UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI
PRODUZIONE, TERRITORIO, AGROENERGIA

DISPENSA DEL CORSO DI

MECCANIZZAZIONE AGROFORESTALE

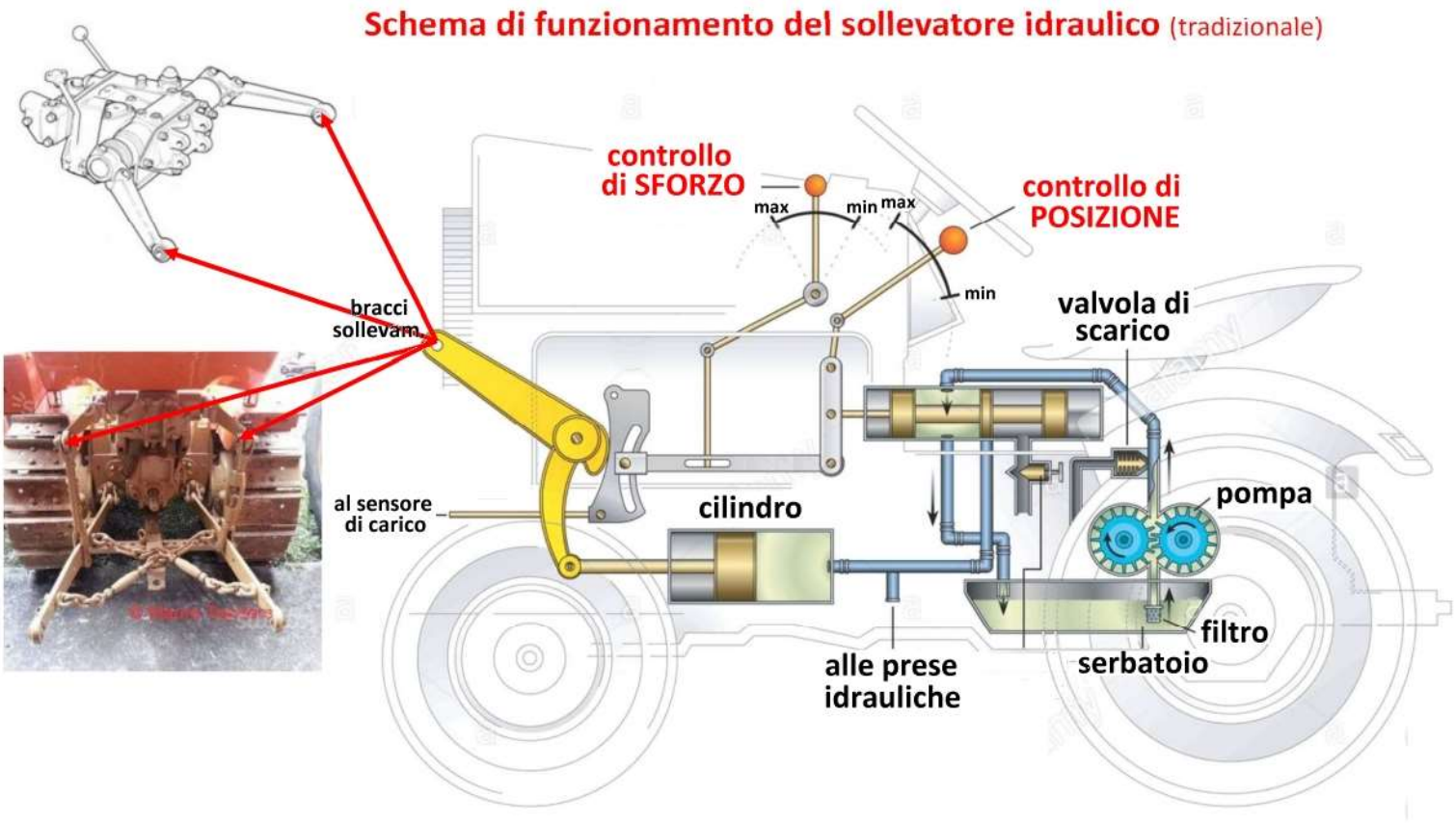
Prof. D. Pessina

a.a. 2021/22

SOLLEVATORE IDRAULICO (accoppiamento portato)

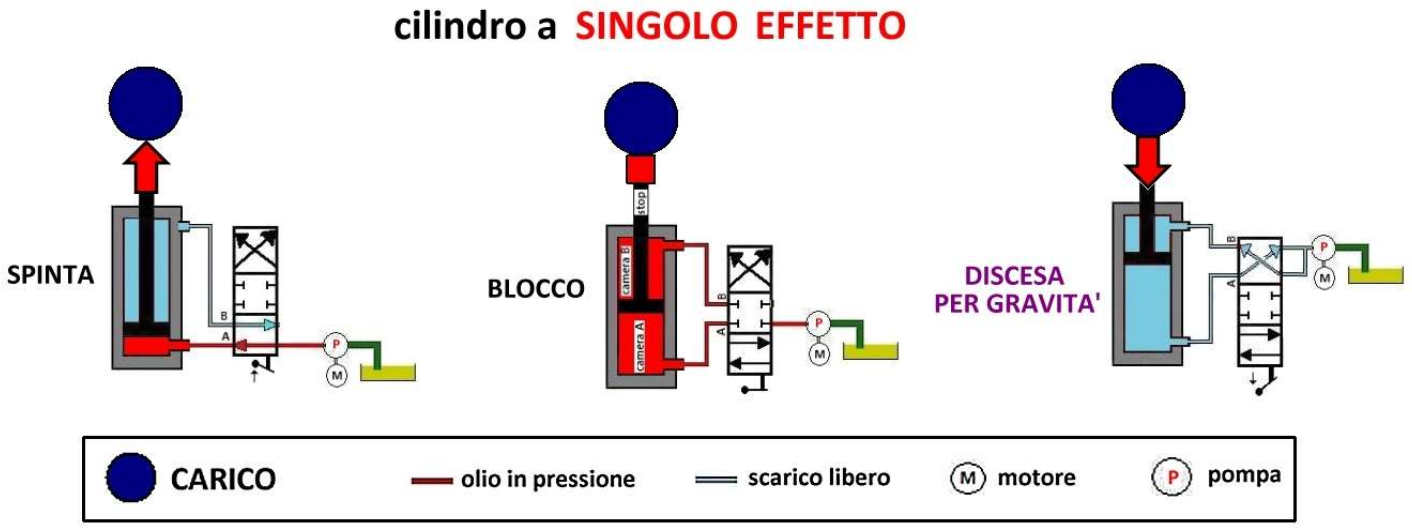
Il **sollevatore idraulico** è quella parte dell'impianto idraulico del trattore che sfrutta l'energia accumulata sotto forma di pressione da un fluido (olio minerale) e generata da una pompa azionata dal motore endotermico, per sollevare le attrezzature fissate al tramite meccanico, ovvero l'attacco a 3 punti.

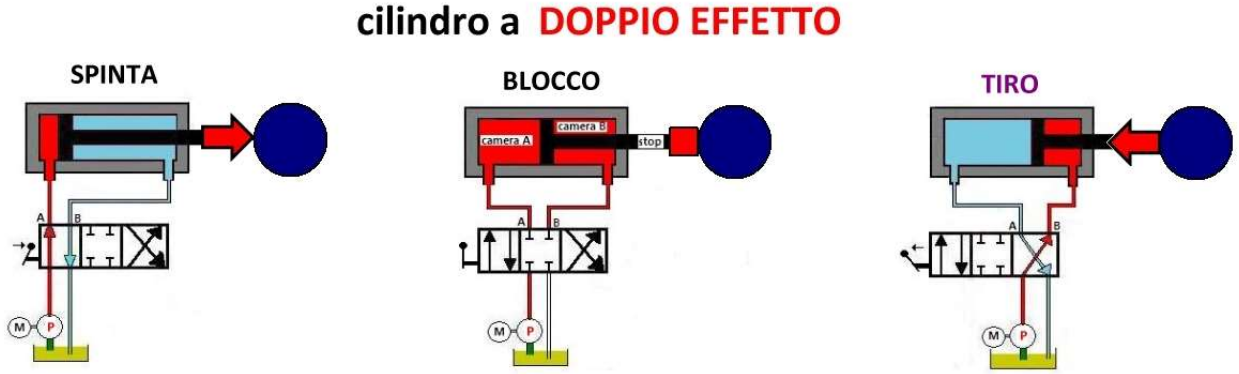
Pertanto, il sollevatore idraulico costituisce sia l'organo di sollevamento per il passaggio dalla fase di lavoro a quella di trasferimento, sia il mezzo per la regolazione automatica delle condizioni di lavoro dell'attrezzo portato all'attacco a 3 punti.



Una necessaria premessa: il CILINDRO IDRAULICO

E' costituito da un robusto cilindro in acciaio cavo all'interno, entro il quale scorre un pistone (o stantuffo), collegato ad un'asta (o stelo), che scorre all'interno del cilindro grazie ad un flusso di olio in pressione che, grazie a delle valvole, può entrare, uscire o rimanere bloccato all'interno delle due camere che si creano sui due lati del pistone.
Si avvale quindi di olio minerale, messo in pressione da una pompa mossa da un motore (quello endotermico nel caso del trattore).
Quindi, a seconda dei casi, il cilindro idraulico può esercitare unicamente una forza di spinta o di tiro (cilindro a semplice o singolo effetto), oppure alternativamente entrambe /cilindro a doppio effetto).

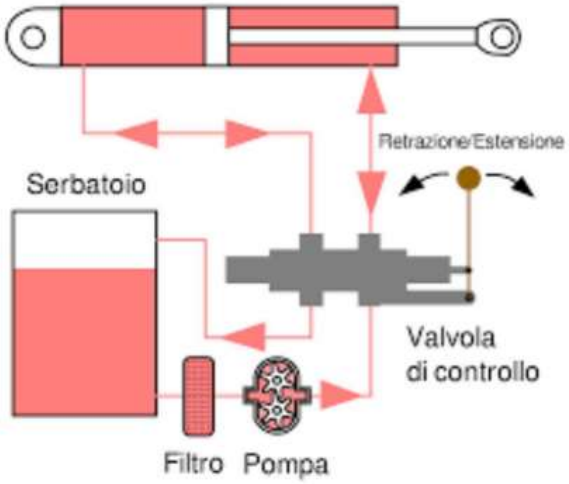


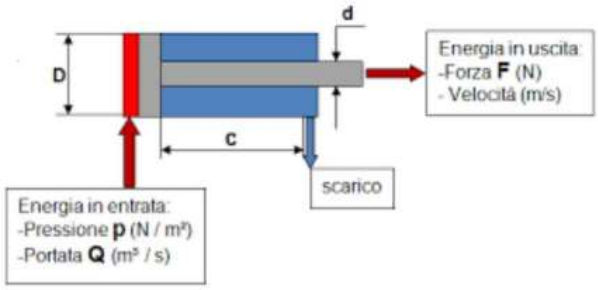


Cilindro idraulico

A doppio effetto
(spinta e tiro)

A semplice effetto
(solo spinta o solo tiro)





pressione **portata** **forza** **velocità**

$$\frac{N}{\cancel{m^2}} * \frac{m^{\cancel{3}}}{s} = N * \frac{m}{s}$$

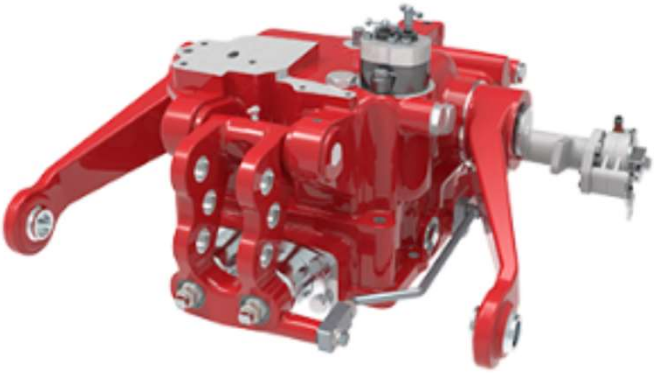
In generale, i cilindri idraulici sono in grado di esercitare forze molto grandi, con velocità di spostamento molto basse, e sono di conseguenza frequentemente applicati quando si tratta si sollevare carichi molto gravosi.
Di fatto, l'azione descritta conferisce pressione (ad es. in N/m^2) all'olio, che fluisce in un sezione nota (in m^2) con una determinata velocità (in m/s), per cui si determina una portata (in m^3/s).
Il tutto pertanto si traduce appunto in una forza (in N) per una velocità (in m/s), cioè una **potenza idraulica**.

SOLLEVATORE IDRAULICO

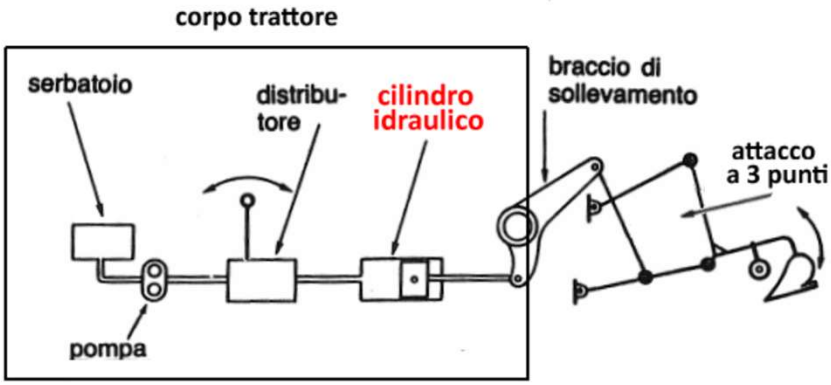
Il funzionamento del sollevatore idraulico di basa sull'azione su uno o due **cilindri idraulici**. A seconda delle configurazioni, il cilindro può **essere interno al corpo del trattore (versione tradizionale)** oppure **esterno (sempre più spesso anche una coppia), come parte dell'attacco a 3 punti**.

Eccetto alcune rare applicazioni particolari, il sollevatore **si avvale sempre di uno o due cilindri idraulici a SEMPLICE EFFETTO**, che realizzano il solo sollevamento dell'attrezzatura collegata all'attacco a 3 punti, **mentre la discesa avviene per gravità, ovvero grazie al suo peso proprio** (cioè togliendo la pressione dell'olio all'interno del cilindro).

Cilindro INTERNO



Cilindri ESTERNI



SOLLEVATORE IDRAULICO

Il sollevatore idraulico costituisce sia l'organo di sollevamento per il passaggio dalla fase di lavoro a quella di trasporto, sia soprattutto il mezzo per la regolazione automatica delle condizioni di lavoro dell'attrezzo, pertanto esso introduce l'importante principio dell'automazione applicata alle macchine agricole.

Di fatto, il sollevatore idraulico per il tramite del dispositivo meccanico di attacco degli attrezzi (l'attacco a 3 punti), assolve alle seguenti funzioni:

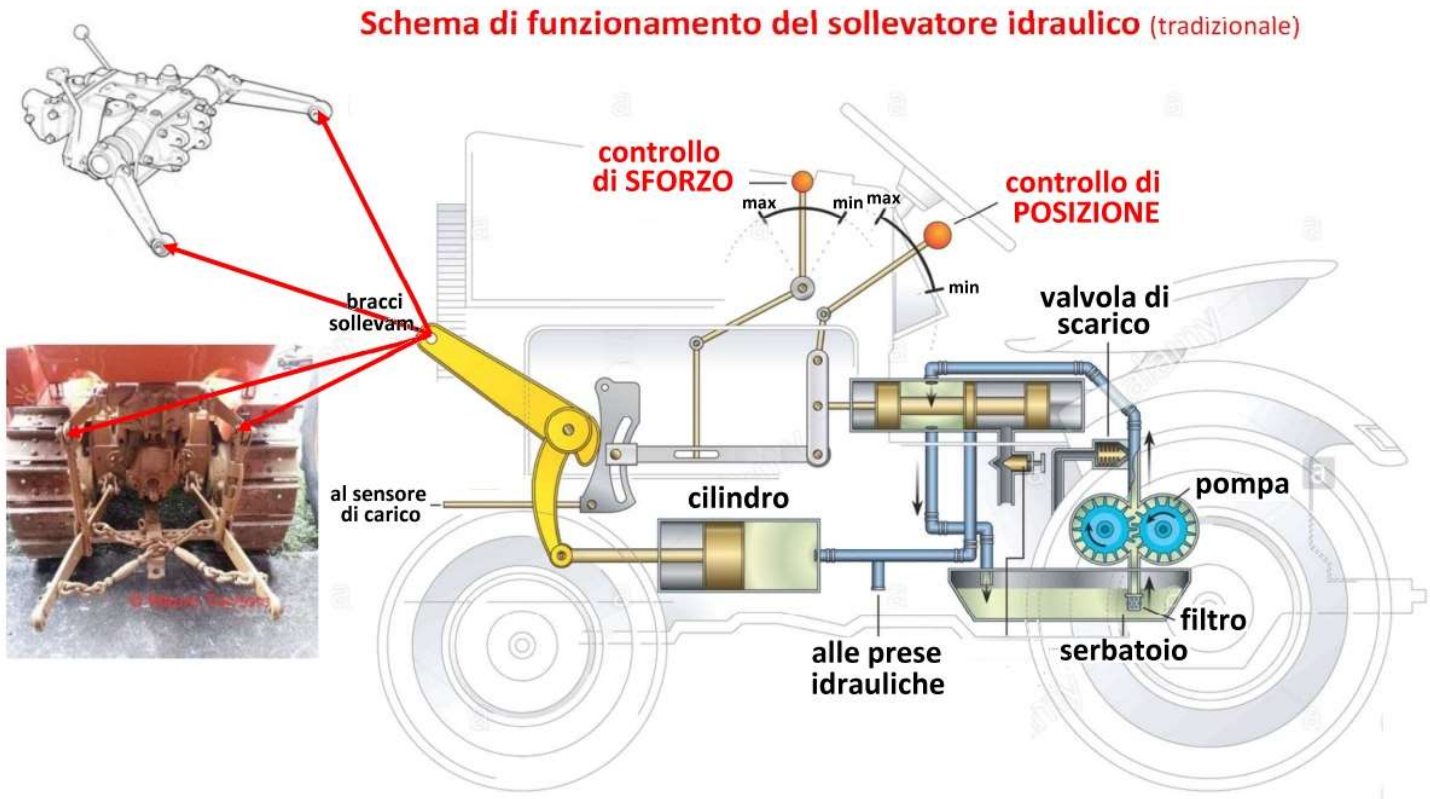
- trasmettere lo sforzo di trazione all'attrezzo;
- sollevare e abbassare l'attrezzo per portarlo in una determinata posizione rispetto al trattore o al terreno, mantenendone invariata la posizione durante la lavorazione o il trasporto;
- in alternativa, regolare gli sforzi trasmessi dall'attrezzo alla trattrice.

Trasmissione dello sforzo di trazione all'attrezzo e regolazione degli sforzi trasmessi dall'attrezzo al trattore.

Sollevamento dell'attrezzatura in una determinata posizione rispetto al terreno, mantenendone invariata la posizione durante la lavorazione (a sx) o il trasporto (a dx)

Le principali parti costituenti il gruppo sollevatore sono:

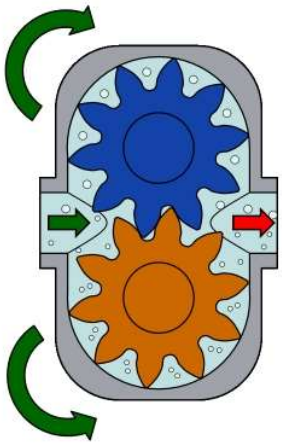
- la **pompa idraulica**, generalmente ad ingranaggi, perché di tipo semplice, robusta, poco ingombrante ed a flusso continuo. Sono però anche adottate pompe a pistoncini, nel qual caso, devono essere a più elementi onde rendere meno discontinuo il flusso dell'olio. La pompa è comandata dal motore in genere tramite i rotismi della distribuzione;
- il **sollevatore vero e proprio**, costituito nella configurazione tradizionale da un robusto cilindro di acciaio, nel quale scorre un pistone che riceve la pressione dell'olio ed agisce, per mezzo di un puntone a testa sferica, su una leva calettata sull'albero di comando dei bracci di sollevamento;
- il **distributore**, incorporato nello stesso gruppo del sollevatore, con le relative leve, al quale è affidata la fondamentale funzione di comandare l'apertura e la chiusura delle valvole di ingresso e di scarico dellolio nel cilindro.
- l'**attacco a 3 punti**, costituito dai bracci (o stegoli) inferiori, terzo punto (o puntone), tiranti e catene registrabili di limitazione dell'oscillazione laterale.



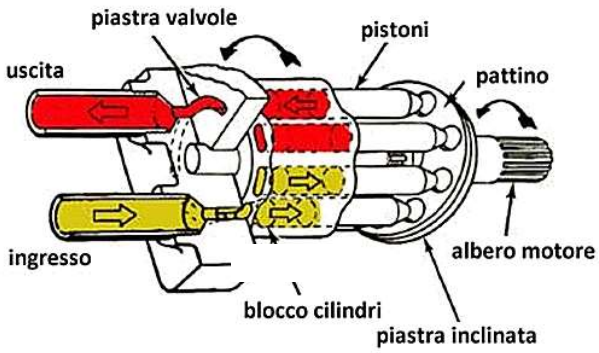
POMPA IDRAULICA

Mette in pressione (anche fino a 180-200 bar) il flusso di olio nel circuito. Senza entrare eccessivamente nei dettagli, nei trattori più semplici la pompa è **ad ingranaggi**, a portata fissa, mentre in quelli più evoluti è **a pistoni a cilindrata variabile**, e quindi la regolazione della portata varia in funzione delle effettive esigenze del circuito idraulico.
Nel caso della pompa ad ingranaggi, il realtivo circuito idraulico è relativamente semplice ed economico, ma la potenza dissipata (proporzionale alla portata complessiva elaborata dalla pompa e alla pressione di mandata) è quella necessaria per mantenere tutta la portata d'olio alla pressione desiderata e non solamente quella richiesta.
Nel caso invece delle pompe a pistoni a cilindrata variabile, la regolazione della portata avviene in base all'inclinazione del piattello della pompa. Se il distributore non è azionato (configurazione di neutro) la mandata della pompa è bloccata e la portata di olio è nulla (a meno dei trafilamenti), con conseguenti assorbimenti di potenza molto ridotti.
Nei circuiti **a centro chiuso** vengono inoltre installati dei sensori per la rilevazione del carico (**LOAD SENSING**) che trasmette ai regolatori della pompa a pistoni le effettive richieste di pressione e portata dei dispositivi utilizzatori (ad es. cilindri idraulici, motori idraulici, ecc.).

POMPA A INGRANAGGI



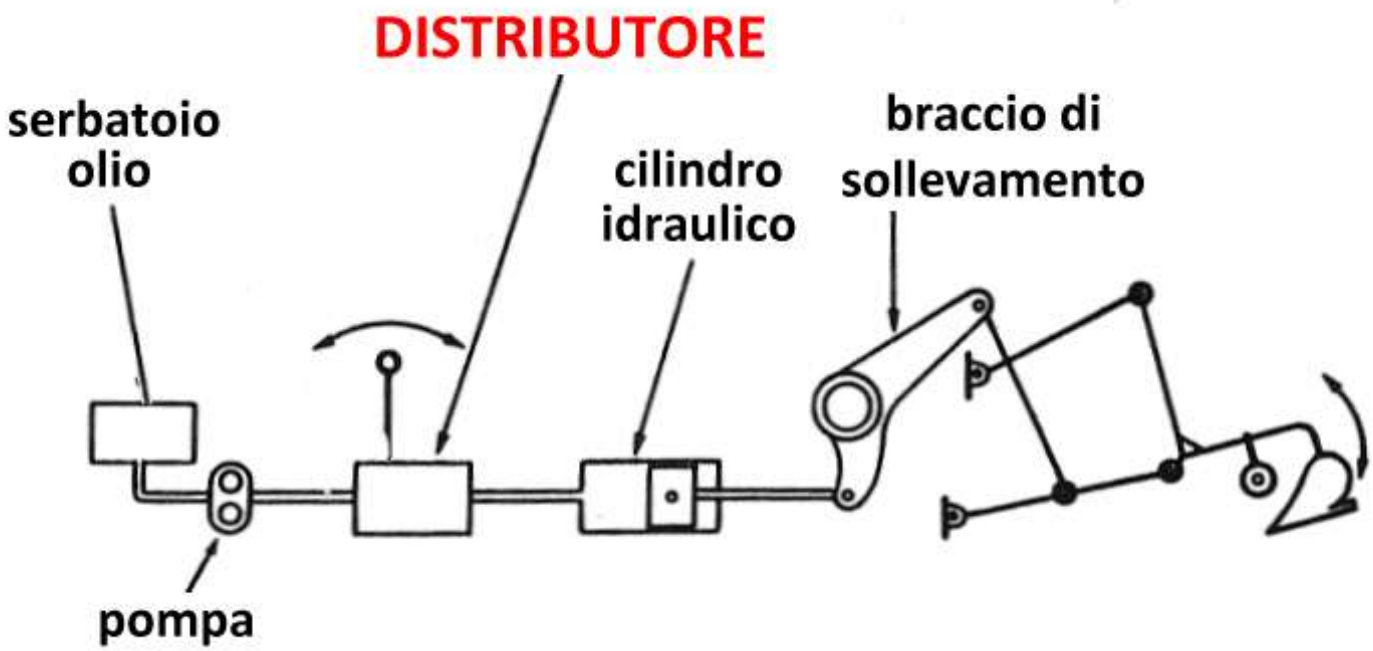
POMPA A PISTONI

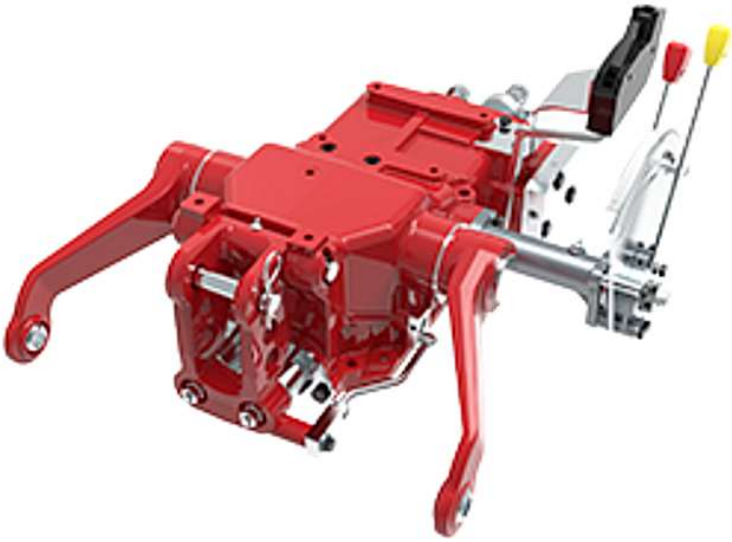


Le pompe a pistoni sono molto più costose di quelle ad ingranaggi; la maggior complessità del sistema e l'installazione dei sensori (con la relativa centralina di gestione dei segnali relativi) rendono plausibile questo tipo di applicazione solo nei trattori di elevata potenza, dove la riduzione percentuale delle perdite di potenza è degna di nota.

IL DISTRIBUTORE

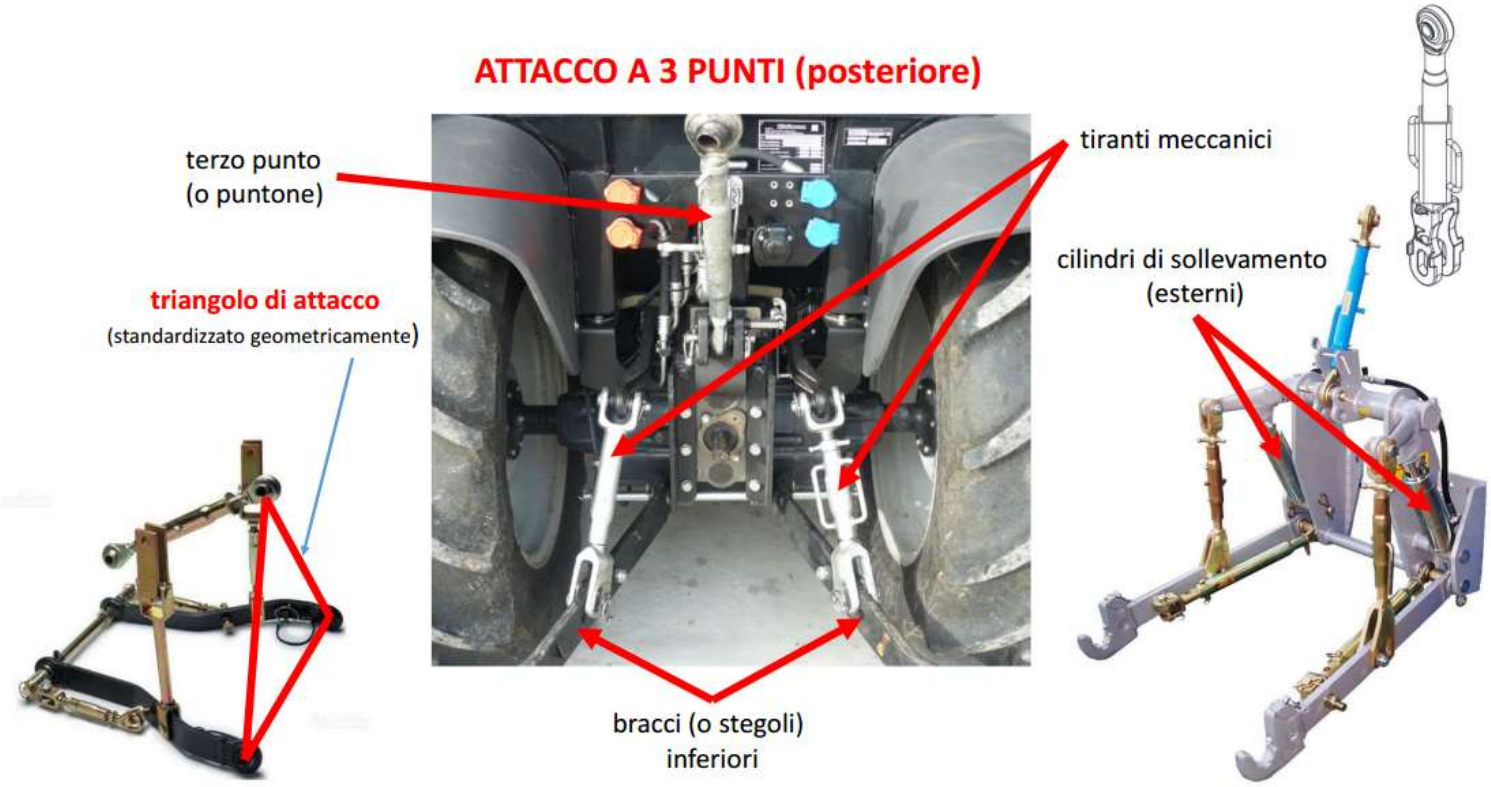
Il gruppo distributore é l'organo chiave del circuito di sollevamento, e indipendentemente dalla modalità di funzionamento, **gestisce la mandata, l'arresto e lo scarico dell'olio in pressione**, che determinano il sollevamento, il blocco e lasciano avvenire la discesa dell'attrezzo collegato all'attacco a 3 punti gestito dal sollevatore.





L' ATTACCO A 3 PUNTI

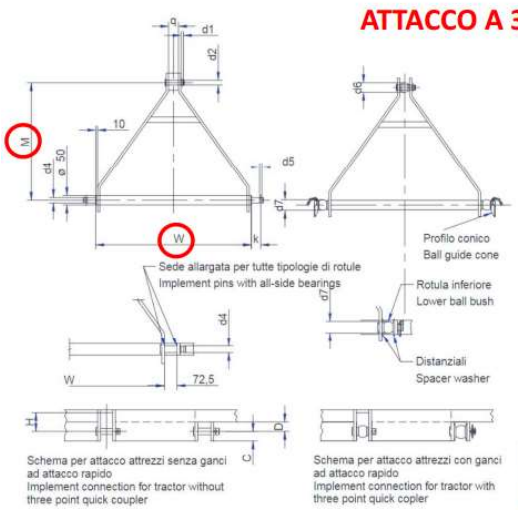
E' costituito dai **bracci (o stegoli) inferiori**, **terzo punto (o puntone)** , tiranti e catene registrabili di limitazione dell'oscillazione laterale.
Un'alternativa moderna al classico attacco a 3 punti con tiranti meccanici riguarda la loro sostituzione con uno (su un solo lato) oppure con due cilindri idraulici, che agiscono in sostituzione dell'unico cilindro interno che equipaggia gli impianti tradizionali.

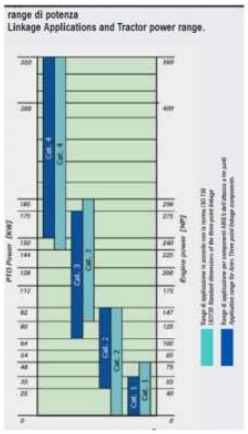


LA GEOMETRIA DELL'ATTACCO A 3 PUNTI

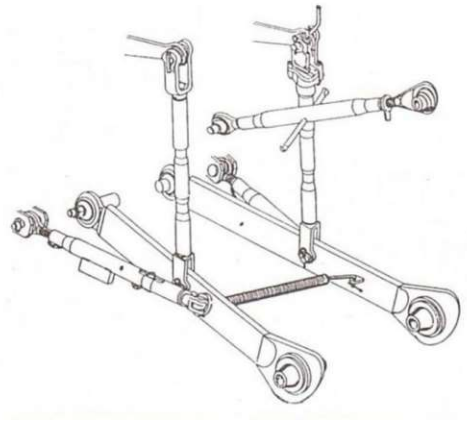
E' **molto importante che i 3 punti di attacco siano geometricamente definiti con precisione**, in modo che si possa realizzare un corretto accoppiamento con le corrispondenti strutture delle m.o.
Nello specifico, sono importanti la dimensione della **base del triangolo e la sua altezza** che, unitamente ad altre dimensioni, sono standardizzate a livello normativo in "categorie".
Per i trattori agricoli sono state stabilite **4 categorie (1, 2, 3 e 4**) di dimensioni progressivamente crescenti. C'è inoltre **una sottocategoria (1 N)**, che è appannaggio dei trattori a carreggiata stretta da impiegare nelle coltivazioni specializzate (frutteti e vigneti).

ATTACCO A 3 PUNTI (posteriore)





TIPO *TYPE*	DIMENSIONI *DIMENSIONS* (mm)							GAMMA PREFERITA *PREFERRED RANGE*						Range potenza ISO 730 PTO Power range to ISO 730 (KW)
	d1 min	d2	d4	d6	d7	K min	d5 min	q min	M	w	C	D	H	
CAT. 1	12	19	22	38	44	39	12	44,5	460	683	35	95	80	...48
CAT. 2	12	25,4	28	50	56	49	12	52	610	825	35	95	80	...92
CAT. 3	12	31,7	36,6	60	64	52	17	52	685	965	40	105	90	80...185
CAT. 4	17,5	45	50,8	78	85	68	17,5	65	4L 685 4H 1100	1166,5	50	min 140		150...350



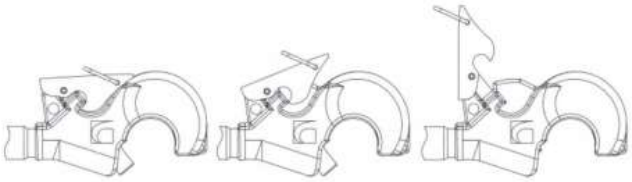
Stegoli diritti (cat. 1, 2, 3 e 4).

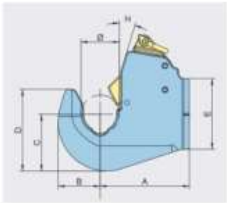
Stegoli a "S"(cat. 1N)

Evoluzione dell'attacco a 3 punti

Il terzo punto o puntone è normalmente regolabile, entro determinati limiti, in inclinazione e in lunghezza, per permettere un corretto assetto verticale dell'attrezzatura collegata.
Per ciò che concerne la lunghezza, la regolazione è normalmente meccanica, ma sono disponibili anche modelli di **terzo punto idraulico**, che sgravano l'operatore da faticose regolazioni manuali.
Inoltre **i punti di aggancio** della m.o. (normalmente dei perni) possono essere vantaggiosamente fissati con dei **sistemi semiautomatici o automatici**.

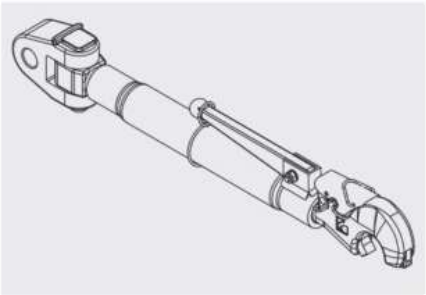
ATTACCO A 3 PUNTI (posteriore) di tipo «RAPIDO»

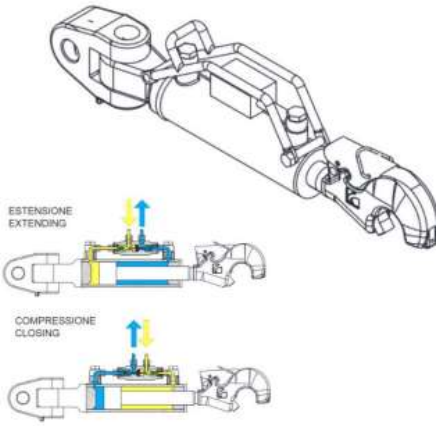




terzo punto **MECCANICO**

terzo punto **IDRAULICO**





terzo punto idraulico

LE MODALITA' DI FUNZIONAMENTO DEL SOLLEVATORE

Il sollevatore idraulico è corredato di sensori, centralina e dispositivi di regolazione (a comando manale o elettronici, in funzione della modernità dei trattori) che consentono di impiegarlo in 4 modalità diverse:

1. **posizione controllata;**
2. **sforzo controllato;**
3. **controllo misto di posizione e sforzo;**
4. **flottante.**

Alcuni comandi dedicati permettono di selezionare il tipo di impiego in relazione al tipo di attrezzatura collegata, alle caratteristiche della lavorazione e, quando ricorre il caso, dalla struttura del terreno.

1 - Posizione controllata

Entro una determinata escursione in altezza, con tale modalità è possibile portare e mantenere fissa l'attrezzatura in una determinata posizione, sia dentro che fuori dal terreno. E' indicata per quelle operatrici che per la miglior qualità del lavoro devono mantenere fissa la propria posizione in altezza rispetto al trattore e di conseguenza, rispetto alla superficie del suolo (ad es. spandiconcime centrifugo, barra irroratrice, falciatrice a dischi, ecc.), o anche ad una determinata profondità dentro il terreno.

Diversi esempi di m.o. portate all'attacco a 3 punti e gestite dal sollevatore idraulico in POSIZIONE CONTROLLATA

Tuttavia, in quest'ultimo frangente, nel caso di lavorazione del terreno (la classica aratura) la modalità posizione controllata ben si adatta in teoria all'esigenza agronomica di mantenere costante l'interramento di un attrezzo, ma risulta incompatibile con un andamento regolare della lavorazione in presenza di un terreno disomogeneo in termini di tessitura, compattamento, grado di umidità.
E' intuibile che la situazione prospettata, ovvero di elevata oscillazione dei parametri del suolo sia alquanto comune anche per piccoli intervalli di variabilità spaziale, per cui ciò potrebbe portare a importanti variazioni nella forza di trazione richiesta per trainare l'aratro, con conseguente elevata oscillazione dello slittamento del trattore e in definitiva della velocità di avanzamento. **Senza contare l'eventualità di un blocco totale della lavorazione, laddove la compattezza e/o la tessitura del terreno dovessero diventare insostenibili. Si tratta, in definitiva, di una situazione che deve essere accuratamente scongiurata.**

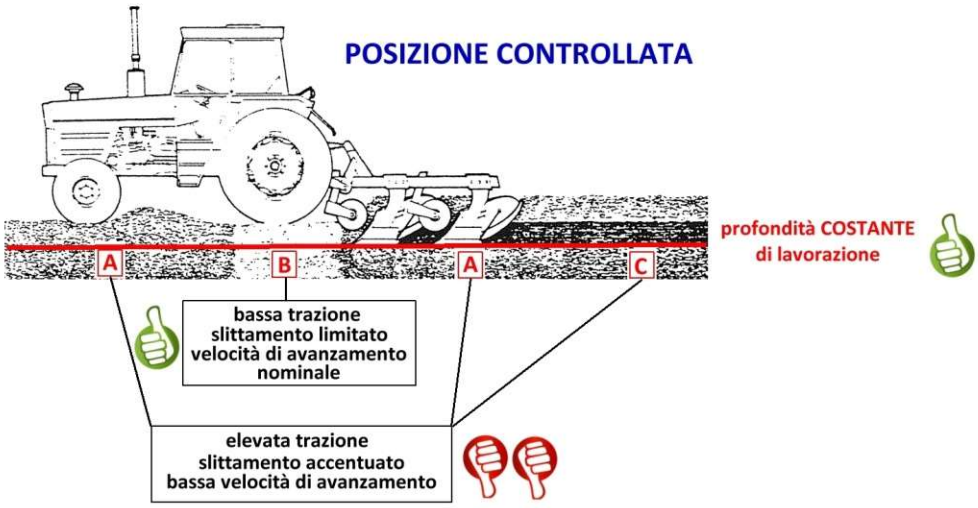
2 - Sforzo controllato

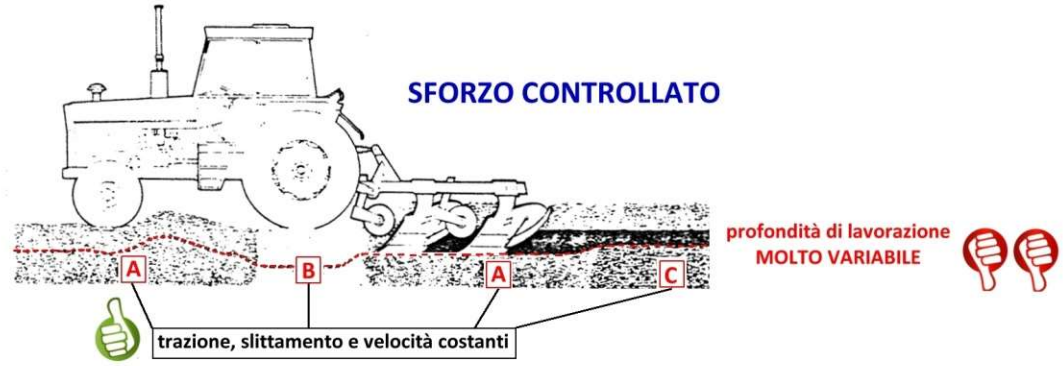
La caratteristica principale che evidenzia il sollevatore predisposto per l'impiego a sforzo controllato consiste nel **mantenere costante il tiro (tecnicamente viene definita "aderenza") richiesto al trattore**.
Ciò viene ottenuto variando in automatico entro limiti più o meno stretti la profondità di lavoro dell'attrezzo, al variare delle condizioni del terreno suaccennate.
Il controllo automatico dello sforzo sfrutta il principio fisico che ogni azione produce una reazione: quindi, quando un attrezzo, ad es. l'aratro, é portato dal sollevatore e sta lavorando nel terreno trasmette sempre una reazione al trattore, che viene opportunamente rilevata da dispositivi dedicati, di tipo meccanico (ad es. una molla) oppure più modernamente elettronici (gli estensimetri, *per dettagli cfr il sollevatore elettronico*).
I dispositivi dedicati, che possono essere definiti "sensori", permettono di controllare in tempo reale non solo l'entità del tiro, ma anche di intervenire, in congiunzione con una centralina che ne rileva ed elabora i segnali, per far si che il tiro rimanga pressoché costante, ovvero entro un intervallo prestabilito.
Operativamente, la posizione del comando classico a leva dello "sforzo" (cfr successivamente) definisce la cosiddetta "sensibilità", ovvero l'ampiezza dell'intervallo suaccennato. In altre parole, alla massima sensibilità, una volta stabilita la posizione congrua dell'aratro nel terreno (cioè la sua profondità di lavorazione), il controllo di sforzo manterrà "costante" il tiro del trattore per ampie variazioni della profondità. Viceversa, alla minima sensibilità l'intervallo di variazione della profondità sarà molto più limitato, in modo che l'aratro resterà più o meno alla medesima posizione, ma si verificheranno in tal modo ampie variazioni nella richiesta di tiro, al variare della consistenza e della tessitura del terreno.
A tutto ciò, si devono aggiungere anche alcune considerazioni sulla variabilità del profilo della superficie del suolo: nella (improbabile) eventualità che il terreno abbia consistenza uniforme, lavorando il controllo dello sforzo si mantiene una profondità di interramento costante dell'attrezzo, indipendentemente dalle irregolarità della superficie. Ad esempio in corrispondenza di avvallamenti l'aratro tende ad interrarsi maggiormente, ma il maggior sforzo richiesto fa sì che il sistema alzi l'attrezzo, riportando il tiro al valore originale. Il fenomeno analogo, ma contrario, avviene quando vengono affrontati dei dossi.

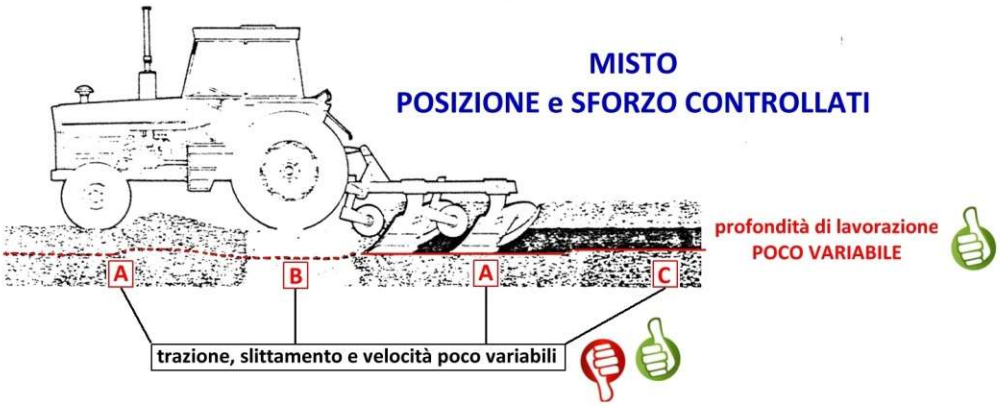
3 - Controllo misto di posizione e sforzo

Per quanto illustrato sopra, nelle lavorazioni profonde del terreno entrambi i controlli "puri" di posizione e di sforzo non sono esenti da inconvenienti funzionali, specie, lo si ripete, in presenza di terreni a consistenza disomogenea, cioè praticamente tutti i terreni agrari.
La soluzione alla questione è un "compromesso" (in senso figurato) tra le due condizioni estreme, cioè **il controllo misto di posizione e sforzo**.

A = terreno ARGILLOSO B = terreno SABBIOSO C = terreno COMPATTO







In questo caso, le variazioni di profondità consentire all'attrezzo sono limitate rispetto al valore medio predefinito, si riduce la sensibilità dello sforzo controllato, introducendo in parte la posizione controllata. Sempre con riferimento ai tradizionali, la predisposizione al controllo misto di posizione e sforzo è effettuata agendo su entrambe le leve di comando del sollevatore, cercando di raggiungere il miglior compromesso tra variazione di sforzo e di profondità.

4 - Flottante

Come del resto suggerisce la definizione (flottante = “fluttuante”), con questa modalità di funzionamento in pratica il sollevatore lascia libera l’operatrice, che poggia sulla superficie del terreno con suoi organi propri, ovvero ruote, ruotini, slitte, ecc.) di seguire le ondulazioni del terreno. In pratica, il sollevatore non interviene mai, né sollevando, né lasciando scendere l’attrezzatura. Di fatto, per il tramite del collegamento meccanico rappresentato dall’attacco a 3 punti, è “come se” (anche se non è proprio la stesa cosa…) l’operatrice fosse abbinata al trattore con il gancio di traino.
La modalità flottante trova perciò la sua utilità per tutti quelle attrezzature che per la miglior qualità di lavorazione devono semplicemente appoggiare sul terreno e seguirne il profilo, oppure per operatrici “semiportate”, che dispongono cioè di opportuni organi di appoggio sul terreno. E’ possibile citare, ad esempio: trinciastocchi e trinciasarmenti, i coltivatori, taluni erpici a denti folli od oscillanti, rulli costipatori, sarchiatori, rincalzatori, alcune falciatrici, ecc.
Concretamente, e sempre con riferimento ai comandi classici, per attivare la modalità flottante occorre far predisporre la leva della posizione in modo che il sollevatore lasci scendere l’operatrice nella posizione più bassa,e che il controllo dello sforzo sia nella condizione di minima sensibilità.

I comandi CLASSICI del sollevatore meccanico

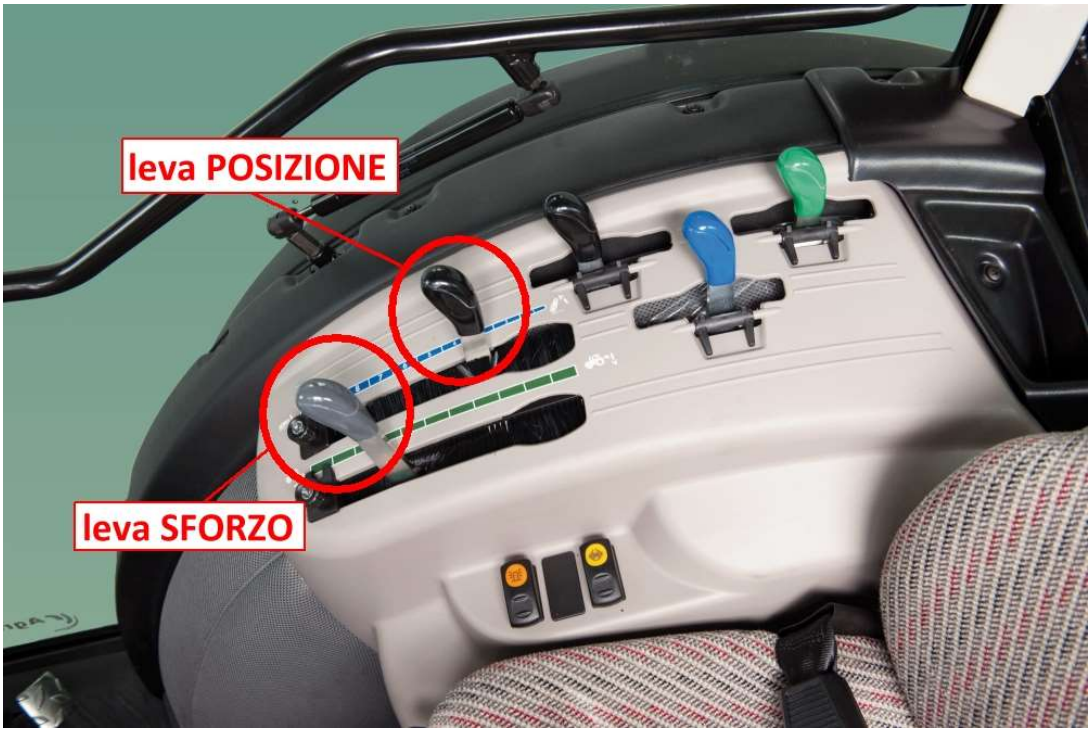
La tipologia classica dei comandi del sollevatore meccanico consiste in due leve, uno di "**posizione**" e l'altra di "**sforzo**".

Modalità controllo di posizione : la regolazione della leva della posizione definisce l'altezza da terra (o la posizione nel terreno) della m.o., che viene mantenuta fissa per tutta la durata della lavorazione. La funzione dello sforzo non deve intervenire, ovvero deve essere regolata alla minima sensibilità.

Modalità controllo di sforzo: la posizione del comando classico a leva dello sforzo definisce la cosiddetta "sensibilità". Se è massima, una volta stabilita la posizione congrua dell'aratro nel terreno (cioè la sua profondità di lavorazione con il controllo di posizione), il controllo di sforzo manterrà "costante" il tiro del trattore per ampie variazioni della profondità. Viceversa, alla minima sensibilità l'intervallo di variazione della profondità sarà molto più limitato, in modo che l'aratro resterà più o meno nella medesima posizione, ma si verificheranno in tal modo ampie variazioni nella richiesta di tiro, al variare della consistenza e della tessitura del terreno.

Modalità mista controllo posizione e sforzo: in questo caso, le variazioni di profondità consentire all'attrezzo sono limitate rispetto al valore medio predefinito, si riduce la sensibilità dello sforzo controllato, introducendo in parte la posizione controllata.
La predisposizione al controllo misto di posizione e sforzo è effettuata agendo su entrambe le leve di comando del sollevatore, cercando di raggiungere il miglior compromesso tra variazione di sforzo e di profondità.

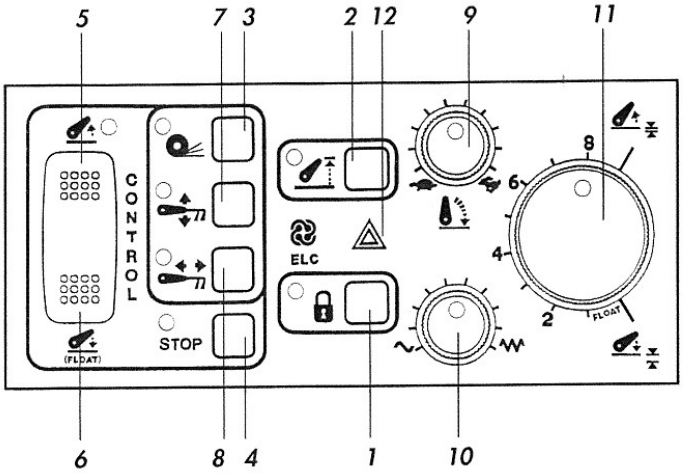
Modalità flottante: la leva della posizione deve fare in modo che il sollevatore lasci scendere l'operatrice nella posizione più bassa, e che quella dello sforzo sia nella condizione di minima sensibilità.



IL SOLLEVATORE ELETTRONICO

Nel sollevatore meccanico tradizionale, la rilevazione dello sforzo è affidata ad un sensore parimenti meccanico, di solito una speciale e robusta molla a U tarata.

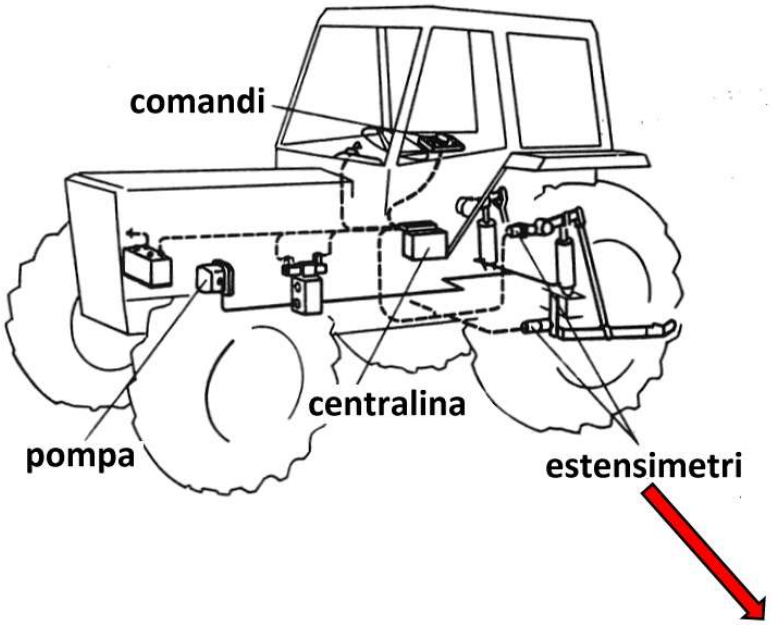
Viceversa, nei modelli di trattore più recenti, **il sollevatore è elettronico**, ovvero si avvale di sensori i cui segnali vengono gestiti da una centralina, mentre **i comandi sono** costituiti da interruttori e potenziometri, **raggruppati su console e su joystick**.

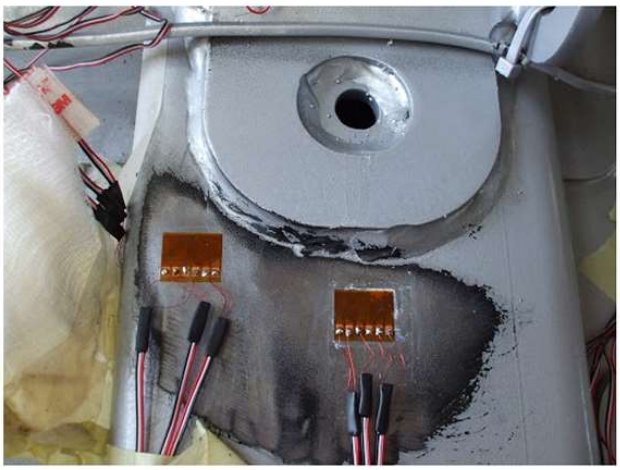


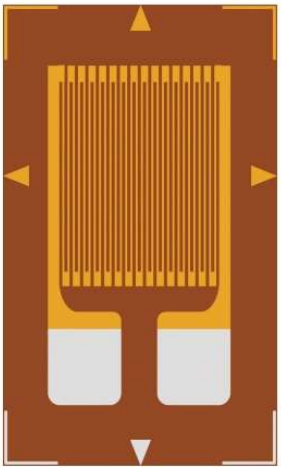
1 Tasto di blocco
2 Tasto di massima altezza
3 Tasto controllo slittamento
4 Tasto stop
5 Tasto comando salita
6 Tasto comando discesa
7 Tasto controllo di posizione
8 Tasto controllo di sforzo
9 Manopola velocità di discesa
10 Manopola sensibilità
11 Manopola di controllo
12 Spia di allarme

Gli estensimetri

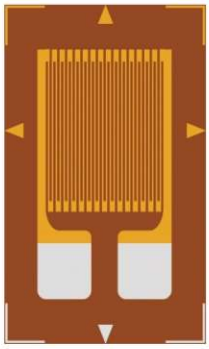
Per il controllo dello sforzo, il sollevatore elettronico si avvale di sensori, gli estensimetri, che sono intimamente incollati (per mezzo di speciali colle epossidiche) alla superficie di elementi sottoposti a tali sforzi, ad esempio parti dell'attacco a 3 punti del sollevatore a cui è collegato un aratro, che per effetto della tensione a cui sono sottoposti denotano delle microscopiche deformazioni (dell'ordine di qualche millesimo di millimetro), che però generano una stress (ovvero un analogo allungamento) degli estensimetri ad essi solidali.
Come suggerisce il nome, sono sfruttati per misurare delle deformazioni (o anche, analogamente, delle compressioni): **il loro valore aggiunto è quello di poter trasformare in modo proporzionale, se opportunamente alimentati, queste (micro) sollecitazioni in altrettante piccole variazioni di corrente elettrica, in termini di tensione o di intensità.** Dopodichè sarà facile correlare queste variazioni di segnale elettrico alle corrispondenti variazioni di forza, da parte della centralina elettronica.

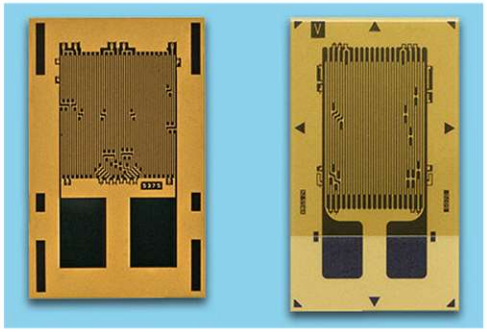




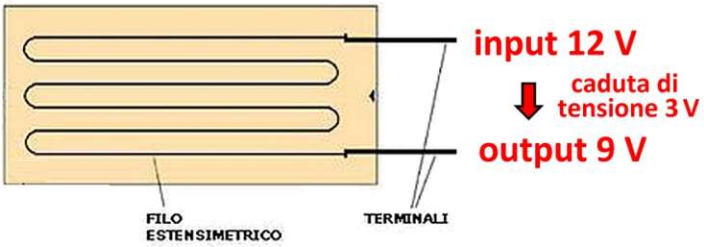


Il principio di funzionamento dell'estensimetro si basa sul **cambiamento di resistenza** che oppone al passaggio del flusso di elettroni (cioè la corrente elettrica) quando **per effetto della sollecitazione meccanica** subisce una variazione della lunghezza del filo.
In sostanza, quando il filo si allunga (per una trazione) la resistenza elettrica aumenta, quando si accorcia (per una compressione) diminuisce.
Per amplificare questa variazione, il filo dell'estensimetro è normalmente depositato sulla base in forma di spirale, in modo che un assottigliamento della sezione sia rilevato da tutte le spire, aumentando la variazione della resistenza.
Ovviamente, la base di supporto del filo e il legante adesivo devono collaborare nella trasmissione della deformazione, mentre l'adesivo deve fungere anche come isolante elettrico tra la griglia e la superficie del foglio.

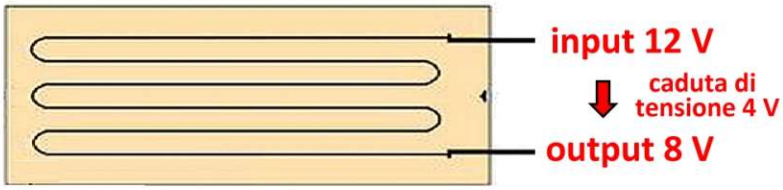
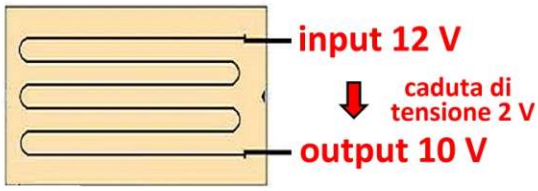




NESSUNA FORZA
resistenza standard



TRAZIONE
allungamento = maggior resistenza



COMPRESSIONE
accorciamento = minor resistenza