

## Prove dinamiche durante la mungitura di bovine con diversi tipi di lattometro

P. Amirante<sup>1</sup>, B. Bianchi<sup>1</sup> & G.L. Montel<sup>2</sup>

Lavoro presentato nel giugno 2004 ed accettato nel settembre 2004

### Riassunto

Il presente studio è inserito nell'ambito del POM - Misura 2 - Progetto B15 «Informatizzazione dei servizi veterinari e di assistenza tecnica alle aziende zootecniche», nell'ambito del quale sono state introdotte soluzioni impiantistiche innovative, per il riconoscimento dei singoli soggetti, per la misura del quantitativo di latte prodotto, per la gestione centralizzata ed automatizzata, in diversi allevamenti bovini ed ovi-caprini di Puglia e Basilicata. La presente sperimentazione ha previsto prove dinamiche, cioè durante l'effettiva mungitura dei soggetti, in un impianto pugliese in cui sono stati installati diversi misuratori della quantità di latte prodotta dai singoli soggetti: vaso misuratore tradizionale, lattometro elettronico a bilancere, lattometro elettronico volumetrico. Dal punto di vista meccanico, sono stati valutati il livello di vuoto e le fluttuazioni di vuoto in tre diverse sezioni della condotta del latte: al tubo corto, immediatamente a valle del collettore, prima del vaso misuratore o del lattometro. Dal confronto dei risultati, si evince che i lattometri elettronici, specie quello volumetrico, consentono variazioni inferiori del grado di vuoto e minori sollecitazioni meccaniche della mammella della vacca; tale situazione è particolarmente evidente con elevate

iezioni di latte da parte della bovina. Lo studio evidenzia anche che le cadute di vuoto, nel corso della mungitura dei soggetti, possono essere molto critiche se non immediatamente compensate con una adeguata progettazione e revisione periodica degli impianti.

### Parole chiave

Impianti di mungitura - Fluttuazioni di vuoto - Lattometri - Prove dinamiche - Vaso misuratore.

## Introduzione

Nella presente nota sono riportati i risultati di una ricerca svolta nell'ambito del P.O.M. - Misura 2 - Progetto B15 «Informatizzazione dei servizi veterinari e di assistenza tecnica alle aziende zootecniche».

In un precedente lavoro, gli autori hanno eseguito rilievi di consumi energetici e prove statiche, cioè realizzate su impianti di mungitura in scala reale per bovini ed ovi-caprini, in funzione ma senza soggetti in mungitura; i risultati hanno evidenziato che con una corretta progettazione, costruzione e messa in opera dei sistemi elettronici di misurazione del latte prodotto, e dei relativi componenti, le prestazioni globali dell'impianto, in termini di consumi energetici, cadute di vuoto e riserva utile della pompa, migliorano rispetto a sistemi di misura a «vaso misuratore» e sono sostanzialmente confrontabili con una situazione fluidodinamica ottimale costituita dall'assenza di sistema di misurazione del latte prodotto dai singoli soggetti

<sup>1</sup>Dipartimento PRO.GE.SA., Università degli Studi di Bari - Italia

<sup>2</sup>Dipartimento PR.I.M.E., Università degli Studi di Foggia - Italia

munti (1).

Diversi studi teorici sono stati effettuati per definire le condizioni ottimali e quelle critiche del flusso aria/latte nelle condutture di un impianto di mungitura (6, 8, 9); da essi si evince che, a causa di sollecitazioni meccaniche dovute ad un rapido ritorno del latte nelle condutture, si può verificare l'introduzione di batteri nel canale del capezzolo

Tabella I  
Caratteristiche dell'impianto di mungitura oggetto delle prove sperimentali

Tipo di impianto	Sala di mungitura a spina di pesce con 5 poste
Pompa di vuoto	Q = 11500 dm <sup>3</sup> /min; n = 1270 giri/min; Motore: P = 3kW
Conduttura del vuoto	Materiale/ PVC Diametro/est. = 63 mm, int. = 57 mm
Separatore igienico	Materiale: PVC; Capacità: 5 dm <sup>3</sup>
Vaso terminale	Tipo: chiuso Materiale: vetro; Capacità: 50 dm <sup>3</sup>
Pompa di estrazione latte	Q = 200 dm <sup>3</sup> /min; n = 1400 giri/min; Motore: P = 0,6 kW
Pulsatori	Ditta: Interpuls (mod. LP20-elettronico; n. 5 Rapporto di puls.: 60/40 Frequenza di puls.: 1 Hz
Guaine	Tipo: lungo; Materiale: gomma
Tubi corti del latte	Materiale: gomma alimentare Diametro int. = 8 mm; Lunghezza = 15 cm
Collettore	Ditta: Interpuls (mod. Orbiter-elettronico) capacità: 350 cm <sup>3</sup>
Tubi lunghi del latte	Materiale: gomma alimentare Diametro int. = 18 mm Lunghezza media = 900 cm
Conduttura Latte	Materiale: acciaio AISI 304 Diametro: est. 50 mm; int. = 46 mm
Conduttore di lavaggio	Materiale: acciaio AISI 304 Materiale: acciaio AISI 304 Diametro: est. 38 mm; int. = 35 mm
Sistema di misura latte fino ad ottobre 2000	n. 5 Vasi misuratori in vetro da 33 dm <sup>3</sup>
Sistema di misura latte dopo ott 2000	n.5 lattometri elettronici a bilanciere Ditta: Milkline; mod. Milpro 1
Regolatore del vuoto	Ditta: Milkline; Tipo: servoassito
Tipo di stacco	Ditta: Milkline; Tipo: a semplice fune

del soggetto in mungitura. Il fenomeno è molto più accentuato quando il flusso del latte dall'animale è tale da impedire al flusso d'aria sovrastante di compensare le variazioni di pressione (6, 8, 9).

L'analisi delle variazioni del vuoto di lavoro durante la mungitura è oggetto di studio solo da pochi anni e, finora, le ricerche sono state svolte prevalentemente in laboratorio (13).

D'altra parte, se è vero che solo in laboratorio è possibile isolare le numerose variabili che possono influenzare un fenomeno di tale complessità, è anche vero che la mungitura delle vacche è difficile da riprodurre in ambienti diversi da quello effettivo; pertanto, i risultati attualmente disponibili necessitano di sostanziali verifiche su impianti in scala reale (2). Dal punto di vista sanitario, l'influenza della mungitura meccanica nello sviluppo di nuove infezioni mammarie, allo stato, non è stata ancora pienamente valutata, pur essendo stato dimostrato che una percentuale notevole di tali infezioni può verificarsi, a causa della mungitura, se il numero di batteri sul capezzolo è già elevato (7, 11, 9); analogamente, non è ancora noto se possa essere più dannosa, dal punto di vista sanitario, una sollecitazione impulsiva e di elevata entità, oppure una sollecitazione meno intensa ma applicata per intervalli di tempo relativamente lunghi (4, 14). Con la presente ricerca si è analizzato, in che modo diversi misuratori della produzione di latte del singolo soggetto influiscono sul grado di vuoto e quindi sulla funzionalità dell'impianto.

## Materiali e metodi

La sperimentazione è stata svolta sull'impianto di mungitura di un'azienda pugliese ad indirizzo bovino; le caratteristiche principali dell'impianto studiato sono riportate in Tabella 1. I sistemi di misurazione (3, 10) del latte prodotto dal singolo soggetto in mungitura, sono stati:

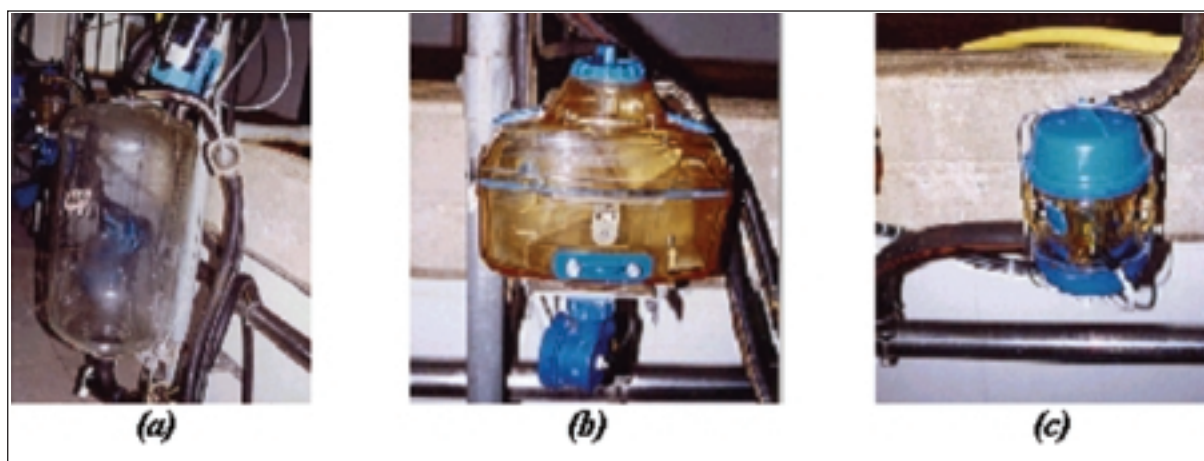


Figura 1  
Misuratori del latte studiati: (a) vaso misuratore, (b) lattometro elettronico a bilanciere, (c) lattometro elettronico volumetrico

- vaso misuratore tradizionale della ditta Royal, Bellagio (Modena, Italia) (Figura 1a);
- lattometro elettronico a bilanciere, a porzioni variabili di peso, mod. Milpro 1 della ditta Milkline, Podenzano (Piacenza, Italia) (Figura 1b);
- lattometro elettronico volumetrico, a porzioni variabili di volume, mod. Afi Flo 2000 della ditta Afikim (Kibbutz Afikim, Israele) (Figura 1c).

Le prove sono state svolte nel periodo novembre 2001 – gennaio 2002; queste sono state effettuate durante l'effettiva mungitura dei soggetti (prove dinamiche), con lo scopo di misurare le variazioni di vuoto in una postazione in cui, alternativamente, era installato un sistema diverso di misurazione del quantitativo del latte prodotto. Le misure sono state effettuate nelle seguenti sezioni del circuito del latte:

- A) nel tubo corto del latte, immediatamente a valle del prendicapezzoli (Figura 2);
- B) nel tubo lungo del latte, immediatamente a valle del collettore (Figura 2);
- C) nel tubo lungo del latte, all'ingresso di ciascuno dei due diversi lattometri o prima dell'indicatore di flusso del vaso misuratore (Figura 2).

Nel corso del periodo di studio sono state selezionate sei vacche tra la quinta e la settima settimana di lattazione (periodo in cui la curva era al suo picco massimo), le quali, nei due anni precedenti e nello stesso lasso di tempo, avevano prodotto, rispettivamente, tre di esse il maggiore quantitativo di latte (circa 60 kg/giorno) e le altre tre un quantitativo di latte medio-basso (circa 26 kg/giorno). Questi soggetti sono stati munti, ogni 24 h, in una postazione in cui veniva installato uno dei tre misuratori studiati; si sono così determinate le variazioni di vuoto in ciascuna mungitura. Questo tipo di procedura ha consentito di ottenere condizioni standard di eiezione latte, nonché due diversi

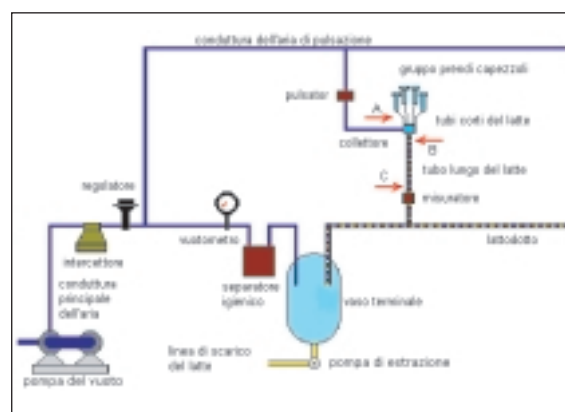


Figura 2  
Schema dell'impianto di mungitura, le frecce indicano le sezioni in cui sono state misurate le fluttuazioni di vuoto

valori di portata nelle condutture: uno medio ed un altro più elevato. Complessivamente, sono state effettuate 55 misurazioni relativamente alla mungitura di ciascuno dei soggetti selezionati. Le prove sono state eseguite con trasduttore di pressione digitale Ecotronics – DASM (Star Ecotronics, Milano, Italia). La catena di misura era costituita da un sensore di pressione direttamente inserito nella sezione di misura, da una scheda di acquisizione collegata ad un computer portatile e da un software specifico di elaborazione dati, con un massimo errore rispetto alla misura effettuata di  $\pm 0.5\%$ , una precisione di misura del livello di vuoto pari a  $\pm 0.5$  kPa e una frequenza di campionamento di 2000 Hz per canale, in un campo di pressioni da 100 a 250 kPa. Quindi, una precisione circa dieci volte maggiore di quella richiesta dalle Norme ISO 6690 (2, 12). Per ogni postazione di mungitura, sono stati determinati i valori istantanei del livello di vuoto e delle relative fluttuazioni; queste ultime sono state calcolate con la seguente formula applicata dal software, in intervalli di 5 s,

$$F = \sum_{i=1}^N \frac{P_{iMax}}{N} - \sum_{i=1}^N \frac{P_{iMin}}{N}$$

in cui:

- $P_{iMax}$  (kPa) è il generico massimo relativo di caduta istantanea di vuoto, misurato nei 5 s di campionamento;
- $P_{iMin}$  (kPa) è il generico minimo relativo di caduta istantanea di vuoto, misurato nei 5 s di campionamento.

Pertanto, la fluttuazione di vuoto,  $F$ , consente di effettuare una ulteriore analisi dei valori istantanei, in quanto evidenzia con maggiore chiarezza la distribuzione nel tempo delle variazioni di vuoto nella sezione di misura;  $F$ , infatti, costituisce un parametro indicativo dell'uniformità del livello di vuoto, indipendentemente dal valore assunto,

nonchè del tipo di sollecitazione che si è realmente generata per effetto di un abbassamento dello stesso. Le fluttuazioni, nel piano cartesiano, hanno una rappresentazione discreta nel tempo, costituita da una successione di gradini di ampiezza pari a 5 s, in quanto sono rappresentative della distribuzione media, in questo intervallo di tempo, dei 10.000 valori istantanei di pressione misurati (5).

Nel corso delle misure si è avuto cura che il gruppo prendicapezzoli aderisse perfettamente alla mammella e non vi fossero immissioni indesiderate di aria esterna nelle condutture del latte; inoltre, prima di effettuare le prove dinamiche, l'impianto è stato sempre verificato, con prove statiche conformi alle Norme ISO 6690, sostituendo e/o registrando qualsiasi componente che potesse causare perdite accidentali, in maniera tale da garantire sempre la stessa riserva utile del vuoto e le stesse condizioni tecnico-operative dell'impianto (Tabella II). Quest'ultima procedura è servita a fare in modo che le uniche variabili nel corso delle prove dinamiche fossero: i diversi lattometri e i diversi flussi di latte prodotti dai soggetti munti.

Tabella II

Parametri operativi instaurati nell'impianto di mungitura e verificati con prove statiche (ISO 6690 – 3918) prima dello svolgimento delle prove dinamiche

Caratteristiche della curva di pulsazione (rilevate ai pulsatori)		
Livello di vuoto (kPa)		45
Frequenza pulsazione (cicli/min)		60
Rapporto di pulsazione		0,6
Zoppica (%)		0,1
Durata (ms)		1080
Componenti dell'Impianto	Flusso d'aria a 50 kPa (dm <sup>3</sup> /min)	Consumo di aria (dm <sup>3</sup> /min)
Pompa Vuoto	1200	/
Conduttura Vuoto	1020	180
Conduttura Latte	1010	10
Pulsatori	910	20/pulsatore
Gruppi di Mungitura	810	20/gruppo
Riserva utile eff. di vuoto (dm <sup>3</sup> /min)		810

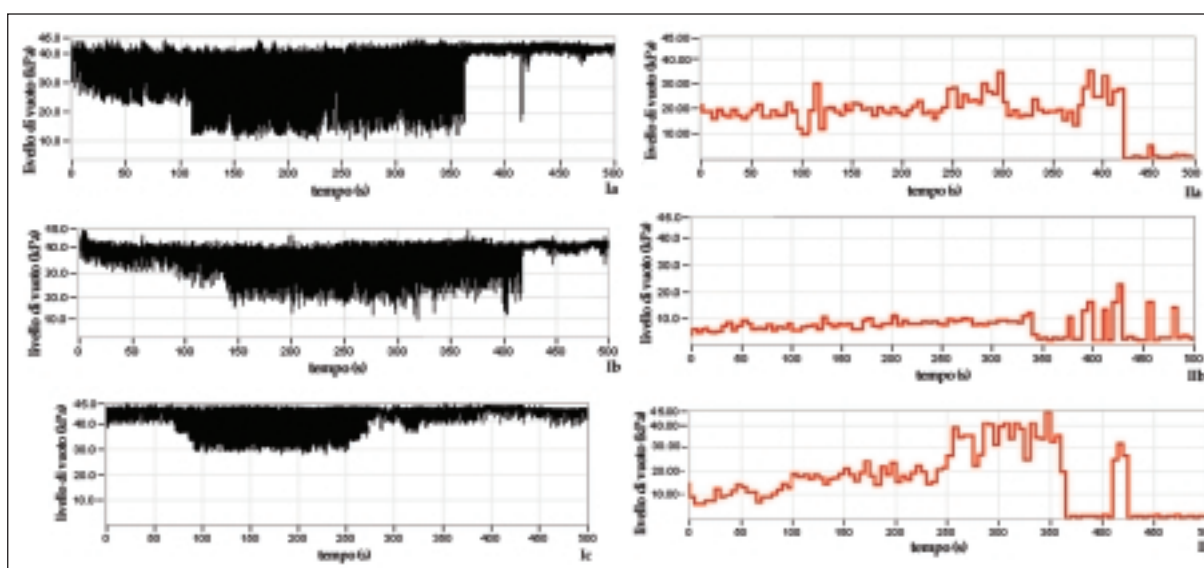


Figura 3  
Sezione A (fig. 2): livello istantaneo di vuoto (I) e fluttuazioni (II) con elevata eiezione di latte. Postazioni: (a) con vaso misuratore; (b) con lattometro elettronico a bilanciere; (c) con lattometro elettronico volumetrico

## Risultati

Nelle Figure 3, 4, 5, 6, 7 e 8 sono riportati i valori istantanei del livello di vuoto e delle relative fluttuazioni, nelle sezioni di misura A, B, C (Figura 2), rispettivamente, per una vacca con elevate eiezioni

lattee (Figure 3, 5 e 7) e con eiezioni latte medio-basse (Figure 4, 6 e 8). I grafici sono riferiti ad una singola mungitura, ma sono rappresentativi, essendosi ripetuti nel corso di buona parte delle prove effettuate (Tabella III). Infatti i valori medi riportati in Tabella III (istantanei minimi, istantanei massimi e fluttuazioni)

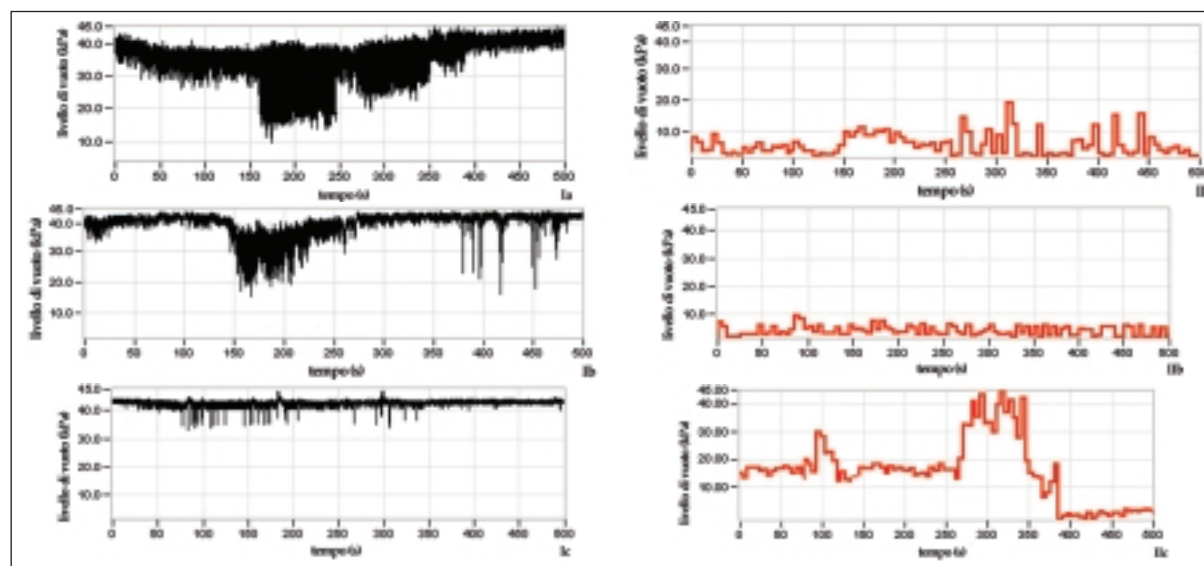


Figura 4  
Sezione A (fig. 2): livello istantaneo di vuoto (I) e fluttuazioni (II) con eiezione di latte medio-bassa. Postazioni: (a) con vaso misuratore; (b) con lattometro elettronico a bilanciere; (c) con lattometro elettronico volumetrico

sono dello stesso ordine di quelli che è possibile valutare nei grafici; essi si riferiscono a 165 misure effettuate in ciascuna sezione, rispettivamente per ciascuna delle condizioni di flusso (55 misure per ciascuna delle tre vacche selezionate) e i rapporti percentuali tra le deviazioni standard e le relative medie sono contenute nel 10%.

Nelle Figure 3, 4, 5, 6, 7 e 8, in alcuni casi, si notano a fine mungitura bruschi e istantanei abbassamenti del livello del vuoto di lavoro, abbastanza evidenti al tubo corto del latte (Figure 3-Ia, 3-Ib) e, generalmente, rilevati anche nelle sezioni a valle, con intensità minore (Figure 5-Ib, 7-Ib, 6-Ib e 8-Ib). Talvolta, ad esempio durante le prove con vaso, variazioni di questo tipo, nella stessa mungitura, sono evidenti al tubo corto e non al collettore o all'attacco del misuratore (Figure 3-Ia, 5-Ia e 7-Ia; 4-Ia, 6-Ia e 8-Ia).

Per ogni sezione di misura, si nota generalmente che (Figure 3-Ia e 3-IIa, 8-Ia e 8-IIa) quando si verificano sensibili abbassamenti del livello istantaneo di vuoto, anche le fluttuazioni tendono ad aumentare. L'esame di tutti i grafici (Figure 3, 4, 5, 6, 7 e 8), in primo luogo mette in evidenza che le riduzioni del

livello del vuoto e le fluttuazioni di maggiore entità si verificano al tubo corto del latte (Figure 3), a conferma di quanto riportato in letteratura (5, 7, 9). L'entità dei valori istantanei tende ulteriormente ad aumentare dopo i primi 100 s di mungitura, quando cioè la bovina cede la massima quantità di latte, nonché nei casi di elevata eiezione di latte (Tabella III, Figure 3, 5 e 7); le fluttuazioni, invece, tendono ad aumentare quando la massima cessione del latte da parte del soggetto munto sta per cominciare o, più spesso, per terminare.

Nel caso di inserimento nel condotto del latte di vaso misuratore, le cadute di vuoto istantanee al tubo corto risultano le più rilevanti, sia con elevate eiezioni (Figure 3-Ia) che con eiezioni più ridotte (Figure 4-Ia); in entrambi i casi tali cadute raggiungono anche 35 kPa, pur assumendo un andamento piuttosto uniforme nel tempo. Infatti, le fluttuazioni raggiungono valori molto elevati, dell'ordine dei 45 kPa, soltanto quando comincia a terminare la massima cessione di latte, mentre nella fase precedente risultano dimezzate ed hanno un andamento sostanzialmente costante, quindi meno traumatico per la mammella. Il loro valore minimo si registra

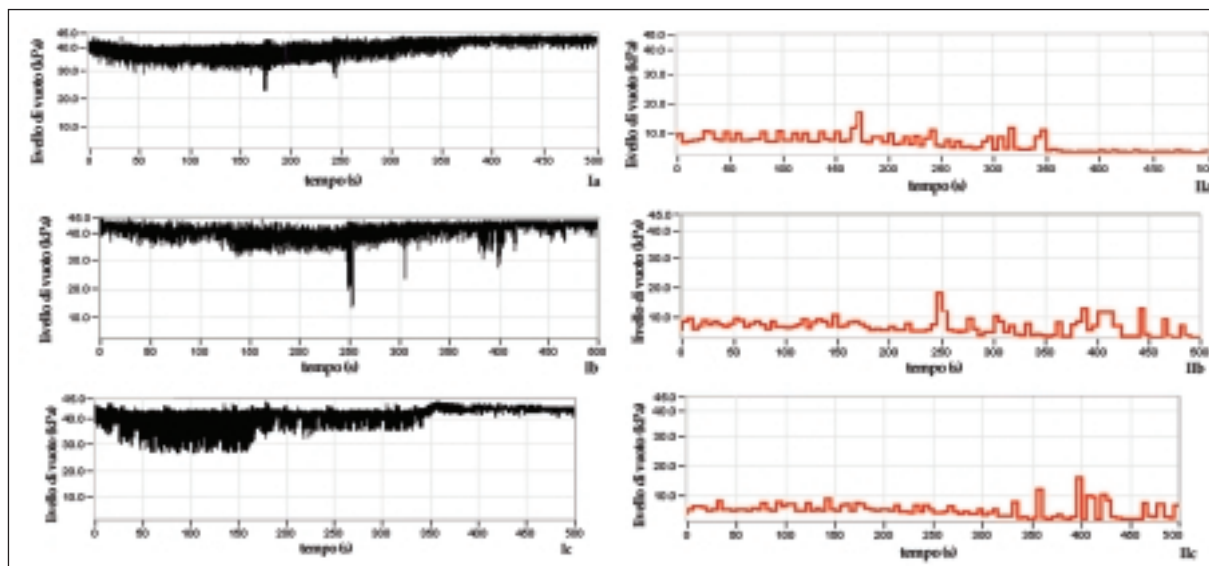


Figura 5  
Sezione B (fig. 2): livello istantaneo di vuoto (I) e fluttuazioni (II) con eiezione di latte elevata. Postazioni: (a) con vaso misuratore; (b) con lattometro elettronico a bilanciario; (c) con lattometro elettronico volumetrico

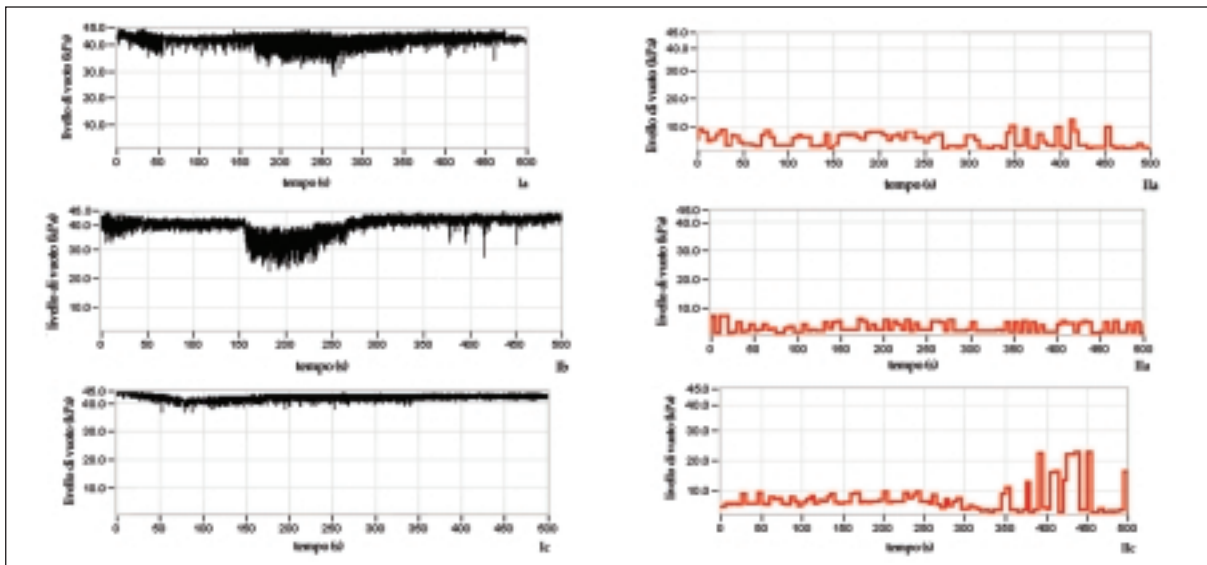


Figura 6  
Sezione B (fig. 2): livello istantaneo di vuoto (I) e fluttuazioni (II) con eiezione di latte medio-bassa. Postazioni: (a) con vaso misuratore; (b) con lattometro elettronico a bilanciere; (c) con lattometro elettronico volumetrico

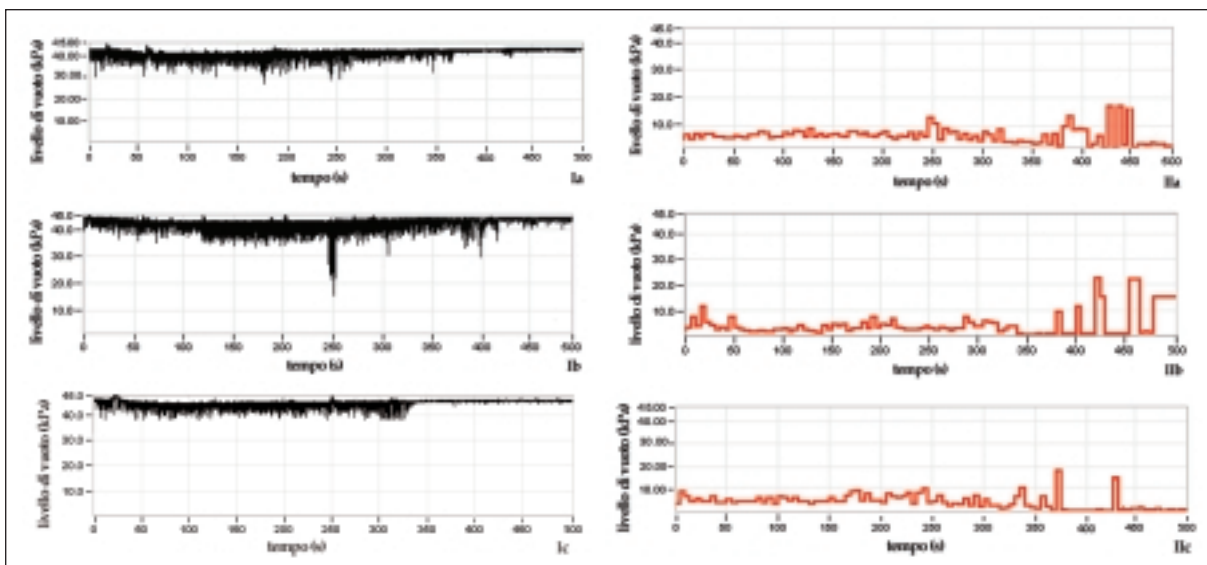


Figura 7  
Sezione C (fig. 2): livello istantaneo di vuoto (I) e fluttuazioni (II) con eiezione di latte elevata. Postazioni: (a) con vaso misuratore; (b) con lattometro elettronico a bilanciere; (c) con lattometro elettronico volumetrico

più frequentemente nella fase finale della mungitura, escluso casi in cui essendosi stabilizzati, sia il flusso di latte che il livello di vuoto, una variazione impulsiva di quest'ultimo porta ad una fluttuazione molto elevata ed evidente, anche se di breve durata. Durante il funzionamento del lattometro elettronico a bilanciere, l'analisi al tubo corto del latte,

sostanzialmente, conferma quanto rilevato col vaso misuratore, con una riduzione non trascurabile delle cadute istantanee di vuoto. Queste infatti si mantengono sempre al di sotto di quelle misurate nella mungitura con vaso misuratore, assumendo valori massimi non superiori a 27 kPa, per entrambe le eiezioni esaminate (Figure 3-Ib e 4-Ib); in particolare,

per le eiezioni più ridotte l'incremento di caduta istantanea di vuoto si limita ad un tempo molto più breve, cioè riferito ad una cessione meno intensa della massima quantità di latte da parte dell'animale (Figure 4-Ib, 6-Ib e 8-Ib). Le fluttuazioni del vuoto misurate con lattometro elettronico a bilanciere conservano un andamento molto simile al vaso misuratore, con una riduzione dei valori massimi che, per elevate eiezioni, non superano i 35 kPa (Figura 3-IIb); per eiezioni più ridotte, invece, rispetto al vaso si individua un andamento delle fluttuazioni meno uniforme, anche se i valori

massimi non superano i 20 kPa (Figura 4-IIb).

L'analisi delle misure effettuate al tubo corto del latte, nel caso in cui nella postazione è installato il lattometro elettronico volumetrico, mette in evidenza valori bassi sia con flusso elevato, sia ridotto; i valori istantanei (Figure 3-Ic e 4-Ic) arrivano a 5-15 kPa in meno rispetto al livello di vuoto di lavoro impostato mediante le prove statiche (45 kPa), mentre le fluttuazioni sono dell'ordine dei 5-15 kPa (Figure 3-IIc e 4-IIc). Analogamente agli altri casi studiati, i valori massimi si riferiscono alle prove effettuate con flussi elevati di latte. Spostando la

Tabella III  
Prospetto riassuntivo delle misurazioni effettuate (valori medi di n. 165 misure)

Eiezione di latte elevata: flusso medio 3,18 kg/min ( $s = 0,18$ )						
Sezione di misura	Livello istantaneo di vuoto minimo (kPa)	$\sigma$	Livello istantaneo di vuoto massimo (kPa)	$\sigma$	Fluttuazione (kPa)	$\sigma$
A- lattometro volumetrico	20.80	2.13	44.20	0.92	7.40	0.54
B- lattometro volumetrico	34.67	1.46	43.93	0.36	5.00	0.35
C- lattometro volumetrico	30.81	2.38	44.73	0.60	3.80	0.36
A- lattometro a bilanciere	9.88	0.71	44.80	1.40	14.60	1.20
B- lattometro a bilanciere	12.21	0.44	44.43	1.29	7.20	0.40
C- lattometro a bilanciere	13.43	0.42	44.07	0.24	6.50	0.37
A- vaso misuratore	3.77	0.37	44.50	1.04	15.50	0.73
B- vaso misuratore	13.97	0.94	43.46	1.28	7.10	0.54
C- vaso misuratore	15.85	1.78	44.90	0.56	5.00	0.49
Eiezione di latte medio bassa: flusso medio 1,57 kg/min ( $s = 0,07$ )						
Sezione di misura	Livello istantaneo di vuoto minimo (kPa)	$\sigma$	Livello istantaneo di vuoto massimo (kPa)	$\sigma$	Fluttuazione (kPa)	$\sigma$
A- lattometro volumetrico	30.81	3.35	44.73	0.84	4.20	0.25
B- lattometro volumetrico	25.27	2.31	43.90	0.41	3.60	0.28
C- lattometro volumetrico	31.01	1.51	44.07	0.31	2.40	0.16
A- lattometro a bilanciere	14.39	1.14	43.40	1.40	6.90	0.36
B- lattometro a bilanciere	23.59	2.19	44.58	1.29	5.20	0.24
C- lattometro a bilanciere	26.15	2.25	44.58	0.24	4.80	0.37
A- vaso misuratore	4.50	0.37	44.20	1.04	11.80	0.57
B- vaso misuratore	18.31	1.13	43.71	1.28	7.20	0.27
C- vaso misuratore	17.85	1.80	44.07	0.56	2.40	0.23



sezione di misura in corrispondenza del collettore (Figure 5 e 6) e all'ingresso del misuratore (Figure 7 e 8), tendono ad attenuarsi le differenze rilevate al tubo corto del latte; questa situazione si può notare sia durante la stessa mungitura, anche se l'andamento dei valori istantanei è molto simile a quello delle sezioni precedenti, sia fra le mungiture effettuate con i diversi sistemi di misurazione. L'attenuazione è particolarmente accentuata per le variazioni di vuoto misurate con il vaso (Figure 3a, 5a e 7a; 4a, 6a, 8a) che, come valori istantanei e come fluttuazioni, tendono a ridursi nel tubo lungo, diventando dello stesso ordine di quelle rilevate con i lattometri (Figure 5b, 5c, 7b e 7c; 6b, 6c, 8b e 8c). Questi ultimi presentano invece attenuazioni molto meno accentuate e, in alcuni casi, all'attacco con il tubo lungo si rilevano fluttuazioni del vuoto della stessa entità di quelle misurate nelle sezioni a monte; in particolare, a fine mungitura, in corrispondenza dell'ingresso del lattometro si verificano fluttuazioni del vuoto non superiori ai 20 kPa (Figure 7-IIb, 8-IIb e 7-IIc) che, pur non essendo eccessive, risultano leggermente superiori

a quelle che nello stesso istante si misurano al collettore (Figure 5-IIb, 6-IIb e 5-IIc). L'esame dei dati complessivi (Tabella III) evidenzia risultati confrontabili per il vaso, sia con flussi di latte elevati che con flussi più ridotti; per i lattometri elettronici, invece, si verificano condizioni critiche di funzionamento in corrispondenza di eiezioni di latte molto elevate, superiori a 2.7 kg/min. In questi casi, rispetto a condizioni di flusso inferiore, l'incremento delle fluttuazioni medie al tubo corto è del 111,6% per il modello a bilanciere e del 76,2% per il modello volumetrico (Tabella III); meno accentuato è l'incremento fra gli stessi valori misurati all'ingresso dei lattometri: 35,4% per il modello a bilanciere e 58,3% per il modello volumetrico (Tabella III). Quest'ultimo è quello che presenta il minore scostamento fra il valore minimo di vuoto e quello di lavoro: non più di 23,5 kPa al tubo corto e di 13 kPa nelle altre sezioni di misura; negli altri due casi, invece, tale scostamento è più accentuato e, nelle stesse sezioni, è superiore al corrispondente del lattometro volumetrico di circa 10 kPa, con punte molto elevate (Tabella III).

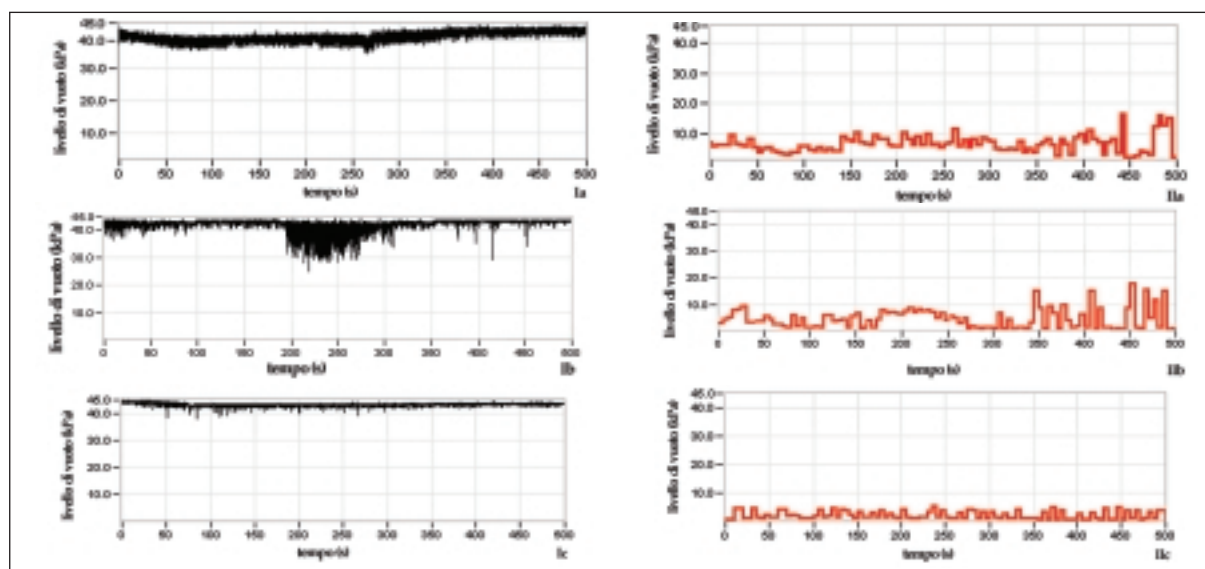


Figura 8  
Sezione C (fig. 2): livello istantaneo di vuoto (I) e fluttuazioni (II) con eiezione di latte medio-bassa. Postazioni: (a) con vaso misuratore; (b) con lattometro elettronico a bilanciere; (c) con lattometro elettronico volumetrico

## Discussione

I grafici del livello istantaneo di vuoto (Figure 3-I, 5-I, 7-I, 4-I, 6-I e 8-I) sono indicativi della intensità delle cadute del vuoto nella sezione di misura, nonché della durata delle stesse; essendo la frequenza di campionamento molto elevata, da una parte non sono di immediata lettura ma, dall'altra, consentono di individuare cadute verificatesi per tempi brevissimi, che vengono generalmente corrette in tempi altrettanto brevi con la riserva utile del vuoto e sono da attribuire a introduzioni di aria indesiderate nella postazione di misura, oppure in postazioni adiacenti. Un esempio di questo tipo è costituito da variazioni del vuoto dovute all'introduzione di aria dal gruppo prendi-capezzoli, a fine mungitura, al tubo corto del latte. Ciò mette particolarmente in evidenza la difficoltà di effettuare questo tipo di misure dinamiche, nonostante si sia posta la massima attenzione nell'evitare introduzione accidentale di aria; viene altresì evidenziata l'importanza delle stesse prove, al fine della valutazione globale dell'impianto, in quanto da esse emergono limiti che non sono individuabili senza che ci siano i soggetti in mungitura e l'effettivo passaggio di latte.

Le maggiori intensità e frequenza degli abbassamenti

del livello istantaneo di vuoto, al tubo corto del latte ed in seguito ad elevate eiezioni di latte, sono dovute prevalentemente all'instaurarsi di un regime di flusso turbolento nelle condutture del latte accompagnato, eventualmente, da ritorni di latte alla mammella. Fra l'altro, la sezione dei tubi corti è molto più ridotta e l'influenza delle oscillazioni cicliche (quelle dovute all'apertura e chiusura delle guaine) è molto maggiore. Il verificarsi, invece, di abbassamenti del livello del vuoto in corrispondenza dell'attacco col lattometro o col vaso potrebbe essere dovuta a turbolenza o a immissioni di aria nella sezione di misura.

Pertanto, con particolare riferimento alle variazioni di vuoto negli intervalli di tempo in cui si ha la massima cessione del latte da parte dell'animale, la sensibile riduzione dei valori totali a valle del tubo corto del latte consente di affermare che, nel caso specifico, le oscillazioni cicliche sono quelle più rilevanti, rispetto a tutte le altre misurate e che, nell'impianto studiato la pompa consentiva un ripristino del vuoto di lavoro in tempi generalmente accettabili. D'altra parte, l'entità delle oscillazioni, nella stessa sezione di misura, è diversa a seconda del sistema di misurazione studiato; quindi si può dedurre che l'inserimento nella condotta del latte di un misuratore, costituendo un ostacolo al flusso,

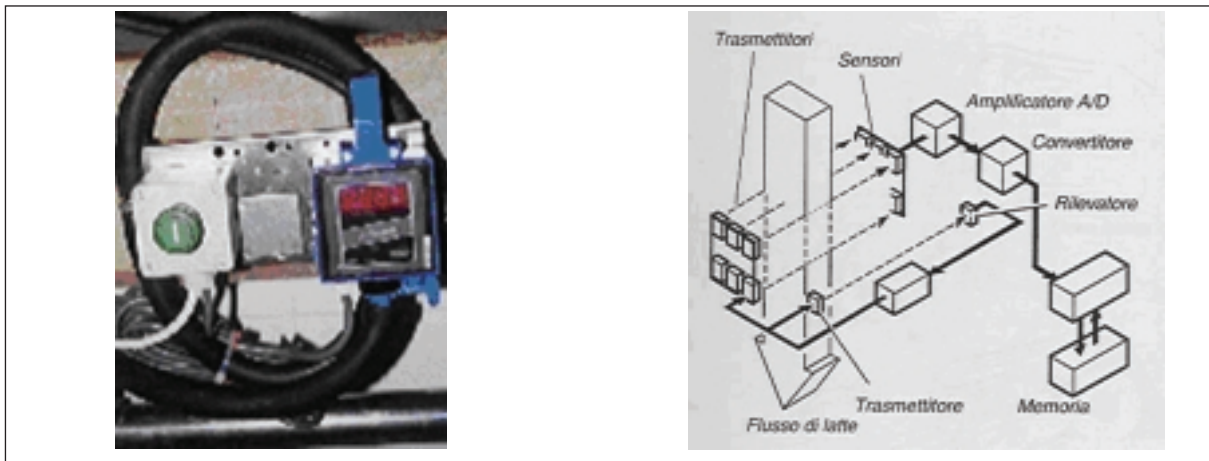


Figura 9  
Rappresentazione schematica del funzionamento di un lattometro elettronico continuo a raggi infrarossi (Ditta DELAVAL, Tumba, Svezia – mod. Flo Master FF)

ha generato oscillazioni acicliche di diversa entità, a seconda del tipo di meccanismo installato.

Le condizioni critiche di funzionamento dei lattometri elettronici con flussi superiori a 2.5 kg/min sono dovute alle modalità di passaggio del latte nel misuratore; nel lattometro a bilanciere, un flusso molto elevato tende ad accentuare l'effetto di «sbattimento» dovuto al movimento alternato dello stesso bilanciere. Nel modello volumetrico, invece, si possono verificare ritorni di latte per effetto della maggiore frequenza di apertura e chiusura della valvola di accesso alla camera di misura.

Il vaso misuratore infine, relativamente alle oscillazioni del vuoto, conserva prestazioni abbastanza costanti in entrambe le condizioni di flusso studiate; segno che questo tipo di soluzione porta una minima riserva utile del vuoto immediatamente a valle del gruppo prendi capezzoli. Tale vantaggio, però, non è risultato sufficiente ad evitare che col vaso si avessero i valori più elevati delle variazioni di vuoto, specie al tubo corto.

I motivi principali di quest'ultimo limite sono le perdite di carico in corrispondenza di elementi costitutivi frequentemente presenti, come l'indicatore di flusso, nonché una maggiore possibilità di ingresso di aria esterna attraverso la sezione di attacco, i raccordi e le valvole.

Da quanto esposto, si evince che le oscillazioni acicliche del vuoto rilevate, in caso di una progettazione non corretta dell'impianto (sottodimensionamento delle condutture del latte e della pompa per il vuoto) oppure di una gestione inadeguata dello stesso in fase di manutenzione e di mungitura (mancata sostituzione delle guaine e delle tubazioni, scarsa pulizia del regolatore del vuoto, scarsa attenzione nel posizionamento dei gruppi etc.), potrebbero assumere valori molto maggiori e risultare seriamente dannose per lo stato sanitario della mammella, qualora non immediatamente compensabili mediante la riserva

utile del vuoto.

Pertanto, il misuratore dei dati di mungitura deve essere studiato e progettato per offrire il minimo ostacolo al passaggio della miscela aria-latte e per minimizzare il rischio di entrata di aria esterna in corrispondenza delle giunzioni e dei raccordi; a tal fine, particolarmente importante risulta lo studio fluidodinamico del percorso e/o della sezione in cui viene effettuata la misura del quantitativo di latte. Sotto questo aspetto, una tipologia innovativa di misurazione del flusso di latte in mungitura è costituita dal sistema a raggi infrarossi (Figura 9) che, teoricamente, dovrebbe consentire la massima continuità del flusso, non prevedendo alcun ostacolo al passaggio della miscela aria-latte nella sezione di misura. Il lattometro a raggi infrarossi, infatti, presenta una tecnologia di misura completamente differente rispetto a quella utilizzata negli altri tipi di lattometro riportati nel presente studio, in quanto la misura è eseguita con un sensore che opera nel vicino infrarosso; la miscela aria-latte scorre liberamente all'interno di una cella ove viene sottoposta alla misura, senza essere limitata da eventuali parti in movimento. La produzione di latte viene stimata dividendo il flusso in microstrati e un veloce processore interno, con frequenza superiore a 90.000 Hz, campiona i dati relativi alla velocità di scorrimento, alla durata e alla densità degli strati. Dall'elaborazione dei suddetti valori, il software di gestione consente di ottenere i dati relativi alla produzione (3). A tal proposito, è altresì importante sottolineare che in lattometri di questo tipo, se il fluido, per motivi dovuti essenzialmente ad esigenze di precisione di misura, fosse costretto ad effettuare un percorso tortuoso o a subire un brusco rallentamento, le perdite di carico potrebbero essere molto elevate. Un risultato rilevante della presente sperimentazione è certamente quello di aver evidenziato l'importanza di una verifica degli impianti anche in fase dinamica, cioè con i soggetti

in mungitura e di aver proposto una metodologia di approccio allo studio; infatti, le condizioni operative variano sensibilmente rispetto al funzionamento statico. D'altra parte, lo svolgimento di prove dinamiche in scala reale, direttamente negli impianti e durante la mungitura effettiva dei soggetti, presenta evidenti difficoltà nella definizione dei protocolli sperimentali e nella standardizzazione delle condizioni di prova. Pertanto è auspicabile che, sia in campo nazionale che internazionale, si possano definire, analogamente a quanto già effettuato per il dimensionamento e la verifica statica, normative tecniche di riferimento anche per il collaudo dinamico degli impianti di mungitura e dei relativi componenti.

## Ringraziamenti

Gli autori hanno contribuito in maniera paritetica alla elaborazione scientifica ed alla stesura del lavoro. Un ringraziamento particolare va, però, al sig. Emanuele Di Benedetto, funzionario tecnico della Sezione Meccanica del Dip. PRO.GE.SA. della Facoltà di Agraria dell'Università agli Studi di Bari, per aver collaborato alla realizzazione delle prove sperimentali.

## Bibliografia

1. Amirante P., B. Bianchi & D'Agostino S. 2001. Confronto fra vari tipi di lattometro e problematiche relative al loro uso negli impianti di mungitura. *In Proc. P.O.M. – Mis. 2 – Prog. B15 «Informatizzazione dei servizi veterinari e di assistenza tecnica alle aziende zootecniche», Relazione delle Unità Operative della Provincia di Bari, Putignano (BA) 5 settembre 2001: 1-21.*
2. Armstrong D.V., 1997. Milking robots in large dairy farms. *Comput Electr Agric*, **17**: 123–128.
3. Bianchi B., De Bellis M., D'Agostino S. & Mangini G. 2002. Lattometri elettronici per monitorare on-line i dati di lattazione. *L'Informatore Zootecnico*, **8**: 36-48.
4. Capuco A.V. 1994. Influence of pulsationless milking on teat canal keratin and mastitis. *J Dairy Sci*, **77**: 139-144.
5. Ciminaghi A., Pazzona A., Murgia L. & Corsini R. 1998. Computer based semi-automatic test systems for milking machines. In: «Milking and milk production of dairy sheep and goats», Proceedings of the 6th Int. Symp. on the Milking of Small Ruminants, Athens (Greece) Sept 26th–Oct 1st 1998, EAAP Publ. No. 95, 1999, Wageningen Pers, 242-244.
6. Gates R.S., R. Sagi & Scott N.R. 1981. Theoretical considerations in sizing milk pipelines. *Transaction of the ASAE* **24** (6), 1600-1604.
7. Hamman J., G.A. Mein & Wetzel S. 1993. Teat tissue reactions to milking: effects of vacuum level. *J Dairy Sci*, **76**, 1040-1046.
8. Hoffman R. 1988. Investigation into technique for measuring milk Characteristics during the milking process. *Agrartechnik*, **38**: 510-516.
9. Hogeveen H., W. Ouweltjes, C. J. A. M. De Koning & Stelwagen M. 2001. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livest Prod Sci*, **72**: 157-167.
10. Marcon L. 1993. Uso di lattometri elettronici per la valutazione delle prestazioni degli animali. *In Proc. 5th Nat. Conf. A.I.G.R. «Il ruolo dell'ingegneria per l'agricoltura del 2000», 4*, 261-267.
11. Markos H.G. & Touchberry R.W. 1970. Heritability of rates of milk flow and time required to milk cows. *J Dairy Sci*, **53**, 176-188.
12. Pazzona A. 1994. Mungitura meccanica e refrigerazione del latte alla stalla. Istituto Nazionale di Economia Agraria, Quaderni di Zootecnia, **15**, 10-22.
13. Rasmussen M.D. 1997. Vacuum measurements during machine milking. In: Proc. Moore Park International Conference on Machine Milking and Mastitis, 23th May, Cork (Ireland), 58-65.
14. Witzel D.A. & McDonald J.S. 1964. Bovine intramammary pressure changes during mechanical milking. *J Dairy Sci*, **47**, 1378-1381.