ATTI Giornate Fitopatologiche
1992, 3, 247-256

STUDIO DELLE OSCILLAZIONI DI UNA MACCHINA IRRORATRICE A BARRA ORIZZONTALE: PRIMI RISULTATI

M. FEDRIZZI, P. MENESATTI, L. PARI, D. VANNUCCI

Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola - Roma
Sezione Macchine Operatrici

RIASSUNTO

La corretta applicazione dei fitofarmaci, effettuata tramite irroratrici a barra orizzontale, dipende da numerosi fattori tra i quali, non ultima, la stabilità trasversale della stessa, in relazione alle sollecitazioni indotte dagli ostacoli naturali presenti sul terreno, ed alla presenza di un meccanismo ammortizzatore, specifico per questo tipo di attrezzatura. La diversa distanza del suolo cui vengono a trovarsi gli ugelli erogatori induce variazioni sulla sovrapposizione tra ugelli contigui: tali variazioni sono state valutate anche in base alle caratteristiche specifiche di alcuni tipi di ugelli irroratori con cui la barra può essere equipaggiata.

STUDY OF OSCILLATIONS OF GROUND CROP BOOM: FIRST RESULTS

SUMMARY

The good application of pesticides, effectuated by ground crops boom is also due, among other factors, to the crosswise stability in relation to the solicitations induced by ground natural obstacles and to the effect of a shock-absorber mechanism.The different ground distance of the sprayers generates variations on spray overlap: these variations are evaluated in ralation to the specific characteristics of some different types of sprayers.

INTRODUZIONE

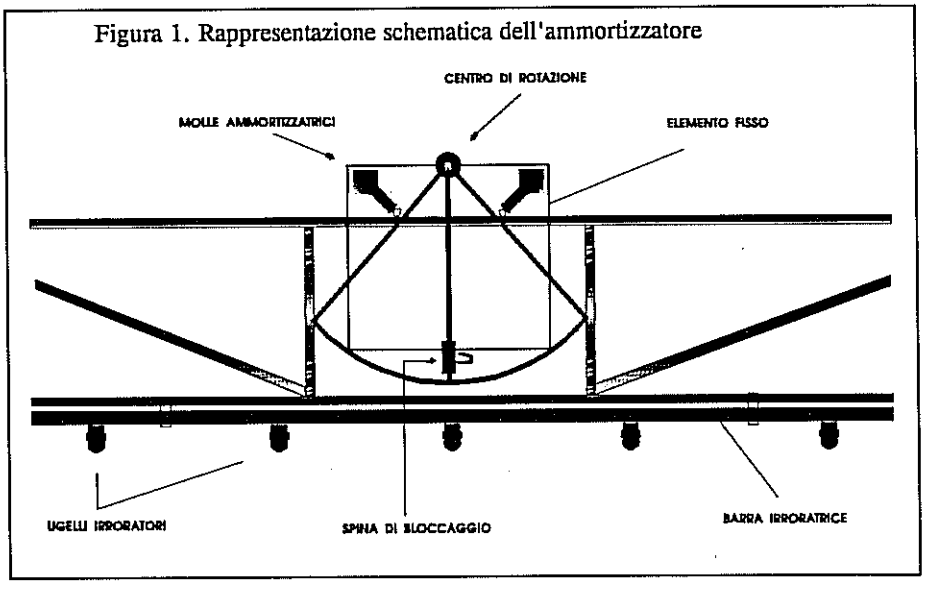
L'efficacia di un trattamento fitosanitario dipende da molti fattori, tra i quali il prodotto utilizzato, le condizioni atmosferiche durante e dopo l'applicazione, l'attrezzatura impiegata per la distribuzione. Nella pratica quotidiana l'utente, una volta acquistata una macchina irroratrice nella maggior parte dei casi si limita a seguire le indicazioni delle case costruttrici, per quanto riguarda l'uso e la manutenzione dell'attrezzatura. Queste, per il corretto dosaggio del fitofarmaco spesso si limitano a suggerire una generale pulizia della macchina, il controllo della pressione di esercizio ed il mantenimento di una idonea, costante velocita` di avanzamento, oltre ad una indicazione sulla distanza tra barra irroratrice e bersaglio da trattare. Ma nonostante si ponga la massima attenzione nella regolazione della pressione di esercizio, nella scelta degli ugelli e della velocita' di avanzamento, rimangono pur sempre molte condizioni ambientali difficilmente controllabili che possono interferire con il lavoro della macchina, come per esempio le pendenze, la livellazione del terreno, l'eventuale presenza di scheletro o di zollosita' grossolana e di forma eterogenea, la presenza di scoline, ecc. Questi ultimi fattori influiscono molto sulla stabilita' della trattrice che porta l'attrezzatura o su quest'ultima quando la stessa sia trainata o semiportata. Cio' comporta che le barre irroratrici orizzontali subendo delle oscillazioni trasversali, portano gli ugelli ad altezze dal bersaglio diverse (crescenti e decrescenti sui lati opposti) rispetto a quelle programmate. La diversa risposta alle condizioni ambientali sopra dette quindi costituisce una caratteristica dell'attrezzatura che puo' influire in modo sensibile sulla finale qualita' di applicazione.

Per questo motivo gia' da anni il PAMI (Prairie Agricultural Machinery Institute - Manitoba, Canada) ha inserito nei propri bollettini di omologazione di barre orizzontali per l'applicazione di fitofarmaci anche il movimento che queste subiscono quando la trattrice transiti sopra ostacoli definiti. Poiche` anche l'Italia si sta organizzando per effettuare delle prove di certificazione sulle macchine agricole, volute dal Ministero dell'Agricoltura e Foreste e curate nella metodologia da apposite Commissioni costituite dal CONAMA (Consorzio Nazionale Meccanizzazione Agricola), sembra quindi interessante affrontare lo stesso problema, che potra' risultare utile anche quando in seguito sara' necessario riconsiderarlo per la messsa a punto di una metodologia comune europea di certificazione sulle barre irroratrici. Obiettivo della presente memoria e' quindi quello di studiare le variazioni della distanza dal bersaglio di un punto di una barra irroratrice. Tali variazioni sono state valutate in funzione della velocita` di avanzamento della trattrice e dell'effetto ammortizzante di uno specifico meccanismo stabilizzatore reperito in commercio.

MATERIALI E METODI

Nella figura 1 e` schematizzato l'ammortizzatore utilizzato nelle prove. Si tratta di un semplice congegno da inserire tra il telaio che sostiene il serbatoio e la struttura orrizon-

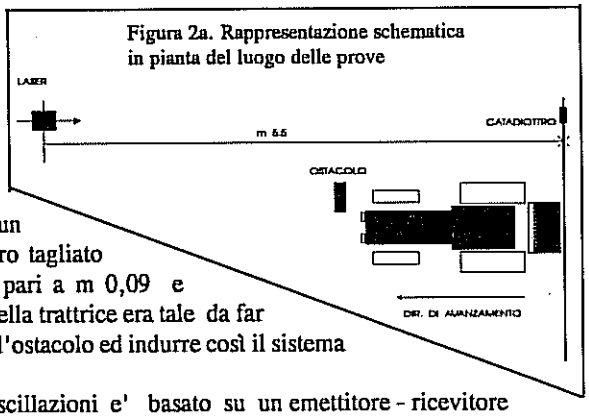
Figura 1. Rappresentazione schematica dell'ammortizzatore



tale di sostegno della barra irroratrice. E` composto da una parte fissa di forma rettangolare alla cui sommita` e` imperniata una parte mobile avente forma di un arco di circonferenza che scorre entro una guida con cuscinetti a sfere. L'effetto di ammortizzamento e` garantito da 2 molle estensibili contrapposte collegate ad entrambe le strutture. Una spina situata in posizione centrale nella parte mobile consente di bloccare quest'ultima e renderla solidale con il telaio escludendo l'effetto ammortizzante delle molle. Per le prove e` stata utilizzata una trat-

trice da 66,7 kW alla p.d.p., a 4 ruote motrici con carreggiata pari a cm 165, passo cm 241 e pneumatici anteriori di misura 14.9R24 posteriori 18.4R34, gonfiati alla pressione di 1,2 e 1,4 bar rispettivamente, è stata equipaggiata con una comune macchina irroratrice portata a barra orizzontale di larghezza pari a m 9,50 dotata di n° 20 ugelli erogatori, serbatoio da l 300 e gruppo pompante azionato dalla p.d.p..

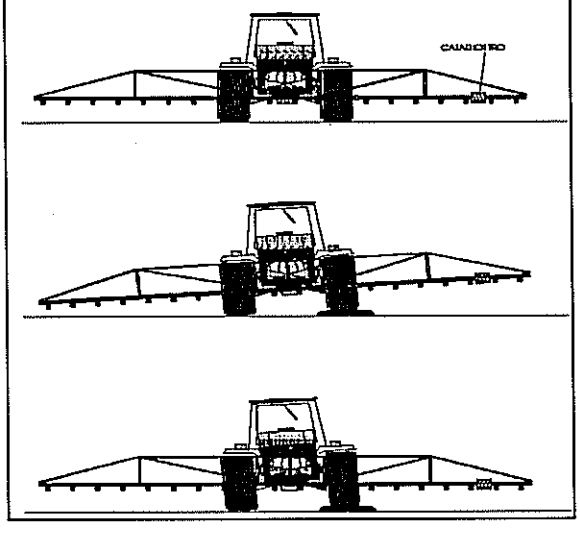
Figura 2a. Rappresentazione schematica in pianta del luogo delle prove



Il complesso motrice-operatrice è stato fatto avanzare su una superficie piana asfaltata sulla quale e` stato posizionato un ostacolo avente forma di un cilindro tagliato lungo l'asse principale, di raggio pari a m 0,09 e lunghezza di m 0,5. La traiettoria della trattrice era tale da far incontrare alle ruote del lato destro l'ostacolo ed indurre così il sistema ad oscillare (figura 2A e 2B).

Il sistema di rilevamento delle oscillazioni e' basato su un emettitore - ricevitore di raggio laser in grado di rilevare ogni 0,05 s la posizione del catadiottro montato sulla barra. L'apparecchio consta di un emettitore di raggio laser generato da un tubo ad Elio-Neon (Classe II) che produce una luce visibile rossa di 1,0 mW massimo. Il raggio, tramite uno specchio rotante, viene riflesso nell'ambiente circostante con la frequenza di 20 impulsi al secondo, copre un angolo di 90° (+45° rispetto al centro di emissione) ad una velocita` di 7200°/s, ed e` utilizzabile con un bersaglio posto ad una distanza compresa fra 0 e 6 m.

Figura 2b. Trattrice nelle tre condizioni: in avanzamento, sull'ostacolo con ammortizzatore bloccato, con ammortizzatore libero



Il bersaglio e` costituito da un catadiottro di forma quadrata di dimensioni note costituito da prismi in grado di riflettere il raggio parallelamente a quello incidente. La percentuale di riflessione e' del 90%. La luce riflessa viene captata dallo stesso apparecchio per mezzo di un ricettore ottico che valuta la distanza del bersaglio e l'angolo della suddetta direzione con il centro dello strumento. Terminata l'acquisizione, i dati vengono trasferiti ad un PC per essere elaborati ed espressi graficamente. L'apparecchio laser viene disposto su un apposito supporto di altezza nota a da terra e viene orientato in modo che l'emissione del raggio sia su un piano verticale.

Su un lato della barra in osservazione vengono applicati i bersagli ad una distanza dal centro

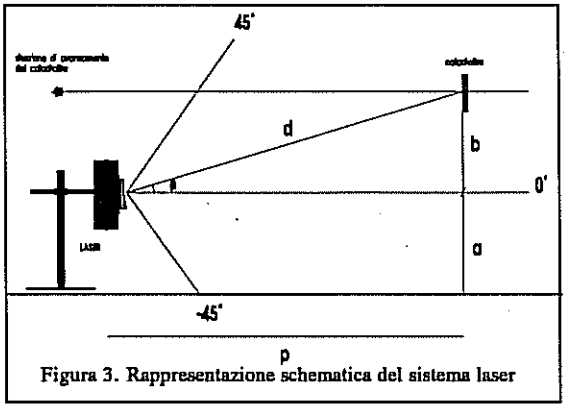


Figura 3. Rappresentazione schematica del sistema laser

pari a 4 m. I bersagli catarifrangenti, in numero di cinque sono allineati orizzontalmente ed a contatto l'uno con l'altro, ed orientati con la faccia riflettente rivolta verso il raggio laser. A tal proposito e` opportuno ricordare come, ad un movimento verso l'alto di un lato della barra corrisponde un analogo movimento verso il basso del lato opposto. Due fotocellule determinano l'inizio e la fine del rilevamento al passare della macchina operatrice in prova. Poiche` il laser esegue 20 letture al secondo, l'acquisitore viene regolato in modo corrispondente, registrando 20 angolazioni e 20 distanze ogni secondo di durata della prova. Con riferimento alla figura 3, alla quale si rimanda per la comprensione dei simboli utilizzati, si avra` che la proiezione a terra p della distanza d dal punto di emissione del raggio laser al punto di riflessione sulla barra, sara` dato da $p = d \cos\beta$ mentre l'altezza reale h da terra nello stesso momento sara` dato da $h = a + b = a + d \sin\beta$. Da quanto sopra, emerge che tanto minore e` b, tanto maggiore e` lo spazio percorso dalla barra nel campo di lettura dello strumento. Posizionando il laser in modo che h-a =0,30 m si avra` che letture utili potranno essere fatte da una distanza di 5,5 m fino ad un minimo di 0,30 m. E` stato studiato il comportamento della barra in funzione della presenza e dell'assenza dell'ammortizzatore ed in funzione di tre diverse velocita` di avanzamento (4,1 6,4 e 8,2 m/s) corrispondenti a tre diversi rapporti del cambio (1A 2A e 3A media) con motore a regime costante di 2200 giri/min. Le prove delle 6 tesi che ne derivano sono state ripetute ciascuna 3 volte (tabella 1). Nelle prove la barra e` stata posizionata ad una altezza h dal suolo pari a 0,8 m. Questa altezza e` stata scelta al fine di consentire la massima possibilita` di oscillazione della barra senza che le estremita` di quest'ultima urtassero il suolo. Il gruppo pompante e` stato mantenuto inattivo, mentre il serbatoio era stato riempito con l 150 di acqua, pari al 50% della capacita` massima. Dopo aver effettuato le prove, tramite i dati acquisiti ed elaborati, e` stato ricostruito ed analizzato il movimento del catadiottro nello spazio. I dati sperimentali sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA).

Tabella 1. Legenda tesi

	Velocità (km/h)		
	4.1	6.4	8.2
con ammortizzatore	tesi 1	tesi 2	tesi 3
senza ammortizzatore	tesi 4	tesi 5	tesi 6

RISULTATI

Nella figura 4 sono riportati i risultati delle prove di ogni singola tesi. Poiche` in stato di quiete, la barra si trovava ad una distanza da terra pari a 0,8 m, si e` ritenuto interessante riportare in ordinata il valore delle variazioni di tale parametro: definita hp l'altezza del punto rilevato rispetto al suolo, sull'asse y sono riportati i valori d= hp-h dove h= m 0,8. In

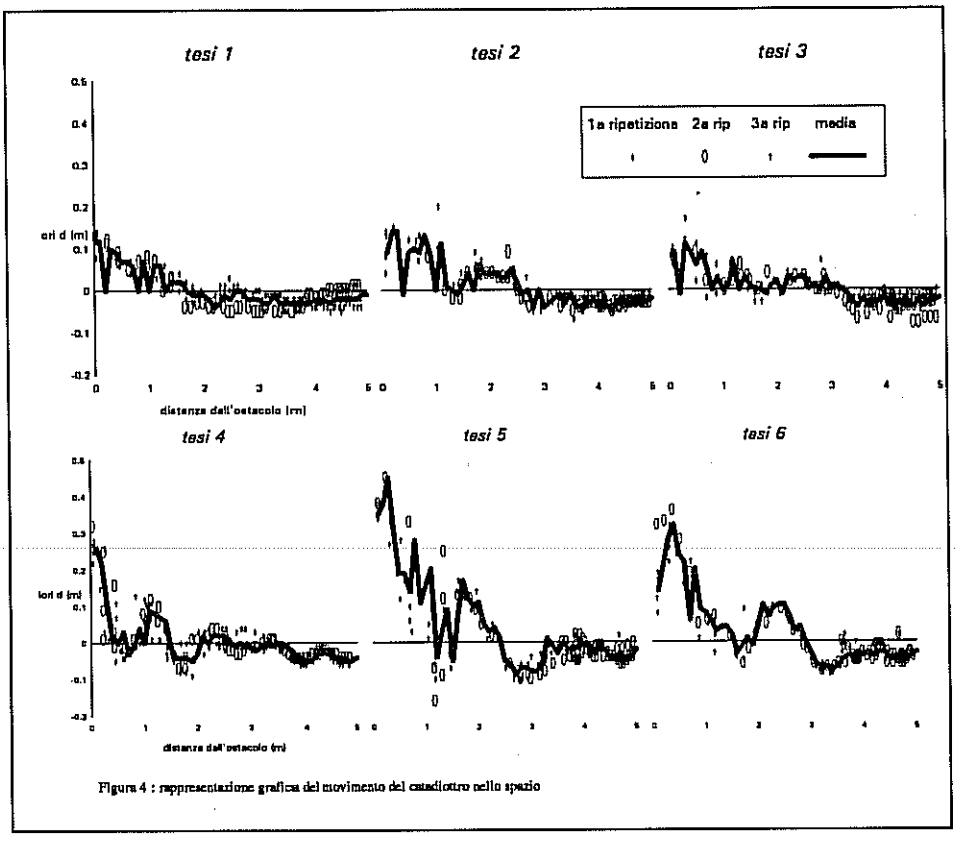


Figura 4 : rappresentazione grafica del movimento del cuscinetto nello spazio

ascissa sono riportati i corrispondenti valori della distanza orizzontale l del punto rilevato dall'ostacolo posto in origine. Per ogni tesi sono riportati i singoli valori relativi ad ogni ripetizione nonche` i valori della media ottenuta calcolando per ogni intervallo di ascissa relativo alle singole velocita` il valore medio delle tre ordinate corrispondenti. Dall'analisi dell'andamento delle curve si rileva come sia sensibile l'effetto dell'ammortizzatore nel ridurre l'ampiezza e l'entita` delle oscillazioni e come la velocita` induca un incremento dei valori d soprattutto nel confronto tra la velocita` piu` bassa e quella intermedia; al valore di velocita` massima non corrispondono invece proporzionali incrementi dei valori d.

Tabella 2. Medie, deviazioni standard e valori massimi relativi alle curve medie dei valori d (m) delle diverse tesi

tesi	1	2	3	4	5	6
media	0,001	0,013	0,005	0,005	0,050	0,033
dev.s.	0,039	0,053	0,037	0,061	0,129	0,097
valore max	0,120	0,140	0,110	0,260	0,450	0,320

Nella tabella 2 sono riportati il valore medio, massimo e la deviazione standard relativi ai valori medi delle 3 ripetizioni delle singole tesi. I valori medi d delle singole tesi sono stati sottoposti ad analisi della varianza rispetto alle 2 sorgenti di variazione (presenza dell'ammortizzatore e velocita`) e i risultati sono esposti nella tabella 3. Si puo` notare come entrambi i fattori considerati inducano variazioni significative dei valori d, mentre la loro interazione

Tabella 3. Analisi della varianza dei valori medi d (m)

Sorgente di variazione	devianza	g d l	varianza	rapporto F	liv.sig.
ammortizzatore	0,03962	1	0,03962	6,657	0,0104
velocità	0,04154	2	0,02077	3,489	0,0318
interazione	0,01558	2	0,00779	1,309	0,2717
residua	1,74991	294	0,00595		
totale	1,84665	299			

Tabella 4. Valori percentuali della distribuzione in classi di frequenza dei valori d

	tesi					
classi (m)	1	2	3	4	5	6
-0,05				10	20	18
0	76	60	58	60	34	32
0,05	6	20	30	16	12	16
0,10	16	12	10	8	6	20
0,15	2	8	2	2	8	2
0,20					10	2
0,25				2		6
0,30				2	4	2
0,35					2	2
0,40					2	
0,45					2	

e` risultata non significativa. I valori medi d sono stati distribuiti in classi di frequenza, di ampiezza costante pari a m 0,05 valutandone la distribuzione percentuale (tabella 4).
Si puo` apprezzare come l'azione dell'ammortizzatore (tesi 1, 2 e 3) contenga i valori d entro il campo 0-0,15 m a tutte le velocita` provate, mentre in assenza dell'effetto dell'ammortizzatore (tesi 4, 5 e 6) i valori d siano sensibilmente piu` elevati.

CONCLUSIONI

Lo studio condotto ha dimostrato la significativa influenza della velocita` di avanzamento e dell'effetto del meccanismo stabilizzatore, nel limitare le oscillazioni trasversali della barra. Si e` potuto notare come l'incremento di velocita` dalla piu` bassa all'intermedia, determini un incremento delle oscillazioni non paragonabile a quello dovuto al passaggio alla velocita` piu` alta: si ritiene che, a determinare questo comportamento, partecipino diversi fattori tra i quali le spinte del liquido esercitate sulle pareti del serbatoio e la diversa reazione dei pneumatici. Analogo comportamento si verifica anche in presenza dell'effetto ammortizzante del meccanismo stabilizzatore, ma in modo quantitativamente piu` contenuto, a conferma della non significativita` dell'effetto di interazione tra i due fattori. Il presente studio, pur non esaurendo la problematica relativa all'ottimizzazione della distribuzione dei fitofarmaci, fornisce indicazioni, di base per ulteriori valutazioni inerenti l'interazione tra le oscillazioni indotte dai fattori ambientali sulla barra e la qualita` della distribuzione, nonche` altri effetti paralleli indotti dalle medesime cause all'intero sistema (sollecitazioni su organi meccanici e sul conducente).

VALUTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

In relazione ai risultati ottenuti si e` ritenuto opportuno verificare quali fossero gli effetti indotti dalle riscontrate variazioni di altezza della barra sulla uniformita` di distribuzione, sulla base di alcuni riferimenti bibliografici. Tali riferimenti forniscono indicazioni circa la sovrapposizione dei getti di ugelli contigui da ricercare allo scopo di ottenere la migliore uniformita` di distribuzione trasversale, in funzione del tipo di ugello e della distanza i tra gli ugelli sulla barra (figura 5). Sono state quindi derivate le formule per il calcolo dell'altezza dal bersaglio in funzione dell'angolo di spruzzo α caratteristico degli ugelli erogatori, di i e del coefficiente di sovrapposizione Cs. Tale coefficiente e` dato dal rapporto S/L: i valori caratteristici di Cs per i diversi tipi di ugelli irroratori, cui corrisponde la migliore uniformita` di distri-

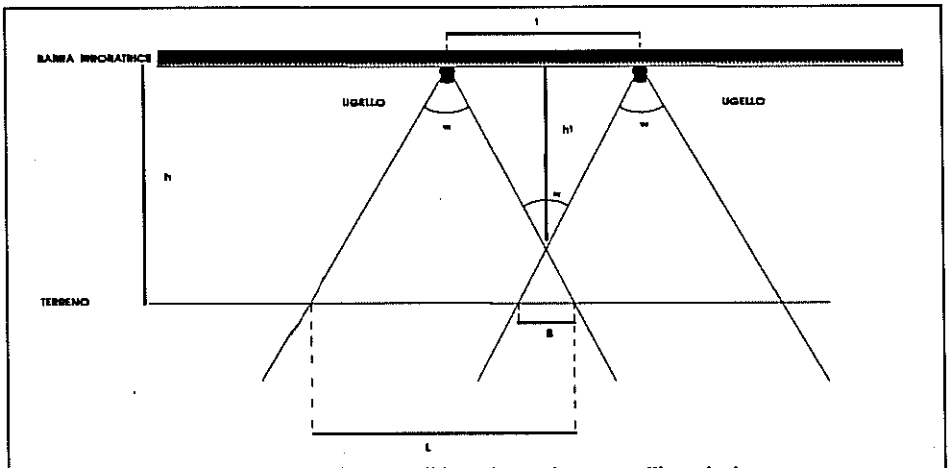


Figura 5. Rappresentazione schematica tratto di barra irroratrice con ugelli contigui

Tabella 5. Coefficienti di sovrapposizione di alcuni tipi di ugelli erogatori

tipo ugello	Cs
a ventaglio	0,5
a cono	0,25
a specchio	0,09

buzione (Pellizzi 1987) sono riportati nella tabella 5. Detta hi la distanza tra la barra ed il punto di contatto tra gli spruzzi di 2 ugelli contigui, risulta :

$$hi = i / \{2 \text{ tg } (a/2)\}$$

mentre l'altezza h degli ugelli dal bersaglio, che ottimizza la distribuzione, e` data da: $h = hi / (1\text{-}Cs)$ cui corrisponde una copertura teorica:

$$L = 2 \text{ h tg } (a/2) .$$

Tabella 6. Altezze h che realizzano il Cs ricercato

distanza tra gli ugelli (m) i=0,5 i=0,75 i=1

tipo di ugello	angolo spruzzo (°)	altezza h (m) h	h	h
a ventaglio	65	0,78	1,18	1,57
Cs = 0,5	80	0,60	0,89	1,19
	110	0,35	0,53	0,70
	120	0,29	0,43	0,58
a cono	65	0,52	0,78	1,05
Cs = 0,25	80	0,40	0,60	0,79
	110	0,23	0,35	0,47
	120	0,19	0,29	0,38
a specchio	65	0,43	0,65	0,86
Cs = 0,09	80	0,33	0,49	0,66
	110	0,19	0,29	0,39
	120	0,16	0,24	0,32

Nella tabella 6 sono quindi riportate le altezze cosi` calcolate per tre tipi di ugello, per 4 angoli di spruzzo e per tre distanze i sulla barra. Conseguentemente nella tabella 7 accanto ai valori ottimali di h sono evidenziati i valori di Cs che corrispondono a variazioni dell'altezza ottimale h; per un diretto confronto tali variazioni corrispondono a quelle delle prove (vedi tabella 2). Dall'analisi dei valori della tabella 7 risulta che, a parita` di altre condizioni la differenza in valore assoluto, tra il Cs ottimale e quello trovato e`:

1) inversamente proporzionale al valore i della distanza tra gli ugelli (figura 6);
2) direttamente proporzionale al valore dell'angolo di spruzzo caratteristico degli ugelli utilizzati (figura 7);
3) inversamente proporzionale al valore teorico di Cs, caratteristico dei diversi tipi di ugello (figura 8).

Tabella 7. Valori di Cs corrispondenti a variazioni rispetto ad altezza ottimale

tipo di ugello	angolo di spruzzo (°)	altezza ottimale (m)	variazione dell'altezza della barra (m)																		
			0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25	-0,30	-0,35	-0,40	-0,45
per distanza tra gli ugelli i = 0,5 m																					
a ventaglio	65	0,78	0,68	0,67	0,65	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,53	0,50	0,47	0,43	0,38	0,33	0,27	0,19	0,10	n.s.	n.s.
Cs = 0.5	80	0,60	0,72	0,70	0,69	0,67	0,65	0,63	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33	0,25	0,14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	110	0,35	0,78	0,77	0,75	0,73	0,71	0,68	0,65	0,61	0,56	0,50	0,42	0,30	0,13	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.
	120	0,29	0,80	0,79	0,77	0,75	0,73	0,70	0,67	0,63	0,57	0,50	0,40	0,23	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d	n.d.
a cono	65	0,52	0,60	0,57	0,55	0,52	0,49	0,46	0,42	0,37	0,32	0,25	0,17	0,07	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s	n.s.
Cs = 0.25	80	0,40	0,65	0,63	0,60	0,57	0,54	0,50	0,46	0,40	0,33	0,25	0,14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.
	110	0,23	0,74	0,72	0,70	0,67	0,64	0,60	0,54	0,47	0,38	0,25	0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	120	0,19	0,78	0,76	0,73	0,71	0,67	0,63	0,58	0,51	0,40	0,25	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
a specchio	65	0,43	0,55	0,53	0,50	0,46	0,42	0,38	0,33	0,26	0,19	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.
Cs = 0.09	80	0,33	0,62	0,59	0,56	0,53	0,48	0,44	0,38	0,30	0,21	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.
	110	0,19	0,73	0,70	0,68	0,64	0,60	0,55	0,49	0,40	0,28	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	120	0,16	0,76	0,74	0,72	0,69	0,65	0,60	0,53	0,44	0,31	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
per distanza tra gli ugelli i = 0,75 m																					
a ventaglio	65	1,18	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,57	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,37	0,33	0,29	0,24	0,19
Cs = 0.5	80	0,89	0,67	0,65	0,64	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53	0,50	0,47	0,44	0,40	0,36	0,31	0,25	0,18	0,09	n.s.
	110	0,53	0,73	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,58	0,54	0,50	0,45	0,38	0,30	0,19	0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	120	0,43	0,75	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,63	0,59	0,55	0,50	0,43	0,35	0,23	0,07	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.
a cono	65	0,78	0,52	0,50	0,48	0,46	0,43	0,40	0,37	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,07	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cs = 0.25	80	0,60	0,57	0,55	0,53	0,50	0,47	0,44	0,40	0,36	0,31	0,25	0,18	0,10	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	110	0,35	0,67	0,65	0,62	0,60	0,56	0,52	0,47	0,42	0,34	0,25	0,13	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.
	120	0,29	0,71	0,69	0,66	0,63	0,60	0,56	0,51	0,44	0,36	0,25	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
a specchio	65	0,65	0,46	0,44	0,41	0,38	0,34	0,31	0,26	0,21	0,16	0,09	0,01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cs = 0.09	80	0,49	0,53	0,50	0,47	0,44	0,40	0,35	0,30	0,24	0,17	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	110	0,29	0,64	0,62	0,59	0,55	0,51	0,46	0,40	0,32	0,23	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	120	0,24	0,69	0,66	0,63	0,60	0,56	0,51	0,44	0,36	0,25	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
per distanza tra gli ugelli i = 1 m																					
a ventaglio	65	1,57	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,54	0,53	0,52	0,50	0,48	0,47	0,45	0,43	0,41	0,38	0,36	0,33	0,30
Cs = 0.5	80	1,19	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,57	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,37	0,33	0,29	0,25	0,20
	110	0,70	0,70	0,68	0,67	0,65	0,63	0,61	0,59	0,56	0,53	0,50	0,46	0,42	0,36	0,30	0,22	0,13	n.s.	n.s.	n.s.
	120	0,58	0,72	0,70	0,69	0,67	0,65	0,63	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,32	0,23	0,12	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
a cono	65	1,05	0,48	0,46	0,44	0,42	0,39	0,37	0,34	0,32	0,28	0,25	0,21	0,17	0,12	0,07	0,01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cs = 0.25	80	0,79	0,52	0,50	0,48	0,46	0,43	0,40	0,37	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,08	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	110	0,47	0,62	0,60	0,57	0,54	0,51	0,47	0,43	0,38	0,32	0,25	0,16	0,05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	120	0,38	0,65	0,63	0,61	0,58	0,55	0,51	0,46	0,40	0,34	0,25	0,14	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.
a specchio	65	0,86	0,40	0,38	0,35	0,33	0,30	0,26	0,23	0,19	0,14	0,09	0,04	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cs = 0.09	80	0,66	0,46	0,44	0,41	0,38	0,34	0,30	0,26	0,21	0,16	0,09	0,02	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	110	0,39	0,58	0,55	0,52	0,49	0,45	0,40	0,35	0,28	0,20	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.
	120	0,32	0,62	0,60	0,57	0,53	0,49	0,44	0,38	0,31	0,21	0,09	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.d.	n.d.	n.d.

Legenda: n.s. - nessuna sovrapposizione n.d. - dato non determinabile

Da quanto sopra, emerge che la combinazione cui corrispondono i piu` bassi valori di errore di Cs, e` teoricamente data dal tipo di ugello caratterizzato dal piu` alto Cs, dal piu` basso valore dell'angolo di spruzzo e dal maggior valore dell'interasse i, compatibile con le suddette caratteristiche degli ugelli erogatori.

Figura 6. Valori di Cs per distanze i
(Ugello a ventaglio e angolo di spruzzo 65°)

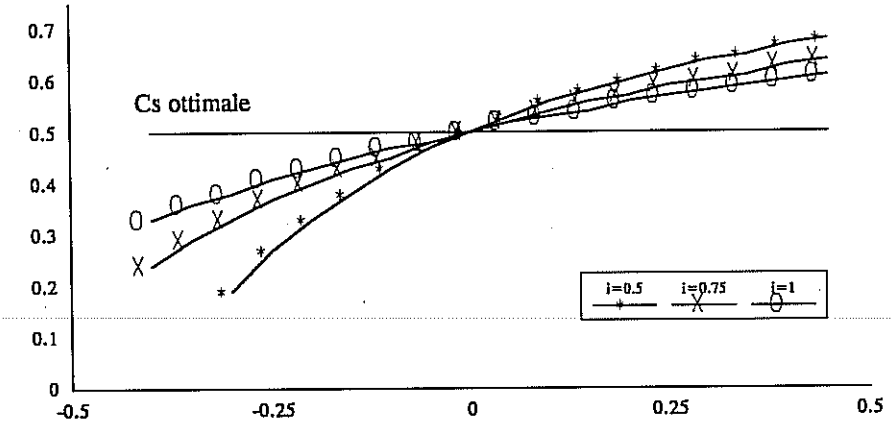


Figura 7. Valori di Cs per angoli di spruzzo
(Ugelli a ventaglio e distanza i = 0,75 m)

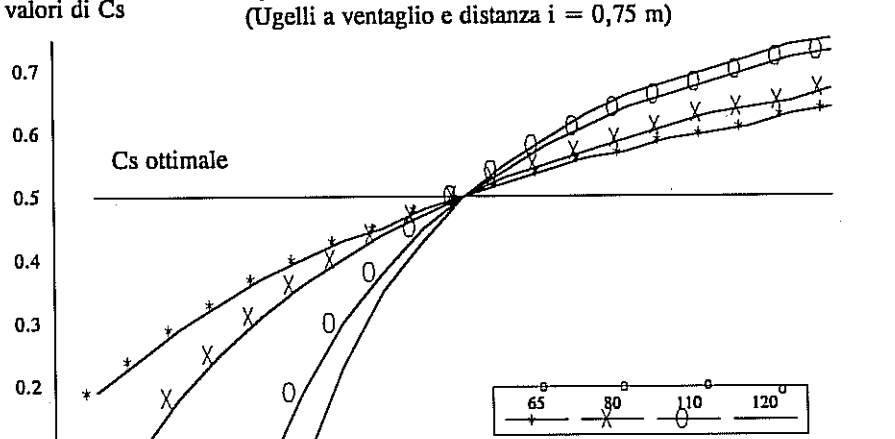
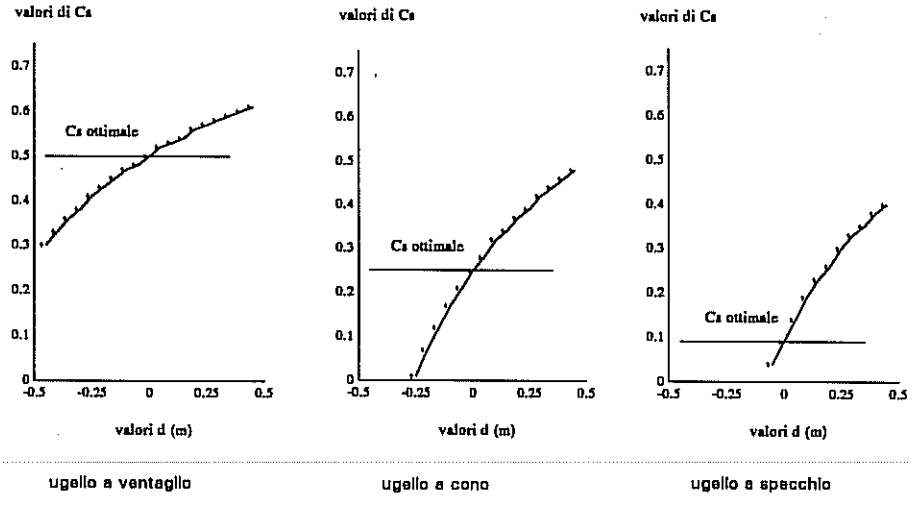


Figura 8. Valori di Cs per diversi tipi di ugello



BIBLIOGRAFIA

* PAMI. (1977). Report on: RITEWAY RS-400 field sprayer. Prairie Agricultural Machinery Institute. Evaluation Report n° E1276A.
* CO.NA.M.A. (1991). Guida al rilievo delle caratteristiche funzionali delle macchine per la difesa delle colture - irroratrici per i trattamenti antiparassitari alle colture erbacee, arboree ed arbustive. Roma. Consorzio Nazionale Meccanizzazione Agricola.
* PELLIZZI G. (1987). Meccanica e meccanizzazione agricola. Bologna. Edagricole. 273-278.

Si ringrazia il Dott. C. Antellini e il P.e. M. Bianco per la fattiva collaborazione prestata.