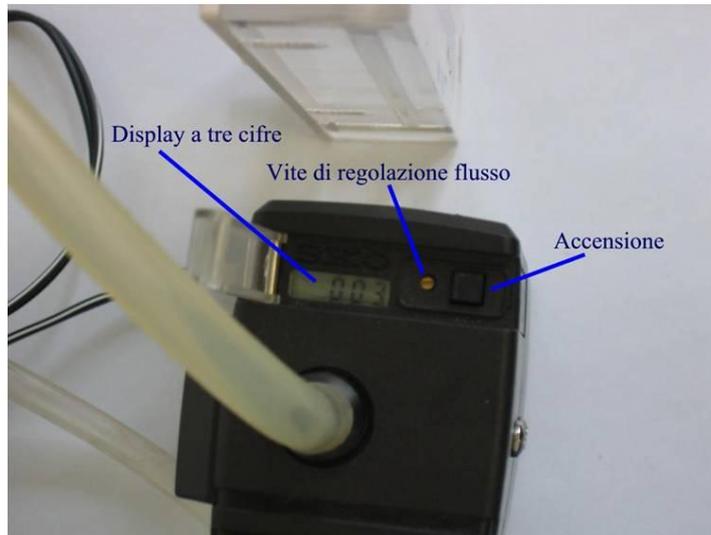


Fig. 7.2 - Display della pompa

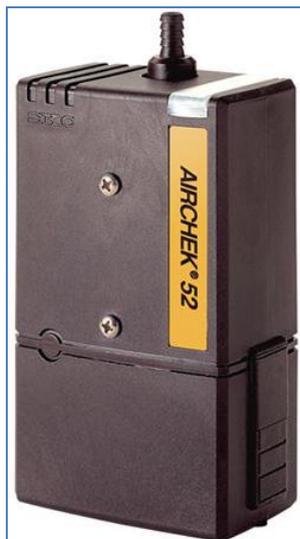


Figura 7.3 - Pompa indossabile Airchek 52



Figura 7.4 - Flussimetro

Per le misure sono stati impiegati filtri in nitrato di cellulosa con porosità di 0,8 μm e diametri 37 mm. Al fine della determinazione della concentrazione delle polveri, i filtri sono stati pesati, prima e dopo i rilievi, con una bilancia analitica in grado di apprezzare 0,1 mg (a cinque cifre dopo la virgola). I filtri in nitrocellulosa variano il proprio peso al variare dell'unità. Il 10 % dei filtri che sono stati pesati per il campionamento sono stati utilizzati come test, in modo da controllare le eventuali differenze di peso dovute all'umidità [82].

Per calcolare il quantitativo di polvere riportato su ogni filtro è stata utilizzata l'equazione:

$$P = (B - A) - \Delta p \text{ bianchi}$$

dove: *P* rappresenta il peso della polvere (mg) depositata sul filtro; *B* peso del filtro dopo il monitoraggio (mg) e quindi ricoperto di polvere; *A* peso del filtro bianco iniziale (mg); Δp bianchi differenza tra peso finale e peso iniziale dei filtri bianchi che non hanno campionato.

Successivamente è stata calcolata la concentrazione di polvere, in mg/m³, dividendo la quantità di polvere depositata sul filtro, in mg, per il volume aspirato, in m³. Il valore del volume è dato dal prodotto del tempo di campionamento per la portata del selettore (si ottiene così un valore del volume in litri, facilmente trasformabile in m³ dividendolo per mille).

Per il campionamento delle polveri sono state utilizzate delle schede fornite dal laboratorio di ergonomia presso l'Università degli Studi della Tuscia:

Tabella 7.2 – Esempio foglio rilievo

POLVERI: FOGLIO RILIEVO PESATE FINALI				
n. filtro	1^ pesata grammi	2^ pesata grammi	azienda	note
1				
2				
3				
4				
5				

Con un foglio elettronico Microsoft Excel, si è proceduto al calcolo delle differenze tra le pesate finali ed iniziali, sia dei filtri utilizzate che quelli usati come testimone per le correzione [56].

Successivamente i campioni sono stati trasportati al laboratorio di Sedimentologia dell'Università degli Studi della Tuscia, per effettuare pesare i filtri. Il campionamento delle polveri e dei terreni è stato effettuato nel periodo della raccolta 2010. [56]

7.3 Gas di scarico, lubrificanti, carburanti

L'UE, in merito alle emissioni prodotte da motori o da veicoli, stabilisce delle direttive che in particolare riguardano i seguenti inquinanti: il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NOx), gli idrocarburi (HC) e il particolato (PT); fra questi la regolamentazione del CO e dell'NOx risulta meno impellente; mentre per quanto riguarda l'emissione di particolato, per i motori a due tempi, la regolamentazione delle emissioni verrà affrontata nel prossimo futuro, quando cioè saranno disponibili informazioni riguardanti gli effetti sulla salute umana e per l'ambiente. La composizione dei gas di scarico è influenzata esclusivamente dalla dosatura della miscela, la quale è corretta solo quando il rapporto in peso combustibile/aria è circa 0,065 (grafico 7.1) e le percentuali dei gas di scarico assumono i valori medi riportati nella tabella 7.3

Tabella 7.3 - Composizione dei gas di scarico

Componenti	Formula chimica	Percentuale (%)
Azoto	N ₂	72,76
Vapore acqueo	H ₂ O	13,25
Anidride carbonica	CO ₂	11,52
Ossigeno	O ₂	0,98
Monossido di carbonio	CO	0,86
Metano	CH ₄	0,48
Idrogeno	H ₂	0,15

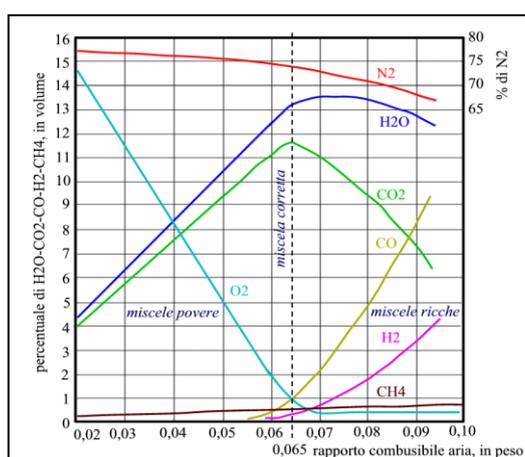


Grafico 7.1 - Composizione dei gas di scarico

Quando la miscela diventa “ricca”, diminuisce la percentuale di CO₂ ed aumenta la percentuale di CO e di H₂; quando invece la miscela “impoverisce”, aumenta rapidamente la percentuale di O₂ e diminuisce la percentuale di H₂O e di CO₂. In entrambi i casi si ha comunque perdita di calore. Il massimo rendimento termico del motore si ottiene quindi con la giusta dosatura della miscela

È possibile controllare l’andamento della combustione che avviene nei cilindri grazie all’analisi dei gas di scarico, e stabilire quale sia la più adatta regolazione del carburatore o dell’iniettore. Inoltre l’analisi può fornire al progettista utili indicazioni circa la forma più appropriata della camera di combustione e dei condotti di emissione della miscela nei cilindri, sulla posizione della candela o dell’iniettore e sull’efficacia del raffreddamento del motore.

Informazioni riguardanti la combustione possono essere fornite, come si vede dalla tabella 7,4 dal controllo del colore e della lunghezza della fiamma uscenti dai condotti di scarico dei cilindri [12].

Tabella 7.4 - Controllo visivo dell'andamento della combustione (Giacosa D., 1988)

Aspetto delle fiamme	Qualità della miscela
Fiamme lunghe, rosso chiaro, striate di azzurro	MISCELA CORRETTA
Fiamme rosso scuro, spesso accompagnate da sbuffi di fumo nerastro	MISCELA RICCA
Fiamme corte, striate di bianco o completamente bianche	MISCELA POVERA
Fiamme a sbuffo di fumo nero nelle quali compaiono lingue di fuoco rosso splendente	MOTORE FUNZIONANTE IN REGIME DI DETONAZIONE

Per un esame preciso della combustione, si ricorre alle *prove termiche* e alle *prove chimiche* sui gas di scarico. Indicazioni sull’utilizzazione dell’energia dei gas, sulla velocità di propagazione della combustione e sull’anticipo all’accensione, vengono fornite dalla temperatura dei gas di scarico, la cui misura viene fatta mediante pirometri o termo-coppie. Quanto più alta è la temperatura, tanto minore è lo sfruttamento della

fase di espansione dei gas; quanto più lenta è la combustione, tanto più piccolo è l'anticipo all'accensione o all'iniezione del combustibile. La determinazione della composizione chimica dei gas di scarico ha moltissima importanza, in quanto permette di conoscere come è avvenuta la combustione della miscela. Quando la combustione è completa, i gas di scarico sono costituiti da CO₂, H₂O e N₂. In pratica però la combustione non è mai completa ed allora, oltre ai suddetti componenti, nei gas di scarico si trovano percentuali variabili di CO, di H₂, di CH₄ e di tutta una serie di sostanze qui di seguito descritte. La mancata combustione di questi gas abbassa anche il rendimento termico del motore. Nei gas di scarico i principali gruppi di sostanze tossiche presenti sono:

- 1) V.O.C. comprendenti: *idrocarburi aromatici e alifatici e idrocarburi aromatici policiclici (HC)*
- 2) monossido di carbonio (CO)
- 3) ossidi di azoto (NO_x) e altri ossidi (NO₂ e NO)
- 4) aldeidi
- 5) oli in soluzione gassosa
- 6) segatura e polvere di legno

Nei gas di scarico dei veicoli a motore, si trovano componenti delle benzine (paraffine, olefine, aromatici) incombusti, oppure frammenti più leggeri prodotti da reazioni che avvengono durante la combustione. Una classe importante di idrocarburi sono gli Idrocarburi Policiclici (IPA), fra i quali ricordiamo il benzo(a)pirene.

Le quantità delle sostanze emesse dalle motoseghe in particolare possono superare le quantità prodotte da altre macchine: solo l'ossido di azoto ha un potenziale inquinante inferiore a quello di un autoveicolo, mentre sono superiori le emissioni di monossido di carbonio e di idrocarburi.

I principali effetti acuti e cronici provocati nell'organismo umano dal contatto di V.O.C., benzene e monossido di carbonio si riportano in tabella 7.5. Essi sono, come si vedrà in seguito, gli inquinanti presi in considerazione nella presente sperimentazione. Vengono inoltre descritti gli indicatori specifici, cioè gli elementi che permettono di riconoscere, attraverso analisi del sangue e delle urine, se l'organismo è contaminato o meno da tali xenobiotici.

Tabella 7.5 - Effetti provocati dai gas di scarico sull'uomo

Inquinante	Effetti acuti	Effetti cronici	Indicatori specifici
V.O.C.	Narcosi, sonnolenza, difficoltà desensorio, coma, tosse, catarro, asma, irritazioni cutanee, paresi periferiche, acidosi metabolica, dolori epigastrici, nevrite ottica retrobulbare, broncopolmonite, (inoltre tutti gli effetti acuti del benzene)	Sonnolenza, irritazioni cutanee, irritazioni delle mucose orali e delle vie aeree, bronchite asmatica, dermatiti eczematose, dispepsia, polinevriti sensitivo-motorie, congiuntivite, insonnia, nevrite ottica retrobulbare, enfisema, (inoltre tutti gli effetti cronici del benzene)	Presenza nelle urine di: acido ippurico e metilippurico, acido formico, 2,5-eandione, fenoli
Benzene	Vertigini, nausea, vomito, cefalea, depressione, edema polmonare	Astenia, cefalea, vertigini, emorragie, dimagrimento, empatia iporigenerativa, leucemie acute e croniche	Fenili urinari
Monossido di carbonio	Astenia, cefalea intensa, acufeni, nausea, vomito, disturbi del sensorio, sonnolenza, crisi stenocardiche, convulsioni con contrazioni, coma, fibrillazione ventricolare	Astenia, cefalea, vertigini, sindromi infartuali, aritmie, neurite ottica, sindromi parkinsoniane, polineuropatie periferiche, sindromi neuropsichiatriche	Carbossiemoglobinemia

Con il nome di V.O.C. (*Volatile Organic Compound*), nel presente lavoro sono indicati i seguenti gruppi di sostanze: idrocarburi aromatici (di cui il capostipite è il benzene), idrocarburi alifatici (di cui il capostipite è il metano) e idrocarburi aromatici policiclici (IPA).

I V.O.C. (*Volatile Organic Compound*), sono i composti organici volatili. Essi comprendono la serie di composti organici prodotti dalle attività umane o naturali. Essi sono caratterizzati da basse pressioni di vapore a temperatura ambiente (punti di ebollizione variabili da 50 a 260°C), e quindi si trovano allo stato di gas alle condizioni di temperatura e pressione esistenti a livello troposferico.

In atmosfera sia in aree urbane che in quelle remote, il numero dei composti organici volatili osservati è estremamente alto. Possono essere semplici idrocarburi saturi od insaturi, a molecola lineare e non, composti esclusivamente da carbonio ed

idrogeno, o da molecole più complesse in cui, tra i più diffusi, sono presenti atomi di azoto, ossigeno e cloro (chetoni, aldeidi, alcoli, acidi ed esteri).

A livello naturale si ha la presenza di 1,0-2,0 ppm di metano, la più semplice molecola organica esistente, e valori inferiori a 0,1 ppm per la totalità di tutti gli altri idrocarburi più complessi.

Valori così elevati sono giustificabili dall'elevato numero di processi di decomposizione biologica della materia organica ad opera delle biomasse; quantità più modeste sono invece attribuibili ad attività geotermiche, a giacimenti fossili, al gas naturale, al petrolio ed ai processi di combustione.

La fonte maggiore dei composti organici prodotti dall'uomo è sicuramente quella dovuta al traffico autoveicolare. Infatti, mentre nei fumi di combustioni delle centrali termiche (combustione a pressione costante) il contributo all'inquinamento atmosferico in idrocarburi incombusti, o parzialmente combusti sotto forma di aldeidi od acidi organici, è modesto, quello dovuto alla combustione per la motorizzazione risulta molto elevato (combustione a volume costante). Essendo molto variegato il numero di possibili molecole organiche immesse in atmosfera, è praticamente impossibile la descrizione e la conoscenza di tutti i processi in cui queste sono implicate. Sull'uomo gli effetti sono dovuti: a macromolecole, delle quali si conoscono i possibili effetti sulla salute umana, ad esempio pireni e policiclici aromatici in genere (IPA); a molecole attivate per reazione fotochimica e che quindi, essendo generalmente piuttosto reattive, svolgono un'azione di sicuro interesse tossicologico; a molecole, così come si presentano, di cui si conoscono gli effetti nocivi, come il benzene.

Molto interessante, ai fini dello studio dell'effetto dei V.O.C. sulla salute dell'operatore motoseghista, è notare che la maggiore azione a livello tossicologico viene espletata qualora questi composti siano supportati su pulviscolo o particolato (quali segatura e polveri di legno). Essi fungono da substrato di trasporto per una introduzione permanente a livello polmonare degli inquinanti organici. Nel caso dell'impiego della motosega o del decespugliatore, si crea facilmente pulviscolo (la motosega produce grandi quantità di segatura e polvere di legno; anche il decespugliatore origina molta materia fine nella fase di taglio dell'erba): pertanto la pericolosità dei VOC per l'organismo umano è ancora più pronunciata.

I VOC causano irritazione, secchezza e bruciore alle mucose; possono provocare mal di testa, stanchezza, difficoltà di concentrazione e disturbi neuro-vegetativi; esposizioni ad elevate concentrazioni di miscele di VOC possono agire anche sul

sistema nervoso centrale. Alcuni VOC, specialmente il benzene ed altri idrocarburi clorati, sono cancerogeni negli animali e nell'uomo.

Il benzene (o benzolo), insieme al toluene e al m-xilolo, agli idrocarburi alifatici come il n-esano il pentano e gli alcoli metanolo ed etanolo, appartengono alla categoria degli idrocarburi aromatici e alifatici. Queste sostanze penetrano attraverso le vie respiratorie o, come nel caso del benzene, dell'etilbenzene e dell'isopropilbenzene, anche attraverso la pelle.

Le emissioni di una motosega (motore a 2 tempi) possono superare i 500 g/h. La concentrazione di idrocarburi, nell'aria respirabile dall'operaio, subisce però notevoli variazioni in funzione del regime di rotazione del motore della macchina: si passa dal valore minimo, a quello massimo con notevole frequenza, a causa delle modalità d'impiego della macchina. Infatti la motosega non mantiene un numero di giri motore costante; al contrario, si assiste a rapide accelerazioni, seguite da altrettanto rapide decelerazioni.

Gli effetti potenziali sull'operatore forestale, esposto alla presenza di idrocarburi nell'aria, sono molto gravi: leucemia, tumori delle vie respiratorie e dell'intestino, altri quadri sintomatologici di tipo acuto. Per esempio, il benzene ha una grande affinità per i tessuti ricchi di lipidi (cervello, fegato e midollo), con effetti da intossicazione inalatoria, determinante ipersecrezione bronchiale ed edema polmonare. Naturalmente aspetti come l'età, la costituzione fisica e le abitudini extra-professionali, possono costituire elementi di variazione anche significativa degli effetti.

I momenti di massima suscettibilità per l'operatore sono rappresentati dalle fasi di lavoro effettivo, quando cioè la macchina lavora con il motore a pieno regime. Altro momento critico è rappresentato dalla fase di rifornimento (operazione che per la motosega deve essere ripetuta circa otto volte al giorno, per un'esposizione media di circa un minuto alla volta) dove l'operatore può inalare i vapori di benzina.

Tuttavia durante questa fase i rischi per l'uomo sembrano essere contenuti.

All'interno degli idrocarburi aromatici, il *benzene* è il composto organico volatile al quale, in questa sede, si rivolge particolare attenzione.

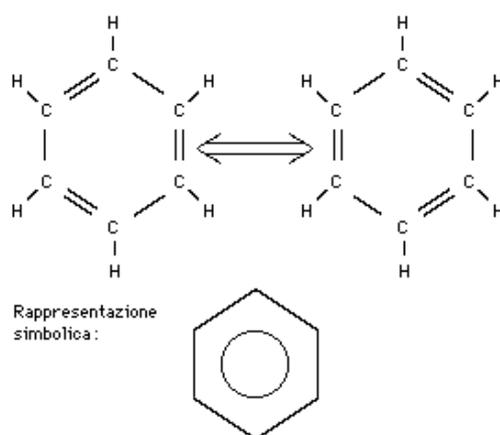


Figura 7.5 - Molecola di benzene [49]

Il benzene (figura 7.5) è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale, ed è costituito da sei atomi di carbonio e da sei d'idrogeno: C_6H_6 . Anche conosciuto come benzolo, rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice, per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici. Il benzene, a temperatura ambiente, si presenta come un liquido incolore, che evapora all'aria molto velocemente. E' caratterizzato da un odore pungente e dolciastro, che la maggior parte delle persone può già percepire alla concentrazione di 1,5-4,7 ppm (nell'aria, dove si dissolve piuttosto lentamente, l'odore inizia a sentirsi a 0,5-4,5 ppm) [49].

Il benzene è una sostanza altamente infiammabile, ma la sua pericolosità è dovuta principalmente al fatto che è un cancerogeno riconosciuto per l'uomo: infatti è stato classificato come mutageno e cancerogeno di classe I dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (I.A.R.C.) [49].

Pur essendo la pericolosità del benzene ampiamente dimostrata da numerose ricerche mediche, per il suo ampio utilizzo, questa sostanza è praticamente insostituibile. La maggior parte delle persone è esposta ogni giorno a piccole quantità di benzene, sia nell'ambiente esterno che nel posto di lavoro. L'esposizione della popolazione avviene essenzialmente tramite l'aria, dove il livello di benzene varia di solito da 2,8 a 20 ppb (1 ppb è una parte per miliardo e per il benzene corrisponde a $3,26 \text{ g/m}^3$)

Le persone che vivono nelle città o nelle aree industriali, sono generalmente esposte a concentrazioni maggiori rispetto alle persone che vivono nelle zone rurali,

soprattutto a causa delle emissioni dovute al traffico veicolare e alle emissioni industriali.

Il benzene viene assorbito principalmente dall'apparato respiratorio. Una quota pari all'84-90% dei vapori inalati supera la barriera alveolo capillare e si diffonde nel sangue. La quantità inalata si eleva con l'innalzamento della temperatura, a causa della sua notevole volatilità. Un'altra via di penetrazione è quella per contatto cutaneo o per ingestione (consumo di cibo o di bevande contaminate). Il benzene viene indicato come uno tra i più potenti agenti cancerogeni e mutageni finora noti. Sebbene non sia ancora del tutto chiaro il meccanismo d'azione nell'indurre effetti genotossici, è definitivamente accertato che questo agente di rischio è in grado di produrre un'ampia varietà di alterazioni genetiche: ciò, associato al fatto che libera metaboliti ad elevato potere genotossico, ha consentito di attribuire al benzene la definizione di "mutageno totale". Gli effetti tossicologici del benzene risultano differenti a seconda delle modalità di esposizione: esposizioni di 5-10 minuti a livelli molto alti di benzene nell'aria (10000-20000 ppm) possono condurre alla morte. Livelli di concentrazione più bassi (700-3000 ppm) possono causare giramenti di testa, sonnolenza, aumento del battito cardiaco, tremori, confusione e perdita di coscienza. Concentrazioni minori, ma più prolungate nel tempo, possono alterare la memoria e certe capacità psichiche. Il benzi(a)pirene è l'idrocarburo più studiato, in quanto rappresenta una sostanza indicatrice per la valutazione dell'inquinamento atmosferico. In città infatti la concentrazione di benzi(a)pirene va dai 100 ai 400 mg/m^3 , mentre nelle stazioni forestali durante l'attività lavorativa la concentrazione di benzi(a)pirene va dai 20 ai 25 mg/m^3 ; tale valore non sembra molto elevato, però se si considera che l'operatore lavora a breve distanza dalla fonte e con il tasso di ventilazione polmonare incrementato per lo sforzo fisico, i valori sono da considerare comunque elevati.

Il benzene è anche responsabile di disturbi e di un effetto irritante sulla pelle sulle mucose (oculare e respiratoria in particolare).

L'ingestione di cibi e bevande che contengono alti livelli di benzene possono causare vomito, irritazione allo stomaco, giramenti, sonnolenza, convulsioni, aumento del battito cardiaco, coma e morte.

Gli effetti tossici cronici sono invece dovuti a periodi di esposizione molto lunghi e a basse concentrazioni.

Il benzene si distingue, riguardo all'uomo, per la sua grande tossicità essendo dannose per le cellule sanguigne e per gli organi che le producono (soprattutto midollo

osseo). Gli effetti si manifestano solitamente in funzione delle dosi di benzene alle quali il soggetto è stato esposto, e possono variare dalla semplice anemia alla diminuzione simultanea dei globuli rossi, dei globuli bianchi e delle piastrine

L'affezione che preoccupa di più, sia a livello professionale che ambientale, è la comparsa del cancro del sangue, dovuta all'esposizione ripetuta a concentrazioni di benzene di qualche ppm per più decine di anni. Diversi studi hanno messo in evidenza il pericolo di contrarre la leucemia mieloide o altre forme di cancro. L'insorgere di queste malattie si manifesta più frequentemente in seguito ad esposizioni basse e continuate piuttosto che elevate e intermittenti (picchi di inquinamento), e sono solitamente precedute dalle anomalie sanguigne già descritte in precedenza. L'esposizione al benzene è stata anche collegata al danno dei cromosomi, la parte delle cellule responsabile dello sviluppo delle caratteristiche ereditarie, e a danni a livello degli organi riproduttivi. I momenti di massima suscettibilità per l'operatore sono rappresentati dalle fasi di lavoro effettivo, ovvero quando la macchina lavora con il motore a pieno regime.

Il vapore acqueo influenza la decomposizione del benzene in aria; infatti l'acqua riduce maggiormente la formazione di CO rispetto alla formazione di CO₂. La concentrazione di acqua riduce inoltre anche la concentrazione di NO. Questo dimostra che l'attività della specie dell'ossigeno responsabile della formazione del CO e di NO è ridotta dall'acqua [75].

Il benzene è una sostanza già presente nel petrolio greggio e, quindi, nelle benzine; esso però è anche usato come additivo antidetonante, quindi è aggiunto nelle attuali benzine "verdi".

Per garantire il loro perfetto funzionamento, le benzine devono possedere determinati requisiti. Il potere calorifico deve essere sufficientemente elevato; lo stesso vale anche per la tensione di vapore, per permettere la vaporizzazione completa e la formazione di una miscela perfetta con l'aria.

La capacità antidetonante è la caratteristica principale di una benzina. La detonazione è un fenomeno che deve essere evitato a tutti i costi nei motori a ciclo otto. Consiste nell'autoaccensione della benzina e comporta il fastidioso fenomeno del "battere in testa", che danneggia il motore e spreca energia. Il potere antidetonante di una benzina si misura tramite il numero di ottano (n.o.). A questo proposito si attribuisce n.o.= 0 al n-eptano (idrocarburo lineare, carburante scadente altamente detonante) e n.o.=100 al 2,2,4-trimetilpentano, detto anche isoottano (ottimo carburante

a bassa detonalità). Il numero di ottano corrisponde alla percentuale di isoottano in una miscela campione isoottano/n-eptano che dimostra lo stesso potere antidetonante della benzina in esame.

La vecchia benzina “super” conteneva come principale additivo antidetonante, il piombo tetraetile, messo al bando per la elevata tossicità dei composti volatili. Con la progressiva eliminazione del piombo, uno dei componenti più diffusi per riformulare la benzina è l'MTBE (metil-terzbutil-etero). Si tratta di un composto ossigenato caratterizzato da un alto numero di ottano e dalla totale assenza di aromatici. Questo composto tuttavia non è privo di effetti collaterali, tra cui principalmente il potere di contaminazione delle falde acquifere. La presenza di MTBE nelle acque può essere originata da una perdita di benzina nei serbatoi interrati di stoccaggio o dalle emissioni incombuste di alcuni motori. Per le sue caratteristiche chimico fisiche, l'MTBE è particolarmente solubile in acqua e viene difficilmente assorbito dal terreno o decomposto da microrganismi. Perdite anche piccole di questa sostanza possono raggiungere falde freatiche anche molto distanti dal luogo in cui è avvenuta la perdita. Si è perciò deciso di sostituire, proprio con un'iniziativa partita dall'Italia, l'MTBE con l'ETBE (etil-terzbutil-etero) prodotto a partire dal bioetanolo. È un additivo che innalza il numero di ottano in misura simile all'MTBE, rispetto al quale presenta però caratteristiche leggermente migliori: numero di ottano superiore e tensione di vapore inferiore. Il bioetanolo può essere ottenuto dalla materia organica mediante un processo di fermentazione, e concorre per il 50% alla produzione di ETBE. Quest'ultimo può essere aggiunto alle benzine così come il bioetanolo, per una percentuale massima del 15%. In alcuni paesi, come il Brasile, addirittura il bioetanolo viene utilizzato direttamente come carburante in sostituzione della benzina.

Il problema del benzene si è però acuito proprio con l'avvento delle benzine cosiddette “verdi”, in seguito alla sostituzione del piombo come sopra descritto. Infatti nella prima fase della diffusione di tali carburanti, si è resa necessaria la produzione di benzine che presentassero livelli più elevati di benzene, per aumentare il numero di ottani. Solo negli anni successivi i livelli di benzene e di idrocarburi aromatici sono stati ridotti, nelle benzine “verdi”, fino al valore dell'1%, come previsto dalla normativa vigente, la Legge 413/97 (“Misure urgenti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene”). Scopo di tale Legge è la riduzione delle emissioni in atmosfera del benzene e degli idrocarburi aromatici, attraverso la limitazione del contenuto massimo di queste sostanze nelle benzine commercializzate.

I limiti massimi in percentuale volumetrica sono fissati dalla Legge 413 nell' 1% per il benzene e nel 40% per gli aromatici

Se da una parte, quindi, la diffusione delle benzine “verdi” ha favorito la riduzione delle concentrazioni atmosferiche di piombo, dall'altra ha determinato, in una prima fase, un incremento dei livelli di benzene nei centri urbani. Attualmente si ritiene che circa l'80% delle emissioni di benzene nelle zone urbane italiane derivino dal traffico, in seguito alla diretta evaporazione di tale sostanza dai carburanti o alla degradazione di altri idrocarburi aromatici presenti nelle benzine.

Nelle benzine sono presenti, insieme al benzene, anche *toluene* e *xylene* (con i suoi tre isomeri orto, meta, para): questi sono indicati collettivamente con la sigla *BTX* (figura 7.6)

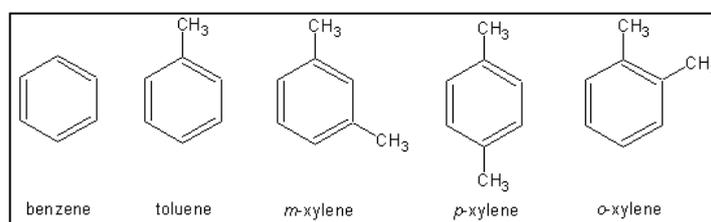


Figura 7.6 - Principali molecole degli inquinanti [49].

Benzene, toluene e xylene si trovano frequentemente insieme tra gli inquinanti nocivi: sono tutti volatili ed hanno buone proprietà solventi. Studi tossico-cinetici nell'uomo e negli animali indicano che questi composti sono bene assorbiti; si distribuiscono nei tessuti ricchi di lipidi ed altamente vascolarizzati (come il cervello, il midollo osseo ed il grasso del corpo) grazie alla loro lipofilia, ma sono rapidamente eliminati dal corpo. I BTX possono produrre danni neurologici attraverso alterazioni chimico-fisiche nelle membrane del sistema nervoso [49].

Gli idrocarburi aromatici policiclici hanno il più alto potere cancerogeno tra le sostanze emesse dalle motoseghe e dai decespugliatori. Il benzo(a)pirene (figura 66) appartiene a questa categoria ed è l'idrocarburo più studiato, in quanto viene preso come sostanza indicatrice per la valutazione dell'inquinamento atmosferico. La cancerogenicità di tali sostanze deriva dal fatto che l'organismo ossida questi idrocarburi per renderli più solubili in acqua ed espellerli con le urine. I prodotti dell'ossidazione metabolica sono proprio i responsabili della formazione del cancro.

Il benzo(a)pirene (figura 7.7) si ossida per via enzimatica in diolo-epossido, il quale si lega con il DNA cellulare, dando origine a mutazioni che impediscono alle cellule di riprodursi in maniera normale.

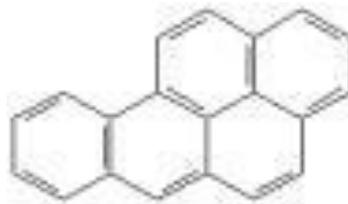


Figura 7.7 - Molecola del benzo (a) pirene

Si contano altri 150 idrocarburi aromatici policiclici, di cui il 50% con potere cancerogeno più o meno accentuato; l'8% ed il 42% mostrano rispettivamente potere cancerogeno incerto o nullo.

L'anidride carbonica (CO_2) è presente nell'atmosfera in una concentrazione di circa 0,04%. E' il risultato della combustione completa, cioè con adeguato apporto di ossigeno, delle sostanze organiche. E' prodotta anche dai processi di fermentazione. Le fonti sono tutti i processi di combustione in cui sono coinvolti i composti del carbonio (produzione di energia elettrica, impianti di riscaldamento, traffico veicolare, varie attività industriali, ecc.) [49].

Il suo interesse è legato soprattutto ai cambiamenti climatici: è infatti il gas serra più importante, e un aumento della sua produzione a livello mondiale può provocare un innalzamento della temperatura del globo.

Il monossido di carbonio è un gas incolore, insapore, poco più leggero dell'aria. E' prodotto dall'incompleta combustione delle sostanze organiche (carbone, petrolio, metano, benzina ecc.) in carenza di ossigeno comburente. La sua concentrazione di fondo nell'aria non inquinata è inferiore a $0,1 \text{ mg/Nm}^3$. La fonte principale è costituita dagli autoveicoli, soprattutto quelli alimentati a benzina; le centrali termoelettriche, gli impianti di riscaldamento, gli inceneritori di rifiuti e alcune attività industriali sono fonti decisamente di minore entità.

Il monossido di carbonio (CO), tra le emissioni inquinanti prodotte dalle motoseghe, costituisce la componente principale: in particolar modo, quando si adottano regolazioni della carburazione che forniscono miscele combustibile-aria più ricche in carburante; in tal caso la miscela benzina-olio, all'interno della camera di scoppio, brucia in ambiente povero di ossigeno, e quindi la reazione di combustione produce una maggiore quantità di CO.

Penetrando nei polmoni, il CO si diffonde rapidamente nel sangue, legandosi all'emoglobina, per la quale possiede un'affinità che è circa 200 volte superiore a quella

dell'ossigeno. Una volta fissato al complesso Hb-CO (emoglobina-monossido di carbonio), se ne distacca molto lentamente e la sua presenza non è riconoscibile, fino a quando non si manifestano i primi effetti, che sono in funzione del tempo di esposizione e della concentrazione del gas. Il CO è pericoloso perché si assorbe rapidamente per via polmonare e per il fatto che, fissandosi all'emoglobina del sangue, impedisce il trasporto dell'ossigeno ai tessuti corporei. La sua presenza è causa di danni ai tessuti ad alta richiesta di ossigeno, quali cervello e cuore. Il tempo di comparsa dei sintomi di intossicazione è dovuto, oltre alla concentrazione, anche all'attività fisica: l'assunzione del CO aumenta infatti con la ventilazione polmonare.

Da recenti studi svolti in un giovane popolamento di conifere, si è infatti osservato come la concentrazione di CO all'altezza delle spalle dell'operatore, in assenza di vento, può variare dall'inizio alla fine del lavoro dal 2,8% a più del 7%, superando le 300 ppm. Di conseguenza variano anche le concentrazioni di monossido di carbonio nell'aria espirata dagli operatori forestali e la percentuale dei complessi Hb-CO presenti nel sangue (tabella 7.6) [49].

Tabella 7.6 - Concentrazione di CO nell'aria e nel sangue

	Prima dell'inizio della giornata lavorativa	Al termine della giornata lavorativa
CO nell'aria espirata (ppm)	4,22	14,15
Hb-CO nel sangue (ppm)	0,74	2,78

Durante l'intossicazione da monossido di carbonio, la pressione parziale di ossigeno nel plasma non si modifica, mentre si ha la caduta della saturazione arteriosa dell'emoglobina, cioè l'incremento dei complessi Hb-CO e la riduzione dell'emoglobina disponibile per l'ossigeno. In questa circostanza i chemiorecettori carotidei, che sono sensibili alla riduzione di concentrazione di ossigeno del plasma, mancano della stimolazione ipossica e quindi dell'iperventilazione compensatoria.

La conseguente ipossia tissutale provoca vasodilatazione compensatoria, con un danneggiamento dei tessuti proporzionale al loro fabbisogno di O₂.

Gli effetti acuti dell'incremento dei complessi Hb-CO nel sangue, sono conseguenze del sovraccarico psico-fisico dovuto ad un sovraccarico del sistema nervoso centrale. Infatti nevralgie, capogiri, conati di vomito, ronzio alle orecchie e difficoltà respiratorie, sono purtroppo sintomi molto frequenti nella pratica forestale.

Gli effetti cronici riscontrati negli operai più anziani, implicano l'aumento dei rischi di infarto o di attacchi ischemici transitori, causa la cattiva ossigenazione delle coronarie e del muscolo cardiaco. Tali disturbi tuttavia possono essere semplicemente eliminati con l'allontanamento temporaneo (almeno 10 minuti) dal posto di lavoro inquinato.

È bene ricordare inoltre come l'aumento dei complessi Hb-CO nel sangue, e la conseguente riduzione dell'ossigeno trasportato, determini nell'operatore una riduzione graduale ed impercettibile dei riflessi e dell'attenzione, aumentando così le probabilità di infortuni gravi. Agli operatori forestali viene consigliato di eseguire una visita cardiologica periodica a partire dal 40° anno di età.

Nella tabella 7.7 viene indicato il valore limite consentito di CO per una e otto ore di esposizione all'inquinante.

Tabella 7.7 - Valori di soglia del CO

Inquinante	Valori limite	Soglie di attenzione	Soglie di allarme	Ore di esposizione
CO	10 mg/m ³ (9 ppm)	-	-	8 ore
	40 mg/m ³ (35 ppm)	15 mg/m ³	30 mg/m ³	1 ora

Nella seconda e terza colonna vengono indicati rispettivamente i valori delle soglie di attenzione e di allarme per un'ora di esposizione al CO.

Non esiste un valore globale di soglia per questo inquinante, ma inizia a creare problemi se è in concentrazioni superiori ai 3,6 mg/m³.

Gli ossidi di azoto sono costituiti da una serie di composti fra azoto ed ossigeno nei vari stati di ossidazione (N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₄, N₂O₅); per l'inquinamento dell'aria si considerano principalmente l'ossido di azoto (NO) ed il biossido di azoto (NO₂). Gli ossidi si producono per reazione alle alte temperature tra l'ossigeno e l'azoto dell'aria; considerando che nell'aria è presente circa il 78% di azoto, di conseguenza qualunque combustione provoca la formazione degli ossidi di tale elemento.

L'ossido di azoto (NO): si forma come primo stadio della reazione fra azoto ed ossigeno, ed è un gas incolore ed inodore. Più è elevata la temperatura della combustione, maggiore è la quantità di NO prodotta. Quando il raffreddamento è molto rapido, buona parte del monossido viene emesso in atmosfera.

Il biossido di azoto (NO₂): è un gas rosso bruno di odore pungente. Si forma per combinazione tra il monossido d'azoto (NO) e l'ossigeno dell'aria, in presenza di elevate temperature, quali processi di combustione, scariche elettriche, ecc. Le fonti principali sono: il traffico veicolare, gli impianti termici, le centrali termoelettriche, alcune attività industriali. Ha un'azione tossica che si manifesta principalmente sulle strutture polmonari profonde (alveoli). Provoca lesioni alle basse vie aeree; inoltre riacutizza le sindromi asmatiche. Contrariamente a quanto avviene per il monossido, si forma poco NO₂ alle alte temperature. La formazione di questo inquinante è inoltre catalizzata dalla luce solare ed è correlata alla presenza dell'ozono nei bassi strati dell'atmosfera. Nei motori a due tempi, il contenuto degli ossidi di azoto nei gas di scarico è di scarsa importanza, perché mancano le condizioni necessarie alla loro formazione in quantità rilevanti. Tuttavia la concentrazione delle emissioni segue un andamento opposto a quello del CO: si osservano valori massimi ad accelerazioni elevate, a causa delle maggiori temperature raggiunte nella camera di combustione, mentre le concentrazioni sono minori in decelerazione e al minimo [12].

La normativa italiana pone dei limiti alla concentrazione massima del biossido di azoto, poiché questo è molto più nocivo del monossido di azoto. Il biossido di azoto, a concentrazioni di 10÷20 ppm, esercita un'azione irritante sugli occhi, sul naso e sulle vie respiratorie. Lo stesso NO₂, introdotto nell'organismo attraverso il processo respiratorio alveolare, si combina con l'emoglobina, modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche, dando luogo a formazione di metaemoglobina; quest'ultima molecola non è più in grado di trasportare l'ossigeno. Già a valori intorno al 3÷4% di metaemoglobina, si manifestano disturbi a carico della respirazione.

Il Biossido di zolfo: detto anche anidride solforosa, è un gas incolore dall'odore pungente. E' solubile in acqua, originando soluzioni fortemente acide, da cui le piogge acide. E' prodotto dalla combustione di combustibili fossili (carbone, oli combustibili, gasolio, benzina) che, in varia misura, contengono come impurezza lo zolfo, il quale viene ossidato a SO₂ e, in misura minore, a SO₃. Le fonti principali sono le centrali termoelettriche, seguite dagli impianti di riscaldamento a nafta (e in misura minore a gasolio) e da alcune attività industriali. Ha un effetto fortemente irritante sulle vie respiratorie e su tutte le mucose in genere; può causare broncocostrizione e lesioni delle mucose. Inoltre è presente nei prodotti dello scarico di motoseghe e decespugliatori [49].

Quantitativamente, le aldeidi sono il secondo gruppo di composti presenti nei gas delle motoseghe e dei decespugliatori. Tra queste, il 36% del totale è costituito dalla formaldeide. Mediamente, la sua concentrazione allo scarico della marmitta è di 350 mg/m³, che va a diminuire con l'arricchimento della miscela aria-combustibile (320 mg/m³). L'esposizione alle aldeidi comporta: repentina insorgenza di congiuntiviti croniche, irritazione delle mucose e sospetta cancerogenicità.

Le aldeidi sono VOC, tuttavia si considerano separatamente, poiché per la loro alta reattività si richiedono particolari tecniche di campionatura.

Per il 70% le soluzioni oleose dei gas di scarico provengono dai lubrificanti del motore (olio della miscela combustibile) e per il 30% da quelli della catena, i quali sono più pericolosi in assoluto, in quanto l'operatore è spesso in contatto con queste sostanze, soprattutto nella messa a punto e nella manutenzione dell'organo di taglio; le soluzioni oleose si diffondono nell'atmosfera attraverso la segatura derivante dal taglio.

Non vanno impiegati lubrificanti già utilizzati, poiché la loro maggiore pericolosità è dovuta al fatto che il loro contenuto di idrocarburi cancerogeni (idrocarburi aromatici policiclici) è da 1.000 a 3.000 volte superiore rispetto a quello di oli nuovi. Per ridurre al minimo i rischi, è consigliabile impiegare gli oli vegetali.

Il contenuto delle sostanze oleose nell'atmosfera dipende anche dal tipo di utilizzazione che si esegue; infatti, durante l'abbattimento, può triplicare (da 1 a 3 mg/m³) rispetto all'allestimento ed alla sramatura e alle potature [49].

7.3.1 Normativa di riferimento

D.Lgs. 81/2008, inquadra nel titolo IX la protezione da agenti chimici, la protezione da agenti cancerogeni e mutageni e la protezione dall'amianto. Il Capo I di questo Decreto Legislativo determina i requisiti per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che ne derivano o che possono derivare dagli effetti di agenti chimici presenti sul luogo di lavoro o come risultato di ogni attività lavorativa che comporta la presenza di agenti chimici. Nell'articolo 222 è presente la definizione di agenti chimici, ma anche quella di valore limite di esposizione professionale e di valore limite biologico; si è avuta infatti un'evoluzione dal D.Lgs- 277/91. nel Capo II e III del D.Lgs. 81/08 viene data la definizione di valore limite di esposizione professionale. Un primo elenco di questi valori è riportato nell'allegato XXXVIII. L'Unione Europea ha, al momento, definito due elenchi di valori limiti di esposizione

con la direttiva 91/322 CEE e con la direttiva 2000/39/CE. Nel Capo I del D.Lgs 81/08 sono riportati gli elementi di valutazione e documentali richiesti per questo tipo di rischio.

Il Titolo VII-bis del D.Lgs. 81/08 stabilisce, per il datore di lavoro, l'obbligo di valutare i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dalla presenza di agenti chimici pericolosi sul luogo di lavoro. La valutazione deve considerare in particolare i seguenti aspetti [36].

- Proprietà pericolose degli agenti chimici individuati
- Informazioni sulla salute e sulla sicurezza contenute nella relativa scheda informativa in materia di sicurezza
- Livello, modo e durata dell'esposizione
- Circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di tali agenti e loro quantità
- Valori limite di esposizione professionale e/o valori limite biologici
- Effetti delle misure preventive e protettive adottate o da adottare
- Conclusioni tratte da eventuali azioni di sorveglianza sanitaria intraprese (se disponibili) [86].

Nel caso di attività lavorative che comportano l'esposizione a più agenti chimici pericolosi, i rischi sono valutati in base al rischio che comporta la combinazione di tutti i suddetti agenti chimici.

Si osservi che la norma non fornisce alcuna specifica indicazione in merito alle metodologie di valutazione del rischio chimico, limitandosi ad elencare i soli aspetti da prendere in particolare considerazione. La valutazione del rischio chimico comporta quindi, inevitabilmente, un contributo della soggettività del valutatore nella fase di individuazione della metodologia di valutazione del rischio ritenuta appropriata per il particolare ambiente di lavoro considerato.

Una corretta procedura di valutazione del rischio chimico nei luoghi di lavoro prevede lo svolgimento della seguente sequenza di azioni.

Il primo percorso della valutazione è l'identificazione della presenza nel ciclo produttivo degli agenti chimici pericolosi. Sarà quindi necessario costruire un elenco di tutti i preparati impiegati e analizzare le varie lavorazioni per valutare se si generano con qualsiasi modalità agenti chimici (es combustioni, lavorazione a caldo di materiale plastico, saldatura etc...). Nelle fasi di valutazione è quindi utile considerare, oltre alle attività principali, i contenitori mobili (fusti, sacchi...), le operazioni di trasporto, le

linee di trasferimento (pompe, guarnizioni, attacchi, tenute...), i recipienti contaminati (vuoti), le routine di controllo, l'accesso ai luoghi e tutte le attività collaterali [86].

Il secondo passaggio è l'analisi delle proprietà pericolose, individuabili dalle frasi di rischio R, come della classificazione delle sostanze e dalle schede di sicurezza fornite dalla letteratura. Oggi esistono banche dati, disponibili in rete, come per esempio: Istituto Superiore di Sanità "Classificazione delle sostanze pericolose" aggiornato al XXVIII adeguamento della direttiva 2001/59/CE sul sito e le Fiches toxicologique-INRS, nonché le International Chemical Safety Cards, frutto dell'IPCS (l'International Programme on Chemical Safety questo è un programma collaborativo internazionale delle Nazioni Unite, dell'OMS e dell'ILO attivo dal 1980)

Il terzo è la valutazione o la stima preventiva, se la valutazione è fatta preliminarmente, dell'entità e delle modalità di esposizione (tipo: aeriforme, cutanea, mista; durata; livello: conoscenza delle concentrazioni ambientali; le circostanze: le modalità e le fasi delle lavorazioni che richiedono l'utilizzo di agenti chimici e le quantità in gioco).

Sono presenti in letteratura molti metodi di valutazione del rischio chimico, per la stima semiquantitativa o quantitativa; indici di probabilità di rischio che associano modalità ed entità delle esposizioni possibili con entità degli effetti [86].

Un modello applicativo proposto dal gruppo di lavoro "Rischio Chimico", nella Regione Piemonte, è il modello MOVERISCH applicabile anche alle piccole e medie imprese [33].

A conferma dei modelli di stima semi-quantitativi, si procede a misure e si deve tenere presente che nell'allegato XLI viene indicato, tra le metodiche standardizzate cui far riferimento per la misurazione degli agenti chimici, il metodo UNI EN 689 1997.

Il quarto è il confronto delle esposizioni stimate o rilevate con i valori limiti di esposizione professionale o i valori limiti biologici se esistenti; è bene far riferimento non solo a quelli contenuti negli allegati presenti nel D.Lgs (allegato XXXVIII) che si riferiscono a 97 sostanze. Possono, come nella presente indagine sperimentale, essere presi altri valori limite come quelli proposti dall'ACGIH; soprattutto per quelle sostanze che non hanno ancora un valore limite definito dall'Unione Europea.

Per permettere che si realizzi una buona valutazione dei rischi, va effettuato quanto previsto dal D.Lgs 3 febbraio 1997, n.57, e 14 marzo 2003, n.65, e successive modifiche: il fornitore e il produttore di agenti chimici pericolosi è tenuto a fornire al datore di lavoro acquirente tutte le ulteriori informazioni necessarie per la completa

valutazione di rischio. Misure e principi generali per la prevenzione del rischio sono previste dall'articolo 224:

- a) progettazione e organizzazione dei sistemi di lavoro sul luogo di lavoro
- b) fornitura di attrezzature idonee per il lavoro specifico e relative procedure di manutenzione adeguate
- c) riduzione al minimo della durata e dell'intensità dell'esposizione
- d) riduzione al minimo del numero di lavoratori esposti
- e) misure igieniche adeguate
- f) riduzione al minimo della quantità di agenti presenti sul luogo di lavoro
- g) metodi di lavoro appropriati comprese le disposizioni che garantiscono la sicurezza nella manipolazione e nell'immagazzinamento.

E' importante soprattutto in agricoltura, effettuare un'adeguata informazione e formazione. In particolare per il rischio chimico deve riguardare:

- dati ottenuti attraverso la valutazione del rischio, e ulteriori informazioni ogni qualvolta modifiche importanti sul luogo di lavoro determinino un cambiamento di tali dati.
- Informazioni sugli agenti chimici pericolosi, sui rischi per la sicurezza e la salute, sui relativi valori limite di esposizione professionale, e su altre disposizioni normative relative agli agenti.
- Formazione ed informazioni su precauzioni ed azioni adeguate da intraprendere per proteggere loro stessi ed altri lavoratori.
- Accesso ad ogni scheda dei dati di sicurezza messa a disposizione dal fornitore ai sensi dei decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52, e 14 marzo 2003 n. 65, e successive modifiche.

Per la quanto riguarda la sorveglianza sanitaria, sono sottoposti a questa tutti i lavoratori esposti ad agenti chimici pericolosi per la salute, che rispondono ai criteri per la classificazione come: molto tossici, tossici, nocivi, sensibilizzanti, corrosivi, irritanti, tossici per il ciclo riproduttivo, cancerogeni e mutageni di categoria 3. La sorveglianza sanitaria va effettuata prima di adibire il lavoratore alla mansione che comporta esposizione, periodicamente e di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente; infine all'atto di cessazione del rapporto di lavoro [86]. Altri riferimenti normativi considerati sono riportati di seguito.

D.Lgs 57/92 con il quale sono considerate pericolose le sostanze (e i preparati) definite "molto tossiche", ovvero quelle che in caso di inalazione, ingestione o

assorbimento cutaneo, in piccolissime quantità possono essere letali, oppure provocare lesioni acute o croniche. A questo gruppo appartengono le sostanze contenute nei gas di scarico di attrezzature portatili, le quali sono costituite sostanze chimiche pericolose, ma sotto la voce di “sostanze cancerogene” sono comprese quelle che, se inalate o ingerite o per contatto fisico, possono provocare il cancro o aumentarne la frequenza. Mutagene sono quelle che sostanze che, se inalate, ingerite o per contatto, possono produrre difetti genetici ereditari o aumentarne la loro frequenza [55].

La valutazione attraverso l’uso di valori limite occupazionali, prevede misure che devono essere effettuate secondo le norme UNI-EN di cui all’allegato 8 – sexies titolo VII-bis D. Lgs 626/94 in particolare la UNI-EN 689, all’APPENDICE C, fornisce una procedura

D.Lgs.626/94 che recepisce al Titolo VII la direttiva 90/394 CEE, Circ. Min. Lav. n. 102/95 punto15, proponendosi di dare un quadro di riferimento agli interventi di prevenzione nelle attività lavorative che implicano un’esposizione ad agenti cancerogeni

D.Lgs.206/01 del 12 aprile, agli art. 6 c 6; in questo decreto si stabiliscono le misure di contenimento e di prevenzione e protezione [55].

D.Lgs. 25/02, ha recepito la direttiva europea 98/24/CE del 7 aprile 1998, ha comportato l’inserimento del titolo VII-bis nel D.Lgs 626/94. Questo dispositivo legislativo determina i requisiti minimi necessari per proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori nei confronti degli effetti derivanti da agenti chimici utilizzati sul luogo di lavoro o, comunque, presenti come risultato di un’attività lavorativa. L’istituzione del Titolo VII-bis non attenua la normativa precedente in materia di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, anzi sottolinea quali sono i principi generali della prevenzione del rischio chimico negli ambienti di lavoro. Questi sono previsti dal D.P.R. 303/56 (artt. 9,15,18,19,20,21,25,26,33), in particolare l’art. 33 prevede visite mediche per i lavoratori esposti a sostanze nocive, con visite prima della loro ammissione al lavoro, per garantire che abbiano i requisiti di idoneità (ciò vale per gli idrocarburi benzenici, per gli idrocarburi alifatici); inoltre tali principi sono previsti anche dal D.P.R. 587/55, dal D. Lgs. 277/91 dal decreto. Il Titolo VII-bis stabilisce inoltre che, fermo restando l’osservanza delle misure generali di tutela per la salute e la sicurezza dei lavoratori previste all’art. 3 del D.Lgs. 626/94, i rischi derivanti da agenti chimici pericolosi devono essere eliminati o ridotti al minimo. Tale Titolo non può attenuare le misure generali di tutela dei lavoratori durante il lavoro, né prescindere

dall'applicazione della normativa previgente, per cui le misure generali di prevenzione e protezione vanno applicate ancor prima di valutare il rischio da agenti chimici pericolosi. Nel caso del rischio di esposizione ad agenti chimici, la tutela della salute dei lavoratori è prettamente connessa alla ricerca e allo sviluppo di prodotti o processi chimici alternativi meno pericolosi, atti a prevenire o a ridurre il pericolo direttamente alla fonte.

Gli agenti chimici, siano essi naturali o sintetici, da soli o in miscela, qualunque sia lo stato d'aggregazione in cui si trovano, sono definiti ai sensi dell'art. 72-ter, comma 1. Tale documento, tenuto anche in considerazione i contenuti delle Linee Guida per l'applicazione del Titolo VII-bis del D. Lgs. 626/94 prodotte del Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province Autonome, intende illustrare gli aspetti principali della procedura di valutazione del rischio chimico negli ambienti di lavoro. Questo decreto introduce nell'ambito del quadro giuridico nazionale, significative innovazioni in merito alle individuazioni dei valori limite di esposizione professionale, le quali completano le disposizioni attualmente in vigore tramite il DLgs 277/91 [33]

Direttiva 97/68/CE, tratta per la prima volta in sede comunitaria le emissioni dei gas di scarico. Questa direttiva è stata preparata e messa in applicazione in stretta collaborazione con l'*Environmental Protection Agency* (EPA), l'Agenzia per la protezione dell'ambiente statunitense. La 97/68/CE rappresenta il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri, relative ai provvedimenti da adottare contro le emissioni di inquinanti gassosi e particolati, prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali. In seguito alle successive modifiche, è stato possibile estendere il campo di applicazione anche ai motori con potenze inferiori ai 19 kW, e quindi a tutte le motoseghe e decespugliatori esistenti in commercio. L'operatore forestale, utilizzando tali attrezzature, è esposto direttamente alle emissioni dei gas di scarico prodotti dalla combustione, e da quella frazione di miscela non combusta ma espulsa con i residui della combustione.

Regolamentare le procedure di omologazione delle famiglie di motori prodotti dalle aziende, è lo scopo delle direttive sopra esposte, che pertanto forniscono protocolli sperimentali per la valutazione delle concentrazioni dei gas combusti, da eseguire presso strutture sperimentali, quali celle motore dotate di banchi con freni dinamometrici.

Di recente la Commissione delle Comunità Europee ha adottato la direttiva

formale per la valutazione dell'esposizione degli addetti.

D.Lgs. 66/2000, con il quale si ha l'attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, le quali modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro.

Decreto del Ministero della Salute del 14/06/2002 il quale recepisce la direttiva 2001/59/CE recante ventottesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose [39].

Decreto del Ministero della Salute del 07/09/2002 che recepisce la Direttiva Comunitaria 2001/58/CE, riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio, aggiorna le Linee Guida per la composizione delle schede di sicurezza [28].

Direttiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004 sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti cancerogeni e mutageni durante il lavoro.

Direttiva 2004/73/CE del 29 aprile 2004, recante il ventinovesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE; ad essa hanno dovuto conformarsi gli Stati membri entro il 31 ottobre 2005. Questa direttiva una volta recepita, ha apportato cambiamenti alle tabelle delle sostanze cancerogene, inoltre sono state aggiunte altre sostanze tra cui il benzene.

Per meglio comprendere quanto espresso nella normativa, si distinguono due categorie mutagene 1 e 2, stabilite in base a criteri espressi nei decreti legislativi 52/1997 e 285/1998. Questi ultimi due decreti sono relativi alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura rispettivamente di sostanze pericolose e di preparati pericolosi. Si deve sottolineare che il D.Lgs. 285/1998 è stato abrogato dal nuovo decreto legislativo relativo alla classificazione, imballaggio ed etichettatura dei preparati pericolosi del 14 aprile 2003 n. 65 che si applica anche alla classificazione, all'imballaggio all'etichettatura e alle schede informative in materia di sicurezza dei prodotti fitosanitari e dei biocidi. Inoltre questo riferimento era presente nel D.Lgs. 626/94 dopo il recepimento della direttiva comunitaria, 2004/37/CE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da una esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro. La distinzione tra sostanze e preparati, data sempre nel D.Lgs. 52/1997, è la seguente:

- 1) sostanze: gli elementi chimici ed i loro composti, allo stato naturale o ottenuti mediante qualsiasi procedimento di produzione, compresi gli additivi necessari per mantenere la stabilità dei prodotti e le impurità derivanti dal procedimento impiegato, ma esclusi i solventi che possono essere eliminati senza incidere sulla stabilità delle sostanze e senza modificare la loro composizione.
- 2) Preparati: le miscele o le soluzioni costituite da due o più sostanze. Tra tutte le sostanze pericolose si ricordano: i cancerogeni (Carc. Cat1); i mutageni (Muta. Cat1), tossici per il ciclo riproduttivo (Repr. Cat1), a quest'ultima categoria appartengono le sostanze ed i preparati che per inalazione o ingestione o per contatto possono provocare o rendere più frequenti effetti nocivi non ereditari nella prole o danni a carico della funzione o delle capacità riproduttive maschili o femminili [13].

In tabella 7.8 si riportano le categorie di sostanze mutagene.

Tabella 7.8- Categoria delle sostanze mutagene

Categoria di sostanza mutagena	definizione	Lettera e specifica frase di rischio
CATEGORIA 1	<i>Sostanze di cui si conoscono gli effetti mutageni sull'uomo.</i> Esistono prove sufficienti per stabilire un nesso causale tra l'esposizione dell'uomo ad una sostanza e alterazioni genetiche ereditarie	T; R46: Può provocare alterazioni genetiche ereditarie.
CATEGORIA 2	<i>Sostanze che dovrebbero considerarsi mutagene per l'uomo.</i> Esistono prove sufficienti per ritenere verosimile che l'esposizione dell'uomo alla sostanza possa provocare lo sviluppo di alterazioni genetiche ereditarie, in genere sulla base di: - adeguati studi su animali, - altre informazioni rilevanti.	T; R46: Può provocare alterazioni genetiche ereditarie.
CATEGORIA 3	<i>Sostanze da considerare con sospetto per i loro possibili effetti mutageni.</i> Esistono prove fornite da studi specifici sugli effetti mutageni, che tuttavia non sono sufficienti per classificare la sostanza nella categoria 2	Xn; R68: Possibilità di effetti irreversibili.

L'allegato 1 del Decreto del Ministero della sanità del 28 aprile 1997 è un elenco di sostanze pericolose per le quali, a livello comunitario, sono state concordate una classificazione e una etichettatura armonizzate. Nella tabella 7.9 sono riportati i limiti di concentrazione espressi in percentuale volume/volume relativi alla classificazione del preparato.

Tabella 7.9 - Limiti di concentrazione delle sostanze gassose

Classificazione della sostanza gas	Classificazione del preparato Categoria 1 e 2	Categoria 3
Sostanze mutagene di categoria 1 o 2 con R46	Conc \geq 0,1% mutageno R46 obbligatoria	Conc \geq 0,1% mutageno R46 obbligatoria
Sostanze mutagene di categoria 3 con R68		

In questa classificazione è presente anche un elenco delle fasi di rischio e dei consigli di prudenza. Per entrambi sono previste anche le combinazioni delle frasi di rischio. Per esempio: R46 può provocare alterazioni genetiche ereditarie, R48 pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata, R49 può provocare il cancro per inalazione etc. Esempi di combinazioni di frasi di rischio sono: R 48/20 Nocivo pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata etc. Esempi di consigli di prudenza sono: S 36 usare indumenti protettivi di prudenza, S 39 proteggersi gli occhi e la faccia etc. [13].

La scheda informativa va aggiornata tutte le volte che il fabbricante, l'importatore o il distributore, sia venuto a conoscenza di nuove e rilevanti informazioni sulla sicurezza e la tutela della salute e dell'ambiente. Il datore di lavoro è tenuto a trasmettere la scheda aggiornata al fornitore. Di seguito verranno riportate le norme specifiche per il benzene:

D.M. del 25 novembre 1994, proposto dal Ministro dell'Ambiente, di concerto con il Ministro della sanità. In particolare sono stati osservati gli articoli 2, 3, 4, 5, 7 e 8. Questo Decreto è un aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale del 15 aprile 1994.

Legge ordinaria n. 413 del novembre 1997 nella quale sono riportati i limiti della benzina. Gazzetta ufficiale n. 282 d2l 3 dicembre 1997 misure urgenti per prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene. A decorrere dal 1 luglio 1998, il tenore massimo consentito di benzene e di idrocarburi aromatici totali nelle benzine è fissato rispettivamente nell'1 % in volume e nel 40% in volume.

Le norme tecniche prese come base per la sperimentazione, sono state: la norma italiana UNI EN 689 e la UNI EN 482.

UNI EN 482 gennaio 1998 [57].: questa norma stabilisce i requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici. La norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 482 edizione del luglio 1994. In questa norma tecnica, come pure nella UNI EN 689, sono presenti delle definizioni, fondamentali ai fini dell'applicazione delle norme stesse:

- *Tempo di campionamento medio*, è il periodo di tempo nel quale il procedimento di misurazione fornisce un valore unico.
- *Errore sistematico* è lo scarto sistematico dei risultati di un processo di misurazione rispetto al valore reale della caratteristica della qualità dell'aria stessa (ISO 6879).
- *Esposizione*, è la presenza di un agente chimico nell'aria entro la zona di respirazione di un addetto; si esprime in termini di concentrazione dell'agente ricavata dalle misurazioni nell'esposizione è riferita allo stesso periodo di riferimento utilizzato per il valore limite.
- *Agente chimico*, è qualsiasi elemento o composto chimico, risultato da qualsiasi attività lavorativa, e prodotto sia intenzionalmente che non, e collocato o meno sul mercato.
- *Valore limite*, è il valore di riferimento per la concentrazione nell'aria di un agente chimico.
- *Campo di misurazione specificato*, è l'insieme dei valori della concentrazione per i quali l'incertezza globale di un processo di misurazione deve cadere entro certi limiti.
- *Incetenza globale*, è riferita ad un processo di misurazione o ad uno strumento, viene espressa in percentuale tramite una combinazione tra errore sistematico e precisione.
- *Precisione*, è l'accordo tra i risultati ottenuti applicando il metodo diverse volte in condizioni controllate.

- *Selettività*, è il grado di indipendenza delle informazioni
- *Specie*, sono le diverse forme nelle quali si può presentare un agente chimico
- *Valore reale*, è quello che caratterizza una quantità perfettamente definita nelle condizioni esistenti al momento in cui viene considerata tale quantità (è un concetto teorico che non può essere conosciuto con esattezza).
- *Validazione*, è un processo di valutazione delle prestazioni di un procedimento di misurazione e verifica che le prestazioni soddisfino certi criteri predefiniti.

UNI EN 689 gennaio 1997: è una guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limiti e strategia di misurazione. EN 689 del 1995 è la versione italiana della norma europea UNI 689 edizione febbraio 1995. La presente norma europea fornisce indicazioni per la valutazione dell'esposizione ad agenti chimici nelle atmosfere dei posti di lavoro. Essa descrive una strategia per confrontare l'esposizione per inalazione degli addetti con i rispettivi valori limite per agenti chimici nel posto di lavoro e la strategia di misurazione. Definizioni che si aggiungono a quelle della norma tecnica UNI EN 482 sono:

- *Schema di lavoro*, è la serie definibile di attività nei periodi in esame.
- *Posto di lavoro*, è l'area o le aree definite in cui si svolgono attività
- *Procedimento di misurazione*, serve per la campionatura e l'analisi di uno o più

agenti chimici nell'aria, compresa la conservazione e il trasporto del provino.

I valori limite sono stabiliti per periodi di riferimento di 8 ore, e sono indipendenti da variabili quali temperatura e pressione, e dipendenti per temperature di 20°C a 101,3 kPa. La strategia di misurazione comprende due fasi: una prima fase con la valutazione dell'esposizione professionale (OEA) la quale va confrontata con il valore limite; ed una seconda di misurazioni periodiche (PM) per controllare regolarmente se le condizioni periodiche sono cambiate. La PM si calcola solo in seguito a particolari risultati ottenuti dall'OEA, o se cambiano le condizioni operative. Nel calcolo dell'OEA non si segue uno schema formale di valutazione, ma viene lasciato al giudizio professionale dell'utente interpretare e applicare le linee guida.

Nella discussione dei risultati ottenuti dalla sperimentazione, verrà seguita dettagliatamente la strategia di valutazione dell'esposizione professionale di questa normativa tecnica [92, 93].

La legislazione contempla una maggiore protezione dagli agenti mutageni, la cui definizione viene riportata nel decreto legislativo 81/08. Le norme in esse previste si applicano a tutte le attività nelle quali i lavoratori sono o possono essere esposti ad agenti cancerogeni o mutageni a causa della loro attività lavorativa.

Per misurazioni analitiche si intende, nel caso specifico, sia la determinazione delle concentrazioni ambientali di agenti chimici aerodispersi o contaminanti le superfici (monitoraggio ambientale), sia quella di sostanze chimiche o loro metaboliti nei fluidi biologici di soggetti professionalmente esposti (monitoraggio biologico).

La misurazione dei livelli di esposizione professionale fornisce informazioni utili al datore di lavoro ai fini della scelta di adeguate misure di protezione e di prevenzione e/o per la valutazione delle stesse.

La valutazione dell'esposizione professionale, sulla base dei risultati ottenuti con il monitoraggio ambientale, risulta uno strumento fondamentale per la conoscenza, la gestione, il controllo e la riduzione del rischio chimico. Nella fase di determinazione del rischio chimico, le misure relative all'esposizione professionale possono essere associate agli effetti relativi nei soggetti esposti e/o confrontate con i valori limite di esposizione professionale per evidenziare eventuali rischi per la salute che non possono essere trascurati.

L'esito delle misurazioni strumentali, che verranno descritte più avanti, fornisce una prima base per la valutazione dell'esposizione a sostanze chimiche pericolose. Ai fini di tale valutazione, si fa riferimento a «valori limite di soglia» che indicano la concentrazione - misurata in mg/m^3 o in parti per milione (ppm) - al di sotto della quale si ritiene che non sussistano rischi significativi per la salute dei lavoratori esposti. I criteri e le metodiche utilizzate da soggetti istituzionali e da esperti per la individuazione dei valori limite, sono stati diversi nel corso dello scorso secolo: tali diversità persistono ancora oggi, essendo basate su principi diversi. La procedura comunitaria ha i suoi riferimenti nella distinzione già introdotta con la direttiva 88/642/CEE relativa ai:

- «valori limite vincolanti»
- «valori limite a carattere indicativo»

Per quanto riguarda l'individuazione dei valori limite a carattere indicativo, questa si affida ad un Comitato di esperti scientifici in rappresentanza degli Stati membri (Scientific Committee Group on Occupational Exposure Limit- SCOEL-), che ha il compito di preparare proposte che “devono riflettere valutazioni di esperti basate

su dati scientifici” [34]. L’attività del Comitato, istituito nel 1989 da esperti scientifici inviati da tutti i Paesi aderenti all’Unione, ha permesso l’individuazione di valori limite indicativi, di cui un primo e un secondo elenco sono stati stabiliti dalle Direttive 91/322/Cee e 96/94/CE sulla base della direttiva 80/1107/CEE relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un’esposizione ad agenti chimici e biologici durante il lavoro. Dopo l’abrogazione di quest’ultima e l’emanazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro (recepita tramite il D.Lgs.25/2002), è stata emanata una nuova direttiva, la 39/2000/Ce che individua nell’Allegato un primo elenco di valori limite indicativi. Quest’ultima direttiva verrà recepita nel nostro ordinamento come prevede la legge Comunitaria 2001. La Commissione UE ha individuato e adottato una procedura in due fasi:

- 1) tenendo conto di analoghe procedure utilizzate da alcuni Stati membri i quali, in ambito nazionale, individuano e adottano valori limiti per le sostanze chimiche;
- 2) facendo riferimento ai principi generali di tutela della salute dei lavoratori propri del quadro normativo comunitario sulla materia.

La procedura in due fasi garantisce la trasparenza nel processo di adozione dei valori limite: nella fase di acquisizione delle informazioni, tramite la pubblicazione da parte dello SCOEL di documenti contenenti i criteri di valutazione scientifica dei valori limite (Criteria documents); nella fase di definizione, dove si tengono separate le valutazioni di tipo scientifico dalle valutazioni di carattere socio economico.

La procedura in due fasi adottata dalla Commissione della Unione europea ci permette, inoltre, di valutare meglio il carattere dei valori limite proposti per le sostanze chimiche dall’American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e ampiamente utilizzate come riferimento in un Paese come il nostro che non ha, fino ad oggi, individuato e adottato autonomamente valori limite di esposizione professionale validi a livello nazionale. I valori limiti degli igienisti americani è basato sulla definizione di valori limite di soglia (TLV = Thresholds Limit Values = Valori limite di soglia). La differenza tra la procedura comunitaria e quella degli igienisti americani risiede nel fatto che, per la procedura comunitaria, i «valori limite di soglia si riferiscono alle concentrazioni nell’aria ambientale di sostanza, e rappresentano le condizioni sotto le quali si deve ritenere che *tutti i lavoratori* possono essere ripetutamente esposti giorno dopo giorno senza riportare effetti indesiderabili»; mentre i

valori proposti dall'Associazione degli igienisti americani non sono di fatto valori limite di soglia, in quanto per definizione non garantiscono «tutti i lavoratori», bensì «pressoché (quasi) tutti i lavoratori» esposti. Quest'ultima procedura appare non trasparente, in quanto appiattisce in un unico dato le considerazioni sanitarie e quelle socio economiche. A causa, infatti, della notevole variabilità della sensibilità individuale, una piccola percentuale di lavoratori può presentare di danni anche per concentrazioni inferiori al valore limite. Alcuni soggetti sono molto suscettibili ad alcune sostanze a causa di una predisposizione genetica o per l'età o per abitudini personali (fumo, alcool, altre droghe), cure mediche o esposizioni pregresse. I criteri con cui sono stabiliti i TLV, sono relativi all'esperienza ricavata in campo industriale, ai risultati e ricerche sperimentali sugli animali e sull'uomo, e alla combinazione di questi elementi.

Tali limiti vanno presi in considerazione solo nell'igiene industriale; tuttavia nel presente lavoro sono stati impiegati per la valutazione dei rischi per la salute, derivanti dai gas di scarico prodotti dalle motoseghe e dai decespugliatori. Nella sperimentazione è stato previsto il confronto con questi limiti, perché attualmente non esistono altri tipi di limiti che considerano l'aria che circonda il lavoratore in ambiente aperto; anche se il lavoratore è costretto a lavorare in prossimità della fonte di emissione dei gas di scarico, come nel caso di lavori che prevedono l'impiego di motoseghe e decespugliatori.

I limiti si riferiscono alle singole sostanze. Quando siamo in presenza di più sostanze, si effettua la somma di diverse frazioni relative alle varie sostanze presenti:

$$C_i/TLV_i + \dots + C_n/TLV_n > 1$$

dove: C_i , è la concentrazione dell'iesima sostanza; TLV_i , valore limite di soglia della iesima sostanza; C_n , è la concentrazione dell'ennesima sostanza; TLV_n , valore limite di soglia della ennesima sostanza;

Quando si verifica ciò, il valore limite della miscela si considera superato. Tale risultato non tiene conto dell'effetto sinergico negativo che si può avere anche tra sostanze ritenute poco nocive o innocue. Le difficoltà di stabilire l'effetto sinergico di infinite combinazioni di tossici, ha portato appunto alla formula precedente, che sostanzialmente elude il problema riducendolo a pura somma di contributi singoli, senza tenere conto delle diverse interazioni. Infatti la formula si usa solo quando i componenti

di una miscela hanno effetti tossicologici simili e non negli altri casi. In questo ambito si è parlato anche di limiti sulle miscele, in quanto i gas di scarico emessi dalle attrezzature portatili sono un insieme di più elementi. Lo scopo dei TLV è di assicurare un livello di protezione standard; inoltre questi riflettono la preoccupazione di pareggiare il costo economico e biologico della protezione, al mancato utile economico che l'applicazione di particolari protezioni può comportare. Tali limiti sono costantemente aggiornati: per esempio il benzene è passato da 10 a 1 ppm. Queste variazioni sono giustificate dall'evolversi delle conoscenze scientifiche [12].

Le categorie di TLV sono:

- 1) TLV-TWA, (valore limite di soglia - media ponderata nel tempo) “Threshold Limit Value Time Weighted Average” nell'insieme rappresentano la concentrazione media ponderata nel tempo, per una giornata lavorativa di otto ore e per quaranta ore lavorative settimanali, a cui quasi tutti i lavoratori possono essere esposti ripetutamente senza effetti negativi (la protezione è relativa agli effetti negativi non a tutti gli effetti). I TLV-TWA consentono escursioni al di sopra del limite, purché vengano compensate da escursioni equivalenti al di sotto del limite durante la giornata. Per una breve durata possono superare un valore pari a tre volte il TLV-TWA per non più di trenta minuti complessivi, durante la giornata lavorativa.
- 2) Il TLV-STEL, (valore limite di soglia – limite per breve tempo di esposizione) (Threshold Limit Value – Short Time Exposure Limit) è la concentrazione a cui i lavoratori possono essere esposti continuamente per un breve periodo di tempo, senza che insorgano irritazioni, alterazioni croniche dei tessuti, narcosi di grado sufficiente ad accrescere le capacità di mettersi in salvo, o menomare l'efficienza lavorativa, purché il TLV-TWA sia rispettato. Il TLV-STEL non costituisce un limite di esposizione separato, ma integra il TLV-TWA che deve sempre essere rispettato. Viene definito come una esposizione media ponderata su un periodo di 15 minuti che non deve mai essere superato nella giornata lavorativa, anche se la media su 8 ore è entro i limiti. Esposizioni al valore di STEL non devono protrarsi oltre i 5 minuti, e non devono ripetersi più di quattro volte al giorno; fra un'esposizione e l'altra al valore di STEL, devono intercorrere almeno 60 minuti.
- 3) TLV-“C”, (valore limite di soglia – Ceiling), ovvero la concentrazione “tetto” che non deve mai essere superata durante l'esposizione lavorativa.

Le sostanze che hanno l'annotazione "cute", sono quelle che possono essere assorbite per via cutanea, comprese le mucose e gli occhi.

L'accuratezza dei metodi analitici è fortemente influenzata dalla disponibilità e dall'utilizzo di procedure validate. La necessità di operare con metodi affidabili per i quali sono note alcune caratteristiche di prestazione (ripetibilità, riproducibilità, accuratezza, incertezza etc.), deve essere considerata sia per i metodi pubblicati da singoli autori, sia per quelli ufficiali.

Le leggi ed i regolamenti nazionali basati sulle direttive europee, prevedono infatti l'impiego di procedimenti di misurazione standardizzati, in grado di soddisfare alcuni requisiti generali, esplicitamente previsti dalla UNI-EN 482/98. I requisiti di prestazione prescritti dalla citata norma, comprendono la "non ambiguità", la selettività, l'incertezza globale per i campi di misurazione minimi specificati.

L'importanza di questa norma, ancora poco applicata, consiste nel classificare i procedimenti di misurazione secondo le funzioni delle misurazioni previste dalla UNI-EN 689/97 e di fissare alcuni requisiti prestazionali, tra cui l'incertezza globale.

La norma al punto 6 "Metodi di prova" precisa che i criteri definitivi sono ancora di tipo generale e andranno ripresi nei singoli metodi di analisi. L'incertezza globale di un metodo di misura, costituito da diverse fasi indipendenti (preparazione dell'apparecchiatura, campionamento, trasporto, conservazione ed analisi) deve comprendere, ovviamente, i contributi delle singole fasi che possono essere stimati significativamente o valutati nel loro insieme. La norma, a tal riguardo, riporta alcune condizioni che devono essere rispettate:

- Effettuazione di un numero di prove ripetute (almeno sei) in condizioni di ripetibilità (stesso operatore, stesso laboratorio, stesso giorno)
- La norma specifica deve riportare il metodo dettagliato di calcolo per la valutazione dell'incertezza e indicare il numero di misure ripetute sul quale si basano i calcoli.
- La definizione del processo di validazione dei metodi ufficiali è così riassunta:
- Metodi che descrivono unicamente la procedura analitica, riportando alcune valutazioni sulla quantità minima rilevabile e fanno riferimento ad altri metodi per il campionamento. Non sono disponibili dati di ripetibilità e riproducibilità
- Metodi che riportano una descrizione delle condizioni di campionamento e di analisi, ma dove i dati di precisione e recupero non sono relativi a materiali certificati di riferimento

- Metodi che descrivono nei minimi particolari le procedure di campionamento, di trattamento dei campioni e di analisi strumentale, anche con tecniche strumentali diverse, senza tuttavia riportare valutazioni specifiche per i singoli analiti. Possono essere considerate Linee Guida generali più che metodi analitici specifici e, come tali, devono essere validati dai laboratori che li applicano
- Metodi che oltre a definire in modo più preciso il campo di applicabilità (in termini di composti o forme chimiche dell'elemento) riportano valutazioni sulla fase di trattamento del campione e soprattutto indicano i valori dell'incertezza globale in funzione dei valori di concentrazione misurati.

Un aspetto critico dei metodi ufficiali, è di non effettuare la verifica dell'accuratezza attraverso l'analisi di materiali certificati di riferimento, ma piuttosto di valutare il recupero della procedura dopo aggiunte note dell'analita depono sul substrato di campionamento.

In conclusione il Gruppo di Lavoro ISPESL, pur riconoscendo la possibilità di impiego di modelli di valutazione del rischio, ritiene che il monitoraggio ambientale rappresenti il metodo di elezione ai fini della valutazione dell'esposizione professionale e consenta quindi un'appurata e non ambigua valutazione del rischio chimico, minimizzando gli elementi di soggettività introdotti dal valutatore.

L'ISPESL ha il compito di presentare Linee Guida e metodi di analisi validi atti alla valutazione del rischio chimico in ambienti di lavoro. Tale esigenza troverà riscontro nei futuri piani di attività dell'Istituto, destinando risorse sia internamente che esternamente per progetti che prevedono la validazione di metodi di analisi relativamente ad attività di monitoraggio ambientale in specifiche attività lavorative, e comunque conformi ai requisiti di prestazione richiesti dalla norma tecnica UNI-EN 482:98 e UNI-EN 689:97 [12, 86].

I limiti presi in considerazione sono quelli dell'ACGIH per quanto riguarda il monossido di carbonio, mentre per il benzene sono stati considerati i limiti stabiliti dal D.Lgs 66/2000; là dove questi limiti non venivano superati, si è effettuato un confronto con i limiti dell'ACGIH e poi della NIOSH. Per quanto riguarda i VOC, non esistono degli standard di riferimento; tuttavia alcuni enti quali l'OSHA e la HUD propongono dei limiti di emissione. L'OSHA propone un "*PEL*" (limite permissivo delle 8 ore) ed un "*livello d'azione*". L'importanza della valutazione dei limiti dei VOC risiede nel fatto che contengono la formaldeide ovvero il composto organico delle benzine. Il limite della formaldeide proposto dall'ACGIH è pari a 0,1 ppm, mentre nella OMS

(Organizzazione Mondiale della Sanità) stabilisce 0,1 mg/m³ su 30 minuti di prelievo. Tuttavia non essendo la formaldeide l'unico composto presente nella miscela dei VOC il limite di quest'ultimo risulta essere più alto (OSHA e HUD). La percentuale di formaldeide nei VOC è del 2–5 % come stabilisce l'Organizzazione Mondiale della Sanità (tabella 22).

Tabella 7.10 – Livelli di limite [2]

ACGIH			OSHA		HUD	
Limiti CO ppm		Benzene		VOC		
TLV	TWA	TLV TWA	TLV STEL	PEL (Permissible Exposure Level - TWA)	Action level	Level for mobile homes
25		0,5	2,5	0,75	0,5	0,4

Gli indici biologici di esposizione (IBE) rappresentano il livello di guardia di risposta biologica alle sostanze stesse o dei loro prodotti metabolici presenti nei tessuti, nei liquidi biologici o nell'aria espirata dai lavoratori esposti, indipendentemente dalla via d'introduzione. I TLV rappresentano i limiti per la quantità di sostanza presente nell'ambiente di lavoro, mentre gli IBE rappresentano i riferimenti per la quantità di sostanza assorbita dall'organismo. L'adozione degli IBE si colloca in uno studio superiore nell'evoluzione del concetto dei TLV: tali indici sono tra loro complementari e la verifica su entrambi porta ad un'analisi più approfondita e reale della situazione ambientale lavorativa [61].

Nel presente lavoro gli IBE non sono stati presi in considerazione, però in un futuro potrebbero esserla per l'effettiva individuazione del rischio da agenti chimici prodotti dai gas di scarico delle motoseghe e dei decespugliatori [61]

7.3.2 Strumenti

Gli strumenti impiegati nella sperimentazione sono il MultiRAE PGM-50 plus e l'UltraREA PID PGM-7200, entrambi dei monitor programmabili studiati per fornire un'analisi della concentrazione di gas tossici. La casa costruttrice che ha realizzato questi strumenti è la RAE Systems Inc. (USA) gli stessi in Italia, e sono commercializzati dalla "RECOM industriale s.r.l."

Inoltre è stata utilizzata una centralina meteorologica, BABUC della L 51, per i rilievi effettuati in località prive di una stazione meteorologica. Il MultiRAE PGM-50 plus e l'UltraREA PID PGM-7200 vengono impiegati per controllare l'esposizione agli agenti chimici; comunemente si impiegano nel settore dell'igiene industriale, ma possono avere anche altre applicazioni. Nel presente lavoro, questi strumenti sono stati impiegati per campionare l'aria respirata dall'operatore durante le operazioni di manutenzione del verde urbano. Per campionamento si intende un processo mediante il quale si preleva un dato volume di aria, attraverso un filtrante. L'aria prelevata è analizzata mediante specifici sensori degli strumenti. I risultati dell'analisi sono espressi o in mg/m³ o in ppm dello specifico inquinante selezionato.

MultiRAE PGM-50 plus



Figura 7.8 - Kit del MultiRAE PGM-50 Plus [44]

Il MultiRAE PGM-50 Plus (figura 7.9) è un monitor multi gas programmabile che permette il monitoraggio continuo in tempo reale di gas tossici, ossigeno e gas combustibili [58].



Figura 7.9 - MultiRAE PGM-50 Plus da internet RAE Systems [58]

Al superamento dei limiti programmati viene attivato un allarme acustico e visivo. Permette di rilevare le seguenti classi di gas: composti organici e composti inorganici, aggiungendo il PID con lampada da 10,6 eV o 11,7 eV; composti inorganici, aggiungendo i sensori elettrochimici; gas combustibili, aggiungendo il sensore catalitico

Il MultiRAE PGM-50 plus è formato da varie componenti che sono:

- 3 tasti di interazione: 1 operativo e 2 di programmazione;
- 1 display LCD retroilluminato, che fornisce le misurazioni calcolate in tempo reale;
- 2 sistemi di allarme del superamento dei limiti: 1 cicalino ed 1 LED rosso lampeggiante;
- 1 cinghia da polso;
- 1 presa per l'alimentazione diretta di corrente tramite trasformatore 12 V, utilizzabile anche per ricaricare le batterie;
- 1 pacco batterie contenente 4 pile stilo ricaricabili;
- 1 porta di aspirazione dei gas monitorati
- 1 porta di comunicazione seriale per l'interfaccia PC;
- 1 clip per l'applicazione alla cintura dell'operatore.

Il Monitor MultiRAE PGM-50 Plus include un display LCD (a cristalli liquidi) a 2 righe con 16 caratteri. Un esempio di visualizzazione di dati sul display è riportato in figura 69 [58].

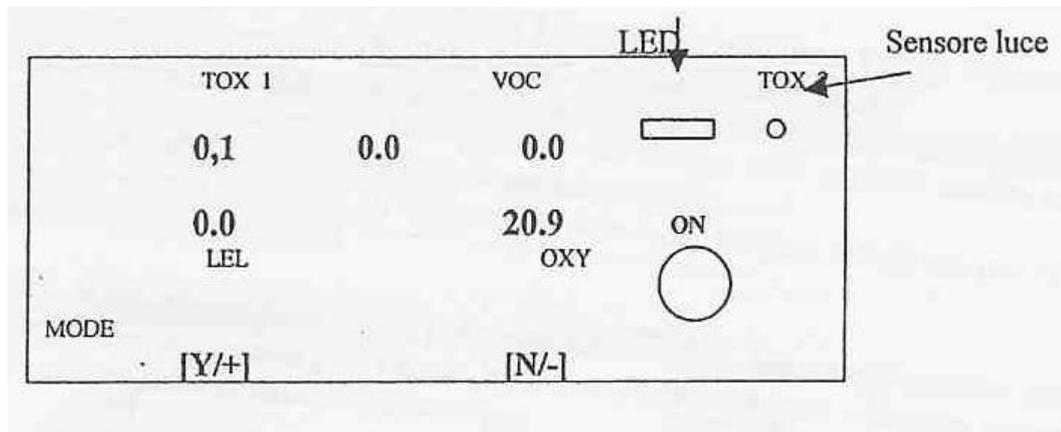


Figura 7.10 - Display del Monitor Multigas MultiRAE plus [58]

L'accensione dello strumento si effettua mantenendo premuto il tasto [MODE]. Sul monitor apparirà: il numero di modello, il numero della serie, la data, l'ora e la temperatura; attraverso il monitor si controlla se sono stati installati sensori validi. Successivamente sul monitor compaiono: i limiti prefissati di allarme per ogni sensore, il voltaggio della batteria, le modalità "utente", "allarme", "datalogging" (datalog.), la memoria dei dati validi (in ore), le modalità e l'intervallo datalog. (in secondi). Dopo circa 10 secondi dall'avvio della rilevazione il display mostra la lettura istantanea della concentrazione di gas in ppm. Il monitoraggio del gas avviene in quest'ultima fase, in cui si memorizzano i seguenti parametri:

- concentrazione istantanea in tempo reale dei gas, espressa in ppm per i gas tossici ed i VOC, in % per l'ossigeno ed in % di LEL per i gas combustibili;
- nomi dei sensori inseriti;
- concentrazione massima e minima di gas tossici, VOC, ossigeno e gas combustibili;
- valori TLV/TWA e TLV/STEL in ppm per gas tossici e VOC;
- tensione della batteria e tensione di spegnimento espresse in volt;
- data, ora, tempo trascorso e temperatura;
- modalità di "Datalog.";
- nomi dei gas VOC o LEL (se vengono installati i sensori VOC e LEL);
- menù di stampa (con stampante RAE);
- menù di comunicazione con il PC.

Lo spegnimento del sensore si effettua mantenendo premuto per 5 secondi il tasto [MODE]. Durante lo spegnimento i dati vengono salvati su una memoria non volatile. Anche quando la batteria è disconnessa, questi dati non vanno persi. Il monitor

Multi Gas MultiRAE calcola e memorizza le letture dei gas basate sul periodo di datalog, specifico e sul tipo di misurazione. Nel modello utilizzato in questa sperimentazione, durante ogni intervallo del datalog, e per ogni sensore è stata programmata la memorizzazione della concentrazione media [58].

Il MultiRAE è dotato di un filtro a trappola per l'acqua costituito da una membrana PTFE per evitare che questa sia aspirata nel connettore del sensore e causi danni fino al monitor. Esso impedirà anche che la polvere ed altre particelle entrino nel monitor. Per installare tale filtro, si deve far scorrere il tubo di tedlar sopra la porta d'immissione sul monitor. Un connettore maschio Luer va attaccato al Luer femmina del filtro. Per rimuovere il filtro staccare il connettore Luer [58].

L'aspirazione dei gas avviene per mezzo di una pompa a membrana, posta all'interno dello strumento, che fornisce un flusso massimo di 250 cm³ al minuto e riesce ad aspirare campioni d'aria fino a 30 metri in senso orizzontale e verticale. Durante l'accensione dello strumento, la pompa si avvia automaticamente, rimanendo attiva fino al suo spegnimento. La calibrazione del flusso che passa attraverso il sistema di campionamento è importante e deve essere sempre verificata prima e dopo il campionamento. La taratura standard prevede un pompaggio di 150 cm³ al minuto, ma per vapori particolarmente reattivi o facilmente assorbiti dalle superfici dello strumento, è necessario che la pompa lavori alla sua massima velocità. La regolazione può essere facilmente eseguita dall'utente, accedendo al menù di programmazione dello strumento. La maggiore velocità della pompa ha però degli svantaggi, fra cui la riduzione della durata delle batterie e del sensore catalitico. Una trappola automatica per i liquidi protegge la pompa: infatti una loro accidentale aspirazione, blocca il funzionamento del sensore. Vi è inoltre un filtro anti-umidità all'ingresso del misuratore, che serve a purificare i gas aspirati se troppo umidi.

Il microcomputer all'interno del MultiRAE PGM-50 Plus effettua un continuo monitoraggio delle concentrazioni dei gas, raffrontandole con i limiti di allarme programmati. Gli utenti autorizzati possono ricalibrare il monitor, cambiare i limiti di allarme, cambiare il site ID, il periodo di datalog, l'orologio marcatempo, etc..

Il monitor MultiRAE MultiGAS offre all'utente tre diverse modalità di funzionamento: modalità "testo", modalità "display" e modalità "programmazione". La prima è la più semplice: sul display del monitor apparirà il nome del sensore, dopo averlo acceso. L'utente può premere il tasto [MODE"] per effettuare: la lettura istantanea della concentrazione di gas, la lettura della tensione della batteria; oppure

accedere al collegamento col PC. Nella modalità “display”, il monitor MultiRAE è capace di visualizzare tutte le informazioni della modalità “testo”. In aggiunta, anche premendo [MODE], fornirà le seguenti informazioni: il picco e il minimo di concentrazione, in valori di STEL, TWA, il tempo trascorso in ore e in minuti, la temperatura in °C, la modalità datalog., i nomi dei gas LEL e VOC, la stampa e le opzioni di collegamento con il PC. Nella modalità “programmazione”, che è la più importante, l’utente può svolgere tutte le funzioni della modalità “display”. La modalità di programmazione, del MultiRAE, permette all’utente di cambiare l’assetto nel monitor, calibrare i monitor, modificare la configurazione del sensore ed accedere ad informazioni per l’utente, etc. Le funzioni di programmazione sono organizzate in un menù. Ogni voce del menù include parecchi sotto-menù per svolgere ulteriori funzioni di programmazione [58]. I tasti per effettuare la modalità di programmazione sono tre, e svolgono diverse funzioni durante la modalità di programmazione:

- [MODE]: serve per uscire dal menù se premuto per un attimo, oppure se premuto per un secondo fa uscire dalla modalità di accesso ai dati;
- [Y/+] aumenta il valore numerico dell’accesso dei dati, oppure risponde positivamente ad una domanda;
- [N/-] diminuisce il valore numerico d’accesso ai dati, oppure risponde negativamente ad una domanda.

Nella modalità di programmazione, l’utente può ricalibrare i sensori nel monitor MultiRAE, mediante un processo di calibrazione a due punti, che utilizza “aria pulita” contenente il 20,9% di ossigeno senza gas tossici e VOC o combustibili per fissare il “punto zero” di ogni sensore. Poi un gas di taratura standard, che contiene una concentrazione conosciuta di un dato gas, viene usato per stabilire il secondo punto di riferimento (conosciuto come “gas span”). La calibrazione con aria pulita determina il punto zero della linea di calibrazione del sensore. Per effettuare la calibrazione con aria pulita sono necessari l’adattatore di calibrazione e una bombola di aria pulita (facoltativa). Se non si ha a disposizione la bombola di aria pulita, si può anche usare aria circostante, purché sia pulita e senza contaminanti riscontrabili. All’inizio di ogni rilievo va sempre effettuata la calibrazione: infatti la prima voce del menù è proprio “calibrare monitor?” se si vuole effettuare la calibrazione, va premuto il tasto [Y/+]; una volta premuto questo tasto sul display comparirà “zero...in progress”, seguito dal nome di ogni sensore e dal messaggio “zeroed”. Il display dovrebbe mostrare la lettura “20,9” per il sensore ossigeno, “0,0” oppure un numero molto basso, per tutti gli altri sensori.

Dopo una pausa di circa cinque minuti, sul display comparirà il messaggio “Zero Cal Done! Turn Off Gas” (eseguita calibrazione zero! Spegnerne il gas), e in seguito il successivo sotto-menu “Multiple Sensor Calibration” (calibrazione multipla dei sensori) [58].

Sono presenti quattro soglie di allarme impostate e modificabili dall’utente, che sono: un TLV/TWA, un TLV/STEL e due limiti di concentrazione immediata di gas, uno inferiore ed uno superiore. Al loro superamento si attivano un forte cicalino ed un Led rosso lampeggiante, che avvertono circa la condizione di pericolo. Questi sistemi di allarme acustico-visivi vengono attivati anche per uno dei seguenti motivi:

- voltaggio della batteria al di sotto di quello stabilito (4,4 V);
- guasto della lampada UV;
- spegnimento del sensore catalitico;
- blocco della pompa;
- memoria del datalog. piena.

Le caratteristiche specifiche dei sensori sono riportate nella tabella 23.

Tabella 7.11 - Specifiche tecniche dei sensori

Sensore	Campo di misura	Risoluzione	Tempo di risposta (t90)
Ossigeno	0-30 %	0,1 %	15 s
Esplosività	0-100 %	LEL 1 %	15 s
Voc	0-200 ppm	0,1 ppm	10 s
	200-2.000 ppm	1 ppm	10 s
Acido cianidrico	0-100 ppm	1 ppm	60 s
Ammoniaca	0-50 ppm	1 ppm	150 s
Anidride solforosa	0-20 ppm	0,1 ppm	15 s
Biossido di azoto	0-20 ppm	0,1 ppm	25 s
Cloro	0-10 ppm	0,1 ppm	60 s
Fosfina	0-5 ppm	0,1 ppm	60 s
Idrogeno solforato	0-100 ppm	1 ppm	30 s
Ossido di azoto	0-250 ppm	1 ppm	20 s
Ossido di carbonio	0-500 ppm	1 ppm	20 s

Le dimensioni del MultiRAE sono: 11,8 x 7,6 x 4,8 cm, per un peso di 454 g compresa la batteria. Le misurazioni avvengono per mezzo di: un sensore catalitico per

gas combustibili (protetto), sensori elettrochimici intercambiabili per ossigeno e gas tossici, sensore a fotoionizzazione PID per VOC, lampada standard 10,6 eV. Il MultiRAE è dotato di un pacco batteria ricaricabili a ioni di litio da 4,8 V/1700 Ah; può essere dotato anche di un adattatore per 4 batterie alcaline AA sostituibili in campo, di un carica batterie intelligente, di scarica batterie opzionale: il tempo di ricarica è di 10 ore. Ha un'autonomia di 12 ore in continuo; inoltre lo strumento può essere utilizzato anche durante la ricarica. Il display è costituito da: 2 linee, a cristalli liquidi (LCD) con 16 digit e LED, retroilluminazione automatica in caso di luce ambientale insufficiente o in condizioni di allarme. I tasti per il funzionamento dello strumento sono tre, uno operativo e gli altri due per la programmazione. Lo strumento è dotato, inoltre, di accessori per il trasporto e di protezione in gomma colorata ad alta visibilità. La lettura diretta consente di visualizzare istantaneamente fino a 5 valori: ossigeno in % in volume, gas combustibili in % del Limite Inferiore di Esplosività (LIE o LEL), gas tossici e VOC in parti per milione (ppm), valori limite superiori e inferiori, valori STEL e TWA per gas tossici e VOC; inoltre stato di carica e interruzione delle batterie, data, ora, tempo di utilizzo trascorso, temperatura, scala LEL/VOC (utilizzando i fattori di correzione). Eex ia IIC T4 (Europa) - UL®, cUL®, Classe 1. Divisione 1, Gruppi A, B, C & D (USA & Canada) hanno dato la certificazione al MultiRAE. Il MultiRAE è dotato di un allarme acustico a 90 dB e LED rosso intermittente per indicare il superamento dei limiti prefissati:

- allarme superiore: 3 beep e 3 lampeggi al secondo;
- allarme inferiore: 2 beep e 2 lampeggi al secondo;
- STEL e TWA: 1 beep e 1 lampeggio al secondo;
- allarmi con autoritenuta a ripristino manuale o reset automatico;
- allarme diagnostico e messaggio sul display per inizio esaurimento delle batterie e per blocco della pompa.

Il datalogging ha un intervallo da 1 a 3.600 secondi, programmabile; è costituito da 20.000 punti (64 ore, 5 canali con intervalli di 1 minuto) con possibilità di trasferimento dati su PC, con numero di serie dello strumento, dati identificativi dell'utente, numero del sito e data della taratura. Le comunicazioni avvengono mediante il trasferimento dei dati e setup dello strumento, da PC tramite RS-232. La pompa, che è incorporata allo strumento, ha una portata di 150 cm³/min. La temperatura di impiego va da - 20 a + 45°C, mentre l'umidità va da 0% a 95% di umidità relativa (senza condensa).

L'UltraRAE PGM-7200 (figura 7.11) è un rilevatore specifico di composti programmabile, progettato per fornire il controllo dell'esposizione istantanea ad un gas organico specifico; è dotato di un sensore a fotoionizzazione. E' un rilevatore specifico di composti programmabile; è in grado di fornire il controllo dell'esposizione istantanea del lavoratore ad un gas organico [59].



Figura 7.11 - UltraRAE PGM-7200, con fiale RAE-SepTM [59]

Effettua il rilievo di un gas specifico utilizzando un tubo di separazione dei gas (fiala RAE-SepTM) ed un rilevatore di fotoionizzazione PID (Photo Ionization Detector) con lampada a scarica di gas da 9,8 eV, 10,6 eV oppure 11,7 eV. Si può utilizzare per misurare il contenuto totale di composti organici volatili (V.O.C.), per mezzo di un tubo ad attraversamento diretto ed il PID come rilevatore a larga banda. Con questo strumento si effettua pertanto un campionamento con fiala adsorbente (figura 7.11). L'aria che passa per la fiala viene trascinata attraverso l'adsorbente, che cattura molecole di gas e vapore.

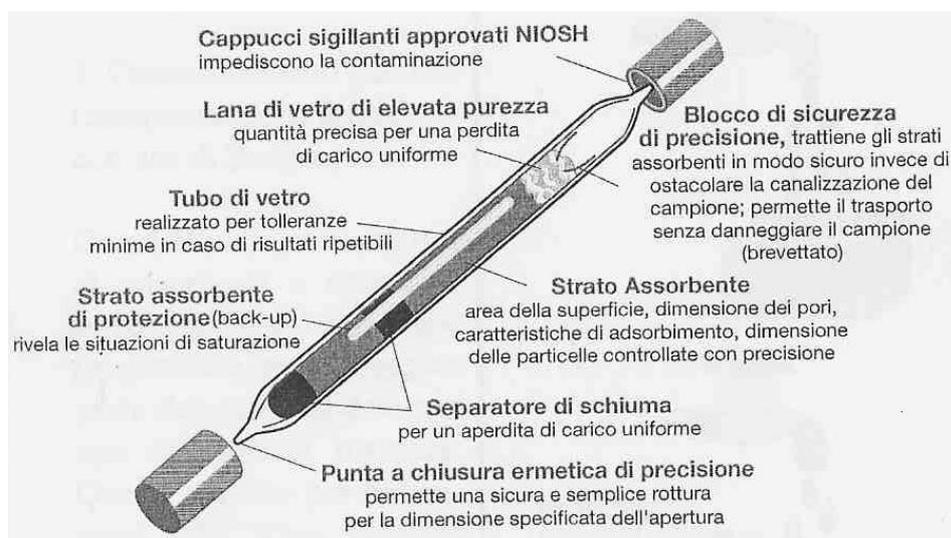


Figura 7.12 - Fiala adsorbente [59]

L'adsorbente è contenuto in un tubo di vetro di piccolo diametro con le estremità sigillate a fiamma: questo conferisce una maggiore stabilità del composto adsorbente, oltre che una maggiore durata nel tempo. Nell'UltraREA PID PGM-7200 la fiala, che si osserva in figura 7.12 ha semplicemente lo scopo di trattenere tutte le sostanze presenti nei gas di scarico e lasciar passare solo il benzene. In questa sperimentazione, l'UltraRAE PGM-7200 è stato impiegato per rilevare il benzene, il quale viene rilevato mediante un sensore PID con lampada da 9,8 eV, ed è stato utilizzato con tubi di separazione specifici per benzene. La lampada da 9,8 eV è in grado di distinguere gli idrocarburi con un maggiore potenziale di ionizzazione (che si trovano normalmente nei vapori di petrolio greggio) ed inoltre riesce a misurare basse concentrazioni di benzene, con valori sotto il ppm. Per controllare concentrazioni molto basse di V.O.C. potenzialmente tossici, bisogna impiegare la fiala V.O.C. vuota. Per la misurazione di sostanze specifiche come il benzene, è necessario inserire una fiala RAE- SepTM, ossia la fiala-filtro, contenente materiale adsorbente, il quale trattiene gran parte degli altri V.O.C., come ad esempio il toluolo, che interferirebbero nella misurazione del benzene.

La fiala RAE- SepTM: si inserisce, dopo averne spezzato le due estremità, nella parte superiore dello strumento. Premendo il tasto funzione [Y/+], la pompa interna dello strumento aspira l'aria attraverso la fiala, e il risultato finale appare sul display (dopo 30÷75 secondi, in relazione alla sostanza). Dopo ogni misurazione è necessario

sostituire la fiala, tenendo presente che questa serve esclusivamente ad eliminare le interferenze degli altri V.O.C. e l'umidità, e non per la misurazione. Dopo l'uso, la fiala si presenta scurita. Per identificare il tipo di fiala inserito, si utilizza un lettore di codice a barre; il datalogging registra la data, l'ora e la concentrazione, oltre al tipo di fiala. In figura 7.13 si riportano le fiale utilizzate nella presente sperimentazione, in questa foto le tre fiale 1-2-3 sono gradualmente più chiare, tanto più scuro è il loro colore quanto maggiore è la quantità di composti organici volatili che hanno trattenuto; la 2 è una fiala non utilizzata, la fiala 1 si inserisce nello strumento per effettuare la calibrazione con aria pulita [59].

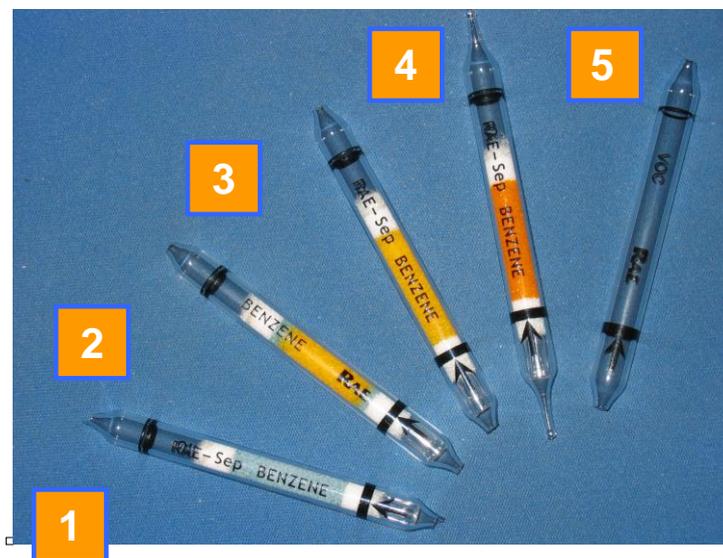


Figura 7.13 - Fiale RAE-Sep™

Lo strumento fornisce le misure in tempo reale ed attiva i segnali di allarme quando eccede i limiti di programmazione prestabiliti. Prima di uscire dalla fabbrica, viene regolato con limiti di allarme di default, ed i sensori sono pre-calibrati con i gas standard di calibrazione.

Per una maggiore precisione delle misurazioni, lo strumento va tarato prima del suo utilizzo. L'operazione (zero e span) richiede pochi minuti.

Il monitor UltraRAE PGM-7200 è costituito da:

- 3 tasti di interazione: 1 operativo e 2 di programmazione;
- 1 display LCD retroilluminato che fornisce le misure di lettura dirette e calcolate;
- 2 sistemi di allarme del superamento dei limiti: 1 cicalino ed 1 LED rosso lampeggiante;

- 1 cinghia da polso;
- 1 presa per l'alimentazione diretta di corrente tramite trasformatore 12 V, utilizzabile anche per ricaricare le batterie;
- 1 pacco batterie contenente 4 pile stilo ricaricabili;
- fori di ingresso e uscita del gas monitorato;
- contenitore del tubo RAE-Sep™ (fiala) e lettore del tipo a tubo elettronico;
- 1 porta di comunicazione seriale con il PC;
- 1 clip per l'applicazione alla cintura dell'operatore.

L'UltraRAE è dotato di una pompa di campionamento integrata, di tipo a diaframma, che produce un flusso di 400÷500 cm³ al minuto (senza fiala inserita). La pompa si accende quando l'operatore avvia la misura e si arresta automaticamente al completamento del campione. L'arresto della pompa si verifica anche quando accidentalmente, viene aspirato del liquido o altro materiale più grossolano. Vi è inoltre un filtro anti-umidità all'ingresso del misuratore, che serve a purificare i gas aspirati se troppo umidi. Da precedenti campionamenti effettuati sui gas di scarico emessi dalle motoseghe durante le utilizzazioni forestali, si è visto che questo filtro interferiva con le misurazioni, impedendo di ottenere un rilevamento corretto: pertanto per questa sperimentazione non è stato utilizzato, per l'UltraRAE, il filtro anti-umidità.

Alla fine di ogni periodo di campionamento, lo strumento memorizza l'orario, il numero di campione, il nome del tubo e la concentrazione del gas misurato alla fine di ogni periodo di campionamento.

Per spegnere lo strumento, va premuto il tasto [MODE] per 5 secondi; il rilevatore emetterà un suono ogni secondo e lo schermo mostrerà il conto alla rovescia del timer durante la sequenza di spegnimento.

Per effettuare una misura, il rilevatore deve essere nel modo "Ready": questo è il modo in cui si trova normalmente lo strumento appena acceso. Le fasi che si susseguono nella misurazione sono le seguenti: Ready (significa che l'unità è pronta per iniziare il campionamento), preparazione della fiala, inserimento e identificazione della fiala, avviso della misura, esposizione e registrazione della misura, esposizione e registrazione della misura, rimozione della fiala. La preparazione della fiala si effettua rompendo le estremità di una nuova fiala RAE-Sep™ usando il tagliere di punta del lettore di fiale dello strumento. Va usata una fiala nuova per ogni misura, entro breve tempo dall'apertura. L'inserimento della fiala si effettua svitando la metà superiore del

porta fiale nell'aspirazione e inserendo la fiala saldamente allo strumento con la freccia della fiala diretta verso lo strumento, dando un mezzo giro alla fiala mentre la si spinge; dopo di che si rimette il porta fiale di ingresso e si stringe per sigillare bene le due estremità della fiala. Il codice della fiala viene letto una volta al secondo (se non è rilevata una fiala valida, appare sul display un messaggio di errore). Dopo di che si preme il tasto [Y/+] per avviare il ciclo di misure. Una volta avviata la misurazione, si attiva immediatamente la pompa e viene mostrato sul display il tempo di attesa restante. Alla fine di questo periodo, il valore della misura sarà automaticamente registrato, (se tale funzione è abilitato). A questo punto lo strumento mostrerà alternativamente il valore della misura e "Done". Alla fine, per rimuovere la fiala, si preme il tasto [Y/+] e si avanza alla fase successiva. Lo strumento mostrerà successivamente il messaggio "Remove tube", quindi si rimuove la fiala per tornare al messaggio "Ready". Durante il periodo di attesa, qualsiasi tasto, se premuto, arresterà la misura [59].

Il datalogging ha un intervallo di 3.000 punti con possibilità di trasferimento dati su PC, con: numero dei campionamenti, tipo e lettura del gas, media, picco, data e ora, numero di serie dello strumento, dati identificativi dell'utente e numero del sito. Le comunicazioni avvengono mediante il trasferimento dei dati e setup dello strumento da PC tramite RS-232. La pompa, che è incorporata allo strumento, ha una portata interna con un flusso di 400 cm³/min. La temperatura di impiego va da - 20 a + 40°C, mentre l'umidità va da 0% a 95% di umidità relativa (senza condensa) [59].

Per quanto riguarda i segnali di allarme si può dire che, alla fine di ciascun periodo di misura, la concentrazione di gas viene paragonata con i limiti di allarme programmati (i limiti sono due: quello alto e quello basso). Quando la concentrazione supera questi limiti, il cicalino sonoro e il LED rosso lampeggiante sono attivati immediatamente per avvertire l'utilizzatore delle condizioni di allarme. Lo strumento va in allarme anche quando si verifica una delle seguenti condizioni: la tensione della batteria scende sotto il valore previsto (4,4 V, anche se ci sono ancora 20-30 minuti di funzionamento disponibili; se scende sotto 4,2 V lo strumento si spegne automaticamente); guasto della lampada UV; arresto della pompa; quando la memoria di registrazione dei dati è piena. Le caratteristiche specifiche sono riportate nella tabella 7.12

Tabella 7.12 - Specifiche tecniche per tipo di gas

	Campo di misura (ppm)	Risoluzione (ppm)	Tempi di risposta (s)	Gas di taratura	Lampada UV
<i>VOC</i>	0-2.000	0,1 / 0-99,9 1 / 100-2.000	30	100 ppm isobutadiene	9,8-10,6-11,7 eV
<i>Benzene</i>	0-200	0,1	75	5 ppm benzene	9,8 eV
<i>Idrocarburi alogenati</i>	0-200	0,2	Secondo sostanza	Secondo sostanza	11,7 eV
<i>Butadiene</i>	0-200	0,1	75	5 ppm butadiene	9,8 eV

Le dimensioni del UltraRAE sono: 11,8 x 7,6 x 4,8 cm, per un peso di 454 g con la batteria. Le misurazioni avvengono per mezzo di un sensore a fotoionizzazione PID, che è dotato di un pacco batterie ricaricabili NiMH; il tempo di ricarica è di 10 ore, lo strumento ha un'autonomia di 12 ore rilevando in continuo; inoltre lo strumento può essere utilizzato anche durante la ricarica. L'UltraRAE è dotato di un grande display digitale (LCD), retroilluminazione manuale ed automatica in caso di allarme. Come il MultiRAE, anche l'UltraRAE ha tre tasti per il funzionamento, uno operativo e gli altri due per la programmazione. Lo strumento è dotato, inoltre, di accessori per il trasporto e di protezione in gomma colorata ad alta visibilità. Le fiale che sono impiegate per questo strumento possono essere sostituite in campo: hanno un codice a barre per l'identificazione e una scadenza di 12 mesi. La certificazione è UL, cUL Classe I, Divisione I, Gruppo A,B,C,D & EEx ia IIC T4. Ha due livelli di allarme regolabili (valori predefiniti 0,5 e 1 ppm). Gli allarmi possono essere:

- Allarme visivo: led rossi lampeggianti;
- Allarme acustico: cicalina a 90 dB;
- Allarme esterno: allarme a vibrazione (optional).

8 - RISCHI DI NATURA MECCANICA

Se la meccanizzazione da un lato è stata una grande conquista, riducendo molte faticose lavorazioni manuali e aumentando la produzione, dall'altro ha aumentato l'esposizione degli utilizzatori a vari rischi, tra cui i quelli di infortuni gravemente invalidanti e spesso mortali. Tali infortuni sono dovuti ad una serie di fattori: la non rispondenza delle macchine alle norme di sicurezza, la scarsa manutenzione, l'impiego errato e non idoneo di macchine e attrezzature. Ma è soprattutto la scarsa conoscenza dei rischi da parte dell'agricoltore, a costituire un grave fattore di rischio; per lavorare in sicurezza sono necessarie macchine sicure, ma soprattutto è necessario avere una buona conoscenza dei rischi associati all'impiego della macchina, e una buona conoscenza delle norme di sicurezza. Molti infortuni in agricoltura si verificano tra utilizzatori non professionisti, che hanno un altro lavoro e si dedicano all'agricoltura solo nel tempo libero: questo comporta una scarsa esperienza e conoscenza dei rischi che, sommata alla presenza di un parco macchine spesso datato e fuori norma, costituisce un grave fattore di rischio.

Un'altra situazione che aumenta la possibilità di incidenti è il lavoro nero. Spesso si tratta di lavoratori stranieri con difficoltà di comprensione della lingua parlata nel luogo di lavoro, e che non conoscono le norme di sicurezza. Il lavoro regolare è un requisito indispensabile per la sicurezza in agricoltura e negli altri settori.

La meccanizzazione della coltura del nocciolo comporta molti rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori. I rischi provengono dall'utilizzo di trattrici e macchine semoventi, e di altre macchine, come motoseghe e decespugliatori.

Tutti gli organi in movimento di una macchina costituiscono un pericolo per l'utilizzatore della macchina. Nella coltura le macchine utilizzate sono: la trattrice agricola corredate delle macchine operatrici per la lavorazione del terreno o per la distribuzione di prodotti chimici, eventuali decespugliatori per la spollonatura, macchine per la raccolta del terreno.

Oggi, nella moderna meccanizzazione, tutte le macchine sono provviste di appositi carter di protezione degli organi in movimento, come previsto dalla normativa vigente. Tuttavia il collegamento delle macchine motrici con le operatrici (aspiratrici

trainate, macchine per la lavorazione de terreno) prevede l'impiego dell'albero cardanico, elemento molto pericoloso, che come tale merita uno studio più dettagliato.

La maggior parte delle macchine operatrici hanno necessità di un azionamento meccanico diretto. Per questa categoria di attrezzi, il trattore viene equipaggiato di un dispositivo che costituisce la presa di potenza. Questa è un dispositivo in grado di derivare dal motore del trattore la potenza per azionare macchine operatrici. La presa di potenza è costituita da un albero e da un sistema di comando meccanico o idraulico, azionabili dal posto di guida per l'innesto e il disinnesto. L'albero termina all'esterno con un tratto scanalato atto ad innestarsi con gli organi di trasmissione delle macchine operatrici. All'interno, invece, è collegato con una coppia di ingranaggi atta a ridurre la velocità di rotazione ed a permettere la derivazione del moto. Il collegamento tra presa di potenza del trattore ed attrezzo avviene con un albero con doppio giunto cardanico. L'albero della presa di potenza è interno a quello primario del cambio e deriva il moto direttamente dall'albero motore. Le velocità di rotazione della presa di potenza sono prefissate da normative internazionali a 540 e 1000 giri al minuto; il senso di rotazione è orario [27].

8.1 Rischi correlati all'utilizzo di macchine ed attrezzature

La trattrice è senza dubbio la macchina più utilizzata in agricoltura. Nella corilicoltura vengono impiegate, molto spesso, macchine raccogliatrici, macchine semoventi, dotate di motore proprio , che tuttavia presentano rischi analoghi alle trattici agricole.

Il ribaltamento è uno degli infortuni più gravi legati all'utilizzo della trattrice o delle macchine operatrici: può comportare morte o lesioni gravi. I fattori di rischio di ribaltamento possono essere legati alle caratteristiche costruttive della macchina: il baricentro elevato, l'elevata coppia motrice sulle ruote posteriori. Tuttavia altre cause di natura operativa possono essere: la carreggiata troppo stretta, la zavoratura assente o errata, gli sforzi di trazione improvvisi ed elevati, e la posizione troppo elevata del gancio di traino, i carichi verticali a sbalzo anteriori (pale meccaniche), i carichi verticali a sbalzo posteriori (attrezzi portati e rimorchi monoasse), le forze di inerzia di macchine portate non dotate di freno, le forze centrifughe di macchine trainate non frenate (in curva), le brusche variazioni di aderenza, spesso dovute a frenate improvvise

su terreno umido. I fattori di rischio al ribaltamento possono essere causati dal tipo di appoggio ovvero:

- Terreno molle in pendenza,
- Avvallamenti, rilievi, buche, ostacoli, caduta in cunette o canali;
- Franamento del terreno sotto la ruota o il cingolo a valle;
- Franamento della terra sotto la ruota o il cingolo sul ciglio di fossi o canali;

Per evitare il rischio di ribaltamento è necessario utilizzare macchine adatte al tipo di lavorazione eseguita; nelle lavorazioni su terreni con forte pendenza è necessario impiegare macchine dotate di basso baricentro e carreggiata larga, possibilmente a cingoli. Le gomme e i cingoli devono essere di larghezza sufficiente ad evitare gli affondamenti ed assicurare una buona aderenza. Il gancio di traino deve essere posizionato sotto l'asse delle ruote; inoltre è preferibile utilizzare aratri portati, rispetto a quelli trainati. Durante le lavorazioni del terreno, la trattrice deve essere adeguatamente zavorrata, soprattutto nella parte anteriore.

I lavoratori devono avere un'adeguata formazione e informazione sul pericolo ribaltamento, su come prevenirlo, e su comportamento da tenere in caso di ribaltamento. In terreni in pendenza va ridotta la velocità di lavorazione e, dove sono presenti buche o avvallamenti, è necessario proseguire con massima prudenza. La pala meccanica tenuta in alto, come una macchina operatrice portata sull'attacco a tre punti, alza il baricentro della trattrice, aumentando la possibilità di ribaltamento in curva e in pendenza. Transitando vicino a fossi o canali, bisogna tenere un'adeguata distanza di sicurezza. Tutte le trattrici devono essere dotate di un arcone di sicurezza o una cabina adeguata a sostenere il peso della trattrice in caso di ribaltamento, di sedile dotato di cinture di sicurezza e postazione di guida ergonomica.

8.2 Rischi correlati all'utilizzo dell'albero cardanico e alla pdp

L'albero cardanico è un organo meccanico in grado di trasferire il moto proveniente da una macchina motrice, quale è la trattrice agricola, ad una macchina operatrice. Le principali parti che lo compongono sono: gli innesti sul lato trattrice e sul lato operatrice e i relativi dispositivi di arresto; le forcelle; le crociere; i tubi telescopici e le varie protezioni.(figura 8.1)

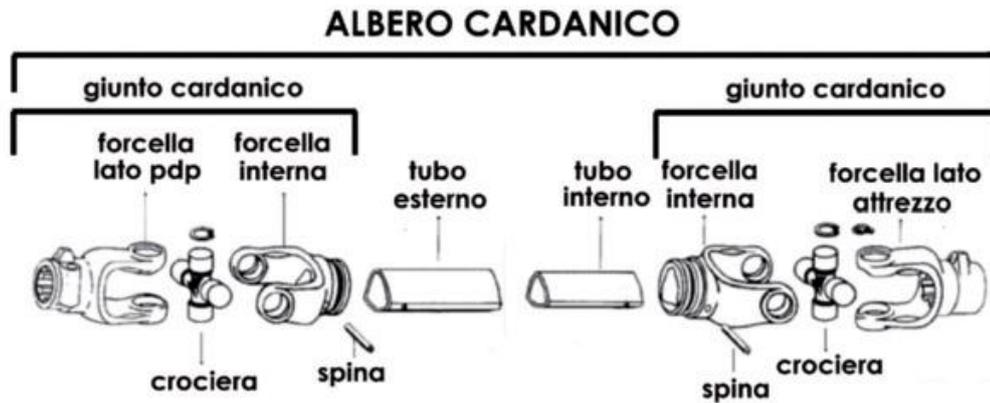


Figura 8.1 - Albero cardanico e sue componenti

La sua caratteristica principale è di trasmettere il moto lungo un'ampia gamma di direzioni nello spazio, fino alla macchina operatrice, consentendo all'insieme trattrice-macchina operatrice di eseguire curve, sollevamenti e abbassamenti reciproci.

L'albero cardanico è normalmente costituito da due giunti collegati tra di loro da due elementi telescopici, che possono scorrere l'uno dentro l'altro. I due giunti consentono una rotazione nello spazio lungo i tre assi, mentre i tubi telescopici consentono di trasferire il moto di rotazione da un giunto all'altro.

I giunti cardanici sono formati ciascuno da due forcelle sulle quali sono montate le crociere. L'attrito tra le parti in movimento è attenuato da cuscinetti ad aghi interamente chiusi che necessitano di lubrificazione tramite un ingrassatore posto al centro della crociera [14] (figura 8.2). Le forcelle sono realizzate in acciaio stampato e lavorate secondo elevati standard qualitativi; il loro principale scopo è di contenere le deformazioni elastiche sotto carico, mantenendo allineate le sedi dei cuscinetti della crociera, a garanzia di una corretta ripartizione del carico sui corpi volventi e a tutto vantaggio della durata dello snodo. Con le normali forcelle si possono raggiungere, sotto carico e per brevi periodi angoli di snodo fino a 45° [27].

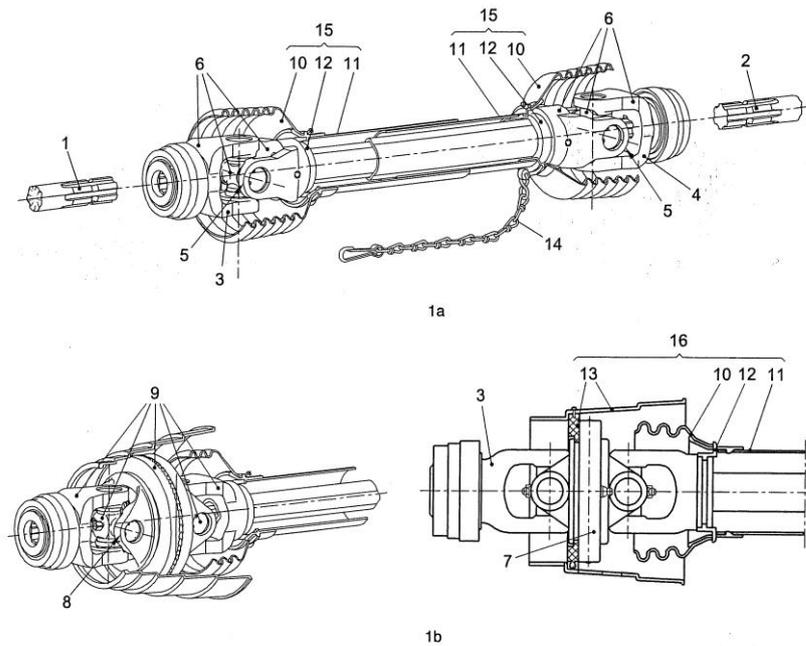


Figura 8.2 - Parti dell'albero di trasmissione e della protezione

- 1) *Presa di potenza*
- 2) *Albero ricettore della macchina*
- 3) *Forcella esterna del cardano corrispondente alla presa di potenza*
- 4) *Forcella esterna del cardano corrispondente all'albero ricettore della macchina*
- 5) *Estremità della forcella interna del giunto cardanico*
- 6) *Giunto cardanico*
- 7) *Forcella doppia*
- 8) *Estremità della forcella doppia del giunto esterno*
- 9) *Giunto cardanico di trasmissione grandangolare*
- 10) *Cono di protezione*
- 11) *Tubo di protezione*
- 12) *Cuscinetto di protezione*
- 13) *Protezione separata del giunto cardanico di trasmissione grandangolare*
- 14) *Sistema di trattenuta*
- 15) *Protezione dell'albero cardanico di trasmissione dalla presa di potenza*
- 16) *Protezione dell'albero cardanico di trasmissione grandangolare dalla presa di potenza.*

Tra le varie parti che compongono l'albero cardanico vi sono due dispositivi di notevole importanza (limitatore di coppia e il dispositivo ruota libera). La ruota libera è un dispositivo che consente la trasmissione del movimento solo in una direzione (dalla trattrice verso la macchina ricevente). Il limitatore di coppia è un dispositivo che interrompe o limita la trasmissione del movimento tra trattrice e macchina ricevente quando la coppia raggiunge un valore prefissato.

Se è previsto un limitatore di coppia o un sistema di ruota libera sull'albero di trasmissione; esso deve essere situato solo sul lato dell'albero ricettore della macchina

dell' albero di trasmissione. Le protezioni devono essere fornite di avvertimenti che specificano la necessità di leggere il manuale di istruzioni.

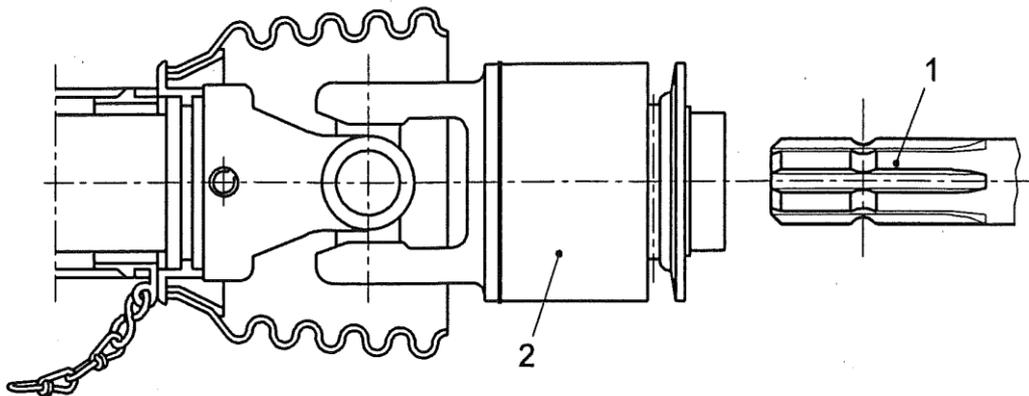


Figura 8.3 - Esempio di ruota libera, 1) Albero ricettore della macchina, 2) Ruota libera

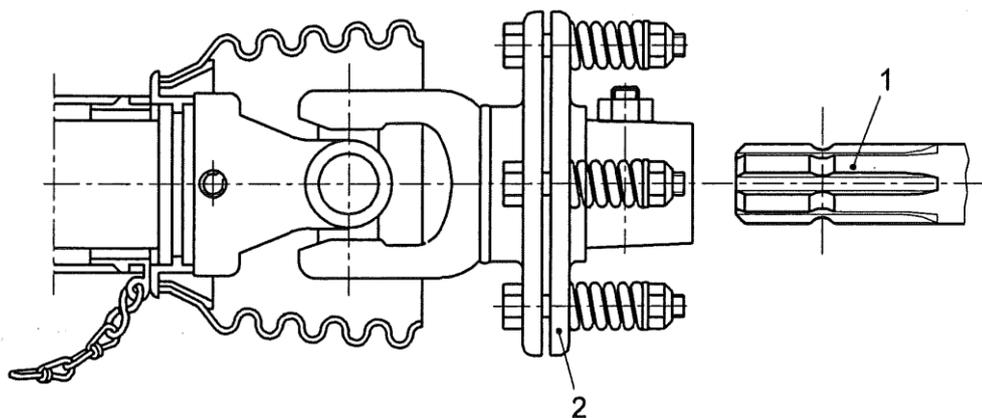


Figura 8.4 – Esempio di limitatore di coppia, 1) Albero ricettore della macchina,
2) Limitatore di coppia

Esistono in commercio parecchi sistemi, tutti però finalizzati ad un unico scopo, quello cioè di fissare in sicurezza le estremità dell'albero cardanico: un eventuale sfilamento con l'albero in rotazione (il cosiddetto "sbandieramento") avrebbe infatti conseguenze gravissime, sia a carico del trattore e dell'operatrice, sia soprattutto a danno dell'operatore. Di seguito vengono brevemente descritte le soluzioni più comunemente adottate [norma UNI EN 12965].

L'attacco rapido a pulsante per prese scanalate è il tipo di attacco tradizionale più comune. La manovra di fissaggio si ottiene agendo sul pulsante che si impegna/disimpegna nella gola della presa di moto (figura 8.4). Il pulsante è montato in

una sede ricavata sul mozzo della forcella e mantenuto in posizione di impegno semplicemente dalla molla di contrasto.

Su alberi cardanici costruiti per potenze di trasmissione elevate, l'attacco è a doppio pulsante. I due dispositivi agiscono su due assi paralleli, diametralmente opposti, e con verso di azionamento l'uno il contrario dell'altro.

Problemi abbastanza comuni di tale tipo di attacco sono il parziale grippaggio del pulsante e/o della molla, con conseguenti difficoltà di attacco, ma soprattutto di stacco, dovuto ad insufficiente ingrassaggio a lunghi periodi di inattività.

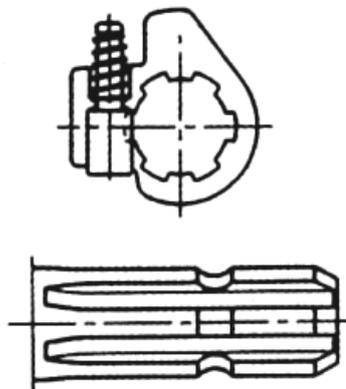


Figura 8.5 - attacco rapido a pulsante

L'attacco rapido di sicurezza E' costituito dall'attacco rapido a pulsante, integrato da un manicotto di copertura e manovra (figura 8.5). I problemi accennati per l'attacco tradizionale sono ovviati rendendo più agevole la manovra del pulsante attraverso una limitata rotazione del manicotto. Il verso di rotazione differenzia il dispositivo lato macchine da quello lato trattore, al fine di garantirne un fissaggio sicuro in fase di lavoro. E' importante verificare manualmente che il collare (e quindi il pulsante) ritorni completamente nella posizione iniziale dopo il fissaggio sulla presa scanalata.

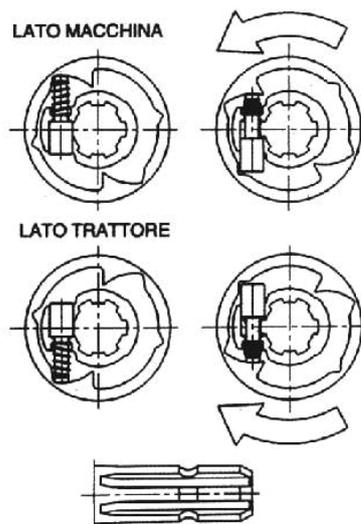


Figura 8.6 - attacco rapido a pulsante integrato da manicotto

L'attacco con bullone conico. Il serraggio del dado incunea la vite sagomata tra la sua sede sul mozzo e la gola della presa di moto (figura 8.6). In tal modo i profili della presa di moto e del mozzo aderiscono creando un bloccaggio fortemente stabile.

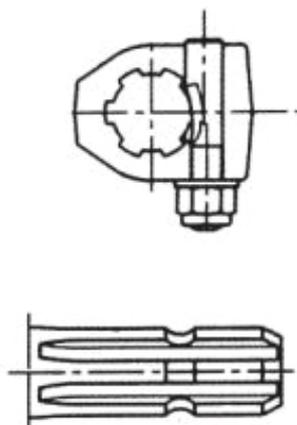


Figura 8.7 - attacco con bullone conico

Gli alberi cardanici vengono normalmente consegnati a corredo delle macchine operatrici in occasione del loro acquisto; per cui la scelta del tipo più idoneo di trasmissione da utilizzare è già stata fatta dal costruttore della macchina operatrice in relazione alle condizioni da lui previste d'uso della macchina stessa.

I criteri che portano alla scelta di una trasmissione sono quelli che tengono conto della potenza della trattrice utilizzata, della velocità di rotazione (540 o 1000 giri/min) e del valore della coppia trasmessa. Queste grandezze definiscono la "categoria" dell'albero cardanico e individuano le dimensioni dei vari componenti quali forcelle, crociere, tubi telescopici ecc..

Dopo aver definito la categoria dell'albero cardanico (normalmente individuata da classi), con un semplice diagramma, che mette in relazione la dimensione dell'albero cardanico, la coppia di lavoro, la velocità di rotazione con l'angolo di snodo, è possibile individuare la durata dell'albero stesso in termini di ore di lavoro. In agricoltura viene usato generalmente al fine di garantire la:

- trasmissione del moto da una centrale di potenza, quale una trattrice, ad una macchina agricola che lavora in posizione fissa;
- trasmissione di potenza dalla trattrice a macchine agricole con ruote motrici (rimorchi ecc.);
- trasmissione di potenza dalla trattrice a macchine agricole trainate o portate che operano al seguito della trattrice stessa.



Figura 8.8 - Uso scorretto delle catenelle



Figura 8.9 - Uso corretto delle catenelle

Non è possibile usare le catenelle per scopi differenti, per esempio per sollevare l'albero cardanico o per assicurarlo alla macchina operatrice quando non è collegato al trattore (figura 8.8). Se l'albero di trasmissione viene acquistato nuovo, deve essere dotato della sua protezione, ed avere la marcatura CE (Figura 8.10) con propria dichiarazione di Conformità e deve riportare i pittogrammi che richiamano l'attenzione dell'operatore.

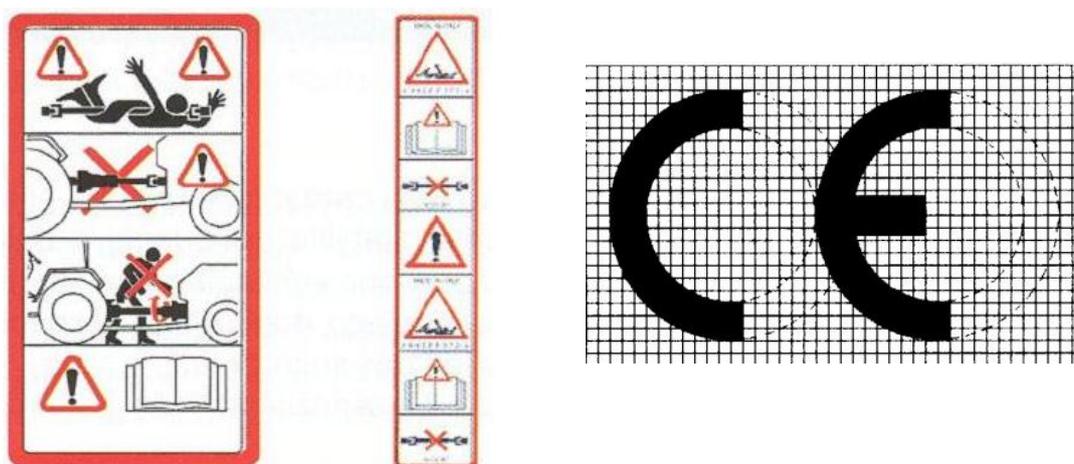


Figura 8.10 – Pittogrammi, marcatura CE

Va sottolineato che le cuffie terminali sono dimensionate per coprire solamente le forcelle interne dell'albero cardanico o, nel caso di alberi cardanici grandangolari (il giunto omocinetico o grandangolo consente il funzionamento con un angolo generalmente maggiore di 50°), il centro del giunto esterno: l'utilizzo di una protezione ad imbuto più allungata potrebbe pregiudicarne integrità e funzionamento in caso di angoli di lavoro pronunciati, brusche sterzate, ecc. E' indispensabile che analoghe ed adeguate protezioni (carter, cuffie, controcuffie) siano presenti sia sul lato macchina, che sul lato trattrice; in particolare, come richiesto dalle norme UNI EN 1553:2001, queste protezioni devono sovrapporsi a quella della trasmissione cardanica per almeno 50 mm quando il cardano è allineato.(figura 8.11)

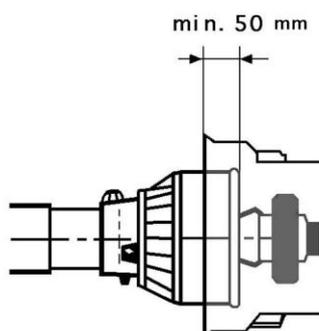


Figura 8.11 - Quota minima di sovrapposizione (UNI EN 1553)

Le protezioni degli alberi cardanici sono tra i pochissimi dispositivi in ambito agricolo (un altro esempio sono le strutture di protezione contro il ribaltamento dei trattori) soggetti a prove di omologazione obbligatoria, da effettuarsi necessariamente presso enti ed istituzioni appositamente accreditati allo scopo. Una protezione

antifortunistica per alberi cardanici (così come un telaio o una cabina di sicurezza per trattori) non può essere commercializzata se prima non è stata omologata secondo la normativa vigente, la EN 1152). Le protezioni degli alberi cardanici vengono verificate seguendo la norma europea EN 1152, che ne definisce e descrive le metodologie di prova e i criteri di accettabilità per la determinazione della resistenza all'usura, della robustezza e della durata. Il costruttore effettua le prove su una protezione prelevata a campione all'interno della produzione, al fine di garantire la conformità con la serie prodotta. La prova viene effettuata con la protezione montata sull'albero cardanico regolato alla lunghezza di 1 m. Durante l'esecuzione delle prove, deve essere impedita la rotazione della protezione attraverso un dispositivo di fissaggio.

La prova di usura completa consta di quattro fasi per un totale di 290 h. La protezione e l'albero cardanico vengono posizionati in una cabina e sottoposti a cicli di prova che prevedono l'immersione in acqua salata e azionamenti, in temperatura ambiente e in atmosfera contenente polvere organica e minerale, al fine di simulare le reali condizioni d'uso. Infine, le protezioni e l'albero cardanico sono sottoposti a prove di resistenza mediante l'applicazione di un carico assiale a temperatura ambiente e a bassa temperatura (-35°C), e di un carico radiale a temperatura ambiente ed a prove d'urto effettuate a bassa temperatura.

Anche i dispositivi di fissaggio contro la rotazione della protezione subiscono una prova di trazione che verifica la resistenza a rotture o incrinature. Si ritiene che la protezione abbia superato le suddette prove se: non presenta fori o deformazioni causate dall'usura durante la prova, che lascino scoperte parti dell'albero cardanico che devono rimanere coperte; non presenta rotture, incrinature o separazioni di parti; non si verificano spostamenti sull'albero cardanico rispetto alla posizione iniziale; i dispositivi di fissaggio non presentano deformazioni permanenti o rotture che ne pregiudichino la funzione; il sottoporre la macchina ad utilizzi o sforzi non previsti dal libretto d'istruzioni ed uso.

Tutto ciò al fine di garantire all'utilizzatore un livello minimo di durata delle protezioni e dell'albero cardanico nelle diverse condizioni d'uso. E' indispensabile che le protezioni, quali carte, cuffie, controcuffie, ecc., siano presenti e vengano mantenute in efficienza, sia sul lato macchina che sul trattore. Durante l'utilizzo della trasmissione cardanica si consiglia inoltre prima di iniziare il lavoro, verificare l'efficienza e l'integrità della protezione, sostituire le protezioni usurate o rotte.

Nell'impiego delle trasmissioni cardaniche, qualora non vengano prese tutte le misure di sicurezza, sia quelle stabilite dalle leggi e dalle normative tecniche, che quelle comportamentali, si possono verificare gravi infortuni. I pericoli conseguenti all'impiego degli alberi cardanici sono essenzialmente riconducibili a "impigliamento" e a "trascinamento".(figura 8.12) [80].



Figura 8.12 - Esempio di albero cardanico non protetto

Un altro pericolo è la possibile rottura di parti della protezione con conseguente proiezione delle stesse. Perché ciò non si verifichi, è essenziale che i dispositivi di sicurezza siano montati correttamente ed integri in tutte le loro parti, compresa la protezione a cappuccio applicata sulla presa di potenza della trattore quando non utilizzata (figura 8.13 e 8.14).

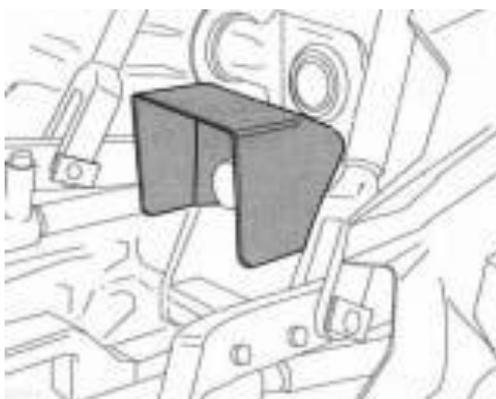


Figura 8.13 - Scudo di protezione

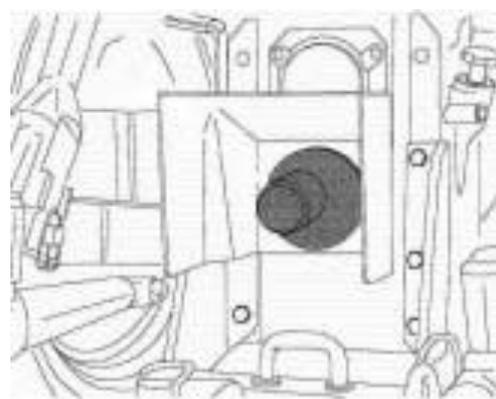


Figura 8.14 - Protezione a cappuccio

Intorno alle macchine in lavorazione con trasmissione del moto in azione, non vi siano estranei ed in particolare bambini; non si abbandoni mai il complesso trattore-operatrice nel centro aziendale, in prossimità di abitazioni e di strade pubbliche, con il

motore della motrice accesso o con la chiave inserita nel quadro o ancora, con la trasmissione cardanica in funzione. Eccetto alcune situazioni, dove l'operazione risulta particolarmente agevole nel collegamento dell'albero alla presa di forza, per ovviare al problema della difficoltà nell'inserire le mani all'interno della cuffia, per azionare lo spinotto di collegamento là dove gli spazi sono estremamente ridotti, si possono adottare diverse soluzioni tecniche: come delle protezioni della presa di potenza sfilabili con molle di contrasto (figura 8.15) oppure protezione della presa di potenza collegabile a staffa con cerniere: una volta effettuato il collegamento, si riposiziona la protezione.



Figura 8.15 –Protezione sfilabile con molle di contrasto



Figura 8.16 - Protezione sfilabile con cerniere di blocco

Controllare che la lunghezza dell'albero possa compensare i movimenti della macchina durante il moto (sterzate ecc.). Durante l'uso, occorre condurre la trattoria in modo conforme alle limitazioni imposte dalla trasmissione e dalla macchina collegata. Controllare il funzionamento del sistema. Finito il lavoro, pulire, controllare che gli organi meccanici e la protezione siano efficienti e posizionare il cardano all'apposito supporto presente sulla macchina. Periodicamente occorre ingrassare ed eseguire la ordinaria manutenzione.

Secondo le norme tecniche sopra citate, per minimizzare i rischi correlati all'utilizzo dell'albero cardanico è bene rispettare le procedure che seguono.

Tra le varie indicazioni comportamentali, le seguenti riguardano in particolar modo l'uso dell'albero cardanico :



Figura 8.17 - a, b, c, d

- 1) Leggere ed osservare attentamente quanto indicato sul libretto d'uso e di manutenzione fornito dal costruttore ed effettuare l'ordinaria manutenzione (vedi fig. 8.17 a).
- 2) Prima di iniziare il lavoro assicurarsi che la trasmissione cardanica sia fissata correttamente al trattore ed alla macchina operatrice.
- 3) Rispettare il verso di montaggio dell'albero cardanico innestando sul trattore il lato segnalato dalla freccia.
- 4) Infilare il mozzo nella forcella assicurandosi che il sistema di bloccaggio sia scattato (per il sistema di bloccaggio diversi).
- 5) Eventuali limitatori di coppia, frizioni, ecc. montati sull'albero devono sempre essere montati sul lato macchina.
- 6) Prima di installare l'albero cardanico pulire ed ingrassare la presa di potenza della trattrice e l'albero cardanico della macchina operatrice.
- 7) Accertarsi del senso di rotazione e del numero di giri della presa di potenza della trattrice (*540 giri/min. - nel caso illustrato*) prima di inserirvi l'albero cardanico (vedi fig. 8.17 b).
- 8) Prima di effettuare interventi sulla macchina, fermare il motore della trattrice ed estrarre la chiave (vedi fig. 8.17 c).
- 9) Pericolo di impigliamento e trascinarsi con albero cardanico in rotazione – non usare albero cardanico e prese di potenza senza protezioni o con protezioni in cattive condizioni (vedi fig. 8.17 d) [97].
- 10) Illuminare la zona di lavoro della trasmissione durante le fasi di installazione e d'uso notturno o di scarsa visibilità.
- 11) Lavorare con angoli di snodo contenuti ed uguali e disinserire la presa di potenza nelle manovre in cui gli angoli dei giunti superino i 35°.
- 12) E' necessario che i dispositivi di ritegno (catenelle), atti ad impedire la rotazione delle protezioni dell'albero cardanico, siano fissate in modo da permettere l'articolazione del giunto in ogni condizione di lavoro e di trasporto.
- 13) Ricordare che in ogni condizione di lavoro i tubi telescopici devono sovrapporsi per almeno un terzo della loro lunghezza nella posizione di massimo allungamento.
- 14) Verificare che la cuffia di protezione della macchina operatrice e quella posta sulla trattrice si sovrappongano ciascuna per almeno 5 cm alla protezione dell'albero cardanico.

- 15) Spegnere il motore ed estrarre le chiavi dal quadro comando della trattrice prima di avvicinarsi alla macchina;
- 16) Non avvicinarsi alla macchina finché tutti i componenti della stessa si siano arrestati.
- 17) Prima di montare l'albero cardanico verificare che tutte le protezioni della trasmissione, della trattrice e della macchina operatrice siano presenti ed efficienti.
- 18) Eventuali parti danneggiate o mancanti dovranno essere sostituite con ricambi originali ed installati correttamente come descritto nel manuale di istruzioni.
- 19) Rispettare il verso di montaggio dell'albero cardanico innestando sulla trattrice il lato segnalato dalla freccia dal simbolo della trattrice stampato sullo stesso.
- 20) Verificare la scelta del regime di rotazione della presa di potenza.
- 21) Verificare l'adeguatezza degli angoli di curvatura e delle lunghezze dell'albero cardanico, rispettando la conformità ai limiti indicati dal costruttore.
- 22) Seguire le istruzioni impartite dal datore di lavoro e quelle riportate sul libretto di uso e manutenzione.
- 23) Astenersi da operazioni non autorizzate.
- 24) Evitare abiti da lavoro con cinghie, lembi o parti che possano costituire aggancio.
- 25) Indossare abiti in tessuto facilmente strappabile.
- 26) Le chiome fluenti siano legate poiché sono facile presa per gli organi rotanti.
- 27) Indossare gli idonei DPI (dispositivi di protezione individuale) quali guanti e scarpe antinfortunistiche.
- 28) Trasportare l'albero cardanico mantenendolo orizzontale per evitare che un'eventuale sfilamento possa procurare incidenti o danneggiare le protezioni.
- 29) E' fatto assolutamente divieto di utilizzare l'albero cardanico come appoggio o come predellino.
- 30) Terminato il lavoro scollegare la macchina operatrice dalla trattrice. L'albero cardanico, se lasciato nell'innesto della macchina operatrice, andrà collocando con l'altra estremità nell'apposito sostegno; in alternativa posizionare l'albero cardanico smontato in una apposita rastrelliera o sostegno.
- 31) illuminare la zona di lavoro della trasmissione durante le fasi di installazione e d'uso notturno o di scarsa visibilità.

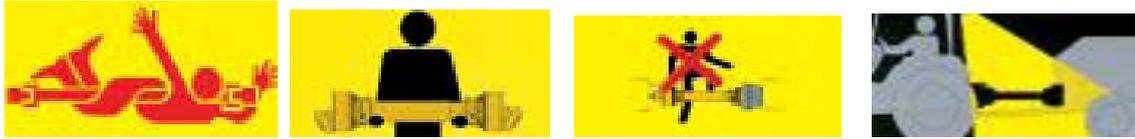


Figura 8.18 - Avvertimenti e prescrizioni



Fifura 8.19 - Supporto per alberi cardanici

In riferimento al tipo di lavorazione e in relazione ai pericoli esistenti, devono essere utilizzati i dispositivi di protezione individuali (DPI) conformi al DLgs 475/92 (tutti i DPI devono essere marcati CE). Nell'utilizzo del trattore è buona norma utilizzare sempre scarpe antinfortunistiche, guanti, occhiali e, nel caso d'uso di trattore senza cabina, maschere in grado di intercettare e trattenere il pulviscolo (terra e concime) [98].

L' utilizzo dei DPI in azienda (non solo per l' utilizzo degli alberi cardanici) è uno degli aspetti sulla sicurezza più importanti. Per l' utilizzo dell' albero cardanico sono indispensabili guanti e scarpe antinfortunistica.



Figura 8.20 - Rappresentazione di alcuni DPI

Si deve ricorrere al DPI quando, nonostante in azienda sia stato realizzato tutto il possibile per ridurre al minimo i rischi alla fonte (macchine e impianti a norma, lavorazioni che si svolgono in modo sicuro, lavoratori ben capaci di lavorare in sicurezza), l'operatore continua ad essere esposto ad un determinato rischio. Nella scelta dei DPI, che va rivista ogni qualvolta intervenga una variazione significativa negli elementi di valutazione dei rischi, occorre tener presente che:

- 1) i DPI devono essere adeguati alle condizioni di lavoro;
- 2) non devono comportare un rischio maggiore di quello che dovrebbero prevenire;
- 3) devono tener conto delle esigenze ergonomiche e fisiologiche del lavoratore;
- 4) devono adattarsi alle necessità del singolo utilizzatore;
- 5) se, in presenza di rischi multipli, si rende necessario usare più DPI simultaneamente, si deve fare in modo che siano fra loro compatibili.

Nell' utilizzo dei DPI, sia il datore di lavoro sia i lavoratori hanno obblighi da rispettare. In particolare il datore di lavoro deve: definire, per ogni attività pericolosa, quali DPI devono essere utilizzati dai lavoratori; destinare ogni DPI ad un uso strettamente personale (maschere, calzature, tute ecc.) oppure ad un uso collettivo occasionale per chi ne ha bisogno (imbracature ecc.); nel secondo caso deve sostituirlo quando l'uso promiscuo inizia a dare problemi igienici ai vari utilizzatori; fornire ai lavoratori chiare istruzioni su dove e come usare i DPI previsti; mantenere in efficienza i DPI e assicurare le condizioni d'igiene mediante la manutenzione, le riparazioni e le sostituzioni necessarie; consegnare i DPI ai lavoratori nella loro confezione con le istruzioni d'uso. Il lavoratore, da parte sua deve: osservare le istruzioni di uso dei DPI messi a sua disposizione; aver cura dei DPI messi a sua disposizione; riporre i DPI negli armadietti personali o negli armadietti appositi allestiti dal datore di lavoro; non apportare modifiche ai DPI; segnalare al datore di lavoro qualsiasi difetto o inconveniente rilevato nei DPI [98].

L'utilizzatore deve provvedere a garantire il mantenimento della funzionalità della trasmissione cardanica; le operazioni di manutenzione e ripristino vanno eseguite nel rispetto delle indicazioni fornite dal costruttore nel manuale di istruzioni.

Innanzitutto, tali operazioni devono essere effettuate indossando gli adeguati DPI: guanti, tuta da lavoro e calzature antinfortunistiche. Una corretta procedura di

manutenzione prevede in primo luogo di arrestare il motore ed estrarre le chiavi dal quadro della trattrice, prima di avvicinarsi alla macchina operatrice. I vari componenti della trasmissione vanno lubrificati con le modalità e i tempi previsti nel manuale di istruzioni, o comunque dopo lunghi periodi di inattività. Occorre ingrassare gli elementi telescopici separando le due parti dell'albero cardanico. È molto importante effettuare il riempimento delle crociere con grasso. Il pompaggio deve continuare fino a quando il grasso nuovo fuoriesce dalle guarnizioni. Inoltre non deve essere introdotto con pressioni troppo elevate; la pressione massima di ingrassaggio è infatti di 20 BAR. I giunti cardanici e i cuscinetti tra l'albero e la protezione devono poter essere lubrificati/ingrassati facilmente per mezzo di accessi diretti a tutti i punti di ingrassaggio. Se le operazioni di lubrificazione richiedono la presenza di fori, le loro dimensioni non devono essere maggiori di 25 mm. E' della massima importanza verificare per ogni utilizzo che la lunghezza della trasmissione rispetti le *condizioni di minimo e massimo allungamento*. A tale proposito, le estremità dei tubi telescopici non devono toccare le forcelle interne di ogni giunto e, all'opposto, la sovrapposizione del tubo interno ed esterno non deve mai essere inferiore ad $1/3$ della lunghezza in lavoro dei tubi stessi (fig. 5.1)

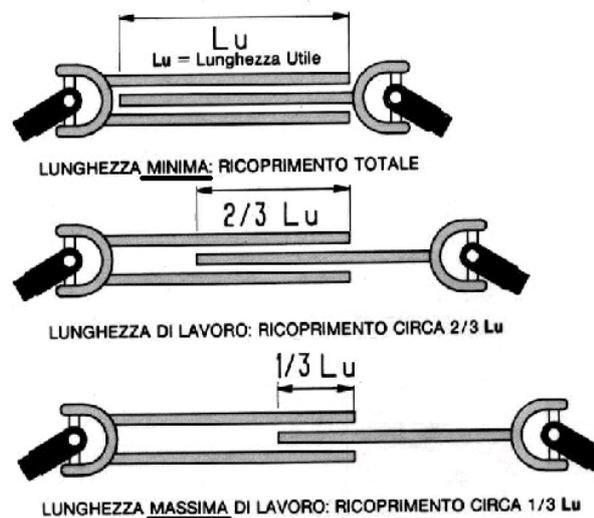


Figura 8.21 - Corrette lunghezze di lavoro degli alberi cardanici

Questa figura illustra le corrette lunghezze di lavoro degli alberi cardanici nelle varie situazioni operative.

Il ciclo di manutenzione va effettuato seguendo le indicazioni riportate sul libretto di uso e manutenzione, il quale deve essere sempre presente e facilmente reperibile in azienda. Di seguito si riporteranno consigli di buona regola, da prendere in

considerazione solo in assenza del libretto di uso e manutenzione. Il ciclo di manutenzione degli alberi cardanici dipende sostanzialmente dalle condizioni di impiego. Ad esempio, sollecitazioni superiori alla media, temperature ambiente limite o lavorazioni su terreno secco e polveroso sono causa di un più rapido consumo di lubrificante. Dopo eventuali lavaggi con apparecchiature ad alta pressione, è necessaria la lubrificazione. In presenza di difficili condizioni esterne, quali un'elevata presenza di sporco o di acqua, gli intervalli di manutenzione dovranno venire abbreviati di conseguenza. Si consiglia di rispettare gli intervalli di manutenzione riportati nella seguente tabella:

Tabella 8.1 – Intervalli di manutenzione

Alberi cardanici	Manutenzione
In autoveicoli :impiego su strada:	50000 km o 1 anno
Impiego su strada e agricolo :	30000 km o 1 anno
Impiego solo agricolo e di cantiere :	10000 km o 250 ore di esercizio
Impiego in veicoli su binario :	3000 ore di esercizio o 6 mesi
Impiego in impianti stazionari,incluse le gru	500 ore di esercizio

Se gli alberi cardanici rimangono inutilizzati in magazzino per 6 mesi o più, allora devono necessariamente essere rilubrificati prima della messa in esercizio. Nella seguente figura sono indicati gli intervalli orari di lubrificazione (ingrassaggio) delle varie parti dell'albero cardanico (fig. 8.22):

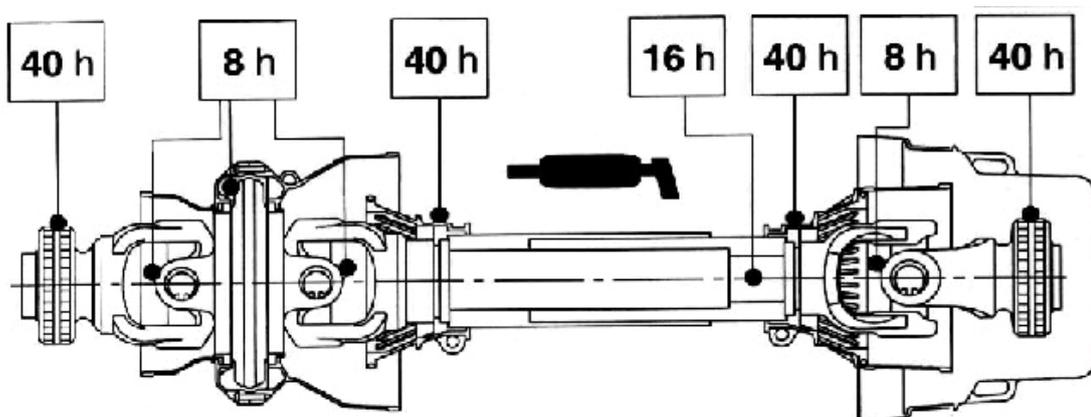


Figura 8.22 - Intervalli orari di lubrificazione

Per quanto riguarda l'uso di lubrificanti, si consigliano grassi saponati al litio, classe di penetrazione 2, con additivi EP per i climi europei o grassi resistenti alle basse temperature nel caso di temperature di utilizzo fino ai $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Occorre inoltre evitare di utilizzare grassi di diversa saponificazione per le lubrificazioni successive [102].

È importante sapere che cambiamenti di colore, comparsa di screpolature, crepe o forature indicano che la protezione ha perso o ridotto le sue caratteristiche di sicurezza ed è necessario sostituirla con altra originale.



Figura 8.23 - Colpi, tagli, invecchiamento atmosferico, degli alberi cardanici

Una via promettente per risolvere questo grave inconveniente sembra essere quella di produrre protezioni con materiale più durevole, come gomma o acciaio [99].

Come per la totalità delle macchine utilizzate in agricoltura, anche per l'albero cardanico è necessario rispettare varie norme costruttive e di utilizzo.

Nuova direttiva macchine (2006/42/Ce). La nuova direttiva macchine 2006/42/Ce del 29 dicembre 2009 sostituisce la precedente 98/37/Ce, si applica alle macchine stabilendo i requisiti essenziali ai fini della sicurezza e della tutela della salute. La nuova direttiva macchine si applica anche ai componenti di sicurezza immessi separatamente sul mercato; come la precedente direttiva, elenca con chiarezza, tutti i compiti del fabbricante, prima dell'immissione sul mercato della macchina. Tutte le macchine devono essere marcate Ce, quindi anche i componenti di sicurezza, e i dispositivi amovibili di trasmissione meccanica. La marcatura Ce deve essere apposta nelle vicinanze del nome del fabbricante. Se è stata applicata la procedura di garanzia qualità, il marchio Ce deve essere seguito dal numero di identificazione dell'organismo notificato. Nell'allegato 4 della presente direttiva si trova un elenco delle macchine ritenute più pericolose, tra le quali l'albero cardanico. Per le macchine riportate in

allegato 4, costruite in conformità ad una norma armonizzata, nella misura in cui tali norme coprono tutti i requisiti di sicurezza e di tutela della salute, non è più prevista la procedura di deposito del fascicolo tecnico presso un Organismo notificato (prevista nella direttiva 98/37/CE), ma è sufficiente la normale procedura di valutazione della conformità con controllo interno sulla fabbricazione delle macchine. Qualora si voglia ricorrere a un Organismo occorre seguire l'intera procedura di esame per la certificazione Ce del tipo, più il controllo interno sulla fabbricazione. La direttiva prevede inoltre una nuova possibilità per tutte le macchine in allegato 4 relativa alla procedura di garanzia qualità totale. La presente direttiva contiene al punto 3.4 le misure di protezione dai rischi meccanici. In particolare il punto 3.4.7 riguarda i rischi connessi con la trasmissione di potenza tra il trattore e le macchine azionate. Gli alberi di trasmissione cardanici che collegano un trattore al primo supporto fisso di una macchina azionata, devono essere protetti sul lato macchina motrice e sul lato macchina operatrice per tutta la lunghezza dell'albero e dei giunti. Sul lato del trattore, la presa di potenza alla quale è collegato l'albero di trasmissione deve essere protetta da uno schermo fissato sul trattore. La presenza di un limitatore di coppia o di ruota libera è autorizzata per la trasmissione cardanica solo sul lato in cui avviene il collegamento con la macchina azionata. Gli elementi di protezione devono essere progettati, costruiti e disposti in modo da non poter ruotare con l'albero di trasmissione. Se sono previsti accessi ai posti di lavoro in prossimità dell'albero di trasmissione a cardano, il costruttore deve evitare che i dispositivi di protezione possano servire da predellini a meno che non siano progettati e costruiti a tale fine [61].

D.Lgs. 81/08, il D.Lgs. del 9 aprile 2008, n. 81, ha riformato, riunito ed armonizzato le disposizioni dettate da numerose precedenti normative in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro succedutesi nell'arco di quasi sessant'anni, al fine di adeguare il corpus normativo all'evolversi della tecnica e del sistema di organizzazione del lavoro.

Particolare importanza riveste, per questa nostra indagine sperimentale, il punto 6 del D.Lgs. 81/2008 nel quale si riportano i rischi dovuti agli elementi mobili. Se gli elementi mobili di un'attrezzatura di lavoro presentano rischi di contatto meccanico che possono causare incidenti, essi devono essere dotati di protezioni o di sistemi protettivi che impediscano l'accesso alle zone pericolose o che arrestino i movimenti pericolosi, prima che sia possibile accedere alle zone in questione. Le protezioni ed i sistemi protettivi: devono essere di costruzione robusta; non devono provocare rischi

supplementari, non devono essere facilmente elusi o resi inefficaci, devono essere situati ad una sufficiente distanza dalla zona pericolosa, non devono limitare più del necessario l'osservazione del ciclo di lavoro, devono permettere gli interventi indispensabili per l'installazione e/o la sostituzione degli attrezzi, nonché per i lavori di manutenzione, limitando però l'accesso unicamente al settore dove deve essere effettuato il lavoro e, se possibile, senza che sia necessario smontare le protezioni o il sistema protettivo [31].

La norma UNI EN 12965. Questa norma specifica i requisiti di sicurezza e la loro verifica per la progettazione, la costruzione di alberi cardanici di trasmissione dalla presa di potenza e per le loro protezioni che collegano macchine semoventi (o trattrici) al primo supporto fisso delle macchine riceventi, descrivendo i metodi per eliminare o ridurre i rischi che necessitano di requisiti specifici. La presente norma riguarda solo gli alberi cardanici di trasmissione dalla presa di potenza e quelle protezioni che sono collegate meccanicamente all'albero cardanico di trasmissione dalla presa di potenza almeno da due cuscinetti. Essa specifica inoltre il tipo di informazioni che devono essere fornite dal costruttore sulle procedure per un impiego sicuro.

La norma tecnica EN 1152: 1994 è di complemento alla norma EN 12965: 2003 *UNI EN 1152 1997.* Versione in lingua italiana della norma europea EN 1152 (edizione giugno 1994). Descrive le metodologie di prova ed i criteri di accettabilità per la determinazione della resistenza all'usura, della robustezza e della durata delle protezioni non rotanti per alberi cardanici di trasmissione dalla presa di potenza [96].

Le protezioni degli alberi cardanici vengono verificate seguendo la presente norma europea che ne definisce e descrive le metodologie di prova e i criteri di accettabilità per la determinazione della resistenza all'usura, della robustezza e della durata. Il costruttore effettua le prove su una protezione prelevata a campione all'interno della produzione al fine di garantire la conformità con la serie prodotta. La prova viene effettuata con la protezione montata sull'albero cardanico regolato alla lunghezza di 1 m. Durante l'esecuzione delle prove, deve essere impedita la rotazione della protezione attraverso un dispositivo di fissaggio. La prova di usura completa consta di quattro fasi per un totale di 290 h. La protezione e l'albero cardanico vengono posizionati in una cabina e sottoposti a cicli di prova che prevedono l'immersione in acqua salata e azionamenti, in temperatura ambiente e in atmosfera contenente polvere organica e minerale, al fine di simulare le reali condizioni d'uso. Infine, le protezioni e l'albero cardanico sono sottoposti a prove di resistenza mediante l'applicazione di un carico

assiale a temperatura ambiente e a bassa temperatura (-35°C), e di un carico radiale a temperatura ambiente ed a prove d'urto effettuate a bassa temperatura.

Anche i dispositivi di fissaggio contro la rotazione della protezione subiscono una prova di trazione che verifica la resistenza a rotture o incrinature. Si ritiene che la protezione abbia superato le suddette prove se: non presenta fori o deformazioni causate dall'usura durante la prova, che lascino scoperte parti dell'albero cardanico che devono rimanere coperte; non presenta rotture, incrinature o separazioni di parti; non si verificano spostamenti sull'albero cardanico rispetto alla posizione iniziale; i dispositivi di fissaggio non presentano deformazioni permanenti o rotture che ne pregiudichino la funzione.

Tutto ciò al fine di garantire all'utilizzatore un livello minimo di durata delle protezioni e dell'albero cardanico nelle diverse condizioni d'uso [97]. Pertanto, in base alla normativa sopra citata, è necessario che ogni albero cardanico sia accompagnato da: casa costruttrice (stampigliato); modello, anno di costruzione e marchio CE (stampigliato); lato da collegarsi alla trattrice (stampigliato); avvisi di pericolo (etichetta); ogni albero cardanico deve essere sempre fornito del suo libretto di uso e manutenzione, il quale deve contenere le seguenti informazioni: costruttore e dichiarazione di conformità; condizioni di utilizzo; Istruzioni per la messa in opera, per la sostituzione di propri componenti o delle protezioni, per la manutenzione ordinaria (quali periodicità e punti di ingrassaggio); istruzioni analoghe per ciò che riguarda giunti speciali e loro condizioni di utilizzazione [99].

In questa indagine sperimentale sono stati analizzati gli alberi cardanici presenti in un campione di aziende ad indirizzo corilicolo, situate nella provincia di Viterbo. In queste aziende è stata presa visione della presenza ed efficienza dei dispositivi di sicurezza dell'albero cardanico; inoltre sono state analizzate le modalità di manutenzione, di immagazzinamento e di eventuali difficoltà riscontrate nell'utilizzo dell'albero cardanico; inoltre è stata valutata la presenza dei dispositivi di sicurezza correlati alla presa di potenza del trattore e all'attacco con la macchina operatrice.

Ogni scheda contiene numerosi dati relativi al cardano, quali marca, modello, anno di fabbricazione, intervallo di ingrassaggio, ma soprattutto presenza o meno delle protezioni, dei pittogrammi e del marchio CE. Inoltre è stata rilevata l'ubicazione, l'estensione e l'indirizzo produttivo delle aziende mantenendole in anonimato per motivi di privacy.

Per la costruzione degli istogrammi sono state create delle tabelle, ciascuna delle quali si riferisce ad un dispositivo di sicurezza dell'albero cardanico.

Sull'asse delle ascisse è riportata l'età dei cardani, raggruppati per classi di età, mentre sull'asse delle ordinate viene indicato in quale percentuale è presente il dispositivo di sicurezza.

Dall'indagine effettuata presso le 52 aziende, prese a campione nella regione laziale, è stato possibile compilare 98 schede tecniche, una per ogni albero cardanico. Sono state analizzati alberi cardanici di aziende con diversi indirizzi produttivi. Delle 52 aziende il 20 % ad indirizzo corilicolo.

Il numero di cardani presenti in azienda varia da un massimo di 6 ad un minimo di 1. Si è osservato che la maggior parte delle aziende medio piccole possiede in media 3 o 4 alberi cardanici. Non è stato facile trovare aziende i cui alberi cardanici fossero completamente tutti a norma. Come è possibile vedere anche dai grafici sottostanti, i macchinari più obsoleti presentano dispositivi deteriorati o mancanti. I dati relativi ai dispositivi di sicurezza degli alberi cardanici sono stati inseriti in tabelle, grazie alle quali è stato possibile costruire degli istogrammi.

Il primo grafico scaturisce da una tabella nella quale viene descritto lo stato di efficienza delle cuffie di protezione, suddividendo gli alberi cardanici in classi di età.

Il grafico a) indica che il totale degli alberi cardanici presenta il 62% delle cuffie intere, il 14% risulta deteriorato, mentre il 23% risulta senza cuffie. Dal grafico è evidente che gli alberi cardanici con età inferiore a 2 anni risultano avere una migliore condizione delle cuffie (92%). Grafico b) indica che il totale dei cardani presenta il 63% dei tubi telescopici interi, il 19% presenta tubi deteriorati ed il 17% ne è privo. Dal grafico si può vedere che gli alberi con età compresa tra 2 e 7 anni presentano tubi telescopici interi o poco deteriorati rispetto a quelli più vecchi. Nel grafico c) il 72% del totale degli alberi risulta non avere le catenelle, mentre il 28% le possiede, si può vedere che i cardani più recenti hanno una maggior percentuale di presenza di catenelle rispetto a quelli più vecchi. Il grafico d) indica che il 54% degli alberi cardanici presenta pittogrammi non leggibili, il 46% ha pittogrammi leggibili: anche in questo caso (come per i precedenti dispositivi di sicurezza), gli alberi cardanici più nuovi presentano una maggiore percentuale di pittogrammi leggibili.

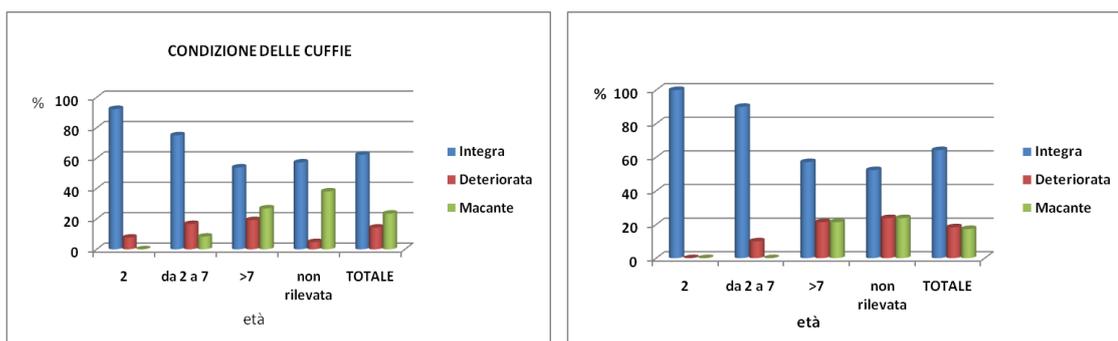


Grafico 8.1 - a-b [27]

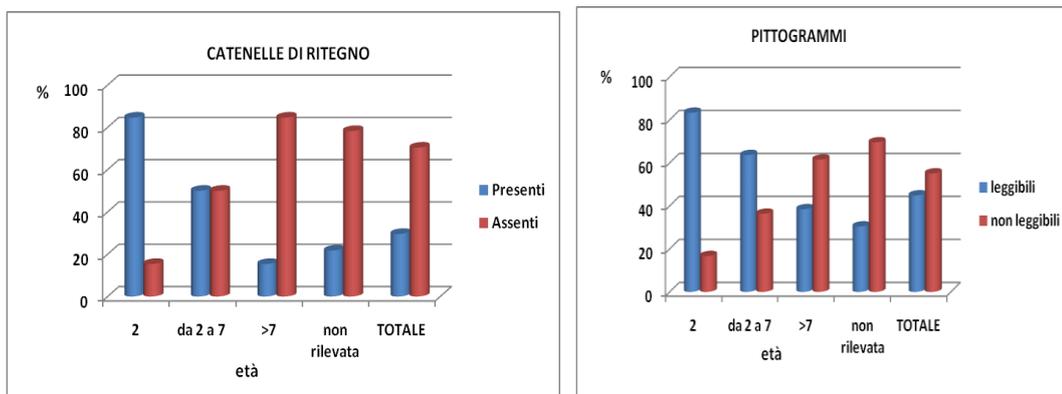


Grafico 8.2 - c-d [27]

Dalle interviste effettuate durante la compilazione delle schede risulta che fra le protezioni dell' albero cardanico, la presenza delle cuffie rende particolarmente difficoltoso l'aggancio alla macchina operatrice; questo a causa del limitato spazio tra la cuffia dell'albero e lo scudo di protezione presente sull' attrezzo; minore difficoltà si presenta invece nel collegamento del giunto alla macchina motrice. L'elaborazione dei dati è stata effettuata prendendo come spunto il convegno [27].

Nonostante la minor difficoltà di aggancio, viene tolto lo scudo a protezione della presa di potenza del trattore.

Nel corso degli anni l'evoluzione della tecnologia ha permesso di ridurre i rischi correlati a molte attrezzature, come per l'albero cardanico la presenza dei dispositivi di protezione hanno permesso di lavorare con una maggiore sicurezza. Tuttavia, in agricoltura, gli incidenti provocati dall'utilizzo dell'albero cardanico, sono ancora numerosi. Dalle interviste effettuate è stato riscontrato che spesso i dispositivi di sicurezza vengono tolti per velocizzare il lavoro in campo, per rendere più agevole la fase di aggancio e sgancio alle macchine, per la normale usura dovuta all'utilizzo, inoltre le cuffie tendono a danneggiarsi quando le macchine effettuano curve maggiori

di 35°. L'ordinaria manutenzione dell'albero cardanico spesso non viene effettuata correttamente, sempre per questioni di tempo; infatti in alcune aziende esaminate, solo poche persone riducono gli intervalli di ingrassaggio nel caso in cui si lavora su terreni particolarmente polverosi o in presenza di acqua. In tali casi l'intervallo di ingrassaggio delle crociere dovrebbe essere ridotto da 8 a 3 ore.

In relazione alle osservazioni effettuate, è auspicabile che in futuro possano essere realizzate cuffie facilmente removibili da inserire sul giunto solo dopo che questo sia stato agganciato al trattore o alla macchina operatrice. Per ovviare all'inconveniente dei dispositivi facilmente deteriorabili, sarebbe necessario realizzarli con materiali più resistenti e duraturi. Per ridurre la difficoltà nella fase di aggancio e sgancio dell'albero cardanico con le macchine motrici ed operatrici si potrebbero realizzare scudi di protezione della presa di potenza del trattore e della macchina operatrice, facilmente removibili e di maggiore dimensione che possa rendere più agevole l'aggancio e lo sgancio.

Per garantire l'efficienza dei dispositivi di sicurezza dell'albero cardanico che oggi sono presenti sul mercato, e che garantiscono buoni livelli di protezione, è necessario seguire buone procedure comportamentali.

L'operatore deve tenersi sempre aggiornato sulle nuove scoperte tecnologiche nell'ambito della sicurezza e sulle norme in vigore; deve essere sempre formato sulle modalità di utilizzo di tutte le macchine ed i rischi correlati.

Quando si lavora con l'albero cardanico, devono essere indossati i dispositivi di protezione individuale in particolare guanti e scarpe antinfortunistica.

È consigliabile nominare un addetto che si incarichi di mantenere gli alberi cardanici in buone condizioni effettuando una regolare manutenzione ordinaria e, al bisogno, la manutenzione straordinaria; a tale proposito si può consigliare di effettuare un programma di controllo dell'albero cardanico mediante la realizzazione di un "Registro di Monitoraggio" nel quale si riportano il giorno e la firma dell'addetto responsabile. Inoltre sarebbe buona norma tenere in azienda un secondo "Registro di Monitoraggio" per la manutenzione dei dispositivi di sicurezza in cui si riportano: il giorno in cui si effettua il controllo, la firma dell'addetto che effettua il controllo, ed eventuali sostituzioni di parti mancanti o danneggiate.

In questa attività di ricerca è stato realizzato un esempio di "Registro di Monitoraggio", che è stato consegnato alle aziende esaminate [27].

8.3 Rischi correlati alle operazioni di aggancio e sgancio di macchine operatrici

Sono tutte quelle operazioni di aggancio e sgancio di attrezzature, portate o trainate, alla trattrice, oltre al collegamento di eventuali accessori della trattrice, come pale meccaniche, forche, zavorrare, etc.. I rischi legati alle fasi di aggancio e sgancio delle macchine operatrici sono: ferite e schiacciamenti delle mani nei punti di convergenza dei dispositivi di attacco; schiacciamento dei piedi dovuto alla precaria stabilità della macchina operatrice, o a spostamento della trattrice; investimento da parte della trattrice o dalla caduta della macchina operatrice; strappi muscolari dovuti a sforzi eccessivi; sgancio della macchina operatrice o sfilamento dei perni. I fattori che vanno ad incrementare i rischi sono: assenza del dispositivo di aggancio automatico sui bracci dell'attacco a tre punti; eventuale presenza di un operatore a terra nella zona pericolosa tra il trattore e la macchina operatrice, che esegue le operazioni di aggancio-sgancio; montaggio di attrezzature inadeguate alla massa e alla dimensione della trattrice; montaggio di attrezzature non adeguate alla resistenza dei perni e dei ganci; errato posizionamento dei perni nelle proprie sedi; utilizzo di perni non dotati della spina di sicurezza. Per prevenire i rischi di infortuni è necessario che gli operatori abbiano una corretta formazione ed informazione sui rischi legati alle operazioni che compiono; inoltre devono essere dotati di adeguati DPI, come guanti da lavoro e scarpe con punta ferrata. Le trattrici devono essere dotate di tutti i dispositivi di aggancio a norma; durante le manovre bisogna prestare la massima attenzione all'operatore a terra, ed evitare la presenza di terze persone, soprattutto bambini.

Bisogna prestare la massima attenzione al corretto inserimento dei perni e delle spine di sicurezza, inoltre la macchina, una volta scollegata, deve essere in equilibrio stabile.

8.4 Rischi correlati a prese e circuiti idraulici

I rischi legati ai circuiti idraulici derivano da eventuali danneggiamenti delle condutture idrauliche durante il lavoro. Spesso un'eccessiva velocità di discesa del sollevatore e della pala meccanica costituiscono una fonte di rischio, altra fonte di rischio sono le rotture dell'impianto dell'idroguida questa causa impossibilità di manovrazione dello sterzo [85].

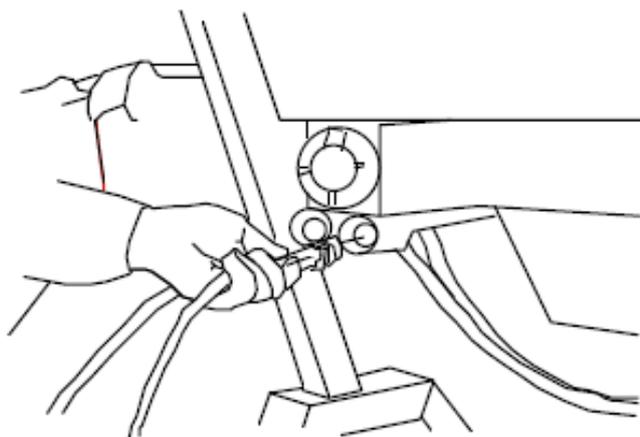


Figura 8.24

8.5 Rischi correlati all'impianto di frenatura

Anche alla fase di frenatura si possono associare dei rischi, per esempio a causa del mancato arresto della trattrice in caso di pericolo, con la possibilità di investire cose e persone, aumento dello spazio di frenata o in caso di una brusca frenata in discesa: il rimorchio può spingere la trattrice e causarne il ribaltamento, è quindi importante che anche il rimorchio sia dotato di un impianto di frenatura idraulica o ad aria comandato dalla cabina.

Le cause che incrementano questi rischi sono: guasto all'impianto frenante, manutenzione carente o assente dell'impianto frenante, dimensionamento inadeguato dell'impianto frenante, mancanza dei freni sul rimorchio, o impossibilità di frenarlo dalla trattrice. E' importante che l'impianto frenante non venga assolutamente modificato. Periodicamente bisogna effettuare una corretta manutenzione, e controllare lo stato delle tubazioni del fluido. Nel caso in cui bisogna smontare freni di vecchie trattrici, fare attenzione all'eventuale presenza di amianto, utilizzato in passato. Utilizzare rimorchi dotati di freno controllabile dalla trattrice.

8.6 Rischi correlati agli interventi di manutenzione

Per operazioni di manutenzione, si intendono tutte quelle operazioni compiute periodicamente sulla macchina al fine di assicurarne un funzionamento sicuro ed efficiente nel tempo. Data la loro semplicità e frequenza, generalmente queste operazioni non vengono effettuate da meccanici specializzati, ma dagli stessi utilizzatori della macchina i rischi associati alla manutenzione sono:

- Schiacciamenti del corpo, con lesioni gravi o morte,
- Schiacciamento delle mani e dei piedi;
- Ferite da taglio,
- Intossicazione da gas di scarico o altre sostanze;
- Incendi o esplosioni.

A causare questi rischi sono: stabilità precaria della macchina, lavori di manutenzione che richiedono il sollevamento della macchina da terra, operazioni di manutenzione effettuate con il motore in moto, parti meccaniche che possono subire spostamenti improvvisi (pala meccanica che si abbassa improvvisamente), utilizzo di attrezzi inappropriati, motore in moto all'interno di ambienti chiusi, saldatura nelle vicinanze del serbatoio, o comunque di sostanze infiammabili, fumare nelle vicinanze del serbatoio del carburante.

Per scongiurare questi rischi è necessario che il personale sia correttamente informato e formato sui rischi a cui è esposto, e che sia in grado di effettuare correttamente la manutenzione. Nel caso l'operazione sia particolarmente complessa o pericolosa, deve essere eseguita da un professionista.

Bisogna evitare di tenere acceso il motore all'interno di locali chiusi, evitare di avvicinarsi al motore in funzione, nel caso in cui sia necessario, utilizzare guanti da lavoro antitaglio, facendo attenzione alle parti in movimento e al calore.

Le attrezzature utilizzate devono essere adeguate all'operazione da compiere.

Bisogna evitare di fumare e mangiare durante le operazioni di manutenzione, nel caso si utilizzino lampade portatili, queste devono essere dotate di griglia di protezione contro le ustioni; fare attenzione che il cavo non costituisca pericolo di inciampo.

L'abbigliamento consiste in guanti da lavoro, scarpe antinfortunistiche con tuta antitaglio e tuta da lavoro, aderente e facilmente strappabile [26].

Nel caso ci sia il contatto con sostanze tossiche, come oli esausti, utilizzare appositi guanti protettivi e smaltire correttamente l'olio e i filtri. Evitare la presenza di terze persone, soprattutto bambini nei pressi dei locali adibiti alla manutenzione. I fattori di rischio legati agli interventi di manutenzione sono: posizionamento scorretto delle tubazioni idrauliche; invecchiamento delle tubazioni e delle altre componenti idrauliche; scarsa o assente manutenzione.

E' necessario eseguire una corretta manutenzione, soprattutto sostituendo le tubazioni danneggiate, controllando periodicamente il livello dell'olio. Verificare il

corretto collegamento delle tubazioni idrauliche delle macchine operatrici alla trattrice, ed evitare che si danneggino.

Altri rischi che si possono associare all'utilizzo delle macchine agricole sono causati dall'inserimento accidentale dei comandi con conseguenze gravi oppure dall'avvio della trattrice con marcia inserita, parcheggio della trattrice senza azionare il freno di stazionamento, con conseguente investimento di cose e persone; ma anche dallo scoppio di un pneumatico o cadute per l'accesso al trattore. I fattori che causano tali rischi sono: assenza dei dispositivi di blocco dei comandi; assenza di un dispositivo che impedisca l'avvio con marcia inserita; gradini di accesso alla trattrice lisci o scivolosi a causa dell'umidità o del fango; montaggio di pneumatici non adatti alla trattrice; pneumatico vecchio o danneggiato.

Prima di avviare la trattrice è necessario mettere il cambio in folle ed abbassare la frizione; è necessario prestare la massima attenzione nell'azionare i comandi.

Le scale di accesso alla cabina devono essere mantenute in buono stato e pulite, i pneumatici devono essere adatti al tipo di trattrice e sostituiti quando presentano crepe o sono vecchi ed usurati. Se la trattrice non è dotata di un posto per il passeggero, non bisogna trasportare persone sulla trattrice, neanche per brevi tratti.
[26]

Tra le macchine impiegate nel settore corilicolo meritano particolare attenzione, proprio per la loro diffusione, le attrezzature portatili quali i soffiatori e i decespugliatori.

Andanatori, la funzione di queste attrezzature portatili è di convogliare le nocchie cadute, per facilitare la macchina raccogliatrice.

Rischi associati all'andanatrice sono: vibrazioni, rumore, gas di scarico, polveri

Il decespugliatore viene impiegato nella spollonatura. I rischi ai quali sono soggetti gli utilizzatori dei decespugliatori sono: rischio taglio, vibrazioni mano-braccio, rumore, gas di scarico, polveri di legno.

8.7 Direttiva macchine

Il settore delle macchine costituisce una parte importante del comparto della meccanica ed è uno dei pilastri industriali dell'economia comunitaria, ma anche un settore caratterizzato dall'alto costo sociale dovuto agli infortuni provocati direttamente

dall'utilizzazione delle macchine, per cui è essenziale intervenire con norme che consentono di integrare la sicurezza nella progettazione e nella costruzione delle stesse, effettuare una corretta installazione e manutenzione e garantire una corretta applicazione delle norme mediante la sorveglianza sul mercato.

L'Unione europea è già intervenuta più volte in tale settore, con direttive già recepite nell'ordinamento italiano recentemente con la nuova direttiva macchine 2006/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006, che riformula integralmente le disposizioni di settore ed abroga la precedente direttiva 98/37/CE. La nuova direttiva macchine 2006/42/CE entra in vigore in tutta Europa il 29 dicembre del 2009. Il recepimento della nuova direttiva macchine è stato previsto una prima volta nella legge 6 febbraio 2007, n. 13, "Legge Comunitaria 2006 mediante D.Lgs. da emanarsi entro il mese di marzo 2008, essendo scaduto il termine tale recepimento è stato disposto dalla legge del 7 luglio 2009, n. 88 recante disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alla Comunità europea. Si è giunti in fine alla pubblicazione del D.Lgs. il 27 gennaio 2010, n. 17, approvato dal Consiglio dei Ministri il 22 gennaio 2010 e pubblicato sul supplemento ordinario alla G.U. del 19 febbraio 2010, recepisce il testo della Direttiva 2006/42/CE. Esso reca importanti novità rispetto alla precedente, "Direttiva Macchine 98/37/CE" (recepita con DPR n. 459/96), ora abrogata [61].

La direttiva si prefigge di stabilire i requisiti essenziali per la salute e la sicurezza relativi alla progettazione e alla costruzione delle macchine sul mercato europeo introducendo innovazioni e importanti modifiche nella sicurezza delle macchine, sia per gli aspetti applicativi e procedurali; esempio: definizioni, campo di applicazione, procedure di valutazione della conformità, sia per gli aspetti tecnici, quali i Requisiti Essenziali di Sicurezza (RES) e sia per la documentazione tecnica da predisporre [52].

D.Lgs 17/2010 è strutturato in 19 articoli e 11 allegati.

Il campo d'applicazione è definito all'art. 1 punto 1 attraverso un elenco che comprende: le macchine, le attrezzature intercambiabili, i componenti di sicurezza, gli accessori di sollevamento, le catene, le funi e le cinghie, i dispositivi amovibili di trasmissione meccanica e le quasi-macchine, mentre al punto 2 si trovano i prodotti esclusi. Le quasi-macchine sono definite come insiemi che costituiscono quasi una macchina, ma che, da soli, non sono in grado di garantire un'applicazione ben determinata; sono unicamente destinate ad essere incorporate o assemblate ad altre

macchine o ad altre quasi-macchine o apparecchi per costituire una macchina disciplinata dal decreto. Inoltre sono soggette alla sorveglianza del mercato e prima della loro immissione sul mercato devono essere sottoposte a procedure di valutazione della conformità da parte del fabbricante o del suo mandatario [34].

Tra i prodotti esclusi dall'applicazione del presente Decreto troviamo anche i trattori agricoli e forestali, i quali sono oggetto di una direttiva specifica: la 2003/37/CE. Sono invece soggette al D.Lgs. 17/2010 le macchine installate su trattori agricoli e forestali.

Con il Decreto Legislativo 17/2010 possono essere immessi sul mercato, ovvero messe in servizio unicamente quelle che soddisfano le pertinenti disposizioni del decreto e non pregiudicano la sicurezza e la salute delle persone e, all'occorrenza, degli animali domestici e dei beni quando sono installate, mantenute in efficienza e utilizzate conformemente alla loro destinazione. Il fabbricante o il suo mandatario prima di mettere in servizio la macchina, deve: accertarsi che soddisfino i parametri requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute indicati nell'allegato I del D.Lgs. 17/2010; accertarsi che il fascicolo tecnico sia disponibile; deve fornire in particolare le informazioni necessarie, come le istruzioni; espletare le appropriate procedure di valutazione della conformità; redigere la dichiarazione CE di conformità accertandosi che la stessa accompagni la macchina; apporre la marcatura [34].

Per il D.Lgs. 17/2010 si intende per macchina l'insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata. L'insieme di quanto citato nel primo punto al quale mancano solamente elementi di collegamento al sito di impiego o di allacciamento alle fonti di energia e di movimento; l'insieme di quanto detto nei punti precedenti pronto per essere installato e che può funzionare solo dopo essere stato montato su un mezzo di trasporto o installato in un edificio o in una costruzione; insiemi di macchine (dai punti precedenti), che per raggiungere uno stesso risultato sono disposti e comandati in modo da avere un funzionamento solidale; insieme di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente e destinati al sollevamento di pesi e la cui unica fonte di energia è la forza umana diretta [61].

ART. 12 (Marcatura «CE») - La marcatura di conformità: "CE" è costituita dalle iniziali: "CE", conformemente al modello fornito nell'allegato III. La marcatura 'CE' viene apposta sulla macchina in modo visibile, leggibile e indelebile, conformemente. È

vietato apporre sulle macchine marcature, segni e iscrizioni che possano indurre in errore i terzi circa il significato o il simbolo grafico, o entrambi, della marcatura 'CE'. Sulle macchine può essere apposta ogni altra marcatura, purché questa non comprometta la visibilità, la leggibilità ed il significato della marcatura 'CE' [34].

Ergonomia - Secondo il decreto nelle condizioni d'uso previste devono essere ridotti al minimo possibile il disagio, la fatica e le tensioni psichiche e fisiche (stress) dell'operatore, tenuto conto dei principi seguenti dell'ergonomia:

- tener conto della variabilità delle dimensioni fisiche, della forza e della resistenza dell'operatore;
- offrire lo spazio necessario per i movimenti delle parti del corpo dell'operatore;
- evitare un ritmo di lavoro condizionato dalla macchina;
- evitare un controllo che richiede una concentrazione prolungata;
- adattare l'interfaccia uomo/macchina alle caratteristiche prevedibili dell'operatore.

Sedili, ove appropriato e se le condizioni di lavoro lo consentono, nel posto di lavoro integrato alla macchina deve essere prevista l'installazione di sedili. Se l'operatore è destinato a lavorare seduto e il posto è parte integrante della macchina, il sedile deve essere fornito unitamente a quest'ultima. Il sedile dell'operatore deve renderlo capace di mantenere una posizione stabile. Inoltre il sedile e la sua distanza dai dispositivi di comando devono potersi adattare all'operatore.

Se la macchina è sottoposta a vibrazioni, il sedile deve essere progettato e costruito in modo da ridurre al livello più basso ragionevolmente possibile le vibrazioni trasmesse all'operatore. Il sedile deve essere ancorato in modo da resistere a tutte le sollecitazioni che può subire. Se sotto i piedi dell'operatore non esiste alcun piano di appoggio, egli dovrà disporre di un poggiatesta antidive.

La macchina, con elementi ed attrezzature compresi, deve avere una stabilità tale da evitare il rovesciamento, la caduta o gli spostamenti non comandati durante il trasporto, il montaggio, lo smontaggio e tutte le altre azioni che la interessano. Se la forma stessa della macchina o la sua installazione prevista non garantiscono sufficiente stabilità, deve essere previsti ed indicati nelle istruzioni appositi mezzi di fissaggio [34].

9 - RISCHI DA MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI

Oggi la meccanizzazione nella corilicoltura se da un lato ha introdotto nuovi rischi per l'operatore, dall'altro ha ridotto o in alcuni casi eliminato alcuni rischi che erano presenti in particolare nella fase di raccolta. Infatti nella raccolta manuale le nocchie venivano concentrate in sacchi i quali si caricavano sui mezzi deputati al trasporto. Oggi con molte macchine raccogliatrici, naturalmente non con tutte, la raccolta viene effettuata concentrando le nocchie in appositi carrelli che poi si svuotano direttamente nelle imprese di trasformazione. Tuttavia in commercio sono presenti ancora oggi macchine nelle quali non è previsto l'impiego del carrello, in cui le nocchie si concentrano nei sacchi: questo inevitabilmente espone l'operatore all'ulteriore rischio della movimentazione manuale dei carichi. Queste macchine non hanno una grande diffusione, e sono presenti soprattutto in quei terreni scomodi da raggiungere con macchine provviste di carrello. Tuttavia nella corilicoltura l'operatore potrebbe essere esposto al rischio di movimentazione manuale dei carichi in un'altra fase del ciclo produttivo, ovvero nella fase di spollonatura; in questa fase l'operatore effettua il taglio dei polloni e poi il materiale viene concentrato.

9.1 Normativa di riferimento per la MMC

La normativa presa in esame per lo studio del rischio da Movimentazione manuale di carichi è il Titolo VI (ex titolo V del D.Lgs. 626/94) che recepisce la direttiva CEE 90/269, in particolare questo titolo consta di tre articoli: 167, 168, 169 e dell'allegato XXXIII.

Queste norme si applicano alle attività lavorative di movimentazione manuale dei carichi che comportano per i lavoratori rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari: nelle operazioni di trasporto, sostegno, o azioni di sollevare, disporre, spingere e tirare, portare o spostare un carico che per le loro caratteristiche e condizioni ergonomiche sfavorevoli comportano rischi di patologie.

In questa indagine sperimentale siamo andati a valutare se nella corilicoltura è presente il rischio di patologie causate dalla MMC, a diversi livelli di meccanizzazione nelle varie fasi di lavorazione delle nocciole.

Per l'identificazione del rischio in ogni processo è stato utilizzato l'allegato XXXIII del D.Lgs. 81/08 che contiene i seguenti punti:

- Caratteristiche del carico
- Sforzo fisico richiesto
- Caratteristiche dell'ambiente di lavoro
- Esigenze connesse all'attività
- Fattori individuali di rischio
- Riferimenti e norme tecniche.

Le norme tecniche prese in esame sono: la norma tecnica ISO 11228 relativa alle attività di movimentazione manuale (sollevamento, trasporto, traino, spinta, movimentazione dei carichi leggeri ad alta frequenza)

ISO 11228: ergonomia movimentazione manuale; prende in considerazione il metodo NIOSH. Il peso di riferimento consentito in condizioni ottimali è di 25 kg per gli uomini e di 15 kg per le donne.

ISO 11228-2:2007: ergonomia, movimentazione manuale; prende in considerazione la spina, il traino ed è riconducibile al metodo Snook & Ciriello. La norma indica valori di riferimento per azioni di spinta e traino.

ISO 11228-3:2007: ergonomia, movimentazione manuale, parte 3; prende in considerazione i piccoli carichi sollevati con grande frequenza (però di 3 kg) ed è riconducibile nell'approccio al metodo OCRA.

9.2 Metodo Niosh per la misura del rischio

Il modello proposto dal NIOSH consente di determinare, per ogni azione di sollevamento, il "limite di peso raccomandato" attraverso un'equazione che, a partire da un massimo peso ideale sollevabile in condizioni ideali, considera l'eventuale esistenza di elementi di rischio e assegna a questi ultimi opportuni fattori di demoltiplicazione,

$$m \leq m_{ref} \cdot VM \cdot DM \cdot HM \cdot AM \cdot CM \cdot FM$$

m_{ref} = massa di riferimento; *VM*: fattore di altezza da terra delle mani all'inizio ed alla fine del sollevamento; *DM*: fattore di dislocazione, distanza verticale del peso fra inizio e la fine del sollevamento; *HM* fattore orizzontale: distanza orizzontale tra le mani e il punto di mezzo delle caviglie, distanza massima del peso del corpo durante il sollevamento; *AM* fattore asimmetria, dislocazione angolare del peso rispetto al piano sagittale del soggetto (in gradi); *CM*: fattore presa: giudizio sulla presa del carico; *FM*: fattore frequenza, frequenza dei sollevamenti, in atti al minuto, relativamente alla durata del compito.

Quando l'elemento di rischio potenziale corrisponde ad una condizione ottimale, il relativo fattore assume il valore di 1. Quando l'elemento di rischio è presente, discostandosi dalla condizione ottimale, il relativo fattore assume un valore inferiore a 1: esso risulta tanto più piccolo quanto maggiore è l'allontanamento dalla relativa condizione ottimale. Quando l'elemento di rischio è considerato estremo, il relativo fattore viene posto pari a 0: ciò significa che si è in condizioni di inadeguatezza assoluta. Il prodotto matematico tra i fattori moltiplicativi e le masse di riferimento dà luogo al peso limite raccomandato nelle condizioni effettive del sollevamento. Il rapporto tra il peso effettivamente sollevato e il limite raccomandato serve per ottenere un indicatore sintetico di rischio: indice sollevamento = peso sollevato / peso limite raccomandato; il limite di peso sollevabile in condizioni ideali (protezione per almeno il 90% della popolazione di riferimento) è il seguente:

- Uomini (18-45 anni): 25 kg (95%)
- Donne (18-45 anni): 20 kg (85-90%)
- Uomini (inferiore a 18-maggiore 45 anni): 25 kg (90%)
- Donne (inferiore a 18-maggiore 45 anni): 15 kg

Standard ISO 11228-1 e norma UNI EN 1005-2

Il superamento di tali valori comporta l'esposizione al rischio.

Tabella 9.1 - VM fattore altezza del sollevamento

Altezza in cm	0	25	50	75	100	125	150	Inf 0 o sup 175
VM	0.77	0.85	0.93	1	0.93	0.85	0.78	

Per altezza si intende la distanza dal pavimento al punto di mezzo fra la presa delle mani, misurata verticalmente, la formola che viene utilizzata è la seguente:

$$VM = 1 - (0.003 \times IV - 75I)$$

In cui V è l'altezza delle mani dal pavimento, in cm.

DM fattore dislocazione verticale è la dislocazione verticale tra l'altezza delle mani all'origine e l'altezza delle mani alla destinazione del sollevamento, in valore assoluto

$$DM = 0.82 + (4.5/D)$$

In cui D è la dislocazione verticale in cm.

Se l'oggetto movimentato deve superare un ostacolo, la DM sarà data dal risultato maggiore tra le modalità di calcolo.

Tabella 9.2 - DM fattore dislocazione verticale

Altezza in cm	25	30	40	50	70	100	170	Mag di 1751
	1	0.97	0.93	0.91	0.88	0.87	0.86	0.00

HM fattore orizzontale è la distanza orizzontale tra la proiezione (verticale) del baricentro (in genere, il punto medio di presa delle mani) ed il baricentro corporeo. La formula per il calcolo di HM è:

$$HM = 25/H$$

Dove H è la distanza orizzontale in cm

AF fattore asimmetria. L'angolo di asimmetria non è definito dalla posizione dei piedi o dalla torsione del tronco del soggetto, ma dalla posizione del carico relativamente al

piano sagittale mediano del soggetto. L'angolo di asimmetria è l'angolo tra la linea di asimmetria e la linea sagittale. La formula di calcolo di AM è

$$AM = 1 - (0.0032Y)$$

In cui Y è l'angolo di asimmetria in gradi. Si individuano 4 situazioni generali

- 1) Operatore in posizione con totale libertà di movimento
- 2) L'operatore con parziale libertà di movimento
- 3) Operatore in postazione con posizione obbligata ma simmetrica
- 4) Operatore in postazione con posizione obbligata non simmetrica

Tabella 9.3 - CM fattore di presa

Qualità della presa	buona	sufficiente	scarsa
descrizione	Lunghezza carico ≤40 cm Altezza carico ≤30 cm Buoni manici parti semplici da movimentare senza eccessiva deviazione del polso	Lunghezza carico ≤40 cm Altezza carico ≤30 cm Manici e scanalature per le mani carenti... senza eccessiva deviazione del polso	Lunghezza carico ≤40 cm Altezza carico ≤30 cm Parti difficili da movimentare
CM	1	0.95	0.90

Per tipologia ottimale di presa di carico, gli spazi ideali di presa risultano geometricamente determinanti anche in funzione del peso del carico da muovere.

FM fattore frequenza, si considera l'alternanza delle fasi lavorative: movimentazione manuale dei carichi (tempi di movimentazione manuale); altre attività leggere senza sollevamento manuale da pause (tempi di recupero)

Si individuano: le tipologie di movimentazione, le tipologie di carichi, alle quantità di carichi sollevati nel turno.

Secondo la EN 1005-2, ISO 11228-1 il fattore frequenza si divide in : breve durata, media durata e lunga durata. La frequenza è data dal rapporto tra il n. pezzi sollevati nel turno e la durata del sollevamento manuale nel turno.

9.3 Applicazione NIOSH, nella raccolta meccanizzata dove si impiegano sacchi

MODELLO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA MOVIMENTAZIONE MANUALE DI CARICHI																																																					
di Daniela Colombini, Enrique Alvarez, Marco Cerbai, Enrico Occhipinti, Marco Piacci, Thomas Waters, Michele Fanti																																																					
		PREMESSA IMMETTERE TUTTI I DATI ORGANIZZATI PRIMA DI INIZIARE LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO: IN PARTICOLARE DESCRIVERE IL GRUPPO OMOGENEO E SCRIVERE IL NUMERO DEGLI OPERATORI ADDETTI ALLA STESSA LAVORAZIONE																																																			
DATA	01/09/2010																																																				
AZIENDA	conficola																																																				
REPARTO/AREA	bb																																																				
1a. KEYS ENTER																																																					
SONO SOLLEVATI MANUALMENTE OGGETTI DI PESO UGUALE O SUPERIORE AI 3 Kg?		NO	SI <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
RISULTATO DELLA VALUTAZIONE KEYS ENTER		PROCEDERE CON LA VALUTAZIONE QUICK EVALUATION																																																			
1b. QUICK EVALUATION																																																					
N. DI LAVORATORI COINVOLTI NELLO STESSO COMPITI DI SOLLEVAMENTO MANUALE DI CARICHI (il gruppo omogeneo)			1																																																		
DENOMINAZIONE E DESCRIZIONE DEL COMPITO (OGGETTI MANIPOLATI, BREVE DESCRIZIONE DEL LAVORO E DEL GRUPPO OMOGENEO)																																																					
il lavoro, dell'addetto alla raccolta manuale o meccanizzata delle nocchie in cui è previsto l'impiego di sacchi, consiste nel sollevare i sacchi carichi di nocchie e disporli sul rimorchio																																																					
BOX "A" Se fosse presente anche solo una delle condizioni citate, il rischio va considerato elevato ed è necessario procedere al più presto alla riprogettazione del compito.		BOX "C" Se tutte le seguenti condizioni sono presenti, il rischio sarà ACCETTABILE e non sarà necessario alcun altro intervento																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DISTANZA VERTICALE</td> <td>Più di 175 cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DISLOCAZIONE VERTICALE</td> <td>più di 175 cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DISTANZA ORIZZONTALE</td> <td>più di 63cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ASIMMETRIA (rotazioni del tronco)</td> <td>più di 135 gradi</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">FREQUENZA</td> <td>superiore o uguale a 13 v/min in DURATA BREVE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>superiore o uguale a 11 v/min in DURATA MEDIA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>superiore o uguale a 9 v/min in DURATA LUNGA</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			SI	NO	DISTANZA VERTICALE	Più di 175 cm		DISLOCAZIONE VERTICALE	più di 175 cm		DISTANZA ORIZZONTALE	più di 63cm		ASIMMETRIA (rotazioni del tronco)	più di 135 gradi		FREQUENZA	superiore o uguale a 13 v/min in DURATA BREVE		superiore o uguale a 11 v/min in DURATA MEDIA		superiore o uguale a 9 v/min in DURATA LUNGA		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Carico da 3,0 a 5,0 Kg</td> <td>Rotazione del tronco assente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carico mantenuto vicino al corpo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dislocazione verticale del carico compressa tra le spalle e le anche</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Massima frequenza 5 sollevamenti/minuto</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Carico da 5,1 a 10,5 Kg</td> <td>Rotazione del tronco assente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carico mantenuto vicino al corpo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dislocazione verticale del carico compressa tra le spalle e le anche</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Massima frequenza 1 sollevamenti/minuto</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Carico più di 10,5 Kg</td> <td colspan="2">Non sono presenti pesi superiori a 10,5 Kg</td> </tr> <tr> <td colspan="2">COMPLETARE LA COMPILAZIONE</td> </tr> </tbody> </table>			SI	NO	Carico da 3,0 a 5,0 Kg	Rotazione del tronco assente		Carico mantenuto vicino al corpo		Dislocazione verticale del carico compressa tra le spalle e le anche			Massima frequenza 5 sollevamenti/minuto		Carico da 5,1 a 10,5 Kg	Rotazione del tronco assente		Carico mantenuto vicino al corpo		Dislocazione verticale del carico compressa tra le spalle e le anche			Massima frequenza 1 sollevamenti/minuto		Carico più di 10,5 Kg	Non sono presenti pesi superiori a 10,5 Kg		COMPLETARE LA COMPILAZIONE	
	SI	NO																																																			
DISTANZA VERTICALE	Più di 175 cm																																																				
DISLOCAZIONE VERTICALE	più di 175 cm																																																				
DISTANZA ORIZZONTALE	più di 63cm																																																				
ASIMMETRIA (rotazioni del tronco)	più di 135 gradi																																																				
FREQUENZA	superiore o uguale a 13 v/min in DURATA BREVE																																																				
	superiore o uguale a 11 v/min in DURATA MEDIA																																																				
	superiore o uguale a 9 v/min in DURATA LUNGA																																																				
	SI	NO																																																			
Carico da 3,0 a 5,0 Kg	Rotazione del tronco assente																																																				
	Carico mantenuto vicino al corpo																																																				
	Dislocazione verticale del carico compressa tra le spalle e le anche																																																				
	Massima frequenza 5 sollevamenti/minuto																																																				
Carico da 5,1 a 10,5 Kg	Rotazione del tronco assente																																																				
	Carico mantenuto vicino al corpo																																																				
	Dislocazione verticale del carico compressa tra le spalle e le anche																																																				
	Massima frequenza 1 sollevamenti/minuto																																																				
Carico più di 10,5 Kg	Non sono presenti pesi superiori a 10,5 Kg																																																				
	COMPLETARE LA COMPILAZIONE																																																				
BOX "B" PRESENZA DI PESI MAGGIORI DEI MASSIMI RACCOMANDATI SOLLEVATI DA UNA PERSONA		HELP N.1 Rispondere alle domande presenti nel box usando una "X".																																																			
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>uomini (18-45 anni)</td> <td>25 KG</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>donne (18-45 anni)</td> <td>20 KG</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>uomini (<18 o >45 anni)</td> <td>20 KG</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>donne (<18 o >45 anni)</td> <td>15 KG</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		uomini (18-45 anni)	25 KG			donne (18-45 anni)	20 KG			uomini (<18 o >45 anni)	20 KG			donne (<18 o >45 anni)	15 KG			HELP N.2 Se una sola X è presente nel BOX "A" la postazione presenta alto rischio.																																			
uomini (18-45 anni)	25 KG																																																				
donne (18-45 anni)	20 KG																																																				
uomini (<18 o >45 anni)	20 KG																																																				
donne (<18 o >45 anni)	15 KG																																																				
HELP N.4 Se una sola X è presente nel BOX "B" procedere comunque con la valutazione analitica.		HELP N.3 Se TUTTE le condizioni presenti nel BOX C sono soddisfatte, il rischio risulta accettabile. In questo caso non sarà necessario procedere con altre valutazioni.																																																			
N.B. Costanti di peso massime, sollevate da una sola persona con entrambi gli arti superiori		INFO: NON HAI RISPOSTO CORRETTAMENTE ALLE DOMANDE DEI BOX A e B																																																			
RISULTATO FINALE DELLA VALUTAZIONE																																																					
1c. CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE E DEGLI OGGETTI SOLLEVATI																																																					
LE CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE DI LAVORO NON SONO ADATTE AL SOLLEVAMENTO E TRASPORTO MANUALE PERCHE' PRESENTI LE SEGUENTI CONDIZIONI																																																					
presenza di alte temperature	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
pavimento scivoloso o sconnesso	si	<input checked="" type="checkbox"/>	no																																																		
uso di scale	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
spazi di lavoro e di transito molto ristretti	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
LE CARATTERISTICHE DELL'OGGETTO MANIPOLATO IN SOLLEVAMENTO O TRASPORTO NON SONO ADATTE AL SOLLEVAMENTO E TRASPORTO MANUALE PERCHE' PRESENTI LE SEGUENTI CONDIZIONI																																																					
la forma e la grandezza dell'oggetto riducono la visibilità dell'operatore durante la sua movimentazione	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
il centro di gravità dell'oggetto è instabile e oscilla durante la movimentazione (liquidi, polveri ecc)	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
l'oggetto movimentato presenta spigoli e/o margini e/o protusioni taglienti e/o acuminati che possono provocare lesioni	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
la superficie di contatto dell'oggetto è troppo fredda	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
presenza di alte temperature	si		no <input checked="" type="checkbox"/>																																																		
COMPILATORE (Nome e Cognome, Firma)																																																					
NOTE PER INTERVENTI DI RIPROGETTAZIONE / MIGLIORAMENTI IMMEDIATI																																																					

NB: scrivere solo nelle caselle bianche

4. Descrizione dell'area di movimentazione manuale carichi

N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito	1
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO (sup. ai 3 kg)	7
N. OGGETTI SOLLEVATI DA CIASCUN OPERATORE (sup. ai 3 kg)	7
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso)	50

ORIGINE (cm)	CATEGORIE DI PESO(kg)										AREE ORIZZONTALI (cm)			
	25		26		27		28		29		30		31	
	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A
cm	25	26												
>175														>63
171-175												41	50	
161-170												25	40	
151-160														
141-150														
131-140														
126-130														
111-125														>63
101-110														
91-100												25	40	
81-90														
71-80	X													
61-70														
51-60														>63
41-50														
31-40														
21-30														
11-20														
fino a 10														

HELP N.11
Indicare con una X" nei 2 box le aree (altezze da terra e/ distanze dal corpo) in da cui sono prelevati gli oggetti all'origine (box sopra) e dove vengono ricollocati alla destinazione (box sotto). Tali aree vanno specificate per categoria di peso.
ATTENZIONE: ATTRIBUIRE CORRETTAMENTE LE DIVERSE COLLOCAZIONI DEGLI OGGETTI ALLE DIVERSE CATEGORIE DI PESI

DESTINAZIONE (cm)	CATEGORIE DI PESO(kg)										AREE ORIZZONTALI (cm)			
	25		26		27		28		29		30		31	
	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A	DA	A
cm	25	26												
>175														>63
171-175														
161-170												41	50	
151-160												25	40	
141-150														
131-140														
126-130														
111-125														>63
101-110														
91-100														
81-90														
71-80														
61-70														
51-60														>63
41-50														
31-40														
21-30														
11-20														
fino a 10														

HELP N.12
Segnare con una "X" per ciascuna categoria di peso, se necessari o) quando è presente una rotazione del tronco (piu' di 45°) per più del 50 % delle azioni di sollevamento.

ASIMMETRIA	CATEGORIE DI PESO (kg)											
	25		26		27		28		29		30	
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a
gradi	25	26										
più di 45° per più del 50% delle azioni di sollevamento												
più di 135°												

5. La valutazione finale del rischio

AREA	0	
BREVE DESCRIZIONE DEL LAVORO		
il lavoro, dell'addetto alla raccolta manuale o meccanizzata delle nocciole in cui è previsto l'impiego di scocchi, consiste nel sollevare i sacchi carichi di nocciole e disporli sul rimorchio		
N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito	1	
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso)	50	
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO da ciascun soggetto (sup. al 3 kg)	7	
FREQUENZA DI SOLLEVAMENTO	0,14	
SCENARIO DI DURATA		
BREVE	MEDIO	LUNGO
X		

6. VALUTAZIONE DELLE FREQUENZE DI SOLLEVAMENTO PER SUBTASK

CATEGORIE DI PESO (Kg)	PESO RAPPRESENTATIVO	TOT. N. OGGETTI PER DA E FREQUENZA DI PESO	VERTICAL AREAS		HORIZONTAL AREAS		ASIMMETRIA PIU' DEL 45° PER PIU' DEL 50% DEI SOLLEVAMENTI	FREQUENZA PER CIASCUN SUBTASK	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK femmine
			cm	cm	cm	cm				
1 da	25,0	7	0-50 or 126-175(0)		25-40 (35)	0%		0,0		
2 a	24,5		n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
3 a	25,5		0		51-63 (63)-	100%		0,0		
4		TOT. FREQUENZA 0,14	51-125(75)		25-40 (35)	100%		0,1	1,56	1,94
5			n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
6			2		51-63 (63)-	0%		0,0		
7 da	0,0	0	0-50 or 126-175(0)		25-40 (35)	0%		0,0		
8 a	24,5		n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
9 a	25,5		0		51-63 (63)-	0%		0,0		
10		TOT. FREQUENZA 0,00	51-125(75)		25-40 (35)	0%		0,0		
11			n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
12			0		51-63 (63)-	0%		0,0		
13 da	0,0	0	0-50 or 126-175(0)		25-40 (35)	0%		0,0		
14 a	24,5		n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
15 a	25,5		0		51-63 (63)-	0%		0,0		
16		TOT. FREQUENZA 0,00	51-125(75)		25-40 (35)	0%		0,0		
17			n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
18			0		51-63 (63)-	0%		0,0		
19 da	0,0	0	0-50 or 126-175(0)		25-40 (35)	0%		0,0		
20 a	24,5		n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
21 a	25,5		0		51-63 (63)-	0%		0,0		
22		TOT. FREQUENZA 0,00	51-125(75)		25-40 (35)	0%		0,0		
23			no shelves		41-50 (45)	0%		0,0		
24			0		51-63 (63)-	0%		0,0		
25 da	0,0	0	0-50 or 126-175(0)		25-40 (35)	0%		0,0		
26 a	24,5		n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
27 a	25,5		0		51-63 (63)-	0%		0,0		
28		TOT. FREQUENZA 0,00	51-125(75)		25-40 (35)	0%		0,0		
29			n.ripiani		41-50 (45)	0%		0,0		
30			0		51-63 (63)-	0%		0,0		

All ISIF-VLI Formula

CONSTANT #	LI	European Standard: EN 1005-5; ISO Standard: 11228-1	RISCHIO PRESENTE
25	Men (18-45 years old)	1,56	RISCHIO PRESENTE
20	Women (18-45 years old)	1,94	RISCHIO PRESENTE
20	Men (<18 o >45 years old)	1,94	RISCHIO PRESENTE
15	Women (<18 o >45 years old)	2,59	RISCHIO PRESENTE
Niosh formula			
23	NIOSH original	1,69	RISCHIO PRESENTE

7. Indici di sollevamento finali (LI-CLI-VLI)

European Standard: EN 1005-2; ISO Standard: 11228-1			
25	Maschi (18-45 anni)	1,56	RISCHIO PRESENTE
20	Femmine (18-45 anni)	1,95	RISCHIO PRESENTE
20	Maschi (<18 o >45 anni)	1,95	RISCHIO PRESENTE
15	Femmine (<18 o >45 anni)	2,60	RISCHIO PRESENTE
Lifting equation originale NIOSH			
23	NIOSH original	1,70	RISCHIO PRESENTE

Il sollevamento dei sacchi di nocciole comporta il rischio da movimentazione manuale dei carichi, come lo dimostra il risultato dell'applicazione del modello NIOSH.

10 - IL MICROCLIMA

L'uomo è un organismo vivente omeotermo, cioè dotato di un sistema termoregolatore che mantiene la temperatura interna a 36 C°. Il benessere dell'uomo, in un ambiente chiuso, è determinato da agenti fisici, chimici e biologici, il microclima si occupa dei fattori fisici, temperature estreme calde o fredde, umidità, velocità dell'aria, che determinano il malessere o il discomfort, che si ha in un ambiente [27].

L'uomo è dotato di un sistema termoregolatore situato a livello del sistema nervoso centrale, che consente, entro certi limiti, di mantenere la temperatura interna a 36°, attraverso i seguenti meccanismi.

- 1) Aumento o diminuzione del metabolismo.
- 2) Contrazioni muscolari (tremori).
- 3) Vasocostrizione o vasodilatazione dei vasi cutanei.
- 4) Sudorazione.

Il calore prodotto in eccesso viene ceduto all'ambiente tramite la sudorazione e la trasmissione di calore cutanea, invece in caso di temperature basse, il corpo si difende aumentando il metabolismo e diminuendo lo scambio di calore con l'ambiente, inoltre la variazione di temperatura viene rallentata dalla grande inerzia termica dell'acqua, che costituisce buona parte del peso corporeo. Per svolgere le varie attività vitali l'uomo assume energia attraverso gli alimenti.

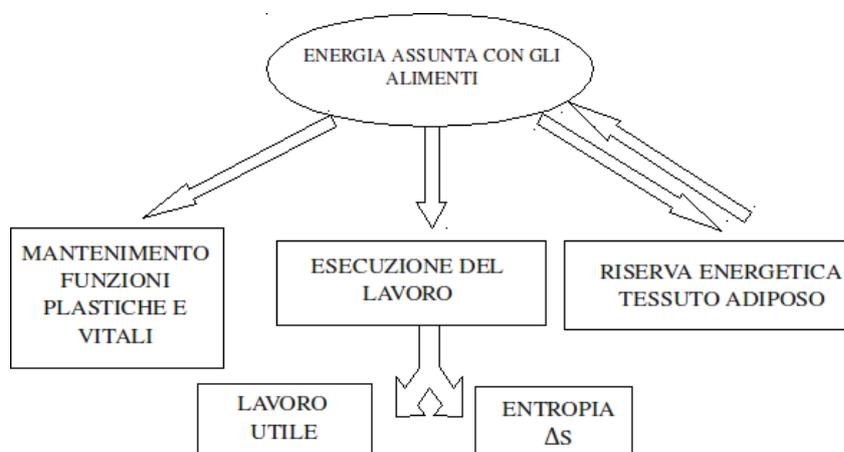


Figura10.1

L

Il bilancio energetico umano può essere espresso mediante la seguente formula:

$$\mathbf{B = EA - (MB + CM)}$$

EA= energia assunta; MB= metabolismo basale; CM=caricometabolico

Se il bilancio energetico è positivo, si ha un incremento di massa, se è negativo si ha una diminuzione di massa, se il bilancio è pari a zero, la massa non varia.

Il metabolismo basale è l'energia necessaria a svolgere tutte le funzioni vitali, come la respirazione, la circolazione del sangue, la digestione, ecc...

Il carico metabolico è invece la somma delle energie necessarie a compiere tutte le attività che non rientrano nel metabolismo basale, ad esempio camminare, correre, lavorare, ecc..

La fisica ci insegna che il lavoro è dato dall'integrale del prodotto scalare della forza per lo spostamento, purtroppo non è possibile trasformare tutta quanta l'energia in lavoro utile, perché ogni trasformazione energetica ha necessariamente rendimento inferiore ad 1. Quindi il calore prodotto dall'attività muscolare riscalda l'organismo.

L'entropia aumenta con l'aumentare della velocità con cui l'energia viene consumata, in pratica quanto più un lavoro viene compiuto velocemente, tanto diminuisce il rendimento muscolare. Il corpo umano scambia energia con l'ambiente tramite le seguenti modalità: conduzione, respirazione, evaporazione, convezione, irraggiamento, lavoro.

Per determinare il bilancio termico del corpo umano si utilizza la formula che segue

$$\mathbf{B = M \pm C \pm R - E}$$

M= calore metabolico;

C=calore scambiato per convezione e conduzione;

R= calore scambiato per irraggiamento;

E= calore scambiato per evaporazione.

Mentre per determinare il bilancio energetico, si utilizza la seguente formula:

$$\mathbf{S = M - W \pm R \pm C \pm K - Cres - Eres - E}$$

S= flusso netto di energia in ingresso o in uscita dal corpo.

M= energia sviluppata dai processi metabolici, viene misurata in met, 1 met= 58,1 W/m².

W= lavoro utile prodotto.

R= potenza termica scambiata per irraggiamento, questa grandezza è influenzata dalla resistenza termica offerta dall'abbigliamento, l'isolamento termico del vestiario, viene misurato in clo, 1 clo= 0,155m²°C/W, un abbigliamento estivo offre una resistenza di circa 0,5 clo, mentre un abbigliamento invernale di circa 1,2 clo.

C= potenza termica scambiata per convezione, questo valore è influenzato dalla temperatura e la velocità dell'aria e dalla resistenza termica dell'abbigliamento.

K= potenza termica scambiata per conduzione, dipende dalla differenza di temperatura tra il corpo e la superficie con cui si è a contatto, dall'area di scambio e dalla resistenza termica dell'abbigliamento o delle calzature.

E= potenza ceduta dall'evaporazione cutanea.

E_{res} + C_{res}= energia ceduta all'ambiente tramite la respirazione, comprende sia l'aumento di temperatura dell'aria, sia l'aumento di umidità dell'aria espirata.

Nell'uomo, il bilancio energetico deve essere pari a zero, altrimenti la temperatura aumenta o diminuisce a dismisura, fino a provocare la morte per ipertermia, in caso di aumento della temperatura, o per ipotermia, in caso la temperatura corporea diminuisca [26]. Quando non è richiesto l'intervento del sistema termoregolatore per garantire il bilancio energetico pari a zero, si è in condizione di benessere termico, mentre se è necessario l'intervento del sistema termoregolatore, si è in condizione di stress termico.

10.1 Valutazione dell'ambiente

La valutazione termica di un ambiente è determinata da parametri oggettivi e soggettivi, i parametri soggettivi variano da persona a persona, e possono essere il tipo di vestiario, il carico metabolico, e la personale sensazione termica. I parametri oggettivi sono tutti quei parametri che possono essere misurati:

- temperatura globotermometrica, o del globo nero, è uno strumento di misura costituito da una sfera di rame del raggio di 15 cm e dello spessore di 0,2 mm, questa sfera è dipinta di nero e all'interno è presente un sensore di temperatura, lo strumento permette di tener conto della temperatura esterna e dell'effetto della radiazione solare.
- temperatura dell'aria;
- temperatura psicrometrica, misurata tramite bulbo umido forzatamente ventilato;
- temperatura umida naturale, misurata tramite bulbo umido a ventilazione

- naturale;
- umidità relativa;
- velocità dell'aria (m/s), misurata tramite un anemometro a filo caldo;
- numero di ricambi d'aria orari;
- indice antracometrico;

Tabella10.1 - Il carico metabolico in funzione del tipo di attività svolta

TIPO DI ATTIVITÀ	MET
Dormire	0,7
Stare distesi	0,8
Lavori di ufficio	1,1 - 1,3
Lavori domestici	2,0 - 3,6
Carpenteria meccanica	1,8 - 6,4
Fonderia	3,0 - 7,0
Attività sportive	3,0 - 8,7

Gli ambienti moderati sono caratterizzati da: condizioni ambientali omogenee con ridotte variazioni nell'arco del tempo; assenza di scambi termici localizzati; carico metabolico moderato; sostanziale uniformità dell'abbigliamento indossato. Gli ambienti moderati sono generalmente gli ambienti chiusi, ma in quanto questa tesi tratta della coltura del nocciolo, siamo interessati alla valutazione degli ambienti severi caldi, e freddi, nei quali gli operatori sono spesso costretti ad operare.

10.2 Ambienti severi caldi

Un ambiente viene definito severo caldo, quando richiede un notevole intervento del sistema termoregolatore per evitare un eccessivo accumulo di calore e mantenere la condizione di omotermia.

Un indice molto utilizzato nella valutazione degli ambienti severi caldi è il WBGT (wet bulb globe temperature), questo indice viene determinato da tre grandezze fisiche:

- 1) Temperatura globotermometrica T_g , misurata tramite il globotermometro di VERNON, descritto precedentemente.
- 2) Temperatura umida naturalmente ventilata T_{wn} , misurata tramite una sonda

termometrica ricoperta di un batuffolo di cotone costantemente inumidito da acqua distillata, che risente solo della ventilazione naturale.

- 3) Temperatura dell'aria secca T_a , misurata con una sonda asciutta e in assenza di irraggiamento, la velocità dell'aria deve essere compresa tra 2 e 4 m/s.

In ambiente esterno, ed in presenza di irraggiamento solare, l'indice WBGT viene calcolato tramite la seguente formula:

$$\text{WBGT} = 0,7 T_{wn} + 0,2 T_g + 0,1 T_a$$

Conoscendo il valore dell'indice WBGT, e il carico metabolico richiesto per svolgere un lavoro, è possibile determinare a quale stress termico è sottoposto il lavoratore.

Nella tabella 10.2 sono esposti i TLV espressi in °C WBGT previsti per i diversi carichi di lavoro, ipotizzando che i lavoratori indossino abbigliamento leggero da circa 0,4 - 0,5 clo e con una normale permeabilità al vapore acqueo.

Tabella 10.2 – Carico di lavoro

ALTERNANZA LAVORO - RIPOSO	CARICO DI LAVORO		
	<i>Leggero</i>	<i>Moderato</i>	<i>Pesante</i>
Lavoro continuo	30,0	26,7	25,0
75% lavoro - 25% riposo	30,6	28,9	25,9
50% lavoro - 50% riposo	32,4	29,4	27,9
25% lavoro - 75% riposo	32,2	31,1	30,0
	TLV		

I TLV possono essere superati solo dopo aver richiesto il parere medico, e verificando che l'effettiva sopportazione del lavoro in ambiente caldo. Nel ciclo colturale del nocciolo sono molte le lavorazioni che espongono i lavoratori a temperature alte, molte lavorazioni estive, come la spollonatura, i trattamenti fitosanitari, le lavorazioni, la raccolta, ecc... I lavori manuali aggravano la situazione, in quanto l'aumento del metabolismo, porta ad un aumento del calore da smaltire, anche le lavorazioni che richiedono l'utilizzo delle macchine sono problematiche, in quanto gli operatori possono essere esposti anche all'aria calda proveniente dal motore della

macchina. È necessario dotare i lavoratori di abiti chiari, ed il più possibile leggeri, compatibilmente con la necessaria dotazione di DPI, è necessario organizzare il lavoro evitando le ore centrali della giornata, soprattutto durante la stagione estiva. I lavoratori devono indossare un cappello che ripari dal sole ed eventualmente utilizzare un'adeguata crema solare. Il riposo deve essere fatto all'ombra, e deve essere messa a disposizione acqua non gelata. È preferibile effettuare le lavorazioni con un trattore dotato di cabina climatizzata, avendo cura di pulire frequentemente i filtri. I lavoratori devono ricevere una corretta formazione ed informazione, e conoscere le tecniche di soccorso per aiutare i colleghi che eventualmente vengono colpiti dal colpo di sole, almeno un lavoratore deve essere dotato di un telefono cellulare per avvertire tempestivamente i soccorsi [26].

10.3 Ambienti severi freddi

Un microclima viene definito freddo, quando la temperatura scende al di sotto dei 12 °C, come ad esempio nei lavori invernali all'aperto, o all'interno di celle frigo.

L'esposizione al freddo può provocare intorpidimenti muscolari, e conseguenti infortuni, dolori, difficoltà e malattie respiratorie, malattie croniche di cui il freddo è uno degli agenti scatenanti, inoltre un'eccessiva perdita di calore corporeo può portare a danni permanenti agli arti, o nei casi più gravi, alla morte per assideramento.

La normativa di riferimento per gli ambienti severi freddi, è la ISO/TR 11079:2001, che utilizza l'indice I_{REQ} , cioè l'isolamento termico degli indumenti necessario a mantenere il corpo in condizione di regime termico stazionario $S=0$, nell'ambiente preso in considerazione.

La procedura di valutazione degli ambienti severi freddi, permette di avere un regime termico stazionario, attraverso il calcolo di due differenti I_{REQ} , I_{REQmin} che garantisce una condizione minima accettabile, una leggera sensazione di freddo che però non è dannosa per la salute e non mette in pericolo la sicurezza dei lavoratori, e I_{REQneu} che garantisce la condizione di neutralità termica e il massimo comfort. Confrontando I_{REQ} con l'isolamento effettivamente fornito dagli abiti indossati I_{clr} , è possibile determinare le condizioni in cui si trovano i lavoratori:

- $I_{clr} < I_{REQmin}$: la protezione dal freddo è insufficiente, e i lavoratori corrono il rischio di ipotermia.
- $I_{REQmin} \leq I_{clr} \leq I_{REQneu}$: in questa condizione è garantito un buon isolamento termico,

la sensazione termica va da una lieve sensazione di freddo, al benessere termico, senza che ci sia il rischio di ipotermia.

- $I_{cl} \geq I_{REQneu}$: in questa condizione l'abbigliamento fornito ai lavoratori fornisce un eccessivo isolamento termico, questo provoca un'eccessiva sudorazione dannosa per la salute, inoltre la sudorazione può inumidire gli indumenti, diminuendone l'isolamento termico.

L'esposizione ad ambienti severi freddi, risulta limitata ad una durata massima:

$$DLE = Q_{lim}/S$$

Q_{lim} = massima perdita energetica, tollerabile senza conseguenze, pari a 40 Wh/m².

S = equilibrio energetico, cioè il raffreddamento subito dall'organismo.

Il calcolo dei valori IREQmin ed IREQneu, oltre alle durate massime consentite, possono essere calcolate in maniera semplice e gratuita utilizzando il software IREQ2002, disponibile sul sito internet:

10.4 Rischio microclima nella corilicoltura

La coltura del nocciolo espone fortemente i suoi operatori al rischio derivante dal microclima, in quanto molte lavorazioni vengono effettuate in piena estate, o durante la stagione invernale. Il rischio microclima è anche presente nelle operazioni di post raccolta, in quanto sono presenti le operazioni di lavaggio e refrigerazione, che possono causare un abbassamento della temperatura corporea, e la fase di essiccazione delle nocciole, che può esporre i lavoratori a temperature elevate, oltre ad essere causa di possibili ustioni sulle mani.

Per prevenire il rischio derivante da ambienti severi caldi, è necessario osservare le seguenti misure di prevenzione e protezione:

- Verificare che l'indice WBGT non superi i TLV, se questo avviene prendere delle misure che riportino la situazione entro limiti di sicurezza.
- Se possibile evitare di effettuare i lavori nelle ore più calde della giornata.
- In caso di colpo di calore, non esporsi a forti correnti d'aria.
- Utilizzare gli impianti di ventilazione o di condizionamento presenti sulle trattrici, con la massima attenzione, evitando di venire investiti dal getto d'aria, è importante fare attenzione agli sbalzi di temperatura tra interno ed esterno.
- Indossare abiti di cotone leggeri e possibilmente chiari.
- Indossare un cappello per proteggere la testa dal colpo di sole, e proteggere la

pelle con un adeguato schermo solare.

- Dare la possibilità ai lavoratori di riposarsi in luoghi freschi e all'ombra, e fornire acqua fresca, ma non ghiacciata.
- Se possibile fare in modo che le operazioni più pesanti, e che espongono maggiormente al rischio di colpo di calore, siano frequentemente alternate tra i colleghi.

Il rischio legato al freddo, è molto importante, soprattutto quando vengono effettuate lavorazioni all'aperto come la potatura durante la stagione invernale, particolarmente rigida nelle zone di coltivazione del nocciolo.

- Per prevenire i rischi derivanti dagli ambienti severi freddi, è necessario mettere in atto le seguenti misure di prevenzione e protezione:
- Valutare l'IREQ necessario nelle condizioni di lavoro.
- Dotare i lavoratori di un abbigliamento che garantisca il necessario isolamento termico, un adeguato comfort, e che sia traspirante.
- Dotare i lavoratori di indumenti impermeabili in caso di pioggia, e coprivestiaro anti-vento, in caso di lavori in zone particolarmente ventose.
- Dotare i lavoratori di una protezione per il capo, e di guanti in grado di tenere la mano calda, soprattutto se vengono effettuate lavorazioni con la motosega.
- I lavoratori devono avere un'alimentazione in grado di soddisfare il fabbisogno energetico, ed essere facilmente digeribili, bisogna evitare assolutamente di assumere grandi quantità di alcolici [26].

10.5 Normativa di riferimento

Per quanto riguarda gli ambienti severi caldi la normativa di riferimento è la UNI EN 27243:1996 che permette di calcolare il WBGT. La normativa di riferimento per gli ambienti severi freddi, è la ISO/TR 11079:2001, che utilizza l'indice I_{REQ} , cioè l'isolamento termico degli indumenti necessario a mantenere il corpo in condizione di regime termico stazionario $S=0$, nell'ambiente preso in considerazione.

10.6 Strumenti

Uno strumento per l'acquisizione di grandezze meteo-climatiche ed ambientali è il BABUC/M, esso ha dei consumi energetici ridottissimi, ed è quindi caratterizzato da una elevata autonomia. Quest'apparecchiatura consente l'acquisizione, la

visualizzazione, e la memorizzazione ed elaborazione di grandezze ambientali; è un multiacquisitore a 6 ingressi , con possibilità di memorizzare fino a 5.000 campioni. Per misurare l'umidità relativa e la velocità dell'aria vengono applicati rispettivamente una sonda igrometrica (figura 10.2 c) ed un anemometro (figura 10.2 b), collegandoli agli ingressi dell'acquisitore (figura 10.2 a). Il BABUC/M è in grado di visualizzare in tempo reale i parametri termoigrometrici e la velocità dell'aria rilevati; la stazione è anche in grado di memorizzarli, per poi trasferirli su PC tramite apposita interfaccia della LSI [12].

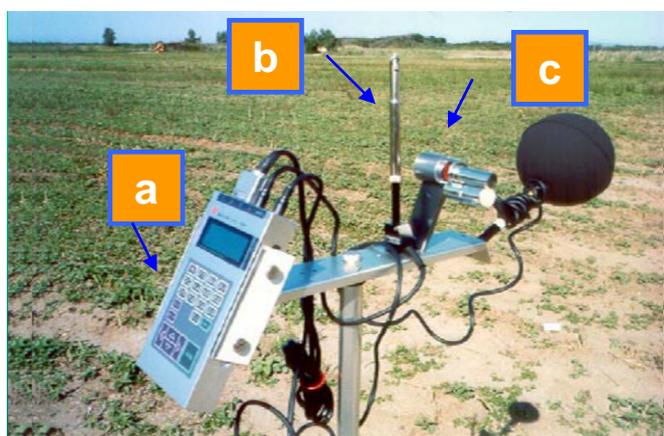


Figura 10.2 - Babuc

Tabella 10.3 - Dati meteorologici 26-31/08/2006 del campionamento (fonte Sistema Piemonte)

data	T min (°C)	T max (°C)	T media (°C)	U min (%)	U max (%)	U media (%)	Pioggia (mm)
26/08/2006	11.2	25.2	18	44	94	75	0.2
27/08/2006	12.8	26.9	19.1	29	93	69	0
28/08/2006	10.9	22.8	16.6	55	94	79	0.2
29/08/2006	12	23.8	17.7	40	94	75	0
30/08/2006	9.2	25.5	16.9	18	92	52	0
31/08/2006	6.7	24.5	16	21	77	45	0

11 - RISCHIO STRESS, LAVORO CORRELATO

La valutazione dell'insieme dei rischi, "di tutti i rischi" presenti in tutte le attività lavorative e nel presente caso nell'attività correlata alla corilicoltura, costituisce uno degli aspetti più rilevanti nel decreto legislativo 81/08.

Il comma 1 del D.Lgs. 81/08 cita lo stress lavoro-correlato, introducendo l'obbligo di valutazione dello stress lavoro correlato in tutte le aziende secondo i contenuti dell'Accordo Interconfederale per il recepimento dell'accordo quadro europeo sullo stress lavoro-correlato concluso l'8 ottobre 2004 tra UNICE/UEAPME, CEEP E CES – 9 giugno 2008.

Il D.Lgs: 106/09 ha stabilito che la valutazione del rischio da stress è obbligatorio dal 1 agosto del 2010 [61].

La problematica dello stress sul lavoro è riferita ai contenuti dell'accordo europeo, sottoscritto dalle più importanti organizzazioni datariali e sindacali europee, fatto proprio in Italia dall'accordo interconfederale del 9 giugno 2008, che rappresenta un documento programmatico per individuare linee di intervento condivise. Il documento descrive lo stress sul lavoro, le possibili cause le modalità di individuazione (es assenteismo, conflitti interpersonali, lamentele frequenti), analisi dei fattori: organizzazione e i processi di lavoro le condizioni e l'ambiente di lavoro, la comunicazione e i fattori soggettivi.

Nell'accordo sullo stress sul lavoro (08/10/2004) si riporta che lo stress può colpire in qualunque luogo di lavoro e qualunque lavoratore. Considerare il problema dello stress sul lavoro può voler dire una maggiore efficienza e un deciso miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza sul lavoro, con conseguenti benefici sociali per le aziende.

Lo scopo della valutazione del rischio stress lavoro correlato è quello di guidare e sostenere datori di lavoro e lavoratori nella riduzione del rischio attraverso l'analisi degli indicatori oggettivi aziendali e l'eventuale rilevazione delle condizioni di stress percepito dai lavoratori anche nel settore delle aziende agricole ad indirizzo corilicollo.

in questa indagine sperimentale viene proposto un metodo, già in uso, per la valutazione dello stress [53].

Il metodo utilizzato per la valutazione dello stress si articola in tre FASI principali:

- Nella prima fase si esegue valutazione di tutti gli indicatori oggettivi di stress al lavoro (compilazione della check list)
- Nella seconda fase si identificano le condizioni di rischio e si pianificano le azioni di miglioramento.
- Nella quarta fase si valuta la percezione dello stress al lavoro dei lavoratori, attraverso compilazione di questionari di percezione, analizzati in modo aggregato (obbligatoria solo per rischio alto)

11.1 Valutazione indicatori oggettivi stress lavoro correlato

L'intervento consiste nella valutazione degli indicatori oggettivi delle fonti di stress al lavoro, attraverso l'utilizzo della check list contenente parametri tipici, delle condizioni di stress riferibili ai dati aziendali ed al contesto e contenuto del lavoro (come previsto dall'Agencia Europea sulla salute e sicurezza al lavoro e nell'Accordo Europeo).

Il gruppo aziendale della prevenzione può compilare una scheda unica per l'azienda oppure, per livelli di complessità organizzativa più elevata, decidere di utilizzare la check per partizioni organizzative o mansioni omogenee.

La compilazione delle tre aree della Check identifica la condizione di rischio: basso, medio, alto, in riferimento agli indicatori.

- Aree indicatori aziendali (10 indicatori):
- Area contesto del lavoro (6 aree di indicatori)
- Area contenuto del lavoro (4 aree di indicatori)

Tabella 11.1 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

<i>INDICATORI AZIENDALI</i>	<i>CONTESTO DEL LAVORO</i>	<i>CONTENUTO DEL LAVORO</i>
Infortuni	Funzione e cultura organizzativa	Ambiente di lavoro ed attrezzature di lavoro
Assenza per malattia		
Assenteismo	Ruolo nell'ambito dell'organizzazione	Pianificazione dei compiti
Ferie non godute		
Rotazione del personale	Evoluzione della carriera	Carico di lavoro – ritmo di lavoro
Turnover	Autonomia decisionale – controllo del lavoro	Orario di lavoro
Procedimenti/ Sanzioni disciplinari		
Richieste visite straordinarie	Rapporti interpersonali sul lavoro	
Segnalazioni stress lavoro	Interfaccia casa lavoro – conciliazione vita/lavoro*	
Istanze giudiziarie		

Ad ogni indicatore è associato un punteggio che concorre al punteggio complessivo dell'area.

I punteggi delle 3 aree vengono sommati (secondo le indicazioni) e consentono di identificare il proprio posizionamento nella tabella dei livelli di rischio.

Tabella 11.2 - Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio[43]

<i>AREA</i>	<i>TOTALE PUNTEGGIO PER AREA</i>
Contesto del lavoro	
Contenuto del lavoro	
Indicazioni aziendali *	
<i>TOTALE PUNTEGGIO RISCHIO</i>	

Si segna con la **X** la risposta, e nella casella punteggio, si riporta il valore della risposta.

Tabella 11.3 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

N	INDICATORE	Diminuito	Inalterato	Aumentato	PUNTEGGIO	NOTE
1	...	0 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	2	

Si segna con la **X** la risposta e nella casella punteggio si riporta il valore della risposta in punteggio finale. Quando vediamo la casella “correzione punteggio”, riportiamo dopo il segno “-“ il valore della risposta e trascriviamo nel punteggio finale il risultato

Tabella 11.4 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio[43]

N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	0 <input type="checkbox"/>	1 <input checked="" type="checkbox"/>		1	
2	0 <input checked="" type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 - 0	1	
3	0 <input type="checkbox"/>	1 <input checked="" type="checkbox"/>	1 - 1	0	
TOTALE PUNTEGGIO					2 (1+1+0)	

Nella casella “totale punteggio” si deve inserire la somma del punteggio finale di ogni indicatore. Gli indicatori aziendali sono riferiti all'andamento negli ultimi 3 anni

Tabella 11.5 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

INDICATORI AZIENDALI						
N	INDICATORE	Diminuito	Inalterato	Aumentato	PUNTEGGIO	NOTE
1	INDICI INFORTUNISTICI	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
2	ASSENZA PER MALATTIA (non maternità)	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
3	ASSENTEISMO	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
4	% FERIE NON GODUTE	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
5	% ROTAZIONE DEL PERSONALE NON PROGRAMMATA	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
6	CESSAZIONE RAPPORTI DI LAVORO/ TURNOVER	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
7	PROCEDIMENTI/SANZIONI DISCIPLINARI	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
8	RICHIESTE VISITE MED. STRAORDINARIE MEDICO COMPETENTE	0 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	
9	SEGNALAZIONI SCRITTE MEDICO COMPETENTE DI CONDIZIONI STRESS AL LAVORO	0 - NO <input type="checkbox"/>		4 - SI <input type="checkbox"/>	
10	ISTANZE GIUDIZIARIE PER LICENZIAMENTO/ DEMANSIONAMENTO	0 - NO <input type="checkbox"/>		4 - SI <input type="checkbox"/>	

TOTALE PUNTEGGIO

Tabella 11.6 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

INDICATORE	No	Si
ISTANZE GIUDIZIARIE PER MOLESTIE MORALI/SESSUALI	0 <input type="checkbox"/>	SITUAZIONE CHE VINCOLA LA VALUTAZIONE ALL'APPROFONDIMENTO SOGGETTIVO DELLO STRESS LAVORO CORRELATO

Tabella 11.7 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

CONTESTO DEL LAVORO						
FUNZIONE E CULTURA ORGANIZZATIVA						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	Presenza organigramma aziendale	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	Presenza di procedure aziendali	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
3	Diffusione delle procedure aziendali ai lavoratori	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
4	Presenza di obiettivi aziendali	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
5	Diffusione degli obiettivi aziendali ai lavoratori	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
6	Presenza di un sistema di comunicazione aziendale (bacheca, internet, busta paga, volantini....)	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
7	Effettuazione riunioni/incontri tra dirigenti e lavoratori	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
8	Presenza di un piano formativo per lo sviluppo professionale dei lavoratori	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
9	Presenza di momenti di comunicazione dell'azienda a tutto il personale	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
TOTALE PUNTEGGIO						

Tabella 11.8 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

RUOLO NELL'AMBITO DELL'ORGANIZZAZIONE						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	I lavoratori conoscono la linea gerarchica aziendale	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	I ruoli sono chiaramente definiti	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
3	Vi è una sovrapposizione di ruoli differenti sulle stesse persone (capo turno/preposto/responsabile qualità)	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
4	Accade di frequente che i dirigenti/preposti forniscano informazioni contrastanti circa il lavoro da svolgere	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
TOTALE PUNTEGGIO						

Tabella 11.9 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

EVOLUZIONE DELLA CARRIERA						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	E' presente un piano di sviluppo professionale per tutti i lavoratori	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	E' presente un piano di sviluppo professionale solo per i dirigenti	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
3	Sono definiti i criteri per l'avanzamento di carriera	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
4	Esistono sistemi premianti in relazione al raggiungimento degli obiettivi di produzione	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
5	Esistono sistemi premianti in relazione al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
6	Esistono sistemi premianti in relazione alla corretta gestione del personale da parte dei dirigenti/capi	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
TOTALE PUNTEGGIO						

Tabella 11.10 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

AUTONOMIA DECISIONALE – CONTROLLO DEL LAVORO						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	Il lavoratore può decidere l'ordine di esecuzione dei compiti	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	Il lavoro dipende da compiti precedentemente svolti da altri	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
3	I lavoratori hanno sufficiente autonomia per l'esecuzione dei compiti	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
4	I lavoratori hanno a disposizione modalità di partecipazione alle decisioni aziendali	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
5	Sono predisposti strumenti di partecipazione decisionale dei lavoratori alle scelte aziendali	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
TOTALE PUNTEGGIO						

Tabella 11.11 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

RAPPORTI INTERPERSONALI SUL LAVORO						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	Possibilità di rivolgersi al dirigente superiore da parte dei lavoratori	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	Momenti di aggregazione con tutto il personale	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
3	Sono presenti rigidi protocolli di supervisione sul lavoro svolto	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
TOTALE PUNTEGGIO						

Tabella 11.12 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l’identificazione del rischio [43]

INTERFACCIA CASA LAVORO – CONCILIAZIONE VITA/LAVORO						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	Possibilità di effettuare la pausa pasto in luogo adeguato - mensa aziendale	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	Possibilità di orario flessibile	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
3	Possibilità di raggiungere il posto di lavoro con mezzi pubblici	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
TOTALE PUNTEGGIO						

Se il risultato finale è uguale a 0, nella tabella finale 11.12 “contesto del lavoro” alla voce “interfaccia casa lavoro” si inserisce il valore -1. Se il risultato finale è superiore a 0, nella tabella finale “contesto del lavoro” si inserisce il valore 0.

Tabella 11.13 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

CONTENUTO DEL LAVORO						
AMBIENTE DI LAVORO ED ATTREZZATURE DI LAVORO						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	Esposizione a rumore sup. al secondo valore d'azione	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
2	Inadeguato confort acustico (ambiente non industriale)	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
3	Rischio chimico	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
4	Microclima adeguato	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
5	Adegua illuminazione	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
6	Inadeguata movimentazione manuale dei carichi	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
7	Disponibilità DPI	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
8	Lavoro a rischio di aggressione fisica	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
9	Cartellonistica chiara ed immediata	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
10	Esposizione a vibrazione superiore al limite d'azione	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
11	Adegua manutenzione macchine ed attrezzature	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
TOTALE PUNTEGGIO						

Tabella 11.14 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

PIANIFICAZIONE DEI COMPITI						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	Il lavoro subisce frequenti interruzioni	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
2	La mansione del lavoratore è chiaramente definita	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
3	E' presente un lavoro caratterizzato da alta monotonia	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
4	Lo svolgimento della mansione richiede di eseguire più compiti contemporaneamente	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
5	I compiti sono chiaramente pianificati	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			

TOTALE PUNTEGGIO

CARICO DI LAVORO – RITMO DI LAVORO						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	I lavoratori hanno autonomia nell'esecuzione dei compiti	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>			
2	Ci sono variazioni imprevedibili della quantità di lavoro	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
3	Vi è assenza di compiti per lunghi periodi nel turno lavorativo	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
4	E' presente un lavoro caratterizzato da alta ripetitività	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
5	Il ritmo lavorativo per l'esecuzione del compito, è prefissato	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
6	Il ritmo di lavoro è determinato dalla macchina	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
7	Il lavoratore non può agire sul ritmo della macchina	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
8	I lavoratori devono prendere decisioni rapide	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		

TOTALE PUNTEGGIO

Tabella 11.15 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

ORARIO DI LAVORO						
N	INDICATORE	Si	No	CORREZIONE PUNTEGGIO	PUNTEGGIO FINALE	NOTE
1	E' presente regolarmente un orario lavorativo superiore alle 8 ore	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
2	Viene abitualmente svolto lavoro straordinario	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
3	E' presente orario di lavoro rigido (non flessibile)?	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
4	La programmazione dell'orario varia frequentemente	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
5	Le pause di lavoro non sono chiaramente definite	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
6	E' presente il lavoro a turni	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
7	E' presente il lavoro a turni notturni	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		
8	E' presente il turno notturno fisso o a rotazione	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	1 -		

TOTALE PUNTEGGIO

11.2 Identificazione della condizione di rischio

Tabella 11.16 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

INDICATORI AZIENDALI							
INDICATORE	TOTALE PUNTEGGIO PER INDICATORE	BASSO 0 – 25%		MEDIO 25 – 50%		ALTO 50 – 100%	
		D A	A	DA	A	DA	A
INDICATORI AZIENDALI *		0	10	12	26	28	40
TOTALE PUNTEGGIO		0		2		5	

Tabella 11.17 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

CONTESTO DEL LAVORO							
INDICATORE	TOTALE PUNTEGGIO PER INDICATORE	BASSO 0 – 25%		MEDIO 25 – 50%		ALTO 50 – 100%	
		DA	A	DA	A	DA	A
Funzione e cultura organizzativa		0	2	3	5	6	9
Ruolo nell'ambito dell'organizzazione		0	1	2	3	4	
Evoluzione della carriera		0	2	3	4	5	6
Autonomia decisionale – controllo del lavoro		0	1	2	3	4	5
Rapporti interpersonali sul lavoro		1		2		3	
Interfaccia casa lavoro – conciliazione vita/lavoro*							
TOTALE PUNTEGGIO		0	7	8	14	15	27

* se il punteggio totale dell'indicatore "Interfaccia casa lavoro" è uguale a 0, inserire il valore -1. se superiore a 0, inserire il valore 0

Tabella 11.18 – Questionario ISPEL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

CONTENUTO DEL LAVORO							
INDICATORE	TOTALE PUNTEGGIO PER INDICATORE	BASSO		MEDIO		ALTO	
		DA	A	DA	A	DA	A
Ambiente di lavoro ed attrezzature di lavoro		0	3	4	7	8	11
Pianificazione dei compiti		0	2	3	4	5	6
Carico di lavoro – ritmo di lavoro		0	2	3	5	6	8
Orario di lavoro		0	2	3	5	6	8
TOTALE PUNTEGGIO		0	8	9	17	15	33

I punteggi delle 3 aree vengono sommati (secondo le indicazioni) e consentono di identificare il proprio posizionamento nella tabella dei livelli di rischio.

Tabella 11.19 – Questionario ISPESL, esempio di check liste per l'identificazione del rischio [43]

AREA	TOTALE PUNTEGGIO PER AREA
Contesto del lavoro	
Contenuto del lavoro	
Indicatori aziendali *	
TOTALE PUNTEGGIO RISCHIO	

*

Se il risultato del punteggio è compreso tra 0 a 10, si inserisce nella tabella finale il valore **0**
 Se il risultato del punteggio è compreso tra 12 e 26 si inserisce nella tabella finale il valore **2**
 Se il risultato del punteggio è compreso tra 28 e 40 si inserisce nella tabella finale il valore **5**

Tabella 11.20 – Totale punteggio rischio dell'esempio di check liste (Questionario ISPESL) [43]

	DA	A	LIVELLO DI RISCHIO	NOTE
	0	14	RISCHIO BASSO 25%	L'analisi degli indicatori non evidenzia particolari condizioni organizzative che possono determinare la presenza di stress correlato al lavoro, si consiglia di monitorare l'organizzazione ogni due anni (in assenza di cambiamenti organizzativi). Per ogni condizione identificata di devono adottare comunque le azioni di miglioramento mirate.
	15	30	RISCHIO MEDIO 50%	L'analisi degli indicatori evidenzia condizioni organizzative che possono determinare la presenza di stress correlato al lavoro. Per ogni condizione identificata di devono adottare comunque le azioni di miglioramento mirate. Si consiglia di attuare una politica di prevenzione per lo stress al lavoro e di coinvolgere attivamente il medico competente ed i preposti. Monitoraggio annuale degli indicatori.
	31	60	RISCHIO ALTO + di 50%	L'analisi degli indicatori evidenzia condizioni organizzative che indicano la presenza di stress correlato al lavoro. Si deve effettuare una valutazione della percezione dello stress dei lavoratori, coinvolgendo il medico competente o altre figure specializzate. Monitoraggio delle condizioni di stress e dell'efficacia delle azioni di miglioramento.

11.3 Valutazione percezione dello stress dei lavoratori

Quando sia stata sufficientemente compresa la natura dei fattori oggettivi di progettazione ed organizzazione del lavoro ed attuate le misure di miglioramento

identificate, in caso di rischio ALTO è necessario procedere alla valutazione soggettiva dello stress lavoro-correlato.

Questo livello di intervento implica di procedere con l'identificazione delle figure aziendali, dei responsabili aziendali (direttori di struttura), resp. qualità ed eventuali consulenti che devono essere coinvolti per la definizione di:

- campione/settori/unità operative in cui intervenire in modo prioritario
- scelta del questionario
- modalità di rilevazione che garantiscano a tutti i lavoratori l'informazione, la partecipazione e l'anonimato
- modalità di analisi dei risultati per aggregazioni di interesse aziendale
- pianificazione delle azioni di miglioramento

Il processo di cambiamento delle percezioni e dei comportamenti al lavoro, insito nella valutazione e gestione dello stress al lavoro, presuppone coinvolgimento ed adesione di tutte le parti aziendali, dalla dirigenza ai lavoratori.

La scelta dello strumento di valutazione più adatto alla realtà aziendale aumenta la partecipazione, riduce le barriere al cambiamento e costituisce il primo passo per la prevenzione stessa.

Come ben specificato nell'Accordo quadro europeo, la finalità della valutazione è offrire ai datori di lavoro ed ai lavoratori un quadro di riferimento per individuare e prevenire o gestire problemi di stress lavoro-correlato; non è invece quello di attribuire la responsabilità dello stress all'individuo.

I questionari soggettivi non hanno quindi la funzione di identificare "il soggetto con il problema", ma di consentire la rilevazione anonima delle percezioni dei lavoratori che, aggregate per area/reparto, contribuiscono ad identificare le condizioni legate al Contesto e Contenuto del lavoro su cui intervenire per eliminare, ridurre e gestire la condizione di stress al lavoro.

I questionari maggiormente riconosciuti ed adottati per la valutazione dello stress lavoro correlato sono:

- JCQ - Job Content Questionnaire (Karasek 1985)
- QUESTIONARIO ISPESL "le persone ed il lavoro" (Fattorini 2002)
- PSS – Perceived Stress Scale (Cohen et al. 1983)
- OSI - Occupational Stress Inventory (Cooper et al. 1988)
- JSQ - Job Stress Questionnaire (Hurrell 1988, NIOSH)

- OSQ - Occupational Stress Questionnaire (Elo et al. 1992)
- JSS - Job Stress Survey (Spielberg 1994)
- OCS – Occupational Check up System (Leiter e Maslach, 2005)
- M_DQ10 - Organizational Questionnaire 10 (D'Amato, Majer 2005)
- Benessere organizzativo – Magellano PA (Avallone 2004)
- (Q-Bo) - Test di valutazione del rischio stress lavoro-correlato nella prospettiva del benessere organizzativo (De Carlo 2008).

11.4 Azioni di miglioramento e misure di prevenzione.

Per mettere in atto un percorso di riduzione del rischio e miglioramento continuo, l'organizzazione deve utilizzare la valutazione dello stress come base per la condivisione (discussione e comunicazione) dei risultati utili per la gestione del rischio, ma anche per la progettazione dei fattori organizzativi di disagio .

La prevenzione, l'eliminazione o la riduzione dei problemi di stress lavoro-correlato può comportare l'adozione di misure che possono essere collettive, individuali o di entrambi i tipi, introdotte sotto forma di specifiche misure mirate a fattori di stress individuati.

La responsabilità di stabilire le misure adeguate da adottare spetta al datore di lavoro che integra la politica aziendale con la partecipazione e la collaborazione del gruppo ed individua le misure di prevenzione e può adottare un codice di condotta aziendale [26].

Gli interventi per la riduzione dei rischi, già programmati con la valutazione degli indicatori oggettivi, si integrano con le misure derivanti dalla valutazione degli indicatori soggettivi tra i quali: la formazione dei dirigenti e dei lavoratori per migliorare la loro consapevolezza e la loro comprensione nei confronti dello stress, delle sue possibili cause e del modo in cui affrontarlo, e/o per adattarsi al cambiamento; l'informazione e la consultazione dei lavoratori e/o dei loro rappresentanti, in conformità alla legislazione europea e nazionale, ai contratti collettivi e alle prassi.

La valutazione dello stress lavoro correlato, come parte dei SGSL, dovrebbe prevedere una fase di monitoraggio del miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza dei lavoratori già in fase di pianificazione.

Questo livello di monitoraggio può prevedere l'analisi periodica degli indicatori oggettivi e degli indicatori di salute, attraverso la verifica con medico competente o con specialisti designati ed il livello di attuazione delle misure di prevenzione identificate per la riduzione del rischio. I risultati e le azioni di miglioramento vanno restituiti a tutti i lavoratori.

12 - ALTRI RISCHI

12.1 Rischi generici provocati da fattori biotici

Tra i rischi biotici a cui sono esposti gli agricoltori che operano nel settore della corilicoltura sono: quelli correlati alla presenza di acari del legno che possono arrecare disturbi respiratori, l'asma bronchiale, la rinite allergica o la sensibilizzazione, durante la fase di spollonatura e potatura. Lavorando in ambiente aperto, gli operatori possono essere esposti a punture di insetti, il cui danno più grave è lo shock anafilattico: la prevenzione consiste nell'individuare i soggetti a rischio ed informare il personale sui provvedimenti sanitari d'urgenza; le zecche, che possono provocare varie malattie come il morbo di Lyme e la TBE. La prevenzione consiste nell'effettuare delle vaccinazioni contro la TBE in soggetti esposti e nell'impiego di repellenti. Anche il morso di piccoli mammiferi può provocare varie malattie come la rabbia. Nelle aree a rischio sono consigliate le vaccinazioni; inoltre è importante informare gli operatori sulle patologie derivanti. La prevenzione contro il morso di vipera è l'informazione sui corretti provvedimenti sanitari di urgenza, in attesa del trasporto in ospedale [67].

Il rischio biologico viene oggi regolamentato dal titolo X del D.Lgs: 81/08: questa norma si applica a tutte le attività lavorative nelle quali vi è rischio di esposizione ad agenti biologici. Nell'allegato XLIV sono riportate le attività che possono comportare la presenza di agenti biologici:

- 1) Attività in industrie alimentari
- 2) Attività nell'agricoltura
- 3) Attività nelle quali vi è contatto con animali e/o prodotti di origine animale
- 4) Attività di servizi sanitari

- 5) Attività nei laboratori clinici, veterinari, diagnostici esclusi i laboratori di diagnosi microbiologica
- 6) Attività di smaltimento dei rifiuti e di raccolta di rifiuti speciali potenzialmente infetti
- 7) Attività negli impianti per la depurazione delle acque di scarico.

Un elenco di intossicazioni fornite dal Bollettino dell'istituto canadese di igiene e sicurezza del lavoro, n.8, 1988.

- Carbonchio: contatto diretto attraverso le ferite della pelle, a volte attraverso le vie respiratorie
- Leptosirosi: contatto con animali infetti e loro escrementi nel suolo, fango e acqua inquinante, morsicature di roditori e di cani.
- Tularemia colpisce cacciatori, lavoratori, dell'industria della carne, agricoltori, veterinari
- Febbre Q: avviene per trasmissione aerea, contatto diretto con animali infetti e loro sottoprodotti, oppure ingestione di prodotti lattiero caseari non pastorizzati.
- Istoplasmosi- inalazione
- Sporotricosi inoculazione diretta

In letteratura ci sono vari metodi per individuare o meno la presenza del rischio biologico. Un criterio è quello della definizione di rischio di esposizione inteso come valutazione della probabilità "P" di esposizione. Ove questa sia realmente occasionale, non significativamente diversa da quella che si può realizzare nella vita, non legata ad evidenze epidemiologiche di maggiore rischio di patologie infettive o allergiche, si potrà pensare ragionevolmente di escludere tali attività.

Un altro criterio di valutazione del rischio, è il riconoscere l'esistenza delle modalità di esposizione efficace, specifiche nell'attività lavorativa e diverse da quelle presenti nella vita comune. Nei casi in cui un rischio di esposizione è legato all'attività, come per il settore dell'agricoltura, dovranno essere effettuati adempimenti previsti dal titolo, come la fornitura di vaccini, adeguata formazione e informazione sul tipo di rischio e sulle procedure di emergenza, profilassi post esposizione [61].

12.2 Rischi generici provocati da fattori abiotici

La caduta di rami o l'urto contro questi, costituiscono alcuni dei rischi abiotici; il loro evento dannoso è costituito da lesioni, che si possono prevenire con l'utilizzo dell'elmetto. In questi casi è bene anche effettuare dei corsi sui corretti provvedimenti sanitari d'urgenza.

L'accidentalità del terreno costituisce un altro pericolo, che determina il rischio di scivolamento e di cadute sul terreno: si può prevenire con l'impiego di calzature a norma. Nelle potature effettuate in altezza, un rischio da considerare è la caduta dall'alto.

Fattori abiotici che possono generare dei pericoli sono anche le temperature estreme, la cui conseguenza è il disagio, lo stress o altri danni che portano, in alcuni casi, alla sospensione del lavoro. In questo caso la prevenzione consiste nella realizzazione di temporanei ricoveri e nell'utilizzare un adeguato abbigliamento [67].

PARTE TERZA

RISULTATI E DISCUSSIONE

In questa sperimentazione sono state effettuate indagini strumentali sulle esposizioni dei lavoratori ai vari rischi, nelle varie fasi del ciclo produttivo. I rischi che si sono valutati sono: fisici, chimici, da movimentazione manuale dei carichi ed i rischi meccanici derivanti dall'utilizzo delle macchine ed attrezzature. I livelli di esposizione misurati sono stati, poi, confrontati con i limiti previsti dalla vigente normativa per verificare la presenza o meno del rischio esaminato. Il ciclo produttivo del nocciolo prevede varie fasi di lavorazione: scopo di questa indagine è di studiare per ogni fase del ciclo di lavoro i rischi ai quali l'operatore potrebbe essere esposto, in relazione ai mezzi utilizzati.

- 1) Lavorazione del terreno eseguita con: trattrice agricola Lamborghini Runner con trinciasarmenti FX120, misure previste vibrazioni e rumore.
- 2) Spollonatura meccanizzata- attrezzatura impiegata decespugliatore, misure previste: vibrazioni mano-braccio, rumore, gas di scarico.
- 3) Soffiatura eseguita con soffiatore spalleggiato, misure previste vibrazioni e rumore.
- 4) Andanatura, misure previste vibrazioni e rumore.
- 5) Raccolta meccanica eseguita con varie tipologie di raccogliatrici-misure previste: vibrazioni, rumore, polveri.

13 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA LAVORAZIONE DEL TERRENO

L'impiego delle macchine come la trinciasarmenti, espone gli utilizzatori a rischi:

- 1) contatto con l'organo lavorante sulle parti anteriore, posteriore e laterale
- 2) contatto con gli organi di trasmissione del moto.
- 3) contatto causato dal movimento di spostamento laterale della struttura della macchina rispetto all'attacco fisso della trattrice.
- 4) rischio infortunio causato da una non corretta manutenzione e da un non corretto uso dei mezzi di protezione individuale

- 5) rischio dovuto alla mancata stabilità a riposo
- 6) utilizzo di dispositivo elettrico o elettronico di controllo della macchina
- 7) errato collegamento dei tubi idraulici
- 8) rumore emesso dalla macchina

Le soluzioni possibili a questi rischi sono: carter di protezione o organo distanziatore a difesa di tutte le parti sporgenti e dei punti sulla traiettoria di movimento degli utensili; carter di protezione anche per tutti gli organi di trasmissione del moto, le pulegge, le cinghie, etc.; è inoltre necessario corredare la macchina di libretti di istruzione e apporre segnali di pericolo nelle immediate vicinanze delle zone a rischio e utilizzare mezzi di protezione individuale; verificare il carico sui punti di appoggio e dotare, se necessario, la macchina di opportuni mezzi di ancoraggio per evitare il ribaltamento accidentale; verificare la compatibilità elettromagnetica dei dispositivi di comando e di controllo e utilizzare solo dispositivi marcati CE; corredare gli innesti rapidi delle macchine e le prese olio della trattrice, di un codice di riconoscimento per evitare errori di connessione che potrebbero provocare manovre errate; utilizzare adeguati DPI.

13.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazione per la lavorazione del terreno

Per il trattore Lamborghini Runner con trinciasarmenti FX120, (larga 139 cm) della Facma impiegati in un nocchieto preso come campione, sono state eseguite tre misurazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi è il valore medio delle tre misurazioni, eseguite sul trattore. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficienti k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per il trattore Lamborghini Runner con con trinciasarmenti FX120 i valori rilevati dalla prima, nella seconda e nella terza misurazione sono i seguenti:

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,22 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,18 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,21 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni $0,20 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della trattrice possono essere esposti.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Nelle seguenti misure il tempo di esposizione è stato posto pari a otto ore di lavoro giornaliero. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,20 \text{ m/s}^2$ non si ha pertanto il superamento del livello di azione né del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 (tabella 5). Questo si evince anche dal grafico 13.1 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per un utilizzatore della trattoria Lamborghini Runner con trinciasarmenti FX120, che è rappresentato dal punto in rosso, sia effettivamente inferiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

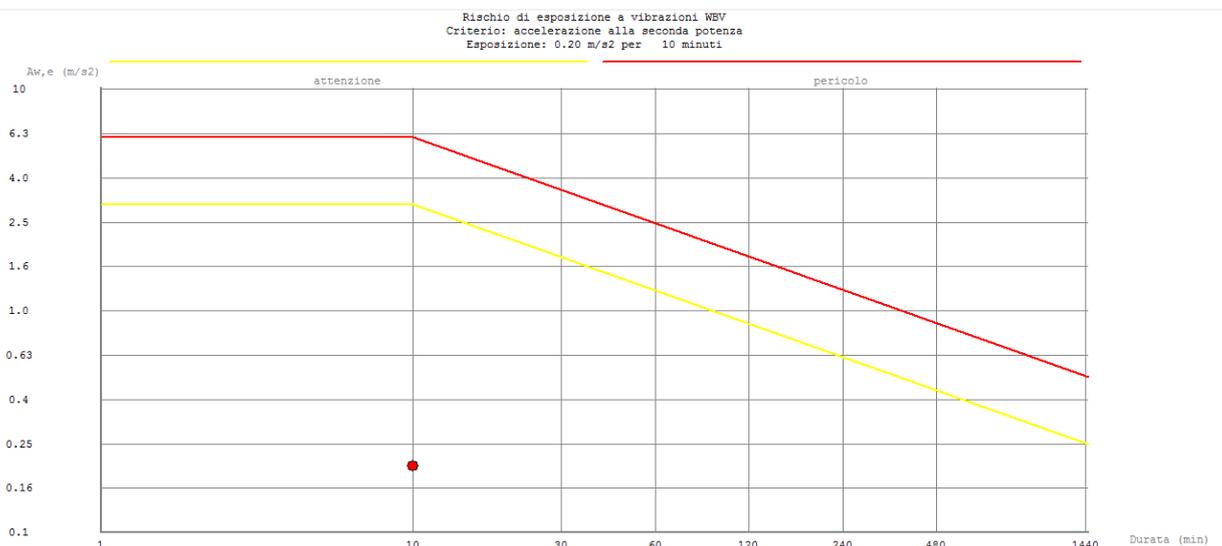


Grafico 13.1 – Livelli di vibrazioni WBV in relazione al tempo di esposizione, per la trattoria agricola con trinciasarmenti

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati in tabella 13.1, risulta evidente che l'esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, non comporta dei rischi per l'utilizzatore durante la trinciatura del terreno con il trattore agricolo Lamborghini Runner e trinciasarmenti.

Tabella 13.1 – Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la trattrice agricola con trinciasarmenti

Macchina	Trattrice Lamborghini con trinciasarmenti
A(8) m/s ² livello d'azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,20 m/s ²

13.2 Calcolo del valore di esposizione al rumore

Per la trattrice agricola Lamborghini Runner con trinciasarmenti FX120 è stata effettuata una misurazione per un intervallo di tempo di 5 minuti, il valore che ne deriva è 90,0 dB(A), il T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto, come già spiegato nel paragrafo relativo alle misure di esposizione alle vibrazioni, risulta essere pari a 8 ore (tempo massimo stimato per le ore di lavoro giornaliera effettuate); T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore;

Il $L_{ex,8h}$, calcolato risulta pari a 90,0 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 13.2):

Tabella 13.2 - Valore rilevato, per la trattrice agricola con trinciasarmenti

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
90,0	110,2	5 minuti

Per un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduto ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (T_e) diversi (tabella 13.3 e grafico 13.2) Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 92,4 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di T_e , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione pari a 91,2; per 6 ore di esposizione 88,8 dB(A); per 5 ore di esposizione pari a 88 dB(A); per 4 ore di esposizione pari a 87 dB(A); per 3 ore di esposizione pari a 8,8 dB(A);

Tabella 13.3 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la trattrice agricola con trinciasarmenti

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	88,8
5	300	88,0
4	240	87,0
3	180	85,8

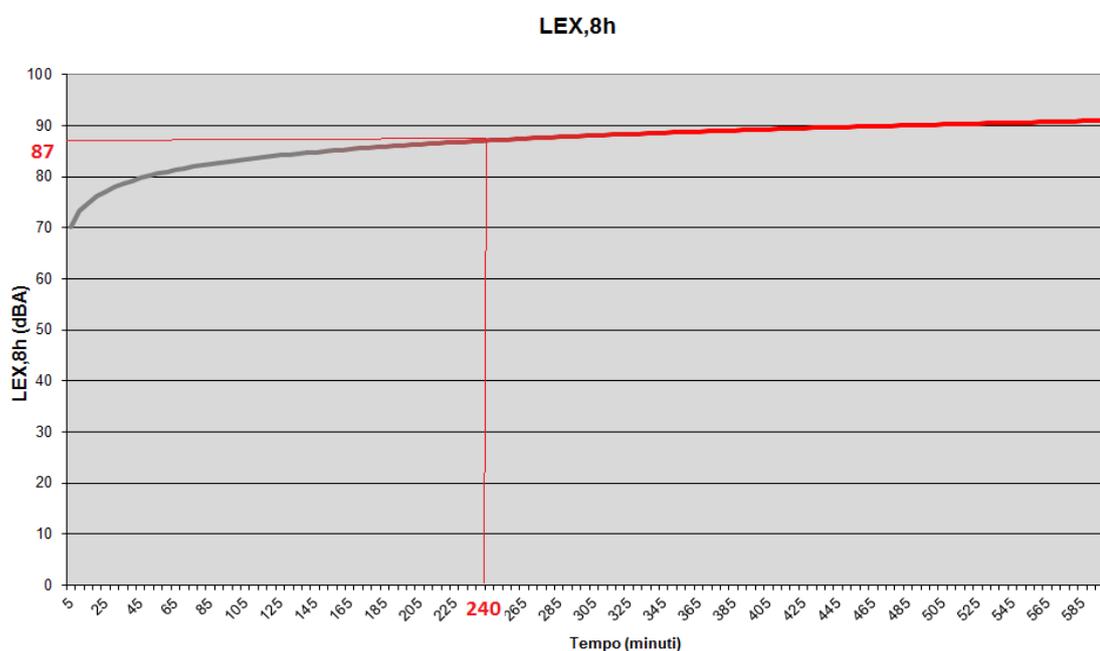


Grafico 13.2 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la trattrice agricola con trinciasarmenti

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite sulla trattrice agricola con trinciasarmenti è stato di 90,0 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e superiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 110.2 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 4 ore giornaliere. Al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A) [31].

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della trattrice agricola Lamborghini comporta dei rischi: è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale. Il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI uditivi e di mantenere il livello di esposizione del lavoratore a valori inferiori a 87,0 dB(A).

14 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA SPOLLONATURA MECCANIZZATA

Come già detto nella descrizione del ciclo produttivo del nocciolo, la spollonatura viene generalmente effettuata a mano; tuttavia negli ultimi anni sta prendendo piede anche la spollonatura effettuata con decespugliatore. Utilizzando questo strumento, l'operatore viene sottoposto a vari rischi quali: rischi fisici, come vibrazioni al sistema mano-braccio e rumore; rischi chimici a causa dell'esposizione ai gas di scarico, essendo la fonte di emissione vicina alle vie respiratorie dell'operatore.

14.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni, mano-braccio prodotte da decespugliatore

I valori più rappresentativi per la valutazione del livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni, normalizzata alle 8 ore lavorative, trasmesse al sistema mano-braccio (HAV), ottenuti tramite misurazione diretta, sono mostrati nella tabella 14.1 di seguito si riportano i valori numerici delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinate sui tre assi ortogonali (a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z}) ed il corrispondente $A_{(W)SUM}$ ottenuto, in questo caso (HAV), sulla base della radice quadrata della somma dei

quadrati dei valori quadratici medi, delle sopra citate accelerazioni ponderate in frequenza sui tre assi ortogonali.

Tabella 14.1 - Livelli di vibrazioni (HAV), rilevati per il decespugliatore [50]

VIBRAZIONI MANO-BRACCIO (HAV)					
Macchine	Impugnatura	$a_{hw_x}(m/s^2)$	$a_{hw_y}(m/s^2)$	$a_{hw_z}(m/s^2)$	$A_{(W)SUM}(m/s^2)$
Decespugliatore Shindaiwa "BP45"	mano dx	0,24	0,46	0,55	0,76
	mano sx	0,60	0,42	0,29	0,79

Come si può notare dalla tabella si ha, per questo caso, il superamento dei limiti di esposizione, il valore che viene considerato e confrontato con la normativa di riferimento è il valore più alto tra i due valori medi ottenuti sulla mano destra e sulla mano sinistra, ovvero $0,79 m/s^2$.

Questo si evince anche dal grafico 4.1 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per un utilizzatore di decespugliatore (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente superiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

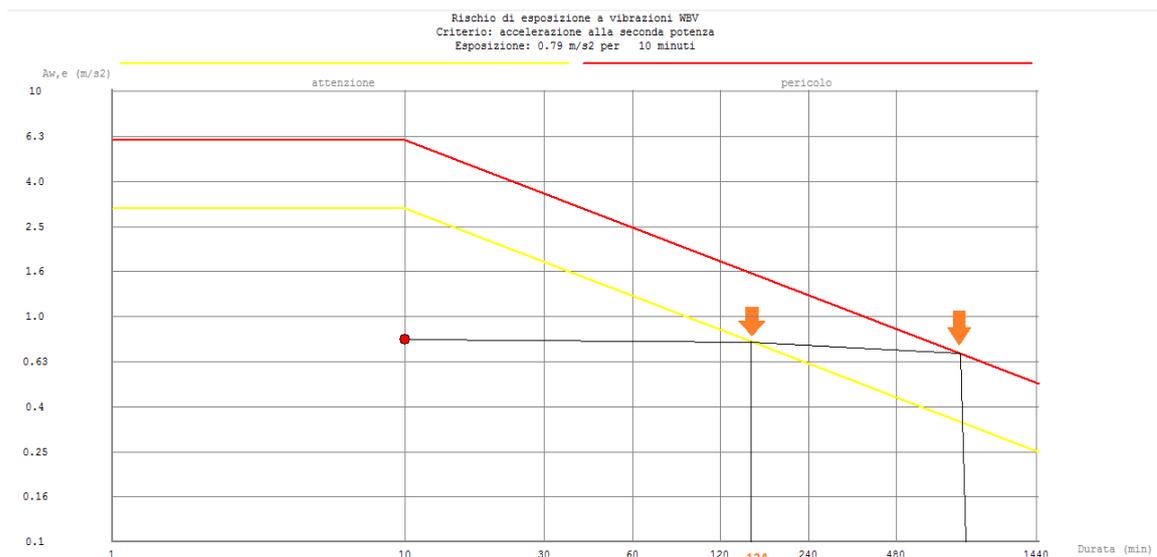


Grafico 14.1 – Livelli di vibrazioni HAV in relazione al tempo di esposizione, per il decespugliatore Shindaiwa "BP45"

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati in tabella 14.1, risulta evidente che l'esposizione a vibrazioni, in questo caso, comporta dei rischi per l'utilizzatore del decespugliatore per la spollonatura.

14.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore prodotto da decespugliatore

Per il decespugliatore Shindaiwa "BP45" il valore del parametro rilevato dal fonometro è risultato di 95,1 dB(A). Il $L_{ex,8h}$ calcolato risulta pari a 95,1 dB(A), ben al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 14.2):

Tabella 14.2 – Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccogliatrice Shindaiwa "BP45" [50]

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
95,1 dB(A)	113,1 dB(C)	5 minuti

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Al fine di procedere ad un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduti ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (Te) diversi (figura 14,3). Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 95,1 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di Te , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$: per 6 ore di esposizione pari a 94,8

dB(A); per 5 ore di esposizione pari a 93,8 dB(A); per 4 ore di esposizione pari a 93 dB(A); per 3 ore di esposizione pari a 92,1 dB(A); per 2 ore di esposizione pari a 89,1 dB(A); per 1 ora di esposizione pari a 86,1 dB(A) (grafico 14.12).

Tabella 14.3 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per il decespugliatore

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	94,8
5	300	93,8
4	240	93,0
3	180	92,1
2	120	89,1
1h 40'	100	88,3
1h 15'	75	87,0
1	60	86,1

LEX,8h

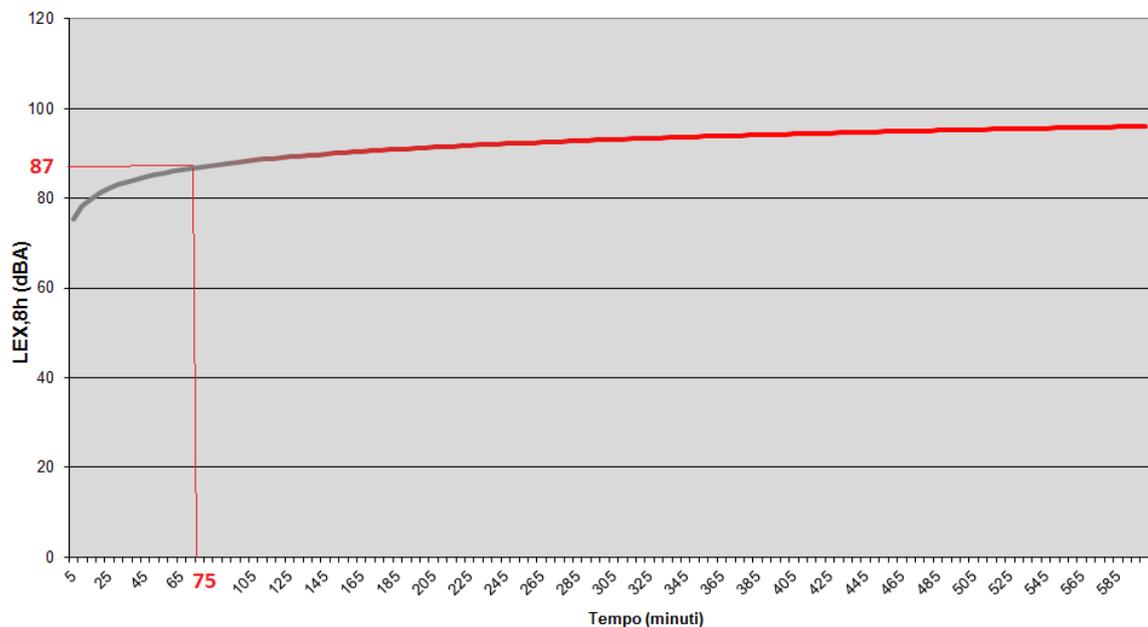


Grafico 14.2 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per il decespugliatore

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori del decespugliatore Shindaiwa "BP45" comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale. Il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI uditivi e di mantenere il livello di esposizione del lavoratore a valori inferiori a 87,0 dB(A) (art. 193 D.Lgs. 81/2008).

14.3 Calcolo dei livelli di concentrazione di CO voc's e benzene prodotti da decespugliatore

Il decespugliatore impiegato per l'analisi dei gas di scarico è sempre Shindaiwa "BP45" con miscela al 3% per 10 litri di benzina con aggiunti 2 misure (tappi) di olio (figura 14.1).



Figura 14.1 - Decespugliatore Shindaiwa "BP45"

Il rilievo dei gas di scarico è stato realizzato ponendo i monitor, MultiRAE PGM-50 Plus e l'UltraRAE PGM-7200 in un gilet appositamente foggato, in modo da garantire una maggiore precisione nel rilevamento, con diminuzione del disagio per l'operatore stesso (figura 14.2).



Figura 14. 2 - Gilet di campionamento

Per quanto riguarda l’UltraRAE PGM-7200, il rilievo non è stato continuo, ma intervallato da stop per il cambio della fiala del rilevatore. Le concentrazioni di CO, VOC e benzene sono risultate quelle riportate in tabella 14.4.

Tabella 14.4 – Concentrazioni di CO, benzene e VOC, rilevate dai gas di scarico del decespugliatore decespugliatore Shindaiwa “BP45”

	CO (ppm)	VOC (ppm)	BENZENE (ppm)
Massimo	127,9	6,7	0,1
Minimo	14,0	0,0	0,1
Media	56,9	0,6	0,1

La normativa tecnica UNI EN 689:97 e la UNI EN 482:98 stabiliscono che le concentrazioni da confrontare con i limiti sono quelle medie. Dall’osservazione della tabella 14.4 si può osservare che il valore della media della concentrazione di monossido di carbonio supera di 31,9 ppm il valore limite proposto dall’ACGIH.

La concentrazione dei VOC rilevata è inferiore al valore limite stabilito (PEL) dall’OSHA, tuttavia risulta essere superiore all’Action Level sempre dell’OSHA; Per quanto riguarda il valore medio del benzene rilevato, questo si presenta inferiore ai valori limite dell’ACGIH, ma è uguale al valore limite della TWA della NIOSH.

Come dai grafici che seguono (grafici 14.3), le concentrazioni dei tossici seguono un andamento a picchi, questo dimostra che il gas, che investe l’operatore è influenzato da molti fattori: la velocità e la direzione del vento che contribuisce ad

avvicinare o ad allontanare il gas tossico; l'umidità, infatti il vapore acqueo influenza la decomposizione del benzene in aria, l'acqua riduce maggiormente la formazione di CO rispetto alla formazione di CO₂; la carburazione delle macchine, la quale risulta più agevolata nelle macchine nuove rispetto a quelle più vecchie che di conseguenza emettono più gas di scarico; inoltre, in corrispondenza dell'accelerazione delle macchine i gas emessi aumentano; in fine il continuo movimento dell'operatore addetto alla manutenzione del verde urbano, accentua gli sbalzi di maggiore o minore concentrazione dei tossici inspirati.

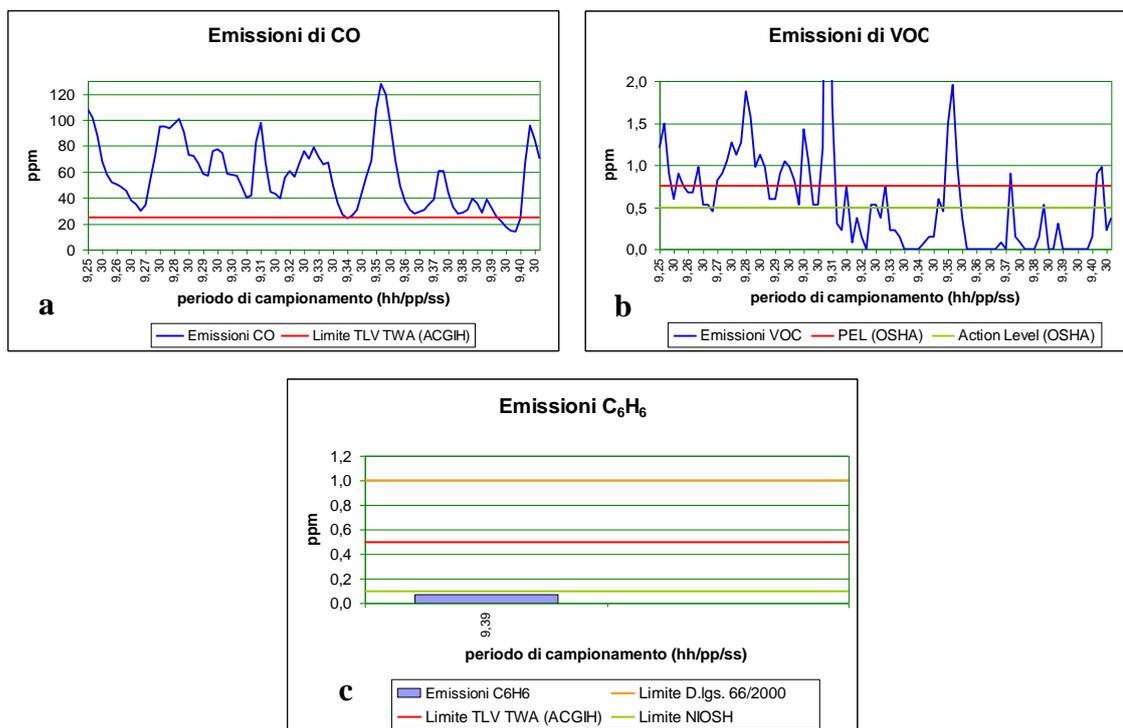


Grafico 14.3 - Emissioni di a) CO, b) VOC, c) benzene, rilevate in funzione del periodo di campionamento per il decespugliatore Shindaiwa “BP45”

Dai grafici si può osservare che l'andamento della concentrazione di monossido di carbonio ha dei picchi più accentuati all'inizio della messa in funzione dello strumento ma anche intorno alle 9,28, alle 9,31, alle 9,33 alle 9,35 e dalle 9,40 alle 9,41. La concentrazione media rilevata di VOC non supera, come già detto il limite PEL stabilito dall'OSHA, tuttavia come si può vedere dal grafico i singoli eventi di rilievo superano i limiti PEL, nell'orario compreso tra le 9,25 e le 9,21, intorno alle 9,35, ma anche tra le 9,37 e le 9,38, e tra le 9,40 e le 9,41 [12].

**Tabella 14.5 – Limiti di esposizione:
CO, Benzene e Voc's**

ACGIH			OSHA		HUD
Limiti CO ppm	Benzene		VOC's		
TLV TWA	TLV TWA	TLV STEL	PEL (Permissible Exposure Level - TWA)	Action level	Level for mobile homes
25	0,5	2,5	0,75	0,5	0,4

15 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA FASE DI CONCENTRAMENTO DELLE NOCCIOLE NELLA RACCOLTA

Prima di effettuare la raccolta delle nocciole, viene effettuata l'andatura con le macchine appositamente realizzate; tuttavia prima del passaggio di queste macchine, si procede con l'allontanamento delle nocciole dalla prossimità del tronco questa operazione può essere effettuata manualmente, utilizzando dei rastrelli, oppure con dei soffiatori a spalla. Questi espongono l'utilizzatore ai rischi di natura fisica, come le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio e al corpo intero, e il rumore, e di natura chimica, con i gas di scarico e le polveri.

Per la valutazione del rischio da rumore e vibrazioni, trasmessi al sistema mano-braccio e al corpo intero, sono state effettuate misurazioni dei livelli di emissione su sei modelli di soffiatori: Shindaiwa EB 8510, Echo PB 6000, Shibaura KB 60, Shindaiwa EB 630, Zenoah Komatsu, Efco SA 2062, dei sei modelli quello che si prende in esame per il confronto con i limiti normativi, in questa indagine è il modello Shibaura KB 60, ovvero il modello che espone il suo utilizzatore a livelli maggiori di vibrazioni e di rumore, poiché nella valutazione dei rischi si considera sempre la situazione di maggiore esposizione. Per i soffiatori i livelli di emissione sonora e di vibrazioni, derivano da dati presenti presso il laboratorio di ergonomia del dipartimento Gemini dell'Università degli Studi della Tuscia [30].



Figura 15.1 - Soffiatore spalleggiato, Shibaura KB 60

Tabella 15.1 – Caratteristiche costruttive del Soffiatore spalleggiato, Shibaura KB 60 [30]

Dimensioni		
lungh. · largh. · altez.	mm	1888 · 315 · 432
Diametro (tubo soffiaggio)	mm	70
Massa	kg	8,9
Motore		Monocilindrico a due tempi
Cilindrata	cm ³	56,5
Potenza massima	kW	2,40
Velocità motore	giri/min	6000
Volume aria	m ³ /min	18
Velocità max aria	m/s	76,5
Capacità serbatoio	L	2,0
Livello pressione sonora	dB(A)	94

15.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni prodotte dal soffiatore a spalla

Le misurazioni dei livelli di vibrazioni emesse dai soffiatori portatili a spalla sono state effettuate durante il periodo della raccolta delle nocciole sui monti Cimini e precisamente, nel 2006. I valori più rappresentativi per la valutazione del livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni, normalizzata alle 8 ore lavorative, trasmesse al sistema mano-braccio (HAV), ottenuti tramite misurazione diretta, sono mostrati nella

tabella che segue (tabella 15.2). Si riportano i valori numerici delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinate sui tre assi ortogonali (a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z}) ed il corrispondente $A_{(w)SUM}$ ottenuto, in questo caso (HAV), sulla base della radice quadrata della somma dei quadrati dei valori quadratici medi, delle sopra citate accelerazioni ponderate in frequenza sui tre assi ortogonali [30].

Tabella 15.2– Entità delle vibrazioni relative al corpo intero (HAV_{SALUTE}), rilevate per il Soffiatore spalleggiato, Shibaura KB 60 [30]

<i>Sistema mano-braccio HAV</i>				
Modello	Condizioni operative	A (8) rif. T _e = 7 h (m/s ²)	A _{(w)SUM} (m/s ²) = A(8) rif. T _e = 8h	a _{hw} max (m/s ²)
Shibaura KB 60	regime minimo	0,85	0,90	1,32
	regime massimo	0,32	0,34	0,60
	regime lavoro	0,40	0,42	0,79

Come si può notare dalla tabella 15.2, si ha il superamento dei limiti di esposizione, il valore che viene considerato e confrontato con la normativa di riferimento è di 0,79 m/s², ovvero il valore più alto dei valori medi della mano destra e della mano sinistra [30].

Questo si evince anche dal grafico 15.1 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per un utilizzatore del soffiatore Shibaura KB 60 (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente superiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

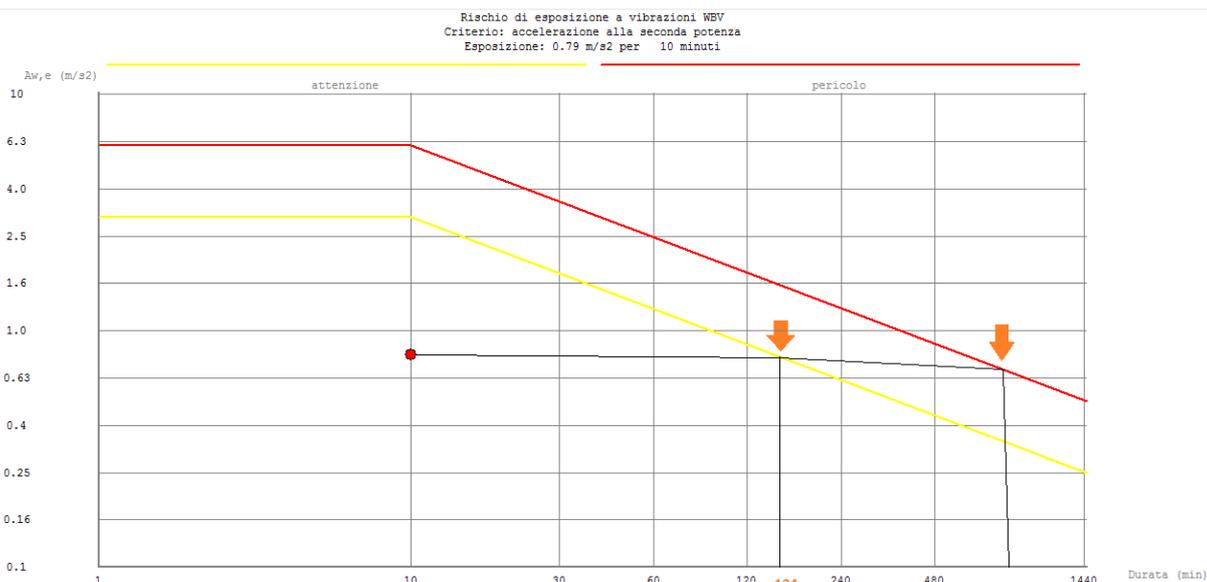


Grafico 15.1 – Livelli di vibrazioni HAV in relazione al tempo di esposizione, per il soffiatore spalleggiato

Riassumendo, evidente che l'esposizione a vibrazioni, in questo caso, comporta dei rischi causati dalle vibrazioni HAV per l'utilizzatore del soffiatore spalleggiato.

L'operatore addetto all'utilizzo di soffiatori è esposto non solo a vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio, ma anche al corpo intero poiché il motore del soffiatore poggia direttamente sulle spalle.

Nella tabella 15.3 si riportano i valori più rappresentativi per la valutazione del livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni, normalizzata alle 8 ore lavorative, trasmesse, al corpo intero (WBV) [30].

Tabella 15.3 – Entità delle vibrazioni relative al corpo intero (WBV_{SALUTE}) [30]

<i>Corpo intero WBV_{SALUTE}</i>					
Modello	Condizioni operative	A (8) rif. T _e =7 h (m/s ²)	A _(w) (m/s ²) = A(8) rif. T _e = 8h	Asse più Sollecitato	
Shibaura KB 60	regime minimo	0,66	0,70	awx	0,876
	regime massimo	0,92	0,98	awy	0,701
	regime lavoro	0,97	1,04	awy	0,743

Anche per il corpo intero, l'operatore è esposto ad un livello di vibrazioni superiore al limite di riferimento, come si può notare dalla tabella 15.3, il valore che viene considerato viene confrontato con la normativa di riferimento ($0,74 \text{ m/s}^2$.)

Il grafico 15.2 illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per un utilizzatore del soffiatore Shibaura KB 60 (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente superiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

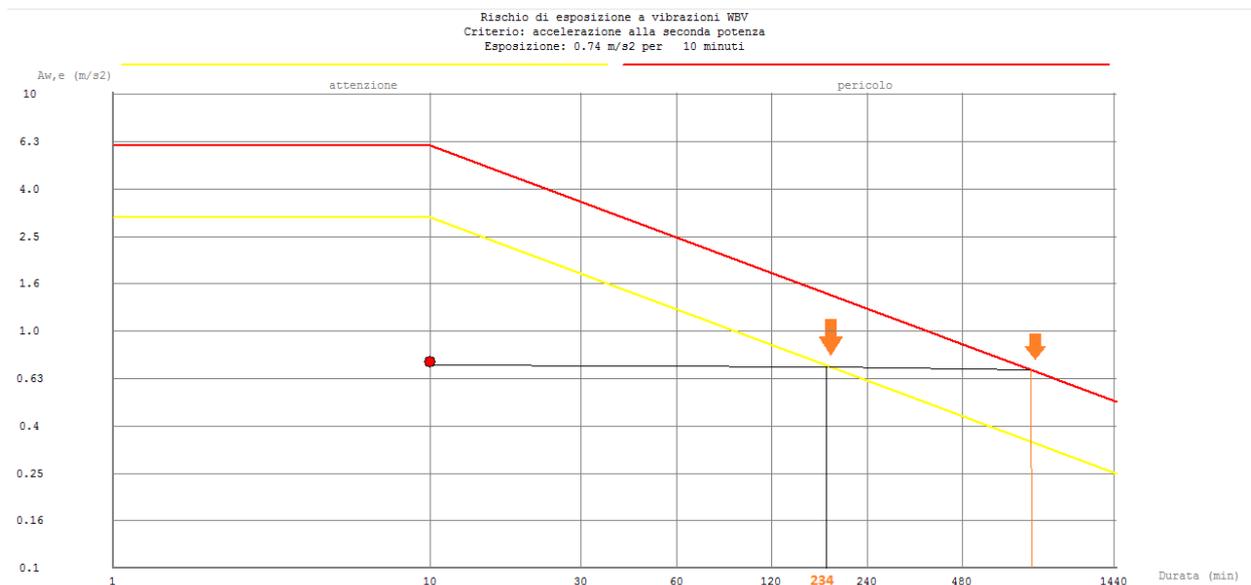


Grafico 15.2 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per il soffiatore spalleggiato

L'operatore che utilizza il soffiatore Shibaura KB 60 per periodo di pari o superiore a 4 ore di lavoro giornaliero è esposto al rischio da vibrazioni trasmesse al corpo intero.

15.2 calcolo del valore di esposizione a rumore prodotto dal soffiatore a spalla

Per il soffiatore Shibaura KB 60 il valore del parametro rilevato dal fonometro è di 96,1 dB(A).

Il T_e tempo di esposizione al rumore del soggetto, T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore.

Il $L_{ex,8h}$ calcolato risulta pari a 96,1 dB(A), al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), [30] che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 15.4):

Tabella 15.4- Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per il soffiatore a spalla

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
96,1 dB(A)	114,2 dB(C)	5 minuti

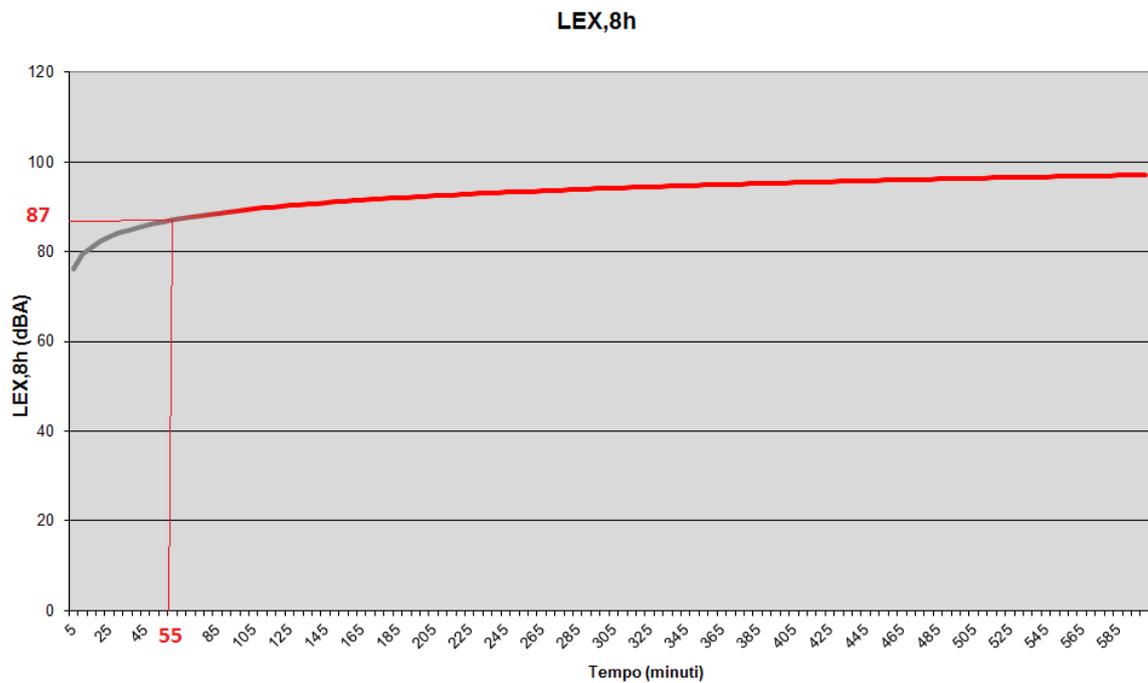
Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Al fine di procedere ad un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduto ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (Te) diversi (grafico15.3). Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 96,1 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di Te , sono stati calcolati i $L_{ex,8h}$: per 6 ore di esposizione pari a 94,8; per 5 ore di esposizione pari a 94 dB(A); per 4 ore di esposizione pari a 93 dB(A); per 3 ore di esposizione pari a 91,8 dB(A); per 2 ore di esposizione 90 dB(A); per 1 ora di esposizione pari a 87 dB(A) (tabella 15.5), al di sopra di tale valore il livello di rischio, per gli utilizzatori dei soffiatori a spalla, diventa inaccettabile: il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI uditivi nel mantenere il livello di esposizione del lavoratore a valori inferiori ad 87,0 dB(A) (art. 193 D.Lgs. 81/2008).

**Tabella 15.5 - Valori di Lex,8h
calcolati con tempi di esposizione (Te) differenti**

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	94,8
5	300	94,0
4	240	93,0
3	180	91,8
2	120	90,0
1h 40'	100	89,0
>1	55	87,0



**Grafico 15.3 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione,
per il soffiatore spalleggiato**

16 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA FASE DI CONCENTRAMENTO CON ANDANATRICE

L'andanatura è l'operazione che precede la raccolta delle nocciole essa viene effettuata con le macchine andanatrici. Queste macchine agevolano la raccolta, concentrando le nocciole in andane o file. Tali macchine espongono l'operatore ad ulteriori rischi di natura fisica con vibrazioni e rumore, di natura chimica con polveri. Non si parla di gas di scarico, in quanto sono macchine con motore a quattro tempi e inoltre la fonte di emissione non è in prossimità delle vie respiratorie, come invece avviene per le attrezzature portatili.

16.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni prodotte dall'andanatrice

Per l'andanatrice (motofalciatrice Zucchella adattata ad andanatrice) sono state eseguite tre misurazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi è il valore medio delle tre misurazioni. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficiente k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per l'andanatrice i valori rilevati nella prima, nella seconda e nella terza misurazione sono i seguenti:

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,22 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,21 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,26 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni ovvero $0,23 \text{ m/s}^2$.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Nelle seguenti misure il tempo di esposizione è stato posto pari a otto ore di lavoro giornaliero. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,23 \text{ m/s}^2$ non si ha pertanto il superamento del livello di azione né del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 . Questo si evince anche dalla grafico 16.1 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per l'utilizzatore dell'andanatrice (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente inferiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata

dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

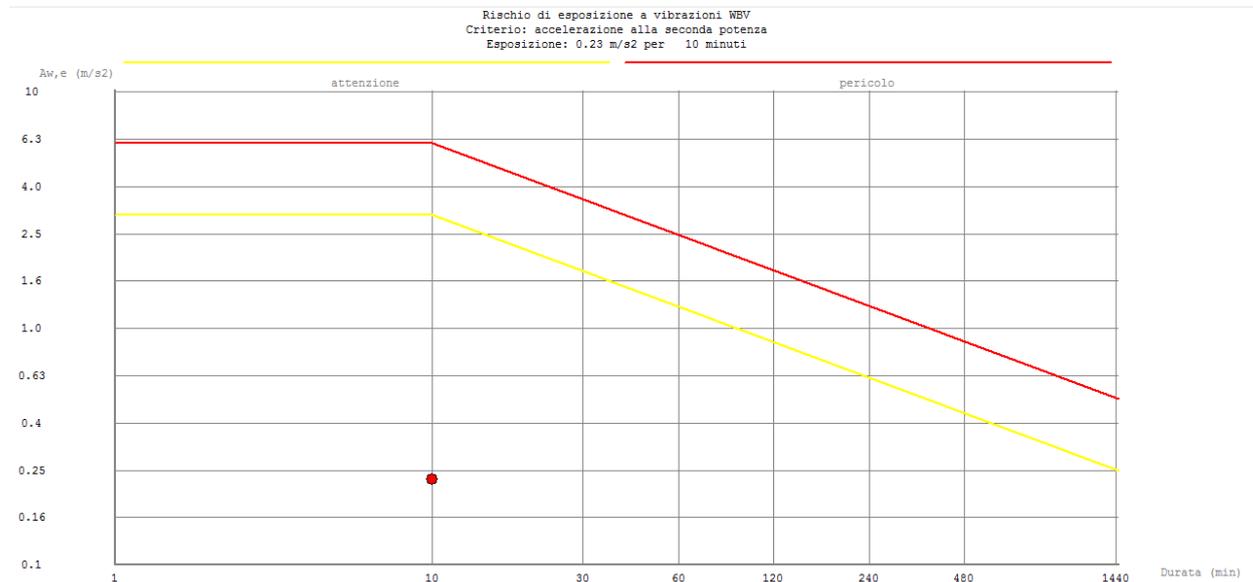


Grafico 16.1 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la macchina andanatrice

Riassumendo, dai dati rilevati risulta evidente che l'esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, per gli utilizzatori dell'andanatrice non comporta dei rischi.

Tabella 16.1 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per l'andanatrice

Macchina	Andanatrice
A(8) m/s ² livello d'azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,23 m/s ²

16.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore prodotto

Per l'andanatrice il valore del parametro rilevato dal fonometro è di 88,65. dB(A) T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto, è pari a 8 ore per gli utilizzatori dell'andanatrice; T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore;

Il $L_{ex,8h}$ calcolato risulta pari a 88,7 dB(A), al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con

LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 16.2):

Tabella 16.2 - Valori rilevati

L_{Aeq} rilevato	L_{Cpk} rilevato	Tempo di misura
88,7 dB(A)	110,7 dB(C)	5 minuti

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Al fine di procedere ad un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduti ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (Te) diversi (tabella 16.3) [31]. Utilizzando quindi il valore di L_{Aeq} rilevato, 88,7 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di Te , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione pari a 87,4 dB(A); 5 ore di esposizione pari a 86,6 dB(A); al di sopra di tale valore il livello di rischio, per gli utilizzatori dei soffiatori a spalla, diventa inaccettabile e il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI uditivi nel mantenere il livello di esposizione del lavoratore a valori inferiori ad 87,0 dB(A) (art. 193 D.Lgs. 81/2008).

Tabella 16.3 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per l'andatrice

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	87,4
5h 30'	330	87,0
5	300	86,6

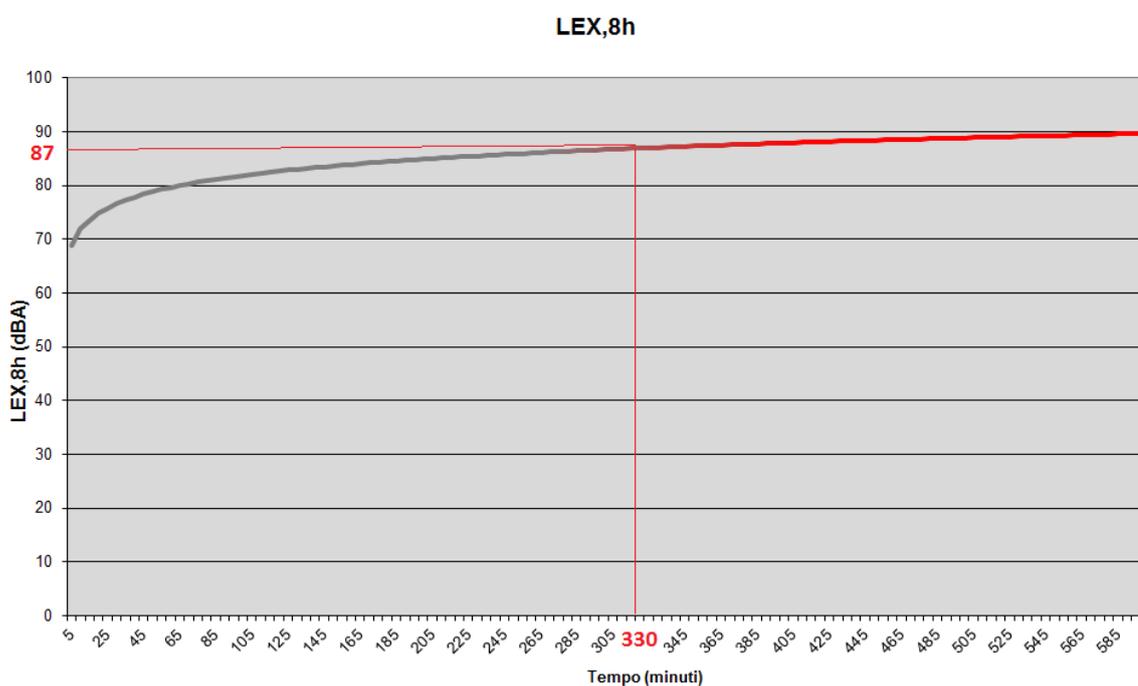


Grafico 16.2 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per l'andatrice

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina andatrice (motofalciatrice Zucchella adattata ad andatrice) comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale.

17 - VALUTAZIONE DEI RISCHI DURANTE LA RACCOLTA MECCANIZZATA

La raccolta meccanizzate, che può essere effettuata con vari tipi di macchine, semoventi o trainate azionate con la presa di potenza, espone inevitabilmente l'operatore a molteplici rischi, oltre a quelli meccanici, come il ribaltamento o nelle macchine azionate da pdp, quelli derivanti dall'albero cardanico o da altri organi in movimento. I rischi ai quali è sottoposto l'utilizzatore delle macchine raccogliatrici possono essere anche: di natura fisica, vibrazioni e rumore, di natura chimica come le polveri.

17.1 Macchina raccogliatrice Cassinelli TR180

17.1.1 Calcolo del valore di esposizione a WBV trasmesse dalla Cassinelli TR180

Per la macchina Cassinelli TR180 sono state eseguite tre misurazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi è il valore medio delle tre misurazioni, eseguite sulla macchina raccogliatrice. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficienti k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per la Cassinelli TR180 i valori rilevati dalla prima, nella seconda e nella terza misurazione sono i seguenti:

prima misurazione:

asse delle x	$0,23 \cdot 1,40 = 0,32 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,19 \cdot 1,40 = 0,26 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,32 \cdot 1 = 0,32 \text{ m/s}^2$

seconda misura:

asse delle x	$0,27 \cdot 1,40 = 0,38 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,28 \cdot 1,40 = 0,39 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,24 \cdot 1 = 0,24 \text{ m/s}^2$

terza misura:

asse delle x	$0,30 \cdot 1,40 = 0,42 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,25 \cdot 1,40 = 0,35 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,80 \cdot 1 = 0,80 \text{ m/s}^2$

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,32 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,39 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,79 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni $0,50 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della Cassinelli TR180 possono essere esposti. T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Nelle seguenti misure il tempo di esposizione è stato posto pari a otto ore di lavoro giornaliera. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di 0.50 m/s^2 si ha pertanto un superamento del livello di azione mentre non si ha il superamento del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 . Questo si evince anche dal grafico 17.1 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per l'utilizzatore della Cassinelli TR180 (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia inferiore al livello di attenuazione per tempi di esposizione inferiori a 260 minuti. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

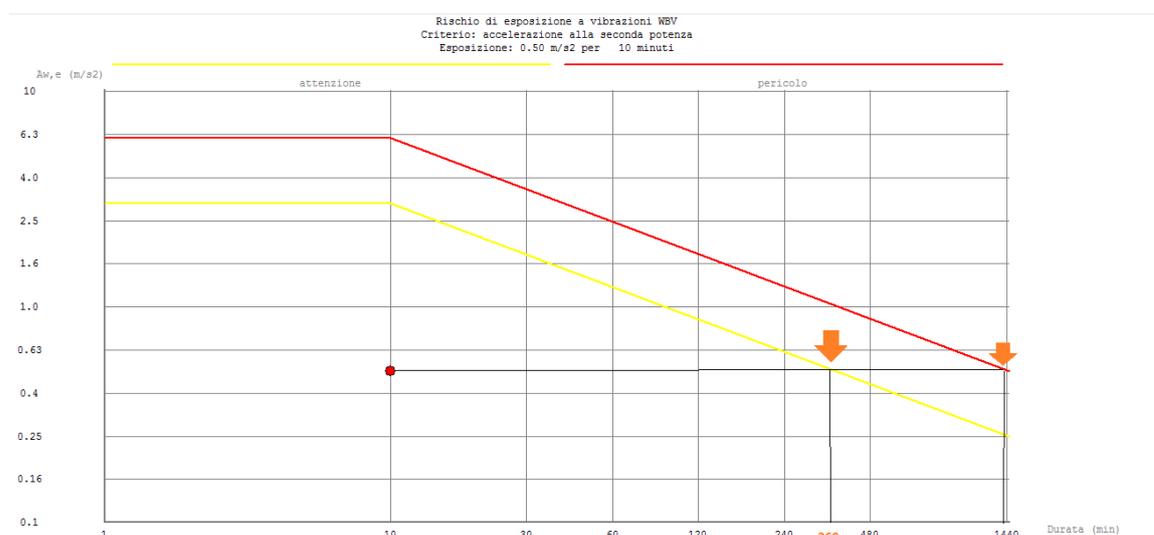


Grafico 17.1 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliatrice Cassinelli TR180

Segue la tabella relativa ai valori misurati con lo strumento per il campionamento i cui livello misurati sono maggiori. Come si può vedere di seguito, le time history, illustrano il valore dell'accelerazione rilevato in ogni istante di tempo durante l'intera misura.

Tabella 17.1 – Esempio di valori registrati dallo strumento durante il campionamento

Serial Number:	01147	Start:	07 Sep 2010 17:47:20
Model Number:	LARSON DAVIS HVM100	Stop:	07 Sep 2010 17:48:18
Operating Mode:	Whole Body	Run Time:	00:00:58
Integration:	None	Averaging:	1 second
Weighting X:	Wd Horizontal-XY	Exposure Reference:	2.8 m/s ²
Weighting Y:	Wd Horizontal-XY	Sum Factor X:	1.40
Weighting Z:	Wk Vertical-Z	Sum Factor Y:	1.40
Sensitivity X:	108.2 mV/g	Sum Factor Z:	1.00
Sensitivity Y:	102.0 mV/g	Gain X:	20 dB
Sensitivity Z:	101.8 mV/g	Gain Y:	20 dB
Number TH Samples:	58	Gain Z:	20 dB

	Channel X	Channel Y	Channel Z	Sum	Units
Aeq	.30300	.24700	.79900	.96500	m/s ²
Amax	1.0700	.75800	3.3400	3.3800	m/s ²
Amp	2.0900	1.5600	17.400	17.400	m/s ²
Amin	.04940	.05800	.11800	.18800	m/s ²
VDV	1.7	1.2	6.9	6.9	
CFmp	6.9	6.3	21.8	18.0	
CFmp (dB)	16.8	16.0	25.8	25.1	dB

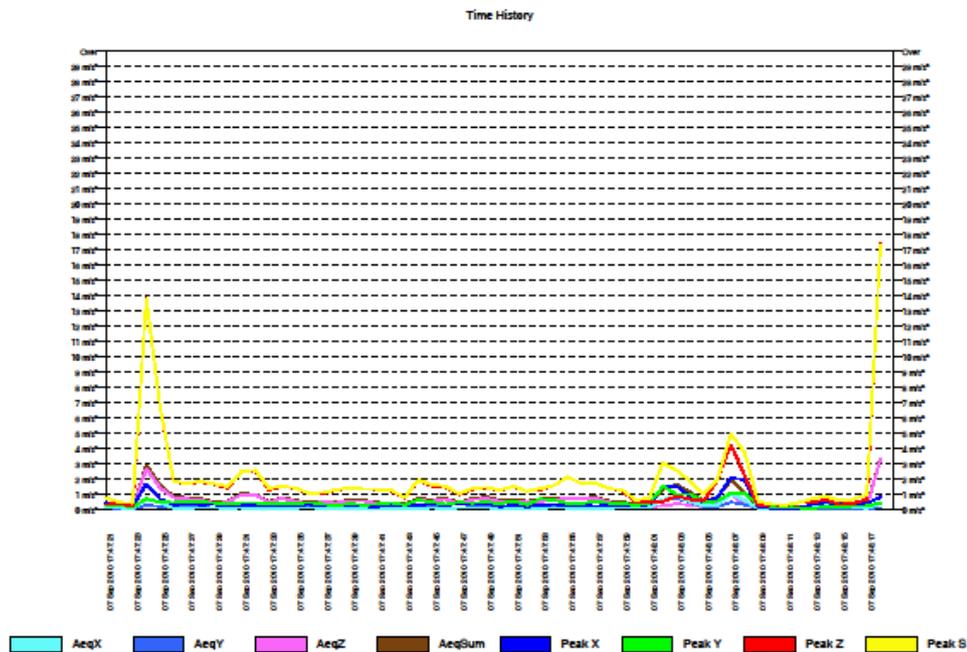


Grafico 17.2 - Esempio di *time history* dei valori rilevati sull'asse x, y, z nei primi tre minuti del campionamento

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati risulta evidente che l'esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, comporta dei rischi per l'utilizzatore della macchina raccogliatrice Cassinelli.

Tabella 17.2 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccogliitrice Cassinelli TR 180

Macchina	Cassinelli TR 180
A(8) m/s ² livello d'azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,50 m/s ²

Infatti il valore di esposizione a vibrazioni ricavato dalle indagini strumentali è di 0.50 ovvero uguale al livello d'azione previsto dalla normativa mentre risulta inferiore al livello giornaliero sempre previsto dalla normativa.

Il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI

17.1.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Cassinelli TR180

Per il rumore, sulla macchina Cassinelli TR180 sono state eseguite tre misurazioni, il tempo per ogni misurazione è stato di 5 minuti, delle tre misurazioni il valore che si è considerato è il valore medio pari a 89,7 dB(A). nella prima misurazione il valore riscontrato è stato pari a 89,2 dB(A), nella seconda 89,2 dB(A), nella terza 90,8 dB(A).

T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto, risulta essere pari a 8 ore (tempo massimo stimato per le ore di lavoro giornaliero); T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore; Il $L_{ex,8h}$ così calcolato risulta pari a 8,7 dB(A), al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A). In ognuna delle tre misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 17.3):

Tabella 17.3 – Livelli di rumore rilevati per la macchina raccogliitrice Cassinelli TR180

L _{Aeq} rilevato	L _{Cpk} rilevato	Tempo di misura
89,2 dB(A)	110,1 dB(C)	5 minuti
89,2 dB(A)	110,1 dB(C)	5 minuti
90,8 dB(A)	109,0 dB(C)	5 minuti
89,7 dB(A)	109,7 dB(C)	Valore medio

Al fine di procedere ad un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduti ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (Te) diversi. Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 89,7 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di Te , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione pari a 88,5 dB(A); 5 ore di esposizione pari a 87,7 dB(A); 4 ore di esposizione pari a 86,7 dB(A).

Tabella 17.4 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Cassinelli TR180

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	$L_{ex,8h}$ dB(A)
6	360	88,5
5	300	87,7
4 h e 20'	260	87,0
4	240	86,7

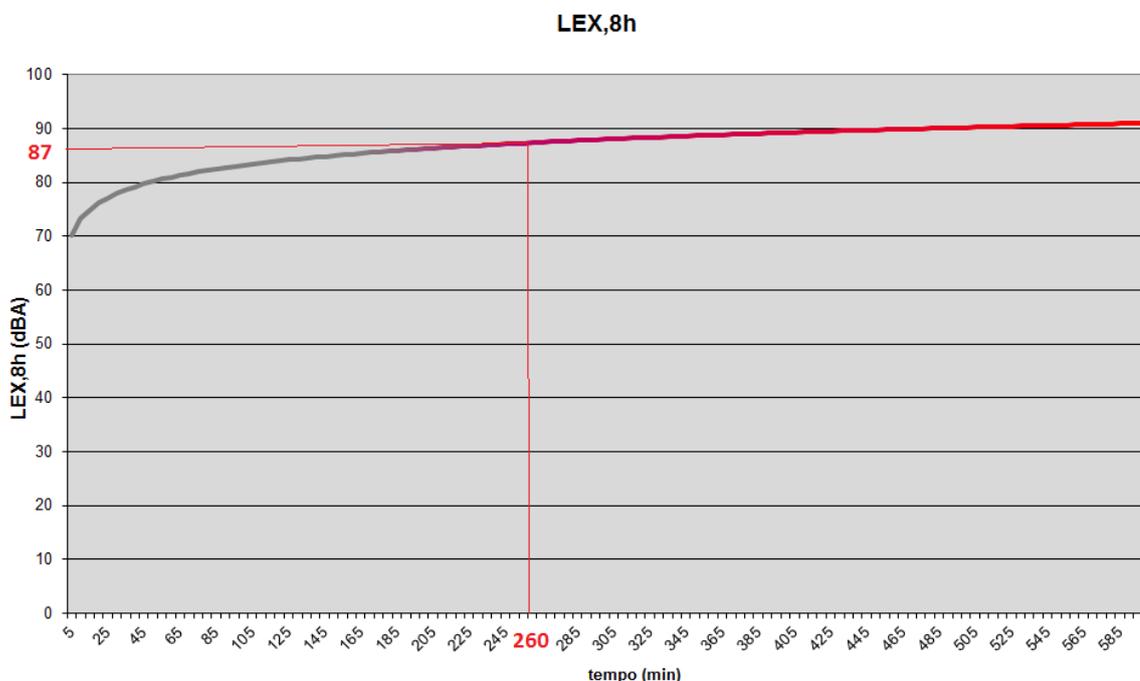


Grafico 17.3 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Cassinelli TR180

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite, sulla macchina raccogliitrice delle nocciole Cassinelli TR180, è stato di 89,7 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e pertanto superiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Mentre il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 109,7 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 4 ore e 20 minuti.

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina raccogliitrice Cassinelli TR180 comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale.

17.1.3 Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole

I risultati del campionamento delle polveri, relativi alla raccogliitrice Cassinelli TR 180, sono riportati nella tabella che segue 17.5.

Sono stati effettuati in assenza di precipitazioni, condizione che se da un lato ha facilitato la raccolta, come auspicano sempre i corilicoltori, dall'altro ha favorito lo sviluppo delle polveri durante le operazioni.

Tabella 17.5 – Risultati delle concentrazioni di polvere prodotte dalla raccogliitrice Cassinelli TR180.

Macchina Cassinelli TR180		
<i>Campionatore</i>	<i>ciclone</i>	
Massa iniziale	0,0253	g
Massa finale	0,0254	g
ΔM	0.0001	g
Correzione umidità	0,0001	g
ΔM corretto	0,0002	g
Tempo	2160	s
Portata	2	l/min
Volume campionato	72	litri
esposizione	2,8	mg/m³

Come è possibile notare dal grafico, la concentrazione di polvere riscontrata in questa indagine sperimentale è pari a 2,8 mg/m³, se tale valore lo confrontiamo con i limiti proposti dall'A.C.G.I.H. osserviamo che il valore da noi misurato risulta inferiore al limite di soglia della frazione respirabile.

17.2 Macchina raccogliitrice Chianchia

17.2.1 Calcolo del valore di esposizione a WBV trasmesse dalla Chianchia

Per la macchina Chianchia sono state eseguite tre misurazioni dei livelli di vibrazione. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi, è il valore medio delle tre misurazioni, eseguite sulla macchina raccogliitrice. Ogni misura è costituita da tre parametri, che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficienti k, come già visto in precedenza; da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per la Chianchia i valori riscontrati nella prima, nella seconda e nella terza misurazione sono i seguenti:

prima misurazione:

$$\begin{aligned} \text{asse delle x} & \quad 0,27 \cdot 1,40 = 0,36 \text{ m/s}^2 \\ \text{asse delle y} & \quad 0,20 \cdot 1,40 = 0,28 \text{ m/s}^2 \\ \text{asse delle z} & \quad 0,35 \cdot 1 = 0,35 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

seconda misura:

asse delle x	$0,22 \cdot 1,40 = 0,30 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,19 \cdot 1,40 = 0,26 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,32 \cdot 1 = 0,32 \text{ m/s}^2$

terza misura:

asse delle x	$0,22 \cdot 1,40 = 0,30 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,20 \cdot 1,40 = 0,28 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,30 \cdot 1 = 0,30 \text{ m/s}^2$

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,36 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,32 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,30 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni $0,33 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della Chianchia possono essere esposti.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Nelle seguenti misure il tempo di esposizione è stato posto pari a otto ore di lavoro giornaliero. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,33 \text{ m/s}^2$: non si ha pertanto il superamento del livello di azione né si ha il superamento del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 (tabella 17.7). Questo si evince anche dalla grafico 17.4 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni sulla macchina raccoglitrice Chianchia (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente inferiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

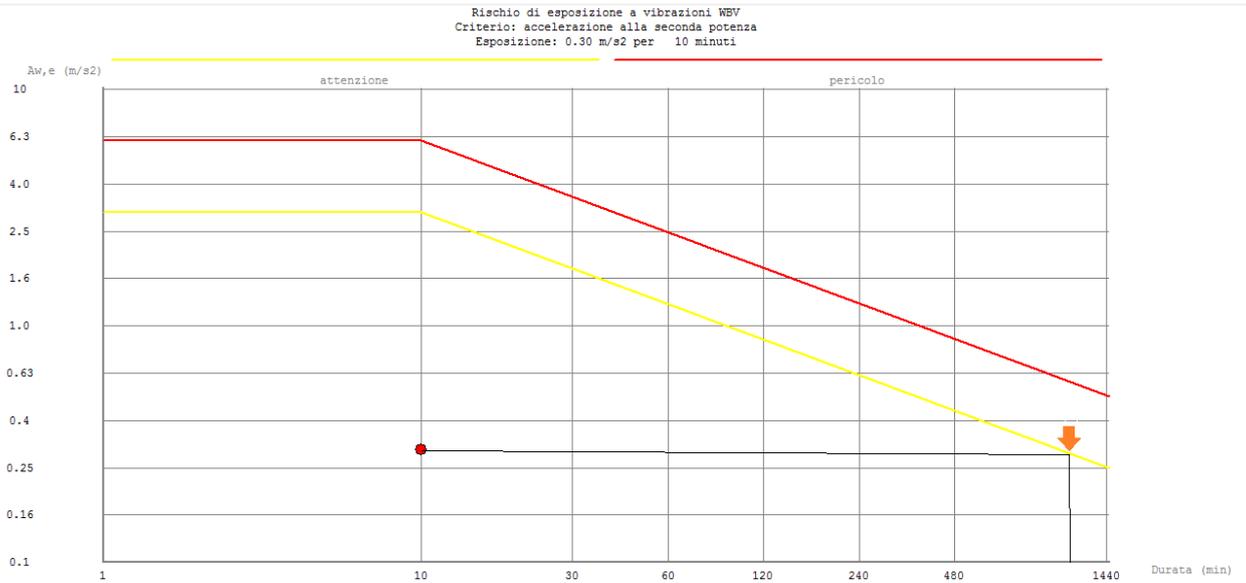


Grafico 17.4 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la macchina raccoglitrice Chianchia

Segue la tabella (17.6) relativa ai valori misurati con lo strumento, per il campionamento i cui livelli misurati sono maggiori. Come si può vedere di seguito, le time history illustrano il valore dell'accelerazione rilevato in ogni istante di tempo durante l'intera misura.

Tabella 17.6 - Esempi di valori registrati dallo strumento durante il campionamento

Serial Number:	01147	Start:	07 Sep 2010 17:47:20
Model Number:	LARSON DAVIS HVM100	Stop:	07 Sep 2010 17:48:18
Operating Mode:	Whole Body	Run Time:	00:00:58
Integration:	None	Averaging:	1 second
Weighting X:	Wd Horizontal-XY	Exposure Reference:	2.8 m/s ²
Weighting Y:	Wd Horizontal-XY	Sum Factor X:	1.40
Weighting Z:	Wk Vertical-Z	Sum Factor Y:	1.40
Sensitivity X:	108.2 mV/g	Sum Factor Z:	1.00
Sensitivity Y:	102.0 mV/g	Gain X:	20 dB
Sensitivity Z:	101.8 mV/g	Gain Y:	20 dB
Number TH Samples:	58	Gain Z:	20 dB

	Channel X	Channel Y	Channel Z	Sum	Units
Aeq	.30300	.24700	.79900	.96500	m/s ²
Amax	1.0700	.75800	3.3400	3.3800	m/s ²
Amp	2.0900	1.5600	17.400	17.400	m/s ²
Amin	.04940	.05800	.11800	.18800	m/s ²
VDV	1.7	1.2	6.9	6.9	
CFmp	6.9	6.3	21.8	18.0	
CFmp (dB)	16.8	16.0	26.8	25.1	dB

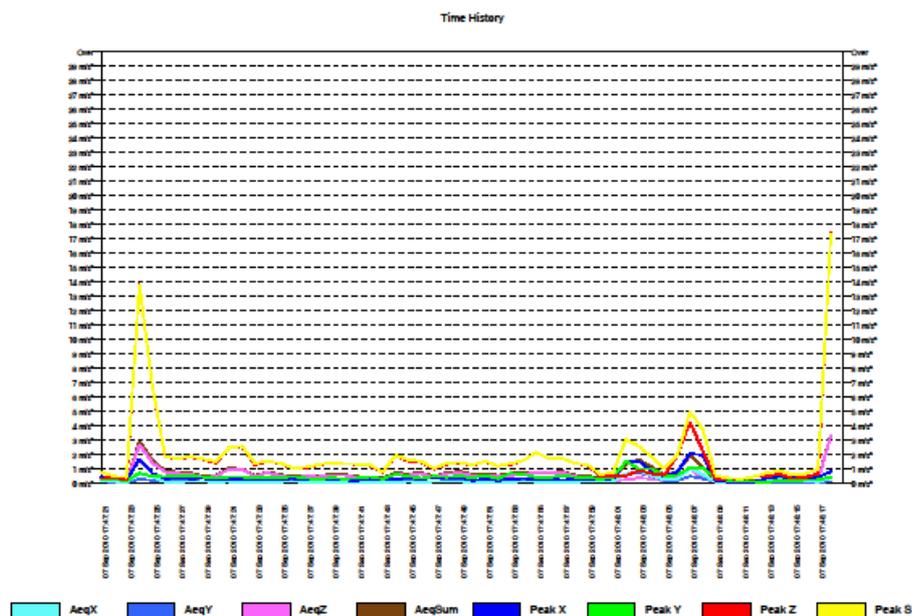


Grafico 17.5 – Esempio di *time history* dei valori rilevati sull’asse x, y, z nei primi tre minuti del campionamento

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati, risulta evidente che l’esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, non comporta dei rischi per l’utente della macchina raccogliitrice Chianchia.

Tabella 17.7 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccogliitrice Chianchia

Macchina	Chianchia
A(8) m/s ² livello d’azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,33 m/s ²

Infatti il valore di esposizione a vibrazioni ricavato dalle indagini strumentali, è di 0.33 inferiore al livello d’azione previsto dalla normativa.

17.2.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla raccogliitrice Chianchia

Per il rumore rilevato sulla macchina raccogliitrice della Chianchia sono state eseguite tre misurazioni, più una eseguita a macchina spenta, misurando il livello di emissione sonora del trattore. I tre valori di LAeq rilevati sono stati di 94,9 dB(A) il primo, di 95 dB(A) il secondo e di 90,7 dB(A) il terzo, il valore considerato è stato il valore medio tra le tre misurazioni, ovvero 93,5 dB(A); mentre il valore di LAeq per il trattore con la macchina raccogliitrice inattiva è stato pari a 88,3 dB(A);

T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto, la misure di esposizione al rumore, risulta essere pari a 8 ore (tempo massimo stimato per le ore di lavoro giornaliera); T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore;

gli $L_{ex,8h}$ così calcolati risultano pari a: 93,5 dB(A) con la raccogliitrice attiva, e di 88 con la raccogliitrice inattiva. In ognuna delle misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 18.8):

Tabella 17.8 – Livelli di rumore rilevati per la raccogliitrice Chianchia

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
94.9 dB(A)	114,0 dB(C)	5 minuti
9,05 dB(A)	114,5 dB(C)	5 minuti
90,7	111,62	5 minuti
93,5 dB(A)	113,4 dB(C)	Media

Tabella 17.9 – Livello di rumore rilevato con la raccogliitrice Chianchia inattiva

LAeq rilevato trattore	LCpk rilevato	Tempo di misura
88,31 dB(A)	108,76 dB(C)	5 minuti

Per un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, sono stati misurati i valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (T_e) diversi. Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 93,5 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di T_e , (tabella 17.10) attraverso il calcolo precedentemente descritto, si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione 92,3 dB(A); 5 ore di esposizione pari a 93 dB(A); 4 ore di esposizione pari a 92 dB(A); 3 ore di esposizione pari a 90 dB(A); 2 ore di esposizione 87,5 dB(A); 1 ora e 40 minuti di esposizione pari a 86,7 dB(A)

Tabella 17.10 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, con raccoglitrice Chianchia attiva

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	92,3
5	300	91,5
4	240	92,0
3	180	89,2
2	120	87,5
1h 50'	110	87,0
1h 40'	100	86,7

LEX,8h

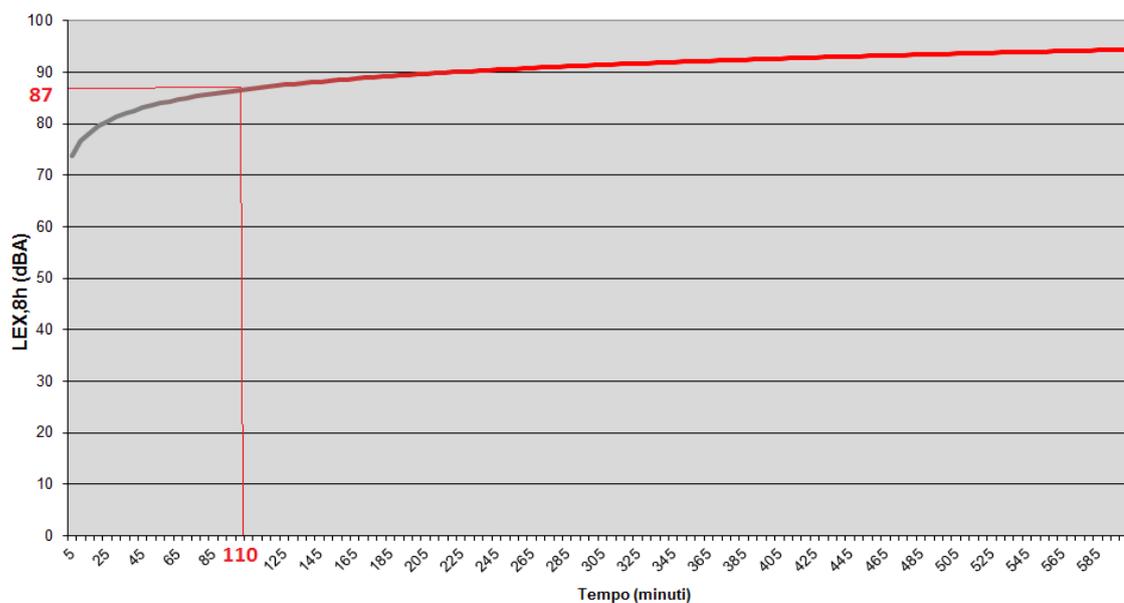


Grafico 17.6 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, con raccoglitrice Chianchia attiva

Tabella 17.11 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, con raccoglitrice Chianchia inattiva

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	87,1
5	300	86,3
4	240	85,3
3	180	84,1

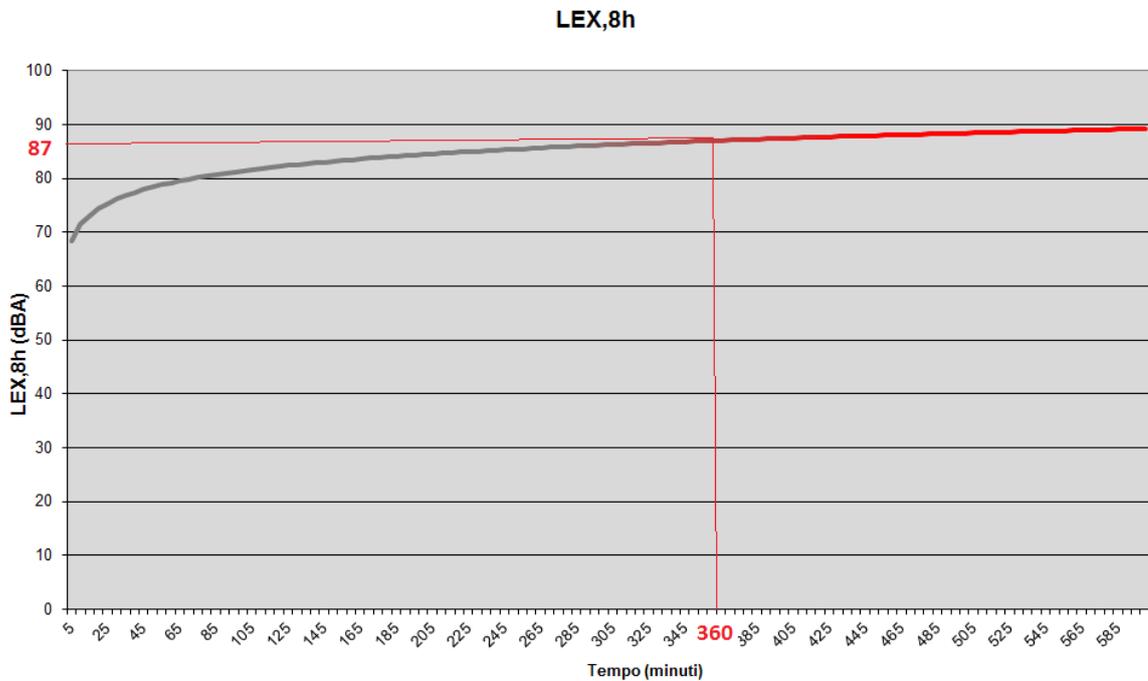


Grafico 17.7 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, con raccoglitrice Chianchia inattiva

I livelli di rumore in funzione del tempo misurati con la macchina raccoglitrice inattiva sono stati i seguenti per: 6 ore di esposizione è risultata un'esposizione pari a 86,8 dB(A); 5 ore di esposizione pari a 86.3 dB(A);; 4 ore di esposizione pari a 85.3 dB(A); anche in questo caso per valori di esposizione al di sopra di tale valore il livello di rischio; per gli utilizzatori dei soffiatori a spalla, diventa inaccettabile;

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite sulla macchina raccogliitrice delle nocciole Chianchia, è stato di 93,5 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e maggiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Mentre il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 113,4 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 1ora e 10 minuti giornaliere, al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A)

Riassumendo, dai dati rilevati risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina raccogliitrice Chianchia comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale.

17.3 Macchina raccogliitrice Cimina 300

17.3.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesse dalla Cimina 300

Per la macchina Cimina 300 sono state eseguite tre misurazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi, è il valore medio delle tre misurazioni, eseguite sulla macchina raccogliitrice. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficienti k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per la Cimina 300 i valori rilevati dalla prima, dalla seconda e dalla terza misurazione sono i seguenti:

prima misurazione:

asse delle x	$0,12 \cdot 1,40 = 0,17 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,14 \cdot 1,40 = 0,20 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ m/s}^2$

seconda misura:

asse delle x	$0,16 \cdot 1,40 = 0,20 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,15 \cdot 1,40 = 0,21 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,23 \cdot 1 = 0,23 \text{ m/s}^2$

terza misura:

asse delle x	$0,12 \cdot 1,40 = 0,17 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,11 \cdot 1,40 = 0,15 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,21 \cdot 1 = 0,21 \text{ m/s}^2$

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,25 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,23 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,21 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni $0,21 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della Cimina 300 possono essere esposti.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Si è considerato che gli addetti alla raccolta delle nocciole lavorino per un periodo pari a otto giornaliere. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,21 \text{ m/s}^2$: non si ha pertanto il superamento del livello di azione né del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 (tabella 5). Questo si evince anche dalla grafico 17.8 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per gli utilizzatori della Cimina 300 (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente inferiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

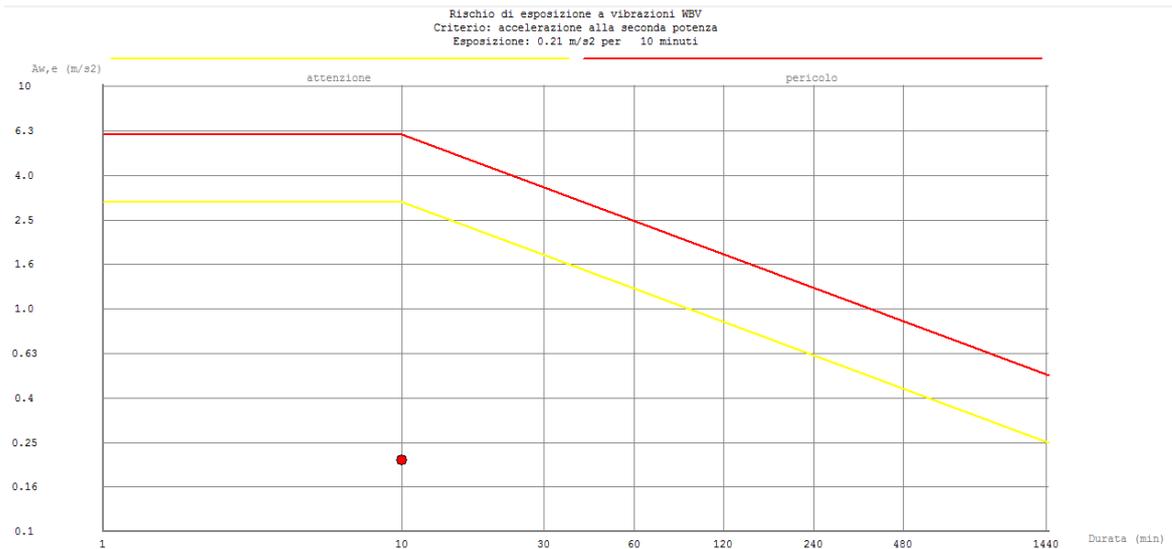


Grafico 17.8 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la macchina raccogliatrice Cimina 300

Segue la tabella 17.12 relativa ai valori misurati con lo strumento, per il campionamento, i cui livelli misurati sono maggiori. Come si può vedere di seguito, le time history illustrano il valore dell'accelerazione rilevato in ogni istante di tempo durante l'intera misura.

Tabella 17.12- Esempio di valori registrati dallo strumento durante il campionamento

Serial Number:	01147	Start:	07 Sep 2010 12:06:07
Model Number:	LARSON DAVIS HVM100	Stop:	07 Sep 2010 12:07:12
Operating Mode:	Whole Body	Run Time:	00:01:05
Integration:	None	Averaging:	1 second
Weighting X:	Wd Horizontal-XY	Exposure Reference:	2.8 m/s ²
Weighting Y:	Wd Horizontal-XY	Sum Factor X:	1.40
Weighting Z:	Wk Vertical-Z	Sum Factor Y:	1.40
Sensitivity X:	108.2 mV/g	Sum Factor Z:	1.00
Sensitivity Y:	102.0 mV/g	Gain X:	20 dB
Sensitivity Z:	101.8 mV/g	Gain Y:	20 dB
Number TH Samples:	65	Gain Z:	20 dB

	Channel X	Channel Y	Channel Z	Sum	Units
Aeq	.12400	.11100	.20600	.31100	m/s ²
Amax	22500	24400	50800	58700	m/s ²
Amp	55900	49600	1.1300	1.1400	m/s ²
Amin	.07380	.06030	.14300	.20900	m/s ²
VDV	0.5	0.4	0.8	1.1	
CFmp	4.5	4.5	5.5	8.7	
CFmp (dB)	13.1	13.0	14.8	11.3	dB

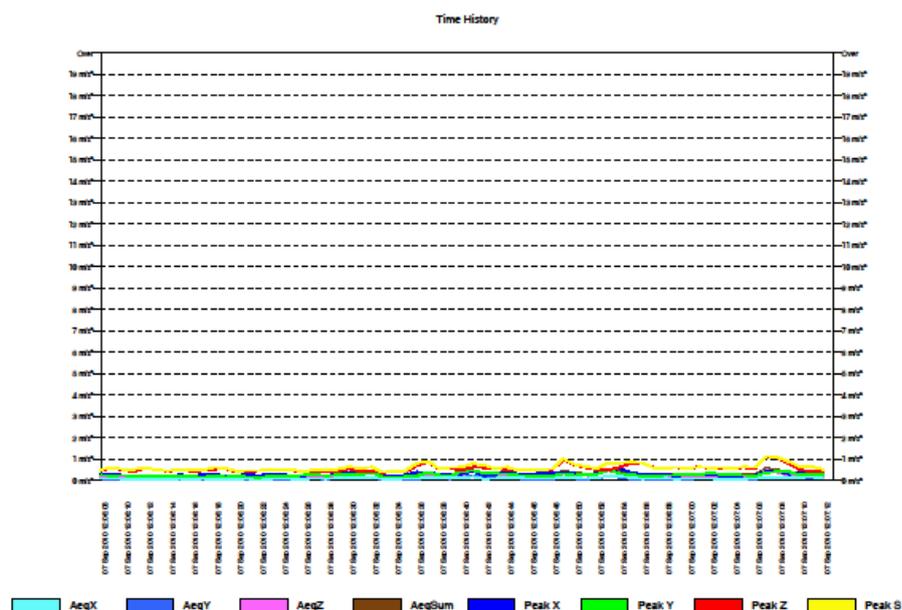


Grafico 17.9 – Esempio di *time history* dei valori rilevati sull’asse x, y, z nei primi tre minuti del campionamento

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati, risulta evidente che l’esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, non comporta dei rischi per l’utente della macchina raccogliitrice Cimina 300.

Tabella 17.13 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccogliitrice Cimina 300

Macchina	Cimina 300
A(8) m/s ² livello d’azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,21 m/s ²

Infatti il valore di esposizione a vibrazioni ricavato dalle indagini strumentali è di 0,21 ovvero inferiore al livello d’azione previsto dalla normativa,

17.3.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Cimina 300

Per il rumore rilevato sulla macchina Cimina 300 sono state eseguite tre misurazioni; il tempo per ogni misurazione è stato di 5 minuti. Delle tre misurazioni il valore che si è considerato è stato il valore medio, ovvero 89,6. dB(A). la prima misura rilevata è stata pari a 89,58 dB(A), la seconda pari a 88,6 dB(A), la terza pari a 90,7 dB(A).

T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto. risulta essere pari a 8 ore (tempo massimo stimato per le ore di lavoro giornaliera); T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore;

Il $L_{ex,8h}$ così calcolato risulta pari a 89.6 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate, è stata rilevata anche la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 17.14):

Tabella 17.14 – Livelli di rumore rilevati per la raccogliatrice Cimina 300

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
89,6 dB(A)	110.9 dB(C)	5 minuti
88,6 dB(A)	114.6 dB(C)	5 minuti
90,7 dB(A)	113.2 dB(C)	5 minuti
89.6	112.9	media

Al fine di procedere ad un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduto ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (T_e) diversi (tabella 17 15). Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 89,6 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di T_e , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione pari a 88.4; per 5 ore di esposizione pari a 87,6 dB(A); per 4 ore di esposizione pari a 86,6dB(A);

Tabella 17.15 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Cimina 300

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	Lex,8h dB(A)
6	360	88,4
5	300	87,6
1h 20'	260	87,0
4	240	86,6

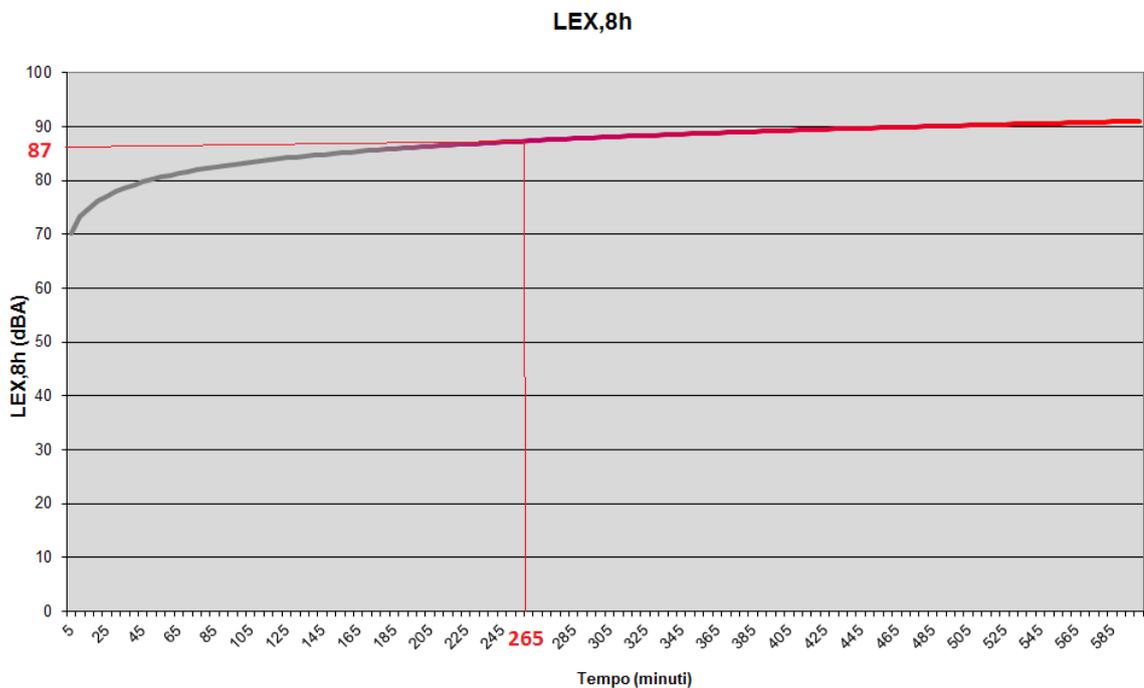


Grafico 17.10. - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Cimina 300

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite sulla macchina raccoglitrice delle nocciole Cimina 300, è stato di 89.6 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e maggiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 112.88 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 1 ora e 20 minuti

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina raccoglitrice Cimina 300 comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale. Il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI uditivi e di mantenere il livello di esposizione del lavoratore a valori inferiori a 87,0 dB(A) (art. 193 D.Lgs. 81/2008).

17.3.3 Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole utilizzando la raccoglitrice Cimina 300

I risultati del campionamento delle polveri, relativi alla raccoglitrice Cimina 300, sono pari a 4,40 mg/m³, tale valore è stato rilevato dalla banca dati del laboratorio di ergonomia dell'Università degli studi della Tuscia (campionamenti raccolta 2007) [56]. Raffrontando il livello di concentrazione di polvere, prodotta durante la raccolta delle nocciole con la Cimina 300, con i limiti proposti dall' A.C.G.I.H. osserviamo un superiore del limite di soglia della frazione respirabile. Pertanto possiamo dire che gli utilizzatori della Cimina 300 sono esposti al rischio polveri.

17.4 Macchina raccoglitrice Cimina 380

17.4.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesso dalla Cimina 380

Per la macchina Cimina 380 sono state eseguite tre misurazioni del livello di vibrazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi, è il valore medio delle tre misurazioni eseguite sulla macchina raccoglitrice. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un

coefficienti k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per la Cimina 380 i valori rilevati dalla prima, nella seconda e nella terza misurazione sono i seguenti:

prima misurazione:

asse delle x	$0,20 \cdot 1,40 = 0,28 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,21 \cdot 1,40 = 0,29 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,32 \cdot 1 = 0,32 \text{ m/s}^2$

seconda misura:

asse delle x	$0,25 \cdot 1,40 = 0,35 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,22 \cdot 1,40 = 0,30 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,37 \cdot 1 = 0,37 \text{ m/s}^2$

terza misura:

asse delle x	$0,24 \cdot 1,40 = 0,33 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,19 \cdot 1,40 = 0,27 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,33 \cdot 1 = 0,33 \text{ m/s}^2$

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,32 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,37 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,33 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni $0,34 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della Cimina 380 possono essere esposti.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Per gli addetti alla raccolta delle nocciole il tempo di esposizione è pari a otto ore di lavoro giornaliero. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,34 \text{ m/s}^2$ non si ha pertanto il superamento del livello di azione, ne' del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 . Questo si evince anche dal grafico 17.11 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per gli utilizzatori della Cimina 380 (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente inferiore al livello di attenuazione. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

Rischio di esposizione a vibrazioni WBV
 Criterio: accelerazione alla seconda potenza
 Esposizione: 0.34 m/s² per 10 minuti

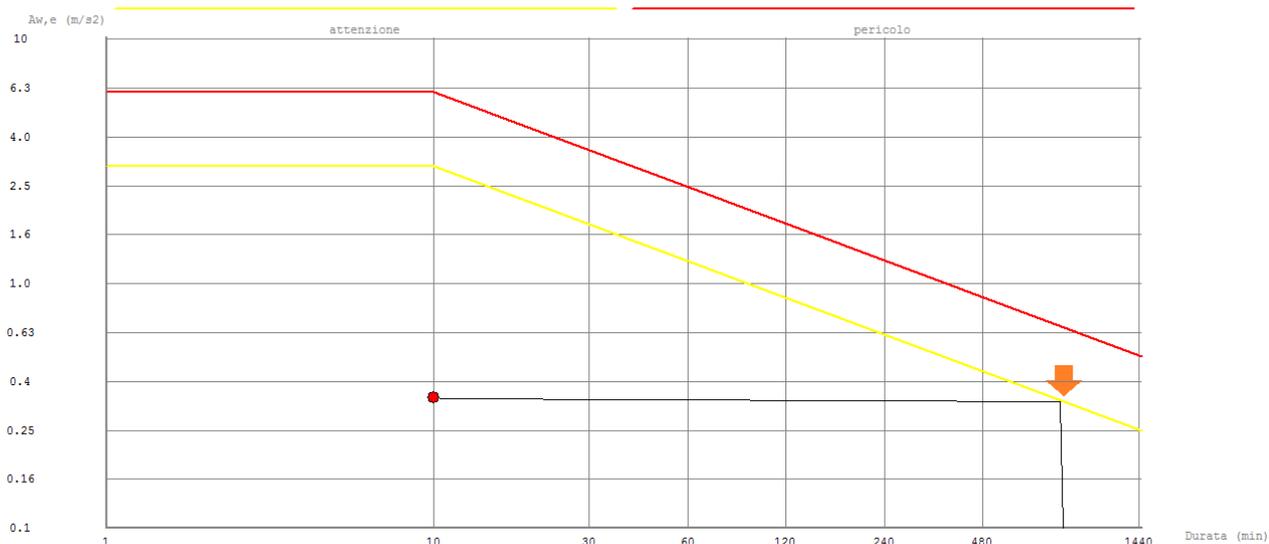


Grafico 17.11 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la macchina raccogliatrice Cimina 380

Segue la tabella 17.16 relativa ai valori misurati con lo strumento, per il campionamento il cui livello misurato è maggiore. Come si può vedere di seguito, le time history illustrano il valore dell'accelerazione rilevato in ogni istante di tempo durante l'intera misura.

Tabella 17.16 - Esempio di valori registrati dallo strumento durante il campionamento

Serial Number:	01147	Start:	07 Sep 2010 09:25:21
Model Number:	LARSON DAVIS HVM100	Stop:	07 Sep 2010 09:28:29
Operating Mode:	Whole Body	Run Time:	00:08:08
Integration:	None	Averaging:	1 second
Weighting X:	Wd Horizontal-XY	Exposure Reference:	2.8 m/s ²
Weighting Y:	Wd Horizontal-XY	Sum Factor X:	1.40
Weighting Z:	Wk Vertical-Z	Sum Factor Y:	1.40
Sensitivity X:	108.2 mV/g	Sum Factor Z:	1.00
Sensitivity Y:	102.0 mV/g	Gain X:	20 dB
Sensitivity Z:	101.8 mV/g	Gain Y:	20 dB
Number TH Samples:	120	Gain Z:	20 dB

	Channel X	Channel Y	Channel Z	Sum	Units
Aeq	.24800	.22400	.36800	.59400	m/s ²
Amx	1.1100	.54400	.72700	1.5900	m/s ²
Amp	2.3800	1.2200	1.6900	3.2900	m/s ²
Amin	.11100	.08890	.08920	.24000	m/s ²
VDV	1.7	1.2	1.9	2.9	
CFmp	9.4	5.4	4.6	5.5	
CFmp (dB)	19.5	14.7	13.2	14.9	dB

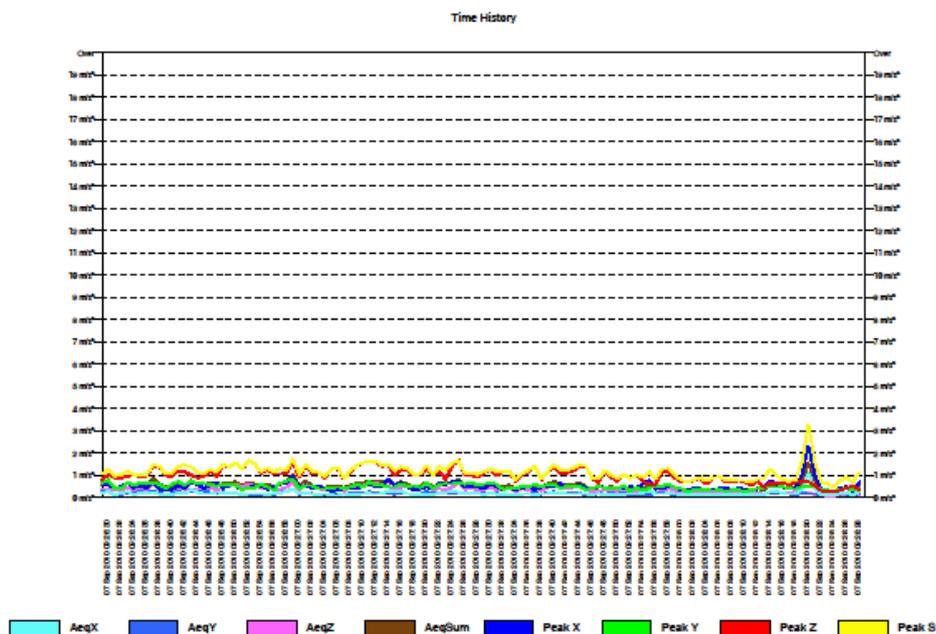


Grafico 17.12 - Esempio di *time history* dei valori rilevati sull'asse x, y, z nei primi tre minuti del campionamento

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati in tabella 17.17, risulta evidente che l'esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, non comporta dei rischi per l'utilizzatore della macchina raccogliitrice Cimina 380.

Tabella 17.17 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccogliitrice Cimina 380

Macchina	Cimina 380
A(8) m/s ² livello d'azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,34 m/s ²

Infatti il valore di esposizione a vibrazioni ricavato dalle indagini strumentali è di 0.34 ovvero uguale al livello d'azione previsto dalla normativa mentre risulta inferiore al livello giornaliero sempre previsto dalla normativa.

17.4.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Cimina 380

Anche per la Cimina 380 sono state effettuate tre misurazioni dei livelli di emissione sonora, il valore medio 92,4 dB(A), è stato confrontato con i riferimenti normativi. La prima misurazione riscontrata è di 92,8 dB(A), la seconda 91,8 dB(A) e la terza 92,6 dB(A). T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto, per gli addetti alla raccolta delle nocciole si è considerato di 8 ore; T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore;

Il $L_{ex,8h}$ così calcolato risulta di 92,4 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate è stata rilevata anche la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 17.18):

Tabella 17.18 - Livelli di rumore rilevati per la raccogliitrice Cimina 380

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
92,8 dB(A)	112,2 dB(C)	5 minuti
91,8 dB(A)	113,9 dB(C)	5 minuti
92,6 dB(A)	114,4 dB(C)	5 minuti
92.4	113.5	media

Per un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduti ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (T_e) diversi (tabella 17.19). Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato 92,4 dB(A), e variando esclusivamente il valore di T_e , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione pari a 91,2; 5 ore di esposizione pari a 91,2 dB(A); 4 ore di esposizione pari a 89,4 dB(A); 3 ore di esposizione pari a 88,1 dB(A); 2 ore di esposizione 86,4 dB(A).

Tabella 17.19 - Valori di $L_{ex,8h}$ calcolati con tempi di esposizione (T_e) differenti, per la raccogliitrice Cimina 380

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	$L_{ex,8h}$ dB(A)
6	360	91,2
5	300	90,4
4	240	89,4
3	180	88,1
2h 20'	140	87,0
2	120	86,4

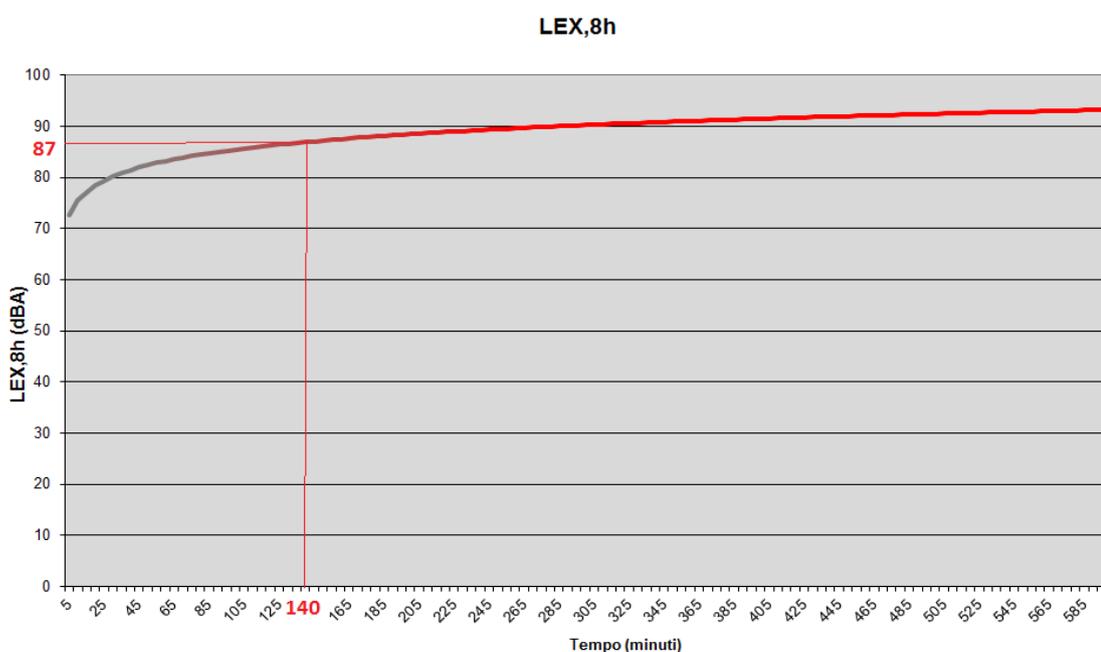


Grafico 17.13 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Cimina 380

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)

- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite sulla macchina raccogliatrice delle nocciole Cimina 380, è stato di 92,4 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e maggiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 113,5 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 2 ore e 20 minuti giornaliere.

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina raccogliatrice Cimina 380 comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale.

17.4.3 Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole effettuata con la Cimina 380

I risultati del campionamento delle polveri, relativi alla raccogliatrice Cimina 380, sono riportati nella tabella che segue (17.20).

Sono stati effettuati in assenza di precipitazioni. condizione che se da un lato ha facilitato la raccolta, come auspicano sempre i corilicoltori, dall'altro ha favorito lo sviluppo delle polveri durante le operazioni.

Tabella 17.20 - Risultati delle concentrazioni di polvere prodotte dalla raccogliatrice Cimina 380

Macchina Cimina 380		
<i>Campionatore</i>	<i>ciclone</i>	
Massa iniziale	0,0276	g
Massa finale	0,02765	g
ΔM	5^{-5}	g
Correzione umidità	0,0001	g
ΔM corretto	0,00015	g
Tempo	1260	s
Portata	2	l/min
Volume campionato	42	litri
esposizione	3.6	mg/m³

Come è possibile notare dal grafico, la concentrazione di polvere riscontrata è pari a $3,6 \text{ mg/m}^3$, se tale valore lo confrontiamo con i limiti proposti dall' A.C.G.I.H. osserviamo che il valore da noi misurato risulta superiore al limite di soglia della frazione respirabile. Pertanto possiamo dire che gli utilizzatori della Cimina 380 sono esposti al rischio polveri.

17.5 Macchina raccoglitrice Jolly 2800

17.5.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesso dalla Jolly 2800

Per la macchina Cimina 380 sono state eseguite tre misurazioni del livello di vibrazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi, è il valore medio. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficienti k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per la Cimina 380 i valori rilevati dalla prima, dalla seconda e dalla terza misurazione sono i seguenti:

prima misurazione:

asse delle x	$0,59 \cdot 1,40 = 0,83 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,31 \cdot 1,40 = 0,43 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,30 \cdot 1 = 0,30 \text{ m/s}^2$

seconda misura:

asse delle x	$0,15 \cdot 1,40 = 0,21 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,20 \cdot 1,40 = 0,28 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,29 \cdot 1 = 0,29 \text{ m/s}^2$

terza misura:

asse delle x	$0,45 \cdot 1,40 = 0,63 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,28 \cdot 1,40 = 0,39 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,30 \cdot 1 = 0,30 \text{ m/s}^2$

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,83 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,29 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,63 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il

valore medio delle tre misurazioni $0,58 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della Jolli 2800 possono essere esposti.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espressa in ore. per gli addetti alla raccolta delle nocciole il tempo di esposizione si è considerato di otto ore di lavoro giornaliero. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,58 \text{ m/s}^2$ si ha pertanto il superamento del livello di azione mentre non si ha il superamento del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 (tabella 12.37). Questo si evince anche dalla grafico 17.14 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per la Cimina 380 (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia superiore al livello di attenuazione per un periodo di esposizione pari a 8 ore; il rischio è tuttavia presente per periodi di esposizione superiori alle 4 ore e 10 minuti. Il livello di attenuazione viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

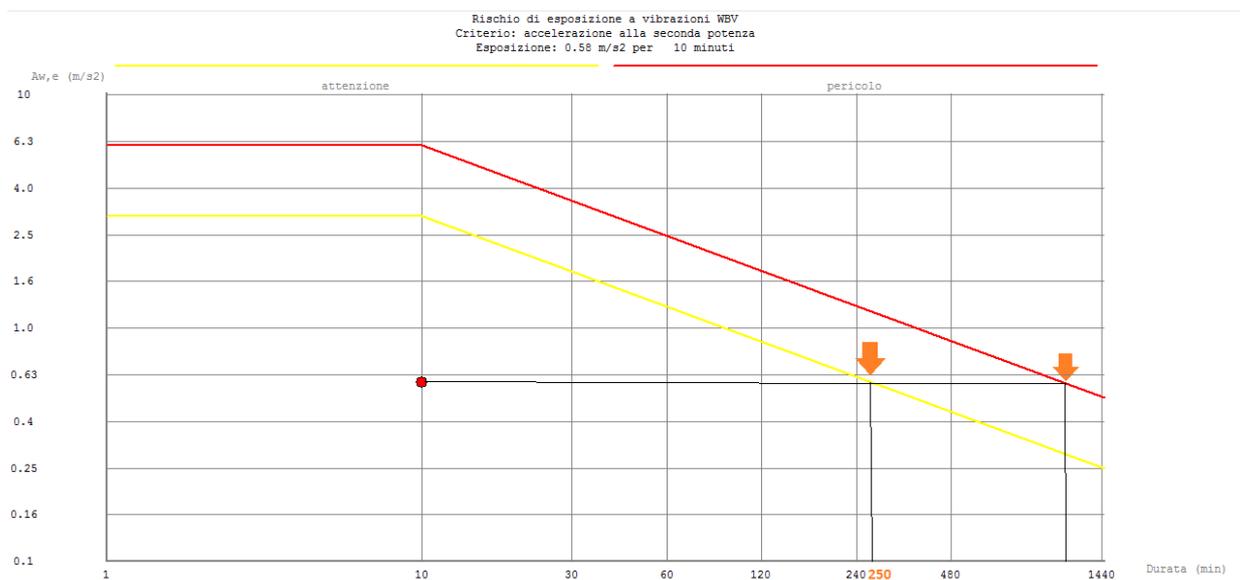


Grafico 17.14 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la macchina raccoglitrice Jolly 2800

Segue la tabella 17.21 relativa ai valori misurati con lo strumento, per il campionamento, i cui livelli misurati sono maggiori. Come si può vedere di seguito, le time history illustrano il valore dell'accelerazione rilevato in ogni istante di tempo durante l'intera misura.

Tabella 17.21 – Esempio di valori registrati dallo strumento durante il campionamento

Serial Number:	01147	Start:	07 Sep 2010 14:59:52
Model Number:	LARSON DAVIS HVM100	Stop:	07 Sep 2010 15:00:09
Operating Mode:	Whole Body	Run Time:	00:00:17
Integration:	None	Averaging:	1 second
Weighting X:	Wd Horizontal-XY	Exposure Reference:	2.8 m/s ²
Weighting Y:	Wd Horizontal-XY	Sum Factor X:	1.40
Weighting Z:	Wk Vertical-Z	Sum Factor Y:	1.40
Sensitivity X:	108.2 mV/g	Sum Factor Z:	1.00
Sensitivity Y:	102.0 mV/g	Gain X:	20 dB
Sensitivity Z:	101.8 mV/g	Gain Y:	20 dB
Number TH Samples:	17	Gain Z:	20 dB

	Channel X	Channel Y	Channel Z	Sum	Units
Aeq	.58600	.30900	.30000	.97500	m/s ²
Amax	1.4200	.59800	.40500	2.0800	m/s ²
Amp	3.1500	1.2400	1.2900	4.6200	m/s ²
Amin	.18200	.12000	.22400	.39900	m/s ²
VDV	2.1	0.9	0.8	3.1	
CFmp	5.4	4.0	4.3	4.7	
CFmp (dB)	14.6	12.1	12.7	13.5	dB

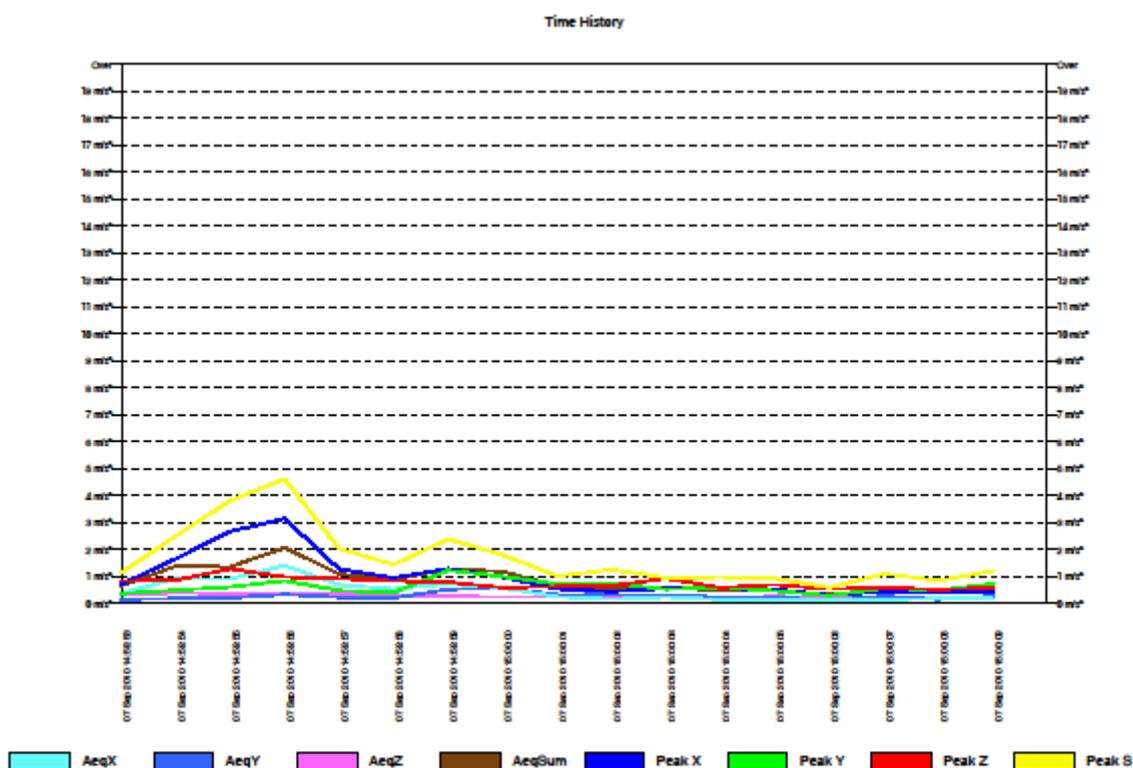


Grafico 17.15 – Esempio di *time history* dei valori rilevati sull'asse x, y, z nei primi tre minuti del campionamento

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati in tabella 17.22, risulta evidente che l'esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, comporta dei rischi per l'utilizzatore della macchina raccogliatrice Jolly 2800.

Tabella 17.22 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccogliitrice Jolly 2800

Macchina	Jolly 2800
A(8) m/s ² livello d'azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,58 m/s ²

Infatti il valore di esposizione a vibrazioni ricavato dalle indagini strumentali è di 0,58 ovvero superiore al livello d'azione previsto dalla normativa.

17.5.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Jolly 2800

Anche per la raccogliitrice Jolly 2800 sono state effettuate tre misurazioni e la media, 92,4 dB(A), è stata confrontata con i riferimenti normativi. Nella prima misurazione il valore riscontrato è stato: 90,1 dB(A), nella seconda 93 dB(A), nella terza 94,1 dB(A).

Nel nostro caso il valore medio risulta 89.6 dB(A) *Te*: tempo di esposizione al rumore del soggetto. Per gli addetti alla raccolta delle nocciole, il tempo massimo stimato per le ore giornaliere di lavoro è di 8 ore; *T₀*: periodo di riferimento pari ad 8 ore.

Il $L_{ex,8h}$ così calcolato risulta pari a 89,6 dB(A). In ognuna delle misurazioni effettuate è stata rilevata anche la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 17.23):

Tabella 17.23 - Livelli di rumore rilevati per la raccogliitrice Jiolly 2800

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
90,1 dB(A)	109,9 dB(C)	5 minuti
93,0 dB(A)	110,5 dB(C)	5 minuti
94,1 dB(A)	110,6 dB(C)	5 minuti
92,4 dB(A)	109,7 dB(C)	media

Per un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduti ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (T_e) diversi (tabella 17.24). Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 92,4 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di T_e , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione 91,2 dB(A); 5 ore di esposizione pari a 87,6 dB(A); 4 ore di esposizione pari a 86,6 dB(A); al di sopra di tale valore il livello di rischio, per gli utilizzatori dei soffiatori a spalla, diventa inaccettabile: il datore di lavoro ha l'obbligo di dimostrare l'efficacia dei DPI uditivi nel mantenere il livello di esposizione del lavoratore a valori inferiori ad 87,0 dB(A) (art. 193 D.Lgs. 81/2008).

Tabella 17.24 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Jiolly 2800

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	$L_{ex,8h}$ dB(A)
6	360	91,2
5	300	90,4
4	240	89,4
3	180	88,1
2h 10'	140	87,0
2	120	86,4

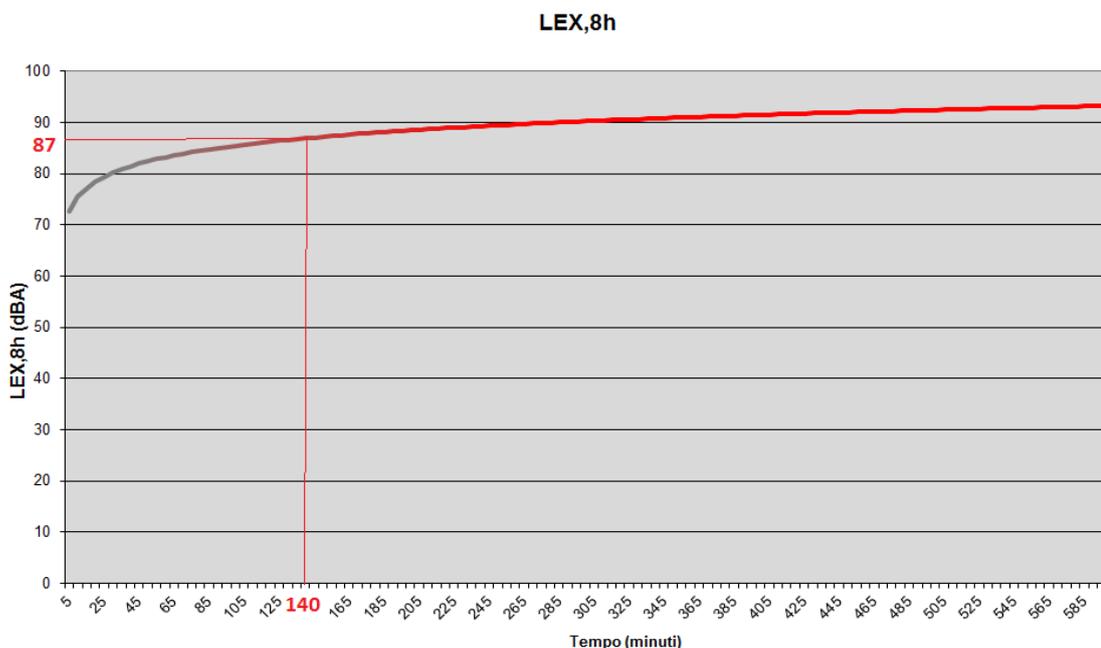


Grafico 17.16 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccoglitrice Jolly 2800

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite sulla macchina raccoglitrice delle nocciole Jolly 2800, è stato di 92,4 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e maggiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 108,7 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 2 ore e 10 minuti, al di sopra del valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A).

Riassumendo, dai dati rilevati risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina raccoglitrice Jolly 2800 comporta dei rischi: è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale.

17.5.3 Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole effettuata con la Jolly 2800

I risultati del campionamento delle polveri, relativi alla raccoglitrice Jolly 2800, sono riportati nella tabella 17.25.

Tali rilievi sono stati effettuati in assenza di precipitazioni.

Tabella 17.25 - Risultati polvere Cassinelli TR180

Macchina Jolly 2800		
<i>Campionatore</i>	<i>ciclone</i>	
Massa iniziale	0,02825	g
Massa finale	0,02835	g
ΔM	0.0001	g
Correzione umidità	0,0001	g
ΔM corretto	0,0002	g
Tempo	1320	s
Portata	2	l/min
Volume campionato	44	litri
Esposizione	4,5	mg/m ³

Come è possibile notare dal grafico, la concentrazione di polvere riscontrata in questa indagine sperimentale è pari a 4,5 mg/m³, se tale valore lo confrontiamo con i limiti proposti dall'A.C.G.I.H. osserviamo che il valore da noi misurato risulta superiore al limite di soglia della frazione respirabile. Pertanto possiamo dire che gli utilizzatori della Jolly 2800 sono esposti al rischio polveri.

17.6 Macchina raccogliatrice Smart

17.6.1 Calcolo del valore di esposizione a vibrazioni trasmesso dalla Smart

Per la macchina Smart sono state eseguite tre misurazioni. Il valore preso in esame e confrontato con i riferimenti normativi è il valore medio delle tre misurazioni, eseguite sulla macchina raccogliatrice. Ogni misura è costituita da tre parametri che sono i risultati del livello di vibrazioni trasmesse sull'asse delle x, delle y e delle z; il valore misurato su ogni asse viene moltiplicato per un coefficienti k come già visto in precedenza, da questi prodotti il valore più alto sarà utilizzato per fare la media con le altre misurazioni. Per la Smart i valori rilevati dalla prima, nella seconda e nella terza misurazione sono i seguenti:

prima misurazione:

asse delle x	$0,20 \cdot 1,40 = 0,28 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,18 \cdot 1,40 = 0,25 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,37 \cdot 1 = 0,37 \text{ m/s}^2$

seconda misura:

asse delle x	$0,19 \cdot 1,40 = 0,26 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,21 \cdot 1,40 = 0,29 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,34 \cdot 1 = 0,34 \text{ m/s}^2$

terza misura:

asse delle x	$0,18 \cdot 1,40 = 0,25 \text{ m/s}^2$
asse delle y	$0,14 \cdot 1,40 = 0,20 \text{ m/s}^2$
asse delle z	$0,40 \cdot 1 = 0,40 \text{ m/s}^2$

Il valore rilevato A_{eq} , è stato di $= 0,37 \text{ m/s}^2$ nella prima misurazione, $0,34 \text{ m/s}^2$ nella seconda e $0,40 \text{ m/s}^2$ nella terza. Al fine del calcolo di $A(8)$ è stato considerato il valore medio delle tre misurazioni $0,37 \text{ m/s}^2$, dell'esposizione massima a cui gli utilizzatori della Smart possono essere esposti.

T_e rappresenta la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni, espresso in ore. Per gli addetti alla raccolta delle nocciole, il tempo di lavoro giornaliero è stato considerato di 8 ore. Il valore di $A(8)$ calcolato grazie all'utilizzo del software "Tremours", è risultato di $0,37 \text{ m/s}^2$ non si ha pertanto il superamento del livello di azione né si ha il superamento del livello limite di esposizione giornaliera stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 pari rispettivamente a $0,5 \text{ m/s}^2$ e 1 m/s^2 (tabella 17.27). Questo si evince anche dalla grafico 17.17 che illustra come, secondo i dati ottenuti, il livello di esposizione alle vibrazioni per gli utilizzatori della Smart (nel grafico rappresentato dal punto in rosso), sia effettivamente inferiore al livello di attenuazione, il superamento del limite si ha solo per periodi di esposizione superiori alle 8 ore. Quest'ultima viene rappresentata dalla linea gialla. In rosso viene invece rappresentato il livello di pericolo, oltre il quale il soggetto è altamente esposto.

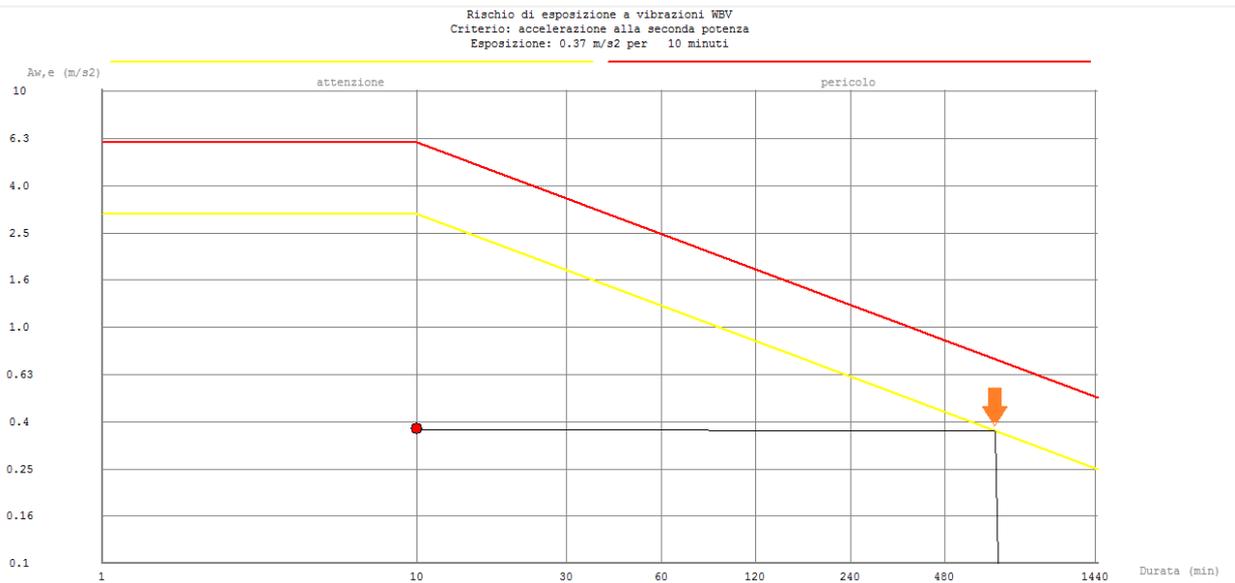


Grafico 17.17 – Livelli di vibrazioni WBV, in relazione al tempo di esposizione, per la macchina raccoglitrice Smart

Segue la tabella 17.26 relativa ai valori misurati con lo strumento, per il campionamento, i cui livelli misurati sono maggiori. Come si può vedere di seguito, le time history illustrano il valore dell'accelerazione rilevato in ogni istante di tempo durante l'intera misura.

Tabella 17.26 – Esempi di valori registrati dallo strumento durante il campionamento

Serial Number:	01147	Start:	07 Sep 2010 14:59:52
Model Number:	LARSON DAVIS HVM100	Stop:	07 Sep 2010 15:00:09
Operating Mode:	Whole Body	Run Time:	00:00:17
Integration:	None	Averaging:	1 second
Weighting X:	Wd Horizontal-XY	Exposure Reference:	2.8 m/s ²
Weighting Y:	Wd Horizontal-XY	Sum Factor X:	1.40
Weighting Z:	Wk Vertical-Z	Sum Factor Y:	1.40
Sensitivity X:	108.2 m/Vig	Sum Factor Z:	1.00
Sensitivity Y:	102.0 m/Vig	Gain X:	20 dB
Sensitivity Z:	101.8 m/Vig	Gain Y:	20 dB
Number TH Samples:	17	Gain Z:	20 dB

	Channel X	Channel Y	Channel Z	Sum	Units
Aeq	.58600	.30900	.30000	.97500	m/s ²
Amax	1.4200	.59800	.40500	2.0800	m/s ²
Amp	8.1500	1.2400	1.2900	4.6200	m/s ²
Amin	.18200	.12000	.22400	.38900	m/s ²
VDV	2.1	0.9	0.8	3.1	
CFmp	5.4	4.0	4.3	4.7	
CFmp (dB)	14.6	12.1	12.7	18.5	dB

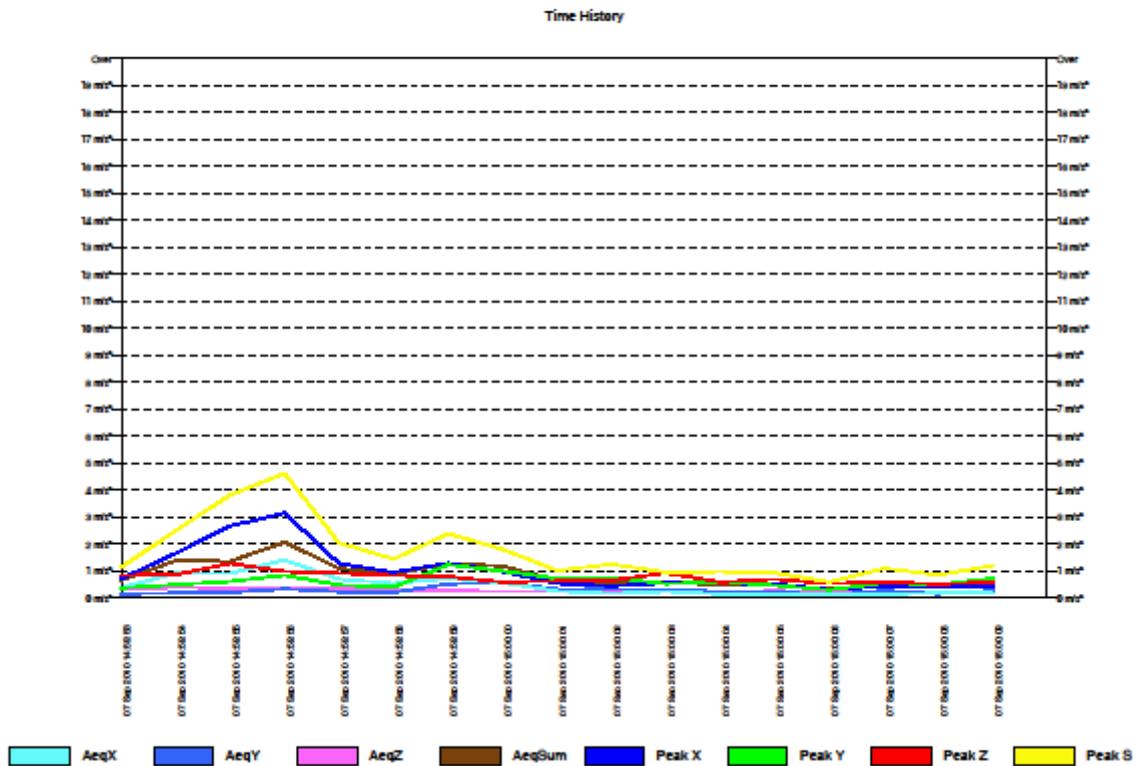


Grafico 17.18 – Esempio di *time history* dei valori rilevati sull’asse x, y, z nei primi tre minuti del campionamento

Riassumendo, dai dati rilevati e schematicamente illustrati risulta evidente che l’esposizione a vibrazioni agenti sul corpo intero, comporta dei rischi per l’utente della macchina raccoglitrice Smart.

Tabella 17.27 - Valori di vibrazioni a confronto con i parametri stabiliti dalla normativa per la raccoglitrice Smart

Macchina	Smart
A(8) m/s ² livello d’azione	0,5 m/s ²
A(8) m/s ² limite giornaliero	1,00 m/s ²
A(8) m/s ² rilevato	0,37 m/s ²

Infatti il valore di esposizione a vibrazioni ricavato dalle indagini strumentali è di 0,37 ovvero inferiore al livello d’azione previsto dalla normativa .

17.6.2 Calcolo del valore di esposizione a rumore trasmesso dalla Smart

Anche per la raccogliitrice Jolly 2800 sono state effettuate tre misurazioni del livello di rumore trasmesso dalla raccogliitrice e la media, 90,3 dB(A), è stata confrontata con i riferimenti normativi. Nella prima misurazione il valore riscontrato è stato: 90,3 dB(A), nella seconda 90,0 dB(A), nella terza 90,4 dB(A).

T_e : tempo di esposizione al rumore del soggetto; le ore di lavoro giornaliera per gli addetti alla raccolta delle nocciole risulta essere pari a 8 ore. T_o : periodo di riferimento pari ad 8 ore; Il $L_{ex,8h}$ così calcolato risulta pari a 90,3 dB(A). In ognuna delle quattro misurazioni effettuate è stato anche rilevata la pressione acustica di picco (dal software espressa con LCpk, ma precedentemente denominato p_{peak}), che rappresenta il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C (tabella 17.28):

Tabella 17.28- Livelli di rumore rilevati per la raccogliatrice Smart

LAeq rilevato	LCpk rilevato	Tempo di misura
90,3 dB(A)	114,7 dB(C)	5 minuti
90,0 dB(A)	111,9 dB(C)	5 minuti
90,4 dB(A)	113,7 dB(C)	5 minuti
90,3	113,4 dB(C)	media

Al fine di procedere ad un'analisi più dettagliata, oltre al livello di $L_{ex,8h}$ sopra indicato, si è proceduti ad un calcolo di valori di esposizione giornaliera riferiti a tempi di esposizione (T_e) diversi.

Utilizzando quindi il valore di L_{aeq} rilevato, 90,3 dB(A), ma variando esclusivamente il valore di T_e , attraverso il calcolo precedentemente descritto si sono calcolati i $L_{ex,8h}$ per: 6 ore di esposizione 89,0; 5 ore di esposizione pari a 88,2 dB(A); 4 ore di esposizione pari a 87,2 dB(A); 3 ore di esposizione per i a 86 dB(A) (tabella 17.29);

Tabella 17.29 - Valori di $L_{ex,8h}$ calcolati con tempi di esposizione (T_e) differenti

Tempo (ore)	Tempo (minuti)	$L_{ex,8h}$ dB(A)
6	360	89,0
5	300	88,2
4	240	87,2
3h 50	230	87,0
3	180	86,0

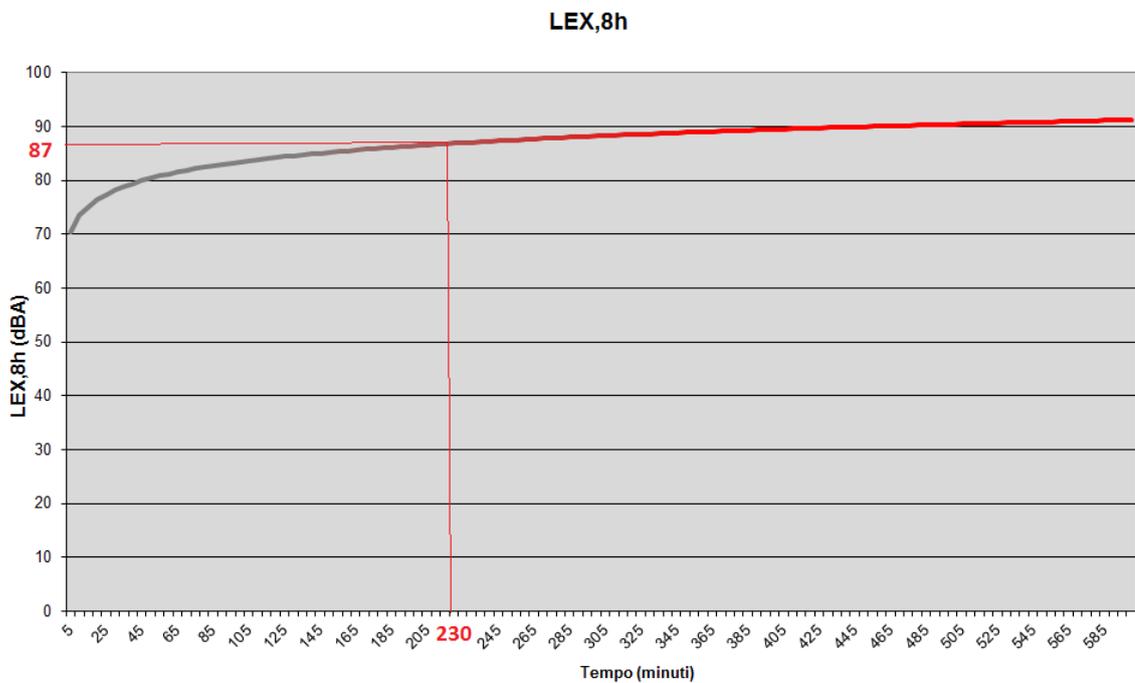


Grafico 17.19 - Livelli di rumore in relazione al tempo di esposizione, per la raccogliitrice Smart

Ricordiamo i valori stabiliti dal D.Lgs. 81/2008 per i valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco:

- valori limite di esposizione, rispettivamente $L_{ex,8h}=87$ dB(A) e $p_{peak}=140$ dB(C)
- valori superiori di azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=85$ dB(A) e $p_{peak}=137$ dB(C)
- valori inferiori d'azione, rispettivamente $L_{ex,8h}=80$ dB(A) e $p_{peak}=135$ dB(C)

Possiamo dire che il risultato delle misurazioni eseguite, sulla macchina raccoglitrice delle nocciole Smart, è stato di 90,3 dB(A), superiore al valore massimo stabilito dal D.Lgs. 81/2008 pari a 87 dB(A), e maggiore anche al valore superiore d'azione e al valore inferiore d'azione. Il valore massimo della pressione acustica istantanea in frequenza C, ovvero la pressione acustica di picco rilevata pari a 113,4 dB(C), non supera il livello previsto dal D.Lgs. 81/2008 di 140 dB(C). Come è possibile osservare dai dati sopra riportati, il superamento del valore limite di esposizione, previsto dalla normativa vigente, si ha per periodi di esposizione superiori a 3 ore giornaliere.

Riassumendo, dai dati rilevati, risulta evidente che l'esposizione al rumore degli utilizzatori della macchina raccoglitrice Smart comporta dei rischi, è pertanto necessario l'impiego dei Dispositivi di Protezione Individuale

17.6.3 Calcolo della concentrazione di polveri durante la raccolta delle nocciole effettuata con la Smart

I risultati del campionamento delle polveri, relativi alla raccoglitrice Smart, sono pari a 2,60 mg/m³, tale valore è stato rilevato dalla banca dati del laboratorio di ergonomia dell'Università degli Studi della Tuscia (campionamenti raccolta 2007) [56]. Raffrontando il livello di concentrazione di polvere, prodotta durante la raccolta delle nocciole con la Smart, con i limiti proposti dall'A.C.G.I.H. non osserviamo un superiore del limite di soglia della frazione respirabile.

18 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella corilicoltura, come in moltissimi altri settori dell'agricoltura, le innovazioni tecnologiche hanno portato ad un crescente impiego delle macchine agricole. Tuttavia, per raggiungere con la meccanizzazione agricola i massimi vantaggi, devono essere superati una serie di vincoli:

- tecnologici, come sicurezza (ergonomia) e affidabilità delle macchine; semplicità di uso e riparazione; prestazioni quali-quantitative superiori rispetto ad altre alternative; disponibilità di fonti energetiche e di capillari sistemi di distribuzione di tali fonti;
- socio-economici, come convenienza economica e sociale all'introduzione della macchina; remunerazione del capitale investito; manodopera esperta;
- agronomici e colturali, come sedi di impianto opportuni per il passaggio delle macchine pratiche colturali specifiche;
- strutturali, come viabilità aziendale e rurale;
- politici, come una politica economica favorevole alla meccanizzazione, anche come agevolazioni all'acquisto;
- ambientali, minimo impatto ambientale, massima conservazione dell'ecosistema agricolo [14].

La meccanizzazione ha portato all'abbattimento dei costi di produzione, alla riduzione del lavoro, alla riduzione dei tempi di intervento e alla riduzione delle perdite. Tuttavia l'impiego di mezzi meccanici in agricoltura espone gli utilizzatori a rischi aggiuntivi. Nel ciclo produttivo del nocciolo sono state introdotte molte macchine, dalla lavorazione del terreno fino alla raccolta delle nocciole.

Nella corilicoltura come, più in generale, in agricoltura, si hanno moltissimi rischi che devono essere individuati, valutati e, per quanto possibile, eliminati come prescrive anche il D.Lgs. 81/08.

In questa indagine sono stati considerati tutti i rischi che possono essere presenti in questo settore dell'agricoltura, per alcuni dei quali si sono effettuate indagini strumentali; altri rischi non sono stati valutati con indagini strumentali, proprio per le loro peculiarità della soggettività. Per comodità e per facilitare la lettura sono stati analizzati i rischi nelle varie fasi del ciclo produttivo per ogni macchina o attrezzatura impiegata. Di seguito sono riportati grafici riassuntivi per il rischio vibrazioni, per il

rischio rumore polveri gas di scarico. Per ogni macchina impiegata nel ciclo produttivo del nocciolo sono state misurate le vibrazioni trasmesse all'operatore, al corpo intero e per le macchine che lo richiedevano sono state misurate le vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio.

Tabella 18.1 – Livelli di esposizione a vibrazioni WBV HAV, di macchine ed attrezzature del ciclo produttivo del nocciolo

MACCHINA	MODELLO	Aeq m/s ²	note
Attrzzature varie			
Trattrice agricola	<i>Lamborghini Runner e trinciasarmenti FX120</i>	0,20	WBV
Decespugliatore	<i>Shindaiwa "BP45"</i>	0,79	HAV
Soffiatori spalleggiato	<i>Shibaura KB 60</i>	0,79	HAV
Soffiatori spalleggiato	<i>Shibaura KB 60</i>	0,74	WBV
Andanatrice	<i>motofalciatrice Zucchella adattata ad andanatrice</i>	0,23	WBV
Macchine raccogliatrici			
Raccattatrice	<i>Cassinelli TR180</i>	0,79 m/s ²	WBV
Aspiratrice	<i>Chianchia</i>	0,33 m/s ²	WBV
Semovente	<i>Cimina 300</i>	0,21 m/s ²	WBV
Semovente	<i>Cimina 380</i>	0,34 m/s ²	WBV
Raccattatrice	<i>Jolly 2800</i>	0,58 m/s ²	WBV
Raccattatrice	<i>Smart</i>	0,37 m/s ²	WBV

Come si può vedere, il superamento dei limiti stabiliti dalla vigente normativa si ha solo per alcune macchine: in particolare possiamo dire che sono soggetti al rischio vibrazioni gli utilizzatori del decespugliatore, della soffiatrice e di alcune macchine raccogliatrici, quali la Cassinelli TR 180 e la Jolly 2800.

Una volta appurato il superamento dei limiti delle macchine, è stato calcolato per i relativi livelli di vibrazioni misurati, il tempo massimo di esposizione affinché sia presente il rischio.

Gli utilizzatori del decespugliatore Shindaiwa “BP45”, non sono esposti al rischio da vibrazioni per tempi di esposizione pari o inferiori a 124 minuti ovvero 4 ore di lavoro giornaliero. Gli utilizzatori del soffiatore spalleggiato Shibaura KB 60, non sono esposti al rischio da vibrazioni (WBV, HAV) per tempi di esposizione pari o inferiori a 124 minuti di lavoro giornaliero. Gli utilizzatori della macchina raccogliatrice Cassinelli TR180 non sono esposti al rischio da vibrazioni per tempi di esposizione pari o inferiori a 160 minuti di lavoro giornaliero. Gli utilizzatori della raccogliatrice Jolly 2800 non sono esposti al rischio da vibrazioni per tempi di esposizione pari o inferiori a 250 minuti di lavoro giornaliero. Per quanto riguarda l’esposizione al rumore, si può notare che il superamento dei limiti della normativa vigente si ha in ogni fase del ciclo produttivo, e per ogni macchina impiegata, dalla prima operazione che viene effettuata durante l’anno, fino alla raccolta delle nocciole.

Tabella 18.2 – Livelli di esposizione a rumore, di macchine ed attrezzature del ciclo produttivo del nocciolo

MACCHINA	MODELLO	Leq rilevato dB(A)	LCpk rilevato dB(C)
Attrzzature varie			
Trattrice agricola	<i>Lamborghini Runner e trinciasarmenti FX120</i>	90,0	110,2
Decespugliatore	<i>Shindaiwa “BP45”</i>	95,1	113,1
Soffiatori spalleggiato	<i>Shindaiwa EB 630</i>	96,1	114,2
Andanatrice	<i>motofalciatrice Zucchella adattata ad andanatrice</i>	88,5	110,7
Macchine raccogliatrici			
Raccattatrice	<i>Cassinelli TR180</i>	89,7	109,7
Aspiratrice	<i>Chianchia</i>	93,5	113,4
Semovente	<i>Cimina 300</i>	89,6	112,9
Semovente	<i>Cimina 380</i>	92,4	113,5
Raccattatrice	<i>Jolly 2800</i>	92,4	109,7
Raccattatrice	<i>Smart</i>	90,3	113,4

In particolare si può notare che la fase che espone maggiormente l'operatore al rischio rumore, è la fase precedente la raccolta e l'andanatura, ovvero durante l'utilizzo del soffiatore. Tuttavia anche la spollonatura espone l'operatore ad un livello di rumore inaccettabile. Tra le macchine raccogliatrici analizzate, quella che espone maggiormente l'operatore al rischio rumore è la Chianchia seguita dalla Cimina 380.

Per le macchine in cui si è osservato il superamento dei limiti di emissione sonora, è stato calcolato, il tempo massimo di esposizione affinché sia presente il rischio.

Gli utilizzatori della trattrice Lamborghini Runner e trinciasarmenti FX120 non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 240 minuti

Gli utilizzatore del decespugliatore Shindaiwa "BP45", non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 75 minuti di lavoro giornaliero.

Gli utilizzatori del soffiatore spalleggiato Shibaura KB 60, non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 55 minuti di lavoro giornaliero.

Gli utilizzatori dell'andanatrice non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 330 minuti di lavoro giornaliero

Gli utilizzatori della macchina Cassinelli TR 180 non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 330 minuti di lavoro giornaliero

Gli utilizzatori della macchina Chianchia non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 110 minuti di lavoro giornaliero

Gli utilizzatori della macchina Cimina 300 non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 260 minuti di lavoro giornaliero

Gli utilizzatori della macchina Cimina 380 non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 160 minuti di lavoro giornaliero

Gli utilizzatori della macchina Jolly 2800 non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 140 minuti di lavoro giornaliero

Gli utilizzatori della macchina Smart non sono esposti al rischio da rumore per tempi di esposizione pari o inferiori a 230 minuti di lavoro giornaliero.

Tuttavia possiamo dire che intervenire sui tempi di esposizione, e quindi di lavoro giornalieri, è impossibile: è pertanto necessario intervenire con altri sistemi per abbattere i rischi da rumore e da vibrazioni

Per il rischio meccanico causato in particolare dagli alberi cardanici, presenti nelle aziende ad indirizzo corilicolo, si può dire che la maggior parte non possiede alberi cardanici completi dei dispositivi di sicurezza.

Per quanto concerne il rischio chimico causato dalle polveri durante la raccolta delle nocciole, si è osservato un superamento dei limiti solo per le raccogliatrici Cimina 300, Cimina 380, Jolli 2800; anche se la Cassinelli e la Smart si sono avvicinate a tale limite di soglia pari a 3 mg/m³ per la frazione respirabile.

Tabella 18.3 – Concentrazione di polveri, rilevate durante la raccolta meccanizzata del nocciolo

Macchine raccogliatrici		
Raccattrice	<i>Cassinelli TR180</i>	2,8 mg/m ³
Semoventi	<i>Cimina 300</i>	4,4 mg/m ³
Semoventi	<i>Cimina 380</i>	3,6 mg/m ³
Raccattrice	<i>Jolly 2800</i>	4,5 mg/m ³
Raccattrice	<i>Smart</i>	2,6 mg/m ³

Per il rischio chimico causato dai fumi dei gas di scarico, che è stato valutato solo per il decespugliatore durante la fase di spollonatura del nocciolo, si può dire che non abbia superato i limiti stabiliti, relativamente al Benzene e ai VOC; per il monossido di carbonio, invece, si è osservato il superamento del limite proposto dall'ACGIH, pari a 25 ppm.

Tabella 18.4 – Concentrazione CO, benzene e VOC rilevate durante la raccolta meccanizzata del nocciolo *Shindaiwa "BP45"*

Decespugliatore			
	CO (ppm)	VOC (ppm)	BENZENE (ppm)
Massimo	113,6	1,7	0,0
Minimo	2,2	0,0	0,0
Media	33,9	0,2	0,0

Tuttavia possiamo dire che, per quanto riguarda il rischio chimico in generale, sia per le polveri che per li gas di scarico, i fattori che influenzano l'esposizione dei

lavoratori sono molti: primo fra tutti le diverse condizioni meteorologiche e, in modo particolare, la velocità del vento, che può avvicinare o allontanare dalla bocca dell'operatore "la polvere o la nube tossica"; poi lo spostamento dell'addetto, la tipologia della macchina (raccoltrice o decespugliatore) e del propulsore (due o quattro tempi); la cilindrata, la vetustà e la carburazione. Per le polveri, la stagione di raccolta espone maggiormente l'operatore al rischio, mentre per i gas di scarico, la stagione invernale (spollonatura) è più favorevole alla riduzione del rischio.

Per quanto riguarda l'analisi sulla movimentazione manuale dei carichi (MMC), per gli utilizzatori di macchine che prevedono la movimentazione di sacchi o di cassette di nocchie, si è applicato il modello NIOSH. Come si è potuto osservare precedentemente dall'applicazione del modello di calcolo sulla MMC, si ha l'esposizione al rischio. Naturalmente non sono a rischio gli utilizzatori di macchine che non comportano l'impiego di sacchi o cassette. Per un'indagine più accurata, sarebbe interessante applicare il modello NIOSH nella fase di spollonatura, per analizzare e verificare se la movimentazione dei polloni asportati comporti il rischio. Il modello NIOSH potrebbe essere applicato anche nella fase di distribuzione dei prodotti chimici, ovvero nella fase in cui vengono movimentati i sacchi dei prodotti chimici.

Alla luce di tutte le prove effettuate possiamo dire che nella coltura sono presenti, molti rischi, è necessario pertanto che tutte le aziende con tale indirizzo colturale si adoperino per approfondire le valutazioni in relazione alle caratteristiche aziendali.

19 - MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Negli ultimi anni l'evoluzione tecnologica ha portato ad una meccanizzazione sempre più efficiente nell'ambito dell'agricoltura in generale, in particolare per il settore della coltura delle nocciole. Una rapida evoluzione si riscontra nella meccanizzazione della raccolta delle nocciole; infatti le raccogliatrici hanno subito notevoli miglioramenti tecnologici, arrivando all'utilizzo di macchine semoventi che effettuano la raccolta con l'impiego di un solo operatore, e di macchine raccogliatrici dotate di cabine pressurizzate e con aria condizionata, come per la macchina raccogliatrice "Asquini". Tuttavia molto diffuse sono le macchine aspiratrici non cabinate che, come abbiamo visto, in fase di raccolta, sollevano una notevole quantità di polvere. Per ovviare a questo problema, si è cercato di migliorare le macchine con l'impiego dei dispositivi di abbattimento delle polveri, quali i cicloni (ma questi non sono sufficienti: si auspica nel miglioramento della loro efficacia). Inoltre sono state adottate diverse tecniche colturali, passando molto spesso da un terreno lavorato e rullato, ad un terreno inerbito con pratino (quindi semplicemente trinciato prima dell'inizio della caduta a terra del frutto). I limiti di questo accorgimento consistono nella scarsa ricopertura erbosa nel periodo della raccolta (fine estate) o, per contro (in annate più piovose), nella presenza di un eccessivo strato di erba, che talvolta porta alla scelta di trattamenti con diserbanti. A tale proposito, sarebbe interessante verificare la presenza di tali sostanze nelle polveri areodisperse durante la raccolta. In letteratura, in tali polveri sono state trovate tracce di endosulfan (pesticida utilizzato in coltura delle nocciole) [82]. Dai risultati ottenuti, possiamo affermare che per i lavoratori esiste l'effettiva presenza di rischio da esposizione alle polveri. Tali polveri sono nocive e possono contenere, in alcuni territori, silice libera cristallina in dimensioni respirabili, che può causare malattie all'apparato respiratorio. Le azioni preventive di difesa per limitare al minimo i rischi da esposizione a polveri, devono essere quindi di diverso tipo ed attuate contemporaneamente. Oltre ai dispositivi presenti sulla macchina, per le macchine non cabinate è necessario adottare altre misure di prevenzione indossando i dispositivi di protezione individuale, quali occhiali e mascherine antipolvere (del tipo FFP2 o FFP3, cioè facciale filtrante con protezione di grado 2 o 3, con marcatura CE). Nei noccioleti visitati per le acquisizioni dei dati del presente lavoro, si è potuto osservare che i DPI, usati per l'abbattimento dei rischi

chimici e fisici, sono raramente impiegati, e là dove sono presenti non sono perfettamente adeguati.

Per questo si ritiene necessario un programma di sensibilizzazione sulla conoscenza dei rischi più spesso ignorati, o comunque, sottovalutati.

Sia per le polveri che per il rumore e le vibrazioni, il datore di lavoro è tenuto, in base al D. Lgs.81/08, a ridurre i rischi alla fonte, privilegiando quelle macchine che, nelle normali condizioni di funzionamento, producano il più basso livello di rumore e di vibrazioni, e che riducano il più possibile il rischio delle polveri.

Per quanto riguarda il rischio chimico prodotto dall'esposizione ai gas di scarico di decespugliatori, questo può essere contenuto se si adottano particolari accorgimenti.

Utilizzando benzine e lubrificanti "ecologici", si riducono le sostanze tossiche derivanti dalla combustione. Per ridurre tutti i rischi connessi all'utilizzo di queste attrezzature, è fondamentale mantenere le macchine in buono stato, effettuando la manutenzione periodica (ordinaria e straordinaria) riportata nei manuali di uso e manutenzione forniti dalle ditte costruttrici; particolare attenzione deve essere data alla carburazione. Si consiglia pertanto di fare eseguire queste operazioni sempre da persone esperte, e ripeterle all'occorrenza. L'adozione di DPI (dispositivi di protezione individuale), come l'impiego di mascherine ai carboni attivi, consente all'operatore di difendersi dai gas; tuttavia questa misura non sempre è conciliabile con tale attività. L'utilizzo di macchine e attrezzature elettriche, tuttavia, non è ancora indicato per un uso professionale, in quanto queste sono dotate di prestazioni inferiori a quelle con propulsore endotermico. Inoltre le procedure di lavoro, una volta valutato il rischio di esposizione ai gas di combustione, dovrebbero essere adeguate in modo tale da ridurre al minimo l'esposizione (riposo dopo 30 minuti e/o turnazione dei lavoratori).

Al fine di ridurre il rischio chimico emessi, sarebbe opportuno proseguire le indagini sperimentali per analizzare le esposizioni degli operatori in varie condizioni e con varie attrezzature. Occorre creare una metodologia di misurazione standard e ripetibile in laboratorio. Questo ci potrebbe permettere di valutare l'effettiva esposizione alle sostanze nocive, mantenendo costanti tutti i parametri che potrebbero influenzare il risultato ottenuto.

In questa indagine sperimentale è stata effettuata anche un'analisi statistica sullo stato dei dispositivi di sicurezza degli alberi cardanici, nella provincia di Viterbo, per le aziende corilicole. Per la riduzione dei rischi è necessario intervenire su due fronti, uno rivolto verso la ricerca tecnologica, che porti alla realizzazione di nuovi dispositivi atti

ad eliminare completamente o almeno a minimizzare il rischio; l'altro fronte potrebbe essere rivolto all'elaborazione di procedure comportamentali degli utilizzatori che porti a garantire il massimo risultato dai mezzi di protezione che attualmente sono presenti sugli alberi cardanici, e sulle macchine in generale comprese le trattrici agricole.

Dalle interviste effettuate, si è riscontrato che, per l'albero cardanico, spesso i dispositivi di sicurezza vengono tolti per velocizzare il lavoro in campo, per rendere più agevole la fase di aggancio e sgancio alle macchine, per la normale usura all'utilizzo; inoltre le cuffie tendono a danneggiarsi quando le macchine effettuano curve maggiori di 35°. L'ordinaria manutenzione dell'albero cardanico spesso non viene effettuata correttamente, massimamente per questioni di tempo: infatti, in alcune aziende esaminate, solo pochi addetti riducono gli intervalli di ingrassaggio in presenza di terreni particolarmente polverosi o eccessivamente umidi. In tali casi l'intervallo di ingrassaggio delle crociere dovrebbe essere ridotto da 8 a 3 ore.

In relazione alle osservazioni effettuate, è auspicabile che in futuro si possano realizzare cuffie facilmente removibili, da inserire sul giunto solo dopo che questo sia stato agganciato al trattore o alla macchina operatrice. Per ovviare all'inconveniente dei dispositivi facilmente deteriorabili, sarebbe necessario realizzare questi con materiali più resistenti e duraturi.

Per garantire l'efficienza di tutti i dispositivi di sicurezza delle macchine, e delle attrezzature è necessario seguire buone procedure comportamentali.

L'operatore deve tenersi sempre aggiornato sulle nuove scoperte tecnologiche nell'ambito della sicurezza e sulle norme in vigore; deve essere sempre formato sulle modalità di utilizzo di tutte le macchine ed i rischi correlati.

Occorre indossare adeguati dispositivi di protezione individuale.

È consigliabile, nominare un addetto che si incarichi di mantenere le macchine in buone condizioni, effettuando una regolare manutenzione ordinaria e, al bisogno, la manutenzione straordinaria. A tale proposito si può consigliare di effettuare un programma di controllo dei dispositivi di sicurezza di tutte le macchine presenti in azienda, mediante la realizzazione di un "Registro di Monitoraggio" nel quale si riportino il giorno e la firma dell'addetto responsabile.

Inoltre ci si auspica che la ricerca scientifica, nell'ambito dell'ergonomia, possa migliorare e realizzare metodi di valutazione sempre più efficienti e rispondenti alle reali condizioni di esposizione dei lavoratori.

Un altro passo fondamentale per l'abbattimento dei rischi in agricoltura e in altri settori è quello di sensibilizzare i lavoratori e i datori di lavoro alla sicurezza, questo significa migliorare la qualità della vita dell'uomo: che già di per sé è un traguardo importante. Tuttavia migliorare la qualità della vita significa anche aumentare la produttività, ridurre i costi di infortuni e i costi per le malattie professionali, ed avere quindi un riscontro economico, sia nel breve che nel lungo periodo, e per il datore di lavoro e per la collettività.

BIBLIOGRAFIA

1. **AA.VV.**, *produzione documentale tecnica sulla problematica delle vibrazioni connessa all'uso delle macchine agricole*. E.N.A.M.A, ente nazionale per la meccanizzazione agricola, Roma marzo 2005.
2. **ACGIH**, *indici Biologici di Esposizione ACGIH*. Giornale degli Igienisti Industriali, AIDII, Milano.
3. **Alberghina O.**, *una nuova cultivar di nocciolo*. Armerina, convegno internazionale sul nocciolo Avellino, 22-24 settembre 1983.
4. **Alì G., Minore A.**, *rischi lavorativi da agenti fisici: rumore e vibrazioni*, 2007.
5. **Amadasi G.**, *richiami di nozioni di acustica generale*, 2000.
6. **Angeli L., Falconi V.** *qualità e ipotesi di classificazione delle aziende agricole della Regione Lazio, quaderni di informazione socioeconomica*. Regione Lazio "2007.
7. **Antonelli D.**, *evoluzione delle macchine per la raccolta di frutta in guscio*. Tesi di dottorato di ricerca in Meccanica Agraria XVII ciclo. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
8. **Assirelli A.**, *le attrezzature per l'impianto di un nuovo frutteto*. Dipartimento di Economia Ingegneria Agrarie, Università di Bologna.
9. **Beccari A., Di Bartolomeo.**, *valutazione della dosatura mediante analisi dei gas di scarico – I e II parte*. Ingegneria Automotoristica, Ricerca e Sviluppo vol.48, novembre-dicembre 1995.
10. **Belli M., Danieli G. A., Florio G.**, *appunti di macchine, parte I*. Dipartimento di Meccanica, Università della Calabria, 1981.
11. **Bernini M.**, *emissioni inquinanti dei motori endotermici utilizzati per motoseghe e decespugliatori: indagine sperimentale*. Tesi sperimentale, anno accademico 2001–2002. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
12. **Bernini M.**, *valutazione dell'esposizione agli inquinanti aerodispersi, durante l'utilizzo delle attrezzature portatili*. Dottorato di ricerca in Meccanica Agraria XIX ciclo. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
13. **Bindi L., Ossicini A., Casale M.C.**, *agenti chimici mutageni, opuscolo per il medico competente*. INAIL, gennaio 2005.
14. **Biondi P.**, *meccanica agraria. le macchine agricole*. UTET, Torino, 1999.
15. **Bottazzi M., Romisondo, G. Salaris, Bernard G. e Iacurti G.**, *new hazelnut hybrids*. Acta Horticulturae, 1994.

16. **Botu I., Turcu E., Botu M., Achim G., Vicoland A., Apapachatzis, A.,** *new Hazelnut Cultivar for the Industry*. Horticulturæ, 2009.
17. **Bovenzi M., Nataletti P.,** *guida alla valutazione del rischio da vibrazioni meccaniche*. Il Sole 24 Ore, 2006.
18. **Briamonte L.,** *il comparto della frutta in guscio in Italia*. elaborato nell'ambito del progetto "Strumenti e organizzazione per la valutazione dell'OCM ortofrutta", realizzato dall'INEA e finanziato dal MiPAAF con D.M. n. 52981 del 28 dicembre 2001.
19. **Buratti G.,** linee guida per la valutazione del rischio da vibrazioni negli ambienti di lavoro 2005.
20. **Caramiello R., Potenza A, Me G.,** *caratteristiche merceologiche e biologiche di ibridi di Corilus avellana L.* Acta Hrticulturæ, 1994 .
21. **Cecchini A.,** *valutazione del rischio da esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori operanti presso l'Orto Botanico di Viterbo*. Tesi di laurea 2006. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
22. **Cecchini M.,** *la valutazione di impatto acustico da attività produttive prima e dopo la classificazione acustica del territorio. Il nuovo Testo Unico e la sicurezza nel settore agroforestale*. Viterbo. 3 dicembre 2009, AMARO (UD): Cirmont, vol. CD ROM, ISBN: 978-88-903361-0-2.
23. **Cecchini M., Monarca D., Biondi P., Colantoni A, Panaro A.,** *il rischio da esposizione a polveri per gli addetti alla raccolta delle nocciole*. AIIA 2005.
24. **Cecchini M., Monarca D., Guerrieri M, Lingero E, Bessone W, Colopardi F., Menghini G.,** *dust exposure for workers during hazelnut harvesting*. Ragusa SHWA 2010.
25. **Cecchini M., Monarca D., Guerrieri M., Lingero E, Bessone W, Bedini R., Menghini G.,** *noise levels for modern hazelnut harvesters*. Ragusa SHWA 2010.
26. **Cecchini m., Monarca D.,** *sicurezza ed ergonomia in agricoltura*. Materiale elettronico per l'AFS 2009.
27. **Cecchini M., Monarca M., Biondi P., Menghini G., Coletta A.,** *experimental survey on maintenance and safety of tractor PTO drive shafts in central Italy*. Ioha, 8° Conferenza internazionale: salute, lavoro e responsabilità sociale (l'igienista occupazionale e l'integrazione tra ambiente, salute e sicurezza), ottobre 2010.
28. **Comunità Montana Alta Langa,** *la coltivazione del nocciolo in Alta Langa*. Llinee guida per una corilicoltura sostenibile, 2010.
29. **Covatta A., Vassalini G., Deboli R.,** *produzione documentale tecnica sulla problematica delle vibrazioni connessa all'uso delle macchine agricole*. 2005.

30. **Cucuzza S.**, *valutazione del rischio da vibrazioni al sistema mano-braccio e al corpo intero emesse da soffiatori portatili a spalla*. Tesi di laurea 2006. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
31. **D.Lgs. n. 81**, del 09 aprile 2009, *attuazione dell'articolo 1 della legge 3 Agosto n. 123, in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro*, *Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30/04/2008- Supplemento Ordinario n. 108*.
32. **D.Lgs. 195**, del 10 aprile 2000.
33. **D.Lgs. del 2 febbraio 2002, n. 25**, *in attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro*.
34. **D.Lgs. n. 17** del 27 gennaio 2010 che recepisce la direttiva macchine 2006/42/CE.
35. **D.Lgs. n. 187**, del 19 agosto 2005, *attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche*.
36. **D.Lgs. n. 626** del 19 settembre 1994, *attuazione delle direttive n. 89/391/CEE, n. 89/654/CEE, n. 89/655/CEE, n. 89/656/CEE, n. 90/269/CEE, n. 90/270/CEE, n. 90/394/CEE, n. 90/679/CEE, n. 93/88/CEE, n. 95/63/CE, n. 97/42/CE, n. 98/24/CE, n. 99/38/CE, n. 2001/45/CE e n. 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro*.
37. **Delmastro R., Rabino D., Geldi M.**, *adeguamento di macchine usate, albero cardanico*. Ottobre 2008.
38. **Direttiva Comunitaria n. 44** del 6 luglio 2002.
39. **Direttiva del 16 dicembre 1997 n. 68/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio**, *“concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro le emissioni di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali”*. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L59* del 27 febbraio 1998.
40. **Dominici B.**, *l'impatto del rumore nei luoghi di lavoro*, 2004.
41. **Dono G.**, *incomes and profitability in the hazelnut farms of the Cimini mounts*. *Acta, Horticulturae*, 2009.
42. **Farinelli D. , Boco M., Tombesi A.**, *productive and organoleptic evaluation of New Hazelnut crosses* *Acta Horticulturae*. 2009.
43. **Fattorini**, *le persone ed il lavoro*. *ISPESL* questionario, 2002.
44. **Fideghelli C., De Salvador F. R. ,** *world hazelnut situation and perspectives*. *Acta Horticulturae*, 2009.

45. **Franco S., Marangius S.**, *a district for the hazelnut sector: rural for the hazelnut sector: rural or agro food system? Analisis of national and regional laws for governance of Monti Cimini territory* . Congress on Hazelnut ISHS 2009.
46. **Franco S., Pancino B., Ferrucci D.**, *production and marketing of organic hazelnut: the case of "Tonda Gentile Romana"*. Preceding of the sixth international congress on hazelnut, Acta Horticulturae, 2005.
47. **Giancoli D.C.**, *fisica: principi e applicazioni*, 2000.
48. **Gellini R.** *Botanica forestale*, casa editrice dott. Antonio Milani, 2004.
49. **Hart H., Hart D.J., Craine L.E.**, *chimica organica, quarta edizione*. Zanichelli, Bologna, 2000.
50. **Iaschi C.**, *vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio e al corpo intero da macchine agricole e forestali: indagine in campo per l'aggiornamento della banca dati nazionale*. Tesi di laurea 2007.
51. **ISO 11228-1; UNI EN 1005-2**.
52. **ISPESL** Convegno Napoli 09 Aprile 2010.
53. **ISPESL**, *Linee Guida per la Valutazione del Rischio di Stress Lavoro-Correlato*. www.ispesl.it.
54. **ISTAT**, *tavole statistiche*. Www.Istat.it.
55. **Lepore M.**, *la normativa essenziale di sicurezza e salute sul luogo di lavoro*. 2005.
56. **Lingero E.**, *esposizione degli operatori a rumore e polvere durante la raccolta delle nocciole*. Tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie, 2008.
57. **Littarru P., Cumo F., De Santoli L.**, *idrocarburi policiclici aromatici aerodispersi nell'aria di Roma*. Giornale degli igienisti industriali, 4 vol. 3, ottobre 2005.
58. **Manuale dell'MultiRAE Plus PGM-50/5P Multiple-Gas Monitor**, 2003.
59. **Manuale dell'UltraRAE PID PGM-7200**, 2001.
60. **Masciocchi P.**, *agenti fisici, rumore, vibrazioni, campi elettromagnetici e radiazioni ottiche*. EPC LIBRI settembre 2009.
61. **Masciocchi P.**, *guida all'applicazione del decreto macchine*. EPC LIBRI marzo 2010.
62. **Massantini R., Contini M., Mordacchini Alfani M. L. Guerrieri Cecchini M.**, *the consumption of fresh hazelnuts: quality and storage*. Acta Hlticulturae 2009.
63. **Massantini R., Moschetti R., Monarca D., Cecchini M., Contini M., Mordacchini Alfani M.L.**, *the influence of cover crops and double harvest on storage of fresh hazelnuts (Corylus avellana L.)*. Advances Horticulturae 2009.

64. **Massantini R., Moscetti R., Monarca D., Cecchini M., Menghini G., Mordacchini Alfani M.L.** *cover crops and double harvest: their influence on storage of fresh hazelnuts (Corylus avellana)*. International Horticultural congress august Lisbona 2010.
65. **Mattetti M.**, *trattori e vibrazioni: il ruolo delle sospensioni*. 2010.
66. **Monarca D. Cecchini M., Guerrieri M. Santi M., Colopardi F.**, *the evolution of the hazelnut harvesting technique*. Acta Horticulturae 2009.
67. **Monarca D.**, Agrisicur@, *lavorare in sicurezza in agricoltura*, 2009.
68. **Monarca D., Cecchini M. Parisi G. Vassalini G.**, *valutazione del rischio da rumore e vibrazioni al sistema mano-braccio nell'uso dei decespugliatori portatili*. dBA 2002.
69. **Monarca D., Cecchini M., Antonelli D.**, *moderne macchine per la raccolta della frutta in guscio*. Convegno AIIA Catania 2005.
70. **Monarca D., Cecchini M., Guerrieri M., Colantoni A.**, *conventional and alternative use of biomasses derived by hazelnut cultivation and processing*. Acta Horticulturae 2009.
71. **Monarca D.**, *la meccanizzazione del nocciolo nella Provincia di Viterbo*. Convegno Linguaglossa (CT) 4 marzo 2006.
72. **Monastra F., R. Raparelli, F. Fanigliulo**, *clonal selection of "Tonda Gentile Romana"*. Acta Horticulturae 1977.
73. **Norma UNI EN 1152:1997**.
74. **Norma UNI EN 12965** *documento contenuto nel prodotto Macchine e impianti, trattatrici e macchinario agricolo e forestale, sicurezza macchine edizione*, 2009.
75. **Ogata A., Shintani N., Yamanouchi K., Mizuno K., Kushiya S.**, *effect of water vapor on benzene decomposition using a nonthermal-discharge plasma reactor*.
76. **Orsini S., Di Gredico N., Marazzi P.**, *rumore e udito negli ambienti di lavoro*. 1999.
77. **Palermi S.**, *rischio rumore e vibrazione: normativa, misure e valutazione del rischio*, 2007.
78. **Pancino B., Franco S.**, *policy impact on the diffusion of organic hazelnut cultivation in the "Monti Cimini area"*. Acta Horticulturae ISHS. 2009.
79. **Pancino B.**, *un'analisi territoriale dell'impatto dell'agricoltura biologica*. Tesi di Dottorato di Ricerca in politica agraria XVIII Ciclo, Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
80. **Pessina D.**, *la sicurezza negli ambienti agroforestali: aspetti tecnici, gestione e controllo dei rischi*. Incontro internazionale sul piano sicurezza trattori. 2008.
81. **Piccirillo P.**, *attualità e problematiche della coltura del nocciolo in Campania*. 2° convegno nazionale sul nocciolo, Giffoni V. P., Caserta ottobre 2002.

82. **Puleggi R.**, *esposizione a polvere e rumore per i lavoratori addetti alla filiera del nocciolo*, Corso di dottorato di ricerca in meccanica agraria, 2007. Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.
83. **Rea A.**, *indagine sperimentale sul livello di rischio di esposizione al rumore in due frantoi della provincia di Viterbo*, 2007.
84. **Regione Lazio, Arsial, Università degli studi della Tuscia**, monografia di cultivar di nocciolo 2005.
85. **Regione piemonte assessorato alla sanità settore sanità pubblica servizio igiene del lavoro**, *sicurezza in agricoltura, trinciastocchi*, 1997.
86. **Rovetta S.**, manuale per l'applicazione del D.Lgs. 81/08 EPC LIBRI 2009.
87. **S. Franco, D.Monarca D.**, *Technical and economic aspects of Hazelnut mechanical harvesting*, Acta Horticulturae, 2001
88. **Spagnoli S., Trentini L.**, *le regole e gli aiuti per la frutta in guscio*", Servizio Produzioni Vegetali, Regione Emilia Romagna.
89. **Tomao E., De Nuntis F., Sanciani A.**, *le vibrazioni meccaniche ed effetti sull'uomo*, 2006.
90. **Tombesi A., Farinelli D., Tombesi S.**, *the varieties to improve hazelnut production*. Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Perugia-CoryluseCo Rivista del centro studi e Ricerche sul Nocciolo e del Castagno. 2010.
91. **Tombesi**, *il nocciolo manuale pratico*. REDA edizioni per l'agricoltura, 1985.
92. **UNI EN 482 gennaio 1998**, "*Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici*".
93. **UNI EN 689 gennaio 1997**, "*Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limiti e strategia di misurazione*".
94. **Valentini N., Marinoni D, Me G., Botta R.**, *evolution of "Tonda Gentile delle Langhe" clones*. Acta Horticulturae, 2001.
95. **Viola M.**, *controllo attivo del rumore*, 2009.
96. **<http://web.tiscali.it>**
97. **<http://www.csa.it>**
98. **<http://www.enama.it>**
99. **<http://www.ima.to.cnr.it>**
100. **<http://www.imamoter.cnr.it>**
101. **<http://www.rivistedigitali.com>**

102. <http://www.zinellifranco.it>
103. www.agraria.org/coltivazioniarboree/nocciolo.htm,
104. www.arpa.emr.it
105. www.ilsagroup.com/it/colture/coltura/57/nocciolo.htm;
106. www.inail.it
107. www.parcoincisionigrosio.it/index.php?q=lang/it/page_title/il-bosco-termofilo,
108. www.puntosicuro.it.
109. www.salute.gov.it
110. www.spisal.it.
111. www.spisal.it.
112. www.vibroacoustic.it

RINGRAZIAMENTO

Ringrazio il prof. Monarca D. e il prof. Cecchini M. che in questi anni di dottorato mi hanno dato la possibilità di arricchire le conoscenze e l'esperienza nell'ambito della ricerca, nei vari settori.

Ringrazio vivamente tutti i collaboratori del laboratorio di ergonomia (ERGOLAB), in particolare il dott. Bedini R., il dott. Guerrieri M., il dott. Lingero E. e il dott. Bessone W., i quali hanno contribuito in maniera determinante alla realizzazione di questa indagine sperimentale.

Ringrazio tutti coloro che hanno dato un grande valore alla ricerca scientifica mettendo a disposizione le aziende, le macchine ed attrezzature, onde facilitare le indagini in campo.

Un ringraziamento anche ai componenti della New Servit s.r.l. per la disponibilità nel condividere metodi di studio e di valutazione dei rischi.

Ringrazio l'Università degli Studi della Tuscia che ha fornito insegnamenti di qualità.

Infine ringrazio la mia famiglia, i miei genitori, mia sorella e lo zio Vincenzo, che in questi anni di dottorato hanno condiviso quotidianamente le emozioni delle mie nuove esperienze.