



MACCHINE E TECNICHE PER IL VERDE URBANO

REALIZZAZIONE, CURA E MANUTENZIONE
DELLE AREE VERDI

Marcello Biocca, Lucia Bortolini



*Centro di ricerca Ingegneria e
Trasformazioni agroalimentari
Roma, 2019*

Autori:

Marcello Biocca

Nato a Roma nel 1963, si è laureato in Scienze Agrarie nel 1988 presso l'Università della Tuscia di Viterbo. Ricercatore presso il Centro di Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari del CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) dal 1988, si occupa in particolare di ricerca e sperimentazione su macchine e tecnologie per la difesa delle colture, per l'olivicoltura e per il verde urbano. È autore di circa 185 pubblicazioni scientifiche e tecniche.

Indirizzo:

*CREA - Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari
Via della Pascolare, 16 - 00015 Monterotondo (Roma)
marcello.biocca@crea.gov.it*

Lucia Bortolini

Laureata in Scienze Agrarie presso Università di Padova nel 1986, Dottore di ricerca in Meccanica e meccanizzazione agricola nel 1992, è ricercatrice presso il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF) dell'Università di Padova dove si occupa soprattutto di ricerca applicata nel campo dell'irrigazione e delle infrastrutture verdi per la gestione dei deflussi di pioggia. Da più di vent'anni è docente di diversi corsi dell'Università di Padova e dal 2008 del corso di Manutenzione delle aree verdi destinato a studenti della laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali.

Indirizzo:

*Dipartimento TESAF – Università di Padova
Viale dell'Università, 16 - 35020 Legnaro (Padova)
lucia.bortolini@unipd.it*

Progettazione grafica e impaginazione

Sofia Mannozi

Citazione:

Biocca M., Bortolini L. (2019) Macchine e tecniche per il verde urbano. Realizzazione, cura e manutenzione delle aree verdi. Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – CREA (Ed.), Roma.

Roma, 2019

ISBN 9788833850108

*Tutto dipende dallo scopo;
neanche un filo d'erba deve essere tagliato senza uno scopo degno*
(Kulārṇava Tantra)



SOMMARIO

INTRODUZIONE	9
1 PARTE GENERALE	13
1.1. Approccio metodologico e organizzazione dei cantieri di lavoro	13
1.2. Operazioni colturali e classificazione delle macchine e attrezzature per il verde	16
1.3. Analisi del lavoro	20
1.3.1. <i>Classificazione dei tempi di lavoro, indici di rendimento e valutazione delle prestazioni delle macchine</i>	21
1.3.2. <i>Capacità di lavoro e superficie dominabile</i>	24
1.4. Macchine polifunzionali e per il trasporto	26
1.4.1. <i>Trattori compatti</i>	26
1.4.2. <i>Motocoltivatori</i>	27
1.4.3. <i>Transporter</i>	28
1.4.4. <i>All Terrain Vehicle (Quad)</i>	31
2 LAVORI PRELIMINARI E PREPARAZIONE DEL TERRENO	33
2.1. Pulizia del soprassuolo	35
2.2. Eliminazione dei ceppi	35
2.3. Spietramento	37
2.4. Movimento terra, modifica della giacitura e livellamento	39
2.5. Predisposizione degli impianti sotterranei	41
2.6. Lavorazioni primarie del suolo	43
2.7. Preparazione del terreno alla semina e al trapianto	46
2.8. Apertura delle buche	49
3 IMPIANTO DEL VERDE ORIZZONTALE E VERTICALE	51
3.1. Semina del tappeto erboso	51
3.2. Trasemina	54

3.3. Idrosemina	54
3.4. Trapianto del tappeto erboso	57
3.5. Trapianto e messa a dimora degli alberi e arbusti	58
4 MANUTENZIONE DEL VERDE PAESAGGISTICO	63
4.1. Taglio della vegetazione erbacea e arbustiva	63
4.2. Manutenzione dei corsi d'acqua	69
4.2.1. <i>La gestione della vegetazione spondale</i>	70
4.2.2. <i>La gestione della vegetazione di fondo</i>	72
4.3. Sistemi a basso impatto ambientale	74
5 TAGLIO E GESTIONE DEI TAPPETI ERBOSI SPORTIVI E ORNAMENTALI	75
5.1. Taglio dell'erba	75
5.1.1. <i>I rasaerba</i>	80
5.2. Rifinitura del taglio dell'erba	95
5.3. Gestione e rinnovamento del tappeto erboso	96
5.3.1. <i>La sfeltratura e altri interventi superficiali</i>	96
5.3.2. <i>La decompattazione e l'aerazione del suolo</i>	99
5.3.3. <i>Il top-dressing</i>	104
6 CURA E DIFESA DEL VERDE	107
6.1. Fertilizzazione	107
6.1.1. <i>La distribuzione dei concimi solidi</i>	108
6.1.2. <i>La distribuzione degli ammendanti</i>	111
6.2. Diserbo e trattamenti antiparassitari	113
6.2.1. <i>La distribuzione di prodotti fitosanitari, diserbanti e concimi liquidi</i>	114
6.2.2. <i>Il controllo non-chimico della flora spontanea</i>	119
6.2.3. <i>Cenni di endoterapia</i>	122
7 IRRIGAZIONE	125
7.1. La gestione razionale dell'irrigazione	126
7.2. Irrigazione per aspersione (a pioggia o pluvisirrigazione)	131
7.2.1. <i>Impianti pluvisirrigui mobili particolari</i>	132
7.2.2. <i>Irrigatori per il verde</i>	133
7.3. Microirrigazione	141
7.3.1. <i>Erogatori</i>	142
7.3.2. <i>Microirrigazione interrata</i>	144
8 CURA E GESTIONE DEGLI ALBERI E DEGLI ARBUSTI	149
8.1. Cenni di valutazione della stabilità degli alberi	151

8.1.1. <i>La strumentazione</i>	157
8.2. Potatura	161
8.2.1. <i>Attrezzature manuali</i>	166
8.2.2. <i>Tagliasiepi</i>	169
8.2.3. <i>Motoseghe da potatura</i>	170
8.2.4. <i>Elettroseghe e motoseghe a batteria</i>	171
8.2.5. <i>Sramatori da vivaio</i>	172
8.3. Abbattimento	172
8.3.1. <i>Motoseghe</i>	173
8.3.2. <i>Abbattitrici forestali (cenni)</i>	179
8.4. Lavori di cura in quota	180
8.4.1. <i>Piattaforme di lavoro elevabili (PLE)</i>	180
8.4.2. <i>Lavoro su alberi con funi (tree climbing)</i>	182
 9 PULIZIA E GESTIONE DEI RESIDUI DEL VERDE	 185
9.1. Pulizia	186
9.2. Smaltimento ramaglie	189
9.2.1. <i>La compattazione</i>	189
9.2.2. <i>Lo sminuzzamento</i>	190
9.3. Produzione di compost vegetale (cenni)	193
9.3.1. <i>Compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati</i>	195
 10 TUTELA DELLA SALUTE E SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO	 197
10.1. La valutazione del rischio	202
10.2. I dispositivi di protezione individuale (DPI)	204
10.2.1. <i>Dispositivi di protezione della testa</i>	208
10.2.2. <i>Dispositivi di protezione delle mani</i>	208
10.2.3. <i>Dispositivi di protezione del corpo e degli arti</i>	209
10.2.4. <i>Dispositivi di protezione degli occhi</i>	210
10.2.5. <i>Dispositivi di protezione dell'udito</i>	210
10.2.6. <i>Dispositivi di protezione delle vie respiratorie</i>	211
10.2.7. <i>Dispositivi di protezione dei piedi</i>	212
10.2.8. <i>Dispositivi di protezione dalle cadute dall'alto</i>	212
10.3. La sicurezza nel settore della manutenzione del verde	214
10.4. Rischi e prevenzione nel settore della manutenzione del verde	217
10.4.1. <i>Rumori</i>	217
10.4.2. <i>Vibrazioni</i>	218
10.4.3. <i>Polveri</i>	218
10.4.4. <i>Caduta materiali dall'alto</i>	219
10.4.5. <i>Scivolamento o cadute dell'operatore</i>	220
10.4.6. <i>Ribaltamento-rovesciamento della macchina</i>	220
10.4.7. <i>Contatto con lame taglienti e altri organi di taglio</i>	221

<i>10.4.8. Proiezione di materiali</i>	221
<i>10.4.9. Contatto con superfici calde</i>	221
<i>10.4.10. Sospensione inerte</i>	222
<i>10.4.11. Movimentazione manuale dei carichi</i>	222
<i>10.4.12. Folgorazioni</i>	223
<i>10.4.13. Sbalzamento fuori dal cestello della PLE</i>	224
<i>10.4.14. Rischi generici provocati da fattori meteorologici</i>	224
<i>10.4.15. Rischi generici provocati da fattori biotici</i>	225
<i>10.4.16. Altri rischi legati alla potatura degli alberi</i>	225
 BIBLIOGRAFIA	 227

INTRODUZIONE

In ambito urbano le aree verdi stanno assumendo una sempre maggiore importanza: basti pensare che nell'Unione Europea, nel 2017, il 75% della popolazione risiedeva in aree urbane (The World Bank, 2017), mentre in diverse parti del mondo questa percentuale è anche maggiore, con un trend generale in crescita, visto che la popolazione urbana cresce ad un ritmo circa due o tre volte superiore di quella rurale. Anche per questo motivo, negli ultimi anni si è ampliata e rafforzata la consapevolezza che la presenza di verde è sicuramente uno degli elementi che contribuisce al miglioramento della qualità della vita e della percezione delle città. Il rapporto con i cittadini si è arricchito di nuovi valori e la cura del verde è divenuta parte integrante della nostra cultura; la sua presenza nelle città, lungo le strade, nelle piazze non viene più solo considerata un elemento di arredo, ma viene percepita come un insieme costituito da organismi viventi da curare e rispettare.

In realtà, con il termine “verde urbano” si può fare riferimento a un'ampia gamma di tipologie di verde realizzate o gestite dall'uomo quali: i parchi, i giardini, le alberature stradali, il verde autostradale, il verde sportivo (campi da calcio, campi da golf, ecc.), il verde cimiteriale, i corridoi verdi, gli orti urbani, i canali e i corsi d'acqua inerbati, ma anche le infrastrutture verdi urbane quali il verde pensile o i rain garden (Miller, 1997; Mougeot, 2000; Sanesi, 2004; Dietz & Clausen, 2005; Konijnendijk et al., 2005; Randrup et al., 2005; Santamouris, 2014; Miller et al., 2015; Camilletti, 2015; Bortolini & Zanin, 2018).

Note sono le funzioni del verde che, oltre alla valenza ornamentale ed estetica, fornisce una serie di servizi ecosistemici che comprendono: l'effetto positivo sulla qualità dell'aria (assorbimento di sostanze gassose, intercettazione del particolato e di varie sostanze chimiche volatili, riduzione della temperatura – con benefici effetti sull'inquinamento da ozono - aumento dell'umidità atmosferica e, naturalmente, produzione di ossigeno¹), la regolazione del microclima, la prevenzione degli allagamenti causati dai rapidi ed elevati deflussi da superfici pavimentate (tetti, strade, ecc.), la protezione dal rumore e la riduzione degli effetti dell'isola di calore (Ber-

¹ L'azione da parte degli alberi sulla rimozione di inquinanti aeriformi in generale è ben nota. In studi sulla città di New York è emerso che gli alberi sono stati in grado di rimuovere 2200 tonnellate di inquinanti in un anno, generando un risparmio per la pubblica amministrazione stimato intorno a 10,6 milioni di dollari (Nowak et al., 2006).



Un parco storico con la presenza di diversi elementi vegetali: tappeto erboso, cespugli allevati ad ars topiaria, aiuole fiorite e alberi (Giardini di Palazzo Estense, Varese).

il mantenimento della biodiversità nelle città, sia attraverso la creazione di microhabitat per molti animali e insetti sia per la presenza di specie vegetali autoctone (Goddard et al., 2010).

Il verde urbano ha anche un effetto economico diretto sul valore delle abitazioni, in quanto alla presenza di alberi di alto fusto e alla vicinanza di parchi o giardini è legata una quota consistente del costo delle abitazioni cittadine (Dwyer et al., 1992; Nowak et al., 2011; Ferrini & Fini, 2017). Se appare superfluo ricordare l'effetto positivo del verde sullo stato di benessere delle persone, vanno invece ricordati i benefici di tipo sociale legati alla condivisione di spazi verdi (come nel caso delle aree ricreative), nonché il riconosciuto aiuto nella prevenzione e cura delle malattie, anche di tipo mentale (Van Herzele & Wiedemann, 2003; Lorenzini & Lenzi, 2003; Nielsen & Hansen, 2007; Sanesi et al., 2008). Interessante, infatti, è la crescente diffusione in questi ultimi anni di giardini sensoriali e giardini terapeutici per l'ortoterapia di cui è stata comprovata l'azione positiva su pazienti affetti da demenza (Gonzalez & Kirkevold, 2014).

Va infine ricordato il ruolo storico-culturale di numerosi parchi e giardini, in particolare dei giardini storici, numerosi nel nostro paese e in grado di portare benefici legati alla loro valenza culturale, attraendo migliaia di visitatori ogni anno.

In ambito urbano una delle peculiarità del verde è di essere progettato, installato, coltivato, gestito e mantenuto con scopi e finalità diversi da quelli di qualsiasi altra coltivazione vegetale. Inoltre, l'ambiente urbano presenta tendenzialmente condizioni meno favorevoli alla crescita delle piante, che ne risentono negativamente con sviluppo stentato e maggior predisposizione alle malattie e ai patogeni. Questa ovvia considerazione ha però conseguenze spesso non banali sulle valutazioni tecniche e, naturalmente, sulla scelta e l'im-

nazky, 1983; Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Yang et al., 2004; Nowak et al., 2006; Dietz, 2007; Van Renterghem & Botteldooren, 2009; Zoulia et al., 2009; Oliveira et al., 2011; Abhijith et al. 2017).

Non meno importante è la funzione del verde urbano sul sequestro della CO₂ atmosferica. In particolare, è stato stimato che gli alberi mediamente arrivano a catturare CO₂ nella misura di circa 7,7 Kg di carbonio per metro quadro di copertura arborea, ma elevatissima è in generale la capacità da parte delle aree verdi di contribuire alla riduzione dell'effetto serra (Novak et al., 2013).

Gli spazi verdi sono anche fondamentali per



Una tipologia tipica del verde urbano: l'alberatura stradale.

piego delle macchine e delle attrezzature per le varie operazioni colturali (Biocca, 2007).

Scopo di questo lavoro è quello di fornire una descrizione delle operazioni legate alla realizzazione, alla cura e alla manutenzione delle aree verdi, con riferimenti specifici alle tecniche, approfondendo i contenuti relativi alle tipologie di macchine e attrezzature disponibili.

Il testo è rivolto agli studenti dei corsi scolastici e universitari ma anche alle molteplici figure che, per interessi e motivazioni diverse, hanno la necessità di conoscere ed approfondire i contenuti tecnici specialistici legati alla creazione e alla gestione del verde: architetti, paesaggisti, amministratori pubblici, tecnici del settore, ecc. Inoltre, sempre di più la creazione e la cura del verde pubblico non possono non tener conto nei processi decisionali e gestionali della partecipazione dei residenti e degli utenti alle scelte effettuate dalla pubblica amministrazione, rendendo la gestione della materia assai complessa e di estremo interesse per dei soggetti anche molto diversi tra loro.



Il “muro verde”, infrastruttura del verde verticale moderno (Caixa Forum, Madrid).

PARTE GENERALE

1.1. APPROCCIO METODOLOGICO E ORGANIZZAZIONE DEI CANTIERI DI LAVORO

In molti contesti urbani le dotazioni di verde non sono ancora soddisfacenti, sia qualitativa-mente sia quantitativamente¹. Due sono i tipi di problemi che normalmente si devono affronta-re in questo ambito: il primo è relativo alla creazione e alla progettazione di nuovi spazi verdi, il secondo riguarda la riqualificazione di spazi esistenti, la loro gestione e salvaguardia.

La corretta progettazione delle aree verdi è la necessaria premessa a qualsiasi intervento suc-cessivo di cura e manutenzione (Agostoni & Marinoni, 1987; Piccarolo, 1995; AA.VV., 2017). Infatti, gli errori e le manchevolezze del progetto si ripercuoteranno sul risultato finale e avran-no conseguenze nella gestione e manutenzione dell'area verde. In questa sede non si forniranno delucidazioni su quest'argomento, di competenza degli architetti paesaggisti e dei progettisti del verde, anche se è evidente che una corretta progettazione non dovrebbe prescindere da considerazioni sul mantenimento nel tempo dell'area verde creata (Naess, 2011; Johnston & Hirons, 2014; Vogt et al., 2015; Piccarolo, 2010; Ferrini, 2017).

Generalmente una moderna metodologia progettuale si sviluppa attraverso le seguenti fasi principali (Piccarolo, 2000):

- Definizione degli obiettivi
- Analisi del sito e rilievo dati
- Progetto di massima
- Progetto definitivo
- Esecuzione lavori
- Gestione e manutenzione

¹ Da un'indagine condotta nel 2016 in 116 comuni italiani capoluogo di provincia, è risultato che la percentuale di verde urbano pubblico sulla superficie comunale ha un valore medio di circa il 5% e che la disponibilità di verde pro-capite è compresa tra i 10 e i 30 m²/ab nella metà dei comuni. La tipologia di verde che incide di più risulta essere o il verde attrezzato (in 25 città), o quello storico (in 12) o le aree boschive (in 11). Questi dati, soddisfacente nel loro complesso, rilevano però molte differenze tra città e città e all'interno dello stesso territorio e derivano da indagini difficoltose poiché non esiste uno standard di definizione precisa per determinare l'effettiva quantità dispo-nibile (Chiesura & Mirabile, 2016).

In questo testo si farà riferimento ai lavori di esecuzione e quelli successivi di gestione e manutenzione, i quali coinvolgono l'utilizzo di macchine e attrezzature delle quali è necessario conoscere le caratteristiche di funzionamento e di impiego, compresa la capacità di lavoro, ai fini di una corretta scelta e del loro più appropriato utilizzo.

In generale, ma soprattutto nelle aree pubbliche, la creazione delle aree verdi e gli interventi di cura e manutenzione dovrebbero essere programmati ponendo attenzione a tre principali vincoli: le interazioni con le attività dell'uomo (traffico veicolare, apertura e chiusura scuole, ecc.), lo sviluppo delle piante in condizioni difficili (un caso classico è quello delle alberature dei viali) e il contenimento dei costi.

Le diverse operazioni da eseguire dovrebbero essere opportunamente e preventivamente pianificate per assicurare il regolare ed efficace svolgimento dei lavori. La programmazione degli interventi dovrebbe essere tale da garantire:

- la disponibilità di macchine, manodopera e materiali;
- lo svolgimento tempestivo delle operazioni previste;
- la prevenzione di eventuali intoppi.

Per questo è necessario conoscere le fasi delle operazioni da realizzare, l'inizio, la fine e la durata di ciascuna fase, considerare una eventuale sovrapposizione tra queste e stabilire il fabbisogno di macchine, manodopera e materiali.

Importante è anche programmare le fasi di lavorazione ed eseguire le operazioni di cantiere con modalità atte a salvaguardare le condizioni agronomiche delle aree destinate alle opere a verde, soprattutto preservando i suoli dal compattamento, cercando di limitare al massimo i transiti ed evitando di operare su terreni a scarsa portanza e bassa lavorabilità perché troppo umidi.

Una norma di comportamento da rispettare durante l'esecuzione dei lavori è quella di mantenere il cantiere in ordine e pulito, rimuovendo tempestivamente le attrezzature non più utilizzate, ed evitando di abbandonare, al di fuori delle aree previste come deposito temporaneo, i rifiuti prodotti e altri materiali, soprattutto se potenzialmente inquinanti.

Inoltre, sempre in fase di programmazione, deve essere stilato il P.O.S. o Piano operativo di sicurezza per tutelare i lavoratori, redatto secondo le norme vigenti in temi di sicurezza sul lavoro², nel quale vanno riportate in dettaglio le valutazioni dei rischi e le migliori contromisure da adottare nelle attività di cantiere al fine di salvaguardare l'incolumità fisica dei lavoratori.

Le modalità di gestione possono cambiare molto se si passa da verde pubblico a privato, ma anche in ambito privato è possibile distinguere una conduzione hobbistica da quella professionale. Infatti, gli ambiti privati vanno dal piccolo giardino di un'abitazione al campo da golf e, mentre nel giardino privato la manutenzione è spesso attuata dal proprietario stesso con una conduzione di tipo hobbistico, nei campi da golf la manutenzione è effettuata da personale qualificato con attrezzature professionali anche molto specializzate. In tutte le aree verdi pubbliche la manutenzione è condotta sempre più frequentemente in modo professionale da imprese di servizio, mentre sono sempre più rare le amministrazioni pubbliche che gestiscono direttamen-

² Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro approvato con decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive integrazioni e modifiche, articoli 17 e 28.

te la manutenzione delle loro proprietà.

Nelle aree urbane l'approccio più moderno adottato nella manutenzione delle aree verdi pubbliche prevede l'applicazione di una **gestione differenziata**, ovvero eseguita in relazione alla tipologia di verde, al tipo di utenza e alla fruibilità del luogo (Piccarolo, 2009). Questo tipo di gestione porta a distinguere diverse tipologie di spazi verdi, dai giardini ornamentali di particolare pregio ai parchi ricreativi con percorsi vita, dai viali alberati alle sponde dei canali, distinguendo tra quelli che richiedono interventi molto qualificati e/o frequenti e altri che necessitano interventi limitati.

Naturalmente, i costi di manutenzione varieranno a seconda del tipo di area verde, della sua ubicazione, forma ed estensione, della vegetazione e dei manufatti presenti, risentendo del carico di manodopera e del tipo di macchinari utilizzati. A titolo esemplificativo, in Tabella 1.1 sono riportati i valori indicativi dei costi di manutenzione (euro per m²) e delle superfici che possono essere seguite da un addetto (ettari per addetto) in un anno per le diverse tipologie di aree verdi. Come si può notare, i costi possono sfiorare i 20 €/m² nel caso di parchi e giardini con aiuole fiorite e siepi di pregio sottoposte a interventi di ars topiaria, oppure essere ridotti a pochi centesimi al metro quadro per ambiti periferici naturalistici in cui si effettuano un paio di tagli dell'erba all'anno.

Tabella 1.1 – Costi di gestione annuale e superfici gestite da un addetto relativi alle diverse tipologie di aree verdi (da Piccarolo, 2009, mod.).

Tipo di gestione	Area verde	Esempi	€ anno ⁻¹ m ⁻²	ha anno ⁻¹ addetto ⁻¹
Molto intensiva	a forte vocazione ornamentale	Parchi e giardini storici con aiuole e siepi di pregio	12-18	1
Intensiva	a elevata vocazione ornamentale	Parchi e giardini ad alta frequentazione, rotatorie cittadine, viali con aiuole	6-8	2-3
Normale	di concezione paesaggistica a vocazione ornamentale e ricreativa	Parchi pubblici ricreativi, scuole, viali alberati cittadini	3-4	4
Estensiva	a ridotta frequentazione con interventi limitati	Parchi e riserve periurbane, piste ciclo-turistiche, oasi naturalistiche	1-2	5-6
Ridotta	a bassa frequentazione	Aree verdi naturali, corsi d'acqua	<0,5	6
Forestale o campestre	aree naturali con interventi occasionali	Aree boschive, zone naturali scarsamente frequentate	<0,2	8

Solo una gestione differenziata permette di finalizzare la manutenzione e la salvaguardia delle aree verdi in relazione al loro uso e alla loro finalità, rispondendo a ragioni di tipo economico ma anche ambientale, per esempio salvaguardando al massimo la biodiversità. Una gestione errata può portare, infatti, a un progressivo impoverimento biologico sia vegetale che animale (es. per sfalci troppo frequenti o trattamenti fitosanitari male eseguiti). D'altra parte, è importante

non confondere una gestione ecologica e sostenibile con l'abbandono manutentivo dell'area, sempre mal visto da chi abita o frequenta quella zona (Piccarolo, 2006).

Per quanto riguarda l'organizzazione del cantiere di lavoro e la scelta delle macchine da utilizzare, le varie tipologie di aree verdi possono presentare una forte differenziazione in termini di piante presenti, grado e intensità di manutenzione, che implicano scelte diverse a livello di meccanizzazione. Per questo motivo, il mercato offre molti tipi di macchine in una vastissima gamma di dimensioni e prestazioni, in grado di soddisfare le diverse esigenze.

1.2. OPERAZIONI COLTURALI E CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE E ATTREZZATURE PER IL VERDE

Gli interventi per la creazione e la gestione degli spazi verdi possono essere molteplici e differenziati a seconda della tipologia (campo da calcio, viale alberato, ecc.). Laddove possibile, si distinguono interventi destinati al verde verticale (arboreo e arbustivo) da quelli tipici del verde orizzontale (tappeti erbosi, aiuole, piante erbacee in genere).

Le varie operazioni colturali possono essere classificate a seconda della finalità prevalente e comprendere diversi lavori elementari. Un esempio è fornito in Tabella 1.2, nella quale le diverse operazioni sono raggruppate a seconda di quattro diverse finalità prevalenti. Come si può vedere, ad esempio, la gestione del tappeto erboso può comprendere la rasatura, la raccolta dell'erba, il verticutting, ecc. A sua volta, però, la raccolta dell'erba potrebbe comprendere più lavori elementari quali la soffiatura per convogliare in andane o cumuli il materiale di sfalcio e la successiva raccolta con aspiratore.

Tabella 1.2 – Esempio di suddivisione delle principali operazioni colturali nella gestione del verde.

Preparazione del terreno e impianto	Gestione del tappeto erboso e taglio dell'erba
movimento terra e livellamento lavorazioni del suolo apertura buche predisposizione impianti sotterranei movimentazione alberi impianto alberi e arbusti semina del tappeto erboso trapianto del tappeto erboso	taglio della sterpaglia (decespugliatore) taglio dell'erba (trinciaerba) rasatura raccolta dell'erba sfeltratura verticutting bucatatura/carotatura top dressing
Potatura e abbattimento	Controllo infestanti e malattie
potatura con PLE potatura in tree-climbing abbattimento manuale (motosega) abbattimento meccanico (harvester) cippatura/biotriturazione	preparazione dei pesticidi distribuzione dei pesticidi pulizia delle macchine per i trattamenti rimozione dei nidi di processionaria

Alla luce delle considerazioni fatte sulla tipologia di aree a verde e dell'obiettivo prevalente che si intende ottenere, la suddivisione può essere ancora più accurata, arrivando a considerare un numero molto elevato di operazioni colturali. In particolare, in questo testo tutti i lavori col-

turali individuati sono stati raggruppati in categorie omogenee che caratterizzano l'operazione prevalente. Tale classificazione prevede:

- a) **Lavori preliminari e preparazione del terreno**
 - Pulizia del soprassuolo e movimento terra
 - Eliminazione dei ceppi
 - Spietramento
 - Lavorazioni primarie
 - Modifica della giacitura e livellamento
 - Predisposizione degli impianti sotterranei
 - Preparazione del terreno alla semina/trapianto
 - Apertura delle buche
- b) **Impianto del verde orizzontale e verticale**
 - Semina del tappeto erboso
 - Idrosemina
 - Trapianto del tappeto erboso
 - Trapianto e messa a dimora degli alberi e arbusti
- c) **Gestione del verde paesaggistico**
 - Taglio della vegetazione erbacea e arbustiva
 - Manutenzione dei corsi d'acqua (vegetazione spondale e vegetazione di fondo)
- d) **Taglio e gestione dei tappeti erbosi sportivi e di pregio**
 - Taglio dell'erba
 - Rifinitura del taglio dell'erba
 - Gestione e rinnovamento del tappeto erboso (sfeltratura e altri interventi superficiali, decompattazione e aerazione del suolo, top-dressing)
- e) **Cura e difesa del verde**
 - Concimazione (concimi solidi, concimi liquidi, ammendanti)
 - Diserbo e trattamenti antiparassitari e brachizzanti (prodotti fitosanitari, diserbanti)
 - Controllo non-chimico della flora spontanea
 - Endoterapia
- f) **Irrigazione**
 - Irrigazione per aspersione (a pioggia o pluviirrigazione)
 - Microirrigazione
- g) **Cura e gestione del verde verticale (alberi e arbusti)**
 - Potatura
 - Abbattimento
 - Gestione degli alberi ad alto fusto (lavori con PLE, tree-climbing)
- h) **Pulizia e gestione dei residui del verde**
 - Pulizia
 - Smaltimento ramaglie (compattazione, sminuzzamento)
 - Produzione di compost (compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati)

Per tutte queste operazioni si impiegano macchine di derivazione agricola o forestale, macchine per il movimento terra, ma anche molte macchine specificatamente progettate per il verde. Come accennato prima, i mezzi, le attrezzature e le tecnologie disponibili sono oggi molto numerose, anche in virtù di un'industria agromeccanica molto attiva nel mondo, Italia compresa. Nonostante l'andamento economico negativo generale degli ultimi anni, che ha ridotto la capacità d'investimento di privati, imprese di manutenzione e amministrazioni pubbliche, il

settore rimane particolarmente importante in termini numerici (Tabella 1.3).

Il fatturato dell'industria del settore si mantiene elevato con quasi il 70% destinato all'esportazione. Il nostro paese è attualmente primo in Europa e secondo a livello mondiale sia per numero di macchine prodotte sia per quelle esportate. L'industria nazionale, in particolare, è caratterizzata da un notevole numero di ditte specializzate (circa 160 aziende) che producono sia per il verde hobbistico che per quello professionale.

Tabella 1.3 - Andamento del mercato italiano delle principali tipologie di macchine per giardinaggio 2005-2017 (numero macchine, dati Comagarden modif.³)

Categoria	2005	2014	2016	2017
Rasaerba	371 163	301 135	279 868	267 197
Ride-on	22 020	13 186	n.d.	12 242
Motoseghe	400 914	327 567	345 011	340 007
Decespugliatori	260 636	250 698	256 345	248 460
Trimmer	105 098	59 501	55 245	54 022
Motozappe	33 790	30 366	31 895	30 528
Tagliasiepi	102 484	91 832	91 362	90 226
Biotrituratori	7 027	7 770	7 663	6 968
Soffiatori / Aspiratori	55 476	78 300	89 593	103 808

Per quanto riguarda una possibile classificazione tra tutte le macchine utilizzate per la manutenzione delle aree verdi, si possono distinguere:

- Macchine polifunzionali e porta-attrezzi: possono essere utilizzate per effettuare diversi lavori (es. transporter, motocoltivatori, ecc.);
- Macchine specializzate: dedicate prevalentemente o esclusivamente a una particolare operazione colturale. Qui l'elenco si può fare molto lungo e nel testo si è cercato di riportare il maggior numero di macchine e attrezzature presenti attualmente nel mercato.

Un'altra distinzione classica prevede la classificazione secondo una suddivisione tra macchine motrici e macchine operatrici (Biondi, 1999).

Le macchine motrici utilizzate nella manutenzione del verde sono in genere trattori di derivazione agricola.

Il **trattore** è un veicolo atto a sviluppare potenza (centrale mobile di potenza) da utilizzare a servizio delle macchine operatrici. I parametri dimensionali sono:

- passo: distanza (misurata in m) tra l'asse anteriore e l'asse posteriore;
- carreggiata: distanza (misurata in m) tra la mezzzeria degli organi di locomozione (ruote o cingoli);
- luce libera da terra: distanza (misurata in m) che intercorre da terra al punto più basso del trattore;
- ingombro (trasversale e longitudinale): ingombro massimo del mezzo, misurato com-

³ www.morgan.comagarden.com

prendendo le parti più sporgenti (specchietti, tubo di scappamento, ecc.).

Tra gli elementi essenziali di un trattore atti a descrivere il funzionamento delle macchine agricole e forestali ad esso collegate, vi sono la presa di potenza e il sollevatore idraulico (in gergo chiamato *attacco a tre punti*).

La **presa di potenza (p.d.p.)** è l'elemento tramite il quale il motore del trattore è in grado di azionare, per mezzo di un movimento meccanico rotatorio trasmesso grazie all'albero cardanico, gli organi lavoranti sulla macchina operatrice a esso accoppiata.

La p.d.p. è detta anche spesso, ma impropriamente, "presa di forza": infatti, tale sistema trasmette una coppia nell'ambito di un moto rotatorio di un albero (maschio scanalato) dotato di una determinata velocità angolare tale che:

$$P = C \cdot w$$

dove: P = potenza (Watt o, meglio, kW)

C = coppia motrice (Nm)

w = velocità angolare (giri/min o, più rigorosamente, rad/s)

formula che evidenzia come tale sistema trasmetta una potenza e non una forza.

Il **sollevatore idraulico**, inventato da Harry Ferguson nel 1933, è un sistema meccanico costituito da: 1) *due bracci portattrezzi*, detti paralleli, collegati ai bracci di sollevamento mediante due aste (tiranti) a lunghezza regolabile; le parallele possono a loro volta essere fisse o allungabili in lunghezza e gli agganci per gli attrezzi possono essere a rotula fissa o agganci rapidi; 2) *un puntone* provvisto nell'estremità libera di un perno sfilabile; il puntone è allungabile, e costituisce il terzo punto di attacco con l'attrezzo.

Può essere meccanico o idraulico; due ulteriori tiranti con tenditori o stabilizzatori sono collegati al corpo del trattore e ai bracci portattrezzi e servono per evitare o impedire gli spostamenti delle macchine operatrici. Il sistema ha la possibilità di oscillare.

Le macchine operatrici comprendono macchine semoventi e macchine portate, semi-portate e trainate collegate a un trattore.

Le **semoventi**, hanno un proprio motore per la dislocazione e l'azionamento degli organi lavoranti; comprendono macchine che operano con conducente a bordo, macchine con conducente a terra (che segue la macchina durante il lavoro e per questo sono dette anche *walk-behind*) e macchine con controllo a distanza (con l'operatore che aziona la macchina tramite un telecomando a radiofrequenze). Rientrano, inoltre, nella categoria delle macchine semoventi i cosiddetti "robot", in grado di operare autonomamente, senza intervento diretto dell'operatore.

Le macchine operatrici collegate a un trattore (che funge da fonte di potenza e dislocazione) si definiscono:

- **portate**, quando sono rigidamente vincolate al trattore e non possono muoversi né orizzontalmente né verticalmente, essendo collegate a tutti e tre i punti di attacco del sollevatore o a staffe applicate al telaio; nella circolazione su strada vengono mantenute sollevate rispetto al piano stradale;
- **semi-portate**, quando sono collegate rigidamente soltanto ai due bracci orizzontali del sollevatore; sono dotate di una o più ruote incernierate in modo da poter seguire gli spostamenti della motrice e scaricano al suolo il peso della macchina; durante la circolazione non possono muoversi lateralmente rispetto alla direzione della strada ma solo seguirne



1.1 Rilievi dei tempi di lavoro mediante tabella a quattro cronometri centesimali e un contatore di eventi.

il profilo altimetrico;

- **trainate**, quando sono collegate a un solo punto di attacco, possono pertanto spostarsi sia verticalmente che orizzontalmente rispetto alla motrice. Sono considerate a tutti gli effetti dei veicoli, seppure con caratteristiche particolari e, su strada, gli unici punti di aggancio ammessi sono quelli omologati come tali.

Tra le attrezzature presenti nei cantieri per l'impianto e la gestione del verde è bene ricordare anche tutti gli strumenti manuali, come i segacci, i rastrelli, le cariole, ecc. e le varie strumentazioni utilizzate ai fini della diagnostica fitosanitaria e delle valutazioni di stabilità degli alberi.

1.3. ANALISI DEL LAVORO

Le scelte legate all'acquisto e all'impiego di una macchina non dovrebbero mai prescindere da uno studio sulla convenienza e sostenibilità, oltre che in termini economici, in termini tecnici del suo impiego. Al fine di studiare la convenienza e sostenibilità tecnica di una macchina è utile avvalersi di una metodologia che analizza l'impiego di una macchina in relazione allo svolgimento di un determinato lavoro denominata analisi dei tempi di lavoro.

Per **lavoro** si intende un'attività che:

- ha un obiettivo ben determinato e unico;
- si effettua con un determinato materiale, o con determinate macchine, o per mezzo di manodopera specializzata, secondo una tecnica ben definita;
- si svolge nel tempo con continuità e in un dato luogo o con una determinata direzione.

L'**analisi dei tempi di lavoro** è una procedura che, attraverso la scomposizione del lavoro in operazioni elementari, permette l'analisi della singola fase di lavoro fornendo risposte in merito a:

- gli errori di un metodo dovuti a cattiva scelta della macchina e/o sua errata conduzione;
- i vantaggi conseguibili con scelte di attrezzi più razionali;
- la realizzazione di una razionale e completa utilizzazione delle macchine;
- le quotazioni dei lavori in base all'individuazione dei contributi delle varie componenti (es. qualificazione professionale degli operai).

Da un punto di vista pratico l'analisi dei vari tempi di lavoro consente di confrontare macchine o lavori alternativi, valutare la convenienza all'introduzione di una nuova macchina o di una nuova operazione, quantificare il numero di macchine e/o operatori necessari per eseguire un lavoro; inoltre, permette di effettuare più facilmente e correttamente la scelta e il dimensionamento di un cantiere di macchine, nonché l'analisi dei costi di esercizio della macchina (Olsen et al., 1998).

La misurazione dei tempi di lavoro presuppone una definizione precisa di ciò che deve essere misurato. Per questo ci si avvale di sistemi standard, quali quelli stabiliti internazionalmente dal C.I.O.S.T.A. (*Comité International d'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture*).

Il tempo di esecuzione di un determinato lavoro (es. sfalcio dell'erba, potatura di una siepe, ecc.) è funzione di molti fattori, ma gli elementi essenziali sono limitati. Tali elementi possono essere conosciuti e misurati solo sperimentalmente, attraverso l'osservazione diretta con rilevamenti cronometrici procedendo prima, se necessario, a una scomposizione del lavoro in operazioni elementari alle quali corrispondono determinati tempi elementari di esecuzione (Cera, 1976). Dal punto di vista pratico si impiegano cronometri (o meglio tabelle cronometriche dotate di un set di cronometri) (Fig. 1.1) o appositi software di misurazione installati su computer palmari o notebook ed eventualmente una videocamera per la registrazione delle attività.

1.3.1. Classificazione dei tempi di lavoro, indici di rendimento e valutazione delle prestazioni delle macchine

Sulla base della classificazione proposta dal C.I.O.S.T.A. i tempi di lavoro sono stati classificati come segue:

- **Tempo effettivo** di lavoro netto o utile (TE - *Tempus efficientiae*). È il tempo durante il quale si effettua il lavoro previsto e quindi sono effettivamente impegnati sia tutte le macchine e le attrezzature sia gli operatori che sono coinvolti nell'operazione.
- **Tempo accessorio** di lavoro (TA - *Tempus adiuvandi*). Viene suddiviso in:
 - TAV (*vertendo*)= tempo per svolte e manovre sul campo. Esso dipende dalla dimensione e dalla forma dell'area di lavoro e dalle caratteristiche delle macchine utilizzate (es. raggio di sterzata).
 - TAS (*supplendo*)= tempo per i rifornimenti di serbatoi e contenitori necessari per l'esecuzione del lavoro (es. rifornimento di sabbia nel top-dressing) o per lo scarico del prodotto raccolto (es. sfalci d'erba); dipende dalle caratteristiche della macchina (es. dimensione tramoggia di carico).
 - TAC (*curando*) = tempo per il controllo in campo e regolazioni delle macchine e attrezzi durante il lavoro. Esso dipende dalla variabilità nell'area di lavoro (es. altezze diverse del taglio in un campo da golf) e dalle caratteristiche delle macchine utilizzate (es. facilità nella regolazione dell'altezza di taglio nei rasaerba).
- **Tempo di ristoro** o riposo ordinario (TR - *Tempus respirandi*). Deve essere sempre pre-

visto, soprattutto nei lavori che richiedono particolare concentrazione o attività pesanti (es. uso motosega). I tempi eccessivamente lunghi debbono essere ridotti entro limiti accettabili se sono ascrivibili a errato comportamento degli addetti. Il riposo è comunque sempre necessario e nei lavori usuali l'assenza di TR indica una qualche anomalia.

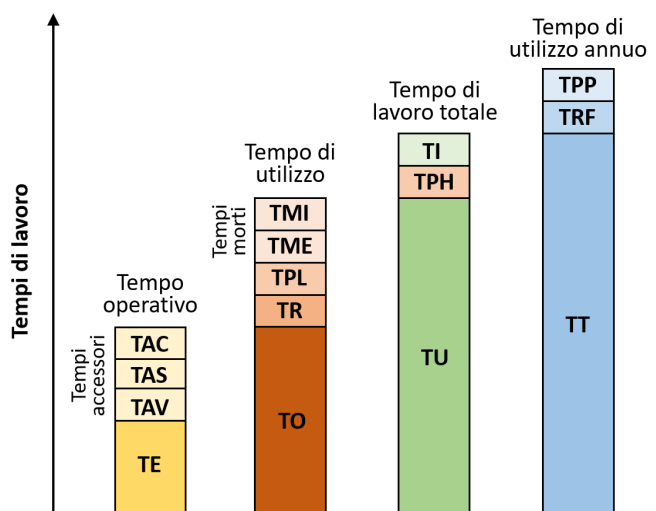
- **Tempo di preparazione** (TP - *Tempus parandi*). È costituito da:
 - TPL (*parandi loco*) = tempo di preparazione della macchina in campo ovvero il tempo necessario per preparare la macchina prima di iniziare il lavoro (es. l'apertura della barra orizzontale di un'irroratrice prima di entrare in campo, ecc.).
 - TPH (*parandi horreo*) = tempo di preparazione nel centro aziendale (tempi per rifornimento di combustibile, per lubrificazione, pulizia filtri, verifica livelli, ecc.). Il rifornimento del combustibile fa parte di questa fase e non del TAS. Infatti, esso deve essere preferibilmente effettuato la sera, in modo da evitare la formazione della condensa nel serbatoio vuoto a causa delle basse temperature notturne.
- **Tempi morti** (TM - *Tempus morandi*). Viene distinto in:
 - TME = tempi morti evitabili ovvero perditempo per ozio, cattiva organizzazione del lavoro (es. soste eccessive per rifornimenti, ecc.).
 - TMI = tempi morti inevitabili ovvero perditempi dovuti a cause accidentali come rotture di parti meccaniche, ingolfamenti (anche degli apparati di taglio dell'erba), esigenze personali dell'operatore, ecc.
- **Tempo per i trasferimenti** (TI - *Tempus itineris*) eseguiti al di fuori del tempo di lavoro o di esecuzione. Questi tempi dovrebbero essere assenti per i lavori che interessano la gestione dei tappeti erbosi di un campo da golf (tutte le macchine necessarie dovrebbero essere già presenti in sede) mentre possono essere relativamente elevati per imprese che operano nella manutenzione delle aree verdi di grandi municipalità.
- **Tempo di riposo accidentale** (TRF - *Tempus respirando fortuito*). Si riferisce a soste dovute ad avverse condizioni meteorologiche, festività, scioperi, ecc.
- **Tempo di preparazione periodica** (TPP - *Tempus parandi periodica*), riferito a operazioni eseguite periodicamente come il cambio dell'olio motore.

L'analisi e la valutazione di questi tempi permette di determinare una serie di altri tempi che possono essere utilizzati come indici di rendimento:

- **Tempo operativo** (TO - *Tempus operandi*). Il TO è dato dalla somma del tempo effettivo e del tempo accessorio ($TO = TE + TA$) e rappresenta quindi il tempo in cui la macchina svolge il lavoro e le inevitabili operazioni ad essa strettamente dedicate.
- **Tempo di utilizzazione** (TU - *Tempus universale*). Il TU è dato dalla somma di $TO + TR + TPL + TM$ e rappresenta il tempo complessivo di permanenza in campo della macchina nel periodo utile di impiego della giornata.
- **Tempo di lavoro totale** ($TT = TU + TPH + TI$) che rappresenta il tempo complessivo di

impegno della macchina nella giornata ed è dato dal tempo di utilizzazione TU a cui si sommano il tempo di preparazione nel centro aziendale TPH e il tempo per trasferimenti TI.

- **Tempo di utilizzazione annua** ($TUA = TT + TRF + TPP$) della macchina che è dato dalla somma di tutte le fasi elementari del lavoro in un anno.



1.2 Diagramma riassuntivo degli indici dei tempi lavoro

Questi indici consentono di formulare dei giudizi sull'impiego della macchina, o cantiere di macchine per le operazioni che ne richiedono più d'una, che possono essere sintetizzati utilizzando i seguenti parametri di valutazione delle prestazioni:

- **Coefficiente operativo** (R_o), dato dal rapporto tra il tempo effettivo e quello operativo ($R_o = TE/TO$), indica la quantità di tempo effettivo TE impegnata nello svolgimento dell'operazione rispetto al tempo operativo TO; si tratta di un coefficiente poco utilizzato a fini pratici ma necessario per determinare la capacità di lavoro operativa e spesso più utile a fini sperimentali. R_o ha valori normalmente compresi tra 0,7 e 0,9 e dipende dalle caratteristiche dell'area di lavoro e da quelle della macchina.
- **Coefficiente di utilizzazione della macchina** (R_u), dato dal rapporto tra TE e il tempo di utilizzazione ($R_u = TE/TU$). Questo indice è indispensabile per valutare in modo corretto e completo le prestazioni di una macchina in condizioni ordinarie di lavoro o per prevederne la quantità di lavoro svolto. Se, ad esempio, R_u è pari a 0,5 vuol significare che su un totale di 6 ore di permanenza in cantiere della macchina solo per 3 ore questa svolge effettivamente il lavoro (es. distribuzione di un fitofarmaco alle piante), mentre le altre 3 ore riguardano i vari perditempi (rifornimenti, svolte, pause, ecc.). Valori contenuti ($R_u < 0,55 - 0,50$) sono tipici di macchine dotate di serbatoi da riempire o da svuotare, risentendo quindi principalmente dell'effetto dei tempi TAS elevati (queste operazioni sono di solito particolarmente laboriose e da eseguire con cura). I cantieri per la distribuzione dei fitofarmaci sono quelli che presentano solitamente i valori più bassi ($R_u = 0,4 - 0,45$ in quelli meglio organizzati ma solo 0,35 nei mal organizzati). Buoni valori ($R_u = 0,65 - 0,7$) si riscontrano per macchine che non richiedono perdite di tempo particolari (cantieri per la lavorazione del suolo con attrezzature come erpici, rulli, ecc.).
- **Coefficiente di efficienza giornaliera della macchina** (R_g), dato dal rapporto tra TU e TT ($R_g = TU/TT$). Questo coefficiente risente molto dei tempi di trasferimento della macchina nel luogo di lavoro; così, ad esempio, dovrebbe assumere valori prossimi a 1 nel

caso di rasaerba di un campo sportivo (trasferimenti assenti perché già presente in sede) mentre può scendere a valori molto più bassi per un decespugliatore a braccio articolato usato nel taglio dell'erba di cigli stradali.

- **Coefficiente di utilizzazione annua della macchina** (R_{ua}), dato dal rapporto tra il tempo effettivo di utilizzo TE riferito all'intero anno e il tempo complessivo di impegno della macchina nell'anno TUA ($R_{ua} = TE/TUA$). Dato che solo il tempo effettivo può essere considerato realmente produttivo, l'organizzazione del lavoro dovrebbe cercare di massimizzare tale rapporto riducendo, laddove non sia possibile eliminare, gli altri tempi andando ad agire direttamente sulle cause che li determinano.

1.3.2. Capacità di lavoro e superficie dominabile

Per esprimere la quantità di lavoro svolto da una macchina (o da un cantiere di lavoro) nell'unità di tempo, si utilizzano degli altri indici, che esprimono la **capacità di lavoro della macchina**. In genere, la capacità di lavoro è espressa come rapporto fra superficie e tempo (es. $ha \cdot h^{-1}$), ma alla superficie si possono sostituire altre grandezze, scelte in funzione della macchina. Ad esempio, si utilizzerà la superficie per il lavoro di rasaerba, sfeltratori, seminatrici, zappatrici, ecc.; la lunghezza (es. $m \cdot h^{-1}$) per tagliasiepi, decespugliatori su braccio articolato, ecc.; il volume (es. $m^3 \cdot h^{-1}$) per i biotrituratori, le macchine movimento terra, ecc. Esistono, infine, unità di capacità di lavoro molto particolareggiate come, ad esempio, quelle delle carotatrici (numero di fori $\cdot h^{-1}$) o delle piantapali (numero di pali $\cdot h^{-1}$).

La **capacità di lavoro intrinseca** (o ideale o massima o teorica) (C_i) esprime la potenzialità della macchina operante in condizioni ideali di funzionamento, prescindendo dalla situazione reale in cui potrà trovarsi ad operare. Per la maggior parte delle macchine operatrici tale indice (C_i) è pari a $L_{max} \cdot V_{max}$ (es. $m^2 \cdot h^{-1}$, $ha \cdot h^{-1}$) dove L_{max} è la larghezza massima di lavoro (m) e V_{max} è la velocità massima di lavoro ($m \cdot h^{-1}$ o $km \cdot h^{-1}$). La capacità di lavoro intrinseca dipende solo dalle caratteristiche proprie della macchina e prescinde dalle caratteristiche dell'area di lavoro.

Invece, la **capacità effettiva di lavoro** (C_e) è influenzata dalle condizioni di impiego e perciò dall'area di lavoro e dall'abilità dell'operatore. Essa è data da $L_e \cdot V_e$, con L_e che è la larghezza effettiva di lavoro (m) e V_e che è la velocità effettiva di lavoro ($m \cdot h^{-1}$ o $km \cdot h^{-1}$); C_e si esprimerà pertanto normalmente in $m^2 \cdot h^{-1}$ o in $ha \cdot h^{-1}$. Ovviamente $L_e < L_{max}$ e $V_e < V_{max}$.

La capacità effettiva di lavoro tiene conto che, ad esempio nel caso di sfalci dell'erba, la velocità di avanzamento sarà condizionata dalla presenza di piante o altri ostacoli, mentre la larghezza di lavoro sarà influenzata dalle sovrapposizioni che si verificano effettuando più passaggi uno accanto all'altro. La C_e non considera i tempi persi per le manovre, la regolazione e la pulizia dell'attrezzatura, i rifornimenti, lo scarico prodotto, le pause, ecc. Ad esempio, nel caso di sfalci dell'erba, non contabilizza le interruzioni per lo scarico del cesto raccogli-erba e quindi non evidenzia le differenze in termini di capacità di lavoro tra attrezzature destinate alla raccol-

ta dell'erba tagliata da quelle predisposte per il *grasscycling*⁴ (Benvenuti, 2006).

Il rapporto fra i due precedenti indici esprime il **rendimento della macchina nell'ambiente operativo** (R_m), che sarà quindi pari a C_e/C_i . In pratica R_m (sempre inferiore a 1) sarà tanto minore tanto più le caratteristiche esterne (condizioni ambientali, stato della vegetazione, forma delle aree verdi, abilità professionali, ecc.) influenzeranno la necessità di dover operare a capacità di lavoro inferiori a quelle massime.

Un ulteriore indice è la **capacità operativa** (C_o) che si ottiene moltiplicando la capacità effettiva C_e per il coefficiente operativo della macchina R_o precedentemente definito come rapporto TE/TO, ovvero $C_o = C_e \cdot R_o$. Questo indice non considera i tempi persi i trasferimenti della macchina, le soste per ristoro o le preparazioni prima di iniziare il lavoro, ma considera le interruzioni per le regolazioni in campo, il carico della tramoggia, lo scarico del cesto di raccolta, ecc. Restando all'esempio precedente dello sfalcio dell'erba, la capacità operativa permette di quantificare il vantaggio offerto dal *grasscycling* rispetto alla raccolta dell'erba falciata.

Così pure tutto ciò che permette di facilitare la guida e migliorare la manovrabilità di una macchina consente di aumentare il rendimento R_o (es. la trasmissione idraulica sulle ruote motrici) e quindi la capacità operativa.

Infine, la **capacità di utilizzazione** (C_u) considera, oltre ai tempi accessori, anche i tempi morti e i tempi di riposo e di preparazione della macchina. Essa è data dal prodotto tra la capacità effettiva e il coefficiente di utilizzazione della macchina, ovvero $C_u = C_e \cdot R_u$ (dove R_u è normalmente compreso tra 0,5 e 0,8).

Nel calcolo dei costi conviene far riferimento alla capacità di utilizzazione proprio perché considera tutte le fasi di utilizzo della macchina. La capacità di utilizzazione C_u può essere utilizzata per il dimensionamento del cantiere su base settimanale, stagionale o annuale e si fa riferimento a questo parametro per definire la **superficie dominabile**.

Tale parametro, normalmente definito in ettari, viene determinato in funzione del numero di giorni che passano fra un intervento e il successivo e della disponibilità media giornaliera effettiva di lavoro. Per il calcolo conviene considerare un impiego giornaliero della macchina non superiore a 6-7 ore e un'incidenza di condizioni meteorologiche avverse pari al 20-50% dei giorni disponibili, queste ultime variabili a seconda di dove viene svolto normalmente il lavoro.

Sempre rifacendosi al caso dello sfalcio dell'erba, se si effettua l'asporto dell'erba il taglio può essere ripetuto con un intervallo maggiore rispetto a quando si adotta la tecnica del *grasscycling*, e quindi aumenta la superficie dominabile da un'unica macchina, anche se bisogna considerare che è minore la capacità operativa (Benvenuti, 2006).

⁴ Per la definizione di *grasscycling* si veda cap. 5.

1.4. MACCHINE POLIFUNZIONALI E PER IL TRASPORTO

1.4.1. Trattori compatti

I trattori utilitari compatti (gli anglosassoni li chiamano *compact tractor*) o trattorini polivalenti sono definibili come *unità motrici polivalenti*; oltre ad avere dimensioni e peso contenuti, hanno tra le caratteristiche principali: un passo ridotto, un'elevata luce libera, un ampio angolo di sterzata e ottima manovrabilità.

Tutti i trattorini sono dotati di presa di potenza posteriore e spesso anche anteriore e ventrale, oltre all'impianto idraulico con attacchi posteriori, ventrali e anteriori. In genere, circa i 2/3 della potenza è trasmessa agli organi di lavoro.



1.3 Trattorino polivalente con cabina: vista posteriore con in evidenza l'attacco a tre punti

versi dagli pneumatici tradizionali di tipo agricolo in quanto sono lisci o con costole molto ribassate, che permettono di non rovinare le superfici; d'altra parte si tratta di operazioni che richiedono una ridotta potenza necessaria alla trazione ovvero una percentuale inferiore di potenza della macchina operatrice rispetto a quanto accade nelle normali operazioni agricole. Tali macchine hanno un basso carico specifico di circa 700-800 g cm⁻² (pari a circa il 60-70% del carico compiuto da un comune trattore agricolo) e buona ripartizione del peso sulle quattro ruote. Inoltre, se le ruote del trattorino sono dotate di sterzo su entrambi gli assi, possono girare in modo uniforme senza provocare danni al

Molto interessanti sono i modelli con guida reversibile, nei quali la piattaforma di guida può essere ruotata di 180°, mantenendo tutti i comandi ergonomicamente raggiungibili. La reversibilità del posto di guida consente all'operatore di godere di una migliore visibilità per operare con attrezzature quali quelle per il taglio dell'erba (barra falciante, trinciaerba, ecc.) o per la movimentazione (es. braccio con benna) in quanto il motore si viene a trovare dietro.

Quando si opera sui tappeti erbosi, generalmente per operazioni di cura e taglio dell'erba, è sicuramente consigliato montare gli pneumatici di tipo *garden* o *turf tyre*, di-



1.4 Trattorino tipo *garden* con apparato rasaerba montato ventralmente



1.5 Compact tractor mentre effettua lo slicing nel fairway di un campo da golf

suolo o al cotico erboso.

I modelli destinati ad operare su terreni declivi dovrebbero avere tutte e quattro le ruote motrici (con l'anteriore disinnestabile), una carreggiata più larga, il baricentro basso, la sterzata sulle quattro ruote, un servofreno a due circuiti sulle quattro ruote. Inoltre, nei modelli dotati del dispositivo di bloccaggio del differenziale viene esaltata la capacità trattiva del mezzo in condizioni difficili attraverso la riduzione dello slittamento; di conseguenza, viene ridotta anche l'usura degli pneumatici. In condizioni difficili risulta pure particolarmente utile lo snodo centrale

(tra i due assi) che consente il disassamento laterale del trattorino mantenendo trazione e stabilità contro il ribaltamento.

Per tutti i modelli la normativa vigente prevede la presenza di dispositivi di sicurezza in caso di ribaltamento costituiti da cabina o telaio di protezione (roll-bar) abbinato all'uso di cinture di sicurezza.

Si stanno inoltre, diffondendo macchine polifunzionali radiocomandate dotate di cingoli studiate per lavorare in condizioni difficili per l'operatore, soprattutto nei terreni in pendenza o poco accessibili, a cui possono essere abbinate frontalmente diverse attrezzature quali testata trinciante, barre falciante, atomizzatore, fresa ceppi, lama terra, catenaria, ecc.

1.4.2. Motocoltivatori

Sono macchine semoventi adatte ad operare su superfici di ridotte estensioni, dotate di asse unico, motore, organi di trasmissione e p.d.p. montati su un telaio portante. Grazie alla diversità di regimi, all'inversione del senso di marcia e al collegamento con diverse prese di potenza, al gruppo motore possono essere applicate una serie di attrezzature idonee a trasformare il motocoltivatore in un mezzo capace di svolgere diversi lavori. Più comunemente il motocoltivatore è accoppiato a una zappatrice per la lavorazione del suolo (fino a 20 cm di profondità), ma frequente è l'accoppiamento anche a barra falciante, trincia sarmienti, seminatrice, biotrituratore, spazzaneve, rimorchio, ecc. Per queste sue caratteristiche può essere considerato il trattore delle piccole superfici.

L'inversione del senso di avanzamento della macchina che talune di queste trasformazioni possono richiedere è consentita dalla reversibilità delle stegole (presente ormai su molti modelli). Infatti, le stegole di conduzione sono spesso reversibili di 180° per consentire l'inserimento di attrezzi anteriormente invertendo il senso di marcia. Per la sicurezza dell'operatore e la facilità di utilizzo le stegole dovrebbero essere montate su supporti antivibranti, regolabili in altezza e lateralmente.



1.6 Motocoltivatore

Sulle stegole sono collocati i principali dispositivi di comando del mezzo, compresa la leva della frizione che permette di variare le marce (da 3 a 6 avanti e da 1 a 3 indietro e seconda dei modelli) e la velocità di avanzamento. Per facilitare l'inversione del senso di marcia senza intervenire sulla leva del cambio può essere presente un inversore.

Una classificazione dei motocoltivatori prevede una suddivisione in base alla potenza del motore, distinguendo i modelli:

- fino a 4 kW, dotati di unica marcia avanti e marcia indietro, adatti a utilizzi su piccole superfici come le aiuole,
- da 4 a 6 kW, con 3 marce avanti e 3 indietro, per operare su superfici più ampie ma entro i 600 m²,
- oltre i 6 kW, con 6 marce avanti e 3 indietro, più professionali, che montano anche motori di tipo diesel.

L'avviamento è di solito a strappo autoavvolgente, mentre i modelli di maggiore potenza possono avere un motorino elettrico per l'avviamento.

Esistono anche modelli di tipo elettrico con alimentazione via cavo o batteria, poco rumorosi e a ridotte vibrazioni, particolarmente adatti ad operare in ambienti chiusi, come le serre, per l'assenza di emissioni di gas di scarico.

1.4.3. Transporter

Sono veicoli destinati prevalentemente al trasporto di cose (attrezzi, materiale sfuso o in contenitore, ecc.) e persone.

Si tratta di mezzi di ridotte dimensioni che appartengono a due principali gruppi: i carrelli con conducente a terra e le macchine con conducente trasportato. Tra queste ultime si annoverano le classiche "motoagricole di tipo scindibile", cioè composte da un motocoltivatore predisposto per il collegamento a un rimorchio dove trova alloggio anche il conducente.

Negli ultimi tempi questa tipologia è stata via via rimpiazzata con motoagricole cosiddette inscindibili, ovvero da "trattori con pianale di carico", come è più corretto definirli.

La **motoagricola** nasce subito dopo la Seconda guerra mondiale per sostituire il traino animale e i primi modelli sono costituiti da un telaio a tricycle (del 1946 sono la Motocart inglese e il motocarro Ercole della Moto Guzzi), ma è verso la fine degli anni '60 che si sviluppano i modelli a telaio unico, con la realizzazione di transporter più evoluti, dotati di caratteristiche

che li rendono polivalenti e con possibilità di impiego anche in terreni a elevata pendenza.

Simili ad autocarri, i moderni **trattori con pianale di carico** possono essere a ruote sterzanti o articolate, cioè dotate di uno snodo fra l'assale anteriore e quello posteriore, una soluzione che riduce il raggio di sterzata della macchina, consentendo di migliorare la manovrabilità e rendendo vantaggioso il suo impiego fra i filari di piante, in parchi, ecc. Le quattro ruote sono comunque sempre isodiametriche, cioè dello stesso diametro.

Una migliore distribuzione dei pesi sugli assi con veicolo a pieno carico conferisce maggiore stabilità e trazione a questi veicoli, tanto che si sono inizialmente sviluppati e diffusi in ambito forestale e montano. Successivamente, il transporter si è adattato alle diverse richieste dell'industria, dell'agricoltura e del settore municipale divenendo veicolo multifunzione, fuoristrada e trattore. Per questo i transporter, oltre a essere provvisti di cassone ribaltabile, presentano generalmente anche distributori idraulici, prese di potenza anteriori, centrali e posteriori, sollevatori a 3 punti anteriori e posteriori per diverse attrezzature quali: lama da neve, rasaerba, aspirafoglie, spargisale e attrezzature classiche per trattori quali atomizzatori, frese, ecc. Alcune versioni prevedono il dispositivo per l'idrosemina, l'antincendio, ecc.

Nei trasferimenti stradali con attrezzature sporgenti dal pianale di carico è obbligatorio collocare in posizione ben visibile, sul telaio di protezione o sopra la cabina, una luce lampeggiante (girofarò), mentre non vanno mantenuti accesi i fari da lavoro anteriori e posteriori. Per la loro conduzione è prevista la patente di guida B ma non possono circolare in autostrada.

Per chi opera nel settore del verde l'acquisizione di queste macchine diventa conveniente quando è costretto a intervenire in ambienti "difficili", cioè quelli in cui mutano le condizioni di lavoro, ambienti tipici del mondo più agricolo o di foresta che presentano terreni non uniformi, o con pendenze medie ed elevate. Qualora si debba transitare sul prato è sicuramente necessario verificare l'idoneità dello pneumatico, che non dovrebbe presentare costole che possono dan-

neggiare il cotico erboso.

Un tipo particolare di transporter affine ai trattori con pianale di carico sono i *veicoli utilitari* (o **utility vehicle**), ai quali si ricorre quando invece è necessario percorrere distanze maggiori transitando su prati, terreni soffici o, comunque, caratterizzati da una bassa portanza, anche se possono essere omologati per il transito su strada. Sono mezzi leggeri, allestiti con motori diesel o benzina, a due o a quattro ruote motrici, che montano pneumatici di tipo *garden* ad ampio profilo, progettati per essere gonfiati a basse pressioni per aumentare la galleggiabilità al fine di garantire il trasporto di materiali e persone senza rovinare il cotico erboso. Molto interessanti sono i modelli equipaggiati con motore elettrico che eroga potenza in modo progressivo, senza strappi, per evitare slittamenti anche su tappeti erbosi bagnati; tali veicoli sono caratterizzati ovviamente anche da una elevata silenziosità.



1.7 Gli pneumatici tipo *garden* o *turf tyre* (qui montati su un *tractor garden*) sono indicati per le superfici dei tappeti erbosi

vo, senza strappi, per evitare slittamenti anche su tappeti erbosi bagnati; tali veicoli sono caratterizzati ovviamente anche da una elevata silenziosità.



1.8 Transporter del tipo utility vehicle con diversi allestimenti

Questi mezzi hanno in genere baricentro ribassato per garantire una elevata stabilità, sterzo molto sensibile, variatore di velocità (la velocità massima è prossima ai 25 km h⁻¹) e offrono all'operatore una guida confortevole grazie alle sospensioni indipendenti e a un posto di guida di tipo automobilistico con sedili anatomici ammortizzati. Pur trovando nel campo da golf la loro naturale e originale collocazione, sono molto utilizzati anche in altre aree verdi di ampie dimensioni.



1.9 Motocarriola a cingoli con conducente a terra

L'altra categoria di transporter è quella rappresentata dai piccoli carrelli cingolati (o a volte gommati) che operano con conducente al seguito. Sono detti **motocarriole** o *dumper*.

Si tratta di macchine solitamente equipaggiate con motori a benzina di bassa potenza, specializzate nel trasporto di materiali e traino mediante strascico. Il baricentro molto basso conferisce alle motocarriole una grande stabilità, soprattutto se equipaggiate con cingoli. Il cassone ribaltabile può essere di tipologia diversa per trasportare prodotti imballati o sfusi, con capacità di trasporto anche oltre i 600 kg, ed è posto anteriormente mentre il motore e le stegole di guida sono po-

steriori. La velocità massima è generalmente proporzionata a quella del conducente che segue a piedi il mezzo, ma esistono modelli nei quali è prevista la presenza di un pianale o un sedile per il conducente. Alcuni modelli presentano una p.d.p. indipendente per accoppiare accessori, quali pale escavatrici, verricelli, ecc. utili per effettuare lavori complementari a quello di trasporto.

1.4.4. All-Terrain Vehicle (Quad)

Veicoli prevalentemente destinati al trasporto ma con caratteristiche peculiari che li distinguono dagli altri transporter sono gli *All-Terrain Vehicle*.

Quelli di derivazione motociclistica sono i Quad (*quadricicli a motore*), nati in Canada negli anni '60 e diffusisi successivamente anche in Europa, ma meno in Italia. Sono caratterizzati da elevata manovrabilità e maneggevolezza grazie alla limitata larghezza (circa un metro) e lo stretto raggio di sterzata. Possono essere utilizzati come mezzi di trasporto per persone, attrezzi e materiali: sono infatti dotati di comodi sedili centrali collocati sopra il motore e piattaforme tubolari anteriori e posteriori per sistemare il materiale da trasportare.

I quad non hanno p.d.p. e le macchine operatrici sono eventualmente accoppiate con un gancio (carrelli, spandiconcime, ecc.). Alcune ditte propongono quad con carrelli portattrezzi provvisti di motore proprio e p.d.p. per accoppiare le macchine operatrici.

I motori dei quad sono di solito quattro tempi a benzina con avviamento elettrico o a pedale. In base alla cilindrata si distinguono:

- *Quad leggero*, con cilindrata max 50 cm³, velocità max 45 km h⁻¹, potenza max 4 kW;
- *Quad*, senza nessun limite di cilindrata particolare (anche oltre 600 cm³), velocità max di 80 km h⁻¹, potenza max di 15 kW.

Possono avere le quattro ruote motrici, ma la trazione integrale può essere esclusa per trasferimenti su strade asfaltate così da ridurre i consumi e facilitare l'uso del mezzo.

Queste macchine montano pneumatici *ballon*, che hanno una sezione molto larga e limitano la pressione sul terreno, con battistrada tassellato come quello dei trattori per limitare lo slittamento e migliorare la tenuta in curva e su terreni cedevoli. È possibile anche montare copertoni adatti all'utilizzo su fango e neve o quelli più lisci per tappeti erbosi tipo *garden*.

Per la loro guida è sempre obbligatorio l'uso del casco, anche per il passeggero nei modelli omologati per due posti.



1.10 All-terrain vehicle di derivazione motociclistica, noti anche come quad. A destra uno equipaggiato con spandiconcime.

LAVORI PRELIMINARI E PREPARAZIONE DEL TERRENO

2

La preparazione di un sito destinato ad ospitare un'opera a verde, sia questa una semplice aiuola o un campo da golf o un'alberatura stradale, richiede l'esecuzione di una serie di operazioni, alcune aventi carattere straordinario di allestimento preliminare, come la predisposizione degli impianti sotterranei (irrigazione, drenaggio, illuminazione, ecc.) e i lavori di movimento terra, altre invece più ricorrenti, come le lavorazioni di preparazione del terreno per la messa a dimora della vegetazione (Piccarolo, 2008).

Tra gli obiettivi dei diversi interventi vi sono:

- la sistemazione idraulica dell'area per garantire la regimazione delle acque (drenaggio profondo e sgrondo superficiale),
- l'adeguamento della morfologia del sito alle condizioni estetico-funzionali del progetto (creando, ad esempio, ondulazioni della superficie, terrazzamenti, ecc.),
- la predisposizione del sito ad accogliere le piante e tutti gli elementi strutturali del progetto,
- il miglioramento delle caratteristiche del suolo (porosità, fertilità, ecc.) per favorire la crescita e lo sviluppo della vegetazione e, quindi, una buona riuscita finale dell'opera a verde.

È evidente che, a seconda della condizione del sito e dell'effetto finale che si intende ottenere, i lavori da effettuare preliminarmente possono essere molteplici.

Tra i lavori preparatori si possono comprendere: la pulizia del soprassuolo dalla vegetazione esistente o da altri materiali presenti, al fine di eliminare piante estranee al progetto, residui vegetali, rifiuti o oggetti indesiderati che possono intralciare i lavori o che possono accidentalmente essere incorporati nel terreno, diminuendone la qualità; la lavorazione del terreno, eventualmente anche negli strati più profondi con ripuntatura, scasso, ecc.; la predisposizione degli impianti irrigui ed elettrici; il livellamento e altre operazioni di movimento terra.

In Tabella 2.1 sono riportati i lavori più frequentemente effettuati prima di realizzare l'impianto del verde o per ripristinare un'opera a verde esistente, e sono indicate anche le attrezzature più comunemente utilizzate.

Tabella 2.1 - Lavori preliminari all'impianto del verde e attrezzature utilizzate.

Operazione	Tipo di lavoro	Attrezzatura
Pulizia del soprassuolo	Tagliare e/o trinciare la vegetazione erbacea e/o arbustiva	Trinciasarmenti, trinciaerba, falciaerba, decepuspugliatori
	Trinciare e frantumare tutto compreso i sassi	Trinciatutto, trinciatrici forestali
Eliminazione ceppi	Rimuovere o tritare in loco le ceppaie	Escavatori, trencher, cava-ceppi, macina-ceppi
Spietramento	In presenza di notevoli quantità di pietre e sassi o di medio-grandi dimensioni	Raccogli-sassi
	Con pietre di medio-piccole dimensioni	Interrasassi
	Con pietre abbastanza friabili	Frangipietre
Lavorazioni primarie del suolo	Decompattare il terreno, migliorare il drenaggio dell'acqua e l'ossigenazione in profondità	Ripuntatori, aratri, vangatrici
Movimento terra, modifica della giacitura e livellamento	Per scavo terra e allontanamento, scavo buche	Escavatori, veicoli compatti movimento terra
	Per movimento terra	Ruspe (scraper), apripista, pala caricatrice
	Per livellare e conferire adeguata pendenza al terreno	Lame livellatrici
Predisposizione degli impianti sotterranei	Scavare e/o interrare le tubazioni degli impianti irrigui e i passacavi	Escavatori a catena e a disco, posatubi a lama vibrante, trivelle orizzontali
Preparazione del terreno alla semina/trapianto	Affinare e pareggiare il terreno per seminare o trapiantare le piantine	Zappatrici, frese, motozappe, erpici, rulli
Apertura delle buche	Per pali e messa a dimora di piante	Trivelle

Sempre tra i lavori preliminari vi possono essere altri interventi importanti, quali il diserbo, la fertilizzazione e la difesa fitosanitaria. Si tratta di lavori anch'essi necessari nella fase di preparazione del sito, ma che vengono comunemente effettuati successivamente quali interventi di cura e manutenzione dell'area verde, e che per questo saranno trattati in specifici capitoli successivi.



Infine, è bene ricordare che, nelle fasi preliminari di preparazione del sito, molta attenzione dovrà sempre essere riposta alla vegetazione già presente. L'eliminazione delle infestanti, delle piante estranee al progetto, così come di manufatti o altri elementi strutturali sgraditi, dovrà essere fatta avendo cura di non danneggiare gli alberi e/o gli arbusti che si intendono conservare, così come

2.1 Nella preparazione di un'area verde si deve prestare molta attenzione alla vegetazione già presente evitando di creare danni irreparabili

tutte le piante adiacenti all'area d'intervento, mettendo in atto tutte le misure necessarie alla salvaguardia delle stesse, tra le quali spicca il pieno rispetto degli apparati radicali presenti. Troppo spesso il danneggiamento delle radici durante le opere di rifacimento compromette irrimediabilmente le piante coinvolte.

2.1. PULIZIA DEL SOPRASSUOLO

Tra gli interventi che precedono la lavorazione principale del terreno va annoverata la pulizia del soprassuolo dalla presenza di elementi vegetali e pietrame non compatibili con il progetto da attuare. Si può trattare anche di interventi necessari per effettuare lavori di pulizia e ripristino di aree danneggiate dopo eventi meteorici estremi (tempeste o uragani che hanno provocato la caduta di grossi rami o alberi) oppure in seguito a incendi.

Per ridurre e contenere la vegetazione erbacea e arbustiva si possono usare decespugliatori, falciabba, trincia-erba e trincia-sarmenti (vedi cap. 4.), mentre in presenza di sassi e pietre si può propendere per la loro eliminazione oppure per l'interro; ceppaie e radici possono essere eliminate o frantumate sul terreno con apposite attrezzature come i macina-ceppi.

In caso di interventi su aree incolte con molta vegetazione anche di tipo arboreo, si può intervenire con **trinciatrici forestali** in grado di abbattere e tritare arbusti e alberi o altro materiale legnoso presente sulla superficie del suolo. Abbinate a trattori di diversa potenza sono dotate di un rotore a utensili (martelli) liberi o fissi, eventualmente rinforzati con placchette di carburo di tungsteno per aumentare la resistenza al taglio. È bene verificare che le componenti della trasmissione siano protette da sportelli, preferibilmente apribili così da permetterne una facile manutenzione, al fine di metterle al riparo da sporco, acqua e polvere, ma anche dai colpi del materiale grossolano sollevato dal rotore.

I **trinciattutto** sono in grado di frantumare sassi e pietre (fino a 50 cm di diametro nei modelli più potenti), trinciare tronconi e radici operando fino a profondità di 35 cm. Se sono abbinati a un rullo compattatore, consentono di ottenere una superficie stabilizzata, ideale per la realizzazione di strade forestali e per la lavorazione ulteriore nelle costruzioni stradali. La velocità di avanzamento è molto ridotta (max 2 km h⁻¹) ma sono disponibili modelli con larghezza di lavoro fino a 3,5 m.

2.2. ELIMINAZIONE DEI CEPPI

Nelle aree verdi, specialmente nelle alberature stradali, l'eliminazione dei ceppi è un'operazione importante per motivi fitosanitari, estetici ma soprattutto di sicurezza. In alcuni ambiti, o per breve tempo, i ceppi possono anche essere lasciati sul posto, per esempio per essere riutilizzati come sedute rustiche in un parco. In tal caso, essi devono comunque essere tagliati a un'altezza tale da non costituire pericolo per il passaggio delle persone e dei mezzi.

Per ceppi e ceppaie si possono adottare due modalità principali: la rimozione (estrazione) con successiva riduzione in pezzi, oppure vari sistemi di taglio o triturazione in loco.

La rimozione di un ceppo lascia uno spazio generalmente idoneo per la messa a dimora di un nuovo albero, a patto che l'albero precedentemente rimosso non sia stato affetto a livello radicale da patogeni che possano compromettere anche il nuovo impianto.

Per l'estrazione si può usare un escavatore o un trattore dotato di braccio con benna per spingere e tirare fuori dal suolo il ceppo con le sue radici. In certi casi si procede per gradi, facendo precedere l'estrazione del ceppo intero dalla recisione delle radici intorno alla pianta, effettuata con un *trencher* o una sega da suolo.

Per agevolare l'estrazione di ceppi e ceppaie si può preventivamente saturare il suolo con acqua (in questo caso si può facilitare il lavoro fino a un fattore di quattro volte). Inoltre, la rimozione può essere accompagnata e favorita dalla rimozione del suolo intorno (e sotto) al colletto. Questa operazione può essere effettuata per mezzo di un getto di acqua oppure d'aria ad alta pressione: si tratta di un sistema impiegato anche per motivi di studio e di indagine sulle condizioni della ceppaia (es. esame per verificare la presenza di carie e/o marciumi) oppure quando si vuole rinnovare il terreno circostante le radici con l'apporto di nuovo terriccio e/o altri ammendanti (es. lapillo o altro materiale per aumentare la porosità e l'aerazione della zona radicale).

La modalità di eliminazione con estrazione di tutta la ceppaia comprese le radici, seppur veloce, può essere difficilmente adottata in ambito urbano, soprattutto per alberi di grandi dimensioni, in quanto essa implica la distruzione e il sollevamento di una porzione più o meno ampia del terreno circostante il tronco, andando a interferire con pavimentazioni, strutture murarie e impianti sotterranei che possono essere facilmente danneggiati.



2.2 Macchine per la rimozione delle ceppaie. Macinaceppi con fresa semovente con operatore a terra (a sx); cavaceppi portata da trattore (al centro); macinaceppi con fresa con conducente a terra (a dx)

Per l'estrazione dei ceppi in ambito urbano è preferibile utilizzare specifiche attrezzature che effettuano un lavoro meno dirompente, come i cavaceppi.

Il **cavaceppi** è un attrezzo speciale che permette di estrarre il ceppo senza interferire con il terreno circostante. Esso è costituito da cilindro munito di corona taglia-radici che ruota sul proprio asse tagliando le radici laterali. La parte centrale del ceppo viene tagliata, estratta dal suolo e quindi espulsa tramite un particolare apparato espulsore. La corona taglia-radici può essere di tipo normale, ovvero avente un diametro di lavoro corrispondente al diametro esterno del cilindro, oppure può essere provvista di ali laterali; questa seconda soluzione è consigliata nel caso in cui si voglia bonificare il terreno, oltre che dalla parte centrale del ceppo, anche dalle radici circostanti effettuandone la triturazione in loco. Il diametro del cilindro varia dai 30 ai 70 cm ma può arrivare a 120 cm nel caso di corona con ali. La presenza delle ali laterali non è però indicata quando si deve operare in aiuole, marciapiedi o altri spazi ristretti del verde privato e pubblico, in quanto si possono recare danni o disturbi alle zone limitrofe al ceppo.

L'alternativa alla rimozione con estrazione consiste nella triturazione in loco utilizzando i **macinaceppi** (detti anche trinciaceppi). Esiste un'ampia gamma di macchine, che si differenzia per le dimensioni, la tipologia degli organi lavoranti e la potenza impiegata, distinguibili in due tipologie: a trivella o con frese trincianti.

Nel trinciaceppi a trivella l'attrezzo lavorante è una trivella provvista alla sommità di due lame trincianti, costruita in acciaio e dotata di registri per la regolazione dello spessore di taglio del legno; essa viene posta al centro del ceppo e fatta ruotare. Le lame trincianti poste alla sommità effettuano la trinciatura del ceppo con un diametro operativo dai 40 cm fino oltre il metro. Se il ceppo è più grande del diametro operativo della trivella si tritura in più volte facendo salire e scendere l'attrezzo. Possono essere

presenti dei regolatori sulla trivella che fissano lo spessore di taglio del legno.

Il macinaceppi con frese trincianti presenta una fresa costituita da un rotore o disco dentato. L'attrezzo viene brandeggiato da un lato a un altro, avanzando gradualmente nel ceppo fino a eliminarlo completamente ovvero fino alla profondità desiderata. La fresatura del ceppo può proseguire e approfondirsi nel terreno raggiungendo, a seconda delle dimensioni dell'attrezzo, anche i 60 cm di profondità. A fine lavoro, la segatura e le scaglie prodotte possono essere rimosse o mescolate al terreno. Oltre agli attrezzi abbinabili alla trattrice esistono versioni di tipo semovente, mentre i modelli destinati all'impiego su piante di dimensioni medio-piccole sono generalmente portati dall'operatore.

La fresa può essere montata anche su un braccio escavatore, utile in questo caso per raggiungere zone non facilmente accessibili oppure scoscese e pericolose per l'operatore. I modelli più grandi possono essere dotati di telecomandi che favoriscono le operazioni di messa in posizione della macchina e il suo azionamento.

Le potenze assorbite dalle macchine cavaceppi e macinaceppi sono abbastanza elevate e possono raggiungere i 200 kW nei modelli più grandi in grado di operare su legni più duri e ceppi di elevate dimensioni. Per il corretto funzionamento delle macchine si consiglia l'uso di trattrici dotate di doppia trazione oppure zavorrate anteriormente per impedire pericolosi impennamenti del trattore in fase di lavoro.

2.3. SPIETRAMENTO

Quando si è in presenza di grandi quantità di sassi o pietre di grandi dimensioni (diametro medio >150 mm) è preferibile la loro asportazione, perlomeno dallo strato di terreno più superficiale, al fine di permettere la buona riuscita dell'impianto del verde. Si può scegliere di impiegare macchine raccogli-sassi che raccolgono le pietre presenti sulla superficie del terreno o nei suoi primi strati oppure utilizzare quelle che semplicemente le spostano per allontanarle dall'area interessata alla semina/trapianto. Prima dello spietramento, può essere necessario eseguire un intervento con robusti coltivatori per rompere il suolo, favorire la separazione delle pietre dalla terra e portarle in superficie.

Le attrezzature **raccogli-sassi** possono essere portate o trainate e costituite da un rotore munito di robusti denti dritti che ruotano nel senso di avanzamento caricando le pietre su una tramoggia. In questo caso la tramoggia viene riempita in modo continuo, grazie all'azione di trascinamento del materiale stesso che viene spinto posteriormente. Nel caso invece della **forca raccogli-pietre**, la forca (con funzione di vaglio) è portata anteriormente dal trattore (o posteriormente ma con movimento del trattore all'indietro) e viene periodicamente sollevata e poi scaricata quando ha raccolto un certo quantitativo di pietre, con una modalità di tipo discontinuo simile alla ruspa. Modelli più semplici di macchine spietatrici sono costituiti da un rastrello che trascina le pietre ponendole in cumuli o in andane per facilitarne la successiva raccolta.

Esistono anche macchine **spietatrici frangipietre**, che effettuano una frantumazione della frazione di scheletro superficiale fino a dimensioni che sono compatibili con l'impianto di alberi e di diverse specie arbustive ed erbacee. Questa operazione si può eseguire solo quando la frazione di scheletro è composta da pietre derivanti da rocce tenere (calcari, tufi, arenarie, ecc.). La frantumazione avviene ad opera di martelli incernierati a un rotore con griglia di contenimento le cui aperture possono essere modificate da un dispositivo idraulico. Un carter di protezione limita l'emissione di polvere e piccoli frammenti.

Gli **interrassassi** possono essere utilizzati per rifinire lo spietramento dopo aver eliminato le pietre più grandi oppure direttamente su terreni ghiaiosi, anche in presenza di una notevole quantità di sassi ma non di grandi dimensioni. In generale, il loro uso si rende necessario per approntare al meglio il letto di

semina delle aree a verde in terreni con presenza di sassi. La macchina può essere considerata un particolare tipo di zappatrice che opera allo stesso tempo sia uno sminuzzamento del terreno sia l'interramento dei sassi sul fondo del solco. Questo avviene grazie a un rotore dotato di zappe, azionato dalla p.d.p. del trattore, che gira in senso contrario all'avanzamento della macchina, raccoglie uno strato di terreno che viene proiettato contro una griglia: i sassi, le zolle d'erba e tutte le parti più grossolane del terreno non passano oltre la griglia e ricadono nel solco scavato dall'organo lavorante, mentre la terra finemente vagliata, che passa dalla griglia, ricopre tutto.



2.3 Zappatrice interrassassi, sua utilizzazione in campo e schema di funzionamento

I sassi e il materiale grossolano che si raccolgono sul fondo del solco possono contribuire a svolgere un'azione drenante, evitando indesiderati ristagni superficiali. Le macchine disponibili operano in genere a profondità comprese tra i 15 e 20 cm, in funzione del diametro del rotore, hanno larghezza di lavoro da 80 cm fino a 4 metri e bassa capacità di lavoro (0,2-0,3 ha/h). Il rotore è munito di flange che montano 4 o 6 zappe a profilo angolare azionato dalla p.d.p. (come già detto il rotore gira in senso contrario all'avanzamento del trattore), un carter di protezione a doppio fondo in acciaio (solo quello interno sopporta tutto l'urto con eventuale deformazione) e una griglia a denti d'acciaio mantenuta in sede da due molle per assorbire gli urti e permettere una vibrazione che la mantiene pulita anche con terreno umido. Posteriormente è poi presente una barra livellatrice o un rullo livellatore.

Macchine di questo tipo richiedono in genere accoppiamenti a trattori dotati di una certa potenza (si può prevedere una richiesta di potenza di circa 25 kW per metro di larghezza di lavoro).

Il terreno lavorato risulta pronto per essere seminato, tanto che spesso le macchine sono combinate con una seminatrice da prato.

Alcuni modelli possono essere collegati a motocoltivatori e sono adatti alla realizzazione di piccole aree verdi e di aiuole.

È bene ricordare che le successive lavorazioni eseguite su un terreno così preparato dovranno essere limitate allo strato di terreno bonificato mentre, nel caso di interventi più profondi, si dovranno utilizzare ripuntatori ad ancore diritte per evitare la risalita delle pietre in superficie. L'aratura profonda è ovviamente sconsigliata.

2.4. MOVIMENTO TERRA, MODIFICA DELLA GIACITURA E LIVELLAMENTO

Nella fase di realizzazione di opere a verde sono molto utilizzate le macchine per effettuare scavi, spostare terreno, modificare la giacitura del suolo e livellare le superfici.

In funzione dell'entità e della finalità dei movimenti di terra previsti, si può contare su una gamma varia di macchinari e il mercato offre una scelta estremamente ampia in termini di dimensioni, potenze e accessori disponibili, proprio perché svariati sono gli ambiti in cui queste macchine possono operare.

Nel progetto di un giardino, di un'area verde attrezzata in un parco pubblico o di una qualsiasi opera a verde, infatti, difficilmente il progettista rinuncia alle possibilità estetiche e funzionali realizzabili con il movimento della terra. Per adeguare la morfologia del sito alle condizioni estetico-funzionali del progetto e creare adeguate pendenze o superfici particolarmente livellate e piane possono essere utilizzate attrezzature più o meno specifiche per il movimento terra.

Gli **escavatori** sono macchine destinate allo scavo di terra e al suo allontanamento mediante il carico su altri mezzi deputati al trasporto. L'escavatore esegue lo scavo ed il caricamento restando fermo nel medesimo punto e si sposta solo per procedere con lo scavo.



2.4 *Trattrice equipaggiata con pala frontale e benna escavatrice posteriore*

La tipologia impiegata è rappresentata dai cosiddetti escavatori "discontinui", che posseggono un telaio girevole attorno a un asse verticale rispetto alla base di appoggio e un braccio che porta alla sua estremità la benna. Gli spostamenti del braccio e della benna possono essere con comando a cavi o con martinetti idraulici (escavatori idraulici), che rappresentano la tipologia di più frequente impiego.

Gli escavatori portati sono i più comuni e possono essere portati posteriormente dal trattore, *compact tractor* o *transporter* (si parla di retroescavatori), oppure possono essere montati su un carrello semovente o trainato dal trattore.

Durante il lavoro poggiano mediante piedi sul terreno; i vari comandi idraulici sono azionati da

una pompa comandata dalla presa di potenza del trattore o direttamente accoppiata al motore di questo.

Il braccio si articola al supporto e a circa metà altezza e può essere fatto ruotare intorno all'asse verticale compiendo mezzo giro o un giro completo a seconda dei modelli. Il braccio può essere corredato di svariati attrezzi quali: cucchiaia rovescia, cucchiaia rovescia a griglia (per il carico di sassi e ghiaia), cucchiaia dritta, cucchiaia rovescia a sezione triangolare (per lo scavo di fossati), benna per la pulizia dei fossi, lama di reinterro, benna mordente, gancio di sollevamento, scarificatore (per rottura croste e manti superficiali).

Per la loro versatilità di impiego sono utilizzati anche in operazioni che possono essere effettuate anche con attrezzature più specifiche, quali, ad esempio, lo scavo di buche per l'impianto di alberi e la rimozione delle ceppaie.



2.5 Trattorino tipo garden con pala caricatrice frontale

La **ruspa** (*scraper*) è una macchina in grado di effettuare tutte le operazioni che caratterizzano un movimento di terra. La ruspa, infatti, scava, carica, trasporta, scarica, stende e in parte esegue anche la compattazione.

La macchina è generalmente semovente e costituita da una motrice e dalla ruspa vera a propria, posta posteriormente e composta da un cassone e una struttura di collegamento al trattore a collo di cigno.

I **veicoli compatti movimento terra** sono una categoria di macchine che trovano sempre più spesso impiego sia nel verde urbano sia in varie utilizzazioni agricole e civili. Si tratta di piccoli veicoli semoventi con conducente al seguito o trasportato, di ridotte dimensioni ed estremamente maneggevoli, adatti ad un uso in spazi ristretti. Hanno generalmente un telaio girevole su asse verticale rispetto alla base di appoggio, con ruote gommate o cingoli.

Sono molto versatili, in quanto possono essere utilizzati per il trasporto o essere destinati all'azionamento di vari utensili (es. trivelle, seghe, lame per livellare, rulli, ecc.) o di macchine operatrici, assumendo quindi il ruolo di veri e propri veicoli multifunzionali. I modelli più utilizzati in ambito urbano (per lavori in aiuole di rotatorie, spartitraffico, viali, ecc.) sono dotati di cingoli e una lama livellatrice anteriore che permette di facilitare il reinterro successivamente allo scavo.



2.6 Veicolo compatto con conducente a terra



2.7 Miniescavatore impiegato per la messa a dimora di alberi

Lo scavo del terreno avviene durante il movimento della macchina ad opera di una lama che, abbassata a comando, affonda nel terreno e, per la sua inclinazione, consente al materiale scavato di salire verso un cassone. A riempimento avvenuto, la lama viene sollevata in modo da chiudere il cassone riempito di terra. Il materiale terroso può essere quindi trasportato fino alla zona stabilita per lo scarico.

Per il movimento terra possono anche essere utilizzati trattori cingolati dotati di lama apripista o di pala caricatrice portate anteriormente.

Le **livellatrici** (*grader*) sono attrezzature create con lo scopo di spostare e livellare il terreno con una lama che può avere diverse misure.

Possono essere trainate o semoventi. La livellatrice semovente è costituita da un telaio a ponte, le cui estremità poggiano anteriormente su due ruote e posteriormente sul gruppo motore, a due o quattro ruote. Al centro del telaio è sistemata la lama. Il telaio può essere rigido ma viene preferito quello articolato, in quanto migliora notevolmente le prestazioni della macchina e offre una grande versatilità di impiego.

La lama è caratterizzata da una concavità e da un angolo di incidenza. Il raggio di curvatura facilita un movimento rotatorio della terra, che riduce notevolmente l'attrito diminuendo la forza di trazione necessaria (20-30 kW ogni metro di larghezza di lavoro).

Le livellatrici attualmente utilizzate sono controllate dal laser: hanno un ricevitore (su asta graduata) che riceve il segnale dalla stazione fissa (trasmettitore) su treppiede di norma situato nel raggio di 300-400 m. Con questa tecnica si "batte un livello", permettendo alla macchina di raccogliere terreno dove realmente serve. Si possono creare poi pendenze o dislivelli eventualmente necessari a garantire lo sgrondo dei deflussi superficiali.

Le livellatrici laser presentano maggiore precisione nel lavoro di finitura rispetto alle macchine tradizionali semoventi e sono più facili da usare proprio perché trainate e dotate di controllo laser o GPS. Il loro funzionamento prevede l'impostazione sul trasmettitore del piano desiderato con una o con due pendenze, a cui segue la ricezione del dato da parte della livellatrice che copia a terra il piano, impostato in precedenza sul trasmettitore, attraverso un sistema di controllo automatico. All'operatore non resta che guidare la macchina operatrice sul campo per eseguire il lavoro. Sono disponibili software professionali indispensabili per il calcolo del preventivo dei lavori, dai rilievi a griglia ai rilievi con sistemi satellitari GPS (utilizzati per eseguire le planimetrie tridimensionali).

Esistono anche piccole livellatrici laser con lame di circa 150 cm, specifiche per i *green* del campo da golf. Possono essere semiportate o trainate.

2.5. PREDISPOSIZIONE DEGLI IMPIANTI SOTTERRANEI

Per la realizzazione di qualsiasi opera a verde può rendersi necessaria la collocazione di impianti di varia natura (irrigazione, drenaggio, illuminazione, ecc.) così come la realizzazione di muretti (es. per le recinzioni), sia nella fase di costruzione sia per successive necessità di ampliamento, miglioramento o restauro.



2.8 Escavatore a catena portato da trattore garden al lavoro in un campo da calcio

La predisposizione degli impianti interrati può prevedere o meno lo scavo della trincea dove successivamente si collocano tubazioni, passacavi ecc. La realizzazione delle trincee deve essere effettuata con mezzi idonei a seconda delle finalità e delle dimensioni. È bene porre attenzione che, nel caso di trincee di dimensioni ragguardevoli, dovranno essere adottati tutti i provvedimenti necessari per il sostegno delle pareti onde evitarne il franamento. Inoltre, all'interno della trincea le radici degli alberi devono essere eliminate completamente e questo deve essere attentamente valutato in fase progettuale per evitare futuri danni alla vegetazione già presente.

Lo scavo può essere eseguito a mano o meccanicamente con generici escavatori a braccio o altre

attrezzature appositamente studiate per eliminare al minimo il danneggiamento della vegetazione o manufatti presenti.

Lo scavo a mano richiede tempi lunghi ed elevati costi di manodopera e può essere necessario per completare il lavoro effettuato da escavatori meccanici.

Gli **escavatori a braccio**, sicuramente molto usati, effettuano un'azione dirompente che li rende adatti a qualsiasi tipo di terreno. Il lavoro è rapido e poco costoso ma il grado di finitura è grossolano e richiede un successivo lavoro manuale di pulizia e perfezionamento. Le larghezze di scavo sono notevoli per cui, se il lavoro viene eseguito in un giardino già esistente, si procureranno danni notevoli al cotico erboso e alle altre piante presenti.



2.9 Installazione di un dreno intorno al green di un campo da golf: dopo aver tolto le zolle di prato si effettua lo scavo con un veicolo compatto movimento terra

Per questo negli ultimi anni si sono sempre più diffusi particolari escavatori pensati per ridurre l'impatto dello scavo utilizzando organi lavoranti di vario tipo. La finitura è pressoché perfetta richiedendo pochi interventi manuali di appoggio e perfezionamento. La qualità del terreno di risulta, finemente sminuzzato e accuratamente allineato ai bordi dello scavo, può consentire la posa diretta della tubazione e il successivo interrimento, eventualmente previa vagliatura per eliminare parti grossolane affiorate con lo scavo.

Le macchine disponibili possono essere dotate di organi lavoranti a catena o a disco.

Gli **escavatori a catena**, conosciuti anche con il nome di catenarie, disponibili in un'ampia gamma di dimensioni (con conducente a terra o a bordo o su macchine polivalenti munite di escavatori a benna), sono macchine utilizzate prevalentemente per la realizzazione di impianti di irrigazione, nello scavo per la posa di recinzioni e di tubazioni di varia tipologia.

L'organo escavatore è costituito da una catena dentata, dotata di elementi che tagliano e asportano il terreno depositandolo lateralmente. Gli escavatori a catena sono in grado di realizzare uno scavo stretto e profondo, ma può essere difficile mantenere costante la profondità e quindi non risultano adatti alla posa di tubi per il drenaggio.

Meno diffuso è l'utilizzo di **escavatori a disco**. Rispetto all'escavatore a catena quello a disco presenta essenzialmente, oltre a una maggiore capacità di lavoro, un miglior controllo della profondità di lavoro, reso possibile anche dall'eventuale implementazione di sistemi di controllo con laser. La profondità è mantenuta da slitte o da un grande rullo laterale. In alcune attrezzature la profondità è mantenuta costante con martinetti idraulici che consentono una efficace applicazione del laser, indispensabile quando si interviene in terreni caratterizzati da una pendenza della superficie diversa da quella che si intende dare alla base della trincea. L'organo lavorante dotato di punte al tungsteno consente di operare anche su substrati rocciosi.



2.10 Attrezzatura con conducente a terra e organo lavorante a catena

Dopo aver effettuato la trincea, le tubazioni possono essere adagate direttamente sul fondo dello scavo oppure può essere predisposto un apposito letto di posa di materiale incoerente, generalmente sabbia oppure ghiaia nel caso di installazioni di tubi forati per il drenaggio.

Lo scavo può essere riempito direttamente tramite tramogge che inalveano il materiale di riempimento all'interno dello scavo senza disperderlo sulla superficie.

Le **macchine posatubi** consentono l'interro senza effettuare prima lo scavo e sono indicate soprattutto per l'attraversamento di strade e altre aree pavimentate, soprattutto se con materiali di pregio, evitando lo scavo a cielo aperto. L'utilizzo di queste macchine permette di velocizzare i tempi nell'esecuzione dei lavori, evitando, ad esempio, blocchi del traffico e riducendo al minimo l'impatto ambientale. Inoltre, consentono l'interro di tubazioni senza produrre terreno di risulta.

I modelli a **lama vibrante**, dove l'organo lavorante è una lama che fende il terreno vibrando ed è dotata alla sua estremità inferiore di un'ogiva alla quale viene collegato il tubo, sono adatti ad operare sul cotico erboso in quanto lasciano la superficie del prato quasi inalterata.

A queste si aggiungono le **trivelle sotterranee orizzontali**, che vengono impiegate per la posa di tubazioni o condotte di vario tipo lungo le strade o quando sussiste la necessità di superare tratti dove non è possibile o non è conveniente procedere con degli scavi tradizionali. Le trivelle orizzontali sono particolarmente utili nella posa di tubi in prossimità di impianti arborei (ad esempio, alberature lungo i viali) in quanto in grado di arrecare minori danni alle radici degli alberi rispetto allo scavo tradizionale con trincea aperta.

La trivellazione orizzontale controllata permette la posa di tubazioni sotterranee flessibili e può seguire anche traiettorie curvilinee soprattutto se vengono utilizzati gli **interratori sotterranei pneumatici**. Si tratta di ottime attrezzature che riescono a installare tubazioni a spinta, oppure a trazione, in tempi molto rapidi adottando un particolare dispositivo (ogiva). Il dispositivo a trazione è in grado di eseguire contemporaneamente le operazioni di perforazione e trazione di tubi leggeri, proteggendo il tubo e mantenendolo serrato all'estremità dell'interratore. Nei modelli a spinta si effettua prima la perforazione con l'ogiva e poi si installa a spinta la tubazione.



2.11 Le trivelle orizzontali sotterranee consentono la posa di tubi senza lo scavo aperto. A sinistra, un piccolo modello adatto a giardini per il superamento di piccoli ostacoli (es. pavimentazioni); a destra, posa di reti telefoniche in città (Amburgo, Germania)

2.6. LAVORAZIONI PRIMARIE DEL SUOLO

Le lavorazioni primarie, tipiche della preparazione del terreno agrario, si rendono necessarie anche nell'allestimento di aree verdi, in particolare quando si debba intervenire su aree incolte e degradate per l'impianto di tappeti erbosi o per impianti arborei di tipo estensivo (es. zone periurbane).

Esse hanno la funzione di modificare il terreno in maniera tale da creare un substrato più adatto alla crescita delle radici anche in profondità e all'attecchimento delle piante. Con le lavorazioni primarie, infatti, si modifica la struttura degli strati più superficiali del suolo, si interrano e miscelano i residui vegetali e i concimi organici, si migliora la porosità del suolo e si assicura una corretta regimazione idrica (Ceccon et al., 2017).

Nei casi di suoli particolarmente compatti e quando si voglia interrompere strati di suolo imperme-

abili (suola di lavorazione, strati rocciosi superficiali teneri) si può intervenire con la **ripuntatura**, che migliora la permeabilità e l'ossigenazione in profondità. I ripuntatori sono in grado di lavorare a ragguardevoli profondità di lavoro (500 – 900 mm), provocando l'apertura di "tagli" nel terreno e la frantumazione degli strati intermedi interessati alla lavorazione. A differenza del classico lavoro di aratura con la ripuntatura non avviene inversione degli strati e rimescolamento del terreno.

Il ripuntatore consiste in un telaio trasversale all'avanzamento, portato sull'attacco a tre punti del trattore, sul quale sono fissate ancore di lavorazione in numero variabile. Le ancore possono essere di forma diversa, come ad esempio dritte verticali per effettuare la rottura di strati compattati in profondità oppure incurvate lateralmente (asimmetriche verso destra o sinistra) per sgretolare la suola di aratura anche nella zona di terreno compresa tra un'ancora e l'altra e smuovere maggiormente il terreno. La forma caratteristica di queste ultime prevede alla base uno scalpello stretto e lungo, che insieme alla parte ricurva dell'ancora taglia e solleva l'intera suola di aratura per farla ricadere dietro di sé completamente sbriciolata.

La ripuntatura è comunque un intervento costoso, che richiede trattori di grande potenza, e la sua utilità, negli impianti per il verde, va attentamente valutata, specie nel caso in cui siano presenti servizi sotterranei (cavi, acquedotti, ecc.) che ostacolano il lavoro.

La classica lavorazione primaria del terreno è rappresentata dall'**aratura**, che attualmente si cerca di effettuare con profondità di lavoro tali da interessare solo la zona di maggiore accrescimento delle radici senza portare in superficie zone del terreno non fertili. Per questo si dovrebbe considerare una profondità massima di lavorazione di circa 250-300 mm. Ovviamente esiste un'ampissima offerta di modelli di aratro, con dimensioni adatte a ogni tipo di intervento. Nel classico aratro a versoio, gli organi operatori sono rappresentati da: coltro, vomere e versoio, che effettuano, rispettivamente, il taglio verticale, il taglio orizzontale e il ribaltamento della fetta. In base alla forma del versoio si distinguono aratri elicoidali, cilindrici, misti, a rombo (losanga), fenestrati e a dischi, che vengono scelti a seconda del grado di amminutamento e rimescolamento desiderati e in base alla composizione del terreno e alla presenza di residui vegetali.

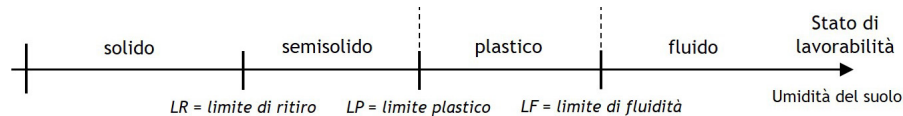
Una lavorazione simile all'aratura, adatta a superfici più piccole è la **vangatura**. Può essere effettuata con attrezzi manuali, ma per superfici più ampie si può prevedere anche una sua meccanizzazione. La vangatrice è un ottimo sostituto dell'aratro. Si tratta di una macchina portata, azionata dalla presa di potenza, che trasmette il movimento agli organi lavoranti (vangheghe) tramite manovellismi o dispositivi eccentrici. Tali vangheghe incidono il terreno (fino a 150 – 200 mm), staccano le zolle facendole parzialmente rivoltare e le spingono all'indietro, in senso opposto a quello di avanzamento della trattrice. Gli organi lavoranti quindi tendono a riprodurre meccanicamente le lavorazioni che vengono eseguite ancora oggi con la vanga. Le vangatrici lasciano il terreno ottimamente preparato e consentono di ridurre l'erosione del terreno. I principali svantaggi sono dati dalla lentezza di avanzamento della macchina, con conseguente ridotta capacità di lavoro e scarsa tempestività di intervento, ma anche dalla difficoltà del loro uso su terreni pietrosi o sassosi o con forte presenza di residui vegetali.

La lavorabilità dei suoli

Esistono condizioni di umidità del suolo che sono più favorevoli alle lavorazioni. Per definire la lavorabilità di un suolo si può fare riferimento ai limiti di Atterberg:

- limite di ritiro, valore minimo di umidità al di sotto del quale il volume del terreno non si ritira ulteriormente ed è caratterizzato da una elevata coesione e portanza;
- limite plastico, valore di umidità oltre al quale il terreno perde le sue caratteristiche di plasticità ovvero di poter essere modellato (camminandosi sopra ci imbratteremmo un po' le scarpe!);
- limite di liquidità, valore al quale il terreno è ormai allo stato fluido e si comporta come una sospensione (se dovessimo camminarci sopra si tenderebbe a sprofondare).

L'indice di plasticità è la differenza tra il limite fluido e il limite plastico.



2.12 Stato di lavorabilità del suolo a seconda del grado di umidità e limiti di Atterberg

La condizione migliore per effettuare le lavorazioni si ha con valori tra lo stato coesivo e quello plastico.

Si definisce *tempera* lo stato in cui si hanno le condizioni ideali per eseguire le lavorazioni. Con il suolo in *tempera* gli organi lavoranti vincono facilmente le forze di coesione, il terreno aderisce poco ad essi e scivola senza imbrattarli, le zolle si sgretolano con relativa facilità e la lavorazione lascia il suolo in condizioni di sofficità ideali.

Lo stato di *tempera* varia a seconda del tipo di suolo, in particolare della tessitura e della presenza di particelle colloidali, e si verifica a un intervallo di umidità in cui le curve di adesione e di coesione si incontrano. Infatti, se i valori di umidità sono molto bassi prevalgono le forze di coesione tra colloidi, che devono essere vinte dagli organi lavoranti con una richiesta elevata di energia, produzione di zollosità e polverizzazione; con valori di umidità più alti della *tempera* gli organi lavoranti riescono facilmente a penetrare nel terreno, però l'elevata adesione provoca un eccessivo modellamento e il terreno può restare attaccato agli attrezzi e alle ruote delle macchine. In entrambi i casi si ha una degradazione della struttura del terreno per spappolamento o polverizzazione con conseguente compattazione, tanto maggiore quanto maggiore è la presenza di particelle fini come limo e argilla.

Nel caso della sola transitabilità, questa è migliore tanto più asciutto è il terreno, in quanto aumenta la sua portanza cioè la capacità di supportare i carichi sovrastanti dovuti al passaggio delle macchine.

2.7. PREPARAZIONE DEL TERRENO ALLA SEMINA E AL TRAPIANTO

Le **lavorazioni secondarie** del terreno servono per preparare il letto di semina o di trapianto delle giovani piantine. Il terreno viene affinato, pareggiato e si creano le migliori condizioni di porosità e struttura. Con le lavorazioni secondarie, inoltre, si distribuiscono e miselano durante la stagione vegetativa i fertilizzanti e si controllano le infestanti.

Zappatrici, frese e motozappatrici sono gli attrezzi utilizzati nella preparazione del terreno alla semina di un tappeto erboso o al trapianto di aiuole e bordure. Il loro impiego è quindi indicato nelle fasi di impianto del cosiddetto verde orizzontale, comprese le specie arbustive. L'offerta disponibile sul mercato è notevole, in quanto si tratta di una vasta gamma di attrezzature di impiego o derivazione agricola.

Per **zappatrici** e **frese** intendiamo delle macchine operatrici per la lavorazione del terreno consistenti in un rotore orizzontale costituito da un albero al quale sono solidali dei dischi metallici, normali all'asse dell'albero stesso. Sulla loro periferia sono montati radialmente utensili rigidi che penetrano nel terreno, provvedendo a frantumarlo. Gli utensili possono essere a forma di zappetta o coltello. I modelli di mag-



2.13 Zappatrice portata di uso agricolo

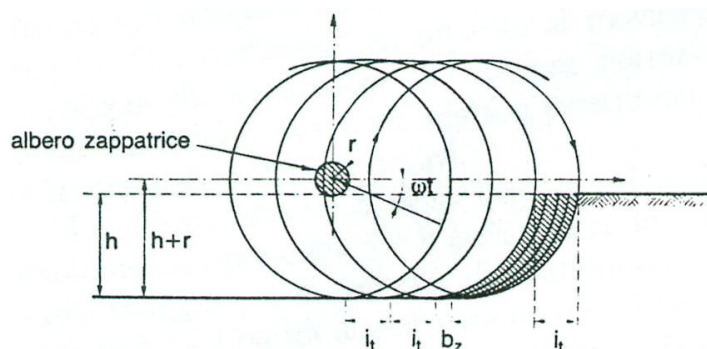
giori dimensioni possono essere trainati o semiportati mentre i tipi più piccoli sono portati dall'attacco a tre punti del trattore o essere accoppiati posteriormente a motocoltivatori di media potenza. Consentono un elevato grado di amminutamento del terreno e non richiedono un elevato sforzo di trazione.

In alcune zappatrici la presenza di un cambio consente di poter variare la velocità di rotazione degli utensili rispetto alla velocità di rotazione della p.d.p. da cui derivano il moto. Un carter in lamiera avvolge il rotore per impedire il lancio di sassi o di zolle e per migliorare le condizioni di frantumazione del terreno.

La velocità di rotazione e la profondità di lavoro sono regolabili.

Queste macchine possono risultare molto efficaci solo se usate correttamente, altrimenti rappresentano uno strumento potenzialmente in grado di produrre danni al terreno.

Bisogna, infatti, tenere presente che per ogni modello di macchina operatrice vi è un intervallo di velocità di avanzamento della trattrice che ottimizza la lavorazione: tale velocità è condizionata a sua volta dalla velocità periferica di rotazione degli utensili, quindi dal numero di giri della p.d.p., da altri parametri che caratterizzano la macchina e dal grado di lavorazio-



2.14 Traiettoria (cicloide allungata) di una zappatrice e intervallo di taglio i_t . (da Pellizzi, mod.)

ne che si desidera ottenere. Le zappette presenti sull'albero della zappatrice compiono un movimento che risulta dalla combinazione del moto rettilineo di avanzamento della trattrice e dal moto circolare dell'albero della zappatrice dando luogo ad una traiettoria cicloide allungata, il cui passo è funzione del rapporto fra velocità periferica e velocità di avanzamento.

La velocità di avanzamento influenza quindi il grado di lavorazione del terreno.

Conoscendo il numero di giri e il numero delle zappette presenti sull'albero della zappatrice si può conoscere la velocità di avanzamento necessaria per ottenere l'intervallo di taglio desiderato. In particolare, a parità di numero di zappette e numero di giri del rotore, per avere degli intervalli di taglio maggiori si deve procedere più velocemente.

Per non danneggiare la struttura del terreno occorre evitare la coincidenza o l'eccessiva riduzione della distanza tra il taglio eseguito da una zappetta ed il taglio eseguito dalla zappetta successiva. Affinché non si abbia costipamento del terreno ed inutile spesa di energia occorre far sì che l'albero di supporto delle zappette rotoli senza strisciare sul terreno. Ciò si verifica quando si realizzano le corrette condizioni di profondità di lavoro e contemporaneamente vi è un determinato rapporto tra velocità periferica delle zappette e la velocità di avanzamento della trattrice.

Ad esempio, quando si utilizza una zappatrice che ha raggio del rotore pari a 0,225 m ed ha installate 2 file di 3 zappette ciascuna e che ruota alla velocità di 224 giri/min per rispettare le condizioni sopra indicate si può ottenere un intervallo di taglio pari a 6 cm solo quando il trattore procede alla velocità di 2,4 km/h.

Anche la profondità di lavoro può essere regolata.

Le cosiddette **motozappe** sono macchine per la lavorazione del terreno con conducente a piedi (*walk-behind*), simili al motocoltivatore¹ ma di dimensioni inferiori. Sono essenzialmente costituite dall'assemblaggio di un motore endotermico di limitata potenza (difficilmente oltre i 14 kW) con un gruppo di trasmissione in grado di azionare l'organo lavorante costituito da 4-8 elementi fresanti (coltelli o zappette) in acciaio. La larghezza di lavoro, che a seconda dei modelli varia tra 25 e 130 cm, può essere aumentata aggiungendo gruppi laterali di zappette. Uno sperone (o timone) trattiene la macchina nel terreno e consente di regolare la profondità di lavoro. Spesso sono dotate di un ruotino anteriore che ne facilita il trasferimento. Infatti, le moto zappatrici, a differenza dei motocoltivatori, non posseggono ruote e il movimento di avanzamento, come quello necessario al lavoro, è affidato alla rotazione dell'organo fresante montato sull'unico albero motore, privo di dispositivo differenziale. Ne consegue la necessità di contenere durante il lavoro la velocità di avanzamento rispetto alla rotazione della fresa per permettere agli utensili di penetrare nel terreno.

La guida del mezzo è assicurata dall'operatore che segue a piedi e opera tramite un paio di stegole sulle quali sono posizionati tutti i principali comandi. Nei modelli più recenti la presenza del dispositivo *motorstop* combinato con la leva della frizione consente un immediato fermo del motore se le stegole di guida sfuggono di mano. Le dotazioni di sicurezza attualmente richieste devono essere completate da protezioni esterne al motore, carter di protezione degli organi lavoranti, supporti di gomma per limitare le vibrazioni e il rumore, leva di sicurezza contro l'innesto accidentale della retromarcia. Due dischi metallici posti lateralmente all'organo lavorante mantengono la traiettoria della macchina durante il lavoro, contribuendo a contenere l'uscita laterale del terreno ed evitare il danneggiamento delle radici delle piante adiacenti.



2.15 Motozappatrice

¹ Si veda cap. 1.4.2.

Va ricordato che si tratta di macchine piuttosto pericolose, data la posizione dell'operatore rispetto agli organi lavoranti, solo parzialmente protetti da un carter, che favorisce un alto numero di incidenti. Attenzione quindi ai piedi!

Tipica lavorazione secondaria è l'**erpatura**, che permette di amminutare, livellare e pulire dalle erbe infestanti il terreno preparandolo alla semina. Gli impieghi nel settore del verde sono limitati perlopiù alla preparazione dei tappeti erbosi. Con gli erpici si può in qualche caso provvedere a interrare i concimi, alla rottura della crosta superficiale ed alla ricopertura del seme già distribuito.

L'effetto dell'erpice sulle zolle di terreno si ottiene per azione dinamica ed è quindi variando peso e velocità della macchina che si può ottenere il grado di lavorazione ricercato.

Nella produzione attuale l'erpice può essere distinto in funzione della foggia dell'organo utensile. Possiamo avere quindi erpici: a denti rigidi, a denti elastici, a denti oscillanti, a dischi, a dischi combinato con estirpatore, strigliatore con denti inclinati, strigliatore con denti verticali, a stella, rotativo.

Gli **erpici a dischi** (ad un solo gruppo di dischi) possono rappresentare un'alternativa all'aratura quando non è necessario interrare sostanza organica grossolana. Normalmente, si tratta di macchine operatrici impiegate per la rottura delle zolle grosse lasciate, ad esempio, dopo un'aratura su terreni secchi e compatti. I dischi sono collegati ad un telaio trainato dalla trattrice e costituiti da calotte sferiche, o tronco-coniche, particolarmente resistenti all'usura, con margine tagliente, inclinati rispetto alla direzione di avanzamento che permette loro di ruotare di sghebo, tagliando, sollevando, frantumando e rimescolando il terreno. Le macchine possono montare da due a quattro gruppi di dischi. La presenza di dischi montati a senso alternato, lisci e dentati, favorisce la penetrazione in qualsiasi suolo garantendo anche una certa miscelazione dei residui colturali. I modelli con maggiore larghezza hanno sezioni diverse che possono essere ripiegate per consentire l'adattamento alle diverse condizioni di lavoro.



2.16 Erpice a denti a molla, disposti su più ranghi (a sx); erpice rotativo e particolare delle lame GB (a dx)

Tra gli **erpici rotativi** (o rotanti) si ricordano quelli con coltelli verticali. Si tratta di macchine portate che agiscono in virtù del proprio peso sul terreno, mentre il moto rotatorio dei coltelli è dato dalla presa di potenza. L'organo lavorante è costituito da coltelli di varie misure disposti in posizione verticale, in grado di sminuzzare il terreno fino a 100 – 150 mm di profondità senza la formazione di suola d'aratura.

Gli erpici possono essere combinati con rulli e con seminatrici, anche se per la preparazione di un tappeto erboso di pregio è conveniente separare le operazioni di preparazione del terreno da quella di semina.

La **rullatura** rifinisce il letto di semina. Per questa operazione sono utilizzati i **rulli**, spesso collegati in serie ad altre operatrici di cui completano il lavoro (soprattutto erpici e seminatrici). Pur trattandosi di attrezzature estremamente semplici nella loro concezione, i rulli sono indispensabili nella preparazione del terreno in prossimità della semina in quanto, oltre a realizzare un certo grado di livellamento del terreno, sono utili per favorire l'adesione del seme al terreno, favorendo germinazione e attecchimento. I rulli compressorli lisci possono essere utilizzati per ridurre l'eccessiva sofficietà di un terreno lavorato con la fresatura, ma anche per sgretolare ulteriormente le zollette superficiali al fine di ottenere una superfi-

cie meno irregolare lasciata da una lavorazione grossolana (es. aratura). In questo caso sono disponibili anche rulli frangizolle composti da una serie di dischi lisci o sagomati.

La rullatura effettuata con rulli di altro tipo (es. chiodati o *cultipacker*) è una operazione con diverse finalità nella manutenzione dei tappeti erbosi di pregio e ad uso sportivo².

Anche la **rastrellatura** completa spesso il lavoro di preparazione di un'area prima della semina e consente di livellare piccole aree e stendere il materiale presente o distribuito in superficie.

Oltre ai semplici rastrelli manuali, esistono operatrici che possono essere usate per livellare ed eliminare i solchi lasciati dalle interratrici sui bordi dei giardini da seminare, per creare particolari ondulazioni, per stendere terriccio, sabbia e ghiaia nella costruzione e finitura di vialetti, cortili, aiuole, ecc. Altri impieghi sono quelli di rigenerare superfici in terra battuta (es. campi da tennis e altri) oppure, grazie ad un apposito kit, eseguire l'andanatura superficiale e/o ripristino e manutenzione di sentieri (anche collinari). Esistono anche semplici attrezzature abbinabili al motocoltivatore dove vengono montati anteriormente per svolgere vari lavori.



2.17 Rastrellatura di un bunker con apposita semovente con telaio triciclo a raggio di sterzata ridotto che agevola le manovre



2.18 Rastrello da bunker manuale

Rastrellatura e livellamento sono effettuati periodicamente nei bunker dei campi da golf manualmente o con apposite attrezzature semoventi azionate da motore 7-12 kW con telaio triciclo a raggio di sterzata ridotto che agevola le manovre.

Resta comunque il fatto che, oltre alle varie macchine, per completare la preparazione del letto di semina di piccole superfici o di aiuole si ricorre sempre all'impiego degli **attrezzi manuali**, che comprendono sarchielli, tridenti, zappe, rastrelli, vanghe, pale.

2.8. APERTURA DELLE BUCHE

L'apertura di buche nel terreno si rende necessaria per la posa di pali tendifilo e relativi ancoraggi, recinzioni, intelaiature di serre, lavori di scasso a buche ma anche per la messa a dimora delle piante arboree e arbustive.

² Si veda il cap. 5.

Le **trivelle** sono macchine comunemente utilizzate per l'esecuzione di fori nel terreno. Nei tipi più comuni l'organo di lavoro consiste in un'asta d'acciaio su cui sono avvolte una o due eliche anch'esse in acciaio, munite di punta generalmente a scalpello in acciaio durissimo, ricambiabile, talvolta seghettata.



2.19 Tipologie di trivelle: manuale (a sx); con ruotino di sostegno (al centro); sulla testata di un miniescavatore (a dx)

Le trivelle possono essere portate da trattori o motocoltivatori ricevendo il moto dalla presa di potenza mediante un albero cardanico. Tramite una coppia conica, il moto viene rinviato perpendicolarmente all'asse di entrata e con l'utilizzo di una flangia viene trasmesso alla coclea che ha il compito di perforare il terreno.

I fori prodotti dalle trivelle possono avere un diametro variabile dai 15 ai 70 cm, fino a un metro nei modelli con elica molto larga a poche spire. La profondità di lavoro è di circa un metro per trattrici da 15 a 40 kW.

Analoghi sono i modelli semiportati, in cui il telaio appoggia sul terreno mediante pattini e il sollevamento dell'utensile è ottenuto facendolo scorrere lungo guide portate dal telaio medesimo.

Le mototrivelle sono portate a braccio e manovrate da uno o due operatori. L'utensile è comandato da un piccolo motore a combustione interna mediante un riduttore a ingranaggi e sulla trasmissione è disposta una frizione di tipo centrifugo. Il telaio di supporto è munito di manubrio per gli operatori. Le motorizzazioni vanno da 2 a 6 kW e la massa complessiva si aggira tra i 15 e i 20 kg. Possono essere dotate di vari utensili per l'esecuzione di fori fino ad un diametro di 40 cm e a una profondità di 80 cm. Profondità maggiori, fino a 2-2,5 m, possono essere raggiunte con l'uso di prolunghe oppure con utensili ad asta telescopica. Possono essere dotate di un telaio con ruotino che ne facilita il trasferimento e posizionamento da parte dell'operatore.

IMPIANTO DEL VERDE ORIZZONTALE E VERTICALE

3

Ai lavori di preparazione del terreno segue l'impianto vero e proprio del materiale vegetale, con la semina (o il trapianto) per il verde orizzontale (tappeto erboso, aiuole fiorite, ecc.) e la messa a dimora nel caso del verde verticale (aiuole e siepi di arbusti, alberature, ecc.).

3.1. SEMINA DEL TAPPETO ERBOSO

La semina è un'operazione cruciale per il successo di un qualsiasi impianto vegetale. Qui di seguito ci si riferisce, in particolare, alla semina del tappeto erboso, che costituisce l'elemento più importante e comune del verde orizzontale.

Il periodo ottimale di semina per le specie microterme è tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno; per le macroterme, invece, il periodo cade tra la tarda primavera e l'inizio dell'estate.

I quantitativi di seme impiegati variano a seconda della specie (numero di semi per grammo), della tipologia di prato e della qualità di seme (germinabilità e purezza). Si può passare dai 5-10 g·m⁻² per *Agrostis stolonifera* ai 30-50 g·m⁻² per *Lolium perenne* e *Festuca arundinacea*.

Le specie macroterme sono spesso propagate per via vegetativa e non per seme, impiegando stoloni che vengono generalmente distribuiti a spaglio e successivamente interrati e rullati. Gli stoloni consentono un rapido insediamento del tappeto erboso e sono particolarmente utili per generi che avrebbero un lento insediamento se propagate per seme, lasciando largo spazio alle infestanti (è il caso, ad esempio, della *Zoysia*).

Alla macchina seminatrice viene richiesto di dosare con precisione la quantità di seme e distribuirla con uniformità sull'intera superficie e alla giusta profondità di semina (3-10 cm). La seminatrice, inoltre, deve ricoprire il seme e poterne garantire il contatto con il terreno. L'operazione dovrebbe comunque essere realizzata in tempi relativamente brevi per cui alla macchina si richiede una discreta capacità di lavoro, anche se, soprattutto per i tappeti erbosi, vale la regola generale che è meglio puntare a una buona riuscita dell'operazione piuttosto che a una sua rapida esecuzione.

Esistono varie tipologie di macchine seminatrici, che si differenziano a seconda di come il seme viene distribuito sul terreno. Si possono avere:

- **seminatrici a spaglio**, usate nella maggior parte delle semine, che possono essere suddivise in modelli con distribuzione per reazione centrifuga oppure con distribuzione lineare per gravità;

- **seminatrici a file**, impiegate per la distribuzione in solchi paralleli, le quali possono essere con distribuzione a spaglio sulle file o a file propriamente dette.

Molto diffuse in campo agricolo sono le seminatrici di precisione che però, distribuendo un seme alla volta a intervalli rigorosamente uniformi lungo file parallele, non sono idonee alla semina di un tappeto erboso.

Queste macchine, inoltre, possono essere semplici (per la sola operazione di semina) o combinate con spandiconcime per la distribuzione localizzata di fertilizzanti, o con macchine per la lavorazione del terreno (solitamente erpici di tipo rotativo oppure barre irroratrici per la distribuzione di erbicidi). Possono essere presenti dei rulli che distribuiscono il carico sul suolo diminuendo il compattamento e migliorando l'adesione del seme con il terreno.

A seconda del funzionamento degli organi di distribuzione, le seminatrici possono essere divise in meccaniche e pneumatiche e, in base al sistema di avanzamento e azionamento, si possono distinguere seminatrici portate, semiportate e trainate dal trattore oppure manuali o semoventi con operatore a terra.

Per la creazione di un normale tappeto erboso, quando non è richiesta una semina di qualità, si possono impiegare macchine **seminatrici a spaglio** di tipo agricolo **a distribuzione centrifuga** portate o trainate dal trattore; sono macchine che nascono come spandiconcime e possono essere a disco, a due dischi o a tubo oscillante¹. Queste attrezzature devono essere opportunamente regolate per dosare la giusta quantità di seme in uscita e richiedono la corretta sovrapposizione delle passate per compensare la minore distribuzione che si verifica verso le code laterali di ogni singola passata. La regolazione della dose avviene tramite la regolazione della luce di afflusso del prodotto sull'elemento distributore. Pur non assicurando una buona uniformità di distribuzione sono comunque interessanti per la loro buona capacità di lavoro e per i costi contenuti.

Per migliorare la qualità della semina, si può incrementare la dose di seme distribuita ed effettuare almeno due passate incrociate distribuendo in ciascuna metà dose. Inoltre, dopo la semina a spaglio si dovrebbe impiegare una rete metallica o un rullo per favorire l'ingresso del seme nel terreno e migliorare il contatto seme-terreno.

Una migliore uniformità di distribuzione di quella ottenuta con lo spandiconcime a spaglio si può ottenere con le macchine **seminatrici a spaglio con distribuzione lineare per gravità**, caratterizzate però da una minore capacità di lavoro. In queste macchine, la larghezza di lavoro è, infatti, pari alla larghezza della macchina. Sono costituite da un sistema di distribuzione, rappresentato da una vite senza fine, una coclea e/o un tappeto mobile e un regolatore della quantità di seme, che cade (per gravità) a terra, costituito semplicemente da un sistema che regola l'apertura della luce dell'organo distributore. Il moto al distributore può essere trasmesso direttamente dalle ruote: in questo caso si parla di distribuzione meccanica proporzionale all'avanzamento. Il mercato propone seminatrici con distribuzione lineare per gravità con larghezza di lavoro da 0,3 a 4 m.

Entrambe le tipologie descritte (centrifughe e lineari per gravità) sono presenti anche in piccole versioni **manuali trainate o spinte** dall'operatore.

Le seminatrici a file sono macchine azionate dalla p.d.p. e caratterizzate da un'ottima uniformità di distribuzione, una precisione di dosaggio da buona a ottima e una buona capacità di lavoro (0,3-0,6 ha·h⁻¹ per metro di larghezza di lavoro). In queste macchine la deposizione meccanica del seme è proporzionale alla velocità di avanzamento.

Possiamo distinguerle in seminatrici a file propriamente dette e macchine con distribuzione a spaglio sulla fila.

¹ Si veda il cap. 6.

Le **seminatrici a file propriamente dette (p.d.)** hanno normalmente distribuzione meccanica ed effettuano la semina deponendo i semi all'interno di un solco. Sono dotate di elementi assolcatori indipendenti che mantengono costante la profondità del solco. Per contro, nell'impianto di tappeti erbosi l'effetto iniziale è di una scarsa qualità estetica. Per ovviare si consiglia di incrociare le passate ma ciò comporta il raddoppio dei tempi di lavoro.

In termini costruttivi, le seminatrici a file p.d. sono costituite da: un telaio portante con ruote, una tramoggia per la semente con organo per selezionare e smuovere i semi (alimentatore-agitatore), un apparato distributore con tubi adduttori, i corpi assolcatori che aprono i solchi all'interno dei quali cade il seme e un dispositivo copriseme.

La tramoggia presenta una larghezza che copre l'intero fronte di lavoro. Nella parte inferiore di essa ruota un albero longitudinale (alimentatore-agitatore), munito di appendici radiali di varia forma. Ha la funzione di rimescolare continuamente il seme allo scopo di mantenere sempre attiva l'alimentazione del seme stesso al distributore. L'elemento distributore regola la quantità di seme da spargere e assicura la buona uniformità di distribuzione. Esso è costituito da un organo di forma cilindrica con scanalature di varia conformazione per la distribuzione di semi di differenti dimensioni, montato in corrispondenza di ciascuna apertura della tramoggia. Con la rotazione del cilindretto scanalato (o alveolato) i semi restano, per un certo arco della rotazione stessa, racchiusi fra la parete delle scanalature e quella cilindrica della camera, prima di essere scaricati nel tubo di semina. Per regolare la quantità di seme da distribuire si deve far variare la lunghezza utile delle scanalature in corrispondenza delle aperture della tramoggia, oppure si può modificare la velocità di rotazione, a mezzo di un opportuno cambio a ingranaggi.

Per evitare che il seme, preso fra i bordi delle scanalature e la superficie della camera, possa essere danneggiato (con conseguente riduzione della sua capacità germinativa), si munisce il fondo della camera stessa di una molla che cede quando qualche seme resta incastrato, evitandone in tal modo la rottura. Attualmente è ormai generalizzato l'impiego di materie plastiche al fine di ridurre le cause di lesione e rottura dei semi.

Per quanto riguarda gli assolcatori, essi assumono varie fogge: per la semina di un tappeto erboso o di un prato sono utilizzati assolcatori a disco semplice o a disco doppio (per terreni duri, argillosi, anche non completamente affinati) oppure a stivaletto (per terreni sciolti, asciutti e liberi da residui vegetali). Ogni organo assolcatore è posteriormente munito di un dispositivo copriseme, oggi quasi sempre costituito da pettini trasversali a denti flessibili o in, taluni casi, da piccoli rulli che effettuano una leggera compressione del terreno sovrastante il seme.

Il movimento dei diversi organi operatori è quasi sempre derivato direttamente da una delle due ruote portanti, se si tratta di macchine trainate, oppure, più raramente, dalla p.d.p. del trattore, se si tratta di seminatrici portate o semiportate.

Le macchine **seminatrici con distribuzione a spaglio sulla fila** presentano organi lavoranti e tubi adduttori del seme indipendenti tra di loro e mancano di assolcatori. L'interramento viene agevolato da rullo tipo *packer*. Questo tipo di seminatrici consente la realizzazione di un tappeto erboso più naturale e si utilizza con varietà a portamento eretto (es. loietto).

Le seminatrici con distribuzione a spaglio sulla fila sono impiegate anche nelle trasemine; in tal caso gli organi lavoranti sono costituiti da lame dritte, montate su un rotore ad asse orizzontale, che incidono il cotico erboso esistente.

La realizzazione di un tappeto erboso di qualità (come quello ad esempio dei campi da calcio) può essere effettuata impiegando macchine specifiche di tipo portato o semovente. Più frequentemente si usano seminatrici semoventi con conducente a terra che hanno una larghezza di lavoro intorno a un metro, un motore di potenza 3-5 kW e riescono a sintetizzare in un unico passaggio più fasi operative, quali livellamento, semina, interrimento e rullatura.

3.2. TRASEMINA

La **trasemina** è un intervento di rigenerazione dei prati che consiste nella distribuzione del seme sulla vegetazione presente. Su specie microterme come Festuca, Loietto e Poa, la trasemina autunnale ha l'obiettivo di rigenerare un tappeto erboso danneggiato o diradato dal caldo estivo. Su specie macroterme come gli ibridi di gramigna, Zoysia e Paspalum, la trasemina di loietti consente di mantenere verde il prato anche durante il periodo invernale.



3.1 Traseminatrice con conducente a terra



3.2 Operazione di trasemina in un tappeto erboso

È buona norma far precedere la trasemina da una sfeltratura leggera e un taglio, abbassando l'altezza di taglio il più possibile in modo da consentire un migliore funzionamento degli organi della traseminatrice.

La deposizione del seme è più complessa di una normale semina in quanto si necessita di attrezzature che permettano al seme di raggiungere il terreno con il minor danneggiamento possibile per le piante presenti. Per questo le **traseminatrici** sono dotate di assolcatori a disco o di organi scarificatori/sfeltratori che eliminano il feltro e incidono leggermente il terreno, permettendo al seme di entrare in contatto con esso, e di un organo posteriore (generalmente un rullo o una rete) per far aderire il seme appena deposto e per pareggiare la terra eventualmente smossa. Per ridurre i tempi di esecuzione evitando il secondo passaggio incrociato è possibile utilizzare traseminatrici dotate di doppia fila di dischi in grado di posizionare il seme in file distanti solo 30 mm, con profondità di taglio fino a 30 mm.

Nel caso in cui la trasemina avvenga dopo *verticutting*, carotatura, ecc. si procede alla semina a spaglio e quindi a una sabbiatura seguita da una rullatura.

3.3. IDROSEMINA

L'idrosemia è un metodo che consente l'inerbimento di aree dove si richiede un attecchimento rapido della vegetazione e, allo stesso tempo, non vi è la possibilità di adottare tecniche tradizionali di semina in quanto si è in presenza di terreni particolarmente "difficili", compresi terreni di riporto privi di elementi fertilizzanti disponibili, o non accessibili per le normali macchine (scarpate stradali, piste da sci, discariche, terreni franati, muri a verde) (Piccarolo 2009, 2012).

L'idrosemina rientra tra gli interventi tipici delle tecniche di ingegneria naturalistica² quando è richiesto principalmente di contrastare l'erosione che si genera a causa del ruscellamento superficiale e dell'azione battente della pioggia. Può comunque essere utilizzata anche con funzione più estetica e per i tappeti erbosi ricreativi, in quanto permette di ottenere velocemente, rispetto alla semina tradizionale, un cotico erboso finito.

Le condizioni climatiche ideali per effettuare una idrosemina sono caratterizzate da temperature miti con precipitazioni piovose consistenti (ad esempio nel nord Italia per semine dormienti sono ideali i periodi di inizio primavera e inizio autunno).

Per una corretta idrosemina è fondamentale seguire alcune regole:

- le esposizioni a nord sono le più fredde, ma anche le più umide e, normalmente, sono quelle che danno meno problemi soprattutto se si effettua un'idrosemina estiva;
- con l'aumentare della quota aumentano i problemi per l'inerbimento e si dovranno ridurre le specie da impiegare e i dosaggi e aumentare la presenza di elementi coadiuvanti nella miscela;
- con l'aumentare della pendenza si dovrà aumentare l'impiego di collanti; nel caso più estremo si dovrà ricorrere alle bioreti o biostuoie.

Peculiarità dell'idrosemina è la distribuzione del seme con un getto d'acqua in miscela con varie sostanze che ne favoriscono l'adesione al substrato e il suo attecchimento sulla superficie da inverdire. La miscela è composta da

- miscuglio di sementi,
- collanti,
- fertilizzanti,
- pacciamanti,
- correttivi e ammendanti,
- acqua.



3.3 Miscela adatta all'idrosemina

Il miscuglio di sementi deve essere adatto alle condizioni locali ed è normalmente composto da sole specie erbacee. Una certa variabilità di specie nella miscela presenta il vantaggio di rendere più facile la colonizzazione della zona trattata e l'esplorazione di orizzonti più profondi nel terreno. Con un miscuglio plurispecie (generalmente: 70-80% graminacee, 15-20% leguminose, ma si può inserire anche una minima percentuale di altre specie) si ha un ampio range di adattabilità a tutte le situazioni. È comunque importante scegliere il miscuglio in base all'ambiente e allo scopo per cui si interviene.

I collanti sono indispensabili per tenere compatta e stabilizzare la miscela al suolo, riducendo i fenomeni di dilavamento o asportazione. Possono essere liquidi, in polvere o granulari di origine sintetica

² Le opere di consolidamento di versanti e sponde instabili o la realizzazione di terrapieni, possono essere effettuate con tecniche di ingegneria naturalistica anche in ambito urbano o periurbano. Questa tecnica utilizza le piante vive come materiale da costruzione in abbinamento con vari inerti ed è finalizzata a un consolidamento duraturo delle opere con un basso impatto ambientale e un basso dispendio energetico. Le principali applicazioni riguardano il ripristino di aree degradate (frane, cave e discariche, ecc.), la prevenzione in zone soggette a dissesto idrogeologico da mettere in sicurezza (sponde e argini fluviali, canali, scarpate stradali) oppure la realizzazione di aree per la fitodepurazione.

o di origine naturale (costituiti da farine vegetali o alghe brune disidratate), che a contatto con l'acqua diventano gelatinosi e possono avere anche un effetto di concime e ammendante.

I fertilizzanti (liquidi o granulari) forniscono gli elementi nutritivi necessari allo sviluppo del prato; per accelerare il processo di ripristino, quando si prevede possa essere molto lento, possono essere addizionati anche integratori, biostimolanti, acidi umici, ecc.

I pacciamanti servono a trattenere l'umidità necessaria alla germinazione e proteggere il seme da condizioni microclimatiche sfavorevoli. Sono costituiti da vari materiali (paglia, fieno, fibre di legno o cellulosa, fibre sintetiche biodegradabili) e a volte sono già dotati di una minima quantità di collante.

Torba e terriccio possono essere addizionati alla miscela per fornire il substrato indispensabile per la germinazione anche su suoli aridi ed inerti. Sono previsti normalmente 150-250 g/m² ma le dosi possono essere aumentate in terreni più critici aumentando il numero di passaggi (idrosemina a spessore).

L'acqua è il componente presente in maggiori quantità (80-85%). È sempre meglio non risparmiare sull'acqua in quanto costituisce l'elemento fondamentale per la germinazione delle sementi e lo sviluppo della pianta. La disponibilità di acqua, insieme all'accessibilità dell'area, sono fattori che influenzano i tempi di lavoro di tutta l'operazione. Un utilizzo dell'acqua più parsimonioso si può rendere necessario se i tempi di approvvigionamento sono lunghi (generalmente l'acqua viene prelevata da fiumi o ruscelli tramite la pompa dell'idrosemiatrice). Un dosaggio consigliato è di 2 L/m². Se si lavora in zone difficili (alta montagna, strade forestali, aree isolate) dove vi sono problemi nel reperire l'acqua, si può diminuire la dose usando una miscela più densa.

Per alcune specie vegetali è possibile operare con stoloni. La **idrostonizzazione** è una tecnica di spargimento simile alla precedente, effettuata mediante idrosemiatrice modificata per diametro ugelli, tipo di pompa e girante al fine di non lesionare gli stoloni.



3.4 Idrosemiatrice

L'**idrosemiatrice** è costituita da un motore, una pompa centrifuga autoadescante e una cisterna (in acciaio inox o in polietilene) dove avviene la miscelazione. Le idrosemiatrici possono essere: portate (sul cassone del camion), trainate su due ruote (agganciabili a trattore o motrice) e trainate con due ruote motrici (su terreni pendenti, a bassa aderenza). In alcuni casi (ad esempio, nel ripristino ambientale in zone inaccessibili in montagna) si può intervenire con l'elicottero.

La capacità della cisterna va dai 500 litri in su (max 7000 litri). Le più usate hanno serbatoi da 1000-2000 litri. I motori a benzina o diesel hanno potenze dai 5 ai 90 kW. La pompa può essere anche azionata dalla p.d.p. di un trattore o altro veicolo polifunzionale.

La miscelazione è fondamentale per produrre una miscela omogenea e ben amalgamata e per una distribuzione più uniforme possibile dei prodotti. Esistono una miscelazione meccanica con pale ruotanti e una miscelazione ad acqua ad opera di una pompa centrifuga a pale aperte a riflusso interno. La pompa convoglia la miscela a pressione in iniettori collegati a una lancia per la distribuzione manuale del prodotto. Il raggio d'azione del getto varia in funzione della viscosità della miscela e può raggiungere i 40-60 metri; se si hanno delle manichette (tubi flessibili) collegabili alla pompa, il getto può raggiungere distanze ancora maggiori dal punto dove è posizionata l'idrosemiatrice.

Per quanto riguarda la capacità di lavoro, considerando una distribuzione di 2 litri di miscela a metro quadro, in condizioni ottimali si possono idrosemiare anche due ettari al giorno.

3.4. TRAPIANTO DEL TAPPETO ERBOSO

Rispetto alla semina, la **propagazione vegetativa** consente un più rapido insediamento di un tappeto erboso folto e uniforme. Per contro essa presenta costi più elevati. Le tecniche di inerbimento possono essere per:

- stolonizzazione (*stolonizing* e *sprigging*), in cui le porzioni di stolone vengono messe a dimora utilizzando trapiantatrici meccaniche oppure seminatrici a spaglio seguite da un *top-dressing*;
- trapianto dei ciuffi (*plugging*), in cui si mettono a dimora singole plantule in pane di torba o piccole porzioni di zolla (piote), indicato per specie stolonifere e rizomatose e utilizzato anche per ripristini ambientali in zone marginali, per il controllo dell'erosione sui litorali, per interventi di consolidamento dei versanti, ecc.;
- trapianto di zolle o rotoli (*sodding*), tecnica preferita per un pronto effetto nel verde ornamentale (es. arredo urbano, piccoli giardini, tetti verdi, allestimenti temporanei, ecc.) ma anche negli impianti sportivi.

Il **trapianto di zolle** di prato già attecchito (da cui la denominazione dell'operazione come "zollatura") è una tecnica che ha origini antiche ma ha avuto una maggiore diffusione solo quando è stato possibile meccanizzare tutte le operazioni, dalla formazione alla messa in opera finale del prato. Infatti, seppure sia nata negli USA intorno al 1940, il suo sviluppo in Europa è avvenuto a partire dagli anni '80.

È evidente che la zollatura, il cui costo di impianto è assai maggiore della semina tradizionale, è conveniente dove la fruizione del prato non permette lunghi periodi di attesa.

Per la produzione delle zolle si praticano due metodi:

- la coltura in pieno campo, che attualmente è la più diffusa e che richiede 12-24 mesi per avere il prodotto pronto per il trapianto;
- la coltura fuori-suolo, basata sulla tecnica di coltivazione delle piante in contenitori in assenza di terra, che consente di avere il prodotto pronto dopo circa 6 mesi.

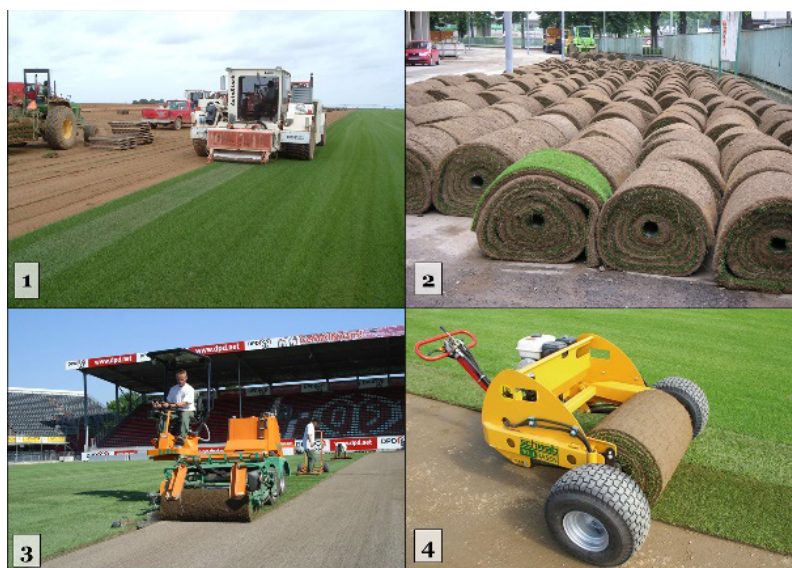
Per le specifiche operazioni di prelievo del tappeto in coltura in pieno campo, la sua movimentazione e la messa in coltura, si utilizzano macchine specifiche. Le **macchine per il trapianto del prato** possono essere trainate o semoventi con conducente a terra o a bordo. Il prelevamento del tappeto erboso viene realizzato meccanicamente con il taglio di sottili fette di prato di larghezza e spessore uniformi. La tenuta dei rotoli è assicurata dal naturale intreccio delle radici, ma talvolta si fa ricorso ad appositi materiali a rete che possono essere distesi durante la semina.

Vengono prodotte zolle arrotolabili di dimensioni variabili (da piccoli rotoli di 0,4 x 2,5 m fino a grandi rotoli di 0,5-0,75 lunghi 30-50 m) e spessore costante variabile da 1,5 a 3,5 cm, oppure pezzi di cotico a piastre di circa un metro quadro (0,8 x 1,2 m) con spessore fino a 6 cm (si può arrivare a piote di un quintale di peso).

Le macchine per la messa a dimora dei rotoli sono sostanzialmente degli srotolatori che vengono montati su una semovente. Nel caso di piastre o di piccoli rotoli la posa può essere manuale. Con le piastre si ricorre anche a sistemi robotizzati.



3.5 Trapiantatrice per panetti di torba



Dopo la messa a dimora delle zolle dovrebbe seguire una rullatura con rulli lisci per far aderire il cotico erboso con il substrato e almeno un paio di settimane di frequenti e abbondanti irrigazioni.

3.6 Fasi del trapianto e messa a dimora di zolle di prato in rotoli

3.5. TRAPIANTO E MESSA A DIMORA DEGLI ALBERI

L'impianto di alberi è un'operazione particolarmente difficile in ambiente urbano per le condizioni edafiche e strutturali dei terreni (terreni poveri e compattati, aridi, spesso con poca o alcuna sostanza organica, tendenzialmente salinificati) e per le particolari situazioni microclimatiche che si possono incontrare (cattiva illuminazione, ventosità aumentata dagli edifici presenti, ecc.). Per questi motivi le percentuali di attecchimento dei nuovi impianti sono sempre piuttosto basse, se paragonate ad analoghi interventi realizzati in aree non urbanizzate.

Alla problematica contribuiscono la dimensione delle piante e le condizioni fitosanitarie in cui le piante arrivano dal vivaio. Ovviamente, per ottenere un buon risultato è indispensabile innanzitutto disporre di ottimo materiale vivaistico (AA.VV., 2016; Ferrini, 2017). È bene che il materiale vegetale sia controllato e verificato già presso il vivaio che dovrà fornire le nuove piante. Inoltre, sono cruciali le prime fasi di manutenzione dell'impianto, che devono assicurare acqua, sostegno e protezione all'albero trapiantato.

Sicuramente, tra le operazioni più importanti e delicate da effettuare in fase di progettazione vi è la scelta della specie. Gli aspetti che caratterizzano una determinata specie arborea da considerare dovrebbero essere più di uno, di tipo estetico e morfo-funzionale, e riguardare anche le diverse fasi di vita dell'albero. Tra i principali si ricorda:

- resistenza e adattabilità al clima della zona;
- resistenza agli agenti inquinanti;
- resistenza alla salinità (importante, per esempio, nelle piante lungo le strade soggette allo spargimento di sali antigelo);
- resistenza agli attacchi di fitofagi e patogeni (da valutare zona per zona in funzione della presenza – anche potenziale – di particolari avversità);
- resistenza alla siccità e all'asfissia radicale;
- frequenza degli interventi di manutenzione necessari;

- velocità di accrescimento;
- robustezza del legno;
- andamento dello sviluppo dell'apparato radicale;
- persistenza delle foglie;
- caratteristiche della fioritura e della fruttificazione (es. esclusione nei parcheggi di piante con frutti soggetti a caduta);
- dimensioni e forma della pianta adulta ovvero il suo portamento.

Altrettanto importante è che il terreno sia idoneo ad ospitare l'apparato radicale di un albero, così come le dimensioni e la forma della buca (Carminati, 2014). È buona norma che il volume della buca sia almeno il doppio del diametro della zolla o del contenitore. Inoltre, per facilitare la crescita delle radici superficiali (che sono quelle più vigorose), la forma della buca dovrebbe essere trapezoidale anziché rettangolare. Ciò consente anche di favorire l'incanalamento e l'accumulo di acqua nel fondo della buca, cosa da evitare solo in climi umidi e terreni particolarmente pesanti. In quest'ultimo caso si può posare la zolla ancor più superficialmente per evitare l'asfissia radicale, uno dei più frequenti motivi di stress di un albero dopo il trapianto. Molto importante è controllare che il colletto e il punto di inserzione delle radici principali rimanga a livello del suolo.

Prima di riempire la buca è necessario rimuovere i rivestimenti della zolla, quando presenti, così da migliorare i movimenti dell'acqua e il corretto accrescimento delle radici. Tale rimozione consente anche di controllare la qualità delle radici, eliminando eventuali radici strozzanti o danneggiate.

Le buche possono essere riempite preferibilmente con lo stesso terreno asportato o terriccio di migliore qualità, eventualmente miscelato con ammendanti vari (sabbia, torba, compost, ecc.) compresi inerti come lapillo vulcanico o argilla espansa. Un certo interesse è suscitato dall'aggiunta, al momento dell'impianto, di prodotti organici capaci di stimolare la crescita radicale (inoculi micorrizici e biostimolanti). Le indicazioni sull'impiego di tutti questi prodotti e per la loro corretta miscela sono ancora però al momento piuttosto scarse.



3.7 I sistemi di ancoraggio sotterranei bloccano la zolla, evitando sradicamenti in caso di venti forti

Buona norma è comunque distribuire alla base dell'albero un leggero strato di materiale pacciamante (preferibilmente legno tritato compostato) per ostacolare la crescita dell'erba intorno alla base del tronco, evitando i pericolosi danneggiamenti ad opera dei descepgliatori e bordatori, favorire le migliori condizioni di umidità del terreno e le attività microbiologiche del suolo, oltre a stimolare la formazione di micorrize.

Gli alberi di nuovo impianto necessitano solitamente di tutori, costituiti anche da sistemi di ancoraggio sotterranei che bloccano la zolla, per evitare sradicamenti in caso di venti forti. È consigliabile, comunque, se si utilizzano i tutori fuori terra, non far superare alle legature 1/3 dell'altezza dell'albero per consentire una certa possibilità di movimento della chioma. Dopo una stagione di crescita i tutori dovrebbero

tire una certa possibilità di movimento della chioma. Dopo una stagione di crescita i tutori dovrebbero

essere rimossi: in questo modo, il tronco, sottoposto a sollecitazioni, si rinforza.

Infine, una prima tempestiva irrigazione è fondamentale anche durante le stagioni più fredde e umide. Successivamente, durante il primo anno, bisognerà provvedere ad irrigazioni di soccorso per evitare stress idrici alla pianta fino a che non avrà ripristinato la piena funzionalità dell'apparato radicale.

La meccanizzazione può favorire le varie fasi relative alla messa a dimora e in alcuni casi, come ad esempio l'impianto o il trapianto di alberi di grandi dimensioni, la meccanizzazione è indispensabile alla stessa realizzazione dell'opera.

Le macchine per il trapianto di alberi e arbusti, in zolla e in contenitore, comprendono attrezzature per il trapianto in vivaio, la zollatura, l'apertura delle buche di impianto, il trasporto e l'impianto *in situ* di alberi e arbusti.

Alcune macchine sono adatte ai cosiddetti "grandi trapianti" che consentono lo spostamento di alberi anche di dimensioni notevolissime.

Le macchine si distinguono in base alle dimensioni e alle operazioni a cui sono destinate. Si parla quindi di:

- zollatrici, destinate alle operazioni di preparazione della zolla in vivaio;
- estirpatrici-trapiantatrici, che sono in grado di rimuovere, trasportare e reimpiantare alberi (anche di grandi dimensioni).

Le **zollatrici** sono normalmente delle semoventi cingolate dotate anteriormente di una lama d'acciaio semicircolare che penetra nel suolo mediante vibrazione creando delle zolle sferiche del diametro da 0,3 a 1,4 metri. Le piante con zolla vengono sollevate dalla buca con la lama stessa. Esistono anche modelli portati accoppiabili all'attacco a tre punti di una motrice.

Per facilitare il trasporto in camion degli alberi da trapiantare le chiome possono essere legate con una apposita "legapiante", capace di operare con chiome fino a 7 m di altezza.

Le **estirpatrici-trapiantatrici** possono essere semoventi o portate all'attacco a tre punti o al caricatore delle trattrici agricole o a mezzi polifunzionali (transporter e autocarri) di diverse dimensioni. La maggior parte delle macchine impiegate nel nostro paese sono di fabbricazione tedesca o statunitense.

Per quanto riguarda l'organo lavorante, i vari modelli presenti sul mercato si rifanno a due fondamentali tipologie, riconducibili a un sistema di quattro grosse vanghe curve che penetrano il terreno formando una zolla piramidale oppure si può avere un sistema formato da due cucchiai che formano una zolla semisferica. In entrambi i casi gli organi lavoranti sono azionati idraulicamente. Possono lavorare zolle con diametro da 0,6 a 1,6 m ed altezza da 0,45 a 1 m circa.



3.8 Estirpatrici-trapiantatrici di piccole dimensioni, principalmente adatte al lavoro in vivaio

Si tratta di macchine utilizzate in due ambiti: le operazioni in vivaio e la rimozione e/o la messa a dimora di alberi nel verde urbano.

Per questo secondo scopo il loro impiego sta assumendo via via un maggiore interesse in quanto da un lato, è sempre più spesso considerato il cosiddetto "pronto effetto", dall'al-

tro esse permettono di abbattere i costi delle operazioni di preparazione della zolla, rimozione, trasporto della pianta e messa a dimora dell'albero che, essendo praticamente riuniti in un'unica operazione, sono fortemente ridotti.

Le macchine più interessanti in questo gruppo sono proprio quelle di grandi dimensioni e potenza in grado di eseguire i cosiddetti "grandi trapianti" che possono gestire anche alberi di 1,5 m di circonferenza e con diametri della zolla di 2,5 m.

Con il loro impiego si sopperisce alla necessità, sempre più impellente, di salvare piante di grandi dimensioni destinate all'abbattimento durante la costruzione o il rifacimento di opere civili di diverso tipo. Si tratta però di macchine molto costose che, quindi, necessitano di un adeguato sfruttamento per permetterne l'ammortamento economico.

Le dimensioni e la specializzazione del lavoro effettuato da queste macchine rendono possibile il loro impiego solo in ditte specializzate che effettuano lavoro conto-terzi. Nella pratica, infatti, per l'apertura delle buche si utilizzano generalmente attrezzature non specifiche, quali benne montate su caricatori idraulici, e il trapianto vero e proprio avviene manualmente.



3.9 Modelli di estirpatrici-trapiantatrici per i "grandi trapianti"

In generale, si tenga sempre presente che, per garantire successo nell'attecchimento dopo il trapianto, la preparazione della pianta da trapiantare dovrebbe avvenire negli anni precedenti l'espianto, con periodiche rizollature in vivaio ovvero un adeguato approntamento della zolla almeno l'anno prima.



3.10 Trapiantatrice di astoni di pioppo

Nel verde urbano non trovano impiego le macchine per il trapianto di astoni, talee o piante a radice nuda, utilizzate in campo frutticolo, in pioppicoltura o per gli impianti di arboricoltura da legno. Questa tipologia di macchine può comunque trovare applicazione nel verde periurbano e nel ripristino ambientale e paesaggistico.

Le **trapiantatrici** possono essere automatiche (con distributore alimentato meccanicamente), semiautomatiche (con distributore alimentato a mano da un operatore) oppure agevolatrici (quando l'operatore colloca direttamente la pianta o la talea in un solco aperto dalla macchina). Le macchine, inoltre si differenziano per la tipologia di distributore adottato che può essere a pinze, tazze, a

catena e a dischi. I modelli commerciali più impiegati sono quelli di tipo semiautomatico.

Le trapiantatrici semiautomatiche con distributore a tazze possono essere utilizzate anche per il trapianto dei ciuffi di prato.

Nello scavo delle radici per la preparazione al reimpianto, si stanno affermando delle attrezzature che semplificano le operazioni tradizionali condotte manualmente. Durante la preparazione della zolla, infatti, si ha la necessità di salvaguardare l'apparato radicale che potrebbe essere danneggiato se si impiegano macchinari quali ruspe o escavatori. Inoltre, vi sono diverse attività che richiedono un accurato scavo in prossimità degli alberi, come nel caso dell'ispezione fitosanitaria e strutturale dell'apparato radicale oppure nel caso della posa di impianti sotterranei.

Un sistema adatto agli scopi illustrati è rappresentato da **sistemi di scavo ad aria compressa**. L'attrezzatura è costituita da una lancia collegata ad un compressore che permette lo scavo mediante un getto di aria compressa (commercialmente AirSpade). Si compone di una lancia con un ugello orientato di 45° collegato ad un compressore da cantiere con pressioni di 6-7 bar e portata intorno ai 4000-5000 L min⁻¹. Con tale attrezzatura una squadra di due operatori libera un apparato radicale di un albero di circa 40 cm di diametro, per una zona larga un metro intorno al colletto e fino a circa 50 cm di profondità, in circa 1 ora e mezza (contro all'incirca 4 ore se effettuato manualmente). Un vantaggio di questo sistema è dato dal fatto che il terreno rimosso può essere riutilizzato, a differenza di quanto avviene con analoghi sistemi che invece dell'aria utilizzano acqua in pressione. Come svantaggio, c'è da segnalare il fatto che la forte produzione di polvere generata dal getto di aria compressa implica l'adeguata protezione degli operatori con opportuni DPI. Tale sistema viene anche impiegato nel ripristino di terreni asfittici e compattati, in quanto il getto d'aria provvede a una sorta di sgretolamento soffice del suolo intorno alle radici. In questo caso, il terreno rimosso viene miscelato con opportuni ammendanti e concimi.



3.11 Scavo della zolla prima del reimpianto tramite lancia ad aria compressa

In questo capitolo si descrivono le tecniche e le macchine utilizzate per eseguire periodicamente operazioni di manutenzione ordinaria nelle aree verdi annesse alle reti viarie (cicli stradali, scarpate che costeggiano le strade e le autostrade), della vegetazione spondale, golenale e del fondo dei corsi d'acqua, dei prati paesaggistici tipici dei parchi periurbani, delle oasi naturalistiche, delle piste ciclo-turistiche, comprese le aree verdi delle zone a vocazione agricola. Aree verdi di tipo paesaggistico si trovano anche sempre più frequentemente in zone esterne ai percorsi dei campi da golf. Si tratta di superfici con vegetazione di vario tipo, da quella prativa solamente erbacea a quella arbustiva (rovi, sterpaglia varia), la cui operazione prevalente riguarda il taglio della vegetazione, il cui residuo viene normalmente lasciato sul posto ma può essere anche raccolto come biomassa per compostaggio, produzione di bio-energia, ecc.

4.1. TAGLIO DELLA VEGETAZIONE ERBACEA E ARBUSTIVA

Si tratta dello sfalcio dell'erba e taglio della sterpaglia o di altra vegetazione non arborea presente in superfici generalmente non destinate a una fruizione diretta o, comunque, ove non sia prevista una particolare destinazione estetica o funzionale e che presentano tappeti erbosi con ridotta manutenzione e frequenza di taglio.

In questo caso è generalmente previsto, dopo il taglio o la trinciatura della vegetazione, lasciare sul posto i residui, effettuando quindi il *mulching*¹, operazione simile a quella che si effettua sui tappeti erbosi di tipo ornamentale ma che differisce da questa per la minore frequenza di intervento e per la maggiore grossolanità del residuo lasciato. In alcuni casi si preferisce effettuare la successiva raccolta del residuo trinciato, spesso previa imballatura.

Per il taglio della vegetazione la gamma e la disponibilità di macchine è molto ampia, sia a livello hobbistico che professionale, dai modelli più piccoli portati dall'operatore a quelli più

¹ Generalmente si intende con *mulching*, o *grasscycling*, lo sminuzzamento dell'erba tagliata e il suo rilascio sul tappeto erboso, senza raccolta.

grandi accoppiati alle macchine polifunzionali, alle semoventi appositamente studiate per la manutenzione dei bordi stradali e dei canali.

Tra le attrezzature più utilizzate, spesso anche in modo eccessivo e inappropriato, ci sono i **decespugliatori**. Sono attrezzi portati dall'operatore (meccanizzazione intermedia) utilizzati per tagliare cespugli, arbusti ed erba in luoghi non accessibili con le normali macchine per lo sfalcio o per l'utilizzo hobbistico e saltuario. Purtroppo, per la comodità di utilizzo e trasporto, vengono spesso utilizzati anche come bordatori per tagliare l'erba intorno ai tronchi degli alberi, causando danni, spesso irreparabili, alle piante.



4.1 Per evitare gravi scortecciamenti degli alberi durante la rifinitura del taglio, si può prevedere una pacciamatura attorno al tronco

I decespugliatori sono prodotti in una gamma di modelli amplissima per dimensioni e accessori di taglio (Piccarolo, 2011). I decespugliatori possono essere dotati di motore di tipo elettrico alimentato da cavo (adatti a lavori hobbistici per superfici di piccole dimensioni) oppure con batterie al litio², ma in maggioranza sono equipaggiati con motore endotermico, generalmente a due tempi, alimentato da miscela benzina - olio, carburatore del tipo a membrana, con cilindrata variabile, a seconda dei modelli, fino a quasi 60 cm³. Attualmente sempre più

ditte presentano modelli a quattro tempi che hanno il vantaggio di ridurre il consumo di carburante (fino a -30%), di diminuire la quantità e la nocività dei gas di scarico e di smorzare il livello delle vibrazioni, anche se richiedono una maggiore manutenzione. Vi è la possibilità di regolare la carburazione e il regime minimo di rotazione del motore al di sotto del quale l'organo lavorante non ruota.

Il motore, tramite un albero di trasmissione posto all'interno di un'asta (eventualmente accoppiato con un elemento flessibile di circa 1 m nei modelli spalleggiati), aziona l'organo di taglio che può essere una lama rotante oppure un rotore con due fili di nylon. La lama rotante dei decespugliatori possiede forme e dimensioni diverse a seconda dell'uso: quelle



4.2 Decespugliatore spalleggiato (a sx) e con impugnatura a manubrio (a dx)

² Le principali ditte produttrici propongono ormai batterie intercambiabili su diverse attrezzature a batteria come motoseghe, soffiatori, ecc.

in materiale plastico con numero di denti ridotto (da 2 a 8) sono adatte al taglio di piante erbacee, mentre le lame in metallo sono più adatte al taglio di erba secca e dura, canneti, ecc. se con pochi denti, o di arbusti e rami, se dotate di bordo seghettato con numero elevato di denti.

Ideale per tagliare i polloni che si sviluppano ai piedi degli alberi è il reciprocatore, costituito da un disco distanziale che gira in folle evitando il contatto tra il disco di taglio e il tronco dell'albero. Inoltre, consente di limitare il lancio dei detriti e il rinculo della macchina quando si colpiscono alberi o altri oggetti fissi.

I decespugliatori con rotore a filo (testina falciante) presentano sistemi di ripristino della lunghezza del filo di taglio che possono essere manuali, semi-automatici (del tipo “batti e vai” o “*tap&go*”) e automatici, che regolano la lunghezza del filo tramite il numero dei giri. In alcuni modelli è presente, all'interno della protezione, una linguetta tagliente (lama tagliafilo) che rifa la sua eventuale lunghezza eccessiva. I modelli più piccoli sono chiamati anche **bordatori** in quanto impiegati solitamente per la rifinitura del lavoro in prossimità di ostacoli o in zone non accessibili alle macchine per il taglio dell'erba.

Il mercato propone anche altri elementi di taglio con catene fissate a un rotore, sicuramente robuste ed efficaci per tagliare aree con sterpaglie e arbusti, ma che possono essere più pericolose per l'operatore. Inoltre, possono essere montati speciali coltelli, eventualmente forniti di alette che favoriscono la triturazione del prodotto tagliato.

Gli organi lavoranti dei decespugliatori devono essere sempre provvisti di un guscio di protezione per limitare il lancio di sassi o altri corpi contundenti verso l'operatore o chi si trova nelle vicinanze. È comunque buona regola che l'operatore sia munito di adeguati dispositivi di protezione individuale, quali occhiali o visiera per la protezione degli occhi.

Possiamo avere due distinte tipologie di decespugliatore: con asta fissa e spalleggiato (a zaino). In particolare, la soluzione spalleggiata viene consigliata quando si deve lavorare in zone scoscese o in forte pendenza. Entrambe le versioni possono avere l'impugnatura ad anello sull'asta della trasmissione oppure a manubrio - chiamata anche “tipo nordico” - indicata per le caratteristiche maggiormente ergonomiche e antivibranti. Il manubrio può essere fissato in diversi punti per consentire di operare correttamente ad operatori di taglia diversa. Nel caso di asta fissa, la presenza di boccole ammortizzatrici e guida di scorrimento in teflon assicurano una riduzione delle vibrazioni. Particolare cura può essere posta alla collocazione dei componenti sull'asta in modo da ottenere un insieme ben bilanciato che favorisca un più corretto utilizzo della macchina durante lo sfalcio.

Sistemi basati su un organo di taglio con fili di nylon fissati su un rotore con grani, di vari spessori a seconda del lavoro da eseguire, sono applicabili a motocoltivatori e possono essere utilizzati per la rimozione di erbacce lungo muri di cinta, ai lati di aiuole, ecc.

Sono proposti anche modelli di decespugliatore su ruote che consentono di scaricare al suolo il peso dell'attrezzatura e possono essere dotati di testate intercambiabili (decespugliatore, rasaerba, piatto *mulching*, ecc.), eventualmente anche con un particolare snodo per l'uso in sicurezza in terreni con elevata pendenza.

Molto utilizzate sono anche le **trinciatrici**, attrezzature versatili costituite da un rotore orizzontale sul quale sono incernierati i coltelli (o lame) che possono presentare diverso profilo (a

“L”, “T” o “Y” e coltelli a mazza) e diversa dimensione, anche intercambiabili a seconda dell'utilizzo, che, ruotando velocemente, operano il taglio e lo sminuzzamento, a seconda dell'utensile montato, di erba (*trinciaerba*), sterpaglie, cespugli, fronde degli alberi, ecc., compreso il residuo legnoso delle potature (in tal caso sono montati dei martelletti e le attrezzature sono chiamate anche *trinciasarmenti*). Il materiale di fabbricazione delle lame deve essere di ottima qualità ed elevata resistenza all'usura (es. acciaio Hardox). La versatilità d'uso di questi attrezzi è ampliata dalla possibilità di montare particolari coltelli diritti per effettuare la sfeltratura³, anche in abbinamento con quelli per il taglio.



4.3 Trinciaerba portato da trattore agricola



4.4 Trinciatrice idraulica su braccio articolato montato anteriormente al portattrezzi

Le attrezzature possono essere portate posteriormente dal trattore o altri veicoli di utilità, oppure montate su bracci articolati per operare in zone non raggiungibili o difficilmente praticabili, come avviene tipicamente nella manutenzione del verde stradale e per la pulizia dei fossi e delle sponde dei canali e dei fiumi.

Esistono modelli portati di trinciaerba dotati di tre elementi di taglio affiancati, pensati per tappeti erbosi di ampie dimensioni che, oltre ad avere una maggiore capacità operativa, sono in grado di ben adattarsi a una orografia non perfettamente piana della superficie, tagliando con altezze abbastanza uniformi e/o non eccessive, tali da provocare problemi di *scalping*; queste attrezzature sono provviste di dispositivi di innesto/disinnesto della trasmissione di potenza in grado di arrestare il moto degli utensili in corrispondenza

di un determinato angolo di sollevamento di un elemento laterale, evitando la rottura degli alberi di trasmissione secondari. Inoltre, grazie al sistema che permette di sollevare le unità laterali direttamente dalla posizione di guida, il loro trasporto su strada è facilitato, con conseguente riduzione dei tempi di lavoro.

Le **trinciatrici su braccio articolato** sono dotate di telaio autonomo e di gruppo motore idraulico indipendente, spesso montato in posizione tale da favorire il bilanciamento del mezzo e quindi consentire uno sbraccio maggiore. Il braccio può essere montato in posizione diversa. Si possono così avere: bracci posteriori, centrali o anteriori.

³ Si veda il cap. 5.



4.5 Semovente professionale per la manutenzione dei bordi stradali, fossi, ecc.

Si tratta di una categoria di attrezzature di notevole interesse economico in quanto rappresenta lo strumento base del lavoro di moltissime imprese che operano nella manutenzione del verde, in particolare in quello stradale e autostradale. In queste macchine lo sbraccio verticale può andare da 2 a 18 m e la testata, azionata dalla p.d.p. del trattore, grazie al cinematismo a parallelogramma, può essere ruotata e inclinata per adattarla alle diverse pendenze e condizioni di lavoro (es. accessibilità da un solo lato del canale, ecc.). In alcuni modelli la testata trinciante può essere ruotata fino a oltre 200° e inclinata fino a 180° in posizione normale (e quindi completamente rovesciata) o fino 60° dal basso verso l'alto. Le

larghezze di lavoro vanno da 0,60 a 2,5 m e le potenze impegnate variano dai 10 fino ai 100 kW.

Adatti alla manutenzione di bordi stradali con paracarri, guard-rail, ecc. sono i modelli di *trinciatrici scavallatrici* dotati di particolari lame rotanti montate su un sistema articolato in grado di aggirare gli ostacoli.

Alcune ditte propongono anche diversi tipi di testate utensili come troncarami, spazzolatrici, barra falciante, rotor e benne falcianti per la pulizia dei fossi, ecc.

Per quanto riguarda le **trinciatrici semoventi**, esse sono dotate di tutte le ruote motrici e sterzanti e caratterizzate da baricentro basso, facilità di movimentazione, bassa pressione al suolo e notevole capacità di sbraccio, che le rendono particolarmente affidabili e versatili. Si tratta di macchine professionali polivalenti che possono montare apparati di taglio e testate utensili diversi, appositamente studiate per la manutenzione dei bordi stradali e dei canali. Alcune hanno la possibilità di montare due bracci sulla stessa macchina aumentando la larghezza di lavoro e quindi la capacità operativa.

Le macchine **falciaerba** sono attrezzate con apparato falciante alternativo, costituito normalmente da barra tagliente oscillante e controlama fissa. L'effetto forbice viene ottenuto facendo oscillare la barra porta lame su di una barra porta denti. In alcuni modelli entrambe le barre possono oscillare aumentando la frequenza dei tagli e quindi migliorando l'effetto forbice. Le falciaerba a moto alternativo possono essere collegate all'attacco a 3 punti del



4.6 Modelli di falciaerba

trattore ma esistono anche macchine che operano con conducente a terra, costituite da una operatrice monoasse (tipo motocoltivatore), equipaggiate con motore benzina o diesel con potenze da 2 a oltre 6 kW, stegole di guida e barra falciante. Queste ultime, chiamate *motofalciatrici*, presentano la possibilità di accoppiare vari attrezzi utili per diverse lavorazioni (spazzolone, spazzaneve, aspirafoglie, arieggiatore, tosaerba, ecc.) grazie anche alla disponibilità di stegole reversibili. I modelli più professionali possono essere dotati di trasmissione idrostatica continua per regolare la velocità di marcia senza lasciare le stegole di guida, dotazione importante in terreni con elevata pendenza. Per contenere lo sfalcio in andane e agevolare la successiva raccolta, possono essere montati lateralmente alla barra dei deflettori che convogliano verso il centro il residuo tagliato. I modelli con barra falciante ad attacco laterale e inclinazione verso l'alto o verso il basso sono adatti all'impiego sui bordi stradali e sulle sponde di canali. Meno utilizzate per questo tipo di operazioni sono le *falciatrici rotative*, macchine tipiche della fienagione dotate di dischi muniti di coltelli e che effettuano il taglio con modalità simile alle lame rotanti dei rasaerba ovvero per contatto a forte velocità dei coltelli con gli steli d'erba.

Il particolare apparato falciante dei falciaerba lo rende idoneo alle operazioni di sfalcio di erba molto alta, per il ripristino ambientale o per operazioni di manutenzione saltuarie. Anche i sempre più diffusi prati fioriti o *wildflowers*, che trovano collocazione in parchi e giardini per creare aiuole o macchie colorate di vegetazione, anche di ampie dimensioni, dall'aspetto molto naturale e a bassa manutenzione ma di piacevole impatto ornamentale, possono essere favorevolmente mantenuti con tagli minimi⁴ effettuati preferibilmente con falciaerba.

Va ricordato che le lame si danneggiano in presenza di corpi estranei e presentano una particolare pericolosità in quanto non hanno protezioni. Lo stato di usura delle lame e dei denti influenza la nettezza del taglio e la capacità di lavoro della macchina: quando si ha strappo dello stelo è necessario procedere all'affilatura o alla sostituzione delle lame.

Quando vi è la necessità di raccogliere gli sfalci di vegetazione come biomassa, si possono utilizzare attrezzature di vario tipo, generalmente di derivazione agricola, che permettono di ottenere balle di diverse dimensioni e forma, comunque facili da movimentare per un loro successivo utilizzo. In questa categoria si possono annoverare le rotoimballatrici e le imballatrici prismatiche.

La **rotoimballatrice** o rotopressa è una macchina operatrice portata dalla trattrice e azionata dalla p.d.p. che genera la formazione di balle cilindriche. Pensata per la raccolta meccanizzata del fieno e dei residui colturali (paglie), può trovare conveniente applicazione anche per la raccolta dei residui di sfalci e prodotti trinciati derivanti dalla manutenzione di aree verdi, compresa la vegetazione spondale. Le rotoimballatrici richiedono una potenza di 70 - 100 kW. Gli elementi operatori principali sono: la testata raccoglitrice, l'alimentatore, la camera di compressione e l'apparato legatore. All'interno della camera di compressione la palla continua ad ingrandirsi sino a quando l'operatore, controllando uno strumento indicatore sulla macchina, visibile dalla trattrice, oppure mediante un avvisatore acustico, stabilisce che questa è sufficientemente pressata. Le rotoimballatrici si dividono in due grandi famiglie: a camera variabile e a camera fissa. Le prime sono generalmente a rulli e cinghie; le balle prodotte possono essere a cuore tenero

⁴ È consigliato perlomeno un taglio a giugno verso la fine della fioritura estiva.

o a cuore duro (aspetto legato alla densità con cui è pressato il residuo) e il loro diametro può essere cambiato a scelta. Quelle con camera fissa possono essere anche a rulli catene e barrette oppure solo rulli, mentre le balle prodotte sono solo a cuore tenero. In generale, le soluzioni a rulli e cinghie sono più adatte a residui secchi mentre rulli e catene si comportano meglio con residui più verdi. La testata raccoglitrice deve essere larga, coadiuvata da un infaldatore rotativo montato in posizione superiore per assicurare un'introduzione perfetta del prodotto. Un infaldatore più largo della camera di compressione permette di ottenere balle uniformi e ben pressate anche sui fianchi.

Le rotoballe possono essere facilmente caricabili su rimorchio per raggiungere i centri dove vengono gestite le biomasse (es. compostaggio o produzione di bio-energia).

Meno utilizzate nelle operazioni di manutenzione del verde sono le **imballatrici prismatiche**, macchine operatrici che generano la formazione di balle a parallelepipedo. Gli elementi operatori principali sono gli stessi delle rotoimballatrici ma cambia la forma della camera di compressione e l'organo di compressione che è costituito da uno stantuffo. Consentono la regolazione dell'altezza, della lunghezza e della densità della palla. Alcune prevedono sistemi di carico a rampa o a lancio. Richiedono una potenza di 60 - 100 kW.



4.8 Piccole rotoballe volutamente lasciate dopo il taglio dell'erba in un prato del Petit Trianon a Versailles

4.2. MANUTENZIONE DEI CORSI D'ACQUA

La manutenzione delle rive e degli alvei dei corsi d'acqua dovrebbe essere effettuata seguendo criteri che tengano conto della sicurezza idraulica delle aree urbane da un lato e della tutela degli ambiti verdi e naturali dall'altro (AA.VV., 2011; Caggianelli et al., 2012). Attualmente le tecniche di manutenzione più innovative privilegiano pratiche "soft" (chiamate *gentle maintenance* ovvero manutenzione "gentile") che mirano al mantenimento di una buona qualità del corso d'acqua cercando di ottenere un assetto molto simile a quello di un corso d'acqua naturale: nel caso, in particolare, dello sfalcio della vegetazione, le tecniche adottate dovrebbero

comprendere anche la salvaguardia di rifugi per la fauna acquatica e il mantenimento delle capacità di autodepurazione del corso d'acqua (Raimondi & Busolin, 2009).

Tra queste tecniche si ricordano quelle che, nei canali di maggiore larghezza del fondo (almeno 3 metri), anziché rimuovere completamente la vegetazione, ne preservano una parte, creando all'interno dell'alveo dei canali di corrente preferenziali di forma sinuosa. Anche il taglio effettuato solo da un lato è una soluzione che permette nell'altro lo sviluppo della vegetazione, anche arbustiva, che con l'ombreggiamento consente di limitare la crescita della vegetazione in alveo, riducendo di conseguenza le necessità di intervento.

La scelta dell'epoca in cui effettuare gli interventi di manutenzione necessita di una valutazione che consideri esigenze di tipo tecnico, naturalistico e socioeconomico. Sicuramente, ove possibile, è da preferire il periodo del riposo vegetativo in quanto coincide con quello di minimo disturbo della fauna e delle diverse specie vegetali. Per rispettare il periodo riproduttivo della fauna il taglio dovrebbe essere eseguito tra agosto e ottobre.

Le modalità di manutenzione a basso impatto della vegetazione si differenziano a seconda del tipo di vegetazione, della parte di canale interessata e delle caratteristiche di accesso al canale.

Le tecniche adottate per i canali possono essere utilizzate anche per la manutenzione periodica o straordinaria di laghetti, zone umide e specchi d'acqua con vegetazione spesso presenti nei più grandi parchi urbani.



4.7 Rasaerba telecomandato impiegato per la manutenzione di una sponda fluviale

4.2.1. La gestione della vegetazione spondale

Per la manutenzione della vegetazione di sponde e argini occorre tenere in debita considerazione le caratteristiche e la localizzazione del canale o corso d'acqua. In linea teorica, potrebbe essere sufficiente eseguire un unico taglio annuale lungo tutta la sponda, per limitare l'accumulo della lettiera ed evitare lo sviluppo della vegetazione arbustiva; nella maggior parte dei casi, però, si rendono necessari due tagli annui, che aumentano a tre nel caso di canali inseriti in ambito urbano, per i quali la sicurezza idraulica, la salvaguardia e la tutela della salubrità ambientale e l'eventuale fruibilità ricreativa dell'argine e della sponda risultano prioritarie.

In altre situazioni territoriali è invece opportuno valutare la possibilità di mantenere una fascia di vegetazione palustre (piante elofite) al piede di sponda che, oltre a potenziare la valenza ecologica del canale, permette di evitare i danni, e conseguenti cedimenti spondali, causati dall'azione diretta dei mezzi di manutenzione, oltre che contribuire alla protezione della spon-

da dall'azione della corrente.

Tra i mezzi maggiormente utilizzati per lo sfalcio della vegetazione spondale o arginale si annoverano gli stessi utilizzati nel verde stradale come, ad esempio, le trinciatrici (più frequentemente trinciasarmenti), che possono operare fino al piede di sponda o bagnasciuga quando montati su braccio articolato portato da un trattore agricolo o da una specifica semovente. Hanno una capacità di lavoro media di circa 4 km h^{-1} e larghezze di lavorazione fino a circa 2,5 m se si montano una testata anteriormente o posteriormente e una lateralmente. Se lo sbraccio lo consente, è possibile lavorare anche sulla sponda opposta a quella di transito in canali di ridotte dimensioni.

Queste attrezzature sono ampiamente diffuse per i vantaggi operativi ed economici che comportano data l'elevata capacità di lavoro a cui si può abbinare una buona triturazione e una distribuzione omogenea del prodotto trinciato sul terreno, necessaria per una sua più rapida degradazione che può rendere non necessario l'intervento di altre macchine. D'altro canto, un residuo troppo grossolano e non uniformemente distribuito ha lo svantaggio di sfavorire lo sviluppo di una vegetazione in grado di stabilizzare la sponda, ma di facilitare l'insediamento di specie macroterme rizomatose, come ad esempio la sorghetta, dotata di rapidissima crescita. In questo caso, così come quando, in generale, si decide di ridurre la frequenza degli interventi, la biomassa tagliata può essere gestita con l'utilizzo di una trinciatrice dotata di apposito organo convogliatore in grado di raccogliere il residuo sfalciato dalla sponda e depositarlo sulla cresta o banchina dell'argine in contemporanea al taglio. Il residuo può essere poi caricato da una rotopressa per un agevole smaltimento. Questo tipo di attrezzature evita anche che il residuo cada nell'acqua del canale, provocando problemi di eutrofizzazione e intasamenti in corrispondenza di manufatti e restringimenti di sezione. Allo stesso modo si può intervenire con una trinciatrice dotata di organo di aspirazione che convoglia il residuo trinciato su un cassone di raccolta.

Per la raccolta dei residui degli sfalci della vegetazione spondale è preferibile utilizzare rotopresse a camera fissa a catene in quanto permettono di lavorare con qualsiasi prodotto, ottenendo balle ben compatte e di notevole peso.

Meno diffuso è l'uso di falciatrici a dischi, che possono trovare maggior applicazione nello sfalcio delle grandi arginature in aree agricole in cui si effettua la fienagione. Le falciatrici a dischi sono costituite da una serie di dischi (orizzontali, circolari, ellittici o triangolari) posti in parallelo sul telaio, dotati ai loro estremi di due lamine articolate.

Un certo interesse si va diffondendo per gli attrezzi radiocomandati, dotati di apparato di taglio a coltelli o a dischi, che permettono di operare a distanza in sicurezza ed effettuare nel contempo tagli più frequenti che favoriscono lo sviluppo di un cotico erboso di qualità con una buona capacità di consolidamento delle sponde. Il mercato propone anche diverse trinciatrici radiocomandate cingolate che possono montare diverse attrezzature, diventando quindi delle macchine polifunzionali⁵ a tutti gli effetti.

Le trinciatrici semoventi sono mezzi specifici per lo sfalcio dei corsi d'acqua che hanno riscontrato notevole sviluppo e successo negli ultimi anni essendo più efficienti in questi contesti

⁵ Si veda il capitolo 1.

delle macchine tradizionali.

Altri mezzi specifici proposti dal mercato sono gli escavatori con organi di propulsione articolati a “ragno” o montati su un particolare braccio che permette di lavorare a cavallo del canale.

4.2.2. La gestione della vegetazione del fondo

La manutenzione del fondo di canali e di altri corsi d’acqua riguarda il controllo delle piante acquatiche (idrofiti) sia galleggianti che palustri; soprattutto quando la profondità dell’acqua è limitata e costante, infatti, si possono formare in alveo densi popolamenti di vegetazione acquatica che invadono il canale e oppongono una forte resistenza al deflusso idrico, favorendo l’interramento del corso d’acqua e aumentando il rischio di esondazioni durante le piene.

La gestione della vegetazione di fondo può essere eseguita adottando strategie di sfalcio a basso impatto, che prevedono il taglio delle specie vegetali solo su 1/3 o 2/3 della larghezza del fondo dell’alveo, evitando per quanto possibile la sua completa eliminazione e creando così, ove possibile, un canale di corrente sinuoso e molto naturale; questo favorisce la diversità morfologica e ambientale all’interno del corso d’acqua, protegge il piede della sponda da fenomeni di erosione e permette di conservare il potere depurante delle piante acquatiche. Durante il taglio è necessario evitare il più possibile di interessare il fondo per non mobilitare le sostanze depositate, così come si dovrebbe prontamente recuperare lo sfalcio per evitare il rilascio di nutrienti che favoriscono la crescita di alghe.

Per ridurre gli interventi di manutenzione può essere molto efficace la presenza degli alberi lungo le sponde, i quali riescono a contenere lo sviluppo della vegetazione acquatica e delle alghe con il loro ombreggiamento.

Per quanto riguarda le macchine e attrezzature per gli sfalci, possono essere usate la barra falciante montata su motobarche o abbinata a trattrici con braccio articolato e la benna falciante su escavatori.

La **barra falciante** è tipicamente a doppia lama oscillante di larghezza variabile ed è caratterizzata da una ridotta capacità di lavoro. La vegetazione tagliata che fluttua sull’acqua può essere recuperata immediatamente da personale posto sugli argini con l’ausilio di forche, oppure successivamente in corrispondenza dei manufatti dove vengono realizzate le “ferme” mediante un autocarro dotato di gru a braccio articolato con apposita forca prensile. Sono reperibili particolari motobarche, anche cabinate, dotate di un cassone di raccolta con un’ampia bocca di carico e tappeto mobile, utili per la raccolta di alghe e vegetazione fluttuante. La vegetazione raccolta può essere compostata oppure, una volta asciugata, può essere destinata a impianti per la produzione di bio-energia.

L’uso delle **motobarche falcianti** permette di falciare dentro l’alveo la vegetazione acquatica che cresce sul fondo e sulle parti inferiori delle sponde dei corsi d’acqua. La motobarca è costituita da uno scafo, da una testata falciante, da un apparato motore, da un sistema di propulsione a elica e da un posto comando. L’utilizzo della motobarca presenta l’enorme vantaggio di operare in situazioni in cui l’accesso ad altri mezzi è difficile se non impossibile. Non si riscontrano, infatti, problemi di viabilità, dovuti alla presenza di edifici, manufatti e ponti, che per i mezzi terrestri implicano interruzioni e rallentamenti nelle operazioni di sfalcio. Presentano, però, costi più elevati di utilizzo e richiedono maggiore professionalità da parte dell’operatore, il

quale deve porre attenzione durante l'utilizzo alla posizione della barra perché, se troppo in profondità, può determinare un eccessivo asporto di terreno con problemi di movimentazione di fosforo, alterazione dell'ecosistema e dell'equilibrio tra flora e fauna.

Il taglio della vegetazione con barra falciante è eseguito preferibilmente in destra idraulica, operando controcorrente per rendere più facile lo sfalcio non schiacciando la vegetazione.

Un altro utile attrezzo è la cesta o **benna falciante**, che può essere montata su macchine operatrici adibite a movimento terra come gli escavatori; in questo caso la benna



4.9 La motobarca falciante permette di falciare dentro l'alveo la vegetazione acquatica del fondo e delle sponde dei corsi d'acqua



4.10 Escavatore attrezzato con benna falciante

è formata da barre di ferro sagomate ricurve che, durante la lavorazione, lasciano passare l'acqua trattenendo invece la vegetazione sfalciata.

Per effettuare il taglio della vegetazione del fondo è montata una barra falciante con, al posto dei denti da scavo, una doppia lama oscillante. La larghezza di lavoro è 2-2,5 m ma è possibile trovare benne di oltre 6 m accoppiabili a una prolunga dell'ultimo braccio dell'escavatore. Le modalità d'uso e le caratteristiche intrinseche della benna falciante possono determinare un'azione di riseziona-

mento del fondo dei canali, che comporta la movimentazione di sostanze organiche, la rimozione di nicchie ecologiche, danni al piede di sponda e conseguente aumento del trasporto solido. Di estrema importanza, per ottenere i risultati voluti, diventano quindi la formazione dell'operatore, l'affidabilità dell'attrezzatura e le sue modalità d'uso.

Per la manutenzione dei canali e dei corsi d'acqua in ambiente urbano possono essere utilizzate delle attrezzature specifiche, i **mezzi anfibi**, ideali dove le recinzioni delle abitazioni impediscono il passaggio degli altri mezzi.



4.11 La benna è formata da barre di ferro ricurve che lasciano passare l'acqua trattenendo la vegetazione sfalciata dalla barra falciante

La particolarità di questi mezzi è che sono dotati di un sistema di propulsione a elica e uno a cingoli. Quello a elica è utilizzato per la navigazione quando il livello dell'acqua nel canale lo consente. I cingoli sono invece utilizzati per i lavori in appoggio sul letto del canale con acqua bassa, oltre che per la normale movimentazione sulle sponde e nelle rampe di accesso all'acqua. Gli anfibi si differenziano principalmente per le diverse specializzazioni operative potendo essere dotati di braccio idraulico per lavorare anche sulle sponde di canali di ridotte dimensioni, o muniti di attrezzature come pompe da fango, benne da scavo, trinciasarmenti, barre falcianti, forche e rastrelli per la rimozione della vegetazione dall'alveo.

È allo studio un prototipo di mezzo che sfrutta la tecnologia degli hovercraft per lo sfalcio in aree umide.

4.3. SISTEMI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

L'utilizzo di erbivori, e in particolare ovini come pecore, capre e montoni, è un primordiale sistema di manutenzione dei prati che viene tutt'oggi adottato per il taglio dell'erba di buona parte delle superfici di alcuni campi di golf (esempi si possono trovare soprattutto nel Regno Unito e in Canada) ma che sta trovando particolare attenzione anche per la manutenzione di tappeti erbosi di parchi cittadini (come a Parigi, Berlino, Ferrara e Torino). Si tratta sicuramente di un sistema che può risultare, per quanto primitivo, il più avanzato per compatibilità ambientale e automazione.

Diffuse in passato, ma ancora adesso in alcune realtà come nelle comunità Amish, sono le falciatrici e i rasaerba trainati da cavallo. Per ovviare alle sgradite tracce che potrebbero essere lasciate durante il suo passaggio si utilizzano particolari calzature per zoccoli e contenitori per raccogliere gli escrementi.



4.12 Pecore al pascolo nella zona del sottomura della città di Ferrara

I tappeti erbosi dei campi sportivi, così come quelli dei giardini più ornamentali e di pregio, sono caratterizzati dall'essere costituiti da una sola specie (es. loietto) o da un miscuglio di specie, che dovrebbe essere preservato nel tempo per mantenere le proprie caratteristiche estetiche, floristiche e funzionali. Oltre ad essere contraddistinto da una certa composizione in specie, ognuno di questi tappeti erbosi si può differenziare per una diversa altezza di taglio che ne caratterizza la sua utilizzabilità. Molto importante è preservare o migliorare le caratteristiche funzionali ed estetiche (elasticità, scorrevolezza, colore, compattezza, ecc.) che possono essere influenzate da numerosi fattori interdipendenti, quali fertilizzazione, diserbo, irrigazione, ecc., e, naturalmente, il tipo e la modalità di taglio dell'erba. Per il mantenimento dei requisiti richiesti dai diversi tappeti erbosi sportivi e di pregio, la manutenzione può comprendere, oltre al taglio, una numerosa serie di interventi a carattere più o meno ricorrente, volti soprattutto a ridurre la compattazione del terreno e l'insorgenza del feltro.

5.1. TAGLIO DELL'ERBA

Il taglio dell'erba è un evento traumatico per la pianta, che riduce istantaneamente il quantitativo di lamina fogliare, ovvero la sede della fotosintesi, provocando una conseguente riduzione delle riserve energetiche. Si è potuto notare che le specie erbacee utilizzate per i tappeti erbosi hanno sviluppato una certa resistenza ai tagli ripetuti grazie alla pressione selettiva effettuata dal pascolo degli animali erbivori, ma resta comunque il fatto che, con il taglio, vengono rotte le strutture protettive, creando vie di accesso preferenziali per i patogeni e provocando la fuoriuscita di essudati cellulari che



5.1 Determinazione dell'altezza del taglio dell'erba durante la certificazione di un rasaserba

favoriscono lo stress idrico e l'insediamento dei patogeni (Benvenuti, 2006).

Per ridurre gli effetti negativi si rende necessario adottare un'altezza di taglio e una frequenza adeguate alla vigoria del tappeto erboso, alla specie, all'intensità di fruizione e alla funzione del tappeto erboso. Come regola generale, l'altezza di taglio non deve mai essere tale da asportare più di un terzo della lamina fogliare. Per questo, se si decide di diminuire la frequenza di taglio, non è opportuno tagliare l'erba troppo bassa. Una tosatura troppo bassa favorisce lo sviluppo di muschio e infestanti. D'altra parte, l'erba lasciata crescere troppo ingiallisce alla base e tende a germogliare più in alto, così al taglio successivo il tappeto erboso potrebbe risultare ingiallito e meno fitto, con un progressivo decadimento estetico legato anche alla riduzione della presenza delle erbe più fini e pregiate.

Le altezze di taglio dei tappeti erbosi destinati ad attività sportive sono soprattutto condizionate da indicazioni, a volte anche molto precise, che dipendono dal tipo di sport praticato, se non dalla specifica zona del campo (ad esempio *green*, *fairway*, ecc. del campo da golf), atte a mantenere le adeguate caratteristiche funzionali, come la scorrevolezza della palla da gioco. Nel caso del campo di rugby, per esempio, si preferisce mantenere una altezza di taglio maggiore rispetto al campo da calcio in quanto non è richiesta scorrevolezza della palla, mentre l'erba più alta ha l'effetto di attenuare gli impatti al suolo delle frequenti cadute e preserva maggiormente il tappeto erboso dall'azione dei tacchetti delle scarpe. Nelle Tabelle 5.1. e 5.2. si riportano alcuni intervalli di altezze di taglio variabili a seconda delle specie di graminacee e del tipo di campo da gioco.

Tabella 5.1 – Altezze di taglio delle principali specie (graminacee) utilizzate nei tappeti erbosi sportivi e di pregio.

Altezza di taglio	mm	Specie
Molto bassa	3 - 15	Agrostis stolonifera Cynodon spp (cv selezionate) Poa annua
Bassa	15 - 25	Agrostis tenuis Paspalum vaginatum Zoysia spp (cv selezionate)
Media	25 - 50	Festuca ovina Festuca rubra Lolium perenne Poa pratensis Poa trivialis
Alta	40 - 75	Festuca arundinacea
Molto alta	75 - 100	Bromus inermis

Negli altri tappeti erbosi, si ottiene un buon valore ornamentale quando l'altezza dell'erba viene lasciata tra 2 e 4 centimetri, il che di per sé comporta comunque tagli molto frequenti, soprattutto in primavera e autunno. D'estate, per evitare l'inaridimento del terreno e il conseguente diradamento dell'erba, è consigliabile lasciare un paio di centimetri in più.

Tabella 5.2 - Altezze di taglio nei campi sportivi (da Piccarolo, 2012, mod.).

Tipo di campo sportivo	Zona	Altezza di taglio [mm]
Golf	<i>Green</i>	3-6
	<i>Collar</i>	6-12
	<i>Tee</i>	7-15
	<i>Fairway</i>	13-18
	<i>Pre-rough</i>	30-40
	<i>Rough</i>	60-80
Calcio		25-35
Rugby		35-50
Tennis		3-6
Ippodromi		50-80

Per quanto riguarda la frequenza dei tagli, il numero di giorni tra un intervento e un altro è variabile. Fatta salva la regola che per ogni intervento non si dovrebbe asportare più di 1/3 della lamina fogliare, innanzitutto essi sono strettamente correlati all'altezza desiderata. Naturalmente, la frequenza risente molto delle specie che formano il tappeto erboso, ma anche delle condizioni climatiche e di rifornimento idrico, ovvero della disponibilità d'acqua nel suolo, nei periodi con temperature miti e adeguate precipitazioni o irrigazioni, l'accrescimento sarà maggiore e, di conseguenza, anche i tagli saranno più frequenti. In generale, il taglio frequente favorisce l'infoltimento e ostacola lo sviluppo delle infestanti ma comporta costi maggiori di energia e manodopera. La frequenza può variare da 5-6 tagli alla settimana per *Agrostis stolonifera* mantenuta a 3-4 mm (utilizzata tipicamente nei *green* dei percorsi golf, dove durante le gare si può arrivare a fare due tagli in un giorno!), a interventi settimanali (per la maggior parte dei tappeti erbosi nei periodi di maggior crescita) fino a periodi maggiori per specie come festuche e poe tagliate a 6-7 cm.



5.2 In un campo da golf le altezze di taglio variano a seconda dell'area di gioco: in un *green* può essere anche meno di 3 mm

Tabella 5.3 - Altezze e frequenze di taglio dell'erba in diversi contesti e periodi dell'anno (da Piccarollo, 2000 e 2006, mod.). Nei nostri climi la frequenza nel periodo estivo più caldo può essere ridotta a causa del minor accrescimento del prato anche se irrigato.

Funzione	Contesto	Periodo	Altezza taglio [mm]	Intervallo di frequenza [giorni]
Ornamentale	Giardino privato Parco storico	da primavera a inizio autunno	12-15	3-5
		autunno-inverno	20-25	7
Ornamentale Tappeti erbosi di pregio	Giardino privato Parco	da primavera a inizio autunno	25-30	7
		autunno-inverno	30-35	8-15
Sportiva	Golf [Green]	da primavera a inizio autunno	3-6	1
		autunno-inverno	3-6	1-2
	Golf [Fairway]	da primavera a inizio autunno	13-18	2-3
		autunno-inverno	13-18	7
	Calcio	Tutto l'anno	20-30	7-15
Ricreativa Alta fruizione	Parco pubblico	Tutto l'anno (escluso inverno)	30-60	10-25
Paesaggistica Bassa fruizione	Oasi naturalistica	Tutto l'anno (escluso inverno)	60-80	70-120

I residui di taglio possono essere raccolti oppure lasciati sul prato. Se si decide di non effettuarne la raccolta è fondamentale, per mantenere una elevata qualità dei tappeti erbosi di maggior pregio, che il residuo sia finemente triturato prima di cadere al suolo. Questa tecnica è conosciuta con il nome di *grasscycling* e sta trovando una sempre maggiore applicazione nella manutenzione dei tappeti erbosi, dati i numerosi vantaggi riscontrabili anche a livello ambientale.

*I residui di taglio sono il prodotto di risulta delle operazioni di taglio e generalmente vengono raccolti, asportati e destinati al compostaggio o smaltiti. In alcuni casi, invece, si ricorre alla tecnica colturale del **grasscycling** o **mulching** che non prevede la raccolta dell'erba tagliata ma il suo rilascio sul prato dopo una più o meno intensa triturazione. Il termine deriva dall'unione dei termini *grass* (erba) e *recycling* (riciclo).*

I vantaggi di tale tecnica possono essere numerosi, anche da un punto di vista economico. Innanzitutto, i residui d'erba finemente tritata e lasciata sul posto si decompongono rapidamente, restituendo al terreno sostanze nutritive che riducono il fabbisogno del prato di concimazioni aggiuntive. In particolare, possono essere ridotte, o in alcuni casi eliminate, le concimazioni minerali fosfo-potassiche, mentre quelle azotate possono essere dimezzate. Inoltre, il terreno si mantiene più umido e questo riduce la necessità di irrigazioni. Non va dimenticato il fatto che, lasciando l'erba sul terreno non è più necessario né portarla fino alla compostiera né, peggio ancora, doverla smaltire. Tale tecnica nacque agli inizi degli anni '90 proprio per far fronte al problema dello smaltimento dei residui di taglio. A tal proposito è bene ricordare che 100 m² di tappeto erboso producono fino a più di 200 kg di residui di taglio. L'effetto più evidente del rilascio dei residui del

taglio in loco è rappresentato da una maggiore intensità di colore del tappeto erboso, soprattutto nel periodo invernale. Inoltre, un vantaggio interessante del grasscycling, sempre legato all'eliminazione delle operazioni per lo smaltimento dei residui, è la riduzione dei tempi di lavoro (fino a 1/3 in meno). Si è potuto notare un buon controllo su alcune infestanti (sono escluse in genere quelle prostrate che si adattano al taglio basso) e sulla crescita di muschio e una positiva influenza su alcune malattie più comuni in carenza di azoto.

Tabella 5.4 – Vantaggi e svantaggi del grasscycling.

Vantaggi	Svantaggi
Riduce i tempi di lavoro	Tende ad aumentare la frequenza di taglio
Riduce i costi annuali e per singolo intervento	Richiede attrezzature specifiche
Evita i problemi ambientali ed economici per lo smaltimento dei residui di falciatura	È necessario ricorrere alla raccolta in caso di pioggia, rapido accrescimento, ecc.
Riduce le concimazioni azotate e può eliminare quelle fosfatiche e potassiche	Subito dopo il taglio i residui possono imbrattare gli utenti
Riduce la necessità di irrigazioni	Può favorire l'accumulo di feltro e una minore densità del tappeto erboso
Migliora l'effetto estetico e la resistenza al calpestio	Può ridurre la densità e l'accrescimento in profondità dell'apparato radicale
Mantiene sul terreno gli eventuali principi attivi degli anti-parassitari	Richiede maggiore professionalità da parte degli operatori

Tra gli aspetti negativi vi sono quelli legati all'apporto di sostanza organica che, una volta mineralizzata, rappresenta una costante nutrizione per le piante che si evidenzia con un aumento dell'accrescimento. Ne consegue che si devono eseguire tagli più frequenti. Tra l'altro, se l'erba diventa troppo alta, il rasaerba non è più in grado di assicurare uno sminuzzamento sufficiente. Infatti, la massima altezza di erba che è possibile tagliare è circa 4 cm, anche se dipende dalle caratteristiche costruttive delle lame e del carter. Probabilmente l'aspetto più negativo è legato al fatto che il rilascio dei residui di taglio favorisce l'accumulo di feltro e la diminuzione della densità del tappeto erboso, soprattutto se il residuo di taglio non è correttamente triturato o la frequenza di taglio è bassa, in quanto vengono rilasciati sul tappeto erboso frammenti di grandi dimensioni. Il deposito di fitomassa in superficie può essere responsabile di una diminuzione della densità radicale e di un minor approfondimento delle radici in quanto la maggiore disponibilità di elementi nutritivi in superficie riduce la ricerca di nutrienti in profondità da parte delle piante.

In generale, l'esperienza dimostra che in un tappeto erboso il residuo andrebbe rimosso durante il periodo primaverile, poiché le piante sono in pieno sviluppo, mentre dovrebbe essere lasciato in loco durante la stagione estiva in cui la crescita è lenta e le temperature sono elevate. Anche i tagli autunnali in periodi più umidi andrebbero preferibilmente raccolti per evitare l'insorgere di malattie.



5.3 Il grasscycling non prevede la raccolta dell'erba tagliata ma il suo rilascio sul prato dopo una più o meno intensa triturazione. Nella foto una quintupla elicoidale sta effettuando un taglio con grasscycling in un fairway

Essendo il taglio dell'erba l'operazione di gran lunga più importante in presenza di una qualsiasi superficie a prato (e in tutte le tipologie di verde), si può senz'altro affermare che l'esistenza del tappeto erboso di nuova concezione, ovvero con le caratteristiche funzionali a cui siamo abituati, non sarebbe possibile se non grazie all'impiego delle macchine da taglio. Di conseguenza, i rasaerba sono le macchine destinate alla manutenzione dei tappeti erbosi di maggiore diffusione, impiego e gamma commerciale, anche perché è altrettanto ampia la gamma di tappeti erbosi esistenti in termini di utilizzo, estensione, giacitura, ecc.

5.1.1. I rasaerba

I rasaerba si possono considerare le prime macchine specifiche per il verde. È Edward Beard Budding nel 1830 che brevetta il primo raserba a lame elicoidali, ispirandosi a un'attrezzatura impiegata nell'industria tessile per rifinire i panni di lana, che due anni dopo viene commercializzato dalla ditta britannica Ransomes.



5.4 La prima macchina rasaerba di Budding (ca. 1830)

Nel 1893 James Sumner mette a punto il primo rasaerba motorizzato, dotato di motore a vapore. Al 1899 risale il primo brevetto delle lame orizzontali, anche se si dovrà attendere il 1952 per vedere commercializzati i primi modelli dall'australiana Victa. Verso gli inizi del '900 compaiono i primi rasaerba con motore a scoppio, sempre commercializzati dalla Ransomes e dotati di lame elicoidali.

Ma è soprattutto dopo gli anni '50 che l'evoluzione ha un deciso scatto in avanti con le già citate prime macchine a lame rotanti orizzontali, l'introduzione da parte della ditta Toro, nel 1959, della prima macchina

ride-on, ovvero con conducente a bordo, cui segue nel 1961 il brevetto della lama *mulching* ad opera della ditta Bolette, e del *lawn tractor*, cioè il trattorino rasaerba, brevettato nel 1963 dalla John Deere. Nel 1964 la svedese Husqvarna commercializza il modello Flymo, prima macchina con cuscino d'aria.

BY ROYAL WARRANT MAKERS TO H.M. THE KING.

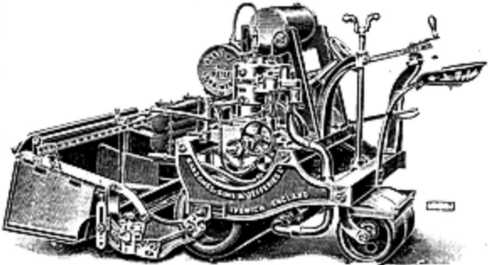
RANSOMES' MOTOR LAWN MOWERS.

The First and Foremost Petrol Motor Mowers.

Royal Botanic Society, 1904 and 1905, Gold Medals.

R.A.S.E., London, 1904, Silver Medal.

Made in three sizes, 24 in., 30 in., and 42 in. wide.



Very simple and easy to Manage.

No Coils or Batteries Employed for Ignition.

Every Facility offered for Trial.

Over 100 Machines have now been supplied, including two to H.M. the KING, Duke of Norfolk, Duke of Portland, Duke of Richmond and Gordon, Duke of Roxburghe, Duke of Westminster, Earl of Leicester, Earl of Warwick, and many others of the Nobility and Gentry.

HAND POWER and HORSE and PONY MACHINES. In all sizes to suit every requirement.

Full particulars free on application to—

RANSOMES, SIMS & JEFFERIES, LTD., IPSWICH.

JOHN CROWLEY & CO. SHEFFIELD

SOLE MANUFACTURERS OF

The INVINCIBLE First Prize GOLD MEDAL LAWN MOWER

SAFETY LEVER CHAFF CUTTER

FIRST PRIZE SILVER MEDAL AWARDED GREAT CHAFF CUTTER CONTEST, PRESTON, JUNE 25th 1875



5.5 Pubblicità di macchine rasaerba (fine '800, inizi del '900)

Negli anni '80 si diffondono i primi modelli elettrici a batteria, che recentemente hanno assunto un notevole interesse grazie all'evoluzione degli accumulatori, con la diffusione delle batterie al litio. Negli anni '90 vengono introdotti i *solar mower* dotati di pannelli solari incorporati alla macchina assieme a computer e sensori antiurto per evitare ostacoli duri.

Le ultime innovazioni riguardano modelli robotizzati, disassati e modelli con motori alimentati a biocombustibile.

Una classificazione utilizzata per i rasaerba prevede la **suddivisione in funzione della posizione del conducente**. Si possono distinguere le categorie di seguito elencate.

Rasaerba con conducente a terra, comprendenti macchine manuali a spinta e semoventi con motore endotermico a scoppio (a 2 e 4 tempi) o elettrico (a cavo o a batteria), monomarcia o a velocità variabile, con cambio meccanico ad ingranaggi a 3 o più marce. I motori a 4 tempi possono avere l'accensione elettronica per un avvio più sicuro anche dopo lunghi periodi di inattività. I rasaerba manuali a spinta montano generalmente un apparato di taglio a lame elicoidali, mentre nei semoventi è quasi esclusivamente presente l'apparato di taglio a lame rotanti, esclusi modelli professionali a un cilindro di taglio per *green*. Le larghezze di taglio vanno generalmente dai 30 ai 50 cm. Le ridotte dimensioni e la maneggevolezza li rende idonei ai prati



5.6 Classificazione di macchine rasaerba: 1) conducente a terra; 2) apparati di taglio portati da trattore; 3) semovente ride-on tipo "rider"; 4) semovente ride-on tipo "lawn-tractor"

di piccola/media estensione e ai lavori di finitura nelle più grandi superfici. Esistono modelli più grandi con larghezza di taglio fino a 130 cm, talvolta dotati di pedana retraibile su cui può eventualmente salire il conducente. L'erba tagliata può essere scaricata a terra lateralmente o posteriormente tramite deflettore. Solitamente sono dotati anche di cesto raccogliherba morbido o rigido con capacità di carico da 30 a 80 litri. Soprattutto quando si fa lo scarico nel cesto, è importante la configurazione della scocca che dovrebbe favorire una rapida espulsione dell'erba tagliata. Sempre più frequenti sono i modelli che presentano la possibilità di fare il taglio con *grasscycling* e versioni che consentono di scegliere nello stesso modello il tipo di gestione del taglio (raccolta, *mulching* o scarico laterale o posteriore) mediante un'apposita paratia che permette la chiusura del canale di espulsione dell'erba (Piccarolo, 2013).

I modelli professionali montano talvolta ruote posteriori di grande diametro di gomma piena con battistrada scolpito per una buona trazione anche su erba bagnata. Le ruote anteriori possono essere girevoli per facilitare la manovrabilità e il taglio intorno agli ostacoli. Generalmente i rasaerba semoventi sono a trazione posteriore ma, su terreni irregolari, umidi e accidentati sono preferibili i modelli a trazione anteriore oppure integrale. In tutti i modelli è possibile modificare l'altezza di taglio agendo su leve indipendenti per ogni ruota oppure su un'unica leva che agisce sul piatto di taglio. Alcuni modelli presentano una funzionalità che consente di chiudere le stegole sopra il corpo della macchina per permettere il rimessaggio in posizione

verticale, riducendone l'ingombro quando non sono utilizzati.



5.7 Rasaerba a cuscino d'aria con in evidenza la ventola che gli permette di operare sospeso

In questa categoria rientrano anche i **rasaerba a cuscino d'aria**, che presentano la particolarità di essere senza ruote (se non come kit opzionale per facilitare il trasporto) e di operare sospesi tipo hovercraft grazie a una ventola azionata dal motore. Sono molto leggeri e pratici all'uso però patiscono alcuni limiti, oltre a quelli classici dei rasaerba dotati di apparati di taglio a lame rotanti, quali il non poter regolare l'altezza di taglio ed effettuare un taglio esteticamente non ottimale. Il loro terreno d'elezione sono i tappeti erbosi su fondi sconnessi, anche con discrete pendenze: rimanendo sollevati da terra non temono le asperità come

i normali rasaerba e, di conseguenza, non trasmettono all'utilizzatore i contraccolpi in presenza di buche e avvallamenti. Possono essere azionati da motore elettrico alimentato con filo oppure da motore a benzina 4 tempi. Generalmente effettuano il taglio senza asportazione del residuo (*mulching*), ma esistono anche modelli dotati di cesto per la raccolta dei residui di taglio.

*I **rasaerba radiocomandati** prevedono la presenza di un operatore a terra a una certa distanza dalla macchina. Presentano, infatti, un radiocomando con raggio d'azione fino a circa 50 m e sono concepiti per operare su terreni di difficile accesso per l'operatore anche dal punto di vista della sicurezza. Hanno dimensioni e peso contenuti e sono alimentati da un motore endotermico. Effettuano il taglio mulching, tramite un apparato a lame orizzontali con larghezza di taglio inferiore al metro e poggiano su quattro ruote motrici e direttrici a trasmissione idrostatica che consente un raggio di sterzata pari a zero. Il sistema di controllo da remoto evita all'operatore di seguire la macchina su pendii ripidi (pendenza 40° che arriva fino a 55° con argano) o su altre zone impervie e pericolose. La guida può essere assistita da strumentazione GPS.*

Rasaerba con conducente trasportato, in cui si annoverano una gamma di attrezzature con apparati di taglio a lama rotante orizzontale, portate da trattore o altra motrice in posizione po-



5.8 Rasaerba ad alimentazione elettrica a batteria, con lame orizzontali

steriore o anteriore, oppure a lama elicoidale, in questo caso portate posteriormente o anche solo trainate con il moto trasmesso dalle ruote su cui poggia ogni elemento di taglio. Alcuni modelli sono dotati di motore autonomo e possono essere trasportati da veicoli di utilità

(ATV) non dotati di p.d.p. Con questi apparati di taglio si possono realizzare delle attrezzature combinate con fino a sette apparati di taglio (*trailed gang mower*), che assicurano notevoli larghezze di lavoro, anche superiori ai sei metri, le quali, combinate alle elevate velocità che possono sostenere, forniscono capacità di lavoro ragguardevoli. Per garantire un costante e regolare taglio dell'erba, ciascun piatto rasaerba appoggia su ruote e lavora in modo indipendente dagli altri grazie agli attacchi oscillanti. In alcuni modelli portati gli apparati di taglio possono essere richiusi per un agevole trasferimento su strada.

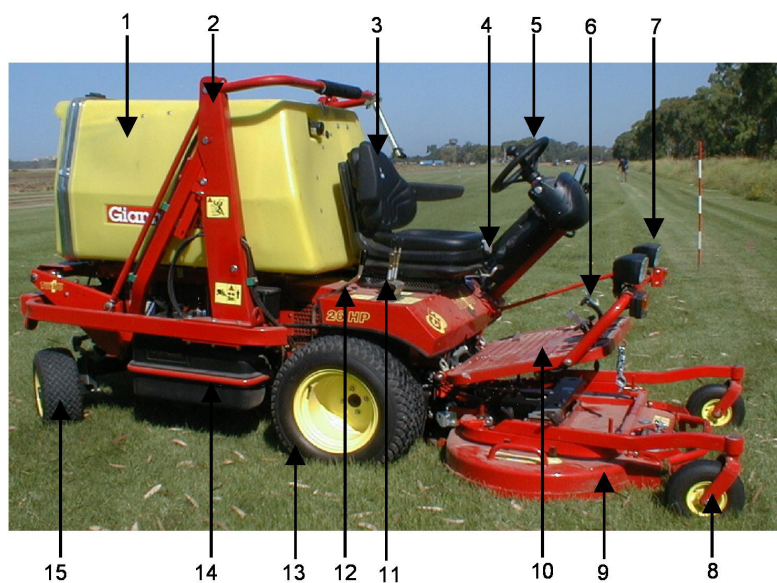
Rasaerba con conducente a bordo (*ride-on*), che comprendono due differenti tipologie di macchine: i *rasaerba frontali* e i *trattorini rasaerba*. I **rasaerba frontali** (*rider*) sono rasaerba semoventi con telaio a 4 o a 3 ruote, con l'apparato di taglio frontale e il motore in posizione posteriore rispetto al posto di guida. L'apparato di taglio può trovarsi praticamente sotto i piedi dell'operatore nei modelli più compatti dotati di piatto a lame rotanti. Si tratta delle macchine più professionali per il taglio dell'erba dei tappeti erbosi sportivi e ornamentali in quanto

molto maneggevoli, con la capacità di agevolare il taglio vicino ai bordi e intorno agli ostacoli, ma soprattutto in grado di offrire al conducente una eccellente visibilità dell'area da tagliare. La posizione dell'apparato di taglio migliora anche la qualità di rasatura in virtù del fatto non schiaccia l'erba con le ruote prima che questa venga tagliata. Appartengono a questa categoria i rasaerba pensati per la manutenzione dei campi da golf, con modelli dedicati ai *green* e ai *fairway*, con apparato di taglio a lame elicoidali, e ai *rough* con apparato di taglio a lame rotanti orizzontali. Per questi ultimi si possono trovare modelli che montano, oltre a un ampio piatto frontale, anche due piatti laterali che consentono di operare con larghezze di lavoro fino a quasi 5 metri per una capacità di tosatura che arriva a superare i 6 ettari all'ora con un solo operatore.

Nei *green* vengono utilizzate macchine con tre cilindri a lame elicoidali con larghezza di lavoro di 1,5 metri, mentre nei *fairway* sono proposti modelli a 3 o 5 cilindri con larghezze di lavoro tra i 2 e i 3 metri. Alcuni apparati di taglio danno la possibilità di essere spostati lateralmente (fino a una sessantina di cm a destra e a sinistra) per lavori di finitura e una migliore adattabilità alle diverse superfici. La guida è con volante ma sono frequenti modelli professionali (non per i campi da golf e solo con piatto a lame rotanti) con leve di sterzo e direzionali con trasmissioni idrostatiche indipendenti sulle ruote motrici che consentono alla macchina di ruotare su sé stessa con un raggio di sterzata pari a zero (*modelli Z* o a *raggio zero*). Le ruote direttrici possono essere posteriori o anteriori, ma le prime sono preferite proprio perché consentono sterzate

molto strette che agevolano il taglio dell'erba, anche intorno agli ostacoli, senza danneggiare il cotico erboso. Se si deve operare anche su erba bagnata o in pendenza su terreni ondulati è preferibile scegliere modelli con tutte le ruote motrici.

Posteriormente può essere presente un raccogliherba con capacità anche molto elevate (fino a 1400 litri) generalmente dotato di sensore cui è collegato un segnalatore acustico che avvisa quando il cesto è pieno; preferibili i modelli dotati anche di arresto automatico del taglio per prevenire un eccessivo riempimento o sfalcio non raccolto. Importante per il corretto riempimento del cesto senza ingolfamenti è la presenza di un buon tubo di aspirazione in lamiera con ampia turbina di carico integrata, disattivabile in



5.9 Rasaerba frontale e suoi componenti. 1) tramoggia di raccolta; 2) telaio per l'elevazione della tramoggia; 3) sedile molleggiato; 4) cruscotto laterale con indicatori analogici; 5) volante di guida; 6) pedali di avanzamento, retromarcia e freno di stazionamento; 7) fanaleria anteriore; 8) ruotine di appoggio del piatto rasaerba; 9) piatto rasaerba; 10) pedana poggiapiedi; 11) comandi a leva dei servizi idraulici (sollevamento piatto, elevazione e ribaltamento della tramoggia); 12) leva di azionamento dei dischi portalamerba; 13) ruote motrici anteriori; 14) serbatoio del combustibile; 15) ruote posteriori motrici e piroettanti

modo indipendente dalla p.d.p. del motore e con girante di facile accesso e sostituzione. Per agevolare lo svuotamento vengono proposti modelli con impianto di elevazione del contenitore (fino a oltre i 2 metri in alcuni modelli) per consentire all'operatore di svuotare con facilità lo sfalcio direttamente nel pianale di un camion o di un rimorchio. Piccoli cesti raccogliherba possono essere inseriti sopra i cilindri a lame elicoidali delle macchine per *green* e *fairway*.

I modelli più grandi possono essere dotati di cabina di sicurezza per tutte le stagioni con aria condizionata e riscaldamento, mentre quasi tutti i modelli sono dotati di arco di protezione (roll-bar) e cinture di sicurezza a completa protezione del conducente in caso di ribaltamento. Sempre per migliorare la sicurezza degli operatori, che si trovano ad operare in condizioni gravose per molte ore al giorno, soprattutto nelle giornate più calde estive, si può montare sul *roll-bar* un tettuccio in grado di offrire riparo da sole e pioggia e proteggere l'operatore dai rami nei lavori sottochioma.



5.10 Particolare del cassone di carico dell'erba tagliata

Per aumentare l'utilizzo annuo della macchina vengono proposti in alcuni modelli una serie di attrezzi che possono essere abbinati in sostituzione dell'apparato di taglio (*verticutter*, spazzolatrice, turbina neve, ecc.).

I **trattorini rasaerba** (*lawn tractor*) sono una versione di rasaerba derivata dai trattorini, con conducente a bordo e motore in posizione anteriore mentre l'apparato di taglio è ventrale a lame rotanti orizzontali (il piatto può portare da una a tre lame). L'erba tagliata viene scaricata posteriormente in un cesto di raccolta attraverso un canale di scarico, oppure lateralmente con deflettore oppure con taglio *grasscycling*. Possono essere dotati di segnalatore acustico quando il raccogliatore è pieno e possibilità di svoltarlo comodamente dal sedile. L'apparato ventrale e il motore anteriore rendono poco manovrabile questa macchina intorno agli ostacoli, per cui è sempre richiesto un taglio di finitura. Questa categoria comprende anche molte macchine con potenza motore e prestazioni che le rende macchine multiuso meglio definite come *garden tractor*: molto vicine ai piccoli trattori compatti, possono essere dotate anche di motore Diesel con potenza superiore ai 15 kW. Il confine tra la famiglia dei *lawn tractor* e quella dei *garden tractor* può essere posto per potenze intorno ai 12-13 kW ma soprattutto per la possibilità o meno di accoppiare e azionare facilmente, oltre al rasaerba, altre macchine operatrici (livellatrici, erpici, spazzaneve, ecc.).

Rasaerba elettrici robotizzati; sono particolari macchine robot in grado di gestire autonomamente il taglio dell'erba (taglio effetto *mulching*), spesso in grado anche di autoalimentarsi senza l'intervento dell'uomo, il cui unico compito può essere solo quello di programmarli, oltre naturalmente ai periodici controlli di manutenzione. Per la ricarica della batteria può essere la stessa macchina che, automaticamente, va a posizionarsi alla base di ricarica, per poi ripartire

ad operazione avvenuta. In questa categoria rientrano anche i rasaerba con alimentazione fotovoltaica, molto interessanti per la loro sostenibilità in termini energetici.

In fase operativa, alcuni rasaerba robotizzati evitano e superano gli ostacoli grazie a sensori ad ultrasuoni e/o per effetto di una barra di sicurezza che, a contatto degli ostacoli, fa cambiare direzione. È però preferibile la soluzione che prevede la creazione di un recinto, entro cui il rasaerba si sposterà, posando, interrato sotto l'erba, un filo elettrico a formare un anello. In questo modo, la corrente nel filo indurrà nei dintorni un campo elettromagnetico rilevabile dalle induttanze del rasaerba. I modelli più grandi possono essere dotati anche di GPS integrato che permette di riconoscere l'area già rasata o anche di GPSR o GPS referenziale che non necessita di cavo perimetrale. Alcuni modelli sono dotati di sensore di pioggia, capacità di auto-programmarsi per ottimizzare i tempi di lavoro e lame con velocità auto-modulata in funzione dell'altezza dell'erba. La presenza di piccoli fari consente la loro rapida individuazione se si decide di farli lavorare di notte, data anche la loro estrema silenziosità. I modelli variano soprattutto in funzione della superficie dominata che varia dai 500 m² di quelli più piccoli a circa 30000 m², con una autonomia di circa 11 ore di lavoro continuo.



5.11 Rasaerba elettrico robotizzato

Ai fini invece del lavoro che devono effettuare, ovvero alla modalità di taglio, è più valida la **classificazione basata sugli apparati di taglio**. Si distinguono:

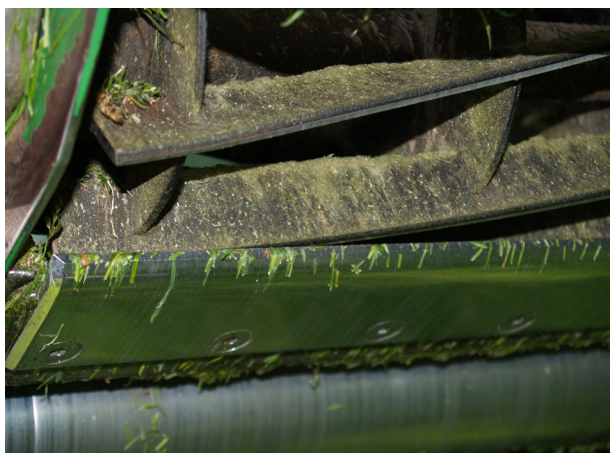
- 1) lame con profilo elicoidale su cilindro rotante ad asse orizzontale;
- 2) lame con profilo lineare, rotanti orizzontalmente su asse verticale;
- 3) coltelli o flagelli montati su asse orizzontale rotante.

La lama elicoidale effettua un'azione di taglio tramite una serie di lame a profilo elicoidale rotanti su asse orizzontale, che costituiscono il cilindro di taglio, e una controlama fissa. L'erba viene catturata in "fascetti" dalle lame rotanti, ogni fascetto d'erba viene poi stretto tra la lama e la controlama fissa e quindi tagliato come con una forbice. Per mantenere più possibile ver-



5.12 Tipologie di apparati di taglio: 1) lama elicoidale; 2) lama orizzontale; 3) flagelli

ticali gli steli d'erba e migliorare, quindi, la qualità di taglio, davanti al cilindro è posizionato un rullo scanalato ed eventualmente anche un *groomer*.



5.13 Le lame elicoidali a contatto con la controlama tagliano l'erba con "effetto forbice"

piovosi, quali molte zone del nord America e dell'Europa. Inoltre, la lama elicoidale risulta essere meno pericolosa per l'operatore e il lavoro della macchina è più silenzioso. Di contro, non si può intervenire su erba alta (oltre 100-130 mm), richiede tagli frequenti e il prezzo è più alto rispetto alla lama orizzontale, anche perché necessita di una manutenzione più elevata per l'affilatura e la regolazione che si effettuano con appositi strumenti.



5.14 Particolare del rullo scanalato e del groomer montati anteriormente alla lama elicoidale

Anche una spazzola ad alta densità posta anteriormente ai cilindri mantiene verticali gli steli e crea una finitura a strisce del tappeto erboso, talvolta gradita per l'estetica del campo. Posteriormente al cilindro è invece presente un rullo pieno, che può essere accompagnato da una spazzola per pulirlo ed evitare l'accumulo dei residui di taglio e di altri corpi estranei.

Il taglio con la lama elicoidale offre la maggiore qualità in termini di taglio dell'erba per nettezza e uniformità. Inoltre, assorbe minore potenza e non comporta pericoli di ingolfamento anche su erba umida e bagnata. Per questo viene spesso preferita in climi umidi e

I rasaerba a lama elicoidale sono impiegati sui prati specializzati, dove è richiesta un'erba molto bassa, con tagli ad altezza di pochi millimetri. Questo è possibile grazie alla nettezza del taglio che non sfibra il filo d'erba e che di conseguenza non dissecca nella parte apicale, come invece avviene con altri apparati di taglio. La lama elicoidale è particolarmente adatta al taglio *mulching*, anche perché il residuo, pur non essendo tritato come nel piatto del *grasscycling*, è di dimensioni molto limitate visto che, con questo apparato, i tagli sono molto frequenti e quindi l'asportazione è minima.

Per i *green* si impiegano rasaerba a uno o tre cilindri di taglio mentre per i *fairway* e i grandi impianti vengono impiegati semoventi da 5 o più cilindri di taglio, dotati di trasmissioni idrauliche per azionare singolarmente gli apparati di taglio. La disposizione dei cilindri è sempre su due ranghi per garantire la giusta sovrapposizione del taglio. Raramente viene effettuata

la raccolta del residuo, soprattutto per motivi legati alla produttività del lavoro, ma diviene quasi indispensabile nei *green* per i quali è prevista la presenza di cesti di raccolta per ogni cilindro di taglio.

Piccoli motori elettrici sono proposti in abbinamento ai singoli cilindri rasaerba dei *green*, riducendo la richiesta di potenza del motore.

Dal numero delle lame (da 5-6 lame standard a 8-14 per tagli ad altezza 3-6 mm), dalla velocità di rotazione e dal diametro del cilindro dipende la qualità del taglio. Aumentando il numero di lame si può ridurre l'altezza di taglio in quanto, a parità di condizioni (velocità di avanzamento, regime di rotazione), si aumenta il numero di battute lama-controlama. L'altezza massima asportabile dell'erba è pari o inferiore alla distanza lineare tra le lame ma esistono delle varianti con tre lame su cilindro in grado di ruotare ad alta velocità, adatte a prati ricreativi che permette di ottenere altezze di taglio superiori.

La lama elicoidale presenta la massima uniformità di taglio quando la frequenza di taglio, cioè la distanza tra i tagli di due successive lame (*clip*), e l'altezza di taglio si equivalgono, ovvero il loro rapporto è pari a 1.

Quando, per una certa altezza di taglio prefissata, il numero delle lame è insufficiente o la velocità di avanzamento è eccessiva rispetto alla velocità delle lame, si osserva sulla superficie del prato una serie di bande o onde trasversali al senso d'avanzamento chiamato *wash-boarding* o più propriamente *marcelling*. Si tratta di un fenomeno che può essere notato nei *fairway*, o in altre aree dove l'erba viene tenuta a un'altezza maggiore rispetto ai *green*, che ha come conseguenza negativa quella di rendere poco scorrevole la pallina. Quando, invece, si regola la macchina con un'altezza di taglio eccessiva rispetto al *clip*, si avrà un taglio frastagliato dovuto all'impossibilità delle lame di raccogliere tutti gli steli e tagliarli sulla controlama.



5.15 Tripletta da *green* con cilindri da 11 lame per un'altezza di taglio da 3 mm



5.16 Rider a tre cilindri con lame elicoidali adatta al taglio dell'erba nei tee



5.17 Rider a cinque cilindri con lame elicoidali per un taglio di qualità dell'erba nei fairway

I parametri di lavoro si possono preventivamente calcolare considerando che il clip sarà direttamente proporzionale alla velocità d'avanzamento e inversamente proporzionale al numero delle lame e alla loro velocità di rotazione, ovvero utilizzando la seguente formula:

$$Clip = \frac{v \times 16667}{\omega \times n} [mm]$$

dove:

v = velocità d'avanzamento [$km\ h^{-1}$]

ω = velocità angolare del rullo [$giri\ min^{-1}$]

n = numero di lame

1667 = fattore di conversione

Ad esempio, operando con un rasaerba da green con 11 lame a $1800\ giri\ min^{-1}$ che procede a $6\ km\ h^{-1}$, la frequenza di taglio sarà pari a:

$$Clip = \frac{6 \times 16667}{1800 \times 11} = 5 [mm]$$

ovvero per un buon risultato l'altezza di taglio dovrebbe essere regolata a 5 mm.

L'andamento a onda della superficie del tappeto erboso si può verificare anche quando il taglio viene effettuato sempre nella stessa direzione. Naturalmente, per ovviare a tale inconveniente basterà alternare la direzione di avanzamento del rasaerba.

Invece, il cosiddetto *scalping*, comune ai diversi apparati di taglio, si verifica quando l'altezza di taglio è molto bassa e si opera su superfici non livellate o trasversalmente alla linea di massima pendenza o lungo i bordi. Anche l'eccessiva presenza di feltro può favorire questo effetto. In seguito a *scalping* il tappeto erboso appare irregolare, ispido, stopposo e di colore giallastro, dato che la maggior parte del tessuto fogliare verde è stata rimossa e sono rimasti solo i culmi,

che hanno colore tendente al bruno. Per ovviare a questo problema bisognerà regolare bene l'altezza di taglio, rimuovere il feltro eccessivo e utilizzare apparati di taglio in grado di adattarsi alla particolare orografia dell'area di prato da rasare.



5.18 Un rider con lame rotanti orizzontali da rough e pre-rough: queste macchine sono adatte per altezze di taglio superiori a 3-4 cm

La **lama rotante orizzontale** rappresenta la soluzione più versatile e più impiegata per il taglio dell'erba. Le lame vanno da 0,3 a 0,5 m e sono montate su telai di diverse dimensioni; nei modelli trainati e portati, ad esempio, gli apparati di taglio sono inseriti su un telaio carrello con larghezza di lavoro da 30 cm a 8 m. Il taglio avviene grazie all'elevata velocità periferica con cui una o più lame rotanti su un asse verticale colpi-

scono gli steli d'erba (60-80 m/sec). Questo tipo di apparato può tagliare erba più alta rispetto all'elicoidale (anche sopra i 150 mm) ma il taglio non può scendere sotto i 30-40 mm. Un aspetto positivo è dato dal fatto che le lame rotanti sono in grado di raccogliere e sminuzzare anche le foglie cadute (comprese quelle più grandi degli alberi!). Per contro, però, la nettezza di taglio non è sempre eccellente e non si può intervenire su erba bagnata perché i residui imbrattano l'interno del piatto e ingolfano lo scarico dell'erba. I piatti a lame rotanti assorbono più potenza rispetto agli apparati di taglio a cilindri elicoidali dato l'elevato regime richiesto. Inoltre, è bene ricordare che questo tipo di attrezzatura presenta un maggior grado di pericolosità per i corpi (sassi e residui di vario tipo presenti sul tappeto erboso) che possono essere lanciati durante il funzionamento delle



5.19 Contrariamente agli apparati di taglio a lama elicoidale, in quelli a lama rotante non si può intervenire su erba bagnata perché i residui imbrattano l'interno del piatto e ingolfano lo scarico dell'erba rendendo impossibile la prosecuzione del lavoro

lame.

La lama orizzontale può effettuare il taglio con *grasscycling* anche in presenza di erba di una certa altezza. In questo caso il carter è completamente chiuso. Diversi sono i sistemi studiati per mantenere più a lungo in sospensione l'erba tagliata all'interno della calotta, spingendola verso l'alto, in modo da tagliare i fili più volte fino a farli praticamente polverizzare: dalle lame con sagomatura particolare alle lame con una struttura "a denti"

ricurvi, dalla presenza di deflettori all'interno della camera o di un disco ad elica vicino alla lama alla maggiore altezza della calotta. Particolarità delle lame per il *grasscycling* è che sono affilate su tutta la lunghezza, mentre negli apparati di taglio tradizionali lo sono solo all'estremità.

I **coltelli** sono organi lavoranti di diversa forma che ruotano su un asse orizzontale. Sicuramente versatili e polifunzionali, sono adatti al taglio dell'erba ma anche ad altre operazioni come decespugliamento, triturazione foglie, *verticutting*, e sono efficaci anche su erba molto alta e lignificata. Il taglio però è grossolano e si può operare solo con un'altezza superiore ai 50 mm, anche se i coltelli a mazza tenuti ben affilati possono assicurare una discreta qualità di taglio. Come per l'apparato di taglio a lama rotante, anche in questo caso gli organi lavoranti sono pericolosi in quanto possono presentare il rischio di lancio di oggetti anche se ben protetti da carter.

Per quanto riguarda il **tipo di motore** si possono avere macchine con motore elettrico o endotermico, a quattro e due tempi (benzina o gasolio), ma il propulsore a due tempi oggi è molto meno utilizzato (meno del 10% del mercato totale). Si tratta di un motore leggero, di semplice costruzione, per il quale è stato fatto un grosso sforzo al fine di avere un'alimentazione con miscela a bassa percentuale di olio. Rispetto al motore a benzina i problemi di lubrificazione su terreni in pendenza sono minori ma i gas di scarico sono più inquinanti.

Tabella 5.5 – Caratteristiche degli apparati di taglio (da Piccarolo, 2000).

Tipo di apparato	Regime [giri/min]	Altezza minima di taglio [mm]
Lame orizzontali	3000-3500	30
Lame orizzontali mulching	3000-3500	10
Lame elicoidali (n>9)	1000-1500	3
Lame elicoidali (n<9)	1000-1200	10
Rotore a coltelli medi	2500-2800	50
Rotore a coltelli sottili	2500-2800	20
Lama oscillante	---	50

Nei motori a quattro tempi si ricorre ai modelli OHV, cioè con valvole in testa, che rispetto a quelli con valvole laterali, a parità di cilindrata, consentono un incremento di potenza del 20-25% e una riduzione del consumo di combustibile, di lubrificante e della carica inquinante dei gas di scarico. Qualche costruttore ha realizzato anche motori a quattro tempi con albero a camme in testa (OHC) per apportare ulteriori miglioramenti alle prestazioni.

Una delle attuali tendenze è quella di costruire modelli dotati dei cosiddetti “motori ecologici”, in grado di consumare meno combustibile e lubrificante e di ridurre le emissioni dei gas di scarico del 50%. Diversi costruttori montano motori a quattro tempi alimentati a benzina senza piombo. Inoltre, l'introduzione di marmite catalitiche e gli interventi su cilindri e pistone hanno consentito la riduzione delle emissioni inquinanti sia nei due che nei quattro tempi.

La potenza massima (kW) è generalmente erogata a 3000-3400 giri/min, mentre la coppia massima (Nm) viene sviluppata a regimi di 2200-2500 giri/min.

L'iniezione elettronica e l'avviamento elettrico sono sempre più diffusi.

Nelle macchine per uso hobbistico (e per quelle telecomandate) è molto diffuso il motore elettrico dove al tradizionale sistema via cavo si è aggiunto il sistema a batteria. Le classiche batterie al piombo sono ormai sostituite con batterie ricaricabili al nickel-cadmio.

La soluzione a batteria viene proposta anche per macchine con conducente a bordo quali le triple a lama elicoidale per il taglio dei *green*.

È evidente che l'azionamento elettrico è quello con minori problemi di rumorosità, facendo preferire questa soluzione a coloro i quali devono operare spesso in piccoli giardini privati (es. condominiali, ospedali, ecc.).

Nei rasaerba con motore elettrico da pochi anni sono disponibili anche macchine a batteria e modelli ad alimentazione fotovoltaica e con autoricarica della batteria. Sono dei piccoli robot in grado di gestire autonomamente il taglio dell'erba.

La **trasmissione** nelle macchine con conducente a bordo è meccanica o idrostatica. La prima ha un numero di marce che arriva a cinque o sette; la seconda trova impiego nei modelli più perfezionati, in modo da consentire adeguamenti continui alle condizioni di lavoro e maggiore facilità di guida.

Lo **scarico dell'erba** dai rasaerba può essere posteriore o laterale e può prevedere o no la raccolta in appositi cesti, la cui capacità varia da pochi litri fino a più di un metro cubo a seconda

del tipo e del modello di rasaerba. In caso di raccolta del residuo di taglio, è importante verificare alcune caratteristiche del sistema di convogliamento ed espulsione. Quando le macchine montano un apparato di taglio con espulsione centrale posteriore, il convogliamento dell'erba al cesto di raccolta avviene tramite un canale interno, mentre se lo scarico è laterale il canale di convogliamento è posto lungo il fianco della macchina. La sezione del canale di convogliamento dovrebbe essere sufficientemente ampia e senza strozzature per favorire il passaggio del residuo tagliato evitando ingolfamenti, questi ultimi particolarmente favoriti dai residui di taglio di erba alta e/o bagnata.

Da verificare è la presenza o meno di una ventola, posizionata all'interno del carter o lungo il canale convogliatore, che facilita il passaggio dell'erba nel canale di convogliamento e l'espulsione nel cesto di raccolta.

Il carico dello sfalcio può anche avvenire con un pick-up di raccolta utilizzando un'apposita attrezzatura posta posteriormente al rasaerba.



5.20 Piccoli cesti per la raccolta dell'erba tagliata da apparati a lama elicoidale



1



2



3

5.21 Soluzioni per lo scarico e il convogliamento dell'erba tagliata

Da notare che, nelle macchine con apparato di taglio elicoidale l'espulsione dell'erba è su tutto il fronte di taglio e possono essere installati piccoli cesti in posizione anteriore oppure sistemi di convogliamento con espulsione per aspirazione verso il cesto di raccolta posteriore. Per questo tipo di apparato, comunque, difficilmente si possono avere problemi di ingolfamento.

La **scelta di un rasaerba** deve tener conto di diversi fattori. Innanzitutto, si dovrebbe procedere con la scelta della tipologia dell'apparato di taglio. Tra i parametri da considerare vi sono:

- la frequenza media di taglio, che dipende dal clima della zona (soprattutto piovosità e temperature), dall'irrigazione, ovvero dalla disponibilità d'acqua nel suolo, dal tipo di miscuglio e specie presenti e dall'altezza di taglio adottata;
- l'altezza di taglio, che dipende dal tipo di fruizione, dalle specie presenti e dalle scelte estetiche;
- l'adozione del taglio tradizionale o della tecnica del *grasscycling*.

La fase successiva riguarda la scelta del tipo di rasaerba e il dimensionamento della macchina in termini di larghezza di lavoro, potenza e, nel caso di taglio tradizionale, dimensione del cesto di raccolta. Per questa seconda fase del processo di scelta, i parametri da considerare sono dimensione, forma e orografia della superficie da gestire, e come è organizzato il cantiere di lavoro (numero di operatori, distanza del punto di raccolta del residuo, taglio tradizionale o *grasscycling*, ecc.).

Scelta la tipologia di rasaerba, successivamente si possono valutare anche altri dettagli tecnici e i numerosi optional che le ditte presenti sul mercato sono in grado di offrire, così da valutare anche la marca e il modello più adeguato. Tra i diversi aspetti tecnici e gli optional si ricordano: l'affidabilità del motore, la facilità di accesso in sicurezza all'apparato di taglio per le operazioni di manutenzione e pulizia, il confort di seduta, lo spessore e tipo di materiale della scocca dell'apparato di taglio, ecc. Sempre maggiore attenzione si sta ponendo anche agli aspetti di tipo ambientale e salustistici, come il grado di silenziosità, il livello di vibrazioni e le emissioni di CO₂ e di particolati.

Naturalmente, una voce importante da considerare è il costo d'acquisto della macchina, ovvero il rapporto qualità/prezzo, e quelli di esercizio in quanto non sempre indirizzare la scelta verso un modello economico si traduce in un risparmio effettivo nel tempo.

Tabella 5.6 - Impieghi per rasaerba a lama orizzontale.

Superficie [m ²]	Esigenze	Tipologia e caratteristiche	Larghezza lavoro [cm]	Potenza	Esempio
< 500	Hobby, Scarsa rumorosità	Conducente a terra, a spinta, Elettrico	~ 40	~ 1500 W	
500 ÷ 800	Hobby e pro.	Conducente a terra, a spinta, Cesto raccolta ~ 60 L	~ 40	3,5 ÷ 4,5 HP	

segue tabella 5.6 - Impieghi per rasaerba a lama orizzontale.

Superficie [m ²]	Esigenze	Tipologia e caratteristiche	Larghezza lavoro [cm]	Potenza	Esempio
800 ÷ 1500	Hobby	Conducente a terra, a spinta, Cesto raccolta ~ 60 L, Mono-marcia	~ 50	4 ÷ 6 HP	
800 ÷ 1500	Pro.	Conducente a terra, semovente, Lama con frizione, Trasmissione meccanica (2 ÷ 3 marce) o idrostatica, Cesto raccolta ~ 80 L	~ 50	4 ÷ 6 HP	
	Hobby e pro., Pendenze elevate, erba alta	Conducente a terra, semovente, Scarico laterale, 2 o 4 ruote motrici, Possibilità mulching	~ 50	4 ÷ 6 HP	 
1500 ÷ 2000	Hobby e pro., Presenza ostacoli	Trattorino compatto, Possibilità mulching.	~ 80	10 ÷ 12 HP	 
2000 ÷ 4000	Hobby e pro.	Trattorino, Sollevatore elettrico del piatto e del cesto, Raccolta 250 – 300 L	~ 100	~ 15 HP	 
4000 ÷ 8000	Hobby e pro.	Trattorino, Piatto rasaerba a 2 o 3 lame	100 – 120	~ 20 HP	 
	Pro.	Rider, 3 o 4 ruote motrici, Piatto rasaerba a 2 o 3 lame, Omologabilità per circolazione stradale	130 - 150	20 HP	 

Regole per una buona rasatura del tappeto erboso

- rispettare l'altezza e la frequenza di taglio, anche in relazione al tipo di tappeto e al periodo stagionale e, in ogni caso, non tagliare più di 1/3 dell'altezza dell'erba;
- nelle macchine con conducente a bordo non eccedere nella velocità (oltre i 10 km/h): il risultato può essere un taglio molto irregolare;
- considerare che, nelle macchine ad apparato di taglio a lame elicoidali, il numero di lame può condizionare l'uniformità dell'altezza di taglio (ad esempio, sono necessarie 11-12 lame per altezze inferiori a 5-6 mm, in quanto l'intervallo di taglio non deve essere superiore all'altezza di taglio);
- non svoltare o invertire la direzione in modo brusco ma operare compiendo sempre un ampio giro, in quanto un corto raggio di sterzata, soprattutto nel caso di un tappeto ornamentale o di un green di un percorso da golf, può provocare danni a causa dell'attrito (escluse naturalmente le macchine a raggio zero);
- banchine, terrazzamenti, collinette, ecc., vanno possibilmente tagliati secondo le linee di massima pendenza per evitare pericolosi ribaltamenti;
- evitare il più possibile il taglio di erba bagnata (il taglio dell'erba asciutta è più facile, più omogeneo, minimizza i problemi da scalping e riduce gli attacchi fungini);
- controllare la superficie del tappeto prima del taglio per rimuovere oggetti metallici, pietre, rami, ecc., che possono danneggiare le lame e costituire pericolo per gli operatori;
- verificare e regolare l'altezza di taglio della macchina prima di ogni intervento;
- un buon effetto visivo si può ottenere tagliando a strisce parallele avanti e indietro;
- alternare il senso dei passaggi per evitare che l'erba si alletti, creando un andamento a onde della superficie del prato;
- evitare il passaggio ripetuto delle ruote sullo stesso percorso perché può creare solchi e deformazioni nella superficie del tappeto erboso (il carico specifico sui tappeti di qualità non deve superare i 700-800 g/cm²);
- mantenere lame e controlame in perfette condizioni di affilatura.

5.2. RIFINITURA DEL TAGLIO DELL'ERBA

La rifinitura del taglio è necessaria nelle aree a ridosso del tronco degli alberi, sul bordo delle aiuole o in prossimità di ostacoli e manufatti (pali, cordoli, muri, ecc.). Può essere effettuata con forbici a mano, forbici elettriche oppure i tagliabordi o **trimmer**. Si tratta di piccole macchine o di accessori da utilizzare dove non è possibile intervenire efficacemente con i rasaerba. Possono essere dotati di tagliaerba rotativi a filo oppure di lame rotative orizzontali opportunamente inclinate.

Anche i decespugliatori con filo rientrano in questa categoria e sono ampiamente utilizzati nel nostro Paese. Ma quando si usano queste attrezzature per rifinire il taglio dell'erba in prossimità dei tronchi degli alberi, molto importante è porre molta attenzione a non avvicinare troppo il filo per evitare scortecciamenti, che possono essere anche molto gravi per la pianta, soprattutto se vengono interessati anche i tessuti del cambio¹. In questo caso possono essere utili, per diametri limitati del tronco, particolari collari di protezione in gomma da porre alla

¹ Il cambio è il meristema posto sotto la corteccia, che crea il nuovo legno che permette all'albero di crescere sia verso l'interno, formando l'alburno o xilema, sia verso l'esterno, formando il libro o floema.

base dell'albero o l'uso dei reciprocatori².



5.22 Tagliabordi (o trimmer) elettrico



5.23 Tagliabordi a motore con lama

I **bordatori** sono impiegati per scolpire e rifinire il bordo del tappeto erboso. I modelli proposti possono essere manuali a spinta o con motore elettrico con filo o alimentato a batteria.

Modelli piccoli con alimentazione a batteria, principalmente per uso hobbistico, sono dotati di lama tagliente con controlla-

5.3. GESTIONE E RINNOVAMENTO DEL TAPPETO ERBOSO

Gli interventi per il mantenimento e il rinnovamento del tappeto erboso sono destinati a ristabilire un'efficace penetrazione dell'acqua, ad arieggiare il terreno, a rimuovere energeticamente il feltro, a decompattare gli strati superficiali del terreno stesso e a facilitare e migliorare contemporanei interventi di trasemina o fertilizzazione. Si tratta di operazioni colturali finalizzate al mantenimento delle caratteristiche funzionali del tappeto erboso (composizione floristica, elasticità e scorrevolezza, uniformità, ecc.) ed estetiche (colore, compattezza, ecc.).

Possono essere distinti in funzione dell'intensità dell'intervento, che può interessare il solo cotico erboso (es. sfeltratura, spazzolatura, ecc.) oppure lo strato superficiale del terreno (es. chiodatura, carotatura, ecc.) con breve o nulla interruzione della fruizione del tappeto erboso, fino a interventi più profondi (es. ripuntatura, scarificazione) che possono comportare l'interruzione anche prolungata della fruizione del prato.

Diversa può essere anche la loro frequenza, che varia in funzione di diversi parametri, come il tipo di rasaerba utilizzato, il livello di fruizione e calpestamento, le specie presenti, ecc.

5.3.1 La sfeltratura e altri interventi superficiali

Un intervento di tipo superficiale è la **rimozione del feltro**.

L'operazione di **sfeltratura** (*dethatching*) consiste nel fendere e asportare lo strato di feltro

² Si veda il cap. 4.

senza intaccare il terreno. La sfeltratura si effettua quando, all'esame del profilo del terreno, si nota la presenza di feltro eccessivo: in particolare, quando il feltro supera circa i 10 mm in tappeti erbosi con altezze di taglio inferiori ai 25 mm o i 15-20 mm se si utilizzano altezze di taglio superiori.

Gli interventi possono essere eseguiti con macchine semoventi (con conducente a terra o a bordo) oppure si utilizzano attrezzi portati da trattore o altra macchina motrice. Per le piccole superfici si usano anche scope metalliche oppure può essere utile passare il rastrello.

*Il **feltro** è uno strato indecomposto di biomassa costituito dai residui del taglio dell'erba, dai residui delle foglie cadute, ecc. Quando diventa troppo spesso (oltre 10-15 mm) ostacola il passaggio dell'aria e dell'acqua, creando così condizioni di asfissia dell'apparato radicale, con conseguente decadimento del cotico erboso.*

Concorrono alla formazione del feltro:

- l'eccesso di concimazioni azotate,
- la presenza di specie vigorose,
- le eccessive irrigazioni,
- i ristagni idrici,
- la mancata esecuzione di interventi di arieggiamento,
- le altezze di taglio troppo basse,
- le modifiche repentine nell'altezza di taglio,
- l'instaurazione di condizioni di acidità del suolo,
- la mancanza di un'adeguata umidità (bassa attività microbica).

Sono sintomi di eccessiva presenza di feltro il manifestarsi dell'effetto scalping³, la persistenza dell'orma al passaggio, la comparsa di aree clorotiche, la facile diffusione di malattie, la presenza di aree impermeabili. La presenza di tali sintomi però non è ascrivibile alla sola presenza di feltro per cui è necessario controllare l'altezza dello strato ingiallito alla base del tappeto erboso.

Le attrezzature che eseguono l'intervento più superficialmente sono i **raschiamuschio** il cui organo di lavoro è costituito da uno o più raramente due rotori orizzontali muniti di denti (normalmente spaziati 8-12 mm) montati su molle che conferiscono loro elasticità. La molla determina un'azione "a strappo" che però non danneggia il cotico erboso e non intacca il terreno.

Oltre che con questa attrezzatura la rimozione del feltro può essere effettuata da **sfeltratori** veri e propri, dotati di organi lavoranti a denti, o dai più conosciuti e utilizzati **verticutter**, dotati di organi lavoranti a lame, che operano all'interno del tappeto erboso senza incidere il terreno in profondità. Nei verticutter l'organo sfeltratore è costituito da un rotore ad asse orizzontale sul quale sono montati i coltelli e dotato di carter protettivo. I verticutter consentono una regolazione fine della profondità di lavoro, che in genere può andare da 20-30 mm fino a 60-80 mm. In questo modo si arieggia lo strato più superficiale del suolo e si asporta il feltro in modo più energico rispetto al raschiamuschio.

³ Lo scalping definisce un prato irregolare, ispido, stopposo, che tende a successivo sbiancamento-ingiallimento.

I modelli più piccoli di verticutter sono macchine semoventi, dotate di motore elettrico o a scoppio con conducente a terra (larghezza di lavoro 0,3-0,4 m), mentre i modelli più grandi sono attrezzature portate o trainate con larghezza di lavoro 1,5 m e oltre. Possono essere utilizzati gli stessi rotori delle trinciatrici o rasaerba a coltelli provvedendo alla sostituzione dei coltelli⁴. Sono disponibili anche attrezzature predisposte per sostituire i cilindri di taglio dei rasaerba elicoidali.

Generalmente vengono effettuati due passaggi a losanga mentre in presenza di molto feltro bisogna fare più passaggi incrociati (intervento a stella). Una eventuale concimazione andrà eseguita solo dopo l'intervento di sfeltratura.



5.24 Semovente con conducente a terra per la sfeltratura



5.25 Sfeltratura eseguita su green e collar con due passaggi a losanga

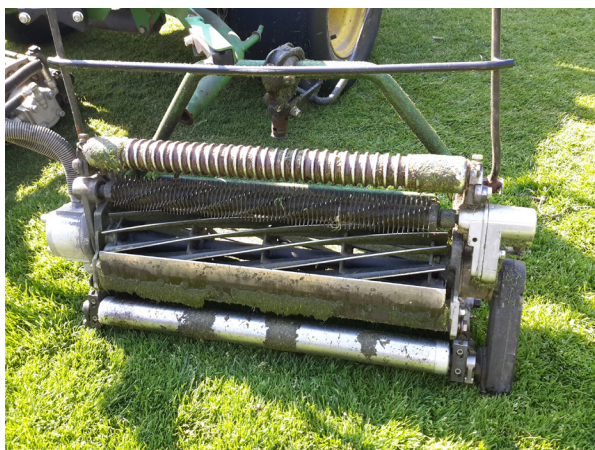
È importante effettuare la prima sfeltratura all'inizio della ripresa vegetativa, al fine di eliminare i residui accumulati nel periodo invernale. Successivi interventi devono essere programmati durante tutta la stagione vegetativa in funzione delle specie presenti nel tappeto e del tipo di prato. Ad esempio, nel golf si considerano fino a 15/20 interventi annui sui *green*, con un minimo di 7/8, mentre sui *fairways* ci si può limitare a 5/6 l'anno con un minimo di 1/2 all'anno.

La raccolta del residuo rimosso può essere effettuata direttamente, se l'attrezzatura prevede la possibilità di applicare un cesto di raccolta, o mediante un passaggio successivo effettuato con aspiratori (come quelli utilizzati per le foglie), oppure rasaerba a lame orizzontali con cesto di raccolta, oppure attrezzature come spazzolatrici o soffiatori che consentono di spostare il residuo fuori dall'area trattata.

È bene ricordare che, come intervento preventivo contro la formazione del feltro, sui tappeti erbosi di qualità si effettua il *top-dressing* (vedi oltre), che favorisce la normale decomposizione del feltro e, se necessario, consente di inoculare microrganismi, correggere l'acidità (calcitazioni) e il rapporto C/N (30:1).

Un altro intervento superficiale è il **micro verticutting** o *grooming*. Questo si effettua con un'attrezzatura montata anteriormente su rasaerba a lama elicoidale da green, con lo scopo

⁴ Si veda il cap.4.



5.26 Per mantenere più possibile verticali gli steli d'erba e migliorare la qualità di taglio davanti al cilindro è stato posizionato un groomer e un rullo scanalato

di contrastare l'effetto *grain* (ovvero la crescita prostrata dello stelo d'erba, frequente quando si adottano altezze di taglio ridotte). Il **groomer** è costituito da un rullo sul quale sono fissate lame verticali e sottili disposte in modo elicoidale, che sollevano gli steli facilitando il taglio.

Tra gli interventi secondari di tipo superficiale effettuati nei *green* e nei tappeti erbosi di pregio vi è la **spazzolatura** o *brushing*, che viene normalmente eseguita dopo la sabbiatura (*top-dressing*) per favorire la distribuzione e la penetrazione della sabbia. La spazzolatura può essere praticata anche per altre funzioni ed è utile per:

- pareggiare il terreno nudo;
- livellare un terreno battuto;
- favorire la copertura o la penetrazione del seme nel tappeto erboso dopo la semina o la trasemina;
- rompere le carote di terreno dopo la carotatura.

L'attrezzatura è costituita da una serie di spazzole solidali a un telaio e disposte ortogonalmente o inclinate rispetto la direzione di avanzamento, oppure da spazzole rotanti mosse dalla p.d.p. I modelli possono essere trainati o portati e sono disponibili anche attrezzature combinate con la seminatrice.

Infine, tra gli interventi superficiali del tappeto erboso si ricorda la **rullatura** che, favorendo soprattutto il contatto tra il cotico erboso e il terreno, si impiega prima del primo sfalcio in prati di nuova costituzione per evitare estirpazioni, oppure dopo i geli invernali per eliminare rigonfiamenti (soprattutto in suoli sabbiosi), e ogni qual volta si voglia migliorare la scorrevolezza delle superfici sportive; la rullatura, inoltre, viene effettuata dopo la trasemina e dopo la messa a dimora di rotoli e zolle erbose.

Il rullo è normalmente liscio, ma rulli chiodati sono utilizzati per la bucatura del tappeto erboso, mentre quelli del tipo *cultipacker* sono dotati di rilievi per favorire la penetrazione del seme nelle trasemine a spaglio.

5.3.2. La decompattazione e l'aerazione del suolo

Gli interventi più intensi sul tappeto erboso sono quelli rivolti alla **decompattazione** e **aerazione** del suolo.

Un tappeto erboso in un terreno compattato, ovvero destrutturato e con una ridotta macro-

porosità, è caratterizzato da una minore resistenza alla siccità, dalla riduzione della densità delle piante, dalla riduzione del numero di specie e dalla diffusione di alcune infestanti.

Ai fini della prevenzione del compattamento è importante il corretto impiego delle macchine che vengono fatte transitare sul tappeto erboso: particolare attenzione deve essere rivolta soprattutto all'impiego di pneumatici adatti al tappeto erboso e al peso delle macchine impiegate nelle varie operazioni. Nei campi da golf può essere anche importante variare i percorsi delle *golf-car*, per evitare zone compattate dal passaggio ripetuto degli pneumatici.

Gli interventi di decompattazione e aerazione hanno come scopo principale quello di aumentare la macroporosità per stimolare la crescita dell'apparato radicale e intensificare l'attività microbica, oltre a ridurre i rischi di insorgenza di malattie del tappeto erboso, anche a causa del ristagno idrico che si può facilmente verificare in suoli compattati. Gli interventi possono avere una frequenza settimanale, come nel caso dei *green*, oppure essere effettuati periodicamente, come al termine della stagione agonistica nei campi da calcio. Le operazioni prevedono l'impiego di ripuntatori, bucatrici e arieggiatori e spesso vengono abbinate alla trasemina, alla distribuzione di ammendanti e concimi e a eventuali trattamenti diserbanti.

Nel caso di compattamento superficiale, che riguarda lo strato più superficiale entro i 10 cm di suolo, i lavori rientrano nella manutenzione ordinaria (carotatura, chiodatura, ecc.) mentre, se il compattamento è profondo, sarà necessario un intervento straordinario che agisca più in profondità (ripuntatura, trapanatura, carotatura profonda, ecc.). Esistono telai multifunzione su cui montare organi per la scarificazione, la sfeltratura o la carotatura.

Poco utilizzata perché troppo dirompente è la **ripuntatura**, eseguita con attrezzature dotate di ancore, fisse o vibranti, che praticano delle fenditure verticali profonde una trentina di centimetri e distanti 30-50 cm. Attrezzature combinate prevedono la presenza di un disco anteriore che provoca una fenditura nel terreno che viene allargata e approfondita dall'ancora e quindi richiusa da un rullo posteriore. L'operazione è sconsigliabile nei terreni ricchi di sassi, dato che questi, durante l'avanzamento della macchina, vengono portati in superficie con danni per il tappeto erboso.



5.27 Carotatura eseguita su un fairway: le carote di terra vengono messe in andana per favorire la successiva raccolta

Ma per decompattare e arieggiare il terreno l'intervento più utilizzato nei tappeti erbosi è la **carotatura** o **bucatura** o *coring* (chiamato anche *vertidrain* essendo un'operazione di drenaggio verticale). In questo caso si praticano fori con densità variabile (da 100 a 800 per m²) con o senza l'asportazione della carota di terreno. Infatti, le macchine bucatrici forano il tappeto erboso grazie a delle fustelle cave (carotatrici) o piene (bucatrici) montate su un rotore o su un albero a collo d'oca. L'apparato di lavoro delle carotatrici è costituito da una serie di fustelle cave con diametro di 1-1,5 cm in grado di operare a profondità da 3 a 8 cm, oppure con diametro maggiore di 2-2,5 cm per operare fino a profondità di 30 cm (anche oltre in alcuni casi).

La scelta di impiegare carotatrici o bucatrici, ovvero fustelle cave oppure punte piene, dipende da numerosi fattori, primi fra tutti la composizione e la localizzazione di eventuali strati impermeabili che possono formarsi dopo il compattamento e la granulometria del terreno. La scelta del diametro delle fustelle o delle punte e la quantità di fori per unità di superficie sono in relazione all'importanza del problema che si vuole correggere e al periodo di inattività del tappeto erboso. Per gli interventi più importanti di decompattazione è preferibile aumentare il diametro delle fustelle e la quantità di fori, mentre per il riutilizzo immediato della superficie si effettuano fori di diametro inferiore che immediatamente dopo il *top-dressing* permetteranno la fruizione del tappeto erboso.

Importante ricordare che, al momento dell'intervento, il terreno deve essere in tempera su una profondità almeno pari a quella di lavorazione. Infatti, con un terreno troppo secco si avrebbe una forte resistenza alla penetrazione degli organi meccanici, mentre con un suolo saturo di acqua si può distrutturare e compattare il terreno.

Si tenga presente, inoltre, che l'intervento con fustelle cave determina una minore compressione del terreno intorno ai fori, mentre con l'utilizzo di punte piene può determinarsi un'ulteriore costipazione del terreno, specie nei casi di terreno scarsamente strutturato, con conseguente diminuzione dell'efficacia dell'intervento. Questo fatto non crea problemi se la densità dei fori è di 100-120 per m²; per alte densità è quindi preferibile la carotatura.

Le carote di terra possono essere poi rimosse (tramite spazzolatrici-raccoglitrice collegate eventualmente ad un elevatore a nastro) oppure sminuzzate (utilizzando ad esempio una rete metallica) e incorporate nel terreno, a patto però che presentino un terreno della granulometria adeguata al tappeto erboso in cui si effettua l'operazione.



5.28 Le carote di terra dopo la raccolta possono essere messe in cumuli e riutilizzate per ripristinare aree di prato degradato

Esistono due principali tipologie di macchine: quelle a moto alternativo e quelle rotative, che hanno le fustelle fissate a un rotore.

Nelle carotatrici/bucatrici a moto alternativo le fustelle eseguono un continuo movimento di saliscendi. Sono capaci di raggiungere anche 30-40 cm di profondità e consentono di ottenere fino a 1000 fori/m², determinando un'asportazione di terreno fino al 25% quando si impiegano le fustelle cave. Sono disponibili macchine semoventi, con larghezza di lavoro fino a 1,5 m e portate, con larghezze di lavoro di 2-3 m. Possono operare a velocità di avanzamento anche superiori ai 4 km/h. Queste macchine risentono però della presenza di pietre e non possono quindi essere utilizzate in terreni con scheletro.



5.29 La forconatura viene eseguita da una bucatrice con alberi a gomito

Le attrezzature con apparato a rotore hanno fustelle di forma leggermente inclinata inserite su dischi montati su un'asse orizzontale rotante. Sono generalmente di tipo portato, con lunghezza di lavoro 1,2-1,8 m e consentono velocità di avanzamento fino a 15 km/h. Effettuano 70-120 fori/m². Rispetto ai modelli a moto alternativo, queste macchine danneggiano maggior-



5.30 Forconatura in un fairway



5.31 Fustelle piene di diversa grandezza adatte a bucatura e forconatura

mente il cotico erboso.

La **forconatura** è un lavoro simile ma più intenso che può essere effettuato manualmente oppure da macchine bucatrici con alberi a gomito (a becco d'oca). In queste macchine le fustelle penetrano verticalmente fino a 15-20 cm ed escono obliquamente dal terreno, determinando un notevole incremento dell'aerazione del terreno.

Non prevedendo asporto di terreno, è un'operazione che risulta più veloce e meno distruttiva rispetto alla carotatura, ma provoca una maggiore compattazione ai lati e nel fondo dei fori e non è consigliabile quindi una sua applicazione troppo frequente.

Si parla di **vibroforconatura** quando la macchina impartisce alle fustelle (che sono sempre solo piene e di solito più lunghe, raggiungendo anche i 30 cm di profondità) anche una vibrazione-oscillazione, che smuove il terreno in profondità e ne determina un leggero sollevamento. Ne risulta una lavorazione più intensa della semplice forconatura, anche se sempre senza asportazione del terreno. Per evitare danni al cotico erboso è preferibile utilizzare macchine dotate di regolazione manuale dell'oscillazione delle punte a seconda della velocità di avanzamento del trattore e delle caratteristiche del terreno. Anche in questo caso è molto importante compiere questa operazione quando il terreno è in tempera per una migliore efficacia dell'operazione.



5.32 Macchina decompattatrice tramite iniezione di getti d'acqua a pressione

La tecnica dell'**idroforatura** prevede l'utilizzo di getti

d'acqua ad alta pressione che provocano una disgregazione del terreno fino a circa 50 cm di profondità. Risulta molto efficace per l'incorporamento di varie sostanze liquide nel terreno, quali concimi (soprattutto quelli con elementi poco mobili come il fosforo), antiparassitari e anche ammendanti per migliorare le caratteristiche fisiche del terreno. Infatti, alcune idroforatrici di recente fabbricazione, sfruttando l'*effetto vuoto* determinato dal getto di acqua ad alta pressione che entra nel suolo, danno la possibilità di introdurre sabbia in corrispondenza dei fori.

Particolarità di questo tipo di intervento è che consente di non interrompere la fruizione del campo da gioco, in quanto il tappeto erboso subisce un danneggiamento minimo. Le idroforatrici presentano però una bassa capacità di lavoro e richiedono un frequente rifornimento d'acqua ovvero un accesso a una presa d'acqua. Inoltre, la compattazione può essere trasferita in profondità.

Diversa è la **pneumoforatura** che sfrutta invece l'iniezione di aria ad alta pressione nel suolo allo scopo di provocare dei movimenti nel terreno che contrastano la compattazione. La macchina è composta da un compressore collegato ad uno o più pali iniettori. Con un solo palo iniettore l'effetto disgregatore è limitato ai 3-4 m² circostanti, mentre, in macchine più recenti i pali iniettori sono montati al posto delle fustelle, su un attrezzo molto simile a quello impiegato per la forconatura. In questo caso la velocità dell'operazione e la conseguente produttività della macchina è decisamente maggiore.



5.33 Attrezzatura con lame per incisioni fino a 20 cm di profondità



5.35 Le caratteristiche incisioni dei dischi a stella per slicing



5.34 Intervento di slicing in un green



5.36 Particolare dell'incisione

Altri interventi finalizzati a risolvere fenomeni di compattazione superficiale o ristagno idrico comprendono lo **slicing**. In questo caso si praticano delle incisioni verticali non continue nel terreno senza rimozione e sollevamento di terra con degli attrezzi costituiti da un rullo orizzontale con una serie di dischi a stella o con inserite delle lame. Si può arrivare anche a 20 cm di profondità e permette il pronto utilizzo del tappeto erboso. Per questo nei campi da golf viene talvolta preferito ad altri interventi di aerazione del suolo.

La **chiodatura** (**spiking**) è un intervento che implica la perforazione superficiale del tappeto erboso attraverso l'utilizzo di fustelle piccole e sottili a forma di chiodo (6 mm di diametro con lunghezze di 4-5 cm). Risulta efficace per alleviare temporaneamente problemi di compattamento molto superficiale e viene per lo più consigliata per stimolare la crescita di nuovi culmi laterali e lo sviluppo dell'apparato radicale. Si possono utilizzare attrezzature portate o trainate, rulli chiodati da portare a mano oppure particolari calzari da indossare come sottosuole per pronti interventi anche durante gli intervalli di gioco.

5.3.3. Il top-dressing

Il **top-dressing** è l'operazione per mezzo della quale si distribuisce sul tappeto erboso un sottile strato di un ammendante a base di sabbia (generalmente una miscela di almeno l'80% di sabbia e sostanza organica) o di sola sabbia (in tal caso si parla anche di sabbatura). È un intervento che annovera tra le sue funzioni quello di ridurre le irregolarità del terreno, prevenire la formazione di feltro, aumentare la porosità del suolo (dopo interventi di rigenerazione) e proteggere il colletto delle piante (funzione pacciamante). Il **top-dressing** può



5.37 Distribuzione per gravità di materiale sabbioso per top-dressing

essere abbinato ad altre operazioni, soprattutto dopo il passaggio di carotatrici o bucatrici per riempire i fori realizzati dalle macchine stesse.

Nei tappeti erbosi per uso sportivo la sabbatura è effettuata frequentemente, con anche 5 – 10 interventi annui, mentre può diventare anche settimanale nei *green* dei campi da golf, utilizzando da 1 a 4 litri di sabbia per m² a seconda delle condizioni del prato.



5.38 Particolare dell'apparato distributore centrifugo di una macchina per top-dressing



5.39 Dopo il *top-dressing* si può effettuare un passaggio con un tappeto per favorire la penetrazione della sabbia nei fori effettuati dalla precedente bucatura



5.40 *Top-dressing* in un green con macchina a distribuzione centrifuga

Per il *top-dressing* si utilizzano macchine che operano con gli stessi principi degli spandiconcime. Si possono avere macchine centrifughe a disco o sistemi per gravità, questi ultimi assicurano una distribuzione più uniforme ma tempi di lavori maggiori. Esistono modelli semoventi, portati o trainati dal trattore o da altri veicoli polifunzionali. È importante che le macchine o i rimorchi utilizzati montino pneumatici a bassa pressione per ridurre la compattazione, visto il peso della macchina quando è a pieno carico.

Talvolta, per l'operazione di *top-dressing* vengono impiegate macchine non specifiche, come gli spandiconcime o le seminatrici per gravità.

Dopo lo spandimento è bene effettuare una rullatura seguita da una spazzolatura oppure il passaggio di un tappeto e un'irrigazione per favorire la penetrazione del materiale distribuito e ridurre i rischi di danneggiamento delle lame dei rasaerba.

CURA E DIFESA DEL VERDE

6.1. FERTILIZZAZIONE

I fertilizzanti sono una vasta categoria di prodotti per la cura e la nutrizione delle piante e comprendono i concimi (che apportano sostanze nutritive), gli ammendanti (che migliorano anche le condizioni fisiche del terreno) e i correttivi (per correggere la reazione del terreno).

L'apporto di fertilizzanti è indispensabile in generale per un buon accrescimento delle piante negli spazi a verde, compresi i tetti verdi, dove si consiglia almeno una concimazione in primavera alla ripresa vegetativa, ma è fondamentale soprattutto nel mantenimento dei tappeti erbosi dei campi sportivi in quanto:

- è richiesta una elevata qualità in termini di compattezza, resistenza, capacità di recupero, scorrevolezza, elasticità;
- sono soggetti a elevata fruizione che tende a danneggiare il cotico erboso;
- necessitano di tagli frequenti, spesso con asportazione dell'erba e quindi di sostanze nutritive;
- vi è una elevata presenza di sabbia nel *topsoil* che riduce la capacità di trattenere gli elementi nutritivi;
- i tagli frequenti e la ridotta altezza di taglio riducono lo sviluppo dell'apparato radicale con conseguente minore esplorazione di volume di terreno.

L'efficienza di utilizzazione di un fertilizzante dipende da fattori colturali, pedologici e ambientali, tra i quali risulta particolarmente rilevante la modalità di distribuzione, un parametro che deriva, a sua volta, dalle caratteristiche fisico meccaniche del fertilizzante (dimensione e distribuzione dimensionale dei granuli, resistenza alla rottura, ecc.), dall'attrezzatura impiegata per il trattamento e dall'uniformità di distribuzione del concime.

In particolare, al fine di ottenere una ottimale uniformità di distribuzione un fattore importante da considerare al momento dell'acquisto del concime, sia questo in granuli, a scaglie o in pellet, è la sua omogeneità. Infatti, dimensioni irregolari influenzano negativamente l'operato degli organi di distribuzione, anche quando è stata effettuata una loro efficace regolazione.

Per quanto riguarda gli ammendanti, vi rientrano molti prodotti organici di origine animale e vegetale, la maggior parte dei quali derivano, più o meno direttamente, da residui di attività

di trasformazione agroindustriali. Agli ammendanti organici naturali, a partire dalla normativa 748/84, sono state aggiunte alcune nuove tipologie di prodotti definite ammendante compostato verde, ammendante compostato misto e ammendante torboso composto, che rappresentano le principali tipologie di prodotti noti con il comune nome di “compost”.

Il compost ha una importanza rilevante nella gestione delle aree verdi in quanto queste sono grandi produttrici di materiali di scarto adatti al compostaggio (sfalci, residui di potatura, ecc.) e in grado di rimpiazzare altri ammendanti agricoli tradizionali, primo tra tutti il letame, che risultano spesso di difficile reperimento e generalmente poco adatti all'impiego in ambienti antropizzati a causa degli odori che si possono diffondere durante il loro spargimento. Il compost di scarti vegetali è un prodotto di qualità, caratterizzato da una buona omogeneità, stabile e sicuro dal punto vista sanitario e fitosanitario.

Per la distribuzione dei concimi si possono utilizzare sistemi diversi a seconda del fertilizzante impiegato. Distinguiamo sistemi a distribuzione meccanica per i materiali solidi, sistemi di fertirrigazione per i concimi sciolti in acqua e distribuiti con l'impianto di irrigazione e sistemi di irrorazione per la concimazione fogliare ovvero per la distribuzione di appositi fertilizzanti mediante irroratrici a polverizzazione meccanica.

La distribuzione meccanizzata dei concimi riguarda soprattutto il tappeto erboso, in quanto per gli arbusti e le erbacee annuali e perenni si fanno concimazioni manuali localizzate. Quando si somministrano dei concimi ai tappeti erbosi si richiede una buona uniformità di distribuzione della giusta quantità, dosata considerando le effettive necessità delle piante e le caratteristiche chimico-fisiche del suolo.

Per ampie superfici, come quelle dei campi da golf, si stanno cominciando a proporre soluzioni mutate dall'agricoltura di precisione che utilizzano macchine per la concimazione a dosaggio variabile (Variable Rate) per somministrare il concime secondo le reali esigenze del prato e la variabilità spazio-temporale del campo, superando i concetti di uniformità di distribuzione, evitando le sovrapposizioni e, di conseguenza, gli sprechi di prodotto.

6.1.1. La distribuzione dei concimi solidi

Si tratta della tipologia di distribuzione certamente più importante e utilizzata in quanto i fertilizzanti vengono normalmente distribuiti nella forma solida.

Le macchine utilizzate possono essere di tipo trainato, portato o semovente, oltre alle attrezzature manuali. Gli organi caratteristici sono tramoggia, agitatore, dosatore e distributore.

Il sistema di regolazione della dose permette il controllo del flusso del concime dalla tramoggia all'organo distributore e può essere:

- per gravità: sul fondo della tramoggia sono presenti una o più aperture con luce regolabile;
- per estrazione forzata: l'apertura, con luce regolabile, è alimentata da un convogliatore a nastro; il sistema può essere azionato dalla p.d.p. del trattore (distribuzione proporzionale al regime di rotazione del motore) o derivare dal moto delle ruote dello spandiconcime (distribuzione proporzionale all'avanzamento);

- volumetrico: rulli (scanalati, dentati o a palette) azionati dalla p.d.p. del trattore estraggono il concime dalla tramoggia ruotando attorno al proprio asse.

La tipologia di macchine più diffusa è rappresentata dalle **macchine a distribuzione centrifuga**, in grado di distribuire sul terreno fertilizzanti e materiali solidi granulari o pellettati. Possono essere utilizzate anche per semine a spaglio e come spandisale.

Hanno tramogge tronco-coniche o tronco-piramidali rovesce nei modelli più piccoli o di forma prismatica nei modelli più grandi. La capacità della tramoggia è variabile da 0,5 a 1,5 m³ fino a 10 m³ nei modelli più grandi trainati. La velocità di avanzamento varia da 6 a 12 km·h⁻¹.



6.1 Spandiconcime semovente centrifugo a doppio disco

Le due principali tipologie di distribuzione centrifuga sono *a piatto ruotante* o *a tubo oscillante*. Il sistema *a piatto ruotante* è largamente il più diffuso in agricoltura, ma trova frequente applicazione anche nel verde per la sua economicità, capacità di lavoro e versatilità. L'organo distributore è costituito da un disco (o due) dotato di moto rotatorio (regime fra 320 e 700 giri/min). La faccia superiore del disco presenta un'alettatura radiale. Il concime cade in quantità dosata su di essa e viene proiettato dalle alette, per effetto della rotazione, su un largo fronte. Il sistema di regolazione della dose è a gravità o per estrazione forzata. La larghezza di lavoro

oscilla dai 3 metri fino a 18 metri per i modelli più grandi a doppio disco.

Sia i modelli a doppio disco che quelli a disco semplice forniscono una distribuzione a ventaglio che non permette un'ottimale uniformità di distribuzione del concime, la quale deve essere compensata dall'operatore agendo con una sovrapposizione delle passate pari a circa la metà della larghezza di lavoro.

Per evitare di spargere il concime oltre i bordi (causa di spreco di fertilizzante e possibile inquinamento ambientale) si possono montare degli organi deviatori del flusso che permettono di modificare l'angolo di lancio all'uscita dai dischi distributori.

Nell'altra tipologia, quella *a tubo oscillante*, l'organo distributore è rappresentato da un tubo, forato lateralmente, dotato di moto oscillatorio trasversale alla direzione di avanzamento (circa 400 doppie oscillazioni al minuto).

Il concime granulare viene sparso per effetto della forza centrifuga su una larga fascia di terreno che può arrivare ai 16 metri, con un diagramma di distribuzione



6.2 Spandiconcime centrifugo a braccio oscillante portato da trattorino tipo garden

ellittico-trapezoidale che permette di ridurre la sovrapposizione delle passate. La larghezza di lavoro può essere variata modificando l'ampiezza di oscillazione, così pure possono esser presenti dei dispositivi di parzializzazione della distribuzione. Il sistema di regolazione della dose è a gravità.

Nei migliori dei casi, le macchine a distribuzione centrifuga, che sono economiche, robuste e versatili, assicurano una variabilità nella distribuzione trasversale con Coefficienti di Variazione (CV)¹ inferiori al 15%, un valore che può rivelarsi insufficiente nei casi in cui sia richiesto un alto grado di uniformità nella distribuzione del fertilizzante (es. tappeti erbosi di qualità e sportivi).

Le **macchine a distribuzione per gravità** effettuano, invece, una distribuzione più omogenea. Il materiale esce dalla tramoggia attraverso una serie di feritoie o luci praticate sul fondo di essa, sospinto dal sistema di regolazione della dose. I principali dosatori sono: a coclea longitudinale, a tappeti mobili, a cilindro scanalato o a dischi.

La larghezza della tramoggia coincide con quella di lavoro ed è generalmente compresa tra 1 e 4 metri.

Queste macchine assicurano un'elevata uniformità di spargimento ma a costi superiori, in quanto nettamente più lente nell'impiego rispetto alle analoghe macchine a distribuzione centrifuga: infatti, la minore larghezza di lavoro necessita di un elevato numero di passaggi. Non sono però necessarie sovrapposizioni nelle passate. Inoltre, il sistema a gravità risulta più adatto per distribuire concimi polverulenti in quanto limita la formazione di polvere durante la distribuzione.



6.3 Piccola attrezzatura manuale con distribuzione per gravità

Gli stessi principi delle tipologie più diffuse sopraelencate (spandimento centrifugo e per gravità) si possono ritrovare anche nelle piccole attrezzature manuali azionate dall'operatore, diffuse per uso hobbistico o su piccole superfici.

Un'altra tipologia di macchine, sebbene meno diffusa, è rappresentata dalle **macchine a distribuzione pneumatica**, dove il prodotto viene spinto fino ai deflettori (disposti lungo una barra orizzontale) da una corrente d'aria generata da un ventilatore radiale che ne assicura una distribuzione uniforme. Le barre di distribuzione hanno lunghezze tra i 10 e i 24 metri e sono ripiegabili per agevolare gli spostamenti. Per una corretta

sovrapposizione dei getti tra deflettori contigui è importante che la barra sia sempre parallela alla superficie del suolo. La sovrapposizione tra passate è minima, pertanto la larghezza di lavoro è praticamente quella della barra. La qualità del lavoro dello spandiconcime pneumatico è senza dubbio la migliore, però i costi di acquisto e manutenzione sono nettamente più alti che nelle altre macchine.

1 Il coefficiente di variazione (CV) è la deviazione standard sulla media aritmetica $CV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\bar{x}}$

Quando si devono correggere velocemente carenze nutritive, soprattutto di azoto e microelementi, si può effettuare una concimazione in copertura utilizzando concimi in forma liquida (soluzioni e sospensioni). In questo caso per la distribuzione vengono impiegate le comuni irroratrici a barra (vedi oltre).



6.4 Controllo in campo della distribuzione trasversale di uno spandiconcime. In basso, le scatole a misura standardizzata che si impiegano nelle prove

Come già accennato in premessa, è importante ricordare che le macchine per la distribuzione dei fertilizzanti, soprattutto quelle a proiezione centrifuga con piatto rotante, vengono normalmente concepite per l'uso con concimi minerali che si presentano generalmente come formulati omogenei dal punto di vista dimensionale. Il loro uso con prodotti pellettati o con formulati con granuli distribuiti in classi dimensionali disomogenee, richiede tarature e regolazioni della macchina diverse da quelle normalmente adottate.

Con queste premesse, risulta evidente come l'aspetto fondamentale dell'efficienza nella distribuzione di un concime sia l'uniformità di distribuzione, che si misura con test standardizzati, sia in ambito sperimentale o durante la certificazione di macchine nuove, sia nella pratica, quando si opera con macchine usate di cui si voglia controllare la loro efficienza.

Recentemente l'operazione di regolazione può essere eseguita anche con l'uso di sistemi di gestione elettronica della dose in modo direttamente proporzionale alla velocità di avanzamento, detta regolazione D.P.A. (dose proporzionale all'avanzamento), mantenendo costante e omogenea la quantità distribuita.

6.1.2. La distribuzione degli ammendanti

Come accennato in precedenza, l'ammendante più usato nelle aree verdi è il compost. Il compost può essere utilizzato al momento dell'impianto (per la fertilizzazione di fondo o nelle buche di piantumazione) e annualmente su aiuole.

Per quanto riguarda la distribuzione, le tradizionali macchine per la distribuzione dei fertilizzanti solidi non si adattano facilmente alla distribuzione del



6.5 Particolare del sistema di alimentazione (a coclee) e di distribuzione (a piatti posteriori) di uno spandicompost

compost, che ha una particolare natura fisica, rappresentata da una struttura fibroso-polverulenta.

I mezzi meccanici più adatti sono **macchine spandicompost** assimilabili o derivati dai classici spandiletame, costituiti da cassone a fondo mobile per favorire il convogliamento dell'ammendante verso gli organi distributori e caratterizzati da notevole capacità di carico.

I cantieri di distribuzione dovrebbero essere costituiti, in analogia con quanto avviene per la distribuzione del letame, da un caricatore e da uno o più mezzi per lo spandimento vero e proprio.

L'impiego localizzato dell'ammendante richiede mezzi di ridotte dimensioni, che garantiscano una buona capacità di manovra.

Per quanto concerne gli organi distributori veri e propri, occorre ricordare che l'elevata componente pulverulenta, solitamente presente nel compost, può dare origine a fenomeni di deriva. Per ovviare a questo problema i mezzi distributori devono riuscire a mantenere il prodotto il più possibile vicino al suolo. A tal proposito, buoni risultati si ottengono tramite organi distributori ad asse verticale, simili ai piatti giranti di cui è dotata la maggior parte dei tradizionali spandiconcime. Le macchine in cui questi piatti, in coppia o singolarmente, sono posizionati posteriormente effettuano una distribuzione centrale che solitamente riesce a coprire una larghezza variabile tra 6 e 8 metri. In alternativa si possono trovare rimorchi a distribuzione laterale in cui un unico piatto girante è posto nella parte anteriore del carro, poco al di sotto del piano di scorrimento del materiale che, cadendovi sopra, viene da questo lanciato lateralmente. Tali macchine possono presentare, sulla bocca di uscita del compost, un carter orientabile che devia il flusso del materiale dirigendolo verso la base delle piante, operando, in questo caso, su un'unica fila per volta.

Altra possibilità per l'applicazione localizzata è rappresentata da macchine a distribuzione posteriore dove i piatti giranti sono sostituiti da pedane mobili che depositano l'ammendante lungo i due lati della macchina.

I distributori descritti riescono a garantire una buona uniformità di distribuzione, a patto che l'afflusso del compost verso di essi avvenga in modo costante. A tal proposito, tutti i metodi di convogliamento del materiale già adottati negli spandiletame, dalle tradizionali catenarie sul fondo del cassone, con o senza sponda mobile posteriore, fino ai più innovativi modelli dove l'intero pianale è dotato di movimento continuo, si rivelano adatti allo scopo. Un miglioramento tecnico è dato dall'inserimento, tra il cassone e gli organi deputati alla distribuzione, di una cassa di compensazione per l'alimentazione costante dei distributori.

Infine, una caratteristica molto importante, che aumenta la versatilità della macchina, è la possibilità di regolazione della velocità di avanzamento del pianale. Un'interessante prospettiva, che ancora necessita di qualche verifica, è rappresentata dagli spandiconcime di grandi dimensioni con distribuzione meccanica tramite una barra a vite, studiati per l'applicazione di materiali pulverulenti. Questi mezzi hanno una tramoggia dalla quale il prodotto viene convogliato, tramite una catena o un pianale mobile, verso l'attacco della barra a vite, le cui coclee lo trasportano all'interno della barra stessa, dove è presente un'apertura longitudinale da cui il materiale pulverulento fuoriesce cadendo sul terreno.

Tabella 6.1 - Sistemi di distribuzione di spandicompost.

Modalità di distribuzione	Organi di distribuzione
Per proiezione	Coclee libere ad asse orizzontale o verticale
	Spazzole rotanti ad asse orizzontale o verticale
	Dischi ad asse verticale
Per trascinamento o per caduta	Coclee tubolari orizzontali con aperture sagomate
Pneumatica	Convogliatori flessibili

6.2. DISERBO E TRATTAMENTI ANTIPARASSITARI

Nelle aree urbanizzate le particolari condizioni in cui gli alberi e le altre specie ornamentali si trovano influenzano fortemente le loro condizioni fitosanitarie. Infatti, le piante vegetano in ecosistemi caratterizzati da una semplificazione estrema e sono soggette a numerosi fattori di stress che ne compromettono le difese naturali e aggravano la potenziale pericolosità dei loro patogeni (insetti, acari, funghi, ecc.). Certe avversità, che in campagna o in bosco sarebbero di secondaria importanza, assumono una particolare rilevanza in ambienti antropizzati in quanto generano danni al valore ornamentale delle piante o perché determinano danni alle persone, soprattutto quando l'attacco dell'agente patogeno mina la tenuta statica e strutturale del legno degli alberi.

In particolare, per le piante arboree la problematica è accentuata dalle difficoltà diagnostiche dovute all'insediarsi di patogeni secondari (o di "debolezza") verso i quali spesso si indirizza erroneamente l'intervento fitoiatrico, trascurando invece le cause originarie del problema, che risiedono in genere in fattori di stress di diversa natura.



6.6 Barra irroratrice portata da un ATV

È quindi evidente come le tecniche di difesa debbano comprendere, innanzitutto, un ventaglio di azioni volte al mantenimento delle migliori condizioni di salute delle piante, prime tra tutte quelle preventive che vanno dalla corretta scelta di specie e varietà da impiegare, alla limitazione delle operazioni che provocano ferite (potature, interventi sulle radici con scavi, ecc.), al mantenimento della fertilità in senso lato del terreno, all'irrigazione, ecc.

In ultima istanza e dove è possibile (ricordiamo che si deve spesso operare in zone altamente frequentate), si può ricorrere alle forme di lotta dirette, generalmente condotte con la somministrazione di sostanze chimiche di sintesi, anche se negli ultimi anni si sono comunque affermate strategie di difesa che non prevedono l'uso di tali prodotti.

Alle normali operazioni di difesa dalle malattie in ambito urbano vanno aggiunti gli interventi straordinari obbligatori per legge, solitamente di tipo eradicativo e quindi molto costosi. Relativamente al settore urbano, le avversità il cui controllo è obbligatorio, sono: la processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), il cancro colorato del platano (*Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*), il colpo di fuoco batterico (*Erwinia amylovora*), la cocciniglia del pino marittimo (*Matsucoccus feytaudi*), il tarlo asiatico (*Anoplophora chinensis*), il punteruolo rosso delle palme (*Rhynchophorus ferrugineus*) e la sharka (*Plum Pox Virus*). Si tratta di avversità potenzialmente in grado di propagarsi in poco tempo con danni considerevoli e gli interventi di prevenzione e lotta risultano essenziali per garantirne il contenimento. Il colpo di fuoco batterico e la sharka, esiziali per il comparto agricolo, possono peraltro trovare un pericoloso mezzo di conservazione e diffusione in varie specie utilizzate a scopo ornamentale.

Per quanto riguarda le erbe infestanti, il loro controllo è importante in quanto, oltre a peggiorare l'aspetto estetico dell'area a verde, entrano in competizione con le specie ornamentali presenti, sia per quanto riguarda l'acqua che per gli elementi nutritivi.

Nelle aree urbane vi è poi il problema della flora spontanea che cresce lungo strade, marciapiedi, muri, ecc., la quale, se non efficacemente controllata, crea danni alle pavimentazioni a seguito soprattutto dell'azione dirompente delle radici. Da non sottovalutare, anche in questo caso, il danno estetico che le piante spontanee possono causare alle strutture e ai manufatti urbani, danno che tende a generare una sensazione di trascuratezza che si ripercuote negativamente sull'immagine della municipalità.

Tra gli interventi di cura, un particolare trattamento che può essere riservato ai tappeti erbosi è la distribuzione dei regolatori di crescita (detti anche *brachizzanti*) che possono essere miscelati con fungicidi e altri prodotti antiparassitari. Essi agiscono consentendo di ridurre il numero di interventi di taglio e la massa dello sfalcio a ogni taglio, con conseguenti minori costi di smaltimento, nonché contenere i fabbisogni idrici, senza compromettere la funzionalità, la fruibilità e la resistenza al calpestamento del tappeto erboso. Si tratta di una tecnica perlopiù utilizzata nei campi da golf che però può essere interessante anche per tappeti erbosi di difficile accesso ai rasaerba o con problemi di gestione dei residui di taglio, come quelli dei tetti verdi.

Per la lotta alle malerbe si possono effettuare trattamenti chimici oppure non-chimici utilizzando mezzi meccanici oppure altri sistemi a basso impatto sull'ambiente come i trattamenti termici.

6.2.1. La distribuzione di prodotti fitosanitari, diserbanti e concimi liquidi

Per i trattamenti chimici le macchine di più comune utilizzo sono quelle che distribuiscono prodotti liquidi, ovvero le irroratrici a barra e a getto portato (Vannucci, 2001), ma in ambiente urbano trovano impiego anche attrezzature per la distribuzione localizzata e l'endoterapia.

Le **irroratrici a barra**, definibili come macchine per la distribuzione di prodotti fitosanitari liquidi alle colture di pieno campo e per il diserbo, nell'ambito del verde trovano la loro piena applicazione per i trattamenti ai tappeti erbosi, compresa la somministrazione di concimi azo-

tati a pronto effetto e dei brachizzanti.

Si tratta di macchine portate o trainate (da trattore o da veicoli di utilità – ATV) o semoventi, caratterizzate da una barra orizzontale di varie grandezze su cui sono montati una serie di ugelli.

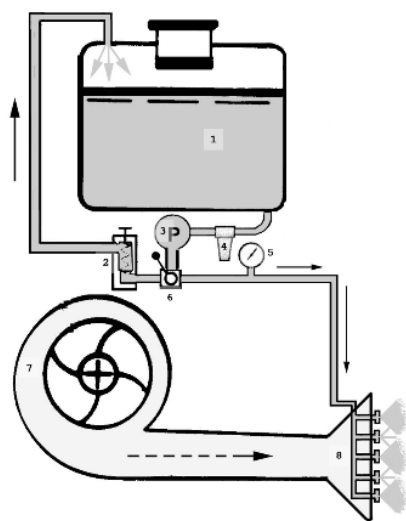
Le irroratrici sono dotate di pompe alternative (a membrana o a pistone-membrana) che mettono in pressione il liquido da distribuire, un serbatoio in vetroresina o materiale plastico, di capacità variabile e con angoli smussati per favorire la pulizia, organi di regolazione e manometro per verificare la pressione a cui si vuole operare. Importanti sono gli accessori per la sicurezza e i sistemi di controllo della portata, oltre alla presenza di dispositivi per il lavaggio dei contenitori dei fitofarmaci, sistemi di pulizia dell'impianto (serbatoio lava-impianto oppure serbatoi gonfiabili ausiliari), dispositivi anti-gocciolamento sugli ugelli. Esistono anche dispositivi di monitoraggio degli ugelli tramite sensori per rilevare il malfunzionamento degli ugelli danneggiati o intasati.

Alcuni accessori utili nelle attrezzature specializzate per i trattamenti nelle aree verdi sono le **lance** o gli altri dispositivi per la distribuzione localizzata e manuale del prodotto. L'uso di schermi protettivi che avvolgono la barra di distribuzione consente di evitare il fenomeno della deriva, particolarmente pericolosa quando il trattamento viene eseguito in luoghi pubblici.

La differenziazione più comune nelle irroratrici a barra è in base al principio di polverizzazione del getto: possiamo quindi avere macchine con ugelli a polverizzazione meccanica (di gran lunga le più diffuse), pneumatica e centrifuga. Nel primo caso la formazione delle gocce avviene grazie alla pressione impressa alla miscela fitoiatrica che, nel passaggio attraverso il foro dell'ugello, si frammenta in piccole gocce. Questo sistema è il più economico e diffuso, anche se non garantisce la formazione di gocce di dimensioni omogenee, con la conseguente presenza nel getto di una percentuale di gocce molto piccole (quindi più soggette alla deriva) e di gocce grosse, che possono non aderire alle parti trattate e cadere a terra) (Biocca & Gallo, 2017).

La produzione di gocce molto fini è più comune negli ugelli a cono (anche detti ugelli a turbolenza) che generano un getto di forma conica, pieno oppure vuoto all'interno, il cui impiego si è però notevolmente ridotto negli ultimi anni. Funzionano tipicamente ad alte pressioni, ma attualmente il mercato offre soluzioni costruttive che permettono la distribuzione con pressioni notevolmente più basse (4-10 bar). Gli ugelli a cono sono più utilizzati per trattamenti anticrittogamici. Oggi è più diffuso l'impiego di ugelli a ventaglio (o fessura) convenientemente utilizzabili per tutti i tipi di trattamento regolando la pressione di esercizio: 4-5 bar per polverizzazione fine (gocce di diametro medio minore di 200 µm) e 1,5-2,5 bar per una polverizzazione media (200-400 micron). L'impronta a terra di questi ugelli è generalmente di tipo lenticolare, o più rettangolare in ugelli specifici tipo Even. In sostituzione degli ugelli a cono si possono utilizzare gli ugelli a doppio ventaglio, caratterizzati da due spruzzi a ventaglio divergenti, uno inclinato in avanti e uno indietro, che consente una migliore penetrazione delle gocce (come si avrebbe con l'ugello a cono) mantenendo il diagramma di distribuzione regolare tipico dell'ugello a ventaglio.

La presenza di ugelli multipli, caratterizzati da colori diversi (codice ISO) per un loro più rapido riconoscimento, consente di selezionare velocemente quello adeguato alla dose che si intende distribuire. Ogni ugello ha comunque un intervallo ideale di pressione di funzionamento e un valore massimo che non deve essere superato.



6.7 Schema di un atomizzatore.

- 1) serbatoio della miscela fitoiatrica;
- 2) regolatore di pressione;
- 3) pompa;
- 4) filtro principale all'aspirazione;
- 5) manometro;
- 6) gruppo comando;
- 7) ventilatore centrifugo;
- 8) erogatori (ugelli pneumatici)

Da alcuni anni, allo scopo di contenere la deriva del prodotto fitoiatrico, si è diffuso l'uso di ugelli antideriva a inclusione d'aria. Si tratta di pulverizzatori progettati in modo da aspirare aria (sfruttando l'effetto Venturi) e miscelarla con il prodotto liquido all'interno di una camera prima dell'uscita dall'ugello. Le grosse gocce che si formano non sono soggette all'effetto deriva ma, contenendo aria al loro interno, si frantumano una volta a contatto con la superficie trattata, ottenendo una buona copertura e una adesione ottimale della miscela sulle foglie. Per le loro caratteristiche costruttive necessitano in genere di una pressione di esercizio maggiore (7-12 bar).

Una migliore pulverizzazione è altresì ottenibile con il sistema pneumatico delle *irroratrici aeroassistite a manica d'aria*, dove la formazione della goccia avviene grazie alla corrente d'aria che investe la lamina d'acqua che si forma sull'ugello², più interessanti per trattamenti a colture agrarie. Un'ottima qualità di pulverizzazione è ottenibile anche con le irroratrici a pulverizzazione centrifuga con gli ugelli rotativi, costituiti da un disco che gira molto velocemente grazie ad un motorino elettrico e che provoca il rilascio delle goccioline formatesi sul bordo del disco stesso. Queste macchine non si sono diffuse a causa dell'elevato costo degli ugelli e della possibilità di operare solo con volumi bassi (15-50 L·ha⁻¹).

La possibilità di regolare l'altezza della barra è fondamentale per ottimizzare la regolarità della distribuzione. Normalmente si consiglia una altezza di lavoro di 50 cm quando si usano gli ugelli a ventaglio con angolo di spruzzo di 110°, spazati 50 cm nella barra. Particolare attenzione deve essere posta alle oscillazioni della barra. Le oscillazioni orizzontali, dette "movimenti a frusta", causano irregolarità di distribuzione longitudinale mentre quelle verticali, dette "movimenti a canna da pesca", riducono l'uniformità di distribuzione trasversale, perché la variazione dell'altezza degli ugelli provoca sovrapposizioni non corrette dei getti, inducendo anche a fenomeni di deriva. La riduzione delle oscillazioni si ottiene con la presenza di ammortizzatori della struttura oppure, per barre di grandi dimensioni, con sistemi di stabilizzazione idraulici attivi a controllo elettronico.

Anche per le irroratrici, come per gli spandiconcime, si consiglia di adottare sistemi di regolazione della dose proporzionali alla velocità di avanzamento (D.P.A.).

Per la distribuzione di prodotti fitosanitari e di concimi liquidi alle chiome delle piante arboree si utilizzano attrezzature comunemente definite "**atomizzatori**", ma più propriamente

² Le macchine dotate di questi ugelli sono spesso definite come adatte al "basso volume", ma in realtà la riduzione del volume d'intervento è ottenibile con qualsiasi macchina moderna ed efficiente, indipendentemente dal sistema di nebulizzazione.

definibili *irroratrici a getto portato*. Queste macchine, infatti, sono dotate di ventole che producono un getto d'aria in grado di spingere e far penetrare il getto della miscela fitoiatrice nella vegetazione, anche di piante molto alte.



6.8 Gruppo irroratore con testata a cannone montato su pick-up

Gli atomizzatori, come le barre irroratrici, sono classificabili in base al tipo di ugelli che montano, ovvero al principio per il quale vengono prodotte le gocce (meccanico, pneumatico o centrifugo).

Nel verde urbano trovano comune applicazioni le attrezzature montate su veicoli tipo *pick-up*, dotate di motore autonomo e con convogliatori del getto d'aria tipo "cannone" che consente, grazie alla velocità dell'aria in uscita ($\sim 80 \text{ m s}^{-1}$) di raggiungere la vegetazione di piante molto alte. Possono effettuare la distribuzione ad alto ($\sim 1800 \text{ L h}^{-1}$) e basso volume ($\sim 50 \text{ L h}^{-1}$) con o senza carica elettro-

statica, di prodotti fitoiatrici, disinfettanti e sanificanti. Le gittate teoriche sono comprese fra i 25 e i 50 m.

La presenza di un telecomando consente di gestire le funzioni di regolazione dell'attrezzatura compresa quella di orientamento della testata del cannone che è libera di ruotare per 270° sul piano verticale e di 300° su quello orizzontale. Possono essere dotate di microdosatori che consentono di effettuare trattamenti differenziati in successione, grazie al fatto che il prodotto viene miscelato con l'acqua solo prima della nebulizzazione. Interessante ai fini della sicurezza dell'operatore è anche la possibilità di installare particolari kit con telecamera che permettono di seguire la distribuzione dei prodotti fitosanitari dall'interno dell'abitacolo del pick-up o altro veicolo utilizzato per il trattamento.



6.9 Piccolo atomizzatore a cannone con conducente a terra o con possibilità di essere telecomandato

Per quanto riguarda il trattamento di piccole superfici o per applicazioni particolari, nel verde trovano largo impiego le piccole **irroratrici manuali** portate a spalla dall'operatore o su carriola, a polverizzazione meccanica con dispositivo di pressione azionato a mano (a compressione o a leva) o motorizzato (con motore a scoppio o elettrico). Le irroratrici su carriola hanno gli organi di regolazione della pressione e il serbatoio montati su un telaio con ruote, così da

consentire capacità fino a 120 litri. Vi sono anche modelli a pulverizzazione pneumatica (**atomizzatori a spalla**) che consentono trattamenti anche di alberi avendo gittate fino a 20 metri, utili soprattutto quando si deve operare in spazi ristretti non facilmente accessibili ai mezzi. All'occorrenza possono essere utilizzati anche come soffiatori per la rimozione delle foglie.



6.10 Attrezzature spalleggiate.

1) lancia a leva;

2) lancia a compressione;

3) "atomizzatore" portatile a motore

di funzionamento è basato sull'impiego di un ugello rotante azionato da un piccolo motore elettrico montato su un'asta e portato a mano dall'operatore. L'asta può essere dotata di un ruotino per il suo spostamento o brandeggiata manualmente. Modelli più grandi con contenitori fino a 6 litri di diserbante possono essere collegati a trattorini o altri veicoli di utilità e alimentati dalla batteria del veicolo stesso. L'ugello è protetto da un carter che limita la deriva.

Per piccole superfici da trattare si possono utilizzare anche semplici utensili per la **distribuzione a contatto** con un applicatore in materiale spugnoso o stoppino di corda che assorbe il prodotto e viene passato sulla vegetazione da eliminare.

Le macchine per la distribuzione di fitofarmaci (sia per il verde orizzontale che verticale), per le importanti implicazioni ambientali del lavoro che compiono, dovrebbero sempre essere scelte tra quelle di ottima qualità costruttiva³ e, durante il loro impiego, devono essere obbligatoriamente sottoposte a periodica verifica della loro efficienza (D.Lgs 150/2012; PAN, Piano di Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari). Devono inoltre essere sottoposte a una regolazione specifica (taratura) che consenta una messa a punto in funzione degli specifici parametri di lavoro che la macchina deve mantenere (volumi ad ettaro distribuiti, altezza di lavoro, regolarità del getto, pressione d'esercizio, ecc.) (Biocca et al., 2010).

Una possibilità di contenere le dosi di diserbante e, quindi, la lisciviazione nell'ambiente, è data dall'utilizzo di attrezzature appositamente studiate per la **distribuzione localizzata** di erbicidi a bassissimo volume e con le quali il prodotto viene distribuito tal quale o con piccolissima diluizione (generalmente glifosate o dicamba non diluito). Il principio



6.11 Particolare del gruppo irrorante (con ugello centrifugo) per il diserbo localizzato essere telecomandato

³ In Italia le macchine agricole possono disporre su base volontaria della certificazione ENAMA (Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola) che ne attesta le caratteristiche funzionali e di sicurezza.

I vantaggi di queste attrezzature sono rappresentati dalla facilità d'uso, dalla precisione dell'intervento e dal risparmio di prodotto.

Le attrezzature per **trattamenti interrati** sono indicate nel tappeto erboso in caso di malattie fungine radicali e di insetti del terreno. In questo caso, infatti, i trattamenti di bagnatura e di iniezione nel terreno dovrebbero essere fatti con dosaggi più elevati che accrescono il rischio di inquinamento. Le macchine per i trattamenti interrati sono poco diffuse e consentono una iniezione diretta dei fitofarmaci nel terreno che può avvenire a una profondità variabile da 25 a 150 mm con una larghezza di lavoro 1 - 1,5 m.

6.2.2. Il controllo non-chimico della flora spontanea



6.12 Sicuramente l'eliminazione manuale delle infestanti non comporta alcun danno all'ambiente ma richiede tempo e pazienza: nella foto un intervento manuale al Central Park di New York

Gli aspetti indesiderati dovuti all'impiego di diserbanti chimici, come ad esempio l'inquinamento delle acque e gli effetti della dispersione del prodotto fuori bersaglio, in ambiente urbano possono essere particolarmente gravi e rischiosi per la salute dei cittadini. Ultimo prodotto che è stato dichiarato pericoloso, perché sospettato di essere cancerogeno per l'uomo, è il glifosate, uno dei più diffusi e utilizzati erbicidi. In particolare, un decreto del Ministero della Salute italiano dell'agosto 2016 ne vieta l'uso nelle aree "frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili quali parchi, giardini, campi sportivi e zone ricreative, aree gioco per bambini, cortili ed aree verdi interne a complessi scolastici e strutture sanitarie".

In questi anni si stanno introducendo metodi di diserbo alternativo al glifosate che prevedono l'uso di erbicidi più naturali con preparati a base di acido perlargonico o acido acetico, mentre da più di vent'anni vengono proposti metodi di controllo non-chimico della flora spontanea in varie aree urbane soprattutto del Nord Europa (Peruzzi et al., 2009).

Le strategie di controllo su superfici dure prevedono mezzi fisici meccanici e termici. Tra i mezzi meccanici è diffuso l'uso, oltre ai decespugliatori, di **spazzolatrici** rotative ad asse orizzontale o verticale, equipaggiate con setole resistenti in plastica o metallo. Possono essere attrezzature accoppiate a trattrici o macchine semoventi in grado di aspirare e caricare su contenitore il residuo asportato. Svolgono anche un'azione preventiva rimuovendo



6.13 Spazzolatrice per la pulizia e la rimozione di infestanti da superfici dure

vendo i residui di polvere e terra che costituiscono il substrato di sviluppo delle infestanti nelle aree pavimentate. Le spazzolatrici sono poco efficaci con piante ben sviluppate e sono poco indicate per trattamenti su superfici delicate o che possono essere danneggiate dallo sfregamento delle spazzole.

Tra le tecniche di controllo delle infestanti con mezzi non chimici, risulta di un certo interesse il trattamento termico. Le attrezzature basano il loro principio di azione sul rapido innalzarsi della temperatura che provoca una “lessatura” delle parti della pianta colpita, con alterazioni che provocano il loro successivo disseccamento. L’esposizione al calore determina la disidratazione dei tessuti, la denaturazione delle proteine (che avviene intorno ai 70-80° C), l’aumento della permeabilità delle membrane cellulari e altre alterazioni fisiologiche e citologiche. La pianta, più che essere bruciata, viene devitalizzata per distruzione della parte epigea, che rapidamente dissecca. L’epoca ottimale per operare il diserbo termico è quando le infestanti sono tra gli stadi di seconda e quarta foglia. In questa fase le piante sono esili e non hanno ancora immagazzinato sostanze di riserva nelle radici. Agire in questa fase permette di consumare meno energia, operare più velocemente e con maggiore efficacia ed evitare che le infestanti vadano a seme.

Lo shock termico viene prodotto più comunemente con mezzi “a fiamma libera”, mentre altri mezzi sono di più recente diffusione. In particolare, le macchine **a vapore** o **a acqua calda** (in questo caso solitamente abbinata a una schiuma che evita ruscellamenti) trovano un interessante impiego per il controllo delle infestanti lungo le linee ferroviarie e sui bordi di piste ciclabili, con i vantaggi dell’eliminazione dei rischi di incendio, di danneggiamento di cavi e del rivestimento di superfici. Per questi motivi e per l’assenza di impatto sull’ambiente sono sempre più diffusi nelle aree a verde delle realtà urbanizzate e laddove è richiesta una particolare attenzione alla vegetazione presente, come nei giardini botanici.

I trattamenti termici sono più efficaci nei riguardi delle piante perenni (il vapore penetra meglio nei tessuti vegetali), però sono più dispendiosi di quelli a fiamma libera dal punto di vista energetico, richiedendo tempi di esposizione più elevati. In commercio si può trovare un sistema costituito da una macchina che produce vapore acqueo a 105 °C distribuito assieme a uno schiumogeno biodegradabile di origine naturale a base di derivati del cocco. La distribuzione della miscela avviene con un diffusore a lancia. La schiuma consente di prolungare il contatto del vapore con le parti vitali delle piante da eliminare e poi scompare senza lasciare residui.



6.14 Diserbo con acqua calda: per evitare ruscellamenti e prolungare l'effetto del calore, l'acqua viene mescolata con sostanze che creano una schiuma

Attrezzature a raggi infrarossi, microonde e laser sono state abbandonate in quanto presentano invece un elevato dispendio energetico, una ridotta efficienza rinettante, una bassa capacità di lavoro e, nel caso del microonde, possono essere pericolose per la salute dell’operatore.

Il **pirodiserbo** è una tecnica di eliminazione della flora spontanea a fiamma libera, basata sul veloce passaggio di una fiamma ottenuta dalla combustione di gas (GPL) in prossimità della pianta. I tessuti sono sottoposti ad alte temperature (1000-2000 °C) per pochi decimi di secondo. Le prime attrezzature, di derivazione agricola, furono pensate soprattutto per i trattamenti in serra o pieno campo per orticole: sono macchine simili a sarchiatrici, dove al posto o in aggiunta a zappe o denti vengono montati bruciatori a GPL. Per il verde si stanno studiando modelli di varie dimensioni ma si è più diffuso l'utilizzo di piccole attrezzature carrellate o portate a spalla dall'operatore, consistenti essenzialmente in una bombola di GPL e un bruciatore montato su un'asta brandeggiabile. Negli ultimi anni questo tipo di attrezzature hanno fatto un certo progresso in termini di sicurezza e confort (sono stati studiati anche particolari zaini ergonomici). Sono impiegate per la pulizia di superfici dure e in prossimità di fossati e in zone comunque difficili da raggiungere con altri attrezzi.

I bruciatori possono essere "a pentola" o "a bacchetta". I secondi hanno subito negli ultimi anni una evoluzione che li ha resi più facili da costruire, più affidabili e più efficienti. L'accensione dei bruciatori è di tipo manuale mediante fiamma su cannello. In fase di lavoro è importante mantenere una corretta distanza dei bruciatori dal terreno, ottenuta con semplici ruote aggiunte alla lancia delle attrezzature spalleggiate o con parallelogrammi articolati di varia complessità presenti nelle macchine più grandi.



6.15 Attrezzature di diverse dimensioni per il diserbo localizzato in ambito urbano messe a punto dall'Università di Pisa

Gli aspetti positivi di questa tecnica si evidenziano nel trattamento delle infestanti senza rilascio di alcun tipo di residuo e nella possibilità di operare anche su terreni molto umidi, dove non sarebbe possibile intervenire con le lavorazioni. Sussistono però alcuni limiti e controindicazioni, quali, in particolare: il costo piuttosto elevato dovuto all'impiego del GPL, alla relativamente bassa velocità di avanzamento e al costo della macchina, nel caso delle macchine più grandi; una insufficiente garanzia del controllo di alcune monocotiledoni; il pericolo di incendio con vegetazione molto secca. Inoltre, il controllo delle piante perennali con apparato radicale perenne è insoddisfacente: infatti, l'azione termica colpisce la parte aerea delle piante, perciò le piante infestanti perennali con apparato radicale perenne possono rigermogliare e

richiedere un altro intervento.

L'utilizzo di attrezzature portate o semoventi con operatore a bordo consente di abbinare elevate velocità di avanzamento ($7-9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) a elevate pressioni di esercizio del GPL, riducendo i consumi di gas per unità di superficie e aumentando la capacità di lavoro rispetto a quelle manuali o semoventi con operatore al seguito.

6.2.3. Cenni di endoterapia

L'endoterapia è una tecnica che consente l'immissione di fitofarmaci sistemici direttamente all'interno del sistema vascolare della pianta con differenti tecniche di iniezione a pressione controllata effettuate a livello del tronco. La tecnica tradizionale più diffusa prevede di effettuare con un trapano dei fori sul tronco dell'albero in numero e altezza da terra scelti in funzione del diametro del tronco. I fori hanno un diametro contenuto (max 6 mm) e raggiungono una profondità che può arrivare anche a 45 cm.

Il flusso traspiratorio consente di traslocare la miscela fitoiatrica iniettata all'intera chioma dell'albero, dove può esplicare azione di trattamento e protezione. In questo modo si può trattare tutta la pianta con dosi ridotte di prodotto, con una completa e omogenea distribuzione del principio attivo in tutte le sue parti, senza rischiare il dilavamento da parte della pioggia.

Il trattamento consente, inoltre, di proteggere la pianta per periodi più lunghi di un normale trattamento (anche una intera stagione vegetativa). Per questi motivi l'endoterapia ha trovato una sua diffusa applicazione nel verde urbano e nei parchi, dove esistono maggiormente problemi legati al trattamento di alberi, specie se di grandi dimensioni, e bisogna porre la massima attenzione all'inquinamento ambientale.



6.16 Endoterapia a pressione

La capacità di assorbimento del prodotto da parte della pianta (e quindi la velocità dell'assorbimento stesso) è influenzata da una serie di fattori esterni, quali: condizioni atmosferiche (luminosità, ventosità, umidità relativa, temperatura), specie vegetale, fase fenologica e condizioni fitosanitarie dell'albero.

Le prime applicazioni, risalenti a diversi anni fa, venivano effettuate con la rapida **immissione a pressione** della soluzione nel tronco. In questo caso si utilizzavano apparecchiature provviste di una pompa che distribuiva il liquido sotto pressione a

un numero variabile di condotti collegati a un dosatore volumetrico di iniezione. La pressione di esercizio durante l'iniezione poteva raggiungere i 7-8 bar. Questo sistema di somministrazione è però stato quasi completamente abbandonato perché può provocare lesioni e necrosi a livello dei tessuti del legno, primo fra tutti il cambio.

Nonostante la buona diffusione delle tecniche endoterapiche, che in questi ultimi anni sono ampiamente applicate per il controllo di nuovi fitofagi (come la *Cameraria ohridella* dell'ipocastano), permangono dei dubbi sulle conseguenze che i trattamenti hanno in termini di alterazione dei tessuti legnosi e di possibili vie di entrata di patogeni più pericolosi di quelli controllati, come ad esempio la diffusione del cancro colorato del platano in seguito al controllo dell'insetto *Corythuca ciliata*, la tingide del platano le cui punture possono causare fastidi anche alle persone. Infatti, come ampiamente argomentato dal prof. Alex Shigo, biologo universalmente riconosciuto come il padre dell'arboricoltura moderna, pressioni così elevate possono danneggiare i tessuti di conduzione e provocare discolorazione nel legno con compromissione del cambio. Inoltre, le dimensioni dei fori praticati rimarginano lentamente e sono soggetti agli attacchi di funghi agenti di carie e di insetti xilofagi. Per questo sono attualmente proposte tecniche meno invasive e più attente a tali problematiche che utilizzano basse pressioni e piccoli fori, come il sistema a bassa pressione del metodo Arbosan con il quale la miscela fitoiatrice viene introdotta nel legno tramite aghi di diametro pari a 4 mm a circa 1,5 – 1,8 bar. I tempi di assorbimento, in condizioni normali, consentono di trattare 2-3 alberi all'ora con una singola attrezzatura.

Con la metodica Arborjet vengono inserite a pressione apposite capsule (denominate plugs) contenenti una particolare membrana che permette di mantenere isolato l'interno dell'albero dall'esterno, garantendo al contempo il permanere del differenziale di pressione che renderà possibile la diffusione dei principi attivi. La soluzione viene quindi iniettata mediante una apposita pistola manuale che lavora a bassa pressione (0,5 – 2 bar).

Vi sono anche metodi **ad assorbimento naturale** che utilizzano semplici sacche di prodotto che vengono poste sul tronco ad una certa altezza (come se fossero delle flebo) e che scaricano la miscela fitoiatrice nel legno lentamente in funzione della naturale capacità assimilatoria della pianta. Condizione di stress idrico e scarsa luminosità possono però aumentare in modo rilevante i tempi di assorbimento (anche di 12-24 ore), col rischio di cristallizzazione e/o flocculazione del prodotto e di riduzione della capacità di cicatrizzazione dei fori, riducendo di conseguenza l'efficacia degli interventi. Comunque, i fori effettuati con questo sistema, sono più piccoli di quelli fatti con i trattamenti a pressione. Un inconveniente è dato dal fatto che



6.17 Sistema Bite per l'infusione di prodotti fitosanitari

le sacche di prodotto abbandonate sull'albero possono essere oggetto di vandalismi. Per questo, quando si utilizza questa tecnica su verde pubblico, è fondamentale assicurare la sorveglianza del cantiere per l'intera durata del trattamento.

Un metodo che si sta diffondendo, adatto anche per la devitalizzazione di alberi e arbusti infestanti (come la *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Ficus carica*, *Hedera helix*, ecc.) in aree di pregio storico-architettonico e restauri conservativi di mura storiche, prevede l'esecuzione di uno o più fori di max



6.18 Devitalizzazione di un'edera mediante iniezione diretta nei vasi linfatici: i fori che vengono poi chiusi con uno speciale tappo in amido di mais

4 mm nel fusto a circa un metro da terra, utilizzando un'apposita punta che consente di bypassare il cambio e il floema. L'iniezione diretta nei vasi linfatici riduce il rischio di provocare dei danni per fitotossicità. Il prodotto da iniettare viene diluito e iniettato a mano con una speciale siringa, quindi si disinfettano i fori che vengono chiusi con uno speciale tappo in amido di mais.

Per la lotta al punteruolo rosso delle palme (*Rhynchophorus ferrugineus*), che necessita fino a 12 trattamenti all'anno, è interessante il metodo SOSPALM che prevede l'inserimento di una cannula in un foro praticato nel tronco trapanando inclinati a 45° verso il basso con una punta da 8 mm e di lunghezza fino a 45 cm. La cannula lunga 15 o 25 cm è dotata di tappo ermetico che si può aprire solo con apposita chiave, per ridurre la possibilità di atti vandalici. Il prodotto insetticida viene

inserito al bisogno con una siringa dotata di lunga cannula in PVC, procedendo con l'iniezione dall'interno verso l'esterno per facilitare la fuoriuscita dell'aria presente eventualmente nel foro.

Particolarmente poco invasivo e rispettoso dei tessuti è l'utilizzo del B.I.T.E (acronimo di "Blade for infusion in trees", ad indicare la lama che viene utilizzata per l'inoculo di prodotti fitosanitari direttamente nel sistema linfatico della pianta). Inventato e brevettato dall'Università di Padova, permette di far assorbire per infusione, sfruttando l'effetto Venturi (di depressione) creato dalla temporanea pressione laterale della lama. La lama a sezione lenticolare permette di raggiungere i vasi linfatici senza creare fori, semplicemente spostando i fasci di fibre tissutali che spontaneamente si divaricano, riducendo al massimo la possibilità di una loro recisione. Si evita conseguentemente l'asportazione di legno, che a volte può essere di volumi importanti, ma anche il surriscaldamento provocato dalla punta del trapano e l'embolizzazione vascolare.

IRRIGAZIONE

L'irrigazione è la pratica agronomica che, più di ogni altra, è in grado di trasformare un giardino, un'area verde, un intero paesaggio. L'acqua irrigua, elemento essenziale per la vita delle piante, è però una risorsa non rinnovabile ed è presente sulla Terra in quantità molto limitate. Si calcola, infatti, che circa il 99% dell'acqua è indisponibile in quanto trattenuta sotto forma di acqua salata, neve o ghiaccio, e solo il rimanente 1% può essere potenzialmente utilizzato per gli esseri umani. Altri fattori che accrescono la crisi idrica sono la forte crescita della popolazione mondiale, che attinge alle risorse idriche della Terra aumentando in modo esponenziale i consumi, e il cambiamento climatico, fattore di criticità specialmente nei climi mediterranei e caldi. L'irrigazione agricola rappresenta la maggiore quota dei consumi di acqua e, in Paesi più industrializzati come gli Stati Uniti, l'irrigazione dei giardini privati è la maggiore quota dei consumi idrici domestici.

Nelle condizioni climatiche italiane il ricorso a un supporto idrico ausiliario nella gestione degli spazi verdi non è quasi mai un'opzione, ma è spesso una necessità. La quantità totale di acqua che perviene al terreno in seguito alle precipitazioni atmosferiche è in molti casi sufficiente in termini complessivi, ma la frequenza e la distribuzione delle stesse nell'arco dell'anno non consentono di norma il mantenimento del verde ornamentale in condizioni esteticamente accettabili. In annate più siccitose, ormai sempre più frequenti, si è assistito anche nel Nord Italia alla rovina di molti tappeti erbosi e alla morte di moltissimi arbusti e alberi, compresi esemplari adulti centenari. È quindi indispensabile nella progettazione di spazi verdi prevedere l'inserimento di sistemi per effettuare gli interventi irrigui, non solo quando questi sono pratiche normali con carattere di mantenimento, ma anche quando essi sono sporadici o di soccorso (Bortolini, 2017).

Per attuare un utilizzo razionale della risorsa idrica, accanto alla necessità di progettare e gestire le aree verdi in maniera agronomicamente corretta, attuando tutte le pratiche rivolte a "risparmiare acqua", compreso il recupero delle acque piovane e l'utilizzo delle acque reflue e non convenzionali, è opportuno conoscere in modo preciso i fabbisogni idrici delle diverse piante presenti e i momenti di intervento irriguo più idonei, magari utilizzando appropriati strumenti di monitoraggio, come i sensori di umidità del suolo. Per quanto riguarda l'impianto irriguo, particolare attenzione dovrebbe essere posta alla progettazione degli impianti, a una scelta attenta dei diversi componenti, nonché a una loro corretta installazione, così come prevedere l'in-

serimento di dispositivi utili all'uso razionale dell'acqua, quali i contatori per il controllo dei volumi impiegati o i sistemi automatizzati di controllo degli interventi irrigui, anche da remoto (via radio, gsm, internet, ecc.). Infine, non dovrebbero mancare iniziative di divulgazione e di formazione tecnica atte a fornire una competenza specifica nel settore della progettazione e della gestione dell'impiantistica irrigua (Bortolini, 2017).

Di fronte a una situazione di ridotta disponibilità, è possibile che sia proprio il verde sportivo e urbano a subire la maggiore penalizzazione, a favore delle attività produttive e civili. Ma il verde, oltre a costituire qualcosa di rilassante e piacevole per l'uomo, è anche una vera e propria "macchina" in grado di creare un ambiente più salubre dove vivere. Le piante riescono, infatti, a ridurre l'inquinamento dell'aria agendo da filtro, catturando e intrappolando le particelle di polvere, compresi i particolati, e aiutando a mantenere l'aria più respirabile. Inoltre, tutto il verde, dagli alberi al tappeto erboso, riesce efficacemente ad arricchire d'ossigeno l'aria che respiriamo. Infine, al verde è riconosciuta una benefica azione climatizzante che mitiga le alte temperature delle giornate estive abbassando la temperatura all'interno delle abitazioni e in generale riducendo il temuto effetto "isola di calore".

Da un punto di vista agronomico, possiamo definire l'irrigazione come la pratica che prevede l'apporto di acqua al fine di migliorare l'attitudine globale del sistema suolo-pianta-atmosfera alla produzione vegetale. L'irrigazione umettante, che la più importante e diffusa, ha sostanzialmente lo scopo di elevare il contenuto idrico del suolo al fine di soddisfare le esigenze idriche delle colture. Esistono poi altri tipi di irrigazione (i.), che esplicano azioni diverse dal semplice apporto di acqua per il soddisfacimento delle richieste idriche delle piante (es. i. termica, i. dilavante, i. correttiva, i. ammendante, i. antiparassitaria e i. concimante, detta anche fertirrigazione).

7.1. LA GESTIONE RAZIONALE DELL'IRRIGAZIONE

La gestione "saggia" dell'irrigazione del verde urbano e ornamentale inizia dalla corretta progettazione delle aree. Alcuni degli accorgimenti da adottare si basano sui concetti dello *xeriscaping*, termine anglosassone coniato negli anni '80 per indicare un modo di gestire gli spazi verdi scegliendo xerofite o comunque piante con limitate esigenze idriche e adoperando tutte le accortezze utili a risparmiare e salvaguardare le risorse idriche. I suggerimenti di seguito riportati possono costituire un valido aiuto per attuare un'irrigazione in grado di *sostenere* un uso razionale dell'acqua.

Innanzitutto, vanno adeguatamente stimati i fabbisogni d'acqua e il numero degli interventi, che variano a seconda del clima della zona, del tipo di terreno e delle esigenze delle piante. Si può calcolare che, in media nei nostri ambienti, un giardino necessiti di 3 - 7 litri al giorno a m².

Nella progettazione del verde bisognerebbe:

- raggruppare le piante in base alle loro esigenze idriche, creando le cosiddette idrozone;
- usare materiali permeabili che permettano all'acqua di penetrare nel suolo (pietrame,

ghiaia, lastricati permeabili, ecc.) ma che limitano le perdite per evaporazione;

- livellare il terreno facilitando il convogliamento dei deflussi superficiali verso aree con aiuole (rain garden).

La preparazione del terreno deve prevedere interventi ammendanti per migliorare la ritenzione idrica e la struttura. Il miglioramento del terreno è particolarmente importante in quelle aree delle zone residenziali dove i suoli sono generalmente molto poveri e presentano residui di materiale da costruzione e terreni di riporto. Il miglioramento del terreno si realizzerà pertanto con l'apporto di adeguate quantità di materiale organico (compost, torba, terricci vegetali).

Ai fini del risparmio dell'acqua, inoltre, ci si orienterà verso la scelta di specie vegetali adatte al suolo e al clima della zona, ovvero si darà la preferenza a piante autoctone. Questa scelta, quasi obbligatoria in aree a vocazione paesaggistica, risulta più difficile invece dove si vogliano privilegiare gli aspetti estetici e ornamentali. In generale, comunque, anche la scelta di specie alloctone non implica automaticamente un giardino a elevato consumo d'acqua. In casi estremi, infatti, la progettazione può essere orientata alla creazione di aree verdi basata sulla scelta di piante xerofite originarie di climi aridi, ovvero all'inserimento di specie alloctone con esigenze idriche più modeste. Ad esempio, per i tappeti erbosi, spesso i maggiori consumatori d'acqua, l'utilizzo di varietà e ibridi di *Cynodon* si sta dimostrando una scelta azzeccata anche in Nord Italia dove va a rimpiazzare i tradizionali miscugli.

Oltre alla scelta della specie, ai fini del risparmio d'acqua, vale sempre la regola generale di scegliere esemplari vigorosi e in salute e semente di ottima qualità e di eseguire l'impianto degli esemplari arborei e delle piantine a regola d'arte. La fase d'attecchimento, infatti, è fondamentale per la creazione di un apparato radicale sano e robusto, essenziale per l'utilizzazione delle risorse idriche disponibili.

Anche la corretta esecuzione di altre pratiche ha immediate conseguenze sul risparmio di acqua, come ad esempio:

- nel tappeto erboso, limitare il numero dei tagli dell'erba;
- limitare le potature invernali-primaverili, in quanto il ricaccio vigoroso degli alberi e degli arbusti richiede maggiori quantità di acqua;
- limitare le fertilizzazioni, specie quelle azotate;
- ridurre la densità di impianto;
- pacciamare le aiuole e le zone non a prato;
- eliminare le infestanti;
- mantenere in efficienza l'impianto di irrigazione attraverso periodiche manutenzioni.

Le persone sprecano l'acqua, le piante no.

Somministrare l'acqua nella giusta quantità, al giusto momento e nel giusto modo è la cosa più importante che si possa fare per non sprecarla.

Una prima regola generale è irrigare prioritariamente e con maggiore frequenza le aree più visibili e più frequentate, prediligendo le piante più sensibili alla carenza d'acqua (es. ortensie).

Il prato, anche se sensibile, in caso di periodi siccitosi e limitate disponibilità idriche, può essere “sacrificato” e lasciato ingiallire in attesa di una sua ripresa oppure, se la ricrescita è definitivamente compromessa, può essere facilmente sostituito a costi contenuti. Invece di seguire un rigido e predeterminato programma di irrigazione, è opportuno imparare ad osservare le piante, eventualmente controllando l’umidità del suolo con appositi sensori, e irrigare quando è effettivamente necessario. Alcune piante manifestano in modo evidente le fasi iniziali di stress idrico (es. ortensie) e possono essere utilizzate come segnale visivo per procedere con l’irrigazione. Nel caso del tappeto erboso, segni di sofferenza idrica sono dati dalla chiusura delle lamine fogliari, dal permanere delle impronte delle scarpe e da una riduzione di intensità del verde.

Possiamo individuare nelle domande “**quanto, quando, dove e come irrigare**” le linee guida della razionale gestione dell’acqua.

Quanto irrigare.

I volumi irrigui dovrebbero essere scelti in base alle reali esigenze delle piante che variano a seconda della specie, della loro densità e delle condizioni climatiche e microclimatiche. Nella Tabella 7.1. vengono indicati i valori di evapotraspirazione di riferimento (o standard) per i vari climi.

Tabella 7.1 – Valori di evapotraspirazione per diversi climi.

Clima	ET0 [mm giorno ⁻¹]
Freddo-umido (<21°C; >50% UR)	2,5 – 3,8
Freddo-secco (>21°C; <50% UR)	3,8 – 5,0
Temperato-umido (21-32°C; >50% UR)	3,8 – 5,0
Temperato-secco (21-32°C; <50% UR)	5,0 – 6,4
Caldo-umido (>32°C; >50% UR)	5,0 – 7,6
Caldo-secco (>32°C; <50% UR)	7,6 – 11,4

Analogamente ai metodi impiegati in agricoltura per il calcolo del volume d’acqua irriguo, anche per le aree verdi sono stati calcolati dei coefficienti colturali (*landscape coefficient* - K_L), che forniscono l’evapotraspirazione effettiva dell’area verde (ET_L) a partire dall’evapotraspirazione di riferimento (ET0). A differenza però del coefficiente colturale “agricolo”, il *landscape coefficient* è un indice sintetico che tiene conto, oltre che delle esigenze idriche della vegetazione, anche delle condizioni microclimatiche e della densità di impianto. Avremo così che:

$$ET_L = K_L \times ET0 \quad (mm/d)$$

dove ET_L è l’evapotraspirazione della vegetazione considerata. Similmente a quanto proposto dal metodo WUCOLS di Costello e Jones (2000)¹ il coefficiente colturale K_L è dato dal prodotto di tre coefficienti

¹ Si veda nel sito <http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/wucols00.pdf>

$$K_L = K_s \times K_d \times K_{mc}$$

K_s è il fattore che considera le specie coltivate distinguendole in base alle esigenze idriche;

K_d è il fattore che prende in considerazione la densità di impianto;

K_{mc} è il fattore che varia a seconda delle condizioni microclimatiche determinate dalla specifica localizzazione dell'area verde da irrigare.

Nella Tabella 7.2. sono riportati valori di riferimento di K_s , K_d e K_{mc} .

Tabella 7.2 – Valori di riferimento per K_s , K_d e K_{mc} .

Vegetazione	K_s Esigenze idriche			K_d Densità			K_{mc} Microclima		
	Alte	Medie	Basse	Alta	Media	Bassa	Esposto	Medio	Protetto
Alberi	0,9	0,5	0,2	1,3	1,0	0,5	1,4	1,0	0,5
Arbusti	0,7	0,5	0,2	1,1	1,0	0,5	1,3	1,0	0,5
Aiuole erbacee	0,9	0,5	0,2	1,1	1,0	0,5	1,2	1,0	0,5
Aiuole miste	0,9	0,5	0,2	1,3	1,1	0,6	1,4	1,0	0,6
Tappeto erboso	0,9	0,75	0,6	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	0,6

Per calcolare i volumi irrigui bisogna ricordare che il valore di ETL così calcolato dovrà essere aumentato di una percentuale che consideri le normali perdite di acqua durante l'intervento irriguo legate alle modalità di bagnatura (almeno il 10% nell'irrigazione a goccia localizzata e 20% nell'aspersione), ovvero bisogna dividere il valore di ETL per l'efficienza di adacquamento. Per i tappeti erbosi irrigati a pioggia si dovrebbe anche considerare una ulteriore maggiorazione nei volumi distribuiti che tenga in considerazione della effettiva uniformità di distribuzione.

Quando irrigare

La programmazione temporale degli interventi irrigui serve per individuare la loro frequenza (turno irriguo) e il migliore momento della giornata per effettuarlo. Normalmente, è consigliabile intervenire al mattino presto, quando le temperature più basse, l'umidità dell'aria più alta e l'assenza di vento limitano l'evaporazione e contribuiscono ad evitare shock termici sulla vegetazione, in particolare nel caso di irrigazione per aspersione.

I turni di adacquamento dovranno considerare il tipo di terreno e le specie vegetali. In generale, è meglio bagnare le piante saltuariamente, allungando il più possibile i tempi tra due irrigazioni successive e aumentando i volumi distribuiti (ovvero la durata del singolo intervento irriguo); questo modo di operare stimola un maggior approfondimento radicale e quindi la crescita di radici in una zona che mantiene più lungamente l'umidità. Nei terreni argillosi, è consigliabile irrigare prima che questi asciughino completamente poiché tendono a formare una crosta superficiale nella quale l'acqua fa fatica a infiltrarsi e quindi sono difficili da "riumettare".

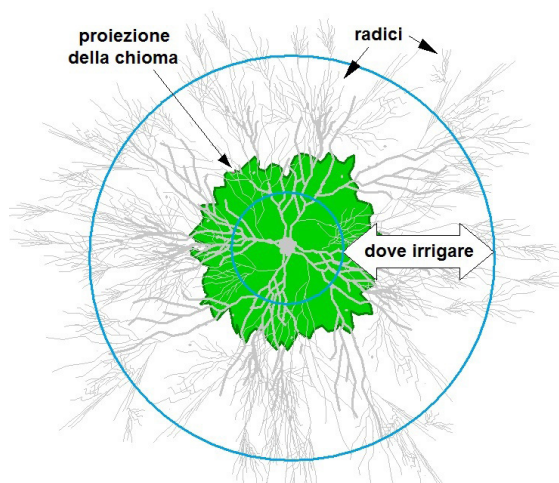
Dal punto di vista pratico, il momento dell'intervento osservando in un tappeto erboso può essere deciso osservando tutti i già citati segnali di imminente stress idrico.

Per la valutazione del momento di intervento più opportuno ci si potrà affidare anche alle indicazioni fornite dalla lettura del contenuto effettivo d'acqua nel suolo attuata con una sonda di umidità opportunamente inserita a una decina di centimetri di profondità. Il collegamento del sensore di umidità a una centralina potrebbe poi consentire di automatizzare completamente l'intervento irriguo, programmando, ad esempio, una irrigazione bi- o tri-settimanale (possibilmente sulla base di un bilancio idrico) e tarando lo strumento su un livello soglia corrispondente ad un valore massimo di umidità del suolo a cui bloccare l'erogazione di acqua, oppure facendo partire l'intervento al raggiungimento di un valore soglia minimo.

Dove irrigare

Il presupposto per garantire la giusta bagnatura è che venga assicurata l'uniformità di distribuzione dell'acqua su tutta la superficie da irrigare affinché tutte le piante della stessa zona irrigua (idrozona) ne ricevano la stessa quantità. La quota di terreno da bagnare dovrebbe corrispondere alla zona esplorata dalle radici evitando percolazione profonda, zone di accumulo e zone asciutte.

Per gli alberi e gli arbusti la zona da irrigare coincide con la corona corrispondente pressappoco al diametro esterno della chioma, dove si trova la maggior concentrazione delle radici attive.



7.1 Negli alberi e negli arbusti la zona da irrigare coincide circa con la corona corrispondente al diametro esterno della chioma, dove si trova la maggior concentrazione delle radici attive

Come irrigare – I metodi irrigui

Nell'irrigazione del verde può essere utilizzato qualsiasi metodo irriguo, compresi i metodi dell'espansione superficiale (es. scorrimento superficiale), anche se sono sicuramente da preferire i sistemi per aspersione e la microirrigazione per le peculiari caratteristiche che li rendono più idonei all'irrigazione dei tappeti erbosi sportivi e ricreativi e delle aiuole, comprese spartitraffico e rotatorie stradali.

La scelta del metodo e delle tecnologie irrigue è determinata da una numerosa serie di fattori che devono essere valutati in fase di progettazione.

Per prima cosa bisognerà valutare le condizioni pedoclimatiche dell'area di intervento e la

disponibilità delle risorse naturali, ovvero considerare il tipo di suolo, la pendenza, la zona climatica, la disponibilità e la qualità della risorsa idrica, il livello di rischio ambientale, ecc.

Quindi, deve essere, ovviamente, considerata la specie vegetale o l'associazione di specie da irrigare, in base alle loro esigenze idriche e allo sviluppo che le piante avranno a maturità, alla loro densità, ecc.

La scelta del tipo di tecnologia irrigua dipenderà anche dal suo costo e dalla complessità di utilizzo, dal livello di automazione necessario, dalla facilità di reperimento dei pezzi e dei ricambi, dalle richieste manutentive degli impianti, dalla richiesta di manodopera e dal livello di prepa-

razione degli operatori. È necessario valutare attentamente anche la convenienza di introdurre nuovi sistemi e tecnologie irrigue, in quanto esperienze precedenti fatte in interventi analoghi (o con lo stesso tipo di gestione) possono aiutare nella scelta. Altri fattori, infine, apparentemente secondari, come la possibilità di danneggiamento degli impianti, ad esempio per atti vandalici, possono indirizzare nella scelta del metodo irriguo.

Infine, esperita l'analisi tecnica dei metodi disponibili, sarà un'analisi di costi e benefici (che comprende la disponibilità al credito) a determinare la scelta finale (Bortolini, 2006).

7.2. IRRIGAZIONE PER ASPERSIONE (A PIOGGIA O PLUVIRRIGAZIONE)

Si tratta del metodo irriguo che simula la pioggia. Tra i componenti base di un impianto pluvirriguo possiamo distinguere: la stazione di pompaggio (che può non essere necessaria qualora ci si colleghi a idrante della rete consortile o ad acquedotto), la rete di distribuzione (tubazioni, raccordi e valvole) e gli irrigatori (Bortolini, 1999).

In base alla rete di distribuzione gli impianti possono essere classificati in:

- **Mobile:** tramite un tubo di gomma flessibile (manichetta) collegato a una presa d'acqua si porta l'acqua ad un irrigatore che viene manualmente spostato nelle varie zone da irrigare. Si tratta di un metodo sicuramente poco costoso ma che richiede un certo numero di ore di lavoro per effettuare gli spostamenti del tubo di gomma e dell'irrigatore. Scarsa è sicuramente la precisione nel dosaggio dell'acqua e l'uniformità di distribuzione nell'intera area irrigata. Attualmente è possibile scegliere tra una vasta gamma di prodotti studiati per venire incontro alle diverse esigenze: dagli attacchi universali utilizzabili in qualsiasi rubinetto di casa ai tubi di gomma sempre più resistenti e che evitano spiacevoli torsioni (No-Torsion System), dai carrelli avvolgitubo che facilitano il trasporto e il riavvolgimento dei tubi di gomma agli irrigatori capaci di irrigare superfici di forma e dimensione diversa. Si tratta certamente della soluzione adatta per giardini di piccole dimensioni e tutte le situazioni in cui è molto difficile o invasivo lo scavo per le tubazioni.
- **Semifisso:** dalla presa d'acqua parte una tubazione (normalmente interrata) nella quale sono presenti diversi idrantini ai quali possono essere collegati spezzoni di tubo o possono essere direttamente installati gli irrigatori. Un unico irrigatore serve più postazioni e deve quindi essere spostato quando ha terminato di irrigare l'area servita. Presenta i pregi e i difetti dell'impianto mobile ma si adatta meglio a superfici di maggiori dimensioni in quanto evita il continuo trasporto nel prato di tubi lunghi e pesanti (si ricorda che sono pieni d'acqua). Permette anche di utilizzare irrigatori di maggiori dimensioni che riescono a bagnare superfici più ampie.
- **Fisso:** dalla presa d'acqua parte una rete di tubazioni interrate sulla quale vengono installati gli irrigatori in modo permanente. Si tratta dell'impianto che presenta i maggiori costi d'installazione ma certamente è quello che permette di trarre i maggiori vantaggi legati alla maggiore tempestività d'intervento, alla migliore uniformità di distribuzione, alla possibilità di elevata automazione. In questo tipo di impianto è possibile utilizzare gli

irrigatori sottosuolo, detti pop-up, che permettono di effettuare i tagli del cotico erboso senza dover procedere alla loro temporanea rimozione.

7.2.1. Impianti pluvirrigui mobili particolari

Per l'irrigazione di ampie aree verdi, soprattutto campi sportivi dove sia normalmente richiesta un'irrigazione di soccorso, o quando si presentano delle difficoltà, anche di natura economica, nell'installare un impianto di irrigazione fisso a scomparsa, possono trovare conveniente utilizzo particolari impianti mobili come gli irrigatori montati su treppiede, il carrellino semovente e il rotolone.

Il **treppiede**, chiamato anche cavalletto porta irrigatore, che permette una facile installazione degli irrigatori fuori terra. Deve essere molto robusto e protetto con una zincatura particolarmente resistente nel tempo. Ha il vantaggio di avere un costo iniziale piuttosto basso ma per garantire una precipitazione uniforme nell'intera superficie il tecnico addetto è costretto a spostare il treppiede nei vari punti dell'area da irrigare. Ciò comporta una certa richiesta di manodopera (con conseguente aumento dei costi di esercizio) poiché una persona deve essere sempre presente durante l'intervento irriguo. Difficile è calcolare con esattezza i tempi e i punti in cui posizionare il treppiede in modo da garantire una buona uniformità di distribuzione ed un'adeguata precipitazione (volumi irrigui) in tutta la superficie.

Il **carrellino semovente** è un piccolo carrello a quattro ruote, dotato di verricello e cavo



7.2 Il treppiede è una soluzione di basso costo e facile installazione ma richiede la presenza di una persona per gli spostamenti nel prato da irrigare

di traino, su cui viene montato un irrigatore, collegato con un tubo di gomma all'alimentazione idrica. Il suo funzionamento è estremamente semplice: collegando il cavo di traino a una estremità del campo fissata con un picchetto, il carrello si autotraina riavvolgendo il cavo fino al termine del percorso, arrestandosi automaticamente a fine corsa grazie ad un apposito dispositivo. Più precisamente, viene sfruttata la pressione dell'acqua per azionare il verricello idraulico che, riavvolgendo il cavo, consente l'avanzamento del carrello. Sono disponibili anche modelli più piccoli e semplici senza cavo di traino ma dotati di ruo-

tino anteriore "tasta-tubo" per l'irrigazione di giardini fino a 1400 metri quadri.

Questo tipo di macchina assicura una distribuzione abbastanza uniforme grazie alla velocità di avanzamento costante che garantisce un'uguale precipitazione lungo la fascia bagnata. In commercio sono presenti modelli con lunghezza del cavo fino a 135 m. La velocità di

avanzamento può essere fissa o regolabile per variare la pluviometria; la pressione minima di funzionamento varia da 2 bar per i modelli più piccoli fino a 5,5 bar per quelli più grandi che consentono di ottenere gittate fino a quasi 20 m.

Questo sistema è relativamente poco costoso ma richiede la presenza di personale per il controllo e lo spostamento del carrello.

L'irrigatore semovente a naspo (detto anche **rotolone**) è essenzialmente costituito da un tubo flessibile avvolto in un tamburo dotato di un meccanismo che ne provvede al riavvolgimento (motore idraulico a turbina o a polmone o a pistone). La macchina è montata su ruote per un agevole spostamento (anche su strada). Per l'irrigazione delle aree verdi si utilizzano normalmente modelli di rotoloni di piccole dimensioni con torretta fissa. La produzione di questi tipi di macchine è orientata verso modelli con tubo di diametro variabile da 40 a 75 mm e lunghezza dai 100 ai 180 m. L'irrigatore dinamico a battente è montato su un piccolo carrello o slitta. A seconda del modello di irrigatore e della portata fornita, le gittate variano dai 10 ai 25 m. La pluviometria è influenzata dal tipo di irrigatore e dalla velocità di rientro e assume valori che variano dai 4-5 mm, ad una velocità di rientro di circa 40 m/h, fino a 33-34 mm con velocità di circa 10 m/h.

Per ottenere un perfetto avvolgimento del tubo sul tamburo, i modelli sono dotati di un sistema guidatubo azionato da un albero scanalato o vite senza fine. Altri dispositivi che possono essere presenti sono la regolazione dell'intensità di pioggia mediante by-pass e l'arresto automatico a fine corsa con chiusura del passaggio dell'acqua.



7.3 Per l'irrigazione delle aree verdi si utilizzano normalmente modelli di rotoloni di piccole dimensioni con torretta fissa

Il sistema garantisce una uniformità di precipitazione migliore rispetto ad altri sistemi mobili e richiede sicuramente minore manodopera anche se il tecnico addetto all'irrigazione deve essere comunque presente per controllare il funzionamento e operare gli spostamenti della macchina.

7.2.2. Irrigatori per il verde

Gli irrigatori sono i dispositivi preposti alla distribuzione dell'acqua irrigua. La gamma di irrigatori presenti sul mercato è estremamente articolata ed è possibile trovare l'irrigatore adatto a risolvere qualsiasi necessità legata alle diverse condizioni di installazione, potendo scegliere tra una infinità di modelli che differiscono per prestazioni e caratteristiche di funzionamento (Bortolini, 2000).

Fondamentalmente, dal punto di vista della modalità con cui avviene la distribuzione dell'acqua, si possono distinguere due tipi di irrigatore: statico e dinamico.

Gli irrigatori statici non hanno nessuna parte in movimento e formano un getto che distribuisce l'acqua nello stesso istante in tutta l'area ad essi sottoposta,

Gli irrigatori dinamici sono dotati di uno o più getti che ruotano intorno a un'asse verticale o orizzontale. Il movimento rotatorio può avvenire per reazione interna, sfruttando il momento di rotazione originato dalla deviazione del getto e/o getti contrapposti (a girandola), oppure per mezzo di meccanismo interno a turbina, a sfera ruotante (rotativi a sfera) o a pistone, o meccanismo esterno a deflettore oscillante o martelletto (a impatto), a turbina o con braccio circolare (a massa battente).

A seconda della porzione di terreno bagnata, si possono distinguere gli irrigatori a cerchio pieno e gli irrigatori a settore (mezzo cerchio, un quarto di cerchio ma anche altra forma non circolare come rettangolo, quadrato, striscia, elisse).



7.4 Irrigatore dinamico a girandola

Le caratteristiche fondamentali che permettono di distinguere i diversi irrigatori e di verificarne la qualità sono di seguito elencate.

- *Pressione di esercizio* (espressa in bar), che deve essere assicurata al bocaglio affinché l'irrigatore possa garantire la pluviometria e la gittata previste dalle tabelle prestazionali fornite dalle ditte costruttrici.



7.5 Irrigatore dinamico rotativo aperto: la sfera d'acciaio mossa da getti d'acqua interni fa ruotare il bocaglio

- *Portata* ($L \min^{-1}$ o $L s^{-1}$) è la quantità di acqua che un irrigatore è in grado di distribuire nell'unità di tempo ed è influenzata dalla pressione di funzionamento e varia proporzionalmente con il diametro del bocaglio.

- *Gittata* (m) è la lunghezza orizzontale dalla base dell'irrigatore alla linea periferica in cui arrivano le gocce, ovvero la distanza massima alla quale un irrigatore può garantire una minima aspersione e varia con la pressione di funzionamento, l'alzo, la velocità di rotazione, la forma e dimensione del bocaglio, la ventosità, l'altezza del bocaglio dal suolo.



7.6 Funzionamento di un irrigatore dinamico a deflettore oscillante (martelletto)

- *Alzo*, che esprime l'angolo di inclinazione dell'asse del bocaglio rispetto all'orizzontale. La gittata massima si ottiene con un alzo intorno ai 32° però il getto, data la maggiore altezza rag-

giunta, è più influenzabile dal vento. Per tale motivo gli irrigatori hanno un alzo che varia normalmente tra i 22° e i 28°. Sono disponibili sul mercato irrigatori con boccali ad inclinazione minore dello standard (chiamati irrigatori a getto teso) il cui alzo può variare da 15° (Angolo Basso) a 5° (Angolo Piatto), particolarmente adatti al funzionamento in zone normalmente ventose in quanto permettono una migliore penetrazione del getto d'acqua nell'aria. In alcuni modelli di irrigatori dinamici è anche possibile variare la traiettoria del getto agendo su una apposita vite di regolazione, consentendo di adattare il getto alla reale lunghezza dell'area servita dall'irrigatore, evitando in tal modo di bagnare al di fuori della superficie a verde e regolando la gittata con precisione per la corretta sovrapposizione dei getti di irrigatori contigui.

- *Arco di lavoro*, che esprime l'ampiezza dell'angolo di bagnatura e si misura in gradi. Esistono modelli in grado di lavorare solo a pieno cerchio e altri in cui è possibile variare l'angolo di lavoro (a settore). Negli irrigatori dinamici a battente la regolazione avviene agendo su apposite alette poste alla base dell'irrigatore mentre nei pop-up a turbina si può operare sulla sommità della torretta o su una ghiera posta sotto al boccalio. Gli irrigatori statici bagnano normalmente con angolo di lavoro fisso (es. quarto di cerchio o 90°) ma alcuni modelli possono montare boccali ad arco di lavoro variabile (testine VAN) in cui è possibile adattare l'arco di bagnatura alla forma della superficie da irrigare agendo manualmente su un'apposita ghiera.
- *Pluviometria*, che è data dal rapporto tra portata e superficie bagnata. Esprime la quantità di acqua distribuita dagli irrigatori su un'area di ampiezza nota nell'unità di tempo e si indica normalmente in millimetri all'ora. Come si può notare nella Tabella 7.3., la pluviometria è più alta negli irrigatori statici rispetto ai dinamici. Comunque, a causa della modalità di distribuzione dell'acqua di un irrigatore, contrariamente a quanto avviene in natura durante una pioggia, l'intensità non è mai uguale nei vari punti bagnati. In realtà, più che l'intensità di precipitazione di un singolo irrigatore è più interessante conoscere la pluviometria di un'intera area irrigata, che è influenzata dalla somma delle precipitazioni ovvero delle portate dei singoli irrigatori e quindi risente, oltre che della variazione della pressione di esercizio, dell'avanzamento (o distanza) degli irrigatori. L'intensità di aspersione è un parametro molto importante per stabilire se un modello di irrigatore è adatto ad un certo terreno: infatti, l'intensità di aspersione non dovrebbe mai superare la velocità di infiltrazione onde evitare problemi di ruscellamento o ristagno superficiale.
- *Altezza di sollevamento*, che è una caratteristica peculiare degli irrigatori a scomparsa (pop-up) ed è spesso individuata da un numero che esprime l'altezza in pollici dell'escursione della torretta (es. 2" corrisponde ad un'altezza di sollevamento della torretta di circa 5 cm). L'uso degli irrigatori con maggiore altezza di sollevamento consente l'allungamento del tempo di sfalcio del prato ed è particolarmente utile quando nell'area da bagnare vi siano ostacoli di modesta entità da superare, come cespugli e siepi basse. Naturalmente, ad una maggiore altezza di sollevamento corrisponde una maggiore lunghezza della torretta ovvero del corpo dell'irrigatore. In questo caso, se non è possibile o conveniente approfondire troppo le tubazioni, si dovranno scegliere irrigatori con at-

tacco laterale.

Inoltre, le caratteristiche del boccaglio (forma e dimensione) influenzano la gittata, la dimensione delle gocce, la forma dell'area bagnata e la portata. Quest'ultima, in particolare, è direttamente proporzionale al suo diametro. Il boccaglio è la parte terminale dell'irrigatore da cui fuoriesce l'acqua. A parità di boccaglio, variando la pressione si modificano la lunghezza della gittata e la dimensione delle gocce. La maggior parte degli irrigatori possiede una serie di boccagli intercambiabili con caratteristiche di portata e gittata diversa a parità di pressione. Per una più rapida identificazione, negli irrigatori dinamici a battente può essere impresso sul boccaglio il valore del diametro (in mm), mentre i pop-up presentano boccagli di colore diverso o con impresso il valore della portata espressa in galloni americani al minuto (Bortolini, 2008).

Tabella 7.3 - Prestazioni medie degli irrigatori per il verde in commercio.

Tipo irrigatore	Portata [L/min]	Gittata [m]	Pluviometria [mm/h]
Statici standard	12,9 - 18,2	3,7 - 5,2	40 - 57
Statici basso volume	6,4 - 9,8	3,1 - 4,3	32 - 42
Dinamici corta gittata	10,6 - 18,4	4,9 - 9,2	8 - 21
Dinamici media gittata	15,6 - 42,7	9,8 - 15,1	10 - 14
Dinamici lunga gittata	15,9 - 63,2	11,6 - 21,3	6 - 8

Sia gli irrigatori statici sia quelli dinamici sono disponibili in due versioni:

- fuori terra o fissi (stationary o shrub)
- a scomparsa o sottosuolo (pop-up)

Gli irrigatori fuori terra restano sempre sopra il livello del terreno, mentre gli irrigatori a scomparsa sono dotati di una torretta che rimane costantemente interrata ed emerge solo durante il funzionamento.

Gli irrigatori fuori-terra (stationary)

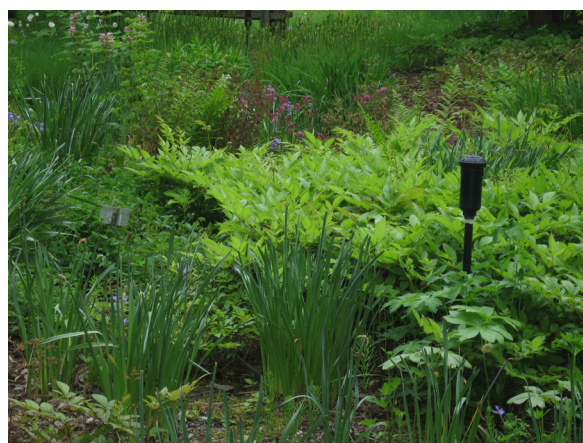
Gli irrigatori stationary sono montati su un tubo in postazione fissa. Generalmente sono irrigatori dinamici a martelletto (come quelli utilizzati in agricoltura) ma appositi adattatori consentono di montare anche le testine di pop-up statici (con adattatori Shrub porta-ugelli) o le torrette dei pop-up dinamici (con adattatori ad attacco filettato). Sono indicati soprattutto nell'irrigazione delle aiuole e dei cespugli (da qui anche il nome di shrub) ed in tutti i casi in cui risulti difficile l'installazione di irrigatori a scomparsa.

Questa tipologia di irrigatori presenta due vantaggi: il costo contenuto e la possibilità di variare l'altezza dell'irrigatore in relazione alla crescita delle piante cambiando l'asta porta irrigatore. Per contro sono poco gradevoli dal punto di vista estetico, sono di ostacolo durante gli sfalci e altri lavori di manutenzione del verde e, essendo visibili, sono più facilmente soggetti a danneggiamento vandalico.

Gli irrigatori a scomparsa (pop-up)

Gli irrigatori pop-up sono quelli che meglio si adattano all'irrigazione del tappeto erboso

in quanto, oltre a sfuggire alla vista mimetizzandosi perfettamente nella vegetazione riducendo enormemente l'impatto visivo-estetico dell'impianto irriguo, evitano inutili perdite di tempo per rifilare l'erba attorno all'irrigatore facilitando quindi gli sfalci; nello stesso tempo, data l'altezza sul livello del terreno raggiunta dall'ugello distributore in fase di funzionamento, consentono di irrigare per asperzione aree verdi anche di ampie dimensioni. Inoltre, la mancata visibilità di componenti esterne limita al massimo i rischi di danneggiamento per furti e atti vandalici. Per tali motivi i pop-up sono gli irrigatori più comunemente impiegati nella realizzazione di impianti irrigui per il verde ornamentale e sportivo.



7.7 Gli irrigatori stationary sono poco gradevoli dal punto di vista estetico ma sono utili per irrigazioni di soccorso o laddove non sia possibile o conveniente predisporre un impianto fisso interrato

Rispetto agli stationary, i pop-up presentano un costo più elevato e necessitano di una maggiore accuratezza di installazione. Un'utile accorgimento, da adottare nel caso di installazione in un prato nuovo, soggetto quindi ad assestamenti successivi del terreno, consiste nell'installare l'irrigatore su un'asta regolabile (o prolunga estensibile) che consente di far scendere progressivamente l'irrigatore mantenendolo sempre a livello del terreno.

Dal punto di vista costruttivo sono composti da tre parti: 1) il corpo o carter, costituito da un cilindro di plastica al cui interno scorre 2) la torretta o canotto, che internamente è vuota negli statici mentre nei dinamici contiene il motore idraulico (turbina) deputato alla rotazione del 3) boccaglio o ugello, chiamato anche testina negli statici, che distribuisce l'acqua.

In condizioni di lavoro la torretta fuoriesce per effetto della pressione di esercizio, per poi rientrare completamente nel corpo a fine irrigazione grazie ad una molla di richiamo, normalmente in acciaio inossidabile. In questo modo non resta nessun apparato esterno a vantaggio dell'estetica dell'impianto, della sicurezza antivandalica e della riduzione di ingombro per gli sfalci o le manutenzioni ordinarie del verde (trattamenti, potature, ecc.).

All'interno della torretta è presente un filtro per impedire a corpi estranei di ostruire il passaggio dell'acqua nel boccaglio o negli ingranaggi della turbina, bloccando la rotazione dell'irrigatore.

Durante il rientro della torretta al termine dell'irrigazione si ha una leggera fuoriuscita d'acqua tra la guarnizione del corpo e la torretta (chiamato lavaggio), utile per eliminare sedimenti di terra o altro materiale che si possono depositare intorno e sopra la torretta al fine di prevenire il danneggiamento della guarnizione di tenuta e, di conseguenza, il regolare funzionamento dell'irrigatore.

Il corpo può avere dimensioni diverse a cui corrisponde un'altezza di sollevamento della torretta compresa tra i 5 e i 30 cm, che negli statici è indicata in pollici (2", 4", ecc.).

La gamma di irrigatori a scomparsa presenti sul mercato è estremamente articolata ed è possibile trovare l'irrigatore adatto a risolvere qualsiasi necessità sia in relazione alle prestazioni sia

in relazione alle caratteristiche tecnologiche.



7.8 Sono diversi i motivi che fanno preferire l'uso dei pop-up nell'irrigazione dei giardini, tra questi la facilità di sfalcio dell'erba

vegetazione più delicata, come le aiuole fiorite.

Possono essere equipaggiati con un'ampia gamma di testine intercambiabili che sono contraddistinte da un numero di serie, funzione della gittata espressa in piedi (per esempio, la serie 5 ha una gittata di circa 1,5 metri alla pressione di circa 2 bar). Ad ogni serie corrisponde normalmente un colore diverso. All'interno di ogni serie le testine si distinguono per la modalità di bagnatura: ad angolo fisso (contraddistinte da lettere acronime dell'angolo coperto come F per full 360° o H per half 180°), testine con regolazione dell'arco da 0° a 360° (VAN), testine a configurazioni speciali (a getti separati, a strisce, ecc.). Ogni testina quindi è individuata da un numero che definisce la gittata e da una sigla che individua l'angolo o la forma di bagnatura.

Tabella 7.4 - Corrispondenza tra numero di serie e gittata

Serie	Gittata [m]
5	1,5
8	2,4
10	3,0
12	3,6
15	4,5

Tabella 7.5 - Corrispondenza tra lettere e arco o forma di bagnatura

Sigla	Arco/forma
Q	90°
T	120°
H	180°
TT	240°
TQ	270°
F	360°
ST	striscia
SS	stream spray
VAN	regolabile

Gli irrigatori pop-up statici sono costituiti da una torretta vuota nella quale è inserito il boccaglio (spesso chiamato in questo caso “testina”) che regola la portata in uscita e l'ampiezza dell'angolo di lavoro.

L'estrema semplicità costruttiva li rende poco costosi e molto affidabili nel funzionamento, in quanto sono ridotte le possibilità di occlusione anche con acqua non perfettamente pulita; la presenza di un filtro posto sotto la testina ne riduce ulteriormente il rischio. Sono caratterizzati da una ridotta pressione di esercizio (generalmente 2 bar) e da una gittata limitata, inferiore ai 5 metri; le sottili gocce di pioggia prodotte li rendono adatti anche alla

Le testine ad arco di lavoro fisso sono caratterizzate da una erogazione proporzionale ovvero aumentando l'apertura dell'arco aumenta proporzionalmente la portata. La stessa precisione nella proporzionalità non è però assicurata dalle testine ad angolo variabile.



7.9 I pop-up statici possono avere numerosi bocchigli intercambiabili con modalità di bagnatura diversa: nella foto un modello con testina a 180°

Al centro della sommità della testina può essere posta una vite per la regolazione della gittata. Si consiglia di non ridurre troppo la gittata, facendo lavorare l'irrigatore con almeno il 75% del valore massimo di gittata, per non compromettere l'omogeneità di distribuzione.

Caratteristica peculiare è l'elevata intensità di aspersione che, in un'area irrigata con la sovrapposizione di più getti, può superare i 50 mm di pioggia per ora di funzionamento; di conseguenza, si ha la necessità di un'alta portata d'acqua alla quale corrispondono però dei tempi di irrigazione limitati (anche pochi minuti per zona irrigua).

Sebbene il costo del singolo irrigatore sia modesto, la limitata superficie irrigata richiede un numero elevato di corpi bagnanti che rendono il costo a metro quadro dell'impianto relativamente elevato.

Un difetto molto importante degli irrigatori statici è la bassa uniformità di distribuzione legata soprattutto all'impossibilità di bagnare adeguatamente sotto al bocchiglio. Una buona omogeneità di bagnatura del tappeto erboso può essere perciò ottenuta solo con una sovrapposizione spinta dei getti, che però fa lievitare ulteriormente i costi d'impianto.

Per una migliore distribuzione sotto l'irrigatore si possono montare particolari testine che, pur presentando le caratteristiche tipiche delle standard (distribuzione contemporanea su tutta l'area, bassa pressione di esercizio, limitata gittata, polverizzazione del getto), sono dotate di un esclusivo meccanismo rotativo oppure un getto a rapida oscillazione, particolarità che migliorano sensibilmente le prestazioni distributive. Rispetto ai modelli presenti in passato che prevedevano una gittata non inferiore ai 4-5 metri, il mercato propone adesso testine che possono lavorare anche con gittate di 1,5 m con una pluviometria intorno ai 20 mm h⁻¹, riducendo quindi notevolmente i problemi legati al ruscellamento generato dai normali irrigatori statici.



7.10 Pop-up dinamici a turbina interna mentre irrigano un tee di un campo da golf



7.11 Per migliorare l'uniformità di distribuzione dei pop-up a lunga gittata sono presenti più boccali nella stessa torretta

Gli **irrigatori pop-up dinamici** distribuiscono l'acqua mediante un getto che ruota coprendo una circonferenza intera o l'angolo di lavoro impostato. Come già detto, la rotazione del getto può essere ottenuta con meccanismi diversi; sicuramente i più diffusi sono quelli a turbina interna.

Nei **dinamici a impatto (martelletto)** l'avanzamento del getto è determinato da un deflettore oscillante posto di fronte all'ugello che viene spostato dalla pressione dell'acqua e il cui contraccolpo, causato dalla molla di richiamo, causa la rotazione progressiva a scatti.

Gli irrigatori a martelletto sono dotati di buona resistenza e durata nel tempo e funzionano anche con acque abbastanza sporche. Per contro l'elevata rumorosità durante il funzionamento e le dimensioni ingombranti del corpo e della superficie visibile ne hanno determinato l'abbandono progressivo nei giardini, per cui l'impiego è attualmente limitato a grandi spazi verdi, soprattutto sportivi. Laddove si renda necessaria una sostituzione i dinamici a martelletto vengono perciò gradualmente sostituiti dai dinamici a turbina.

I **dinamici a turbina** sono attualmente quelli più utilizzati per l'irrigazione dei tappeti erbosi. La rotazione del getto avviene per il passaggio dell'acqua entro una serie di ingranaggi (turbina) posti all'interno della torretta dell'irrigatore. La turbina può essere lubrificata ad acqua o ad olio: nel secondo caso una fuoriuscita dell'olio potrebbe danneggiare il prato perciò attualmente sono preferibilmente adottate turbine autolubrificate dall'acqua in transito.

Rispetto agli irrigatori dinamici a martelletto, quelli a turbina presentano una maggiore silenziosità, un'ampia gamma di boccali e una maggiore economicità dei modelli a grande gittata. Per contro necessitano di acqua pulita o filtrata e in caso di occlusione della turbina occorre sostituire l'intero corpo dell'irrigatore.

A seconda del raggio di gittata gli irrigatori dinamici a turbina vengono normalmente differenziati in: dinamici per piccole aree verdi (residenziali con gittata tra 5 e 15 m) e per grandi aree verdi (professionali con gittata fino a 30 m).

I **pop-up a turbina esterna** sono irrigatori a lunga gittata (fino 49 metri) concepiti per l'irrigazione di campi da calcio senza irrigatori centrali, evitando quindi la presenza di irrigatori con cestello porta zolla. La rotazione è affidata ad una turbina esterna azionata dal getto secondario. La portata di un singolo irrigatore può superare i 1000 litri al minuto alla pressione di 6,5 bar con un apogeo (altezza massima del getto dal suolo) di 8 metri.

I **pop-up a pistone** presentano un diaframma



7.12 I pop-up dinamici a pistone sono irrigatori a lunga gittata indicati per l'installazione in campi sportivi ai bordi del campo

e un pistone che fanno ruotare progressivamente l'irrigatore di pochi gradi fino a fine corsa, con un movimento discontinuo ma non a scatti come in quelli a impatto. Anche in questo caso si tratta di irrigatori a lunga gittata utilizzati per installazione in campi sportivi ai bordi del campo. Gittate, portate e pressioni di funzionamento sono simili agli irrigatori a turbina esterna.

I pop-up con cestello porta-zolla sono stati appositamente studiati per l'utilizzazione all'interno del campo di calcio o in altri impianti sportivi allo scopo d'assicurare la massima sicurezza agli atleti durante il gioco. Infatti, quest'irrigatore è provvisto di un cestello superiore in gomma morbida per contenere una zolla con erba naturale, perché nessuna parte rigida si deve trovare a 5-6 cm dal livello del suolo. Il cestello si deve poter facilmente rimuovere dall'alto così da permettere di cambiarlo per manutenzione e sostituzione della cotica erbosa danneggiata. Il carter esterno può possedere attacco inferiore e laterale per facilitarne l'installazione anche con scavi poco profondi. Ultimamente sono prodotti irrigatori di media gittata con piccolo cestello porta-zolla.



7.13 I pop-up con cestello porta-zolla sono studiati per garantire la sicurezza agli atleti durante il gioco

7.3. MICROIRRIGAZIONE

La microirrigazione è un metodo irriguo contraddistinto da somministrazione a basse portate e basse pressioni ed erogazione quasi continua con intervalli frequenti.

È ancora comune l'uso del termine "irrigazione a goccia" (*drip* o *trickle irrigation* per gli anglosassoni, *irrigation goutte à goutte* per i francesi) che definisce più propriamente solo quei sistemi caratterizzati da una erogazione goccia a goccia (stillicidio); anche l'espressione "irrigazione localizzata" è stato utilizzato in passato per definire questo metodo irriguo in virtù della caratteristica di bagnare il suolo esclusivamente nella zona interessata dall'apparato radicale. Sicuramente il termine "microirrigazione" (*microirrigation*) permette di definire in maniera più esauriente questo metodo irriguo che comprende tutti i sistemi che erogano acqua con pressioni e portate modeste ed elevata frequenza di intervento.

Tra le peculiarità di questo metodo - soprattutto quando un impianto di microirrigazione è correttamente progettato, gestito e mantenuto - vi è l'elevata uniformità di distribuzione accompagnata da un'alta efficienza irrigua, che consentono a tutte le piante dell'area servita dall'impianto di ricevere la stessa quantità d'acqua e di utilizzarla quasi totalmente. In questo modo vengono notevolmente ridotti gli sprechi d'acqua assicurando nel contempo alle piante un favorevole regime idrico (il livello di umidità del suolo può essere mantenuto ad un valore costante ed ottimale) e una maggiore disponibilità degli elementi nutritivi.

7.3.1. Erogatori

L'acqua viene distribuita alle piante attraverso una fitta rete di tubazioni laterali provviste di numerosi punti di erogazione (linee disperdenti).

L'erogatore è il dispositivo di emissione che regola la portata in uscita dai vari punti di erogazione allo scopo di assicurare il mantenimento di una certa uniformità di distribuzione dell'acqua irrigua. È sicuramente l'elemento che più caratterizza un impianto di microirrigazione.

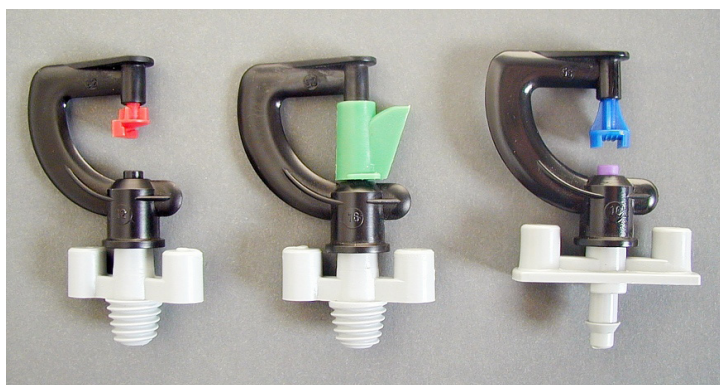
Gli erogatori presenti in commercio possono essere classificati in vari modi a seconda delle caratteristiche esaminate (Bortolini e Lazzarin, 2003).

Una classificazione molto diffusa suddivide gli erogatori in base alle modalità di erogazione (goccia, spruzzo, ecc.). È possibile distinguere quattro grandi categorie:

- **gocciolatori:** erogano portate modeste (1-16 L/h) a pressioni di funzionamento molto basse (anche sotto 1 bar) bagnando per stillicidio porzioni circoscritte di terreno la cui forma e dimensione varia a seconda del tipo di suolo;
- **spruzzatori:** producono uno o più getti in grado di coprire un'area circolare o a settore di vario tipo; rispetto ai gocciolatori richiedono pressioni d'esercizio più elevate (1-3 bar) ed erogano portate maggiori (da 20 L/h fino a 300 L/h). Si distinguono modelli statici (sprayer), in grado di bagnare contemporaneamente l'intera area servita con un diametro bagnato massimo di 6 metri, e dinamici (microsprinkler) dotati di un organo in movimento (girandola o altro) che permette di bagnare aree circolari di diametro maggiore (4-10 m);
- **nebulizzatori (fogger):** frantumano il getto in particelle finissime creando una nebbia leggera. La pressione di funzionamento è relativamente elevata (3,5 – 5 bar) e la portata varia dai 7 ai 30 L/h. Più che un'azione umettante quella del nebulizzatore è un'azione climatizzante che influenza la temperatura e l'umidità dell'aria (utilizzati prevalentemente in floricoltura in serra, ma anche per creare particolari effetti nebbia in aree del giardino);



7.14 Gocciolatori a capillare adatti all'irrigazione di fioriere



7.15 Spruzzatori statici e dinamici

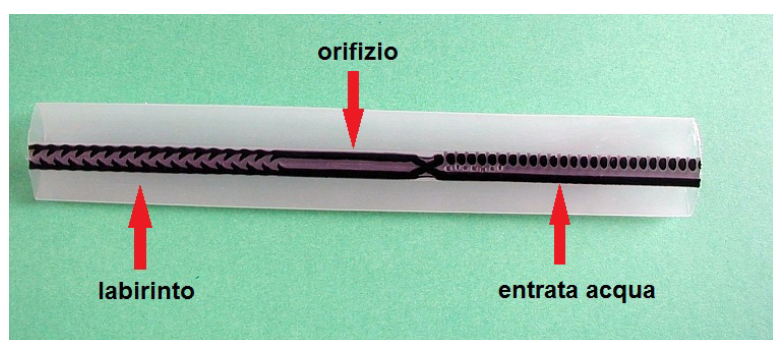
- **allagatori** (bubbler): funzionano a bassa pressione (1-2 bar) e bagnano piccole aree adiacenti la pianta pur erogando portate simili agli spruzzatori (generalmente 120-240 L/h ma esistono modelli con portate superiori). L'erogazione di volumi d'acqua elevati in un'area limitata tende a creare una pozzanghera al piede delle piante irrigate; si tratta, quindi, di erogatori più adatti a terreni tendenzialmente permeabili, utilizzati prevalentemente su aiuole e al piede di alberi.

Se si considera, invece, la capacità degli erogatori di compensare o meno le variazioni di pressione si possono distinguere:

- erogatori comuni: nei confronti della pressione di esercizio si comportano come semplici fori e la portata varia con la pressione,
- erogatori autocompensanti: entro un certo intervallo di funzionamento mantengono costante la portata al variare della pressione.

Attualmente trovano largo uso in microirrigazione le manichette e le ali gocciolanti.

Le **manichette gocciolanti** in materiale plastico sottile (da 0,1 a 0,6 mm di spessore) sono costituite da un foglio i cui lembi sono parzialmente sovrapposti a formare una doppia camera. L'energia viene dissipata facendo passare l'acqua per una tortuosità, presente in un sottilissimo gocciolatore saldato in prossimità dei lembi sovrapposti.

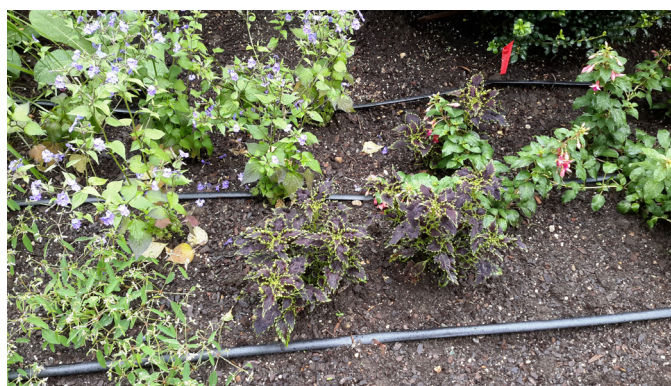


7.16 Manichetta gocciolante o tape

Quelle di più recente produzione sono invece fabbricate come i normali tubi, pur mantenendo spessori molto ridotti, e i gocciolatori, costituiti da una lunga striscia sottile, sono saldati in fase di estrusione. L'orifizio si riduce a una sottile fessura che si allarga per effetto della

pressione e si richiude non appena cessa l'irrigazione. Sono chiamate anche *tape* perché quanto sono senza acqua sono così appiattite da sembrare dei nastri.

Le **ali gocciolanti integrali** presentano i gocciolatori inseriti, in fase di estrusione, all'interno della tubazione. In base alla consistenza del materiale si possono distinguere ali rigide, semi-rigide e flosce. Più comunemente sono



7.17 Aiuola irrigata con manichetta gocciolante

commercializzate le ali rigide integrali che vengono riutilizzate per più stagioni; ciò le rende più economiche nonostante il loro maggior costo d'acquisto. Gli erogatori possono essere cilindrici o piatti: i primi sono saldati all'interno della sezione del tubo per l'intera circonferenza mentre i secondi solo su un lato della parete. Entrambi i gocciolatori possono essere di tipo comune o autocompensante.



7.18 Sezione di ala gocciolante integrale con gocciolatore autocompensante: si può notare la membrana trasparente in silicone che, inserita all'interno del gocciolatore, consente di mantenere la portata in uscita uniforme anche se varia la pressione

La portata di un'ala o di una manichetta gocciolante è solitamente fornita in litri all'ora per metro lineare o, più raramente, in litri al minuto per 100 metri.

Lo spessore di ali gocciolanti e manichette viene misurato in *mil* ovvero i millesimi di pollice (1 mil = 0,0254 mm).

7.3.2. Microirrigazione interrata

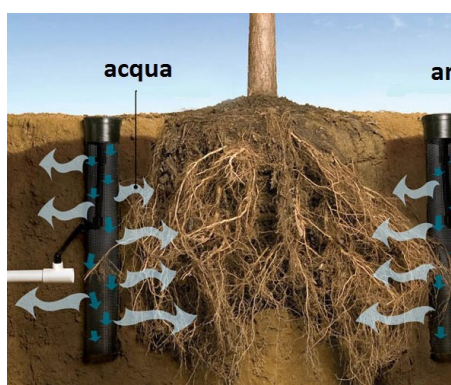
Nei sistemi interrati la somministrazione dell'acqua avviene direttamente nella zona interessata dagli apparati radicali. Generalmente si interrano le ali gocciolanti e per questo si usa anche il termine microirrigazione sotterranea, ma nel caso di piante arboree isolate o abbastanza distanti l'una dalle altre si possono interrare gocciolatori, spruzzatori o bubbler utilizzando dispositivi costituiti da una struttura cilindrica aperta con rete o un tubo parzialmente forato.

Nel caso di microirrigazione di un tappeto erboso si rende completamente invisibile l'impianto irriguo. Oltre all'elevata efficienza irrigua, conseguenza delle ridottissime perdite per percolazione e dell'assoluta assenza di perdite per ruscellamento ed evaporazione durante l'irrigazione, e alla possibilità di irrigare con modesti volumi d'acqua e basse pressioni di esercizio, caratteristiche tipiche dei sistemi microirrigui, i vantaggi legati a questo tipo di sistema irriguo sono numerosi e possono essere così riassunti:



7.19 Irrigazione di un albero con sistema interrato con spruzzatori

- massima fruibilità dell'area, in quanto l'irrigazione può essere eseguita in qualsiasi orario anche in presenza di persone;
- eliminazione del rischio vandalico, non essendo visibile la presenza di alcun elemento dell'impianto;
- completo accesso e transito delle macchine in qualsiasi momento, compresi i tagliaerba per le operazioni di sfalcio, in virtù della modalità di bagnatura che lascia abbastanza asciutta la superficie;
- assenza di rischio incidenti per inciampi, urti o scivolamenti sulle superfici esposte degli irrigatori (nel prato si può camminare anche a piedi scalzi senza pericolo), particolarmente interessanti in aree a ridosso di piscine, aree gioco bimbi, campi sportivi, ecc.;
- elevata uniformità di distribuzione dell'acqua per la diffusa presenza di punti di erogazione;
- assenza di effetto deriva anche in zone molto ventose;
- ridotta manutenzione e necessità di sostituzione di pezzi a causa di rotture accidentali (ad es. per il passaggio di macchine o tagliaerba);
- possibilità di applicazione in sicurezza di acque reflue.



7.20 Schema di funzionamento di un sistema interrato con spruzzatori o bubbler

Il sistema si presta particolarmente per irrigare zone a prato di dimensioni ridotte e/o irregolari, soprattutto nei casi in cui non sia consentito debordare, come nelle aiuole spartitraffico e rotatorie. Interessante è anche l'applicazione al di sotto delle pavimentazioni grigliate (green-block) per le aree a parcheggio. Inoltre, risulta particolarmente agevole la somministrazione del concime durante l'intervento irriguo (fertirrigazione) con vantaggi sia per la vegetazione (distribuzione frequente e tempestiva degli elementi nutritivi) che per l'ambiente (scarsa lisciviazione in falda dell'azoto nitrico).

I benefici sono ottenibili solo con una progettazione accurata dell'impianto e una regolare manutenzione. Infatti, per una adeguata distribuzione dell'acqua in tutta l'area, particolare cura deve essere riposta nella scelta della portata dei gocciolatori e nella loro disposizione (distanza). Considerando che le installazioni sono generalmente effettuate in fase di preparazione delle aree a verde, per le quali si utilizzano tendenzialmente substrati sciolti con buon drenaggio, la spaziatura tra le ali gocciolanti deve essere limitata ai 30 cm con gocciolatori inseriti ad una distanza (passo) di 20-30 cm e portata dai 2 ai 4 L/h. In particolare, in terreni con più elevata componente sabbiosa sarà preferibile optare per ali gocciolanti con passo ridotto a 20 cm e por-



7.21 La microirrigazione interrata si presta a irrigare zone a prato di dimensioni limitate e nei casi in cui non sia consentito debordare, come nelle aiuole spartitraffico e rotatorie: predisposizione dell'impianto e lavoro finito

tata 4 L/h. Interdistanze maggiori fino a 45 cm possono essere scelte nel caso di interro delle ali in tappeti erbosi già esistenti, con terreni a tessitura media o argillosa (Bortolini, 2007).

La disposizione delle ali può essere fatta in parallelo, affiancando le ali gocciolanti alimentate dalla tubazione di testata, o a serpentina, facendo compiere un percorso sinuoso ad un'unica lunga ala gocciolante. In entrambi i casi, è bene ricordare che la lunghezza finale dell'ala gocciolante può essere tale da richiedere, per un corretto funzionamento, la presenza di gocciolatori di tipo autocompensante.

La profondità di interro consigliata è compresa tra 12 e 20 cm a seconda del tipo di terreno e della capacità di approfondimento radicale delle specie che costituiscono l'area verde. Sicuramente il rifornimento idrico sottosuperficiale, e quindi la presenza di acqua ad una certa profondità, favorisce l'approfondimento delle radici che sono spinte naturalmente a cercare l'acqua dove ne trovano più facilmente; di conseguenza, la massa radicale si concentra soprattutto al di sotto dello strato di terreno più superficiale, in una zona meno soggetta a oscillazioni di umidità e stress idrici.

L'interramento delle ali gocciolanti può essere fatto anche su cotico erboso esistente con apposita macchina interratrice, che consente la posa delle ali gocciolanti mediante semplice taglio del terreno.

L'impianto necessita di alcuni accorgimenti tecnici per ottimizzare le prestazioni del sistema, quali la presenza di una valvola di sfiato/vuoto aria nei punti più alti per impedire il risucchio di particelle di terreno a fine irrigazione e valvole di fine linea (valvole di drenaggio) nel collettore di scarico per effettuare automaticamente una pulizia all'inizio di ogni ciclo irriguo.

Uno dei problemi maggiori è legato all'occlusione degli erogatori ad opera delle piccole radici, particolarmente numerose in un tappeto erboso. L'intrusione delle radici nel gocciolatore può essere facilmente contrastata dall'azione di un diserbante (trifluralin) immesso regolarmente nel sistema a piccole dosi. A tale scopo, sono prodotte particolari ali gocciolanti con gocciolatore coestruso impregnato di trifluralin, che viene lentamente e costantemente rilasciato durante ogni irrigazione nella zona circostante al gocciolatore. L'utilizzo di questo erbicida, però, non è più ammesso in Europa dal 2008, in seguito a criticità riscontrate a livello ambien-

tale. Attualmente, quindi, si consiglia di interrare ali o manichette gocciolanti dichiarate dalle ditte produttrici adatte all'interro ed effettuare trattamenti con diserbanti antigerminello a microdosi. Il mercato propone anche manichette e ali gocciolanti con gocciolatori dotati di una sottile lamina di rame che contrasta l'intrusione e la crescita delle radichette all'interno del gocciolatore stesso. Interessanti sono particolari ali e manichette gocciolanti rivestite di geotessuto che permettono, tra l'altro, di trasformare un sistema con erogazione puntiforme in una lunga striscia uniformemente bagnata.

Naturalmente i costi dell'impianto microirriguo interrato sono più elevati dei sistemi tradizionali per aspersione con pop-up e la decisione di adottare tale soluzione deve essere accompagnata da un'adeguata valutazione preliminare dei benefici che ne possono derivare.

Alberi e arbusti sono un elemento fondamentale del verde urbano, costituendone l'ossatura e la principale componente qualitativa e quantitativa. Tuttavia, soprattutto la presenza degli alberi in città può creare problemi legati alla loro interferenza con molte attività essenziali nella vita quotidiana cittadina, specie quando si tratta di esemplari di grandi dimensioni.

Contrariamente che in natura, alberi e arbusti in ambiente urbano hanno costantemente bisogno di cure che permettano di mantenerli in salute e vitali. In particolare, gli alberi, anche se in condizioni normali non avrebbero bisogno di interventi ordinari, in città devono essere regolarmente potati. Ciò deriva da molti fattori, ma i principali sono riconducibili sicuramente al perenne conflitto con i manufatti di varia natura presenti ma anche, molto spesso, agli errori di valutazione della reale crescita di rami e radici, elementi che dovrebbero essere presi in considerazione in fase di progettazione. Infatti, è frequente che la progettazione di un'area verde non valuti attentamente i diametri e gli ingombri che alberi e arbusti raggiungeranno in pieno sviluppo, con conseguenti necessità di contenimento delle chiome (o delle radici, in qualche caso) delle piante sviluppate.

Anche quando i progetti sono ottimamente eseguiti, però, può verificarsi il caso di piante che confliggano con gli edifici, le reti aeree o sotterranee o tra di loro. Inoltre, alcuni interventi di potatura, quali quelli in fase iniziale dopo l'impianto o la rimozione di rami pericolosi o disseccati per motivi fitosanitari, vanno comunque sempre eseguiti. A questi si devono aggiungere negli alberi gli interventi di alleggerimento e riequilibrio della chioma effettuati nei casi di pericolosità statica della pianta.

Un discorso a parte è rappresentato dagli interventi finalizzati a rendere particolari forme delle chiome di alberi e arbusti, ovvero la cosiddetta *ars topiaria*. In questo caso la potatura ha solo fini estetici e deve essere condotta con regolarità e precisione al fine di raggiungere gli scopi prefissati.

Molto importante è ricordare la prassi di riferimento UNI/PdR 8:2014 "Linee guida per lo sviluppo sostenibile degli spazi verdi - Pianificazione, progettazione, realizzazione e

manutenzione”¹ che afferma come l’approccio per gli interventi di potatura debba essere di tipo contenitivo in considerazione del fatto che “l’albero posto nella posizione corretta e adeguatamente mantenuto rimane in equilibrio statico-nutrizionale, quindi capace di resistere a sollecitazioni meccaniche destabilizzanti e di produrre una chioma ben sviluppata, forte e sana”. Essa consiglia agli operatori addetti alla manutenzione di: evitare capitozzature delle piante nel rispetto del rapporto della produzione ormonale; praticare tagli solo su rami e radici non superiori a 10 cm di diametro, per contenere i rischi di contrarre infestazioni fungine o batteriche; intervenire con tagli mirati rispettando età, stadio di accrescimento, fisiologia e aspetto estetico dell’albero, eliminando le parti secche, malate o irrimediabilmente deperite che potrebbero causare problemi di incolumità pubblica; rispettare il più possibile la forma naturale della specie e la dominanza apicale; eseguire gli interventi rigorosamente nelle epoche e nelle fasi fisiologiche più idonee usando attrezzi da taglio idonei e disinfettati.



8.1 La capitozzatura degli alberi è una pratica scorretta per innumerevoli motivi

Oltre alla potatura, nel caso degli alberi, altri interventi specifici sono l’abbattimento, il consolidamento e le rigenerazioni radicali.

L’abbattimento è consigliato quando la staticità è compromessa e l’albero diventa un pericolo per l’incolumità delle persone e dei manufatti. L’abbattimento viene definito “controllato” quando si opera sramando progressivamente e tagliando il tronco in sezioni successive.

Il consolidamento è un intervento che si effettua installando degli ancoraggi sulle branche per renderle più sicure così da garantire la stabilità dell’albero e la sua conservazione. Gli ancoraggi possono essere statici o dinamici. Gli ancoraggi statici prevedono l’installazione di un sostegno fisso su rami e branche che potrebbero rompersi, mentre gli ancoraggi dinamici sono costituiti da funi elastiche che assecondano i movimenti dei rami tendendosi o allungandosi al bisogno. In generale, quando possibile, sono da preferire gli ancoraggi dinamici.

Per quanto riguarda le radici, si possono rendere necessari interventi di rigenerazione quando il deperimento della pianta è legato a un eccessivo compattamento del terreno e scarsa aerazione. In questo caso si procede con l’asportazione della terra superficiale utilizzando aria compressa o acqua per evita-

¹ La prassi di riferimento fornisce le linee guida per lo sviluppo sostenibile degli spazi verdi urbani e periurbani orientando la pianificazione, la progettazione, la realizzazione, la manutenzione, nonché la produzione di materiale vegetale. Lo scopo è individuare degli obiettivi di qualità ambientale, economica e sociale relativi alla gestione territoriale in un’ottica di applicazione della Legge n.10 del 14 gennaio 2013 “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani” per consentire ad amministrazioni pubbliche e professionisti del settore di orientare politiche integrate di sostenibilità urbana finalizzate all’estensione e alla qualità degli spazi verdi.

re danneggiamenti alle radici e successivamente si ripristina l'area riempiendo con un substrato poroso che favorisce gli scambi gassosi e l'infiltrazione dell'acqua.

8.1. CENNI DI VALUTAZIONE DELLA STABILITÀ DEGLI ALBERI

Per una serie di ragioni, che vanno dalla maggiore consapevolezza e attenzione dei cittadini al problema, al peggiorato stato fitosanitario delle piante in città e alla senescenza delle alberature storiche, negli ultimi anni sono venuti alla ribalta dei problemi prima sottovalutati e, primo fra tutti, il pericolo della caduta di alberi o di parti di essi (Biocca et al., 2003). Una percentuale di danni è provocata da piante sane che purtroppo possono cadere imprevedibilmente al verificarsi di certe particolari condizioni meteorologiche (tempeste e uragani, forti nevicate). Altro fattore che in città si può verificare in certi ambiti è l'aumento della velocità del vento (associata a cambi di direzione imprevisti) in corrispondenza degli edifici, dove possono formarsi una sorta di gallerie del vento con la concentrazione e l'accelerazione delle raffiche.

I pericoli (ovvero le fonti di possibili lesioni o danni) rappresentati dagli alberi urbani, sono sintetizzati nella Tabella 8.1 (Biocca, 2004). La loro identificazione passa in primo luogo attraverso la conoscenza della specie e, in particolare, delle proprietà intrinseche del legno, della resistenza ai patogeni e dell'architettura della pianta.

Per definizione, il rischio è dato da due componenti: pericolosità, ovvero propensione al verificarsi di un evento, e vulnerabilità, ovvero il valore dei beni che possono rimanere coinvolti. La stima dei rischi consente di misurare la credibilità di un evento, associando possibilmente un tempo medio di ritorno. Per ottenere ciò si può ricorrere a banche dati, ossia a statistiche, o a metodi analitici basati sulla teoria della probabilità, che ad ogni evento associano una probabilità di accadimento in relazione alle condizioni di funzionamento e di progetto del sistema. Si ricorre a statistiche quando si ha la certezza che il dato storico provenga da un campione di sistemi effettivamente confrontabile con quello in esame. Purtroppo, nel caso del pericolo di cedimento di un albero le Amministrazioni difficilmente dispongono di statistiche complete sugli eventi accaduti.



8.2 Conseguenze della caduta di un albero

Tabella 8.1 - Fonti di pericolo associate agli alberi urbani.

Fonte di pericolo			Cause
Danni diretti	Danni a persone o cose originati dalla caduta	di pianta intera	sradicamento; rottura del tronco
		di una branca principale	rottura; sbrancamento
		di un ramo secondario	rottura; sbrancamento
		di frutti	fruttificazione (es. pigne di <i>Pinus pinea</i>)
	Danni a edifici e manufatti	a livello di radici	accrescimento
		del tronco	accrescimento
		dei rami	accrescimento
Produzione di sostanze indesiderate	Pollini (allergenici), semi, frutti, aromatici naturali (contribuiscono allo smog di origine fotochimica).		naturale fisiologia della pianta
Danni da altri organismi che convivono e/o parassitizzano l'albero	Uccelli, insetti, ecc. (Riparo per specie indesiderate come i tordi. Insetti dannosi anche per l'uomo – es. Processionaria del Pino).		
Associazioni ad altri eventi	Incendi (fonte di materiale combustibile) Incidenti stradali		

Durante la stima dei rischi sono valutati i fattori relativi alle probabilità di un accadimento dannoso, nelle sue due componenti di frequenza e durata. Nel caso di caduta dell'albero la durata dell'evento, pur essendo istantanea, non ne riduce di molto la gravità, in quanto la velocità di accadimento, specialmente per i danni ai veicoli circolanti sulle strade, ne pregiudica le possibilità di scampo. Un altro elemento importante da valutare è il numero di persone che sono presenti nella zona di pericolo e, quindi, la tipologia di verde pubblico in cui è inserito l'albero, comprese le frequenze di accessi nella zona di pericolo e il tempo ivi trascorso.

Per quanto riguarda la gravità, essa può essere stimata tenendo conto: 1) della natura di cosa deve essere protetto (se persone o beni materiali); 2) dalle gravità delle lesioni provocate (lievi, permanenti, morte); 3) dell'entità (se coinvolge una o più persone). Nel caso di cedimento di alberi, la gravità del danno è sempre molto importante.

Durante la loro esistenza, gli alberi sono sempre soggetti a danni di varia natura. In particolare, con la senescenza, le piante che vivono in città presentano difetti a livello del legno più o meno importanti e più o meno portatori potenziali di un pericolo. Difetti o alterazioni o anomalie degli alberi possono essere: recuperati dalle naturali difese delle piante, non recuperati rimanendo nascosti e non visibili dall'esterno, non recuperati e visibili dall'esterno. Sulla base di queste considerazioni sono state sviluppate diverse tecniche di valutazione della stabilità che si basano sulla combinazione di valutazioni visive e strumentali.

Le indagini di stabilità devono stabilire delle classi di rischio predefinite, che permettono di verificare e quantificare l'entità di eventuali danni, causati da fattori biotici o abiotici che, in qualche modo, possono compromettere la stabilità dell'albero.



8.3 Avviso al pubblico per la riduzione dei rischi di incidente da caduta degli alberi in un parco di Atene

Il metodo più conosciuto e tuttora più utilizzato è la **valutazione visuale dell'albero** VTA (Visual Tree Assessment), un sistema di diagnosi dello stato fitosanitario e di valutazione della stabilità elaborato da Claus Mattheck nel 1994 (Mattheck e Breloer, 1998). Il metodo VTA procede per fasi successive:

1. Analisi visiva dei difetti esteriori
2. Analisi strumentale
3. Determinazione della categoria di rischio predefinita (Failure Risk classification).

La Società Italiana di Arboricoltura S.I.A. ha indicato le prassi da seguire per la valutazione di stabilità. Il protocollo indica che: “La valutazione di stabilità consiste nella identificazione tassonomica e nella descrizione morfologica, anatomica, biologica, fitopatologica e meccanica dell'albero al fine di determinarne la pericolosità, intesa come propensione al cedimento strutturale integrale o parziale. [...] individua le cure colturali e gli interventi utili alla riduzione della pericolosità e definisce modalità e cadenza temporale dei monitoraggi necessari al controllo della sua evoluzione nel tempo. Nel caso in cui le condizioni di pericolosità non siano mitigabili, attraverso specifici interventi colturali, la valutazione di stabilità è lo strumento idoneo per individuare la necessità di procedere all'abbattimento dell'albero.”

Si deve iniziare con un controllo visivo per mettere in evidenza una serie di difetti classificabili nel seguente modo:

- danni o problemi agli apparati radicali,
- fessurazioni e carie nel tronco e nelle branche,
- presenza di legno secco,
- cancri,
- struttura anomala della pianta.

I segnali esterni che vengono presi in considerazione, durante l'indagine, sono:

- *Vitalità*: fogliame o rami secchi, collari indicanti rotture imminenti, corteccia mancante, crescita stentata, scarsa riparazione delle ferite, presenza di tessuto cambiale morto sotto la corteccia, specialmente vicino o, al di sotto, del livello del terreno;
- *Stato fitosanitario*: corpi fruttiferi, fuoriuscita di liquido da ferite aperte, la presenza o meno di funghi o altri parassiti;
- *Sintomi derivanti da difetti meccanici*: rigonfiamenti, depressioni, costolature da torsione, posizione inclinata, collari radicali, fessurazioni e crepe.

In Tabella 8.2. sono riportati alcune dei sintomi maggiormente ricercati.

Tabella 8.2 - Descrizione di alcuni sintomi e del probabile danno interno.

Sintomo	Descrizione sintomo	Probabile danno interno
Colletto allargato, azzampato, svasato	Allargamento della sezione basale dell'albero all'altezza del colletto causato da produzione di legno di reazione	Possibile presenza di cavità interna o di legno degradato
Bombature, gibbosità, rigonfiamento, collo di bottiglia	Allargamento anomalo della sezione basale del fusto dovuto a iperproduzione di tessuti di reazione	Possibile degradazione cavità o fessura interna
Branca sbilanciata	Branca che si è sviluppata per vari motivi in modo da generare tensioni anomale del fusto, slittamento delle fibre, sul punto di inserzione o sulla branca stessa.	Stress interni elevati, torsioni, fessurazioni
Capitozzo/i	Grave mutilazione dell'apparato aereo dell'albero. Le ferite provocate in modo naturale o antropico, provocano molto spesso cavità che possono compromettere l'innesto delle branche principali sul fusto.	Marciumi e cavità
Carie	Processi degenerativi a carico del legno interno dovuti ad agenti di origine fungina	Degenerazione della struttura lignea con degrado, selettivo e non di lignina e cellulosa
Moncone con funghi	Manifestazione esterna di un'infezione fungina a carico dei tessuti lignei aerei evidenziata dalla presenza di carpofori	Se cariogeni, causano gravi degenerazioni del legno interno
Radice/i strozzanti	Grave difetto alla base del fusto che si approfondisce nel suolo diminuendo la sezione, sono ramificazioni radicali che si sviluppano costringendo la base del fusto	Danneggiamento dei tessuti
Fusto arcuato	Fusto la cui forma presenta una curvatura più o meno accentuata. Normalmente la proiezione della cima ricade all'interno del baricentro	Slittamento delle fibre dovuto a torsioni eccessive, fessurazioni o crepe
Inclinazione	Assetto della pianta che per vari motivi si trova con l'asse principale fuori dal baricentro. Si osservano in vari casi depositi di legno di reazione di compressione nelle conifere e di tensione nelle latifoglie	Schianti con rovesciamento della zona radicale, stress interni, slittamento delle fibre

Tabella 8.3 - Classi di propensione al cedimento – S.I.A. (Società Italiana di Arboricoltura).

Classe		Definizione
A	trascurabile	Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, non manifestano segni, sintomi o difetti significativi, riscontrabili con il controllo visivo, tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a cinque anni.
B	bassa	Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti lievi, riscontrabili con il controllo visivo ed a giudizio del tecnico con indagini strumentali, tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero non si sia sensibilmente ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a tre anni. L'eventuale approfondimento diagnostico di tipo strumentale e la sua periodicità sono a discrezione del tecnico.

Segue tabella 8.3 - Classi di propensione al cedimento – S.I.A. (Società Italiana di Arboricoltura).

Classe		Definizione
C	moderata	<p>Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti significativi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali*. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia sensibilmente ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a due anni. L'eventuale approfondimento diagnostico di tipo strumentale e la sua periodicità sono a discrezione del tecnico. Questa avrà comunque una cadenza temporale non superiore a due anni. Per questi soggetti il tecnico incaricato può progettare un insieme di interventi colturali finalizzati alla riduzione del livello di pericolosità e, qualora realizzati, potrà modificare la classe di pericolosità dell'albero.</p> <p><i>* è ammessa una valutazione analitica documentata.</i></p>
C/D	elevata	<p>Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti gravi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali*. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia drasticamente ridotto. Per questi soggetti il tecnico incaricato deve assolutamente indicare dettagliatamente un insieme di interventi colturali. Tali interventi devono essere finalizzati alla riduzione del livello di pericolosità e devono essere compatibili con le buone pratiche arboricolturali. Qualora realizzati, il tecnico valuterà la possibilità di modificare la classe di pericolosità dell'albero. Nell'impossibilità di effettuare i suddetti interventi l'albero è da collocare tra i soggetti di classe D.</p> <p><i>* è ammessa una valutazione analitica documentata.</i></p>
D	estrema	<p>Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti gravi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali*. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia ormai, quindi, esaurito. Per questi soggetti, le cui prospettive future sono gravemente compromesse, ogni intervento di riduzione del livello di pericolosità risulterebbe insufficiente o realizzabile solo con tecniche contrarie alla buona pratica dell'arboricoltura. Le piante appartenenti a questa classe devono, quindi, essere abbattute.</p> <p><i>* è ammessa la valutazione analitica documentata.</i></p>

La classificazione C.P.C. (Classi di Propensione al Cedimento) ha sostituito la vecchia classificazione F.R.C. (Failure Risk Classification) permettendo di standardizzare le procedure di monitoraggio e messa in sicurezza degli alberi (Tabella 8.3.).

Alla classica valutazione VTA se ne sono affiancate altre che utilizzano anche particolari software.

Un noto approccio si basa sui modelli di valutazione proposti da Lothar Wessolly: SIA Static Integrated Assessment e SIM Static Integrated Method (Sinn e Wessolly, 1989; Wessolly, 1995). Il SIA è un modello per determinare graficamente la capacità di sopportazione di carichi (ossia della forza del vento), mentre il SIM è un metodo di valutazione in campo per rilevare i valori esatti di compressione e tensione indicativi della resistenza al carico di un singolo albero. Esso prevede l'impiego di due strumenti: un inclinometro (posto alla base dell'albero) e un estensimetro (sul tronco), che registrano le variazioni dinamiche dell'albero in risposta a un carico imposto (generalmente con un argano manuale). I dati raccolti, integrati da una serie di misurazioni sulla forma dell'albero e della chioma e raffrontati con curve sperimentali, forniscono delle risposte sulla resistenza dell'albero ai carichi del vento, consentendo di individuare la sicurezza alla rottura e la sicurezza al ribaltamento.

Generalmente, nella valutazione di stabilità di un albero, si ricorre spesso a una combinazione di metodi visivi e strumentali.

Studiata appositamente per esperti è la piattaforma on-line **Tree Stability Evaluation** (TSE). Il programma raccoglie i risultati delle misurazioni delle prove di trazione, mediante sensori, condotte secondo il metodo proposto da Wessolly e valuta la sicurezza albero in proporzione al carico del vento stimato. Il software è in grado di effettuare la valutazione della stabilità degli alberi e calcolarne per mezzo di prove di trazione il Fattore di Sicurezza alla rottura ed allo sradicamento.

Una più recente procedura molto completa è il **Tree Risk Assessment** (TRA) che valuta l'albero e il contesto con l'obiettivo di giungere ad una definizione sia delle condizioni di pericolo dell'albero che di rischio per cose o persone, secondo una procedura codificata e proposta da Sani (2008, 2017) che consiste in un'analisi visuale con il metodo della valutazione integrata dell'albero (VINA)², seguita da un approfondimento strumentale (con dendropenetrometro e tomografo) e modellistico (software Orebla) per una stima indicativa del fattore di sicurezza mediante il rapporto fra variabili significative dal punto di vista biomeccanico.

L'analisi strumentale si rende necessaria in tutti i casi in cui la valutazione visiva abbia lasciato dei dubbi o la pianta, presa in esame, abbia un notevole valore ornamentale. Essa consente di individuare le porzioni di tessuto, fisiologicamente non sano. Le valutazioni strumentali si basano sulla misura delle variazioni di alcune variabili fisico-meccaniche che presenta il legno alterato. Si possono utilizzare attrezzature basate sulla misura della diffusione di impulsi sonori attraverso il legno danneggiato e sano (martello, martello ad impulsi, tomografia assiale), sulle differenze di temperatura (termografia) oppure sulla resistenza meccanica alla penetrazione di una sonda (dendropenetrometro).

La valutazione del rischio è spesso accompagnata da una descrizione del sito che, nel caso del verde urbano, significa provvedere all'inventario e alla mappatura degli alberi e alla classificazione del contesto urbano in cui l'albero risiede.

I criteri di accettabilità si dovrebbero basare sulle possibilità di indagine della tenuta statica degli alberi date dalle tecniche di indagine disponibili. Come detto, attualmente queste consentono di valutare con un notevole grado di accettabilità i danni presenti nella parte epigea e, quindi, di ottenere una certa sicurezza a patto che gli alberi vengano periodicamente controllati.

Nello stesso tempo, eventi imprevedibili (come ad esempio particolari condizioni meteorologiche), oppure danni alle radici di difficilissima valutazione (come quelli frequenti, ad esempio, nel pino domestico), aumentano la soglia di accettabilità del pericolo. In questo campo la giurisprudenza, generata dai casi in cui la caduta di alberi ha provocato dei danni a cose e persone, fornisce ulteriori elementi all'analisi.

L'analisi e la stima dei rischi conducono alla fase finale che fornisce i consigli sugli interventi da adottare sulla base anche del sito dove sono ubicati gli alberi (vedi esempio in tabella

² La VINA applica il protocollo PHC - Plant health care for woody ornamentals (Lloyd, 1997) che definisce una metodica attraverso la quale la valutazione delle complessive condizioni di vegetazione di un esemplare arboreo e la definizione delle possibili cure, scaturiscono in modo integrato dallo studio delle interazioni fra il trattamento agronomico (fertilizzazioni, interventi fitosanitari, potature, scelta del sito d'impianto, ecc.), i condizionamenti esterni di carattere biotico (parassiti, patogeni, ecc.) ed abiotico (fattori fisici dell'ambiente) e le interferenze esercitate dall'uomo (inquinamento ambientale, urti accidentali, vandalismo, ecc.).

8.4.) (Biocca, 2008). Nel caso in cui un evento si collochi in una zona considerata a rischio non accettabile, esso può essere portato in una zona di accettabilità operando sulla probabilità di accadimento mediante l'adozione di misure volte ad incrementare il livello di protezione o a ridurre la frequenza dell'evento iniziatore, o sulla conseguenza associata, mediante modifiche opportune³.

Tabella 8.4 - Esempio di carta degli interventi per la riduzione del rischio.

		Valutazione del sito			
		Parchi in zone isolate, lontani da punti di passaggio	Alberate lontano dalla sede stradale, parcheggi poco frequentati	Strade urbane a normale scorrimento, prevalentemente diurno	Parchi. Alberate vicino alla sede stradale, zone frequentate
Valutazione rischio	Alberi giovani, sani	Nessun rischio, controllo raro	Nessun rischio, controllo raro	Nessun rischio, controllo raro	Nessun rischio, controllo periodico
	Poco significativi sintomi dal VTA	Nessun rischio controllo raro	Nessun rischio controllo raro	Controllo periodico	Controllo periodico
	Sintomi dal VTA	Controllo periodico	Controllo periodico	Controllo periodico Necessari approfondimenti	Necessari approfondimenti urgenti
	Piante morte, sintomi dal VTA, riscontri diagnostici	Rimuovere prima possibile	Rimuovere immediatamente	Rimuovere immediatamente	Rimuovere immediatamente

Qualora si identifichi un rischio probabile, si procede all'eliminazione totale del pericolo, cioè all'abbattimento dell'albero. Gli altri possibili interventi comprendono i cablaggi, la potatura di parti pericolose, la riduzione della chioma per i pericoli di sradicamento, ecc.

Infine, va valutata di volta in volta la possibilità di riduzione del rischio tramite recinzioni, cartellonistica, chiusura di strade, ecc.

8.1.1. La strumentazione

I **succhielli di Pressler** sono anche detti *sonde incrementali* e sono dei semplici strumenti azionabili a mano, utilizzati per prelevare campioni nei tronchi, al fine di valutare età, crescita, presenza di difetti occulti (es. carie) oppure per sottoporre il legno alle più varie indagini (comprese quelle fitosanitarie). L'estrazione della carotina viene effettuata tramite un apposito estrattore. Esistono diversi modelli di succhiello, per forma e dimensioni. Anche in questo caso, trattandosi di un'indagine invasiva, possono essere provocati dei danni al legno che, pur essendo di piccola entità rispetto alla resistenza meccanica, possono essere rilevanti da un punto di

³ Per ulteriori approfondimenti si consiglia la lettura delle *Linee guida per la gestione dei patrimoni arborei pubblici* (nell'ottica del Risk Management) scaricabile dal sito dell'Associazione Italiana Direttori e Tecnici Pubblici Giardini (<http://www.pubblicigiardini.it/linee-guida-per-la-gestione-dei-patrimoni-arborei-pubblici/>).

vista fitopatologico. Da un punto di vista pratico, il loro uso può essere limitato in quelle specie con legno particolarmente duro, dove la perforazione manuale risulta molto difficile.



8.4 Estrazione di una carotina di legno mediante succhiello di Pressler



8.5 Frattometro



8.6 Sonda penetrometrica

Il **frattometro** è un piccolo strumento tascabile nel quale viene inserita una carota prelevata con il succhiello di Pressler. Può essere considerato uno strumento di ausilio alle valutazioni della stabilità meccanica degli alberi. Il campione adeguatamente posizionato viene successivamente piegato fino alla rottura, misurando, per mezzo di una molla a spirale, il grado di resistenza del legno. La scala riporta anche il valore dell'angolo di flessione che ha determinato la rottura. I due valori ricavati dal frattometro (momento flettente e angolo di flessione che è misura della rigidità) consentono di effettuare la valutazione delle proprietà meccaniche delle fibre del legno degli alberi. I valori del frattometro, caratteristici per le diverse specie, sono confrontati con apposite tabelle che forniscono i valori standard in assenza di degradazione del tessuto e in caso di degradazione delle componenti di lignina e cellulosa.

Le sonde penetrometriche o **dendropenetro-metri** consentono di misurare la resistenza meccanica del legno alla penetrazione di un sottile ago metallico che viene inserito nel legno ruotando in modo continuativo alla velocità di 1500 giri al minuto.

La regolazione elettronica del motore garantisce una velocità costante dell'ago, velocità che va adattata alle specifiche caratteristiche di densità del legno da esaminare.

Il tracciato relativo alla resistenza all'avanzamento dell'ago viene riportato su un diagramma e consente di valutare le variazioni di densità tra aree di legno estivo e aree di legno primaverile, permettendo anche, in questo modo, la conta delle cerchie annuali, la presenza di legno alterato, nonché le zone di compartimentazione intorno a zone di decadimento.



8.7 Le sonde penetrometriche o dendropenetrometri consentono di misurare la resistenza meccanica del legno



8.8 Il tracciato della resistenza all'avanzamento dell'ago consente di valutare le variazioni di densità del legno

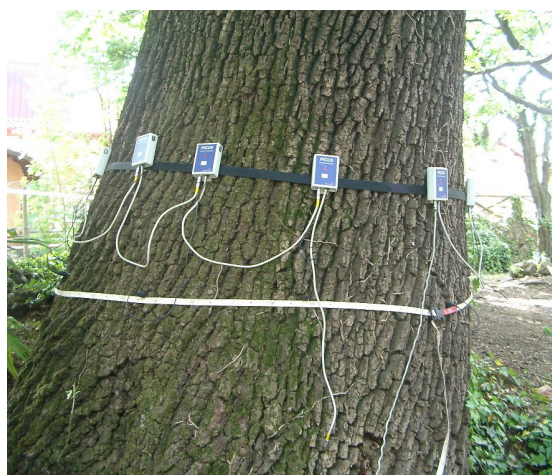


8.9 Cassetta di un martello elettronico ad impulsi

Questo tipo di strumento è quello attualmente più impiegato a complemento delle valutazioni di stabilità degli alberi. Il suo limite risiede nel fatto che restituisce un'analisi limitata a zone non estese, anche se le caratteristiche meccaniche del legno vengono ben descritte; inoltre, il metodo non è esente da critiche derivanti dai danni che la perforazione compie sul legno e può essere vettore di infezioni fungine da un albero infetto a uno sano, se lo strumento non viene, accuratamente, disinfettato dopo l'uso.

Per questo ultimo motivo il suo impiego andrebbe effettivamente limitato ai casi dove l'analisi visiva o quella strumentale non invasiva (compreso l'impiego di martelli in gomma, che consentono spesso, all'operatore esperto, di individuare rapidamente le cavità presenti nel tronco) non diano riscontri sufficientemente chiari e non essere adottato invece come pratica di routine al termine della VTA.

Il **martello elettronico ad impulsi** è costituito da un generatore d'onda, un sensore di ricezione ed un lettore che restituisce la velocità del segnale in funzione della distanza delle sonde. Lo strumento misura la velocità di propagazione di un'onda sonora che attraversa diametralmente il fusto, utile per misurare il modulo elastico apparente (o modulo di Young) permettendo di individuare la presenza di difetti nel legno, che è caratterizzato da una diversa capacità di propagare l'impulso rispetto al legno sano, la cui entità dovrà essere valutata con altri strumenti (dendropenetrometro e frattometro). Il martello a impulsi scopre con certezza tutte le carie in cui è stata demolita anche la lignina, mentre non riconosce gli stadi iniziali della demolizione prevalente di cellulosa.



8.10 Collocazione dei sensori di un tomografo sonico

Il **tomografo** è uno strumento di indagine utile per determinare la presenza di aree di degenerazione del tessuto legnoso all'interno dell'albero operando in modo non invasivo per l'albero.

Il più utilizzato è il tomografo sonico (tipo Picus®) che è composto da una catena di sensori che vengono disposti lungo la circonferenza del tronco a una distanza scelta in base alla reale morfologia della sezione, su un piano orizzontale. Si procede battendo con un piccolo martello un sensore in contatto con il cambio. Al momento della percussione il sensore trasmette un impulso che viene rilevato e misurato da tutti gli altri sensori della catena. Il procedimento viene successivamente ripetuto per tutti gli altri sensori. La pro-

pagazione del suono sarà tanto più lenta quanto meno il legno è solido, ovvero più alterato. Lo strumento consente indagini anche su esemplari di grande diametro e di testare gli alberi a diverse quote spostando i sensori. I dati raccolti vengono inviati ad un computer che li elabora tramite un software dedicato. Il risultato è quello di una tomografia assiale, con la visualizzazione di un tomogramma bidimensionale che rappresenta in vari colori la distribuzione delle velocità apparenti nella sezione esaminata.

In certe situazioni risulta utile affiancare anche un tomografo ad impedenza elettrica (tipo Treetric®) a 24 sensori che misura, grazie ad un insieme di conduttori, le proprietà elettriche di una determinata sezione dell'albero, fornendo una rappresentazione planimetrica della distribuzione dei valori di resistività e conducibilità, valori che aumentano in presenza di carie del legno.

Come già precedentemente detto, il metodo SIM (Static Integrated Method) e la prova di trazione controllata⁴ prevedono l'impiego di due strumenti: l'inclinometro (posto alla base dell'albero) e l'estensimetro (sul tronco), che registrano le variazioni dinamiche dell'albero in risposta ad un carico imposto (generalmente con un argano manuale). In pratica, viene applicata una trazione con un argano, collegato ad una fune fissata sulla parte alta del tronco; il valore di trazione è registrato da una cella di carico. I



8.11 Verricello manuale per la prova di trazione dell'albero, fissato alla base di un albero adiacente a quello da controllare

⁴ La prova di trazione controllata è una procedura di valutazione della stabilità degli alberi finalizzata a determinare, con la minore approssimazione possibile, la potenzialità al ribaltamento della zolla radicale o la rottura del fusto determinando, al tempo stesso, la velocità critica del vento che potrebbe determinare tali accadimenti.



8.12 Collocazione di un elastomero durante una dimostrazione del metodo SIM da parte del Dr. Wessolly

dati così raccolti, integrati da una serie di misurazioni sulla forma dell'albero e della chioma, forniscono delle risposte sulla resistenza dell'albero ai carichi del vento (Biocca, 2001; Lobis et al., 2002).

Con l'**inclinometro** (mono o biassiale), posizionato sulla parte più bassa in prossimità del colletto, si verifica l'inclinazione dell'apparato radicale dell'albero sottoposto a trazione con un'accuratezza di 1/100°.

L'**estensimetro**, che può essere posizionato in diversi punti del tronco, consente di misurare, con l'accuratezza di 1/1000 mm, l'allungamento/accorciamento delle fibre legnose. I valori ottenuti possono essere confrontati con quelli del catalogo dei legni di Stoccarda, permettendo, attraverso una procedura, di stimare la

sollecitazione che causa la rottura primaria della pianta sottoposta a prova. Il metodo si avvale di un apposito software e dell'uso delle immagini digitali per arrivare a definire con una certa precisione il carico di vento sopportabile dalla pianta.

8.2. POTATURA

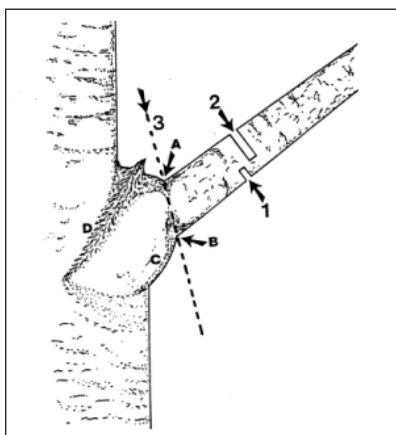
Gli interventi di potatura assumono particolare importanza in quanto l'operazione rappresenta una delle maggiori voci di spesa nel verde urbano ed è un lavoro molto rischioso per la sicurezza degli operatori.

Per gli arbusti con funzione ornamentale la potatura è un'operazione necessaria per mantenere elegante e armonica la loro forma e garantire ogni anno una bella fioritura. Sugli arbusti più giovani è efficace la cosiddetta potatura di allevamento, con cui si asportano i rami morti e si eliminano quelli troppo deboli tagliandoli sopra il ramo principale. Contemporaneamente si provvede alla regolazione della forma dell'arbusto, accorciando i rami troppo lunghi e tagliando a metà lunghezza quelli cresciuti in modo disordinato. Questa potatura si può fare ogni anno, in tutti i periodi dell'anno anche se i più indicati sono la primavera e l'autunno.

Nel caso di arbusti ottenuti per innesto è necessario eliminare sempre tutti i polloni e i succhioni che si formano sotto all'innesto in quando presentano le caratteristiche del portainnesto e non della cultivar innestata.

Per rivitalizzare gli arbusti diventati troppo alti e intricati si può eseguire la potatura di ringiovanimento alla fine dell'inverno o l'inizio della primavera.

Nel potare gli arbusti è importante ricordare che esistono specie che fioriscono sul ramo dell'anno e altre che fioriscono sul ramo dell'anno precedente. Per quelle che fioriscono sui rami dell'anno si dovrebbe intervenire solo a fine inverno o all'inizio della primavera su tutti



8.13 Il taglio di un ramo si effettua praticando prima una tacca nella zona compressa (1), quindi il taglio nella zona in trazione (2) e infine rifinendo il taglio alla base (3), all'altezza del colletto, che non va intaccato

i rami dell'anno precedente, lasciando anche poche gemme da cui si svilupperanno i rami nuovi che porteranno i fiori. Per gli arbusti che fioriscono sui rami dell'anno precedente si interviene alla fine della fioritura potando i rami che hanno portato i fiori. Così facendo si stimoleranno nuovi getti che porteranno gemme la primavera successiva.

Negli alberi la potatura è l'operazione più comune che si svolge per rimuovere branche o rami morti o ammalati e per migliorare la loro struttura, eliminandone i difetti e rendendoli più sicuri possibile.

Le potature impattano molto sulla fisiologia della pianta e possono avere implicazioni fitosanitarie rilevanti. I tagli di potatura, infatti, sono la principale via di ingresso degli agenti fungini che provocano la carie del legno (con conseguente compromissione della stabilità statica degli alberi) o altre pericolose malattie (come, ad esempio, il cancro colorato del platano). Jeanne Millet (2012) nota specialista dell'architettura degli alberi, ricercatrice e docente presso il Dipartimento di Scienze Biologiche dell'Università di Montreal, afferma che:

“Se si potano gli alberi è solo per soddisfare le nostre esigenze di gestione. Ogni potatura è un trauma per l'albero, perché si espongono i suoi tessuti agli agenti patogeni, come funghi, batteri e altro. Tutto ciò che verrà tolto dall'albero, l'albero tenderà di riformarlo e, per questo, dovrà attingere alle sue riserve. L'albero ha bisogno delle foglie per nutrirsi. Quindi andrà a vantaggio dell'albero se taglieremo il meno possibile”.

Partendo da tre degli assiomi fondamentali che dovrebbero stare alla base della pianificazione delle operazioni di potatura (Ferrini, 2006), ovvero: comunque sia effettuata, la potatura è uno stress per la pianta, la miglior potatura è quella che non si vede e le piante più belle sono quelle non potate, tra le motivazioni che possono rendere necessari interventi di potatura vi sono le necessità di (AA.VV., 2017):

- impostare la crescita di un giovane albero trapiantato;
- ridurre o eliminare rami intricati o troppo fitti, male inseriti, instabili, deboli, morti, che col tempo potrebbero creare problemi strutturali;
- adottare misure profilattiche, asportando rami deboli o secchi che possono costituire una facile via di ingresso per i microrganismi patogeni;
- ridurre rischi di rottura (ad es. in caso di rami con difetti strutturali) o contenere la crescita, riducendo la massa delle foglie;
- su alberi adulti o senescenti, di ridurre la resistenza al vento e favorire la penetrazione della luce all'interno della chioma ed evitare eccessivi carichi da accumulo di neve.

Molto importante è l'impostazione iniziale della forma desiderata che si esegue con la **potatura di formazione**, eseguita normalmente in vivaio ma anche eccezionalmente al momento

del trapianto, che serve a far crescere la pianta in modo equilibrato, con rami forti e ben distanziati per far penetrare la luce e, nelle specie da fiore, produrre una bella fioritura uniforme. Alla messa a dimora della pianta può essere necessario intervenire con una **potatura di trapianto** per eliminare parti di radici e rami rotti, mal disposti, soprannumerari o concorrenziali in modo da assicurare la funzione della dominanza apicale.

La **potatura di allevamento** può durare anche alcuni anni e serve ad eliminare difetti di crescita e garantire uno sviluppo armonioso della chioma. Successivamente si dovrebbero effettuare solo **potature di mantenimento** per consentire all'albero di svilupparsi in armonia con le sue esigenze fisiologiche, nel rispetto degli obiettivi per cui è stato messo a dimora. Le operazioni eseguite possono essere classificate in:

- *spuntatura*, con cui si asporta una ridotta quantità di legno (taglio lungo) per limitare, in linea di massima, l'accrescimento e favorire l'irrobustimento delle porzioni di pianta rimaste;
- *speronatura*, che consiste nel taglio di raccorciamento eseguito sulla parte basale dei rami e delle branche con l'asportazione di una gran parte della vegetazione (taglio corto) per ridurre il numero delle gemme da alimentare e consentire un rinnovo della vegetazione;
- *diradamento o alleggerimento*, con cui si asportano completamente rami o branche con taglio rasente alla base in prossimità delle inserzioni (asportazione totale) per rendere la chioma più permeabile all'aria e alla luce, diminuire il peso delle branche conservando la forma naturale dell'albero;
- *taglio di ritorno*, in cui si recide il ramo o la branca immediatamente al di sopra di un ramo di ordine inferiore a quello che si elimina. Il ramo rimanente sostituisce la cima di quello asportato assumendone le funzioni.

La spuntatura, la speronatura, il diradamento e il taglio di ritorno producono ciascuno effetti diversi sulla pianta e vanno scelti, anche in combinazione, considerando il soggetto sul quale si opera, le situazioni esistenti e gli obiettivi che si vogliono raggiungere (aumento della stabilità e sicurezza, ecc.), tenendo in considerazione i principali parametri tecnici che aiutano l'operatore a regolarsi per le varie operazioni: il portamento naturale della specie, il turno tra un intervento e l'altro, lo stato fitosanitario della pianta e le caratteristiche costanti della specie (resistenza alle avversità atmosferiche).

In funzione dell'epoca si può distinguere:

- potatura al secco, effettuata dopo la caduta delle foglie;
- potatura al verde o estiva, con asportazione anche di pari erbacee.

L'epoca migliore dovrebbe essere scelta considerando la specie, le condizioni vegetative e le finalità per cui si esegue l'intervento. Se la rimozione di rami secchi o danneggiati può esser eseguita durante tutto l'anno, per gli altri, in generale, dato che la cicatrizzazione dei tagli è più veloce nel periodo primaverile quando vengono prodotti nuovi tessuti, si consiglia di intervenire appena prima del risveglio vegetativo. Sono preferibilmente da escludere i periodi troppo freddi in cui si potrebbero verificare danni alle superfici di taglio e i rami presentano maggiore fragilità.

La **potatura di contenimento** o riduzione diviene indispensabile quando i rami sono troppo vicini agli edifici, linee elettriche o rappresentano intralcio al passaggio dei veicoli. A tal riguardo, si ricorda che, le alberature in viale carrabile devono essere impalcate a 6 metri di altezza per rispettare (con un fattore di sicurezza) l'altezza prevista dal Nuovo Codice della Strada. L'intervento di potatura può essere quindi indirizzato verso soltanto un innalzamento dei rami (spalcatura).

Un altro intervento straordinario è la **potatura di risanamento**, quando nell'albero si presentano rami disseccati o danneggiati da agenti atmosferici o da attacchi di parassiti. Da evitare sempre è la **capitozzatura**, che consiste nell'asportazione dell'intera chioma della pianta. Questo intervento, infatti, oltre a rendere decisamente brutti gli alberi, mette a repentaglio la vita di una pianta in quanto maggiormente soggetta all'attacco di organismi cariogeni (Ferrini, 2013) e risulta nel complesso economicamente meno conveniente.

Un caso particolare è la **potatura in forme obbligate**, espressione dell'*ars topiaria* tipica dei giardini formali con forme a candelabro, tronco di cono, ombrello, ecc. Gli interventi presentano turni ravvicinati e costi elevati giustificabili per l'importanza storica ed estetica che tali piante rivestono. Tecnicamente si interviene mantenendo la forma e le dimensioni della chioma, preventivamente impostata in vivaio e successivamente mantenuta con tagli che asportano la vegetazione dell'anno. Anche il cosiddetto *pollarding* o "testa di salice" rientra tra questo genere di interventi.



8.14 Potatura in forme obbligate nel giardino storico di Villa Barbaro Pizzoni Ardemani a Galzignano (PD)

È evidente, quindi, che in tutti gli interventi di potatura si deve prestare molta attenzione alla corretta esecuzione dell'operazione, ma anche al corretto impiego delle attrezzature e al razionale allestimento del cantiere di lavoro al fine di raggiungere i seguenti scopi: riduzione dei costi, aumento della sicurezza del lavoro ed esecuzione dei tagli a "regola d'arte".

Come già sottolineato, infatti, una potatura male eseguita può danneggiare irreparabilmente un albero, rendendolo instabile e quindi pericoloso.

Gli strumenti di taglio devono essere sempre efficienti e puliti, con organi di taglio ben affilati. Gli operatori devono essere addestrati e devono rispettare scrupolosamente le prescrizioni di sicurezza (dall'uso dei DPI all'organizzazione del cantiere di lavoro).

Dal punto di vista pratico le operazioni si differenziano se realizzate da terra (su cespugli o piccoli alberi) o in altezza, come nel caso comune delle potature di alberate stradali, con la necessità di attrezzature per il sollevamento dell'operatore (uso di PLE) o di tecniche di risalita su fune (*tree climbing*).

La grande maggioranza delle operazioni di potatura sono condotte manualmente, in genere con macchine azionate dall'operatore, ovvero a un livello di meccanizzazione intermedia. L'unica eccezione in cui la meccanizzazione è integrale può essere rappresentata dall'impiego di barre falcianti (del tipo a lama-controlama o a dischi dentati) operanti in *topping* e *hedging* di chiome o grosse siepi. Anche in questo caso, però non sono esclusi interventi di rifinitura manuale.

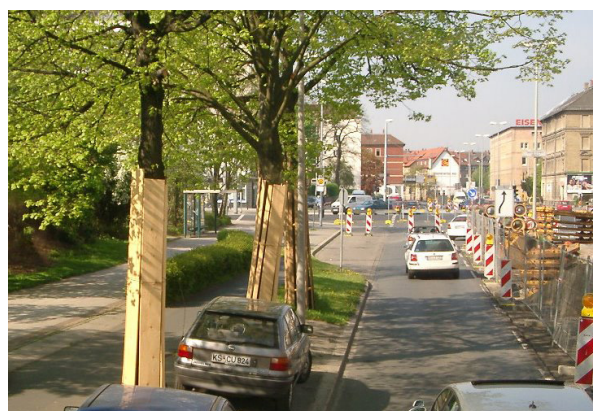
Un aspetto importante ai fini della sicurezza del cantiere di lavoro di potatura di un'alberatura urbana riguarda gli aspetti di organizzazione del cantiere stesso. Durante la potatura di un'alberatura urbana si rende necessario, infatti, far fronte contemporaneamente a: non danneggiare gli alberi, tutelare gli operatori, garantire l'incolumità di coloro che transitano nelle vicinanze, organizzare opportunamente il traffico veicolare.

La sicurezza del potatore e degli altri operatori viene garantita, innanzitutto, attraverso l'utilizzo di macchine e attrezzature professionali e rispondenti alle vigenti normative in materia di sicurezza sul lavoro (compresi i DPI idonei, quali caschi completi di cuffie antirumore e visiere, tute e guanti antitaglio, scarponcini antinfortunistici, imbracature di sicurezza, funi di trattenuta). Per l'organizzazione del cantiere di potatura e abbattimento bisogna provvedere a un'idonea segnaletica sia di tipo stradale sia di sicurezza, con gli opportuni pittogrammi.

Quando si interviene su strade e viali, può rendersi necessario adottare per tempo misure volte a instaurare il divieto di sosta e l'eventuale rimozione per intralcio. Inoltre, durante l'intervento, è necessario deviare il traffico veicolare o chiudere l'intera corsia al passaggio, con l'istituzione di una disciplina provvisoria del traffico istituita dalla Polizia Municipale. Un altro aspetto di fondamentale importanza è la delimitazione precisa delle zone vietate al transito dei pedoni e di tutte le persone non facenti parte del cantiere di lavoro. Il divieto di accesso a queste zone, normalmente delimitate con nastro bianco e rosso, viene violato molto spesso e risulta quindi necessaria una stretta sorveglianza da parte degli addetti ai lavori o una limitazione più precisa delle zone di lavoro con, ad esempio, l'uso di transenne.

Le condizioni di sicurezza possono essere anche influenzate dall'interferenza delle operazioni con altri manufatti ed infrastrutture (es. pali della luce, semafori, linea aeree dei tram, ecc.) la cui posizione rispetto alle zone di operazione e di manovra dei mezzi meccanici va attentamente valutata.

Aspetti non secondari della sicurezza riguardano la manutenzione giornaliera e il controllo dei dispositivi di sicurezza che deve essere fatta preventivamente a ciascun intervento e al termine della giornata di lavoro, momento in cui si deve provvedere anche ad un'accurata pulizia



8.15 Protezioni del tronco degli alberi durante un cantiere di lavoro stradale

dell'area di cantiere. L'eventuale materiale di risulta va accatastato e delimitato. Se non è possibile rimuovere le ceppaie delle piante abbattute, esse devono essere tagliate a un'altezza tale da non costituire pericolo per i pedoni.

Se consideriamo il caso di potature delle alberature stradali, un cantiere di lavoro base per alberi di terza grandezza⁵, piccoli alberi o arbusti allevati ad alberello (come i *Prunus pissardii*, i ligustri, ecc.) può prevedere la presenza di un solo potatore con attrezzi manuali (forbici, troncareami, segaccio) e un altro operatore su autocarro per aiutare nella gestione dei residui di taglio e gli sgomberi. Per alberi più grandi, invece, oltre al potatore, che può essere dotato anche di motosega, si deve considerare la presenza di una piattaforma di lavoro elevabile (qualora non si operi in *tree climbing*), un altro operatore a terra, un moviere per la regolazione del traffico, un addetto agli sgomberi, un operatore su autocarro con cassone ribaltabile e preferibilmente un operatore con cippatrice per ridurre il volume dei residui potati.

Nella Tabella 8.5 vengono fornite, in via del tutto indicativa, alcune informazioni sull'impegno orario e sulla capacità di lavoro di un operatore addetto alla potatura di mantenimento di alberi in ambito urbano (Piccarolo, 2000). Naturalmente i valori cambiano a seconda delle condizioni in cui si opera, dell'organizzazione del cantiere e dell'abilità del potatore.

Tabella 8.5 – Indicazioni di massima su impegno orario e capacità di lavoro di un operatore addetto alla potatura (Piccarolo, 2009).

Altezza albero (m)	Tempi [min/pianta]	Capacità di lavoro [pianta/giorno]
<20	10-25	15-40
20-30	20-35	12-20
>30	30-45	8-15

8.2.1. Attrezzature manuali

Le cesoie, i troncareami e gli sveltatoi sono attrezzi manuali utilizzati per la potatura e la cimatura delle siepi, oltre che per altre operazioni come la raccolta dei frutti, gli innesti e gli interventi fitosanitari. Possono assumere forme varie secondo le applicazioni. A questi si affiancano quelli utilizzati esclusivamente per il taglio del legno (fino all'abbattimento degli alberi) rappresentati dalle accette, asce, roncole, seghe e seghetti.

La potatura manuale e agevolata viene effettuata con la **cesoia**, o forbice da potatura, una semplice attrezzatura che consente tagli di rami fino a circa 35 mm di diametro.

⁵ In letteratura si usa designare come alberi di prima grandezza quelli che possono superare i 30 m in altezza, alberi di seconda grandezza quelli che si innalzano da 20 a 30 m, alberi di terza grandezza quelli che non superano i 20 m e piccoli alberi quelli che arrivano al massimo a 10 m di altezza.

Considerando invece il rischio legato alla gestione si distinguono alberi di

- Prima grandezza: oltre 25 m di altezza;
- Seconda grandezza: da 18 m a 25 m di altezza;
- Terza grandezza: da 8 m a 18 m di altezza.

La tipologia principale di forbice da potatura, sia essa azionata manualmente o meccanicamente, è costituita da due lame (più propriamente un tagliente e un battente): una fissa, che trattiene il ramo e una mobile, che effettua il taglio vero e proprio attraverso la tranciatura del ramo stesso. Agisce quindi come una semplice leva, con il fulcro di rotazione posto sulla lama fissa su cui si articola la lama mobile in grado di ruotare fino ad un massimo di circa 50°, a seconda dei modelli. Questa versione, specialmente se usata su diametri troppo grandi, se la lama tagliente non è ben affilata e se l'operatore non è esperto, può provocare dei leggeri danni nella zona del legno dove il battente fa presa, per cui è sempre opportuno usare le forbici con il battente posizionato sulla parte da asportare.

Un'altra tipologia di cesoia è quella cosiddetta a “doppio taglio” in quanto dotata di due lame identiche e speculari (di cui una mobile e l'altra fissa) che effettuano un taglio preciso e senza frangiature. Questa tipologia è quindi da preferirsi per la qualità del taglio, ma non consente mai di superare i 25 mm di diametro di taglio. Inoltre, le cesoie a doppio taglio sono più difficili da utilizzarsi quando sono montate su aste, in quanto il posizionamento è più difficoltoso per la mancanza della lama battente che favorisce la presa del ramo da tagliare.

Una terza tipologia di sistema di taglio è rappresentata dalla cosiddetta “forbice ad incudine”, che possiede la lama battente piatta. Questo tipo è indicato per tagliare rami duri e lignificati.

Al fine di diminuire lo sforzo di taglio, alcuni modelli presentano dei meccanismi a cricchetto; in questo caso il taglio dei rami più grossi viene effettuato in più riprese. Inoltre, per aumentare il comfort, alcune cesoie possiedono l'impugnatura rotante, che consente un minor attrito sul palmo della mano.



8.16 Cesoie: a battente-tagliente (1); a doppio taglio (2); ad incudine (3)

Le **cesoie tagliasiepe** sono a lame più allungate, simili alle normali forbici da cucina, e lunghi manici da impugnare con entrambe le mani che le rendono particolarmente adatte alle potature, anche per ars topiaria.

Oltre alle due tipologie precedenti, che sono le più diffuse, si possono utilizzare i **troncarami**, cesoie dotate di manici ergonomici lunghi che si impugnano con entrambe le mani, in alcuni casi fornite anche di moltiplica a ingranaggi che aumenta la potenza di taglio e ottimizza la distribuzione della forza.

I troncarami permettono di tagliare rami più resistenti e di maggiore diametro (fino a 55 mm). Particolarità di alcuni modelli è quella di possedere lame scanalate per favorire il passaggio della linfa evitando l'incollaggio delle lame.

Gli sveltatoi, che sono utilizzati normalmente montati su aste, consentono di tranciare anche rami di un certo diametro posti in alto nella chioma. Questi attrezzi sono del tipo a lama tagliente e lama battente, con il battente conformato ad uncino per permettere una sicura pre-

sa del ramo e la lama che viene azionata con una brusca tirata di una leva (o tramite un cavetto) inserita nel corpo dell'asta. Anche la lama può essere a forma di uncino oppure a lama dritta.

Alcuni modelli di svettatoi non manuali sono invece dotati di un battente a forma di L rovescia per l'aggancio del ramo, su cui agisce una lama a ghigliottina che trancia il ramo stesso. Questa tipologia consente un lavoro piuttosto facile e veloce, ma la qualità del taglio è nettamente inferiore.



8.17 Taglio di ramo con svettatoio montato su asta

Le forbici o cesoie agevolatrici, di tipo pneumatico, elettrico e idraulico, consentono di ridurre la faticosità dell'intervento di potatura.

Nelle cesoie pneumatiche l'aria compressa, il cui afflusso è regolato dalla leva di azionamento posta sull'impugnatura della stessa, aziona un pistone "trattenuto" da una molla tarata che determina l'azione di taglio. La molla consente quindi lo scatto necessario ad effettuare il taglio netto. L'impianto di azionamento è costituito da un compressore mosso dalla p.d.p. di un trattore o dotato di motore autonomo e collegato alle forbici per mezzo di tubi di gomma adatti alle alte pressioni. In alcuni modelli è possibile applicare alla forbice un dispositivo di nebulizzazione per distribuire piccole quantità di prodotto che limiti la diffusione di malattie del legno.

Le cesoie idrauliche sono generalmente alimentate dall'impianto idraulico del trattore e, rispetto alle forbici pneumatiche, sono più leggere e meno sensibili alle basse temperature.

Le forbici elettriche sono invece azionate da un motore elettrico collocato all'interno dell'impugnatura e alimentato da batterie ricaricabili al litio a basso voltaggio (40-50 V), portate dall'operatore per mezzo di una cintola o di uno zainetto. L'azionamento elettrico permette sia il taglio a scatto (come quelle pneumatiche) che un taglio progressivo.

Tabella 8.6 - Classificazione delle forbici per sistema di azionamento.

Azionamento	Pressioni o potenze di alimentazione	Diametro massimo di taglio [mm]	Massa [g]
Pneumatico	6-15 bar	50	550-750
Elettrico	110-150 W	40	600-1000
Idraulico	100-300 bar	70	600-1600

Ma i più usati per la potatura di alberi e il taglio di legno verde e rami sono probabilmente seghe e seghetti (chiamati anche **segacci**).

I segacci sono caratterizzati da una lama dentata, generalmente ad arco, fissa o retrattile, di lunghezza tra i 15 e i 50 cm. La presa dell'attrezzo è facilitata da una impugnatura ergonomica in gomma morbida antiscivolo.



8.18 Segaccio fisso ad arco e posizionamento della custodia di un operatore di tree-climbing



8.19 Corretto modo di potare con segaccio

Per motivi di sicurezza, soprattutto quando si opera in *tree climbing* su funi, sono da preferire quelli dotati di fodero con scatto di sicurezza per evitare la fuoriuscita involontaria durante la movimentazione sull'albero, fodero che funge anche da custodia portatile. La doppia dentatura rende più efficiente e veloce il taglio in quanto consente di tagliare in tutte e due le direzioni, spingente e traente. I segacci possono essere montati su aste per raggiungere da terra rami alti posti fino a circa otto metri di altezza oppure per operare in pianta sui rami più distanti; le aste telescopiche devono essere dotate di un cordino per legare l'attrezzo all'imbrago quando si opera in quota. Può essere presente una lama verticale per facilitare la scortecciatura dei rami.

Esistono modelli con sistemi di azionamento di tipo pneumatico, elettrico o con motore endotermico portato dall'operatore in grado di tagliare rami di maggiori dimensioni (anche 20 cm di diametro).



8.20 Seghetti montati su aste. A sx, ad azionamento pneumatico, a dx da motore a scoppio

8.2.2. Tagliasiepi

Per la potatura delle siepi sono diffuse attrezzature di taglio portate a mano alimentate in genere da motori endotermici (generalmente a due tempi con raffreddamento ad aria alimentato con miscela e avviamento a strappo), di potenza variabile tra 0,4 e 2 kW e cilindrata tra 18 e 28 cm³, oppure elettrici alimentati da batterie ricaricabili o, per modelli destinati all'hobbistica,

dalla rete elettrica tramite cavo. I modelli di tagliasiepe (o tosasiepe) sono dotati di apparato di taglio costituito da un sistema lama-controlama a pettine doppio o singolo con distanza tra i denti da 15 a 35 mm. La controlama può essere fissa o scorrere con moto alternativo con frequenza compresa tra 2500 e 5000 corse al minuto (Piccarolo, 2013). L'apparato di taglio può essere solidale con il corpo macchina oppure, nei modelli con motore spalleggiato, essere indipendente e azionato meccanicamente tramite un'asta flessibile. Per lavorare da terra su siepi alte senza utilizzare scale o piattaforme di lavoro elevabili, si possono utilizzare tosasiepi allungabili applicabili su decespugliatori. Esiste anche un modello carrellato adatto al taglio di siepi a bordo strada.

La lunghezza della lama varia dai 30 cm dei modelli più piccoli elettrici ai 100 cm dei modelli professionali con motore endotermico a 4 tempi.

I tagliasiepi a batteria presentano i vantaggi delle altre attrezzature a batteria risultando più silenziosi e meno dannosi per l'operatore e l'ambiente. I modelli con motore a scoppio di ultima generazione presentano, invece, sistemi di filtraggio dell'aria a lunga durata che migliorano l'efficienza del motore con riduzione dei consumi e minore inquinamento.



8.21 Tagliasiepe

I tagliasiepi hanno una doppia impugnatura conformata in modo da poter operare anche con la macchina inclinata. L'impugnatura anteriore è dotata di protezione per la mano, mentre la posteriore, fissa o rotante su 180°, comprende i pulsanti di accensione/spengimento e l'acceleratore; utile la possibilità di agire su un selettore di velocità in quanto maggiore è il diametro del taglio, minore dovrà essere la velocità di rotazione del tagliasiepe. È consigliabile anche la presenza di elementi antivibranti in gomma che la isolano dal motore e dall'apparato di taglio. In

alcuni modelli, in caso di blocco della lamina nella pianta, un dispositivo elettronico inverte il senso di rotazione del motore, consentendo lo sblocco in tutta semplicità senza piegare o rompere le lamine.

Nella manutenzione è importante il controllo dell'affilatura della lama per garantire sempre un taglio preciso a vantaggio dell'aspetto estetico della siepe e della sicurezza dell'operatore. A questo riguardo bisogna ricordare l'uso di DPI, soprattutto a protezione della testa (casco con visiera) contro eventuali contraccolpi (rimbalzo o *kickback*) in fase di potatura.

8.2.3. Motoseghe per potatura

La motosega portatile a catena per potatura è utilizzata per effettuare operazioni di potatura e sramatura degli alberi non abbattuti, progettata e costruita secondo i requisiti della norma



8.22 Motosega leggera per potatura: si può notare la caratteristica dell'impugnatura superiore che ne permette l'utilizzo con una sola mano

armonizzata UNI EN ISO 11681 - Parte 2. Tra le peculiarità di questa macchina si ricordano: la forma compatta con impugnatura superiore che ne permette l'utilizzo con una mano sola; il peso contenuto (massa massima 4,3 kg esclusi la barra, la catena e con serbatoi vuoti) che conferisce leggerezza e maneggevolezza per facilitare il lavoro dell'operatore in operazioni di potatura e taglio riducendo notevolmente lo sforzo fisico; il punto di attacco tramite apposito cordino all'imbracatura dell'operatore, all'albero stesso e alla fune di servizio per issarla sull'albero.

Quando deve essere utilizzata a una altezza superiore a quella delle spalle è consigliabile l'uso di PLE o della tecnica del *tree climbing*. In questo caso la motosega deve essere "fissata" ovvero assicurata al punto specifico sull'imbracatura dell'operatore agganciando una corda di sicurezza all'apposito punto di attacco.

Per le altre caratteristiche tecniche e di funzionamento, modalità di utilizzo e manutenzione si rimanda alle normali motoseghe a catena.

Sempre più diffusi sono i modelli a batteria.

8.2.4. Elettroseghe e motoseghe a batteria

Analoghe per concezione alle motoseghe a catena con motore a scoppio, organo di taglio e sistemi di protezione, le elettroseghe sono preferite per le minori rumorosità, vibrazioni ed emissioni di gas di scarico e CO₂ in atmosfera, fattori molto importanti per la sicurezza degli operatori. Le ridotte emissioni sono particolarmente utili quando si lavora in ambienti chiusi e migliorano la sostenibilità ambientale dei lavori di potatura. Si annullano o riducono drasticamente anche tutti i rischi legati all'impiego di benzine e miscele (es. rischi di incendio). Le elettroseghe con alimentazione da cavo sono utilizzabili solo per lavori a punto fisso e in campo hobbistico, con potenze che possono arrivare a circa 2000 W e con peso variabile tra i 3 e i 6 kg. Sono munite di centraline elettroniche che limitano la corrente in fase di avviamento e proteggono il motore da sovraccarichi e surriscaldamento.



8.23 Motosega elettrica da potatura con batteria incorporata

Negli ultimi anni è notevolmente aumentata l'offerta di motoseghe a motore elettrico alimentate a batteria, in virtù soprattutto del minor peso e della maggiore durata dei nuovi accumulatori agli ioni di litio rispetto a quelli nichel-cadmio utilizzati precedentemente. Ad esempio, una batteria di ultima generazione agli ioni di litio con peso di circa 4 kg che sviluppa una potenza di quasi 1000 Wh è equivalente a una batteria al nichel cadmio di circa 20 kg. La batteria può essere montata all'interno del corpo della motosega, oppure su apposita cintura ergonomica che consente di togliere fino a 1,7 kg di peso dalla mano. Per gli accumulatori più grandi (fino a circa 6 kg con autonomia fino a un giorno) è preferibile la versione a zaino. Dal punto di vista pratico, gli utensili elettrici sono anche apprezzati per l'avvio automatico al posto dell'avvio a strappo delle motoseghe alimentate a combustione.



8.24 Motosega elettrica con batteria a zainetto

Come già accennato, le principali ditte produttrici propongono linee di attrezzature (tagliasiepi, decespugliatori, tagliaerba, soffiatori, ecc.) per le quali è previsto l'utilizzo della stessa batteria. Si tratta di attrezzature perfette per l'impiego in ambienti non compatibili con attività rumorose, come i piccoli parchi e giardini di città.

8.2.5. Sramatori da vivaio

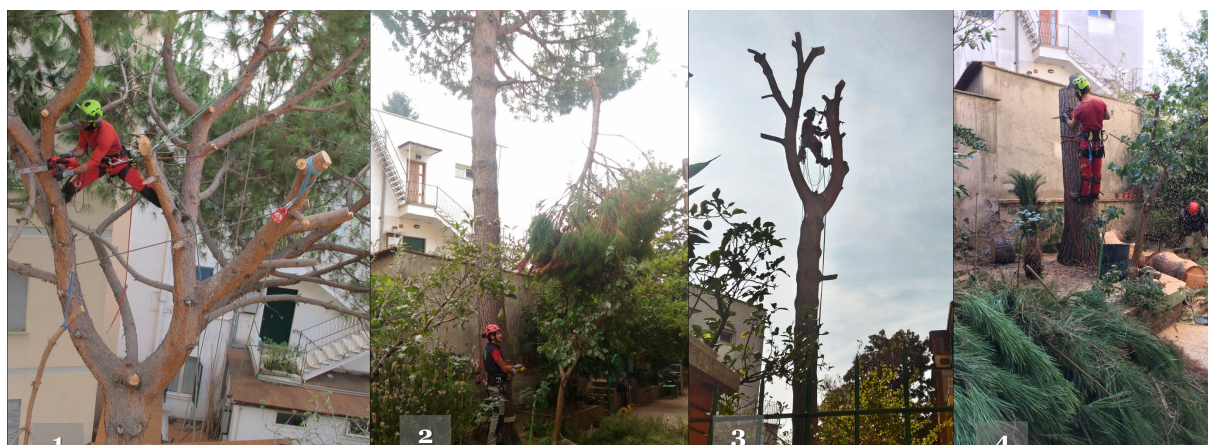
Per la sramatura in vivaio di piantagioni di abeti possono essere usati particolari sramatori, in grado di pulire il tronco dai rami bassi con una speciale testa ruotante dotata di raschietti taglienti registrabili e un sistema di movimentazione interfilare che agisce sulla circonferenza del tronco.

8.3. ABBATTIMENTO

La prima operazione da eseguire quando si deve abbattere un albero è esaminare l'albero stesso, considerando gli aspetti fondamentali per la perfetta riuscita dell'abbattimento quali: la specie, la grandezza dell'albero, la presenza di inclinazioni del fusto, la distribuzione della chioma, ecc. Per facilitare l'abbattimento di alberi in piedi, si può ricorrere all'inserimento di cunei che vengono calzati a forza, con la mazza o con l'occhio dell'accetta, provocando l'inclinazione della pianta e l'avvio della sua caduta a terra nella direzione prescelta.

Nel verde urbano, in genere, le piante vengono depezzate prima di essere abbattute in quanto l'area è ristretta e presenta degli ostacoli (muri, strade e marciapiedi, linee elettriche, ecc.) (Snidero et al., 2012). Nell'**abbattimento controllato** si procede in pratica tagliando l'albero in sezioni e le singole parti vengono calate a terra in maniera controllata, trattenendo o rallentando la caduta del pezzo dell'albero tagliato e guidandolo fino al punto a terra desiderato, mediante l'impiego di apposite funi e carrucole. È un tipico lavoro realizzato in *tree climbing* che richiede molta attenzione a causa delle difficili condizioni di lavoro e degli elementi da valutare e controllare. In alcuni casi, qualora sussista la possibilità pratica, l'abbattimento della pianta intera è preferibile per velocizzare le operazioni di carico del materiale legnoso e per evitare la dispersione di segatura che, specialmente nel caso di malattie particolarmente pericolose (vedi il caso del cancro colorato del platano), andrebbe poi accuratamente rimossa dall'area di lavoro (Verani & Biocca, 2002).

L'ultima fase del lavoro consiste nell'eventuale rimozione della ceppaia⁶.



8.25 Abbattimento controllato in tree-climbing. (1) L'operatore operando in chioma, taglia dapprima rami e branche di una dimensione tale da essere guidate a terra (2) in sicurezza. Quindi comincia la depezzatura delle branche principali (3) e del tronco (4), che viene ridotto in topi

8.3.1. Motoseghe

La motosega portatile a catena è la macchina da taglio più importante impiegata negli interventi effettuati alle piante arboree. Infatti, viene impiegata in varie operazioni che prevedono il taglio (generalmente operato in direzione perpendicolare alle fibre) quali l'abbattimento (e susseguente sramatura e depezzatura⁷) e nella potatura dei rami di maggior diametro.

⁶ Si veda il capitolo 2.

⁷ La depezzatura o sezionatura è l'operazione con la quale il fusto della pianta o parti di esso vengono suddivisi in pezzi di lunghezza diversa, secondo gli impieghi previsti (assortimenti commerciali ottenibili dal materiale di partenza).

Tabella 8.7 - Classificazione delle motoseghe.

Classe	Cilindrata [cm ³]	Potenza [kW]	Lunghezza barra [m]	Massa [kg]
Leggera Potature, primi diradamenti e lavori di sramatura	30-50	1,5-2,5	0,25-0,35	3-6
Media Diradamenti di latifoglie a legno duro, abbattimento, sramatura di latifoglie a legno duro e rami grossi, abbattimento conifere adulte.	50-75	2,5-3,9	0,35-0,50	5-7
Pesante Abbattimento e sezionatura di alberi grandi specialmente a legno duro.	75-100	3,9-5,1	0,50-0,70	7-10
Superpesante Solitamente impiegate in paesi tropicali per abbattimento e sezionatura di alberi molto grandi con legno duro.	> 100	5,1-7	> 0,70	10-16

Generalmente, è accettata una classificazione sulla base delle dimensioni, le cui classi sono riassunte nella Tabella 8.7.

La motosega è una macchina portatile costituita da un gruppo motore, più comunemente a due tempi, monocilindrico (9000-14000 giri/min) raffreddato ad aria, alimentato da un carburatore a membrana che garantisce il funzionamento anche in posizione non orizzontale. L'avviamento è di tipo a strappo. Nei modelli più potenti può essere presente una valvola di decompressione azionabile manualmente che riduce la pressione nel cilindro diminuendo lo sforzo per l'avviamento.



8.26 Parti della motosega. (1) Catena di taglio; (2) spranga di guida; (3) tendicatena rapido - con alette; (4) artigli; (5) tappo serbatoio olio; (6) protezione anteriore della mano; (7) impugnatura anteriore; (8) impugnatura d'avviamento; (9) tappo serbatoio carburante; (10) leva marcia/arresto; (11) grilletto di accelerazione; (12) bloccaggio grilletto; (13) impugnatura posteriore; (14) scudo posteriore di protezione della mano

Recenti innovazioni hanno permesso lo sviluppo di una tecnologia volta al risparmio di carburante ed alla comodità ed ergonomia nel lavoro già a partire dalle motoseghe per potatura. Così, la gestione elettronica del motore regola in ogni condizione di funzionamento il punto di accensione e il dosaggio del carburante tenendo conto di fattori esterni come temperatura, altitudine e qualità del carburante stesso, garantendo costantemente prestazioni ottimali un numero di giri costante e un'eccellente accelerazione. I gas di scarico, inoltre, vengono separati dai gas inerti, riducendo in tal modo le emissioni di particelle incombuste. Le prestazioni migliorano notevolmente, le emissioni di particolato e il consumo di carburante si riducono.

Dall'albero motore, il moto è trasmesso tramite un pignone ad una catena tagliente (costituita da maglie

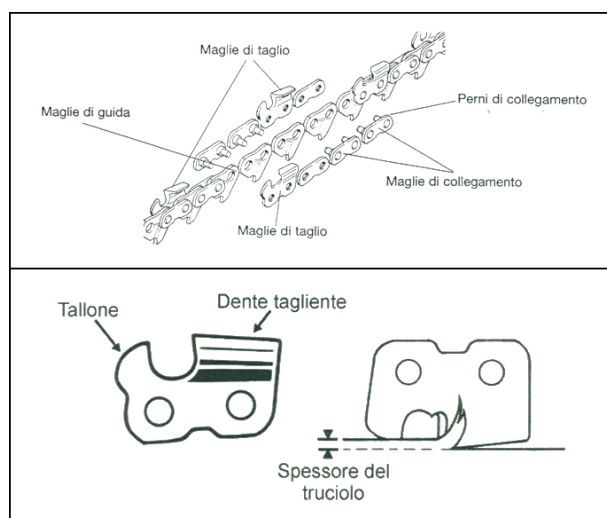
di guida, di collegamento e di taglio) che scorre su una barra guida opportunamente scanalata. La catena tagliente è tenuta tesa da un dispositivo a vite per la regolazione della tensione. I modelli più recenti dispongono di meccanismi per la tensione rapida della catena, azionabili anche con i guanti indossati. Le catene di taglio sono caratterizzate dal passo, dal canale e dal numero di maglie. Il primo parametro si riferisce alla distanza tra due rivetti della catena, il canale è lo spessore delle maglie guida (da conoscere per montare correttamente la catena sulla barra guida), mentre il numero di maglie determina, insieme al passo, la lunghezza della motosega.

I denti taglienti possiedono un diverso angolo di affilatura, variabile da 25° a 35° in base al tipo di catena e diversi disegni, denominati quadro, mezzo tondo e tondo. Il dente quadro presenta un angolo affilato che taglia facilmente le fibre del legno e fornisce il taglio più veloce ed efficiente sulla legna pulita. Se invece l'angolo è più o meno arrotondato, abbiamo il dente mezzo tondo e tondo, caratterizzato dal mantenere l'affilatura più a lungo, specialmente durante il taglio di legno duro e su legna sporca e anche dal trasmettere minori vibrazioni. La scelta dell'uno o dell'altro tipo dipende anche molto dalle preferenze dell'operatore, dalla frequenza di affilatura e dal costo della catena, che può variare di molto specialmente se sono presenti parti della catena con metalli particolari.

Se il taglio non è rettilineo, se i trucioli sono piccolissimi o se il lavoro richiede uno sforzo eccessivo, occorre affilare la catena. Si dovrebbe utilizzare una lima a profilo tondo di adatte dimensioni. Oltre che a mano, l'affilatura può essere effettuata con un apparecchio universale utile per affilare catene, seghe circolari per decespugliatori e coltelli di tosasiepi.

Per limitare l'attrito fra la catena tagliente e la barra di guida, la motosega è dotata di un impianto di lubrificazione, di tipo automatico, che consente di distribuire l'olio in quantità proporzionale alla velocità di scorrimento della catena. Alcuni modelli presentano un dispositivo in grado di regolare la quantità in relazione al tipo di legno e alla lunghezza della barra, consentendo risparmi fino al 50%. L'olio di lubrificazione deve essere diverso dagli altri oli minerali e per ogni modello viene indicato l'olio da impiegare. Il sistema è tarato in modo che, durante l'impiego della macchina, finisca prima la miscela che l'olio, onde evitare che la catena

funzioni senza lubrificazione e si surriscaldi eccessivamente.



8.27 Parti della catena di taglio

Il corpo della motosega è sostenuto dalle impugnature (dove sono collocati gli organi di comando) che svolgono anche la funzione di telaio e che sono connesse al corpo della macchina tramite supporti antivibranti (a molle, a cuscinetti, a tamponi elastici, ecc.) aventi la funzione di proteggere e ridurre l'affaticamento dell'operatore. Davanti all'impugnatura anteriore si trova, integrato nella protezione anteriore della mano (paramano), il dispositivo di azionamento del freno catena, finalizzato principalmente ad arrestare il movimento della catena stessa quando la

barra di guida si impenna in direzione dell'operatore a seguito di un contraccolpo (il cosiddetto *kickback*). Il miglior tipo di freno catena è quello a "nastro", in quanto capace di attivarsi con maggiore sensibilità rispetto all'analogo meccanismo a "cuscinetto".

Per evitare azionamenti accidentali, la catena dovrebbe essere sempre bloccata dall'operatore durante l'avviamento e gli spostamenti. Sempre ai fini della sicurezza sono indispensabili dei sistemi di protezione in caso di rottura della catena: il perno di recupero catena, posto alla base della barra, intercetta la catena e smorza il colpo di frusta in caso di rottura o fuoriuscita della catena dalla barra; il bloccaggio del grilletto dell'acceleratore che impedisce il funzionamento

quando l'impugnatura posteriore non è afferrata bene; il dispositivo di arresto motore che ne comanda lo spegnimento quando viene a mancare l'azione mantenuta sul comando; il copribarra per garantire il trasporto in sicurezza.



8.28 La motosega deve essere impugnata saldamente, con la mano destra sull'impugnatura posteriore e la sinistra sull'anteriore. Importante anche indossare i dpi

La motosega deve essere impugnata saldamente, con la mano destra sull'impugnatura posteriore e la sinistra sull'anteriore (vale anche per i mancini!). È consentito l'uso con una sola mano solo in caso di potature effettuate con le motoseghe portatili da potatura quando l'altra mano deve essere utilizzata per mantenere o sostenere la posizione dell'operatore (ad esempio, quando si deve effettuare

un taglio in allungamento verso l'esterno dell'asse del corpo e una mano afferra il tronco o un altro ramo).

Le elementari norme di sicurezza da seguire quando si lavora con la motosega possono essere così sintetizzate⁸:

- durante il trasporto:
 - tenere il motore spento
 - applicare il copribarra a riparo della catena
 - mantenere la spranga di guida rivolta indietro rispetto all'avanzamento dell'operatore
- durante il lavoro:
 - afferrare la motosega con entrambe le mani
 - nessuna parte del corpo si deve trovare nel raggio d'azione della catena

⁸ Per approfondimenti si consiglia di consultare le "Linee guida per l'uso in sicurezza delle motoseghe portatili per potatura" scaricabili dal sito dell'INAIL.

- attenzione ai corpi estranei
- evitare il rimbalzo e lo strappo del taglio
- non tagliare con la testata della spranga
- non tagliare più rami
- non operare con la motosega sopra le spalle
- non lavorare troppo inclinati in avanti.

È quindi importante assumere la giusta postura ed effettuare il taglio in modo corretto seguendo le disposizioni sopra riportate ricordando sempre che la motosega è una delle macchine più pericolose che si possano trovare nel contesto agricolo-forestale, anche perché i dispositivi di protezione non sono in grado comunque di eliminare tutti i pericoli derivanti dal suo uso.

Le fonti di pericolo in grado di provocare lesioni dirette sono:

- contatto accidentale con la catena tagliente: può avvenire durante le operazioni di messa in opera (montaggio catena e fissaggio alla barra, controllo tensionamento);
- lacerazione o amputazione di arti: avviene specialmente a carico degli arti inferiori, per la possibile caduta dell'attrezzo in direzione delle gambe dell'operatore, alla fine del taglio; l'incidente può essere anche provocato dal rimbalzo della motosega durante l'uso, per utilizzo non corretto o per impugnatura non adeguata;
- scivolamento e caduta, con possibile taglio con la catena: può avvenire in conseguenza a caduta di parti morte della pianta (cimaie, rami) e durante gli spostamenti con la motosega in moto;
- lesioni per contatto durante la fase di avvio: può accadere perché non sono state indossate le protezioni individuali, né tolta la protezione della catena, né controllata la tensione o la posizione di avvio corretta (che va eseguito a terra, con freno catena azionato);
- proiezione di materiale, quali schegge di legno, sassi, terra, chiodi o ferri presenti nel legno, ecc.: costituiscono il pericolo peculiare della motosega. Il materiale può essere proiettato durante l'uso contro il viso, contro il corpo o in direzione di altri operatori vicini. Può verificarsi anche la rottura della catena con conseguente proiezione della stessa contro l'operatore o altre persone, o animali o cose presenti nelle vicinanze;
- ustioni per contatto con parti surriscaldate: sono dovute alla mancata protezione dello scarico.

Inoltre, notevole può essere l'impatto del suo utilizzo sulla salute dell'operatore in termini di vibrazioni e rumorosità. Le vibrazioni sono causate dal contatto discontinuo tra catena e legno durante il taglio, dal movimento alternativo del pistone e, in misura inferiore dalla rotazione della catena e vengono trasmesse al sistema mano-braccio dell'operatore attraverso le impugnature anteriore e posteriore.

Tutte le motoseghe ormai dispongono di sistemi antivibranti più o meno efficaci, che isolano le impugnature dal corpo motore e dalla barra. Tuttavia, l'esposizione prolungata alle vibrazio-

ni può determinare l'insorgere di malattie professionali e il solo impiego di guanti da lavoro non riduce la quantità di vibrazioni assorbite. Le conseguenze negative dovute a vibrazioni sono correlate con l'esposizione alle basse temperature: per questo, in condizioni climatiche severe, è molto utile l'uso di motoseghe dotate di impugnature riscaldate.

Per quanto riguarda il rumore, esso è in generale molto elevato durante il funzionamento, spesso oltre i 100-110 dB(A) e quindi durante l'uso è necessario impiegare dispositivi otoprotettori (cuffie o tamponi).

Va poi considerato l'impatto sull'operatore e sull'ambiente, specie in ambito urbano, dovuto alle emissioni dei gas di scarico, che possono essere ridotte con l'uso di marmitte catalitiche o benzine a minore effetto inquinante (benzine alchilate⁹).

Rischi collegati all'uso della motosega sono anche la possibilità di incendio della benzina fuoriuscita dal serbatoio, il contatto con benzina e olio e l'inspirazione di vapori di benzina.

Altre fonti di pericolo per rischi di lesioni indirette (specie in fase di abbattimento di alberi) sono:

- caduta incontrollata dell'albero;
- presenza di zone cariate nel fusto;
- possibilità di cadute di linee elettriche nella fase di abbattimento di alberi ad alto fusto;
- rimbalzo all'indietro dell'albero abbattuto;
- investimento di persone da alberi tagliati in caduta nella zona di pericolo;
- caduta in fase di fuga o di allontanamento dall'albero;
- contatto traumatico con rami secchi presenti sul fusto;
- rimbalzo incontrollato della pianta o dei rami in caduta;

⁹ Si tratta di derivati del petrolio molto puri che si ottengono dalla parte gassosa (prevalentemente isobutano ed isobutene) e quindi più pulita del greggio. La benzina alchilata è un prodotto di ultima raffinazione nel processo di produzione degli idrocarburi ed è composta solo da una decina di sostanze meno nocive di quelle presenti nella benzina verde. Rispetto ad essa, la benzina alchilata contiene solo tracce di composti aromatici (benzene, toluolo, ecc.), causa possibile di neoplasie (leucemie), danni al sistema nervoso centrale, alle vie respiratorie, ecc. Nel bruciare benzina alchilata, si riducono di circa 2/3 la produzione di ossidi nitrosi e cambia la composizione del carburante incombusto, costituito da idrocarburi di paraffine, meno dannosi, e si riducono le emissioni di biossido di azoto e anidride carbonica.

Essendo poi più raffinata, non contiene idrocarburi insaturi che sono la causa della formazione di resine nei carburatori; produce, inoltre, meno scorie da combustione, riducendo i rischi di grippaggio del motore e migliorandone le prestazioni.

Non si altera nel tempo e può essere conservata per più anni: non è più necessario svuotare i serbatoi degli attrezzi a motore per periodi di fermo macchina. La benzina alchilata non corrode le guarnizioni e le parti plastiche. Se si versa su un palloncino gonfio goccia di benzina alchilata e poi di benzina verde, si può osservare che, nel primo caso, non succede nulla, mentre nel secondo caso il palloncino, corrosivo dalla benzina verde, scoppia all'istante.

I benefici per la salute risultano immediatamente evidenti: non più mal di testa e irritazioni in seguito all'inalazione dei gas di scarico. Come conseguenza positiva: il rendimento del personale è senz'altro superiore.

Tuttavia, il prezzo al litro della benzina alchilata si aggira intorno al doppio – triplo di quello della benzina verde, ma incide economicamente poco sul costo di utilizzo di piccoli attrezzi come motoseghe, decespugliatori, tosaiepi e tosaerba, anche impiegati a scopo professionale.

- caduta dell'albero in direzione non desiderata o condizionata dal vento;
- contatto traumatico con parti del fusto in seguito a scosciatura¹⁰; dalla caduta o rottura dell'albero inclinato, interessato da anomalie nella resistenza meccanica del legno;
- contatto traumatico con rami in tensione improvvisamente liberati, oppure tronchi o porzioni di fusto a seguito di depezzatura;
- impiego di dispositivi di trazione.

8.3.2. Abbattitrici forestali (cenni)

Le abbattitrici forestali sono macchine in grado di effettuare in un'unica operazione l'abbattimento degli alberi (abbattitrice o *feller*), eventualmente abbinato alla sramatura e depezzatura (abbattitrice-srama-depezzatrice o *harvester*), sostituendo il cantiere di lavoro generalmente costituito da più macchine e più operatori (es. PLE con un addetto alla riduzione della chioma dell'albero e un altro operatore che provvede all'abbattimento vero e proprio), permettendo di ridurre i costi del 30-40% rispetto alla lavorazione manuale. In particolare, sono convenienti su piante grandi per la produzione di tronchi da sega e nei diradamenti per produrre tondame da sega. Oltre che per il loro prevalente interesse in ambito forestale o per l'arboricoltura da legno, possono essere potenzialmente impiegate anche nell'ambito del verde urbano laddove ci sia sufficiente spazio di manovra e l'esigenza di abbattere più piante. Le macchine sono generalmente semoventi, con versioni cingolate o gommate.

La testa abbattitrice è l'unità base che permette di effettuare l'abbattimento meccanico. È costituita da una pinza con tre o quattro bracci metallici che servono per tenere la pianta durante e dopo l'abbattimento (struttura *buncher*) e da un organo di taglio posto alla base. L'organo di taglio può essere una cesoia, un disco o una barra incernierata su un lato con una catena tagliente (come una motosega) usata per il taglio fino a 80 cm di diametro.

Possono essere distinte in due classi dimensionali: 1) piccole, del peso di circa 400 kg, per diametri di taglio massimi di 35 cm; 2) grandi, con peso fino a 2000 kg, e tagli fino a 65 cm.

L'alimentazione e la movimentazione del tronco viene effettuata con rulli o cingoli. Nella maggioranza delle macchine si trovano due rulli contrapposti (in acciaio, gomma, o con la gomma posta tra 2 cerchi di acciaio). Questo sistema fa scorrere il tronco all'altezza desiderata, tagliandolo in assortimenti delle dimensioni richieste.



8.29 Abbattitrice forestale con testa abbattitrice a cesoia

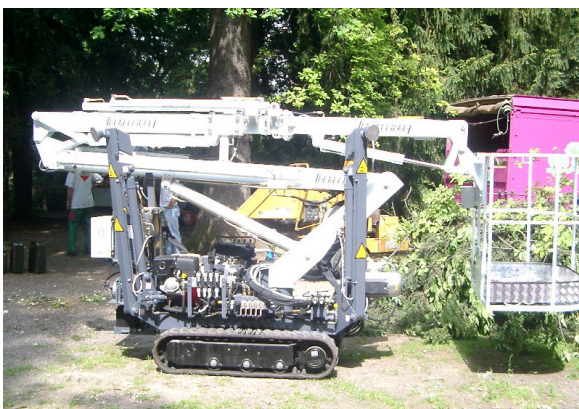
¹⁰ Rottura di un albero in corrispondenza del punto d'innesto. Il termine è usato anche per indicare la rottura di una branca o di un ramo in corrispondenza della sua inserzione.

8.4. LAVORI DI CURA IN QUOTA

Nelle operazioni di manutenzione degli alberi ad alto fusto, i lavori di potatura e l'abbattimento sono complicati dalla quota a cui si deve operare che rende impossibile l'utilizzo degli attrezzi da terra, anche se montati su aste; inoltre, nella maggior parte dei casi, può essere necessario intervenire anche dall'interno della chioma, soprattutto se si vuole eseguire un lavoro a regola d'arte. Per questo tipo di interventi è necessario utilizzare le piattaforme di lavoro elevabili (PLE) e la tecnica di arrampicata del *tree climbing*.

8.4.1. Piattaforme di lavoro elevabili (PLE)

Le piattaforme di lavoro elevabili o aeree possono essere distinte in due grossi gruppi, diversi per le loro implicazioni di uso e sicurezza: 1) piattaforme dove la proiezione verticale del centro di gravità del carico è sempre dentro l'area di ribaltamento; 2) piattaforme dove la proiezione del centro di gravità del carico può proiettarsi al di fuori dell'area di ribaltamento. Negli interventi di cura degli alberi si usano quasi esclusivamente piattaforme del secondo tipo che presentano naturalmente maggiori problemi di stabilità (Bonalume, 2008).



8.30 Piattaforma di ridotte dimensioni su pianale semovente a cingoli dpi

piegate e sporgono fuori della sagoma del veicolo, formano la cosiddetta “coda” che può urtare inavvertitamente gli ostacoli presenti. La coda è anche pericolosa quando si lavora su strada aperta al traffico perché può essere colpita dai mezzi in transito. Adatte per ogni tipologia di terreno ed operazione, quindi molto più flessibili, sono le piattaforme “ragno”, che sono generalmente montate su un mezzo cingolato che

Le PLE sono costituite da piattaforme, chiamate comunemente anche *cestelli*, montate su bracci telescopici idraulici o su bracci articolati (a “sbraccio”); i bracci articolati sono preferibili quando si ha necessità di una maggiore mobilità, ad esempio per aggirare degli ostacoli. Le PLE articolate, dette anche pantografiche, sono però più pericolose delle PLE telescopiche perché, quando le articolazioni dei bracci sono ri-



8.31 Seghetto pneumatico montato su piattaforma elevabile

presenta ingombri nettamente inferiori rispetto a un autocarro.

Le piattaforme di lavoro possono essere montate sul pianale di autocarri, portate da trattore oppure semoventi.

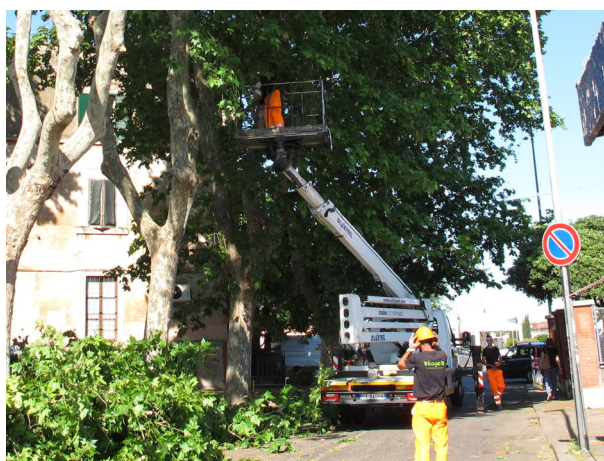
I modelli più diffusi sono in grado di portare due operatori, con una capacità di carico del cestello massima di 200 kg. Questo valore è da tenere sempre ben in considerazione in quanto il sovraccarico della piattaforma durante il lavoro, anche se momentaneo (ad esempio, per trattenere i rami appena potati e guidarli nella caduta), può portare al ribaltamento della PLE.

I cestelli dotati di sbraccio terminale con *jib* (estensione) con possibilità di rotazione di 180° e allargabili idraulicamente sono quelli che offrono la maggiore manovrabilità all'interno della chioma.

Per maggiore sicurezza i cestelli dovrebbero essere elettricamente isolati, in modo da poter operare, ad esempio, in prossimità delle linee aeree del trasporto urbano.

L'uso della PLE richiede un'accurata valutazione dei rischi considerando:

- l'ubicazione della pianta;
- i vari piazzamenti della PLE per raggiungere tutti i punti dell'albero;
- l'idoneità del suolo e dell'area circostante al posizionamento e alla movimentazione (portata specifica del terreno, presenza di sotto-servizi, inclinazione del terreno, presenza di infrastrutture);
- la gestione delle emergenze.



8.32 Piattaforma montata su autocarro in un cantiere di lavoro stradale

Importante è anche la valutazione dei rischi legati al movimento del cestello all'interno della chioma (spazio tridimensionale). È difficile stabilire da terra in fase di preparazione dell'intervento se gli spazi a disposizione tra un ramo e l'altro sono sufficienti per evitare rischi da schiacciamento dell'operatore, rischi da incagliamento del cestello, rischi di rotture delle parti meccaniche o idrauliche della macchina.

I casi in cui può essere preferibile utilizzare una piattaforma di lavoro elevabile, premesso che vi siano le condizioni per stabilizzare la PLE in condizioni di sicurezza, sono:

- potatura di solo contenimento;
- ispezioni e valutazioni della stabilità dell'albero;
- alberi che presentano difetti strutturali che impediscono di lavorare in sicurezza diretta-

mente sulla pianta (ovvero in *tree climbing*);

- alberi impostati a testa di salice (*pollarding*);
- alberi che presentano poche ramificazioni o una struttura colonnare;
- alberi sradicati e appoggiati a infrastrutture o altre piante.

Per poter lavorare, gli operatori devono essere abilitati secondo quanto previsto dal Testo Unico sulla Sicurezza (D. Lgs. 81/2008). Un secondo operatore può essere portato in quota anche se non abilitato, ma deve essere in perfette condizioni psicofisiche. L'operatore deve obbligatoriamente essere dotato di imbracatura omologata agganciata con cordino corto al cestello: molto alto è infatti il rischio di essere sbalzati fuori dalla piattaforma per "effetto catapulta" provocato da brusche manovre durante il massimo sbraccio.

8.4.2. Lavoro su alberi con funi (*tree climbing*)

Il *tree climbing* è la tecnica di risalita artificiale sugli alberi, mediante funi, che viene impiegata nelle situazioni in cui vi sia la necessità di raggiungere l'interno della chioma di una pianta (operazione molto difficile con PLE) o si riscontrino problematiche non risolubili con altri interventi di lavoro tradizionali. I mezzi di elevazione meccanici, infatti, richiedono strutture di supporto di elevato carico, quali gli autocarri, la cui movimentazione e stazionamento possono provocare danni diretti alle radici e indiretti legati alla compattazione del suolo. Inoltre, con il *tree climbing* si può facilmente rispettare la naturale architettura dell'albero eseguendo la potatura dall'alto verso il basso e dall'interno verso l'esterno della chioma, cosa tecnicamente molto difficile operando con la PLE.

Il *tree climbing* prevede l'impiego in sicurezza di attrezzi da taglio (normalmente segacci, ma anche motoseghe da potatura) da parte di operatori molto specializzati che usano delle tecniche inizialmente mutate dalla speleologia e dall'alpinismo, per arrampicarsi sull'albero fino a qualsiasi altezza. Per questo le attrezzature impiegate sono rappresentate da funi e corde (prevalentemente in poliestere), imbracature, connettori e discensori.

La tecnica del *tree climbing* è sicuramente più idonea alle lavorazioni di alberi ad alto fusto perché permette agli operatori di muoversi all'interno della chioma in maniera meno invasiva, con una completa visione degli spazi e della struttura dell'albero. Con questa procedura, inoltre, non è richiesta la valutazione della portata specifica del terreno e della presenza di eventuali sotto-servizi, non si creano interferen-



8.33 Operatore *tree-climbing* al lavoro

ze con le infrastrutture, l'area di lavoro da prendere in considerazione è decisamente ridotta e, infine, la gestione delle emergenze può essere eseguita in tempi ragionevoli da personale adeguatamente addestrato.

Questa tecnica diviene indispensabile per operare laddove è fatto divieto di accesso al luogo con mezzi meccanici da parte della committenza (siti archeologici, siti naturali, riserve protette, parchi, ecc.) ed è decisamente preferibile quando si deve procedere al montaggio di sistemi di consolidamento arboreo e dei percorsi acrobatici.

Mediante questa tecnica si possono effettuare, oltre la potatura, la depezzatura di alberi che devono essere rimossi e che non possono essere abbattuti in piedi (abbattimento controllato), nonché interventi fitosanitari e diagnostici all'interno della chioma.

Le informazioni tecniche per la corretta scelta e uso delle attrezzature di lavoro nonché le istruzioni per lavorare in sicurezza su alberi con funi sono riportate su un documento redatto da un gruppo di lavoro coordinato dall'INAIL¹¹.



8.34 Intervento di potatura in tree-climbing

¹¹ Il documento può essere scaricato dal sito dell'INAIL alla pagina <https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/promozione-e-cultura-della-prevenzione/linee-guida/istruzioni-esecuzione-in-sicurezza-di-lavori-su-alberi-con-funi.html>

PULIZIA E GESTIONE DEI RESIDUI DEL VERDE

Raccolta e smaltimento dei residui del verde costituiscono un'importante voce di spesa e di impegno orario nella gestione del verde urbano, sia pubblico che privato. Le operazioni annesse includono la pulizia delle aree verdi, la rimozione dei residui vegetali, erbacei e legnosi, che derivano dagli sfalci, dalle potature e dagli abbattimenti di alberi, e il successivo loro smaltimento, che dovrebbe privilegiare la via del riciclo delle biomasse prodotte. Infatti, attualmente la gestione dei residui vegetali offre la possibilità di un riutilizzo dei medesimi che, invece di essere trattati come rifiuto, possono costituire una cosiddetta *materia prima-seconda* (MPS)¹ da destinarsi a ulteriori utilizzazioni, quali la produzione di cippato (utilizzabile come combustibile per la produzione di calore ed energia, come pacciamante, come elemento di terricci oppure come sottofondo di vialetti e percorsi) o di compost. Al compostaggio, che costituisce la migliore utilizzazione degli scarti se si considera il bilancio complessivo del carbonio, si può destinare qualsiasi residuo verde.

Più in generale, le fonti di biomassa urbana disponibili sono essenzialmente di due tipi: quelle derivanti dalla manutenzione del verde pubblico e privato e quelle prodotte da attività civili ed industriali. Nel primo gruppo vengono considerati gli sfalci dei tappeti erbosi, le foglie morte, i residui di specifici lavori di potatura degli alberi di parchi, giardini e alberature stradali, gli alberi abbattuti e la frazione legnosa contenuta nei rifiuti derivanti dalla pulizia e dalla manutenzione ordinaria del verde, con particolare riferimento alla potatura delle siepi e degli arbusti. Purtroppo, quando non si apprestano cantieri di lavoro specifici per la raccolta del residuo, la frazione legnosa che si trova frammista ad altre frazioni non utilizzabili non può essere a sua volta riutilizzata.

Va ricordato che, i residui derivanti dalla manutenzione delle aree verdi urbane possono rappresentare un'ottima occasione per aumentare il contributo alla disponibilità totale di biomasse di facile utilizzazione. Si tratta, infatti, di fonti caratterizzate dall'essere poste in vicinanza di varie utilizzazioni potenziali, ed essere concorrenziali per il prezzo, in quanto l'attuale destinazione in discarica di questi materiali, li carica di un ulteriore costo di smaltimento per la loro eliminazione.

¹ Le cosiddette materie prime seconde sono costituite da scarti di lavorazione delle materie prime oppure da materiali derivati dal recupero e dal riciclaggio dei rifiuti.

Come già evidenziato, le destinazioni più idonee per il loro riutilizzo sono la trasformazione in compost e l'utilizzazione energetica². Non sono facilmente praticabili, infatti, altre strade per lo smaltimento, quali la bruciatura o l'incorporazione del cippato/trinciato nel terreno, che pure normalmente si realizzano ancora nella pratica agricola in seguito alle operazioni di potatura.

Per le operazioni di raccolta e smaltimento dei residui, così come per provvedere a una valorizzazione degli stessi per la produzione di compost di qualità oppure per l'immissione del legno residuo in una filiera per la produzione di energia, si possono utilizzare delle macchine adattate di derivazione agricola e forestale, ma il mercato offre anche macchine appositamente progettate per questo scopo.

9.1. PULIZIA

Come già accennato, la pulizia delle aree a verde e la rimozione dei residui di altre operazioni di manutenzione (sfalci dell'erba, potature, ecc.) rappresentano un intervento molto oneroso in termini di ore di lavoro e pertanto anche dal punto di vista economico. Particolarmente gravosa è la raccolta delle foglie nel periodo autunnale, che devono essere rimosse, perlomeno dalle zone pavimentate di strade e marciapiedi e poi smaltite. La rimozione delle foglie morte si rende necessaria, oltre che per motivi pratici ed estetici, per ragioni di sicurezza, in quanto possono rendere scivolosi i percorsi pedonali e carrabili, ma anche perché possono pericolosamente intasare le grate delle caditoie stradali, creando successivi problemi di allagamenti; inoltre, le foglie morte possono essere veicolo di agenti patogeni e possono contribuire alla formazione del feltro sui tappeti erbosi.

Qualora si decidesse di lasciarle sul prato, è opportuno prevederne la triturazione, anche semplicemente passando con un trinciaerba o un rasaerba, magari equipaggiati di appositi kit per sminuzzare le foglie in paccame fine.

In linea generale, è bene anche ricordare che non sempre le operazioni di pulizia danno origine alla raccolta di materiale prontamente adatto al compostaggio, in quanto bisogna essere certi dell'assenza di materiale non riciclabile dentro la massa raccolta.

A qualsiasi livello (hobbistico, pubblico o privato, su grandi e piccole superfici) la meccanizzazione delle operazioni di raccolta delle foglie e di altro materiale prevede l'impiego di almeno una delle seguenti attrezzature: aspiratori, soffiatori e spazzolatrici-raccogliatrici. La gamma delle macchine è molto ampia, in quanto si va dalle semplici attrezzature portate dall'operatore (a mano, spalleggiate o zainate) fino a macchine semoventi dotate di cassoni o grandi tramogge di raccolta. I modelli portati a mano sono più adatti ad operare in spazi ristretti, mentre i semo-

² In base ad una stima condotta per il territorio di Roma i residui legnosi di potatura ammontano (prudenzialmente) ad un totale di 15.000 t di legno (non vengono considerati i residui delle potature e degli abbattimenti effettuati direttamente dal Servizio Giardini del Comune, poiché non si dispone del numero preciso degli alberi). Tale quantità può essere utilizzata per alimentare un impianto centralizzato di produzione di energia da 18 MW_{th}, in grado di fornire 45 GW_{th}/Y, oppure può essere utilizzato per alimentare un impianto che produca 3 MW_{he}. Inoltre, vanno considerati i risultati ambientali, valutando la riduzione di CO₂ rilasciata in atmosfera in circa 12.000 ton all'anno e la riduzione delle quantità di materiale conferito alla discarica (Biocca et al., 2002).



9.1 Modello spalleggiato di soffiatore



9.2 Intervento di soffiatura del residuo dopo un verticutting su un green

re e spegnere il motore, spostare l'acceleratore del motore in alto e in basso per regolare un range di velocità di rotazione maggiore o minore e ruotare la bocca di uscita di 360 gradi.

Generalmente l'azione dei soffiatori si limita al solo convogliamento del materiale in andane o in mucchi, che poi possono essere più agevolmente raccolti con degli aspiratori o con altri mezzi.

Molti soffiatori portati a mano o a spalla, con opportune modifiche o aggiunta di accessori, oppure agendo su un comando a leva o un pulsante che inverte il senso del flusso d'aria, possono trasformarsi in aspiratori. In questo caso diventa indispensabile la presenza di un sacco raccoglitore che li trasforma in **soffiatori-aspiratori raccogli-**

venti sono pensati per gli ampi prati di parchi o per operare lungo strade e viali.

I **soffiatori** sono macchine semplici, dotate di un motore (endotermico, elettrico o a batteria) che aziona un ventilatore con caratteristiche molto variabili a seconda della grandezza: si passa da una portata d'aria di 5 m³/min dei modelli a mano più piccoli agli oltre 200 m³/min dei modelli più grandi trainati. La velocità dell'aria in uscita è tra i 50 e i 130 m/s e alcuni modelli ne permettono la regolazione a seconda delle condizioni operative. Le potenze variano da 0,5 kW (per i modelli portati a mano) ai 25 kW degli attrezzi trainati.

Per utilizzi professionali prolungati si consigliano i modelli spalleggiati, mentre modelli più grandi possono essere montati su piccoli carrelli, oltre che posizionati su transporter o altri veicoli di utilità, oppure trainati. I più recenti modelli trainati possono essere dotati anche di un comando manuale a distanza wireless a radiofrequenza, che offre la possibilità di accende-



9.3 Tipologie di aspiratori e soffiatori.
(1) a spalla; (2) con conducente a terra;
(3) portato da trattore; (4) su autocarro con cassone-raccoglitore

tori. Sono normalmente di tipo portato a mano e spalleggiato e alla ventola può essere collegato un coltello tritratore in acciaio per sminuzzare il materiale raccolto e favorire il completo riempimento del sacco.

I soffiatori sono macchine rumorose (nei modelli con motore a scoppio si superano i 100 dB) che richiedono l'impiego di otoprotettori adeguati.

Il loro uso è ovviamente sconsigliato in giornate ventose.

Gli **aspiratori** sono macchine semplici, come i soffiatori, dotate di turbina azionata da motore endotermico o elettrico che consente la raccolta delle foglie, ma anche di altri detriti leggeri, attraverso un'ampia bocca di aspirazione. Il loro uso va spesso a completare l'azione dei soffiatori.

I modelli più piccoli possono essere a spinta o semoventi e sono adatti a limitate superfici e ridotti quantitativi da aspirare. I modelli più grandi hanno il gruppo motore-turbina con potenze elevate di 15-25 kW e un sistema di triturazione a lame per la riduzione del materiale. Possono essere applicati all'attacco a tre punti di un trattore o più frequentemente montati sulla sponda di un camion o transporter, possibilmente abbinati a un cassone chiuso, ribaltabile idraulicamente, di diversa capacità (3-10 m³). La raccolta avviene mediante un tubo flessibile di aspirazione azionato manualmente da un operatore con un bocchettone di aspirazione che raggiunge e supera i 200 mm di diametro, mentre gli aspiratori caricatori sono dotati di bocca di aspirazione (pick-up) larga fino a tre metri per la raccolta diretta in campo. Il tubo di aspirazione trasparente permette all'operatore di prevenire eventuali intasamenti. È consigliata la presenza di un dispositivo di sicurezza che blocca l'aspiratore, spegnendo il motore, in caso di anomalie nel tubo di aspirazione. L'impiego dei modelli di maggiori dimensioni consente di ottenere elevate capacità di lavoro, ma è sconsigliato su tappeti erbosi di qualità, dato l'elevato carico trasportato che può danneggiare il cotico erboso.

Un'altra modalità di raccolta, applicabile specialmente a superfici dure non inerbiti, prevede l'impiego di **spazzolatrici**, macchine dotate di spazzole rotanti che raccolgono foglie e residui e li convogliano verso un raccoglitore sfruttando la velocità di rotazione delle spazzole³.

Le spazzole rotative sono normalmente in materiale plastico, portate anteriormente o posteriormente al trattore (o altre motrici polifunzionali) o montate su specifiche macchine semoventi; possono avere asse di rotazione verticale (più comune), orizzontale o essere opportunamente inclinate. In questo caso l'inclinazione può essere modificata anche operando dal posto di guida.

Oltre che per la rimozione di foglie e altri residui vegetali, le spazzolatrici sono altresì impiegate per la pulizia da detriti o anche di modesti strati di neve nelle strade e marciapiedi e per lo spargimento di materiale, come, ad esempio, dopo il *top-dressing* per completare la distribuzione della sabbia sul tappeto erboso⁴.

Le spazzolatrici possono essere, inoltre, impiegate in alternativa al diserbo chimico per l'eliminazione delle infestanti su superfici dure di vialetti e marciapiedi. Per queste applicazioni si utilizzano spazzole formate da fili metallici perché si sono rivelati più adatti all'eliminazione delle infestanti rispetto ai consueti tipi in plastica; queste spazzole però non sono efficaci per la rimozione delle erbacce presenti su superfici con ghiaia.

³ Per una descrizione si veda anche il capitolo 6 sulla Cura e difesa del verde.

⁴ Si veda il capitolo 5.

9.2. SMALTIMENTO RAMAGLIE

Parallelamente alle operazioni di potatura e di abbattimento sussiste il problema dello smaltimento delle ramaglie e del legno residuo. Si tratta di residui che offrono, sempre di più, interessanti possibilità di riutilizzo come biomassa destinata al compostaggio o alla produzione di energia, evitando il conferimento in discarica.

In genere, lo smaltimento dei residui legnosi viene effettuato tramite caricamento delle ramaglie, momentaneamente accumulate in prossimità delle piante, su un automezzo dotato di braccio telescopico con caricatore a ragno.



9.4 Caricamento delle ramaglie su autocarro con braccio telescopico con caricatore a ragno

Esistono altresì altre due metodologie per la raccolta dei residui di potatura e la loro valorizzazione: 1) la compattazione delle ramaglie con la produzione di balle di diversa forma e dimensioni; 2) lo sminuzzamento immediato con produzione e successiva movimentazione del materiale tritato o del cippato di legno. La funzione primaria di entrambe le metodologie è quella di ridurre il volume della biomassa per facilitarne il loro successivo trasporto.

9.2.1. La compattazione

La compattazione può essere effettuata con le imballatrici. Queste macchine consentono di compattare i residui delle potature realizzando balle di forma e dimensione regolari che semplificano la movimentazione, il trasporto nonché il loro stoccaggio. Il materiale imballato presenta una migliore conservazione rispetto al cippato o alle ramaglie sciolte perché si riduce la superficie esposta all'umidità. Inoltre, l'imballatura semplifica lo stoccaggio non richiedendo strutture di deposito attrezzate con piattaforme, permettendo quindi alle balle di ramaglia un deposito temporaneo in cataste, anche a bordo strada, che non necessita di particolari autorizzazioni.

Le tipologie di macchine impiegate sono derivate dalle analoghe macchine per l'imballaggio dei foraggi attraverso opportune modifiche. Le **imballatrici a balle prismatiche** più utilizzate in questi casi producono piccole balle quadrate o parallelepipedali, dal peso inferiore a 30 kg e con dimensioni tali da poter essere utilizzate facilmente anche nei forni per la cottura.

Nel caso delle **rotopresse**, invece, viene garantita una maggiore economicità di lavoro, specialmente per quanto riguarda la movimentazione delle rotoballe, ma possono essere convenientemente utilizzate solo quando esiste un mercato "energetico" per la loro utilizzazione. Le

rotoimballatrici presentano poi il vantaggio di poter essere azionate da un solo operatore e, per il loro ridotto ingombro laterale, sono più adatte ad operare in spazi stretti. Il loro uso è più di tipo agricolo, legato alla raccolta di residui di potatura in frutteti, oliveti e vigneti, ma interessanti applicazioni si possono avere nei cantieri di manutenzione del verde paesaggistico per la raccolta dei residui degli sfalci della vegetazione sponale⁵.

Per l'imballatura dei residui boschivi (ramaglie e cimali) il mercato propone una **imballatrice autocarrata**, azionata dal motore di un camion di elevata potenza che viene alimentata da una gru idraulica. Particolarità della cabina di guida è la presenza di un secondo sedile girevole che può essere rivolto in fase di lavoro verso il vetro posteriore per l'azionamento della gru. Si tratta di una macchina nata in Svizzera ma che sta trovando sempre più interesse nel resto d'Europa, compresa l'Italia.

9.2.2. Lo sminuzzamento

Un'altra tipologia di gestione dei residui di potatura prevede l'utilizzo di macchine dotate di apparato di triturazione che effettuano la sminuzzatura e la triturazione dei residui di potatura ai fini dello smaltimento (e dell'eventuale riutilizzazione per la produzione di compost o per biocombustibile) dei residui legnosi e del fogliame, ma anche di altro materiale di scarto, consentendo di ridurne i volumi fino a 1/10 di quello di partenza.

La **biotriturazione** consiste nella frantumazione con sfibratura dei residui verdi (foglie, rami, ecc.) e non solo, che produce materiale tritato di pezzature variabili con taglio irregolare, indicato soprattutto per la produzione di compost. La **cippatura** prevede invece lo sminuzzamento di materiale legnoso in scaglie di dimensioni variabili.

Il cippato

Il cippato deriva il suo nome dall'inglese "chip", che significa "scaglia". In linea generale, il vantaggio della frammentazione del legno in cippato risiede nella possibilità di stoccaggio di questo prodotto in silos e nel successivo caricamento automatico nelle caldaie utilizzate per il riscaldamento degli edifici. Il cippato rispetto al "pellet", materiale ricavato dalla compressione della segatura, ha una resa minore, in quanto contiene un tasso di umidità maggiore, necessita di spazi di immagazzinamento più ampi, ma può essere prodotto direttamente dall'utilizzatore e permette di avere una minore dipendenza dal mercato, spuntando prezzi ben inferiori rispetto al pellet. Oltre che come combustibile, il cippato può essere utilizzato per la pacciamatura di aiuole o per lastricare sentieri e percorsi pedonali.

Indipendentemente dalla tipologia, gli elementi principali che costituiscono biotrituratori e cippatrici sono: la tramoggia di carico, la camera di triturazione e il motore. Nei modelli

⁵ Per una loro descrizione si veda anche il capitolo 4.



9.5 Cippatrice professionale forestale a disco con due coltelli

medio-grandi è presente anche un apparato di alimentazione a nastro o a rulli e un canale di espulsione del prodotto tritato. Un dispositivo elettronico (*nostress*) può regolare in automatico l'alimentazione in funzione della potenza disponibile, interrompendo l'avanzamento del materiale quando il motore scende troppo di giri, per riprendere automaticamente non appena il motore ha ripreso potenza, evitando sovraccarichi. La presenza di vagli o crivelli regola la finezza del materiale in uscita dalla camera di triturazione.

Per quanto riguarda la motorizzazione dei biotrituratori e delle cippatrici, si va da piccole macchine per uso hobbistico, azionate da motore elettrico o a benzina di potenza inferiore ai 10 kW, a quelle professionali con potenza fino a 50 kW utilizzate per la manutenzione del verde urbano e del bosco (azionate da motore Diesel), fino a quelle di 100-200 kW e oltre utilizzate dalle imprese specializzate, anch'esse naturalmente azionate da motore Diesel. L'azionamento può essere dato dalla p.d.p. del trattore o del moto-coltivatore, oppure le macchine possono essere dotate di motore proprio. Naturalmente alla differente potenza e dimensione della macchina corrisponde anche una differente capacità di lavoro che va dagli 1-2 m³/h dei modelli hobbistici elettrici ai 300 m³/h dei cippatori a tamburo professionali.

L'elemento fondamentale è rappresentato dall'apparato di triturazione che varia in funzione del materiale da trinciare. La soluzione classica per i modelli più piccoli è rappresentata da un sistema a disco semplice portalame, costituito da 2 o 4 lame (coltelli) inserite sulla faccia anteriore di un rotore. Talvolta è presente una contro lama reversibile (montabile in entrambi i sensi) oppure lame supplementari che assicurano una macinazione più fina. La presenza di palette di ventilazione sulla parte posteriore provoca la corrente d'aria per il trasporto del prodotto trinciato.



9.6 Smaltimento dei residui di potatura tramite cippatura in loco

Un altro sistema di triturazione, più diffuso nelle cippatrici medio-grandi, prevede la presenza di un tamburo chiuso di diametro tra i 30 e i 100-150 centimetri, dotato di coltelli (due o più) che coprono l'intero asse del tamburo stesso, un contro-coltello e una griglia intercambiabile di calibratura. Quest'ultima deve essere facilmente accessibile e rapidamente smontabile

per consentirne la sostituzione quando si voglia modificare la pezzatura del cippato. Oltre alla calibratura si può regolare la dimensione dei chips prodotti variando la sporgenza dei coltelli. L'espulsione del cippato può avvenire mediante un nastro di scarico oppure più comunemente con coclea di recupero e ventilatore.

Nei biotrituratori professionali l'apparato di taglio a rotore è formato da attrezzi smussati non taglienti (masse o "martelli" in acciaio) fissati a un albero o rotore rotante operante ad una velocità di rotazione di circa 1000 giri min^{-1} che, colpendo ripetutamente il rifiuto, ne determina la frantumazione in parti sempre più ridotte. Questo sistema è in grado di tritare materiale di varia natura, anche contaminato da altri materiali (suolo, chiodi, pietre, ecc.) e, a parità di prestazioni, consuma più energia dell'altro sistema di triturazione, quello delle cippatrici, costituito da lame e adatto per la produzione di cippato da rami senza foglie.

A livello hobbistico si possono trovare modelli con meccanismo di taglio a fresa elicoidale obliqua che trascina lentamente le ramaglie, comprimendole e sminuzzandole.

Meno diffuso è l'apparato di taglio a organi rotanti a bassa velocità che utilizza lame elicoidali controrotanti all'interno di una tramoggia di volume variabile dagli 8 ai 22 m^3 ; le lame elicoidali effettuano la triturazione e nel contempo la miscelazione del residuo per la produzione di materiale idoneo al compostaggio.

Esiste nel mercato anche una particolare cippatrice a tamburo accoppiata a falciatrinciaccatrice in grado di lavorare tronchi fino a 50 cm di diametro, installata nella parte anteriore della trinciatrice al posto della testata di taglio normalmente utilizzata per il mais. Davanti alla macchina sono posti due stabilizzatori idraulici che la rendono stabile anche quando si lavora con la gru di caricamento. I comandi della cippatrice e della gru sono installati all'interno della cabina cosicché un solo operatore può gestire l'intero processo di lavorazione del legno. L'utilizzo di questa cippatrice permette di evitare lunghi periodi di "fermo macchina". La macchina, inoltre, essendo stata concepita quale semovente idonea a lavorare nei campi, può accedere a terreni dove normalmente non può arrivare una cippatrice montata su camion.

I biotrituratori-cippatrici sono macchine con sistema combinato di triturazione a martelli e cippatrice laterale a coltelli (e doppia tramoggia di carico), in grado di tritare materiale più morbido o più duro (rami, residui di potatura anche duri e fibrosi come quelli da palme, pino marittimo,iglio ecc., erba, foglie, carta, imballaggi ecc.), ottenendo comunque un prodotto idoneo al compostaggio. Esistono anche versioni compatte con sistema di taglio a triturazione mista costituito da un rotore dotato di martelli mobili in acciaio temprato a cuore, di due lame fisse in acciaio poste all'estremità del rotore e due pale per l'espulsione del materiale. Questo sistema consente di tritare tutto il materiale di piccole e grandi dimensioni da un'unica tramoggia evitando l'operazione di cernita e separazione tra i diversi rifiuti e permettendo di raggiungere alte produzioni orarie.

L'impiego di queste macchine crea inquinamento acustico rilevante la cui fonte principale è l'apparato di triturazione. I costruttori tendono a realizzare macchine con sistemi di insonorizzazione (paratie antirumore dentro la bocca di alimentazione, vernici antirumore, ecc.) in modo da contenere i valori di rumorosità inferiori ai 100 dB(A). Dal punto di vista della sicurezza, quindi, è importante l'uso di DPI otoprotettori (Fornaciari et al., 2015). Forse il pericolo maggiore è però quello di essere trascinati dai rulli o dalle piante mentre queste vengono introdotte nella bocca di alimentazione e di essere tirati dentro la macchina. Per questo è importante

la presenza di pulsanti di arresto rapido facilmente azionabili; nel caso si operi manualmente in modelli di medie dimensioni, dovrebbe essere in dotazione un'apposita barra che corre lungo gran parte della bocca di alimentazione con la funzione di bloccare i rulli in caso di rischio o di emergenza.

9.3. PRODUZIONE DI COMPOST VEGETALE (CENNI)

Il settore delle attrezzature per il compostaggio dei residui verdi appare oggi di grande importanza e attualità. Le soluzioni meccaniche e impiantistiche per il compostaggio sono caratterizzate da una grande elasticità e possono essere a basso o elevato contenuto tecnologico. Nel primo caso, è previsto un basso investimento per le attrezzature e un impiego elevato di manodopera, mentre nel secondo caso gli impianti sono contraddistinti da un rilevante grado di automatismo e da una conseguente ridotta necessità di interventi manuali. Le macchine più utilizzate sono le sminuzzatrici, le pale meccaniche e le rivoltatrici di cumuli, i vagli rotanti o vibranti. Ovviamente, la qualità del compost risulta strettamente correlata a quella del materiale di partenza e al processo utilizzato, per la definizione del quale appaiono comunque fondamentali la corretta scelta e utilizzazione delle macchine.

Il compostaggio è una tecnica che permette l'igienizzazione e la stabilizzazione del rifiuto grazie a un processo biologico aerobico che porta alla produzione di una miscela ricca in humus e microelementi adatta a fertilizzare e ammendare il terreno. Il processo di compostaggio si compone essenzialmente di due fasi:

1. bio-ossidazione, o fase attiva (*high rate, active composting time*), caratterizzata da intensi processi di destrutturazione delle componenti organiche più facilmente degradabili da parte di microorganismi aerobici in grado di ossidare la sostanza organica liberando una notevole quantità di energia sotto forma di calore. Nella massa del materiale, in fermentazione controllata, le temperature di 55-70°C distruggono gli agenti patogeni, igienizzando il prodotto dal punto di vista biologico;

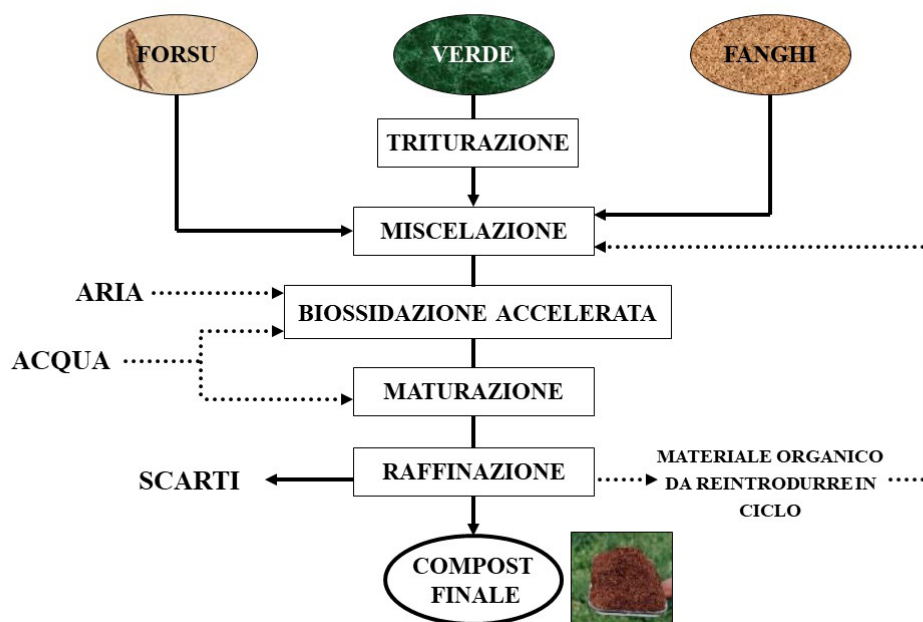
2. maturazione, o umificazione o fase di cura (*curing phase*), durante la quale il prodotto si stabilizza arricchendosi di molecole umiche.

La qualità del composto dipende, oltre che dal successo del processo di compostaggio stesso, dalla matrice di partenza, che deve tener conto di un adeguato rapporto Carbonio-Azoto (alla fine del processo dovrebbe essere pari a 15-20) e non deve contenere inquinanti non degradabili (es. metalli pesanti).

La matrice di partenza può derivare da:

- scarti vegetali da manutenzione del verde (sfalci, residui potature, ecc.);
- rifiuti organici umidi derivanti da attività produttive, commerciali e di servizio;
- frazioni organiche umide provenienti da utenze domestiche;
- fanghi derivanti dalla depurazione biologica di liquami urbani o d'industrie agroalimentari;
- deiezioni zootecniche.

Come accennato nel precedente capitolo, il materiale da destinare al compostaggio deve essere preventivamente tritato con biotrituratori oppure si possono utilizzare trinciamiscelatori che effettuano contemporaneamente sfibratura e miscelazione (interessante per miscelare residui diversi, es. rifiuti organici umidi con residui ligneo-cellulosici).



9.7 Schema di compostaggio: per la produzione di compost vegetale si deve evitare di mescolare le frazioni organiche e i fanghi

Nella gestione del processo di compostaggio è molto importante la miscelazione del cumulo, che può essere effettuata con carri miscelatori specifici per compost oppure di derivazione zootecnica, generalmente dotati di coclee orizzontali o verticali.

Inoltre, molta attenzione deve essere posta nell'evitare che nella biomassa si formino delle zone nelle quali la scarsità di ossigeno conduca all'innesco di fermentazioni anaerobiche. I prodotti gassosi di queste fermentazioni, fra cui metano e acido butirrico, formano miscele dal caratteristico odore sgradevole. È importante che questi processi anaerobici siano di entità controllata, affinché la qualità del prodotto non sia compromessa. Per questo è indispensabile controllare la temperatura e mantenere costante l'apporto di ossigeno alla biomassa; a questo scopo possono essere impiegate due tecniche, singolarmente o congiuntamente: il rivoltamento dei cumuli e l'aerazione forzata degli stessi.

Le principali tecnologie prevedono la suddivisione in:

- sistemi aperti
 - cumulo statico aerato
 - cumulo rivoltato
- sistemi chiusi
 - reattori orizzontali

- reattori a tenuta stagna

Per gli scarti della manutenzione del verde il compostaggio solitamente è eseguito in cumuli che periodicamente vengono rivoltati. Le altre tecniche sono più adatte al trattamento di biomasse a elevata fermentescibilità (frazioni umide domestiche, scarti mercatali e della ristorazione collettiva, fanghi civili e agroalimentari).

9.3.1. Compostaggio in cumuli periodicamente rivoltati

È un sistema estensivo, adatto per matrici a bassa fermentescibilità, quali gli scarti verdi e quelli con elevata componente cellulosica. Prevede solitamente un pretrattamento di condizionamento (triturazione) per aumentare la superficie a contatto con l'aria e la porosità della matrice. La matrice di partenza è disposta in lunghi cumuli, generalmente a sezione triangolare o trapezoidale, di altezza variabile dal 1 a 3 metri e una larghezza pari circa al doppio.

Il rivoltamento viene effettuato mediante apposite rivoltatrici che consentono il miscelamento dei materiali di partenza, la riduzione della pezzatura, l'aerazione e la regolazione della temperatura all'interno dei cumuli. L'immissione di aria nel cumulo riduce sensibilmente i tempi di produzione di un compost di qualità. In certi casi può essere necessario anche bagnare artificialmente il cumulo, soprattutto durante il periodo estivo, per garantire il mantenimento di una umidità intorno al 50%.

I rivoltamenti hanno cadenza giornaliera nel primo periodo, durante il quale l'attività microbica è più intensa e si deve evitare l'accumulo eccessivo di calore; successivamente, i rivoltamenti possono essere meno frequenti in quanto la stabilizzazione aumenta.

La fase di compostaggio attivo dura solitamente da tre a nove settimane a seconda della natura del substrato di partenza e della frequenza dei rivoltamenti. Può essere svolto anche all'aperto, su terreno non cementato, in quanto i cumuli di scarti verdi hanno la capacità di assorbire buona parte dell'acqua piovana e le acque di percolazione sono povere di composti azotati. Il compost che risulta dal processo non è molto ricco di elementi nutritivi ma ha salinità contenuta, aspetto positivo per un suo utilizzo in giardinaggio.

Le **rivoltatrici** di compostaggio sono macchine che lavorano, miscelano e stabilizzano il compost per ossigenarlo e migliorarne la qualità e l'uso.

Possono essere di tipo semovente, trainate o portate lateralmente dal trattore. Le macchine più diffuse sono le *scavallatrici semoventi a traslazione longitudinale* del prodotto. Si muovono generalmente su cingoli e sono dotate di motore diesel dai 50 ai 300



9.8 Modello di rivoltatrice del cumulo di compost

kW; possono operare su cumuli fino a 7,5 metri di larghezza, mentre quelle trainate rivoltano cumuli più piccoli fino a un massimo di 3 metri di larghezza.

L'apparato di rivoltamento è costituito essenzialmente da un rotore orizzontale, ortogonale alla direzione di avanzamento della macchina, montante due spire cocleari a taglienti, una destrorsa e una sinistrorsa, convoglianti verso il centro il materiale; in posizione centrale sull'albero sono generalmente montate delle pale per il lancio all'indietro del prodotto. Più raro è il dispositivo di traslazione laterale del prodotto.

Alcune semoventi scavallatrici possono montare un dispositivo di irrorazione dei cumuli per il ripristino dell'umidità ottimale di processo, collegato a un serbatoio o anche a un idrante con tubazione.

Sono disponibili anche rivoltatrici a nastro elevatore inclinato, macchine più delicate che però sono interessanti perché garantiscono una migliore ossigenazione del materiale rispetto alle scavallatrici in virtù del più elevato tempo di contatto della biomassa con l'aria atmosferica. La larghezza di lavoro può arrivare ai 3 metri con 3 metri di altezza. In questo tipo di macchina può essere utile la presenza di un convogliatore anteriore, in alcuni modelli anche a coclea o a fresa, perché, oltre a diminuire lo sforzo del nastro riducendone l'invecchiamento, consente la riduzione della larghezza del nastro elevatore e, quindi, del suo costo a parità di larghezza di lavoro.

Il problema della sicurezza sul lavoro divenne un problema rilevante con l'avvento della rivoluzione industriale, quando entrò in gioco l'uso della forza meccanica. Allora, però, non era prevista alcuna assicurazione sugli incidenti e in Italia ci si poteva appellare solo al "diritto di risarcimento" nel caso in cui fosse provata la colpa del datore di lavoro, cosa molto difficile da realizzare. Il concetto di prevenzione comincia a partire dal '900 ma in Italia è solo negli anni '70 che, con l'art. 9 dello Statuto dei Lavoratori ("Tutela della salute e dell'integrità fisica"), si cambia veramente il modo di fare sicurezza, prevedendo che siano gli stessi lavoratori a segnalare le situazioni di rischio e nocività presenti nel loro ambiente di lavoro. È proprio da qui in avanti che viene centrato l'obiettivo di un approccio generale sulla questione della prevenzione perché vengono approfondite anche tutte le tematiche legate ai rischi dell'ambiente di lavoro, dei suoi ritmi, della ripetitività delle azioni, così da rendere migliore tutto il contesto lavorativo ai fini della prevenzione dei rischi.

Nel 1989 viene emanata la Direttiva Quadro CEE n. 391 con lo scopo esplicito di attuare misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro, che riconferma i concetti di miglioramento delle condizioni di sicurezza di vita e lavoro e l'importanza dei temi di protezione degli infortuni e prevenzione delle malattie professionali allo scopo di garantire, con un insieme di leggi unico, anche un regime di concorrenza leale tra gli stati membri della Comunità Economica Europea.

La direttiva viene recepita in Italia, assieme a 7 altre direttive derivate, con il famoso Decreto Legislativo n. 626 del 1994. Il grosso passo della "626" fu nel diverso modo di affrontare il problema sicurezza: da un concetto di imposizione di norme e regole a uno di organizzazione della sicurezza sul luogo di lavoro e di responsabilizzazione dei soggetti interessati, affermando che la sicurezza si ottiene solo con la giusta gestione del luogo lavorativo, migliorando e mantenendo alto il livello della stessa. La legge mirava a istituire nell'azienda un sistema di gestione permanente e organico diretto alla individuazione, valutazione, riduzione e controllo costante dei fattori di rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, mediante:

- la programmazione delle attività di prevenzione, in coerenza a principi e misure predefiniti;

- l'informazione, la formazione e la consultazione dei lavoratori e dei loro rappresentanti;
- l'organizzazione di un servizio di prevenzione, i cui compiti sono espletati da una o più persone designate dal datore di lavoro.

Tra le novità principali della 626/94 si ricordano:

- la definizione di specifici obblighi in carico al datore di lavoro che non sono delegabili, come la valutazione dei rischi derivanti dai processi di lavoro dell'azienda e dell'ambiente lavorativo stesso;
- la stesura di un documento che indichi i criteri adottati e l'esito della valutazione dei rischi;
- l'individuazione di misure di prevenzione necessarie, basate sulle norme di legge e sulla buona tecnica;
- la stesura di un programma per l'attuazione delle misure stesse che garantisca un miglioramento del livello di sicurezza nel tempo.

Varie sono state le innovazioni e le figure introdotte con questo decreto. Oltre a rendere esplicito l'obbligo già esistente di valutazione di tutti i rischi a prescindere dal tipo, natura e dimensione dell'attività, di cui si faceva già accenno nel Codice Civile (art.2087) per garantire anche ad un solo dipendente le tutele necessarie, vengono create figure prima inesistenti: il Responsabile e gli Addetti al servizio di prevenzione e protezione e i Rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza. Sono proprio queste tre figure, soprattutto i Rappresentanti dei lavoratori, che fanno progredire il ruolo dei lavoratori nel processo di *auto-responsabilizzazione della sicurezza*. Il ruolo ricoperto dai Responsabili e dagli Addetti al servizio di prevenzione e protezione (che possono essere sia interni che esterni all'azienda e devono avere le conoscenze adeguate sulla natura dei rischi del luogo di lavoro e delle specifiche attività) è quello di assistere il datore di lavoro nelle scelte sulla prevenzione e valutazione dei rischi in azienda. I Rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza svolgono, invece, proprio l'attività di mediazione tra esigenze e richieste sulla sicurezza riferite dai lavoratori e il datore di lavoro o suoi rappresentanti, e sono quindi una figura che dà voce ai lavoratori e permette loro di entrare nella politica della sicurezza aziendale.

Si sottolinea che il datore di lavoro è il soggetto principale tenuto al rispetto e all'attuazione degli obblighi di prevenzione che, in via esclusiva e non delegabile, deve:

- nominare il responsabile del servizio di prevenzione e protezione,
- nominare, quando occorre, il medico competente,
- sottoscrivere il documento di valutazione del rischio, dove si specificano le misure di tutela dei lavoratori.

Una grande innovazione fu anche l'introduzione del principio della formazione/informazione dei lavoratori allo scopo di consentire a tutti di poter partecipare in prima persona all'organizzazione della sicurezza nel proprio luogo di lavoro.

Importante, infine, è stata l'introduzione ex-novo del rispetto dei principi ergonomici nelle attività di lavoro, individuando il giusto compromesso tra prestazioni, stato psico-fisico, am-

biente di lavoro e tipo di attrezzature usate dal lavoratore, con una nuova attenzione a tutti i tipi di sollecitazioni a cui è sottoposto il lavoratore, osservando anche la ripetitività, la monotonia, la fatica mentale, lo stress, ecc.

Con questa legge la visuale del legislatore cambia e si apre ulteriormente introducendo pre-disposizioni specifiche per certe tipologie di lavori prima scarsamente tutelati, come la movimentazione manuale dei carichi (prima limitata solo al peso massimo trasportabile, diviso per età e sesso), o non tutelati, come l'uso del videoterminale.

Dopo la grande innovazione della "626", però, si è sentita la necessità di progredire ulteriormente nel tema della sicurezza con una serie di modifiche e integrazioni, sino ad arrivare al Decreto Legislativo n. 81 dell'8 aprile 2008 "Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro" che prevede una gestione globale di tutti i fattori di produzione, le risorse umane e l'organizzazione del lavoro, l'analisi dell'interazione tra tutti e il controllo sulla gestione del processo produttivo sotto tutti gli aspetti.

Il Testo Unico è stato successivamente modificato e integrato per cui attualmente lo si cita come Decreto 81/2008 e s.m.i. Esso coordina, riordina e riforma tutte le principali normative vigenti sostituendole con un nuovo codice unico formato da 306 articoli, suddivisi in 13 Titoli e 51 Allegati¹. Tra le più importanti innovazioni si ricorda che:

- si amplia il campo di applicazione delle disposizioni a tutti i settori di attività privati e pubblici e a tutte le tipologie di rischio;
- sono evidenziati tutti gli obblighi aggiuntivi a carico del datore di lavoro, del preposto, dei dirigenti e delle figure lavorative esterne (progettisti, installatori, manutentori, fabbricanti, ecc.);
- sono descritte le procedure per l'attuazione di misure da realizzare e di mansioni che possono eventualmente esporre il lavoratore a specifici rischi che ne richiedano un'esperienza specifica, una formazione e addestramento o una riconosciuta capacità professionale;
- si prevede l'elaborazione di nuove procedure standardizzate per l'elaborazione e la valutazione dei rischi da rivolgere alle piccole aziende in tutti i vari settori produttivi;
- si introduce la valutazione del livello di stress correlato al lavoro all'interno della valutazione dei rischi, differenziato per genere, età e provenienza da paesi stranieri.

Inoltre, sono aggiornate/ampliate alcune definizioni tra le quali spiccano:

- *valutazione dei rischi*: valutazione globale e documentata di tutti i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori presenti nell'ambito dell'organizzazione in cui essi prestano 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;
- *rischio*: probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di

¹ Per una lettura completa e facilitata del Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro si consiglia di consultare il sito dell'INAIL (www.inail.it/cs/internet/docs/alg-esplorare-testo-unico-sulla-salute-sicurezza-nei-luoghi.pdf).

impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione;

- *pericolo o fattore di rischio*: proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il potenziale di causare danni.

Nel Testo Unico viene affermato che la sicurezza inizia dalla direzione, essendo un processo dove il pieno coinvolgimento dei livelli più operativi può essere raggiunto solo a fronte di impegno e coerenza da parte dei datori di lavoro e dirigenti. Inoltre, la sicurezza:

- è un progetto permanente, ovvero un percorso in cui si procede per piccoli passi che portano a miglioramenti incrementali per ridurre i rischi;
- è basata sulla prevenzione e non sull'azione riparatrice;
- è misurabile;
- è un compito di tutti e coinvolge tutte le fasi dei processi lavorativi;
- si raggiunge, o meglio si migliora, ponendo in essere continue azioni di sensibilizzazione e formazione per tutti gli attori coinvolti.

Riguardo quest'ultimo punto, il Decreto 81/08 pone al centro della strategia prevenzionistica l'obbligo formativo, informativo e di addestramento. Il Decreto Legislativo 106/2009 ha potenziato tali obblighi in modo incisivo, definendo le modalità di formazione, la durata e i contenuti minimi dei corsi che sono successivamente stati sanciti con l'accordo Stato-Regioni del 21 dicembre 2011. In particolare, per i lavoratori, formazione ed eventuale addestramento prevedono almeno 4 ore di formazione generale a cui si aggiungono altre 4 o 8 o 12 ore di formazione specifica, articolata in tre livelli di rischio (basso, medio, alto) individuati in funzione del settore ATECO di appartenenza². Le ore devono essere erogate in occasione di:

- costituzione del rapporto di lavoro o dell'inizio dell'utilizzazione, qualora si tratti di somministrazione di lavoro;
- trasferimento o cambiamento di mansione;
- introduzione di nuove attrezzature di lavoro o di nuove tecnologie, di nuove sostanze e preparati pericolosi.

Il Decreto 81, inoltre, indica una precisa organizzazione dell'unità lavorativa e di procedure da seguire prima di intraprendere qualsiasi tipo di attività, evidenziando la necessità di attribuire ruoli e responsabilità alle figure coinvolte nel processo produttivo. Soggetti principali sono il datore di lavoro, il preposto, il lavoratore, oltre ad altre figure quali il responsabile del servizio di prevenzione e protezione, il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza, il medico competente specializzato in medicina del lavoro, ecc.

Il datore di lavoro è il titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore, ha poteri decisionali e di spesa e ha, fra l'altro, i seguenti obblighi:

- effettuare la valutazione dei rischi;

² Dal 2007 il comparto Manutenzione del verde rientra nel settore dei Servizi di supporto alle imprese con codice 81.03.00 Cura e manutenzione del paesaggio.

- decidere quali procedure e tecniche operative adottare;
- fornire ai lavoratori i DPI idonei;
- assicurare ai lavoratori informazione, formazione e addestramento.

Il preposto è la figura con poteri organizzativi e funzione di sorveglianza sui lavoratori:

- organizza l'attività di squadra in base ai mezzi disponibili e alle misure procedurali adottate;
- verifica periodicamente le condizioni di idoneità, corretto funzionamento e buono stato di conservazione dei DPI;
- vigila sui lavoratori affinché utilizzino correttamente i DPI e si attengano alle misure di prevenzione adottate;
- gestisce le emergenze.

Il lavoratore è la persona che presta il proprio lavoro alle dipendenze di un datore di lavoro; ha i seguenti obblighi:

- mettere in atto le disposizioni ricevute dal datore di lavoro;
- osservare le misure di prevenzione adottate;
- utilizzare correttamente i DPI;
- non compiere di propria iniziativa azioni pericolose;
- segnalare situazioni di pericolo ed inefficienza di DPI ed attrezzature;
- sottoporsi ai controlli sanitari previsti.

Oltre alla ristrutturazione della normativa sulla sicurezza, nel “Testo Unico” ci sono novità anche per quel che riguarda la certezza di pena. Si introduce un sistema sanzionatorio in due livelli che mira a garantire una maggiore fermezza nella lotta agli infortuni.

Il decreto, come del resto la precedente Legge 626, non opera una pulizia della legislazione precedente e i temi non trattati rimangono in essere: è il caso delle disposizioni riguardanti gli incidenti industriali rilevanti come la Direttiva Seveso, giunta ormai alla terza edizione³.

A oggi sono validi i seguenti Decreti e Normative:

- “Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro”; emanato con D. Lgs. 10 marzo 1998 dal Ministro dell'interno, di concerto con il Ministro del lavoro e della previdenza sociale;
- “Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità” oggetto del D. Lgs. 151 del 2001, che legifera in modo specifico riguardo la salute delle lavoratrici;
- tutti gli accordi stipulati tra Stato e Regioni riguardo il tema della formazione dei responsabili e addetti al servizio di protezione e prevenzione, assieme ai decreti attuativi connessi.

³ Per approfondimenti si consiglia di consultare “Seveso 3 - La nuova direttiva comunitaria per gli stabilimenti a rischio di incidente rilevante” nel sito dell'ISPRA (www.isprambiente.gov.it).

10.1. LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Nella circolare n. 102 del 1995 del Ministero del Lavoro viene esplicitato che “la valutazione del rischio è lo strumento fondamentale che permette al datore di lavoro di individuare le misure di prevenzione e di pianificarne l’attuazione, il miglioramento e il controllo al fine di verificarne l’efficacia e l’efficienza. In tale contesto, naturalmente, si potrà confermare le misure di sicurezza già in atto o apportare delle modifiche al fine di migliorarle in relazione alle innovazioni di carattere tecnico e/o organizzativo introdotte in materia di sicurezza.”

Tabella 10.1 - Esempio di dato numerico, attribuzione letterale e definizioni per “Probabilità”

Valori	Definizioni
1 – improbabile	Non sono noti episodi già verificati. Il danno si può verificare solo per la concatenazione di eventi improbabili e tra loro indipendenti. Il verificarsi del danno susciterebbe incredulità in azienda.
2 – poco probabile	Sono noti rari episodi già verificati. Il danno si può verificare solo in circostanze particolari. Il verificarsi del danno susciterebbe sorpresa in azienda.
3 – probabile	È noto qualche episodio dove il pericolo ha causato danno. Il pericolo può trasformarsi in danno anche se non automaticamente. Il verificarsi del danno causerebbe sorpresa in azienda.
4 – molto probabile	Ci sono episodi noti in cui il pericolo ha causato danno. Il pericolo può trasformarsi in danno con correlazione diretta. Il verificarsi del danno non causerebbe sorpresa in azienda.

La valutazione del rischio per la salute e la sicurezza assume quindi un’importanza fondamentale tra le misure generali di tutela, costituendo il presupposto dell’intero sistema di prevenzione. L’obiettivo primario è l’individuazione e la prevenzione del rischio infortunistico (rischio di incorrere in un danno che ha cause da ricercarsi all’interno del posto di lavoro e che si manifesta nell’immediato) e del rischio igienico (rischio di incorrere in un danno dovuto ad un’esposizione prolungata e a livelli elevati ad un agente chimico, fisico, biologico che causa danni che si manifestano a distanza di tempo). Per danno si intende un’alterazione, transitoria o permanente, di persone o cose, anche di una sola parte o funzione (ad esempio, si parla di danno materiale se è rivolto a macchine, attrezzature, ecc., mentre è danno fisico nel caso di infortunio o malattia professionale).

Durante qualsiasi operazione compiuta in ambito lavorativo, si possono avere situazioni pericolose, durante le quali un operatore è esposto ad uno o più pericoli. Il pericolo può essere definito una situazione, un oggetto o una sostanza che per le sue proprietà o caratteristiche ha la capacità di causare un danno alle persone. Individuata una sorgente di pericolo, è necessario valutare la possibilità che si trasformi in un danno ovvero il rischio associato a quella operazione.

Il rischio è un concetto probabilistico, cioè è la probabilità che accada un certo evento in grado di causare un danno alle persone (Tabella 10.1). La valutazione dei rischi si basa, quindi, sulla stima di due parametri: la probabilità del verificarsi di un certo evento (P) e la magnitudo o gravità del danno (D) a cui può essere associato un dato numerico, un’attribuzione letterale e

una definizione precisa come riportato nella Tabella 10.2.

L'interpolazione di questi due parametri, visualizzabile in una matrice, permette di quantificare il valore del rischio (Tabella 10.3.).

Tabella 10.2 - Esempio di dato numerico, attribuzione letterale e definizioni per "Danno"

Valori	Definizioni
1 - lieve	Infortunio o inabilità dagli effetti rapidamente reversibili. Esposizione cronica con effetti rapidamente reversibili.
2 - significativo	Infortunio o inabilità temporanea con disturbi o lesioni significative reversibili a medio termine. Esposizione cronica con effetti reversibili.
3 - grave	Infortunio con lesioni significative irreversibili o invalidità parziale. Esposizione cronica con effetti irreversibili o parzialmente invalidanti.
4 - gravissimo	Infortunio con lesioni molto gravi irreversibili e invalidità totale o conseguenze letali. Esposizione cronica con effetti letali o totalmente invalidanti.

Tabella 10.3 – Esempio di matrice di interpolazione per la quantificazione del rischio

Danno	Probabilità				
		1	2	3	4
	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

Passando dal livello verde al rosso il rischio aumenta a questi valori progressivi corrispondono, quindi, i livelli di rischio riportati in Tabella 10.4, assieme alle indicazioni delle misure da attuare in risposta alle varie fasce di rischio crescente.

Tabella 10.4 - Livelli che il rischio assume e misure da adottare in risposta.

Livello di rischio	Classificazione	Misure da adottare
1, 3	Rischio basso	Non sono considerate necessarie misure per la riduzione del livello di rischio.
4, 8	Rischio medio	Se $D \leq 2$ si può prendere in considerazione misure per ridurre il rischio.
		Se invece $D \geq 2$ attuare immediatamente misure per prevenire e proteggere dai rischi, assieme a misure per ridurre il livello del rischio.
9, 12	Rischio alto	Attuare immediatamente misure per la prevenzione e protezione dai rischi.
		Indicare misure per ridurre definitivamente il livello di rischio.
16	Rischio altissimo	Attuare immediate misure per la prevenzione e protezione dai rischi.
		Bloccare il processo produttivo fino alla loro adozione.
		Identificare misure per la riduzione definitiva del livello di rischio.

La valutazione del rischio è un compito non delegabile dal datore di lavoro, che deve valutare:

- la scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati;
- la sistemazione dei luoghi di lavoro;
- i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti i gruppi dei lavoratori esposti a rischi particolari.

Dal punto di vista pratico, le procedure adottate dal datore di lavoro dovranno essere:

- l'individuazione di tutte le fonti di pericolo e, quindi, i luoghi, gli strumenti e la tecnica di lavoro impiegati;
- la stima del rischio di ciascuna fonte di pericolo e la probabilità e gravità del danno potenziale;
- la redazione del Documento di Valutazione del Rischio (D.V.R.).

Il D.V.R. è una relazione in formato cartaceo o informatico che, per la sua validità, deve:

- essere munito di data certa o attestata dalla sottoscrizione, oltre che del datore di lavoro, anche del responsabile del servizio di prevenzione e protezione, del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e/o del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale, e dal medico competente (ove nominato);
- possedere un carattere dinamico e aperto, mantenuto aggiornato in base alle novità legislative che presenta il panorama normativo.

Affinché abbia effettiva validità il D.V.R. deve comprendere:

- la relazione sulla valutazione del rischio nell'ambiente di lavoro, facendo riferimento ai criteri utilizzati;
- l'elenco delle misure di prevenzione e protezione utilizzati (misure collettive, misure organizzative, dispositivi di protezione individuale, ecc.);
- un programma di azioni di miglioramento sui sistemi di prevenzione e protezione;
- la descrizione delle procedure di attuazione dei sistemi di prevenzione e protezione e l'indicazione dei soggetti coinvolti in tali procedure, con la definizione di incarichi specifici;
- l'indicazione e la descrizione delle mansioni a rischio che richiedono un'idoneità professionale.

10.2. I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

Prevenzione e protezione sono elementi cardine per la tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

La prevenzione deve prevedere azioni che possono agire a livello di ambiente lavorativo, come l'utilizzo di macchine e attrezzature a norma o di prodotti non dannosi, e sulle persone,

attraverso l'informazione sui rischi, la formazione alla sicurezza, la sorveglianza sanitaria e una adeguata organizzazione del lavoro.

La protezione riguarda tutte le misure, attuate a livello collettivo e individuale, che servono a ridurre o eliminare le conseguenze di un evento indesiderato. Costituiscono la *protezione attiva* l'insieme delle misure di protezione, che richiedono l'azione dell'uomo o l'azionamento di un impianto, mentre la *protezione passiva* misure di contenimento che non prevedono l'azione di un uomo o l'azionamento di un impianto (es. porte tagliafuoco).

I dispositivi di protezione individuale o DPI rientrano nelle misure di protezione attiva e comprendono gli indumenti e gli altri dispositivi destinati a proteggere il lavoratore dai rischi connessi all'attività lavorativa che sta compiendo.



10.1 Ogni operazione richiede l'utilizzo dei corretti dpi

L'art. 74 della 81/2008 definisce i DPI: “*qualsiasi attrezzatura destinata a essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili di minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento o accessorio destinato a tale scopo*”. All'art. 76 indica che i DPI devono:

- a) essere adeguati ai rischi da prevenire, senza comportare di per sé un rischio maggiore;
- b) essere adeguati alle condizioni esistenti sul luogo di lavoro;
- c) tenere conto delle esigenze ergonomiche o di salute del lavoratore;
- d) poter essere adattati all'utilizzatore secondo le sue necessità.

In caso di rischi multipli che richiedono l'uso simultaneo di più DPI, questi devono essere tra loro compatibili e tali da mantenere, anche nell'uso simultaneo, la propria efficacia nei confronti del rischio e dei rischi corrispondenti.

La decisione di usare un dispositivo di protezione individuale per una certa attività deve essere presa dal proprietario o datore di lavoro a seguito della valutazione dei rischi e deve essere considerata come una misura limite a cui si ricorre dopo aver ridotto al minimo i rischi alla fonte (macchine a norma, lavorazioni che si svolgono in modo sicuro, lavoratori informati sulla sicurezza): i sistemi di protezione individuale sono, infatti, l'ultima difesa.

Inoltre, si fa riferimento al D.Lgs 475 del '92 che riguarda i requisiti specifici che il fabbricante deve obbligatoriamente conferire agli stessi (requisiti essenziali di salute e di sicurezza) nella fase della progettazione. La rispondenza ai requisiti essenziali di salute e di sicurezza è attestata dal fabbricante mediante l'apposizione sul DPI della *marcatura CE*⁴. Qualsiasi DPI non

⁴ La marcatura CE è la dichiarazione obbligatoria, rilasciata dal fabbricante di un prodotto regolamentato nell'Unione europea, che il prodotto è conforme ai requisiti di sicurezza previsti dalle direttive applicabili. Ovviamente, anche il marchio CE, come tutti i marchi, può essere contraffatto o apposto illegittimamente. In tal senso un esempio è rappresentato dal marchio CE che sta per China Export, in cui la C e la E sono meno distanti, anzi quasi unite.

può essere immesso sul mercato senza aver dimostrato che lo stesso è in possesso dei requisiti essenziali di salute e sicurezza. Tale incombenza è totalmente a carico del fabbricante che deve attuare, già dalla fase di progettazione del DPI, tutte le procedure relative alla Certificazione di conformità previste dallo stesso decreto.

Questo Decreto specifica che, nella identificazione e valutazione dei rischi da fronteggiare con l'uso di DPI, si deve tener conto che bisogna ricorrere a DPI di maggiore efficacia e affidabilità al crescere della potenziale gravità delle conseguenze lesive derivanti da tali rischi. Per questo motivo i DPI sono suddivisi in tre categorie specifiche:

1^a categoria - DPI di progettazione semplice destinati a salvaguardare la persona da rischi di danni fisici di lieve entità. La persona che utilizza tali DPI ha la possibilità di valutarne l'efficacia e di percepire, prima di riceverne pregiudizio, la progressiva verifica di effetti lesivi.

2^a categoria - Appartengono a questa categoria i DPI che non rientrano nelle altre due categorie.

3^a categoria - DPI di progettazione complessa destinati a salvaguardare da rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente. La persona non ha la possibilità di percepire tempestivamente la verifica istantanea di effetti lesivi.

Infine, si precisa che la nota informativa (ovvero le *Istruzioni per l'uso*) è il documento più importante su cui si impernia tutta la gestione dei DPI ed è quello che deve contenere tutti gli elementi necessari all'utilizzatore per identificare, valutare e scegliere il DPI a lui più idoneo. Questo documento deve obbligatoriamente accompagnare tutti i DPI indipendentemente dalla loro categoria di appartenenza.

I DPI devono essere soggetti ad una serie di ispezioni:

- da parte del lavoratore prima dell'utilizzo giornaliero;
- periodica da parte di personale competente;
- annuale, completa, da parte del costruttore o di personale autorizzato;
- in occasione della messa o rimessa in servizio;
- dopo un eventuale incidente.

Ad ogni singolo DPI deve essere associata una scheda tecnica che riporti:

- eventuale codice identificativo, stabilito dall'utilizzatore, se la dotazione comprende dispositivi identici;
- riferimenti del costruttore;
- numero di lotto;
- anno di costruzione;
- data di acquisto;
- data di messa in servizio;
- data ed esito delle ispezioni.

L'insieme di tutte le schede costituisce il Registro dei DPI che deve essere sempre aggiornato e presente sul luogo di lavoro.

Dal punto di vista della loro applicazione le principali normative che regolano l'utilizzo dei DPI si dividono nelle seguenti famiglie:

- Protezione della testa (caschi, elmetti): EN 397, EN 812, EN 12492.
- Protezione degli occhi (occhiali, visiere): EN 166, EN 1731.
- Protezione delle orecchie (cuffie, ecc.): EN 352.
- Protezione delle vie respiratorie (mascherine, ecc.): EN 136, EN 140, EN 143, EN 149, EN 405.
- Protezione delle mani (guanti): EN 374-2, EN 374-3, EN 388, EN 407, EN 420, EN 511, EN 659, EN 12477, EN ISO 10819.
- Protezione del corpo e degli arti: EN 381, EN 510.
- Protezione dei piedi (calzature antinfortunistiche): EN 344, EN 345, EN 347, EN 381.
- Abbigliamento professionale: EN 340, EN 342, EN 343.
- Alta Visibilità: EN 340, EN 471.
- Indumenti monouso: EN 465, EN 468, EN 374-2, EN 374-3.
- Sistemi di sicurezza anticaduta (imbraghi, connettori, ecc.) EN 353-1, EN 353-2, EN 354, EN 355, EN 358, EN 360, EN 361, EN 362, EN 363, EN 364, EN 365, EN 795, EN 813.

Contenuto minimo della cassetta di pronto soccorso (All. 1 D.M. 388/2003)

Guanti sterili monouso (5 paia)

Visiera paraschizzi

Flacone di soluzione cutanea di iodopovidone al 10% di iodio da 1 litro (1)

Flaconi di soluzione fisiologica (sodio cloruro - 0,9%) da 500 ml (3)

Compresse di garza sterile 10 x 10 in buste singole (10)

Compresse di garza sterile 18 x 40 in buste singole (2)

Teli sterili monouso (2)

Pinzette da medicazione sterili monouso (2)

Confezione di rete elastica di misura media (1)

Confezione di cotone idrofilo (1)

Confezioni di cerotti di varie misure pronti all'uso (2)

Rotoli di cerotto alto cm. 2,5 (2)

Un paio di forbici.

Lacci emostatici (3)

Ghiaccio pronto uso (due confezioni)

Sacchetti monouso per la raccolta di rifiuti sanitari (2)

Termometro

Apparecchio per la misurazione della pressione arteriosa

Si riportano di seguito i principali DPI utilizzati nelle operazioni di manutenzione e gestione del verde raggruppati per parti del corpo protette.

10.2.1. Dispositivi di protezione della testa

I dispositivi di protezione della testa sono i **caschi** e gli **elmetti**. Sono copricapi a coppa, generalmente di materiale plastico resistente (policarbonato termoplastico) o rinforzato (fibra di vetro o fibra di carbonio) o metallico (alluminio o altra lega leggera). Il loro uso è obbligatorio in cantiere e fa parte della dotazione di DPI di tutti i lavoratori. Gli elmetti (a norma EN 397) devono proteggere la testa dagli effetti della caduta di oggetti, mentre i caschi antiurto (a Norma EN 812) sono usati per proteggere la testa da urti accidentali contro oggetti duri ma non proteggono dalla caduta di corpi contundenti.



10.2 Caschetto con otoprotettori e visiera

Soprattutto nel caso di lavori su fune in quota (*tree climbing*) è indispensabile che gli elmetti dispongano di un sottogola fissato al guscio su almeno tre punti per ridurre il rischio di perdita durante la caduta (Mazzocchi et al., 2015).

Una calotta ventilata è indicata per le temperature più elevate ma non garantisce la protezione contro i rischi elettrici e la contro la proiezione di metalli fusi per i quali occorre una calotta chiusa. Un'utile avvertenza d'uso indica di mantenere il casco centrato e stabile sulla testa.

Caratteristiche utili per la scelta sono: resistenza, qualità del dispositivo di smorzamento dell'urto, compatibilità con altri DPI, leggerezza, aerazione.

10.2.2. Dispositivi di protezione delle mani

A questa categoria appartengono i **guanti** da lavoro e i manicotti.

I guanti protettivi contro rischi fisici e meccanici presentano resistenza all'abrasione, al taglio, allo strappo e alla perforazione, indicata da un simbolo seguito da 4 cifre. Per lavori di usura come l'uso di pala, piccone, movimentazione dei carichi, ecc. utilizza guanti il cui simbolo è seguito dalla prima e terza cifra uguale a 3 o 4.

Possono essere fatti in materiali diversi: cuoio, tessuto, materiali sintetici, anche in combinazione tra loro; quelli antitaglio hanno particolari rinforzi o con imbottitura o maglia di Kevlar, quelli antivibrazione possiedono un'imbottitura in gomma o gel sul palmo che offre protezione contro le sollecitazioni delle mani all'impugnatura delle attrezzature.



10.3 Guanti con indicazioni di sicurezza

È bene ricordare che i guanti asciutti assicurano una maggiore protezione contro le vibrazioni.

Guanti impermeabili (rispondenti alla EN 374-3) devono essere impiegati nella preparazione delle miscele fitoiatriche. I guanti che proteggono da rischi chimici presentano resistenza alla penetrazione di acqua e aria e alla permeabilità ad un prodotto pericoloso indicata da un numero. Più alto è il numero, maggiore è il tempo necessario ad un prodotto pericoloso per attraversare la pellicola del guanto.

In generale, i guanti devono essere comodi all'uso offrendo la possibilità di manovrare agevolmente le attrezzature.

10.2.3. Dispositivi di protezione del corpo e degli arti

L'abbigliamento da lavoro protettivo (giacca, pantaloni, pantaloni con pettorina, tute intere) deve possedere particolari caratteristiche che, oltre a proteggere dai rischi, assicurino un certo grado di comfort. Nella manutenzione del verde i lavori a maggior rischio per il corpo sono quelli che utilizzano lame affilate e/o con parti in movimento. L'impossibilità di maniche o altre parti degli indumenti di intrecciarsi con le attrezzature protegge dal contatto accidentale con attrezzature in movimento. Per questo si consiglia di indossare **indumenti antimpigliamento** (EN 510). Per tutti gli indumenti che offrono protezione contro azioni meccaniche le superfici devono essere lisce, sufficientemente aderenti al corpo, prive di tasche esterne e con chiusure che non finiscono aperte verso l'esterno.

Gambali e pantaloni antitaglio sono DPI indispensabili quando si utilizzano le motoseghe. In generale, il vestiario protettivo certificato conforme alla EN 381 fornisce protezione dell'utilizzatore contro tagli provocati da motoseghe portatili. L'indumento è classificato in base alla velocità con cui la catena della motosega opera. La norma prescrive 4 classi corrispondenti alla velocità della motosega con la quale sono stati effettuati i test:

- Classe 0: 16 m/s;
- Classe 1: 20 m/s;
- Classe 2: 24 m/s;
- Classe 3: 28 m/s.

L'inserto di protezione contro il taglio è formato generalmente da una struttura a strati multipli costituiti da lunghi fili a maglia intrecciata in fibra sintetica (poliestere). Se la catena della motosega taglia lo strato superiore della stoffa, i filamenti dell'inserto di protezione vengono

strappati fuori impigliandosi ai denti della catena che si blocca istantaneamente.

Gambali e pantaloni devono essere comodi all'uso offrendo la possibilità di manovrare agevolmente le attrezzature. Possono essere dotati di ghettoni con gancio metallico da ancorare ai lacci dello scarpone. Questo particolare offre maggiore sicurezza quando si cammina in terreni incolti, evitando l'ingresso di insetti dannosi quali le zecche, e inoltre impedisce ai pantaloni di salire, lasciando scoperta la caviglia, quando si solleva una gamba.

Nei lavori con decespugliatore si consiglia di utilizzare pantaloni protettivi o anche particolari parastinchi in plastica per proteggere dagli impatti con sassi e detriti lanciati dall'attrezzo.

Per i trattamenti antiparassitari, così come per gli interventi di eliminazione di nidi di processionaria, si possono utilizzare tute in cotone impermeabilizzato, in Goretex o usa e getta monouso (in Tyvek® che è un tessuto-non tessuto). La scelta del tipo di tuta dovrebbe tener conto della natura dell'operazione svolta e della pericolosità dei prodotti utilizzati: nel caso ad esempio di trattamenti effettuati in assenza di cabina o con attrezzi portati a spalla la tuta dovrà essere almeno di tipo 4 (a tenuta di spruzzi di liquidi) ovvero adatta per operazioni a rischio di contaminazione elevato o molto elevato⁵.

Tra i dispositivi di protezione del corpo rientrano anche i gilè e tutti gli **indumenti ad alta visibilità** (EN 340), caratterizzati da colori vivaci (giallo, arancio, con fasce rifrangenti). L'alta visibilità è importante soprattutto in presenza di traffico veicolare.

10.2.4. Dispositivi di protezione degli occhi

Per la protezione degli occhi possono essere utilizzati **occhiali** e maschere, mentre le **visiere** riescono a salvaguardare tutto il viso. L'omologazione garantisce la funzione protettiva dalla polvere e dai corpi lanciati dagli attrezzi quali schegge, sassi, ecc. Lenti e visiere possono essere in polycarbonato oppure in rete di nylon o di metallo (anche acciaio inox) colorata di nero. Per evitare riflessi e appannamenti non è consigliato l'uso di visiere in plexiglass. Si ricorda comunque che la visiera antiriflesso non è omologata per i lavori con la motosega per i quali è previsto l'uso di visiere in rete di metallo nero.

Tra le caratteristiche per la scelta si devono considerare la resistenza, la qualità del dispositivo di smorzamento dell'urto, la compatibilità con altri DPI e la leggerezza.

10.2.5. Dispositivi di protezione dell'udito

I mezzi di protezione auricolare rappresentano una soluzione efficace per la protezione dei lavoratori dal danno provocato dal rumore ambientale (ipoacusia) quando i mezzi tecnici sulle sorgenti di rumore non sono sufficienti a proteggere i lavoratori.

Possiamo distinguere due categorie: inserti auricolari e cuffie auricolari.

⁵ Gli indumenti di protezione del corpo sono classificati in sei tipi contraddistinti da un numero crescente da 1 a 6. Il tipo con numero inferiore offre protezione efficace contro il rischio rappresentato dal numero maggiore.

Gli **inserti auricolari** si suddividono in:

- usabili sola (monouso), composti di batuffoli di lana piuma o di cotone impregnato di cere o grassi;
- usabili più volte (riutilizzabili) previa una accurata pulizia del dispositivo di protezione stesso. Le particolari doti di elasticità dei materiali impiegati (neoprene, vari tipi di schiume polimeriche, silicone e gomma) e la più elevata densità ne migliorano l'aderenza al canale uditivo offrendo buone caratteristiche di isolamento. Possono essere montati anche su archetto.

Le **cuffie auricolari** sono costituite da due conchiglie di materiale plastico resistente agli urti e all'azione chimica del sudore, foderate all'interno da un materiale ad alto coefficiente di assorbimento acustico; sono caratterizzate da capacità di attenuazione superiori rispetto agli inserti auricolari, ma sono più fastidiose se le si devono utilizzare a lungo.

I protettori auricolari interrompono la trasmissione aerea a livello dell'orecchio esterno, apportando una notevole riduzione dell'intensità rumorosa che, comunque, non è mai superiore a 30-40 dB, poiché la restante energia viene trasmessa per via ossea.

Anche questi DPI devono essere scelti in base alla loro resistenza, comodità, compatibilità con altri DPI e leggerezza.

10.2.6. Dispositivi di protezione delle vie respiratorie

Nella manutenzione del verde i DPI per la protezione delle vie respiratorie utilizzati sono quelli che rientrano nella categoria dei respiratori a filtro, costituiti da un elemento facciale abbinato a uno o più filtri che purificano l'aria rendendola respirabile. Gli elementi facciali possono essere: **facciali filtranti**, realizzati prevalentemente o interamente in materiale filtrante che coprono bocca, naso e mento, **semimaschere**, che garantiscono la protezione solo delle vie respiratorie, o **maschere a facciale pieno**, che proteggono l'intero volto evitando il contatto con occhi, naso e bocca. Su maschere e semimaschere vengono inseriti dei filtri specifici per le sostanze utilizzate e contrassegnati da particolari colori abbinati a lettere e numeri (ad esempio il "colore marrone lettera A" indica l'efficacia contro gas e vapori organici). Per i normali trattamenti si utilizza una combinazione di filtri antipolvere (P – bianco) e antigas per vapori organici (A – marrone) prestando attenzione al fatto che l'aria inquinata deve prima passare attraverso il filtro antipolvere e poi quello antigas. I filtri antipolvere devono essere sostituiti quando si avverte un aumento della resistenza respiratoria mentre i filtri per gas e vapori, che contengono carboni attivi, vanno sostituiti quando l'utilizzatore avverte l'odore o il sapore della sostanza (ciò significa che il carbone attivo è saturo e ha esaurito la sua capacità di assorbimento).

Quando si indossano questi tipi di dispositivi è importante controllare che vi sia una buona adesione al volto per non perdere l'efficacia della protezione.

10.2.7. Dispositivi di protezione dei piedi

Le **calzature antinfortunistica** devono possedere caratteristiche atte a proteggere il portatore da lesioni che possono derivare da infortuni. Nel caso di uso della motosega si devono utilizzare calzature di sicurezza in grado di proteggere i piedi contro le aggressioni esterne (che nei cantieri vanno dallo schiacciamento alla perforazione e alle vibrazioni) e da problemi legati al contatto con il suolo, evitando i pericoli di scivolamento su superfici coperte da grasso e olio oppure da fanghiglia o ghiaino. Scarpe e stivali di sicurezza sono dotati di puntali in metallo contro gli urti, concepiti per resistere alla caduta di un peso di 20 kg da un'altezza di 10 m (200 J), e suola antiperforazione con lamina metallica. Possibilmente dovrebbero anche garantire proprietà antistatiche e assorbimento degli shock sul tallone.

Le calzature di sicurezza sono contraddistinte da una "S" (Safety= sicurezza).

Le calzature protettive hanno il puntale di protezione con assorbimento di energia di 100 Joules e sono contraddistinte dal marchio "P" (Protective).

Le calzature da lavoro o professionali non hanno puntale di protezione contro urti e schiacciamento e la marcatura "O" (Occupational).

Le calzature antinfortunistica devono essere scelte con attenzione in quanto il loro utilizzo può essere molto prolungato in termini di ore al giorno. Sono da preferire i materiali naturali a quelli sintetici che possono provocare fastidi e irritazioni oltre a frenare la giusta traspirazione del piede. In genere, allo stivale è preferibile lo scarpone alto con stringhe che garantisce una sicurezza di tenuta maggiore alla caviglia.

10.2.8. Dispositivi di protezione dalle cadute dall'alto

Nei lavori in quota, qualora non siano attuate misure di protezione collettiva, è necessario che i lavoratori utilizzino idonei sistemi di protezione composti da diversi elementi, non necessariamente presenti contemporaneamente, quali: anticaduta, assorbitori di energia, connettori, discensori, bloccanti, cordini, funi, imbracature.

L'**anticaduta** di tipo guidato su fune (EN 353-2) ha la principale caratteristica di arrestare una caduta, uno scivolamento o una discesa non controllata. Si utilizza sulla fune di sicurezza (fune semistatica) e scorre lungo la corda senza intervento manuale (verso l'alto e verso il basso). È agganciato al punto anticaduta (sternale o dorsale) dell'imbracatura e può essere dotato, se previsto dal costruttore, di un assorbitore di energia.

L'**assorbitore di energia** (EN 355) è un dispositivo con funzione di arresto di una caduta libera, capace di dissipare l'energia cinetica della caduta tramite una deformazione della sua struttura (tipicamente a strappo). Deve garantire una forza residua d'arresto del corpo inferiore a 6 KN. È un dispositivo che si allunga e quindi occorre tener conto di uno spazio libero sufficiente ad arrestare l'operatore in sicurezza (tirante d'aria).

Il **connettore** o moschettone⁶ (EN 362) è un dispositivo apribile e bloccabile che consente

⁶ Il termine moschettone deriva dal loro primo utilizzo che risale alla necessità di fissaggio della bandoliera dei moschetti, i fucili ottocenteschi.

di creare un collegamento tra più parti di un sistema. Ha caratteristiche e forme diverse, tra le quali scegliere in funzione delle esigenze operative, ambiente di lavoro e compatibilità con altri DPI e attrezzature. Il bloccaggio della leva di chiusura può essere di tipo automatico o manuale. Generalmente nel tree-climbing è consigliabile la chiusura a tripla sicurezza (Triact-Lock): il connettore per essere aperto ha la necessità non solo di far scorrere la ghiera che blocca la leva ma di farla anche girare.

Il **discensore** (EN 341 –A) è un dispositivo di salvataggio per mezzo del quale una persona può scendere lungo una fune semistatica, da sola o con l'assistenza di una seconda persona, a velocità limitata da una posizione elevata a una più bassa.



10.4 Equipaggiamento del tree-climber.

(1) salvacambio; (2) fune semi-statica; (3) corda da lavoro; (4) nodo di frizione (bloccante bi-direzionale); (5) longe da lavoro anti-taglio; (6) moschettone tripla sicurezza; (7) casco, visiera, otoprotettori; (8) bloccante bi-direzionale; (9) pantaloni anti-taglio; (10) pantin (bloccante per piede); (11) motosega; (12) imbragatura (si ringrazia il Dott. Simone Bergonzoli)

Con il **bloccante** (EN 561) è possibile costruire un punto fisso lungo una fune. Viene utilizzato per la risalita su fune semistatica e ha la caratteristica di scorrere solo verso l'alto, bloccandosi nella direzione opposta (verso il basso). Non deve essere utilizzato per arrestare una caduta in quanto il meccanismo ha un limite di tenuta (4 kN maniglia, 1,5 kN pedale) e potrebbe danneggiare la fune.

Il **cordino** è l'elemento di collegamento o componente di un sistema. Un cordino può essere costituito da una corda in fibre sintetiche, una fune metallica, una cinghia o una catena.



10.5 Una sacca da tree-climbing con connettori e funi

Le **funi semistatiche** (EN 1891/A) sono corde a basso coefficiente di allungamento. Le corde rappresentano uno dei principali strumenti nel lavoro in quota e vengono utilizzate per garantire la sicurezza personale nell'accesso e nella movimentazione in pianta. La fune è costituita da un'anima interna e da una camicia esterna, entrambe solitamente in nylon. La camicia collabora alla tenuta e ha la funzione principale di proteggere l'anima da sfregamenti, raggi UV, ecc. e consente lo scorrimento di specifici dispositivi (discensori, anticaduta su fune, bloccanti ecc.).

L'anima crea la resistenza della fune. La fune può avere delle terminazioni cucite oppure priva di asole. In quest'ultimo caso necessita di confezionare un nodo che ne riduce però la resistenza. La fune non costituisce il sistema di assorbimento dell'energia cinetica di una caduta.

L'**imbracatura** è un dispositivo di presa del corpo. Indispensabile nei lavori con sistemi di accesso e posizionamento mediante fune (tree-climbing) offre protezione anche contro cadute accidentali dal cestello della piattaforma aerea. L'imbracatura deve garantire la funzione di sospensione (con cosciali imbottiti EN 813) e arresto caduta (con Punto Anticaduta dorsale e sternale EN 361). È dotata inoltre di cintura di posizionamento (EN 358).

10.3. LA SICUREZZA NEL SETTORE DELLA MANUTENZIONE DEL VERDE

Il problema della sicurezza sul lavoro nella manutenzione delle aree verdi interessa diversi aspetti:

- salute e sicurezza nell'ambiente di lavoro;
- sicurezza delle macchine e delle attrezzature;
- dispositivi di protezione collettiva e individuale;
- informazione, formazione e addestramento.

In linea del tutto generale la sicurezza sul lavoro viene garantita (o meglio i rischi vengono ridotti al minimo grado possibile) quando si utilizzano macchine sicure, norme di comportamento che minimizzano i rischi insiti nelle operazioni da compiere e idonei sistemi di protezione individuali (Bortolini et al., 2016).

Il settore agroforestale rappresenta uno dei settori a più alto rischio infortunistico, soprattutto, in termini relativi (49 indennizzati ogni 1000 addetti contro i 24,33 dell'Industria e servizi – Dati INAIL, 2015). Inoltre, numerosi sono i casi di infortuni mortali, secondi solo a quelli che si verificano nel settore delle costruzioni. Le lavorazioni più rischiose sono legate alla coltivazione del terreno, con una forte incidenza di casi dovuti alla perdita di controllo di utensili, materiali, veicoli terrestri, macchine e attrezzature portatili. La maggior parte degli incidenti mortali sono dovuti all'impiego del trattore, in particolare, a causa del suo ribaltamento (Cutini et al., 2014). Negli ultimi anni, parallelamente ad un certo calo nel numero degli infortuni, si è assistito ad un aumento eccezionale delle denunce di malattie professionali, che sono passate da circa 4.000 casi nel 2008 a 9.500 casi nel 2013. Di queste, l'86% riguarda il sistema osteo-articolare e dei muscoli, l'8,3% quello nervoso e degli organi di senso, il 2,4% l'apparato respiratorio (INAIL, 2015).

I principali fattori di rischio legati all'impiego delle macchine e delle attrezzature risiedono nell'utilizzo di macchine troppo vecchie ed obsolete, nella loro scarsa manutenzione, nell'impiego in ambienti di lavoro "difficili" (quali dislivelli eccessivi, terreni franosi, ecc.) e in condizioni ambientali sfavorevoli (sole intenso, lavoro serale, ecc.). Inoltre, altri fattori di carattere psicologico (come il comportamento imprudente dettato da una eccessiva confidenza con il

mezzo meccanico) oppure l'uso di macchine da parte di persone non esperte, la mancanza di un'adeguata informazione e formazione sull'uso e manutenzione e il lavoro condotto spesso in solitudine, contribuiscono all'aumento del rischio.

In Tabella 10.5 vengono riportati i dati infortunistici più significativi nel settore agricolo e forestale relativi all'anno 2014 (osservatorio INAIL, 2014).

Tabella 10.5 - Infortuni mortali e con feriti gravi suddivisi per agente materiale (da Report annuale sugli infortuni mortali e con feriti gravi verificatisi nel 2014 nel settore agricolo e forestale).

Macchina/Agente materiale	Mortale	Ferito grave
Alberi e piante	22	17
Albero cardanico	2	1
Altro	12	7
Animali	1	1
Attrezzature collegate al trattore	4	5
Balla di fieno	3	4
Mietitrebbiatrice	-	3
Motocoltivatore e motozappa	10	35
Motosega	1	31
Piattaforma elevabile	4	4
Rimorchio	2	6
Rotoimballatrice	3	-
Scala	1	6
Trattore	121	118
Trattorino rasaerba	3	-
Totale complessivo	189	238

Dall'analisi dei dati riportati in questo report si evidenzia che, quale agente materiale, il trattore agricolo e forestale rappresenta da solo più della metà dei casi (56,5% del totale); gli eventi infortunistici con conseguenze gravi coinvolgono il trattore in una percentuale pari al 49%, mentre quelli con conseguenze mortali in una percentuale pari al 51%. Gli incidenti durante i lavori su alberi sono la seconda causa di infortunio mortale e sono legati soprattutto a cadute dall'alto per utilizzo di procedure errate nelle fasi di salita, discesa e movimentazione in pianta (Proto et al., 2016).

Le informazioni relative alla tipologia dell'evento infortunistico mostrano che nel trattore la voce ribaltamento/rovesciamento rappresenta da sola più dei tre quarti dei casi (77% del totale). Le altre tipologie di macchine più frequentemente coinvolte negli eventi registrati sono i motocoltivatori/motozappatrici (10,5% del totale) e le motoseghe (9% del totale). Il numero di infortuni che coinvolgono l'albero cardanico risulta essere abbastanza ridotto (solo 0,7% del totale). Ciononostante, il numero di eventi con conseguenze mortali è assolutamente significativo (66% dei casi).

I dati aggregati per luogo di accadimento mostrano che circa la metà degli infortuni avvengono in campo (48% del totale); altre voci significative sono: la strada (13% del totale), il bosco

e il parco/giardino (entrambi 2% del totale).

Le informazioni relative alla fascia d'età degli infortunati mostrano come una quota considerevole di casi riguarda soggetti aventi un'età pari o superiore ai cinquant'anni (67% del totale).

Tutta la materia è oggetto di una complessa serie di norme legislative che regolamentano ciascuna fase della costruzione, vendita, noleggio e impiego della macchina stessa.

Anche le macchine e le attrezzature sono soggette alle norme contenute nel comprensivo Testo Unico 81/2008, al Titolo III, capo I "Uso delle attrezzature di lavoro" che prevede che le attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori siano conformi alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, in assenza di tali disposizioni legislative e regolamentari, devono essere conformi ai requisiti generali di sicurezza di cui all'allegato V.

La direttiva 2006/42/CE, detta Direttiva Macchine, recepita in Italia con il D. Lgs. 17/2010, regola la sicurezza e la tutela della salute nella progettazione e costruzione di macchinari di vario genere, nonché un'adeguata sorveglianza del mercato ai fini della sicurezza. Il decreto è strutturato in 19 articoli ed 11 allegati.

Il campo di applicazione, definito nell'art. 1, punto 1, 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 nel punto 2 sono elencati i prodotti esclusi (tra cui le trattrici agricole e forestali).

Inoltre, le macchine per essere immesse sul mercato dell'UE devono essere munite della marcatura CE e accompagnate da una corretta dichiarazione CE di conformità, devono essere sottoposte ad una adeguata procedura di valutazione della conformità e devono essere dotate del libretto di uso e manutenzione, che deve essere di facile lettura e comprensione e prevedere una parte generale di presentazione del prodotto e una parte specifica relativa all'installazione/manutenzione e alle indicazioni di sicurezza.

Invece, per le macchine presenti in azienda si pone il problema di valutare se le stesse rispettano la legislazione vigente. In linea generale si possono presentare i seguenti casi: 1) se le attrezzature di lavoro sono marcate CE devono essere installate ed utilizzate conformemente alle indicazioni del costruttore il quale deve rilasciare all'acquirente il manuale di istruzioni e la dichiarazione CE di conformità; 2) se le attrezzature di lavoro non sono marcate CE ma rispondono alle norme indicate nel DPR 547/55 e nel DPR 303/56, devono essere adeguate, nel caso ne ricorrano le condizioni, alle indicazioni contenute nell'art. 36 del decreto legislativo 626/94 (arresto di emergenza, dispositivi di allarme ben visibili, aggiornamento del manuale di istruzioni, dispositivi appropriati di protezione da caduta o da proiezione di oggetti, dispositivi appropriati di ritenuta ovvero di estrazione nel caso l'attrezzatura comporti pericoli dovuti ad emanazione di gas, vapori, liquidi, polveri, rischio di ribaltamento, ecc.) così come modificato dal DLgs. 359/99; 3) se le attrezzature non sono marcate CE e non rispondono ai criteri indicati dal DPR 547/55 e 303/56, devono essere adeguate a tali disposizioni, nonché a quelle indicate nel punto precedente, altrimenti deve esserne inibito l'uso.

Tali considerazioni valgono anche per l'acquisto di macchine usate e/o artigianali. Qualora esse non siano provviste di marchio CE, occorre che il venditore della macchina attesti il rispetto delle norme di legge e regolamenti vigenti.

10.4. RISCHI E PREVENZIONE NEL SETTORE DELLA MANUTENZIONE DEL VERDE

Alcune operazioni, come la potatura, sono particolarmente rischiose e vanno attentamente controllate ai fini di ridurre i rischi di infortunio. A queste si aggiungono le malattie professionali causate dal rumore e dalle vibrazioni delle macchine, dall'impiego di materiali chimici e allergenici, dalla movimentazione manuale dei carichi, ecc.

Nelle "Disposizioni generali" del Testo Unico si prevede che la sorveglianza sanitaria è effettuata sulla base della valutazione del rischio cui è esposto l'operatore nel corso della sua attività lavorativa giornaliera (8 h). Nel caso siano presenti alterazioni dello stato di salute è imposto al datore di lavoro di sottoporre a revisione il documento di valutazione dei rischi e le misure predisposte ai fini di una loro eliminazione o riduzione, tenendo comunque conto del parere del medico competente nell'attuazione di tali misure.

Di seguito è riportato un elenco abbastanza esaustivo di tutti i rischi legati alle attività svolte nella manutenzione degli spazi verdi e le misure di prevenzione che possono essere messe in atto dagli operatori per evitare infortuni e malattie.

10.4.1. Rumori

Il rumore, a seconda della sua intensità e del tempo di esposizione, può provocare un danno specifico temporaneo o permanente all'organo dell'udito e altri organi e apparati del corpo.

Le cellule ciliate poste nell'orecchio interno (organo del Corti) se eccitate da livelli elevati e per lunghi periodi vanno incontro a usura e morte con un danno irreversibile per l'udito (ipoacusia). Altre conseguenze negative riscontrate sulla salute sono legate alla ipertensione arteriosa e stress. I rumori possono contribuire all'aumento degli infortuni sul lavoro facendo diminuire l'attenzione e la concentrazione degli operatori e la percettibilità dei segnali acustici.

Esposizioni prolungate a rumori da 80 a 85 dB provocano danni uditivi a cui si possono associare danni extrauditivi quando i rumori superano gli 85 dB.

Il Testo Unico prevede che devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria i lavoratori la cui esposizione al rumore eccede i valori superiori di azione, pari a 85 dB(A). Di norma la sorveglianza sanitaria viene effettuata una volta l'anno, ed è estesa anche ai lavoratori esposti a 80 dB(A), su loro richiesta, e qualora il medico competente ne confermi l'opportunità. Il decreto comunque prevede un valore limite di esposizione non superabile, pari a 87 dB(A) (Calvo, 2008).



10.6 Spesso non si tiene in giusta considerazione il danno uditivo provocato dall'uso dei soffiatori: nella foto l'operatore non indossa gli otoprotettori

A scopo preventivo si devono utilizzare protezioni individuali (cuffie e tappi auricolari) mentre tra le soluzioni costruttive vi è la possibilità di scegliere macchinari su cui siano installate strutture fonoassorbenti sul motore o di montare lame antisibilanti sui rasaerba.

Le macchine più rumorose - con potenza acustica che può superare anche i 100 dB - sono i biotrituratori, i decespugliatori manuali, i soffiatori, le motoseghe e i rasaerba.

10.4.2 Vibrazioni

Le macchine operatrici e gli attrezzi da lavoro possono emettere diversi tipi di vibrazioni durante il loro utilizzo. In generale, le vibrazioni al corpo interessano gli operatori a bordo delle macchine, mentre le vibrazioni mano-braccio sono trasmesse da strumenti meccanici a motore impugnati dagli arti superiori (soprattutto motoseghe, decespugliatori, motocoltivatori e motozappe) (Fanigliulo et al., 2012).

Gli effetti sulla salute vanno dai dolori al rachide lombosacrale alle lesioni osteoarticolari e muscolari a quelle neurologiche e vasali.

È bene ricordare che, comunque, tutto il corpo umano si configura come recettore degli stimoli vibratori: infatti, i muscoli e la pelle tendono ad assorbire le vibrazioni mentre le ossa le trasmettono. Ogni organo del corpo possiede una propria frequenza di vibrazione e se sollecitato da tale frequenza entra in vibrazione.

Tra le protezioni individuali da adottare vi sono speciali guanti antivibrazioni⁷, mentre tra le soluzioni costruttive vi sono sistemi antivibranti che isolano le impugnature dal motore, i sedili ammortizzati e la cabina di guida con supporti antivibranti (es. silent block).

In ogni caso si consiglia di scegliere attrezzature adeguate concepite nel rispetto dei principi ergonomici e che producano, tenuto conto del lavoro da svolgere, il minor livello possibile di vibrazioni. È comunque buona regola limitare la durata e l'intensità all'esposizione (Pochi et al., 2014).

Nel caso di esposizione a vibrazioni, i lavoratori sottoposti a livelli superiori ai valori di azione (pari a $0,5 \text{ ms}^{-2}$ per il corpo intero) devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente. Comunque il decreto prevede un valore limite non superabile pari a 1 m s^{-2} per il corpo intero e non prevede dilazioni di applicazione per il settore agricolo e forestale, contrariamente a quanto era previsto nell'abrogato D.Lgs. 195/06.

10.4.3 Polveri

Un rischio tipico del settore del verde è rappresentato dall'inalazione di polveri, che possono originarsi principalmente per il sollevamento di particelle di suolo durante l'esecuzione di lavorazioni del terreno, semina e raccolta oppure durante il taglio e la lavorazione del legno

⁷ I normali guanti da lavoro amplificano le vibrazioni. L'attenuazione attesa delle vibrazioni cambia con le frequenze emesse dall'utensile ed è massima con frequenze alte. I guanti antivibranti consentono fino al 20% di riduzione delle vibrazioni nel caso di impiego con motoseghe e decespugliatori.

(potatura, abbattimento, cippatura, ecc.).

Per la loro stessa natura, le polveri possono determinare problemi sull'uomo, poiché se respirate possono raggiungere i bronchi (frazioni al di sotto dei $10\ \mu\text{m}$ di diametro, PM_{10}). Quando esse siano di origine esclusivamente pedologica, possono originare fenomeni irritativi o anche più seri se si è in presenza di quantità importanti di silice cristallina. D'altra parte, molto spesso le polveri e gli aerosol sono vettori di sostanze chimiche (fitofarmaci di varia natura) e biologiche (funghi e batteri).

In particolare, per quanto riguarda il rischio di esposizione alle polveri da legno, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato la polvere di legno duro come cancerogena per l'uomo (IARC, 1995). Nel 1999, l'Unione Europea ha promulgato la direttiva 38/1999 CE, impostando un valore limite per l'esposizione professionale (OEL) alla polvere di legno a $5\ \text{mg m}^{-3}$, misurato o calcolato in relazione a un periodo di riferimento di 8 ore. Tale limite è valido per l'esposizione alla frazione inalabile di polveri di legno duro, o qualsiasi combinazione di legno e polvere di conifere.

Riguardo a tale limite di esposizione, nel 2003 il Comitato scientifico della Commissione Europea per i valori limite di esposizione professionale (SCOEL), ha raccomandato di applicare un valore più basso, compreso tra 1 e $1,5\ \text{mg m}^{-3}$, senza distinzione tra latifoglie e conifere.

Anche negli Stati Uniti le più importanti agenzie di salute e sicurezza sul lavoro, quali l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), non distinguono più tra legno di conifere e di latifoglie e hanno impostato il valore limite di esposizione a $1\ \text{mg m}^{-3}$. Tuttavia, sintomi al sistema respiratorio superiore sono stati segnalati anche per livelli di esposizione molto più bassi. Per il legno di cedro rosso, tale limite è stato pertanto fissato a $0,5\ \text{mg m}^{-3}$.

Il D.Lgs. 81/08 tratta il rischio da agenti cancerogeni al Titolo IX capo II, definendo come tale "una sostanza o un preparato altresì emessi durante un processo, previsto dall'allegato XLII", che comprende anche "il lavoro comportante l'esposizione a polvere di legno duro". Lo stesso articolo, al comma c, stabilisce come limite di esposizione professionale il valore già previsto dalla citata Direttiva 38/1999 CE. Inoltre, il riferimento normativo riguardante i limiti di esposizione, contempla sempre la frazione "inalabile" delle polveri. Vista la recente introduzione di tale concetto, infatti, alcuni degli organi sopracitati hanno dovuto utilizzare fattori correttivi dei limiti massimi poiché i loro limiti riguardavano le polveri totali.

10.4.4 Caduta materiali dall'alto

È un rischio tipico dei cantieri di potatura e di abbattimento. La prevenzione consiste, innanzitutto, nell'evitare di sostare nell'area di caduta dei tagli di potatura. Gli operatori devono indossare indumenti ad alta visibilità e accertarsi che l'area sottostante sia libera prima di lasciar cadere i tagli. Inoltre, è opportuno proteggere gli oggetti fragili esposti alla caduta (es. lampioni) e aumentare la superficie transennata se si opera su pavimentazioni che fanno rimbalzare il materiale che cade.

Si consiglia di predisporre pause di cantiere in ore a maggior presenza di pedoni (es. orario inizio/fine scuole).

In caso di investimento o impatto a seguito dell'abbattimento di un albero, la prima misura preventiva è eseguire correttamente le operazioni di abbattimento. È anche assolutamente da evitare di lavorare da soli in luoghi isolati.

Tra i DPI da indossare per contrastare i danni causati dalla caduta di materiali dall'alto si ricorda di indossare sempre in cantiere, oltre all'elmetto protettivo, occhiali o visiera e calzature antinfortunistiche.

10.4.5. Scivolamento o cadute dell'operatore

Le cadute possono essere conseguenza, oltre che di inciampi su radici o materiale presente a terra, anche di malori che può avere il lavoratore. Anche per questo è sempre opportuno proteggere la testa con l'elmetto.

È buona norma controllare l'area di lavoro prima di ogni attività, facendo attenzione a eventuali avvallamenti del terreno e agli ostacoli presenti e rimuovendo gli oggetti che possono rappresentare un pericolo prima di iniziare l'attività lavorativa.

Tra le misure di prevenzione si annoverano:

- indossare calzature idonee, bene allacciate e con suola antiscivolo;
- pulire la zona di lavoro e tenere sgombre le pedane d'accesso, eliminando fango o altro materiale scivoloso;
- evitare movimenti bruschi e gravosi.

Nel caso di lavori in quota⁸ è obbligatorio l'uso di idonee imbracature.

10.4.6. Ribaltamento-rovesciamento della macchina

Il ribaltamento delle macchine motrici è facilitato quando si opera in particolari condizioni come: pendenze elevate, velocità sostenute, canali e fossi in prossimità della zona di lavoro. La prevenzione di attua scegliendo macchine di massa e potenza adeguate alle condizioni operative e all'attrezzo impiegato, evitando manovre brusche e mantenendo in efficienza freni e pneumatici. In terreni declivi è meglio operare a rittochino, cioè lungo le linee di massima pendenza.

Incidenti possono essere legati anche al ribaltamento di attrezzature con operatore a bordo (trattorini, rasaerba, ecc.) in fase di carico e scarico da rampe con eccessiva pendenza. In questo caso, si consiglia di verificare il corretto posizionamento delle rampe.

In generale, è opportuno utilizzare macchine dotate di protezioni (es. roll-bar) con cinture di sicurezza allacciate.

⁸ Si ricorda che il Testo Unico definisce lavori in quota "attività lavorativa che espone il lavoratore a rischio di caduta da una quota posta ad altezza superiore a 2 m rispetto a un piano stabile".

10.4.7. Contatto con lame taglienti e altri organi di taglio

Si tratta di rischi legati soprattutto all'uso della motosega e di altri attrezzi da taglio nei cantieri di potatura e decespugliatura (motosega, decespugliatore, cesoie, seghetto, roncola, ecc.).

Per evitare o limitare i pericoli di ferite o altri traumi si ricorda, tra l'altro, di mantenere in efficienza il coprilama e le protezioni dell'apparato di taglio, soprattutto vicino alle impugnature, oltre a regolare l'apparato di taglio (es. tensione della catena della motosega).

In generale, le regolazioni e le operazioni di manutenzione devono essere eseguite a motore spento e a organi di lavoro fermi.

Tra le protezioni individuali si devono utilizzare: elmetto, guanti, gambali e pantaloni anti-taglio, calzature antinfortunistiche, casco con visiera protettiva.

10.4.8. Proiezione di materiali

La proiezione di materiali (schegge, sassi, ecc.) durante l'uso di alcune macchine e attrezzature (decespugliatore, motosega, trinciaceppi, tagliaerba, soffiatori, ecc.) può dar luogo a pericolosi traumi e lesioni all'operatore e a chi si trova nelle sue vicinanze. I DPI da indossare sono casco con visiera, guanti e indumenti adatti che proteggano le parti del corpo esposte. Le attrezzature dovrebbero sempre possedere un carter di protezione degli organi di lavoro in grado di trattenere il lancio di materiali. Importante è anche mantenere la distanza di sicurezza dal punto di lavoro da parte delle altre persone del cantiere (es. minimo 15 m nel caso di uso del decespugliatore).

10.4.9. Contatto con superfici calde

Il contatto con superfici calde (tipico è il contatto con la marmitta) può dar luogo ad ustioni più o meno gravi a seconda della temperatura e della durata del contatto. In relazione alla gravità vengono distinte in tre gruppi:

- ustioni di primo grado, con lesioni limitate allo strato più superficiale della pelle e comparsa sulla cute di un semplice arrossamento (eritema) accompagnato da un dolore bruciante ma sopportabile;
- ustioni di secondo grado, in cui oltre a essere interessato lo strato superficiale della pelle vi è un coinvolgimento anche dello strato di tessuto sottostante; causano un'intensa infiammazione cutanea, gonfiore e formazione di vescicole ripiene di liquido (flittene), sono molto dolorose e la guarigione è molto lenta;
- ustioni di terzo grado, con interessamento profondo dei tessuti; la pelle appare annerita, fredda, secca e dura, non è presente dolore per la distruzione delle terminazioni nervose e la guarigione richiede tempi lunghi lasciando cicatrici permanenti che possono richiedere interventi di chirurgia plastica.

Per evitare ustioni da contatto è necessario accertarsi che le parti della macchina soggette a surriscaldamento siano protette da griglie, reti metalliche, ecc. È bene ricordare anche che guanti, calzature antinfortunistiche e pantaloni antitaglio riescono a limitare il rischio.

10.4.10. Sospensione inerte

Può dar luogo alla nota *sindrome da sospensione inerte o da imbrago* che è causata dalla concomitanza di due condizioni: sospensione prolungata in un'imbracatura e assenza totale di movimento degli arti inferiori. In questa situazione si ha un accumulo di sangue a livello delle gambe con conseguente sempre più scarsa ossigenazione del cervello che porta alla perdita di coscienza e, da questo momento, al decesso in un tempo che varia dai 3 ai 30 minuti. La sindrome da sospensione è conseguenza dell'intolleranza del corpo all'ortostasi (posizione eretta e immobile). I sintomi di insorgenza della patologia sono: debolezza, sudorazione, offuscamento della vista, nausea, vertigini, oppressione toracica, tachicardia.

La prevenzione è basata su alcune regole pratiche quali:

- utilizzare imbracature adatte al lavoro che si deve svolgere, magari con seggiolino integrato se si prevedono lunghi periodi di sospensione nel vuoto;
- non lavorare mai da soli in quota su funi;
- evitare o sospendere il lavoro in condizioni di stanchezza o spossatezza;
- scendere immediatamente a terra o chiedere aiuto in caso di malessere;
- prestare attenzione ai sintomi.

10.4.11. Movimentazione manuale dei carichi

Il rischio da movimentazione manuale dei carichi si presenta quando si deve movimentare manualmente un carico:

- troppo pesante (25 kg per uomini adulti e da 15 a 20 kg per donne adulte);
- ingombrante o difficile da afferrare;
- in equilibrio instabile o il cui contenuto rischia di spostarsi;
- collocato in una posizione tale per cui deve essere tenuto o maneggiato a una certa distanza dal corpo o con una torsione o inclinazione.

È un rischio molto frequente legato a un impegno fisico anche gravoso da parte dell'operatore, con il coinvolgimento, in particolare, delle strutture osteo-muscolari della colonna vertebrale. I dati INAIL evidenziano come le malattie muscolo-scheletriche da sovraccarico biomeccanico rappresentino la maggioranza delle denunce e come, fra queste, le affezioni dei dischi intervertebrali correlabili essenzialmente all'attività di movimentazione manuale di carichi siano le patologie più frequentemente dichiarate.

La prevenzione si attua, innanzitutto, usando gli agevolatori (es. carrelli) e, se non è possibile, devono essere messi in atto alcuni accorgimenti come:

- non trasportare troppo peso in una volta sola (eventualmente fare più viaggi);
- portare i carichi pesanti e ingombranti o difficili da afferrare in due o più persone e con la dovuta precauzione;
- usare scarpe, guanti e indumenti appropriati;
- usare la tecnica di sollevamento e di trasporto corretta⁹;
- accertarsi che le vie di trasporto siano prive di ostacoli, di pericoli di inciampare e scivolare e sufficientemente illuminate;
- non trasportare carichi troppo alti che ostacolano la vista;
- nel posare il carico, fare attenzione a piedi e mani e provvedere prima a preparare bene il posto dove deporre il carico.

Il carico posato a terra non deve ostacolare nessuno e, se necessario, deve essere fissato per evitarne il ribaltamento, il rotolamento, ecc.

10.4.12. Folgorazioni

È una delle più frequenti cause di infortuni gravi o mortali nei cantieri di potatura ed è legata al mancato rispetto delle distanze di sicurezza dalle linee elettriche aeree.

La legge 81/2008 indica che quando occorre effettuare lavori in prossimità di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette o che per circostanze particolari si debbano ritenere non sufficientemente protette, ferme restando le norme di buona tecnica, si deve rispettare almeno una delle seguenti precauzioni:

- a) mettere fuori tensione e in sicurezza le parti attive per tutta la durata dei lavori;
- b) posizionare ostacoli rigidi che impediscano l'avvicinamento alle parti attive;
- c) tenere persone, macchine operatrici, apparecchi di sollevamento, ponteggi e ogni altra attrezzatura a distanza di sicurezza.

Nell'esecuzione dei lavori è obbligatorio osservare le distanze di sicurezza minime (vedi Tabella 10.6) da parti attive elettriche non protette o non sufficientemente protette, tenendo conto della effettiva area di lavoro, al netto degli ingombri derivanti da tipo di intervento, attrezzature utilizzate, materiali movimentati, sbandamenti laterali dei conduttori dovuti al vento e abbassamenti di quota dei conduttori dovuti alle condizioni termiche.

⁹ Regole elementari per sollevare e trasportare carichi: assicurare la salda posizione dei piedi; afferrare il carico (e tenere la presa) in modo sicuro; sollevare il carico da accovacciati; sollevare il carico con schiena dritta e tesa; tenere il carico vicino al corpo. Ciò che va assolutamente evitato: schiena curva; schiena iperestesa all'indietro; movimenti a scatti; torsioni del tronco.

Tabella 10.6 – Distanze minime di sicurezza da parti elettriche non protette.

Tensione nominale [kV]	Distanza [m]
≤ 1	3
$1 < \text{Tensione} \leq 30$	3,5
$30 < \text{Tensione} \leq 132$	5
> 132	7

10.4.13. Sbalzamento fuori dal cestello della PLE

È dovuto all'effetto catapulta provocato da brusche manovre durante il massimo sbraccio. La prevenzione prevede l'utilizzo di imbracatura a cordino corto mentre l'operatore deputato al movimento della PLE dovrà evitare brusche manovre con la piattaforma, soprattutto durante il massimo sbraccio.

10.4.14. Rischi generici provocati da fattori meteorologici

Si tratta di rischi frequenti quando si opera all'esterno. In generale, si sconsiglia di lavorare con condizioni meteo sfavorevoli come pioggia, neve e umidità eccessiva.

In estate l'esposizione al sole e alle alte temperature può provocare patologie quali i crampi da calore, il collasso da calore e il colpo di calore. Per una giusta prevenzione si consiglia di limitare l'attività fisica nelle ore più calde della giornata e bere abbondantemente prima e durante il lavoro, ricordando che le bevande devono reintegrare anche le perdite di sali e vanno quindi addizionate con almeno minime quantità di sale da cucina (cloruro di sodio).

Quando si opera all'aperto sotto il sole, è bene ricordare che la radiazione solare ultravioletta è classificata come cancerogeno di gruppo 1 e può comportare seri rischi per la salute dei lavoratori, quali un prematuro invecchiamento della pelle, un aumentato rischio di insorgenza di cancro, nonché problemi agli occhi. L'esposizione ai raggi ultravioletti UVA e UVB, che possono penetrare nella pelle anche nei giorni in cui il cielo è coperto, va quindi opportunamente ridotta attraverso misure di prevenzione e protezione. Innanzitutto, occorre privilegiare compiti lavorativi all'interno o all'ombra nelle ore a maggiore esposizione, impiegare adeguati prodotti antisolari, indossare indumenti a trama fitta o capi con filtri anti-UV, cappelli a larga tesa e occhiali da sole. Un fattore di cui tener conto è l'assunzione di farmaci che aumentano la sensibilità alla luce solare (ad esempio, alcuni diuretici, antibiotici e antinfiammatori).

In caso di temporali è necessario sospendere i lavori e predisporre un ricovero temporaneo per evitare il pericolo di folgorazioni da fulmini.

Nei periodi invernali, l'esposizione a basse temperature, oltre a causare disagi fisici che possono arrivare al congelamento delle estremità o all'assideramento, aumenta la sensibilità alle vibrazioni per cui si consiglia di indossare un appropriato vestiario e di alimentarsi adeguatamente, ma anche di valutare l'opportunità di sospendere l'attività lavorativa.

10.4.15. Rischi generici provocati da fattori biotici

Tra questi si ricordano i morsi di piccoli mammiferi come gli scoiattoli che possono trasmettere la rabbia, il morso velenoso di serpenti (da noi sono pericolose le vipere), la puntura di zecche, che può trasmettere malattie come la TBE e il morbo di Lyme¹⁰, e le punture di insetti quali api, vespe e calabroni che possono dare shock anafilattico.

La prevenzione si opera con adeguate vaccinazioni, uso di repellenti specifici e individuando i soggetti a rischio.

Tra gli insetti sono particolarmente pericolosi i calabroni, mentre tra i fattori biotici vi sono anche i ratti, che hanno una certa predilezione a colonizzare le chiome dei pini marittimi e delle palme. È buona regola fare un'attenta ispezione dell'area in cui si deve effettuare la manutenzione per verificare la presenza di eventuali nidi, cercando di evitare qualsiasi contatto.

10.4.16. Altri rischi legati alla potatura degli alberi

Altre fonti di pericolo sono legate a caratteristiche degli alberi soggetti a intervento che possono causare ferite e infortuni talvolta mortali, come nel caso del tetano. Tra i fattori di rischio si ricordano:

- le stipole fogliari coriacee e acuminate delle palme (es. *Phoenix canariensis*);
- i rami spinosi della robinia (es. *Robinia pseudoacacia*);
- i pollini allergenici di famiglie che impollinano in periodi diversi (Oleacee, Cupressacee, Betullacee, Fagacee, Pinacee);
- i nidi urticanti di processionaria¹¹, insetto tipico dei pini;
- le punture di tingide dei platani.

È necessario porre attenzione a maneggiare i tagli di potatura quando presentano parti coriacee e acuminate o rami spinosi, evitare il contatto con nidi di processionaria e coprire la pelle quando si lavora su un platano infestato da tingidi. Nel caso di operatori allergici ai pollini, si dovrà tenere conto del periodo stagionale in cui vengono effettuati i lavori, permettendo eventualmente la loro assenza da lavoro.

¹⁰ La TBE è una encefalite trasmessa da zecche che porta a febbre e cefalea, con possibili complicanze fino a paralisi e mialgie; il morbo di Lyme è una malattia di origine batterica (borreliosi) che si manifesta con eritemi cutanei, con complicanze di tipo neurologico e dolori muscolari e ossei con possibili sviluppi di artrite cronica.

¹¹ I peli urticanti della processionaria si separano facilmente dalla larva, anche semplicemente per l'azione del vento. A seconda della zona del corpo che ne viene a contatto si possono avere: dermatite, congiuntivite, irritazione delle vie respiratorie e irritazione della mucosa digestiva. Le reazioni peggiorano con ogni nuovo contatto. In casi gravi può addirittura verificarsi lo shock anafilattico.

BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

- Abhijith K. V., Kumar P., Gallagher J., McNabola A., Baldauf R., Pilla F., Broderick B., Di Sabatino S., Pulvirenti, B. (2017) Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review. *Atmospheric Environment*, 162, 71–86. doi. org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014.
- Bernatzky A. (1983) The effects of trees on the urban climate. In: *Trees in the 21st Century*, pp. 59-76. Berkhamster: Academic Publishers.
- Biocca M. (2007) *Macchine ed attrezzature per il verde urbano*. ISMA – CRA, Roma, pag. 79.
- Bortolini L., Zanin G. (2018) Hydrological behaviour of rain gardens and plant suitability: a study in the Veneto plain (north-eastern Italy) conditions. *Urban forestry and urban greening*, 34, 121-133.
- Camilletti P. (2015) Filling infrastructures and urban voids with nature: green areas typology. *Territorio della Ricerca su Insediamenti e Ambiente. Rivista internazionale di cultura urbanistica*, (14), 183-192.
- Dietz M. E., Clausen J. C. (2005) A field evaluation of rain garden flow and pollutant treatment. *Water, Air, and Soil Pollution*, 167(1-4), 123-138.
- Dietz M.E. (2007) Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water Air Soil Pollution*, 186, 351-363.
- Dimoudi A., Nikolopoulou M. (2003) Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35 (1), 69-76.
- Dwyer J. F., McPherson E. G., Schroede Fornaciari H. W., Rowntree R. A. (1992) Assessing the benefits and costs of the urban forest. *Journal of Arboriculture*, 18, 227–234.
- Ferrini F., Fini A. (2017) *Amico albero*. Edizioni ETS. Pag. 140.
- Goddard M.A., Dougill A.J., Benton T.G. (2010) Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(2), 90-98.
- Gonzalez M. T., Kirkevold M. (2014) Benefits of sensory garden and horticultural activities in dementia care: a modified scoping review. *Journal of clinical nursing*, 23(19-20), 2698-2715.
- Konijnendijk C.C., Nilsson K., Randrup Th.B., Schipperijn J. (2005) *Urban Forests and Trees. A Reference Book*. Springer, 520 p.
- Lorenzini G, Lenzi A. (2003) Il ruolo del verde urbano nella riabilitazione psichiatrica. *L'Informatore Agrario*, 41. 73-75.

- Miller R.W. (1997) *Urban forestry: planning and managing urban green spaces*, 2nd ed. Prentice Hall, New Jersey
- Miller, R. W., Hauer, R. J., & Werner, L. P. (2015) *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*, Third Edition. Waveland Press.
- Mougeot L.J.A. (2000). Urban agriculture: Definition, presence, potentials and risks, and policy challenges. *Cities feeding people series*; rept. 31. International Development Research Centre. Pag. 58.
- Nielsen T.S., Hansen K.B. (2007) Do green areas affect health? Results from a Danish survey on the use of green areas and health indicators. *Health and Place*, 13 (4), 839-850.
- Nowak D.J., Greenfield E.J., Hoehn R.E., Lapoint E. (2013) Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, 229-236.
- Nowak D., Hoehn R.E., Crane D.E., Weller L., Davila A. (2011) *Assessing Urban Forest Effects and Values*. USDA Forest Service. Resource Bulletin NRS-47. Assessing urban forest effects and values, Los Angeles' Urban Forest. Resour. Bull. NRS-47. U.S.D.A, Forest Service, Northern Research Station. Pag. 30.
- Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. (2006) Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4 (3-4), 3, 115-123.
- Oliveira S., Andrade H., Vaz T. (2011) The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46 (11), 2186-2194.
- Randrup, T. B., Konijnendijk, C., Dobbertin, M. K., Prüller, R. (2005) The concept of urban forestry in Europe. In *Urban Forests and Trees* (pagg. 9-21). Springer.
- Sanesi G. (2004) Ruolo del verde pensile negli spazi urbani - Dossier: Pianificazione sostenibile: il verde pensile negli spazi urbani. *Genio Rurale Estimo e Territorio*, 67 (12), 48-49.
- Sanesi G., Colangelo G., Laforteza R. (2008) Risorse forestali, aree urbane e salute umana. *Sherwood*, 14 (144), 19-22.
- Santamouris, M. (2014) Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar energy*, 103, 682-703.
- The World Bank (2017). World Bank Open Data, available at: <https://data.worldbank.org/>
- Van Herzele A., Wiedemann T. (2003) A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 63(2), 109-126.
- Van Renterghem T., Botteldooren D. (2009) Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*, 44 (5), 1081-1087.
- Yang J., McBride J., Zhou J., Sun Z. (2004) The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*, 3 (2), 65-78.
- Zoulia I., Santamouris M., Dimoudi A. (2009) Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156 (1-4), 275-292.

1. PARTE GENERALE

- A.A.V.V. (2017) *Linee guida per il governo sostenibile del verde urbano*. Comitato per lo sviluppo del verde pubblico, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Pag. 60.
- Agostoni F., Marinoni C.M. (1987) *Manuale di progettazione di spazi verdi*. Zanichelli, Bologna. Pag. 388.

- Benvenuti L. (2006) Dispense del corso “Macchine per l'impianto e la manutenzione del verde”. Università degli Studi di Padova.
- Biondi P. (1999) Meccanica agraria. Le macchine agricole. UTET, Torino, pag. 572.
- Cera M. (1976) Meccanizzazione Agricola. Libreria Editrice Universitaria Patron, Padova.
- Chiesura A., Mirabile M. (2016) Qualità dell'ambiente urbano – XII Rapporto ISPRA Stato dell'Ambiente 67/16 pagg. 217-233.
- Ferrini F. (2017) Gestione sistematica e integrata del verde urbano. *Bullettino della Società Toscana di Orticoltura*, 3, 35-39.
- Johnston M., Hiron A. (2014) Urban trees. In *Horticulture: Plants for People and Places*, Volume 2, 693–711. Springer.
- Naess P. (2001) Urban Planning and Sustainable Development. *European Planning Studies*, 9(4), 503-524.
- Olsen E.D., Hossain M.M., Miller M.E. (1998) Statistical comparison of methods used in harvesting work studies. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Research Contribution 23. 41 p.
- Piccarolo P. (1995) Spazi verdi pubblici e privati. Hoepli Editore, 424 pag.
- Piccarolo P. (2000) Creazione e cura del verde. Calderini Edagricole, Bologna.
- Piccarolo P. (2006) La gestione del verde urbano: i principi e le tecnologie. *Mondo Macchina*, 4, 10-14.
- Piccarolo P. (2009) Verde urbano tra tradizione e innovazione. *Mondo Macchina*, 7-8, 14-16.
- Piccarolo P. (2010) Verde e sostenibilità urbana: metodologie e strumenti. *Mondo Macchina* (2), 48-55.
- Vogt J., Hauer R. J., Fischer B. C. (2015) The Costs of Maintaining and Not Maintaining the Urban Forest: A Review of the Urban Forestry and Arboriculture Literature. *Arboriculture & Urban Forestry*, 41(6).

2. LAVORI PRELIMINARI E PREPARAZIONE DEL TERRENO

- Ceccon P., Fagnano M., Grignani C., Monti M., Orlandini S. (2017) *Agronomia*, Ed. Edises Napoli. Pag 620.
- Piccarolo P. (2008) Preparazione del campo da rugby: tecniche e macchinari. *Mondo Macchina*. 3, 34-36.

3. IMPIANTO DEL VERDE ORIZZONTALE E VERTICALE

- A.A.V.V. (2016) Linee guida per la scelta del materiale vivaistico per gli alberi della città e definizione degli standard qualitativi. Documento del Gruppo di Lavoro per la Scelta del Materiale Vivaistico e per la Definizione degli Standard Qualitativi, Società Italiana di Arboricoltura (S.I.A.) – Onlus, pag. 27.
- Carminati M. (2014) La gestione del verde urbano e rurale. Manuale di buone pratiche e suggerimenti. Provincia di Bergamo. Pag. 136.
- Ferrini F. (2017) Greening the city. La scelta delle specie. *Ri-Vista*, 15(1), 60–71.
- Piccarolo P. (2009) Per le aree inaccessibili la soluzione è l'idrosemina. *Terra e Vita*, Speciale manutenzione verde. 31-32, 41-42.
- Piccarolo P. (2012) L'idrosemina: una tecnica per ridurre l'erosione del suolo. *Mondo Macchina* (1), 90-94.

4. MANUTENZIONE DEL VERDE PAESAGGISTICO

- AA.VV. (2011) Manuale per la gestione ambientale dei corsi d'acqua. A cura di M. Monaci, Veneto Agricoltura, pagg. 148.
- Caggianelli A., Ricciardelli F., Monaci M., Boz B. (2012) Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna.
- Piccarolo P. (2011) Decespugliatori: tipologie e funzioni. Mondo Macchina (3-4), 32-35.
- Raimondi S., Busolin M. (2009) La gestione dei corsi d'acqua. MAD - Macchine Agricole Domani, numero speciale 6.

5. TAGLIO E GESTIONE DEI TAPPETI ERBOSI SPORTIVI E ORNAMENTALI

- Benvenuti L. (2006) Dispense del corso "Macchine per l'impianto e la manutenzione del verde". Università degli Studi di Padova.
- Piccarolo P. (2000) Creazione e cura del verde. Calderini Edagricole, Bologna.
- Piccarolo P. (2006) La gestione del verde urbano: i principi e le tecnologie. Mondo Macchina, 4, 10-14.
- Piccarolo P. (2012) La rasatura dei tappeti erbosi per lo sport. Mondo Macchina, 1, 56-60.
- Piccarolo P. (2012) Manutenzione ordinaria dei tappeti erbosi. Mondo Macchina, 2, 56-59.
- Piccarolo P. (2012) La rasatura dei tappeti erbosi ornamentali e ricreativi. Mondo Macchina (3-4), 52-55.
- Piccarolo P. (2013) Rasaerba con conducente a terra. Mondo Macchina, 5-6, 36-41.

6. CURA E DIFESA DEL VERDE

- Biocca M., Gallo P., Imperi G. (2010) Periodical Inspections and Controls of Agricultural Sprayers already in Use in Italy looking at the Directive CE 128/09. Proceedings "International Conference Ragusa SHWA 2010 - September 16-18, 2010 Ragusa Ibla Campus- Italy" CD-ROM / ISBN: 978-88-903151-6-9, pag. 517-529.
- Biocca M., Gallo P. (2017) Applicazione efficiente del prodotto fitosanitario: l'influenza della pressione di esercizio. Agrifoglio, 69, 7-8. On line su: <http://www.alsia.it/opencms/opencms/AlsiaLibrary/agrifoglio.html>. ISSN 2421-3268.
- Peruzzi A., Lulli L., Raffaelli M., Del Sarto R., Frascioni C., Ginanni M., Plaia C., Sorelli F., Fontanelli M. (2009) La gestione fisica della flora spontanea in area urbana. Felici Editore, Pisa.
- Vannucci D. (2001) Macchine per la difesa delle colture. Edagricole, pag. 210.

7. IRRIGAZIONE

- Bortolini L. (1999) L'irrigazione del giardino con impianti fissi e mobili. Macchine e Motori agricoli 10, Supplemento "Macchine per il verde": 11-13.

- Bortolini L. (2000) Irrigatori: quale scegliere? *Macchine e Motori agricoli* 4, Supplemento "Macchine per il verde": 11-13.
- Bortolini L., Lazzarin R. (2003) Sistemi di erogazione per ogni esigenza. *Colture protette* 11: 71-76.
- Bortolini L. (2006) Gli impianti d'irrigazione del tappeto erboso. *Phytomagazine* 15 "Speciale inerbimento" 15: 59-73.
- Bortolini L. (2007) C'è ma non si vede. *Acer* 2: 63-65.
- Bortolini L. (2008) Le basi di Acer: Caratteristiche degli irrigatori. *Acer* 5: 99-102.
- Bortolini L. (2008) Le basi di Acer: Irrigatori statici e dinamici. *Acer* 6: 99-102.
- Bortolini L. (2017) Irrigazione e gestione dell'acqua nelle aree verdi. Materiale didattico. Cleup Editore, Padova.

8. CURA E GESTIONE DEGLI ALBERI E DEGLI ARBUSTI

- AA.VV. (2017) Linee guida per il governo sostenibile del verde urbano. Comitato per lo sviluppo del verde pubblico, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Pag. 60.
- Biocca M. (2001) Alberi in trazione. *Acer*, 1, 65-67.
- Biocca M. (2004) Pericolosità degli alberi in ambiente urbano: elementi per la gestione del rischio di schianto. Atti del 10° Convegno di Igiene Industriale, a cura di R. Vistocco Corvara (BZ), 31 marzo 2 aprile 2004, 343-346.
- Biocca M. (2008) Gestione del rischio di caduta di alberi in ambiente urbano - Elementi per il controllo della sicurezza degli alberi. *Tecnico & Pratico* (Supplemento a *Sherwood*) 42, 8-10.
- Biocca M., Motta E., Lucatello G., Dallari D. (2003) Aspects of the stability of the Italian Stone Pine (*Pinus pinea* L.) in Rome, Italy. Atti del "Second International Symposium on Plant Health in Urban Horticulture" Berlin, Germany, August 27-29. 228-229.
- Bonalume V. (2008) Sempre più in alto. *Macchine Agricole*, 30-34.
- Ferrini F. (2006) Interventi di potatura e loro effetti sull'equilibrio fisiologico e biomeccanico degli alberi ornamentali. *Sherwood*, 3:19-22.
- Ferrini F. (2013) Perché capitozzare gli alberi è un danno per gli alberi e per il patrimonio cittadino. *Arbor*, 35, 18-21.
- Lloyd J. (1997) Plant health care for woody ornamentals. International Society of Arboriculture, Savoy, Illinois.
- Lobis V., Brudi E., Maresi G., Ambrosi P. (2002) Valutazione della stabilità degli alberi. Il SIA (Static Integrated Assessment) ed il metodo SIM (Static Integrated Method). *Sherwood*, 8 (78), 41-46.
- Mattheck C., Breloer H. (1998) La stabilità degli alberi. Verde Editoriale.
- Millet J (2012) L'architecture des arbres des régions tempérées. Québec: Les Éditions Multimondes, pag. 390.
- Piccarolo P. (2000) Creazione e cura del verde. Calderini Edagricole, Bologna.
- Piccarolo P. (2013) L'impiego del tagliasiepe nella manutenzione del verde. *Mondo Macchina*, 5-6, 56-61.
- Sani L. (2008) Valutazione integrata dell'albero. Manuale ad uso pratico per il rilevamento delle condizioni vegetative, fitosanitarie e di stabilità degli alberi in ambito urbano. Nicomp Laboratorio Editoriale, 176 pag.

- Sani L. (2017) Statica delle strutture arboree per la valutazione di stabilità. Pg Editore.
- Sinn G., Wessolly L. (1989) A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees. *Arboricultural Journal*, 13(1), 45-65.
- Snidero I., Dovier G., Rochina P., Butazzoni L., Cividino S. R. S., Maroncelli E. (2012) Abbattimenti sicuri in ambito urbano; quadro tecnico ed esperienza in campo, *Sherwood*, 18 (188), 42-47.
- Verani S., Biocca M. (2002) Aspetti operativi dell'abbattimento di alberature di platano affette da cancro colorato. *Mondo Macchina*, 11, 3, 44-47.
- Wessolly L. (1995) Fracture diagnosis of trees, Part 1: Statics-Integrated Methods, measurement with tension test. *Stadt und Grun*, 6, 416-422.

9. PULIZIA E GESTIONE DEI RESIDUI DEL VERDE

- Biocca M. (2002) Residui dal verde urbano della città di Roma. In "Valorizzazione energetica delle biomasse agricole laziali" Atti del convegno "Energia dall'agricoltura: opportunità per gli operatori agricoli ed industriali laziali" 25/11/2002, Roma, pag. 27-30.
- Fornaciari L., Fanigliulo R., Sperandio G., Biocca M., Grilli R., Gallo P., Pochi D. (2015) Esposizione ad agenti fisici e cancerogeni durante la cippatura. *Sherwood*, 215, 31-36.

10. TUTELA DELLA SALUTE E SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO

- Baldini S., Cioè A., Picchio R. (2008) Sicurezza ed antinfortunistica nei cantieri forestali e di manutenzione del verde urbano: valutazione dei rischi. Agra Editrice, Roma.
- Calvo A. (2008) Rumore e vibrazioni nel mirino. *Il Contoterzista*, 5, 26-30.
- Bortolini L., Cividino, S. R. S., Gubiani, R., Cecchini, M., Delfanti, L. M. P., & Colantoni, A. (2016). Urban green spaces activities: A preparatory groundwork for a safety management system. *Journal of Safety Research*, 56, 75-82.
- Cutini M., Pochi D., Biocca M., Fanigliulo R., Fornaciari L., Bisaglia C., Carnevali C., Liberatori S. (2014) *Trattore sicuro. Guida pratica su salute e sicurezza*. Pam Pam edizioni, ISBN: 978-88-909527-1-5.
- Fanigliulo R., Fornaciari L., Vassalini G., Biocca M., Brannetti G., Cervellini C., Pochi D. (2012) Main safety aspects of agricultural machinery: management of control tests on noise emitted according to EN ISO/IEC 17025:2005. Proceedings: International Conference RAGUSA SHWA 2012, September 3-6, 2012, Ragusa – Italy "Safety Health and Welfare in Agriculture and in Agro-food Systems". CD-ROM / ISBN 978-88-905473-4-8, pag. 290-296.
- Pochi D., Fanigliulo R., Fornaciari L., Grilli R., Vassalini G., Biocca M., Del Duca L., Volpi C., Nataletti P. (2014) Studio e sviluppo di dispositivi per la riduzione del rischio derivante dall'esposizione dell'operatore ad agenti fisici (rumore e vibrazioni). In: "Integrazione tra gli aspetti ergonomici e di sicurezza in trattori e macchine agricole" a cura di C. Bisaglia. Ed. Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura. Pag. 18-47. ISBN 978-88-97081-64-7. On-line .978-88-97081-65-4.
- Proto A., Mazzocchi F., Cossio F., Bortolini L., Pascuzzi S., Caruso L., Diano M., Zimbalatti G. (2016) A survey on occupational injuries in works on trees in Italy. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 223, 435-441.

ATTRIBUZIONE DELLE FOTO

Le foto di copertina sono di Lucia Bortolini e Archivio CREA.

Le foto: 1.3 - 1.5 - 1.7 - 2.9 - 2.17 - 4.1 - 4.8 - 5.2 - 5.3 - 5.13 - 5.15 - 5.16 - 5.17 - 5.18 - 5.19 - 5.20 - 5.25 - 5.26 - 5.27 - 5.28 - 5.30 - 5.34 - 5.35 - 5.36 - 5.39 - 5.40 - 6.12 - 6.14 - 7.4 - 7.5 - 7.6 - 7.7 - 7.8 - 7.9 - 7.10 - 7.11 - 7.13 - 7.14 - 7.15 - 7.16 - 7.17 - 7.18 - 7.19 - 8.7 - 8.8 - 8.14 - 8.17 - 8.19 - 8.28 - 9.1 - 9.2 - 9.7 - 10.1 - 10.5 - 10.6, sono di Lucia Bortolini.

Le foto: *in alto a pag.10*, *la foto a pag. 11* e le foto 1.1 - 2.4 - 2.10 - 2.11 - 4.5 - 5.8 - 5.14 - 5.31 - 5.38 - 6.4 - 6.5 - 6.8 - 6.9 - 6.11 - 6.15 - 6.17 - 8.4 - 8.6 - 8.9 - 8.10 - 8.11 - 8.12 - 8.15 - 8.20 - 8.23 - 8.24 - 8.25 - 8.29 - 8.30 - 8.31 - 8.32 - 9.4 - 9.5 - 9.8 - 10.3 - 10.4, sono di Marcello Biocca.

Le foto: 2.3 - 2.13 - 4.3 - 5.1 - 5.9 - 5.10, sono di Roberto Fanigliulo.

Le foto: 1.4 - 1.9 - 2.7 - 4.6 - 9.4, sono di Francesca Stanco.

Le foto: 2.1 - 3.7 - 6.18, sono di Luigi Strazzabosco.

La foto 3.5 è di Anna Lenzi.

La foto 8.33 è di Giancarlo Imperi.

La foto 8.2 è di Gianfilippo Lucatello.

La foto 3.10 è di Giulio Sperandio.

La foto 9.6 è di Laura Saenz de Buruaga.

La foto 8.3 è di Emma Motta.

Le foto: 4.9 - 4.10 - 4.11, sono del Consorzio Acque Risorgive.

Le foto: 2.18 - 8.1 - 8.21, sono dell'archivio CREA

La foto *in basso a pag. 10* è tratta da: <https://www.publicdomainpictures.net/view-image.php?image=168402&picture=shade-trees>.

La foto 5.11 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Standalone_lawn_mower.jpg#/media/File:Standalone_lawn_mower.jpg.

La foto 6.16 è tratta da: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Endoterapia.jpg>.

La foto 10.2 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chainsaw_helmet.jpg.

La foto 1.6 è tratta da: https://it.wikipedia.org/wiki/File:BCS_2.jpg.

La foto 1.8 è tratta da: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Deere_Gator_\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Deere_Gator_(1).jpg) e da <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65305941>.

La foto 1.10 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spreader_AF.jpg e da <https://pixabay.com/it/quad-atv-gatto-artico-forest-555376>.

La foto 2.2 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stump_grinder_in_england_arp.jpg, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rotor_stump_grinder_at_work.jpg e da https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Husqvarna_SG13_stump_grinder.jpg.

La foto 2.6 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toro_Dingo_TX_420,_Werktuigendagen_2005_a.jpg.

La foto 3.6 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sod_Farm_3.JPG#/media/File:Sod_Farm_3.JPG.

La foto 3.9 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baumtransport_2.jpg.

La foto 4.7 è tratta da: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RoboFlail_remote-control-led_mower.jpg.

La foto 5.5 è tratta da: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lawn_mower_advertisement_-Curtis%27s_Botanical_Magazine_vol._102_\(1876\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lawn_mower_advertisement_-Curtis%27s_Botanical_Magazine_vol._102_(1876).jpg) e da <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ransomes00.gif>.

La foto 5.7 è tratta da: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hover-mower.jpg>.

La foto 8.22 è tratta da: <https://pixabay.com/it/motosega-sega-strumento-potere-434326>.