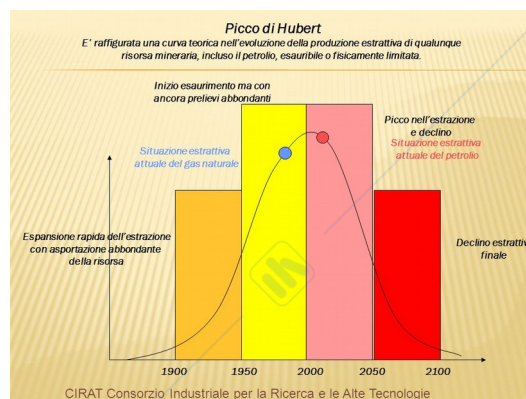


## ENERGIA

### -Cos'è il picco di Hubbert?

La curva di Hubbert rappresenta l'aumento teorico nell'evoluzione della produzione estrattiva di qualunque risorsa mineraria (come per esempio il petrolio) esauribile o fisicamente limitata.

Non appena la risorsa viene scoperta, la sua estrazione risulta difficile e costosa, ma non appena vengono fatti grossi investimenti il costo di estrazione cala fino ad arrivare al picco di Hubbert, che coincide con il picco di massima estrazione. Dopo aver raggiunto questo picco, la produzione non può che calare e il prezzo della risorsa non fa che aumentare fintanto che non sarà più conveniente estrarre quella risorsa.



### -Vantaggi e svantaggi del solare fotovoltaico e del solare termico.

Dal sole arrivano ogni anno 11853 Kwh/m<sup>2</sup> di energia al suolo. Questo dato medio è però influenzato da variabili come latitudine, altitudine, nuvolosità, stagionalità, alternanza giorno e notte, ecc...

Il problema sostanziale è quello legato alla stagionalità: quando c'è più bisogno di energia ce n'è meno disponibile. Altro grande problema sta nell'accumulo dell'energia, che nel caso del fotovoltaico è presto risolto con la condivisione in rete, ma nel caso del solare termico è di più difficile soluzione (acquisto e installazione di boiler in grado di mantenere la T dell'acqua anche diverse ore dopo averla scaldata).

**Vantaggi fotovoltaico:**

- frammentabile;
- può essere condiviso in rete;
- non impattante (materiali facilmente smaltibili e utilizzo di energia altrimenti non sfruttata);
- utilizzo di spazi altrimenti inutilizzabili (tetti, parcheggi, ecc...)

**Svantaggi fotovoltaico:**

- costo (13-16 €/Kwh)
- inefficienza;
- necessita di accumulatori qualora non ci fosse la possibilità di connettersi alla rete;
- durata limitata;
- le superfici vanno pulite periodicamente.

### -Vantaggi e svantaggi nell'uso di biomasse per la produzione di energia elettrica.

Con biomassa si intende tutto ciò che ha carbonio in forma organica al suo interno.

Tra le biomasse utilizzate per la produzione di energia possiamo distinguere 4 diverse categorie:

- 1) residui forestali e dell'industria del legno;
- 2) sottoprodotti agricoli (paglie, stocchi, letame, ecc...);
- 3) residui agroindustriali;
- 4) colture energetiche finalizzate alla produzione di biomasse per la produzione energetica.

I processi che subiscono le biomasse per produrre energia possono essere:

-**TERMOCHIMICI**, quindi per combustione di prodotti legnosi. Questo processo si utilizza per prodotti con rapporto C/N < 30 e umidità < 30%.

-**BIOCHIMICI**, permettono di ricavare energia per reazione chimica dovuta al contributo di enzimi, funghi e altri microrganismi, che si formano nella biomassa in particolari condizioni. Per prodotti con C/N > 30 e umidità > 30% (di particolare importanza poiché si tratta della fermentazione alcolica e della digestione aerobica e anaerobica).

-**FISICI**, come la spremitura per la produzione di olio (interesse soprattutto a livello europeo poiché la normativa prevede che il diesel venduto nei distributori abbia al suo interno una certa % di biodiesel).

**Vantaggi biomasse:** si trovano in abbondanza ovunque; fonte rinnovabile grazie al rimboschimento; sfruttamento di zone inutilizzate dall'agricoltura;

convertibili in combustibili solidi, liquidi e gassosi con buoni poteri calorifici;  
smaltimento di residui e rifiuti altrimenti non utilizzati;  
ciclo chiuso per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>.

**Svantaggi biomasse:** necessarie aree grandi per ottenere una bassa densità energetica;  
la produzione di biomasse può richiedere largo uso di fertilizzanti ed irrigazione;  
complessa logistica per assicurare la costante fornitura della risorsa (in inverno);  
problemi di trasporto e stoccaggio (molto ingombrante e la distanza deve essere < 160km);  
produzione soggetta a variazioni legate alle condizioni ambientali e al meteo;  
basso potere calorifico; 600m<sup>2</sup> di digestore corrispondono a 1 m<sup>2</sup> di eolico.

### **-Quali sono i principali biocombustibili? quali sono i loro limiti?**

I principali biocombustibili sono: bio-etanolo, bio-diesel, bio-metano e olio vegetale.

Il bio-etanolo ha un potere calorifico molto meno elevato rispetto alla benzina (circa il 64% rispetto a quello della benzina), ma dalla sua combustione poca energia viene persa in luminosità, e questo lo aiuta a recuperare in rendimento. Inoltre l'alcool, avendo già ossigeno nella molecola, è molto più propenso a bruciare rispetto ai combustibili fossili (sviluppando più coppia), quindi gli basta meno ossigeno e quindi meno aria (che raffredderebbe la combustione). In definitiva tenendo conto di tutte queste variabili l'etanolo ha cali di potenza rispetto alla normale benzina solo del 4 %, questo lo rende un ottimo carburante. Derivante dalla fermentazione degli zuccheri provenienti (principalmente canna da zucchero e barbabietola) dalle biomasse ha emissioni nette di CO<sub>2</sub> pari a 0 e in definitiva emissioni di CO molto ridotte (sempre grazie al famoso Ossigeno che porta con sé). Per essere usato come combustibile deve essere puro almeno al 95%.

Gli aspetti critici del bioetanolo sono il suo punto di congelamento (-11,4°C) e il suo punto di infiammabilità (da 21°C), queste due caratteristiche sono molto meno performanti rispetto a quelle della benzina.

Il bio-diesel si ottiene dagli oli vegetali e dai grassi di cucina riciclati. Si ottiene da una reazione di transesterificazione dei grassi (1000kg di olio raffinato +100kg di metanolo → 1000kg di bio-diesel +100kg di glicerolo).

Il biodiesel ha il 90% del potere calorifico del gasolio, ma una densità maggiore che va quindi a ridurre la differenza di potere calorifico. Questo biocombustibile non ha emissioni nette di CO<sub>2</sub>, meno emissioni di CO rispetto al gasolio tradizionale, emissioni di particolato molto meno sottili (per cui meno dannose) ed è biodegradabile al 99% in 3 settimane, però ha maggiori emissioni di SO<sub>2</sub>.

Gli aspetti critici sono il punto di infiammabilità (tra 150 e 171°C), e i problemi di viscosità e basse temperature.

L'olio vegetale è un biocarburante liquido ottenuto dalla semplice spremitura di semi oleaginosi (colza, girasole e soia). Sono interessanti per molti punti di vista, ma con problemi di viscosità a basse temperature, per questo motivo spesso i motori vengono accesi con il diesel, per poi usare olio una volta che il motore è caldo, e di nuovo diesel per ripulire il motore in fase di spegnimento.

Il bio-metano è il prodotto ottenuto tramite la purificazione del bio-gas (va eliminata la CO<sub>2</sub>). Questo risulta il biocarburante a maggiore efficienza energetica e ambientale.

## **MACCHINE**

### **-Cosa si intende per macchine a fluido? Definizione di macchina motrice e di macchina operatrice. (come definiresti il mulino a vento?)**

Le macchine a fluido sono sistemi che interagiscono con i fluidi, in base a se sottraggono o cedono energia al fluido si dicono macchine motrici o macchine operatrici.

Pertanto le macchine motrici sottraggono energia a un fluido, le macchine operatrici invece la cedono.

Si distinguono poi in macchine idrauliche (lavorano con i liquidi) e termiche (lavorano con i gas); macchine volumetriche (su volumi prestabiliti, ma discontinui) e dinamiche (anche dette turbomacchine, che lavorano con volumi di fluido costanti e continui); macchine alternative (moto alternativo delle parti mobili) e rotative (rotazione degli organi mobili); macchine assiali (in cui il percorso del fluido è allineato con l'asse della macchina) e radiali (in cui il percorso del fluido è perpendicolare a quello della macchina).

Il mulino a vento, per esempio, è una macchina motrice, termica, dinamica, assiale e rotativa.

## POMPE

### **-Elencare le variabili che prendo in esame di un impianto per la scelta di una pompa.**

Prevalenza massima dell'impianto (ossia l'altezza equivalente, che mette insieme tutti i fattori di pressione, velocità e altezza. Fattori che definiscono, secondo la legge di Bernoulli, l'energia interna di un liquido. Nella fattispecie, quando parliamo di prevalenza di impianto intendiamo la differenza di energia, espressa in altezza equivalente tra monte e valle);

Temperatura (per capire qual'è il rischio di cavitazione);

Altezza a cui posso posizionare la pompa;

Necessità di portata dell'impianto;

Numero di giri a regime (in base al motore che ho a disposizione);

Budget;

Qualità dell'acqua (quantità di solidi insolubili presenti, che provocano più o meno danni da usura in base al tipo di pompa utilizzata);

Orientamento delle bocche;

Se necessario di flusso continuo o discontinuo.

### **-Significato di prevalenza? Con che unità di misura la esprimo? Cosa significa rischio di cavitazione?**

La prevalenza (H) è l'altezza equivalente, e proprio in virtù di questo è espressa in metri, che esprime insieme tutti i fattori che concorrono a definire l'energia interna di un liquido, ossia pressione, velocità e altezza, come definito nella legge di Bernoulli ( $\rho gh + \frac{\rho v^2}{2} + p = \text{costante}$ ). La prevalenza di un liquido esprime la sua energia interna, quella di una pompa l'energia che riesce ad essere trasmessa al liquido, quella di un impianto la differenza di energia tra monte e valle.

Di un impianto:  $H_{tot} = Z_2 - Z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho \times g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \xi$

Fisicamente non esistono pressioni negative, quindi teoricamente per un serbatoio a pressione atmosferica (che corrisponde a una colonna d'acqua di circa 10 metri) una pompa può stare al massimo 10 metri più su. Questa possibilità è però annullata completamente dal rischio di cavitazione. La cavitazione è un fenomeno che si manifesta quando la depressione esercitata dalla pompa va sotto la tensione di vapore dell'acqua (ossia la pressione a cui l'acqua bolle), per poi aumentare repentinamente una volta che il fluido passa attraverso la pompa.

TEMPERATURA (°C)	p (mm Hg)
0	4,6
15	12,8
30	31,8
50	92,5
75	289,1
100	760,0

Quando la pressione eguaglia la tensione di vapore l'acqua comincia a bollire, si formano quindi sacche d'aria, una volta che la pressione aumenta nuovamente l'aria implode cercando di sciogliersi nuovamente in acqua. Questo fenomeno provoca usura e gravi danni agli organi della pompa, quindi è assolutamente da evitare. Proprio per questo motivo quei 10 metri di altezza teorici saranno molto più bassi nella realtà.

Bisogna inoltre tener conto che all'ingresso della pompa c'è una repentina caduta di pressione (è il punto in cui la pressione è inferiore, quindi il punto più a rischio ebollizione), questa è detta pressione netta di suzione (NPSH).

NPSH non è altro che la perdita di pressione che ha luogo all'interno della prima parte del corpo della pompa.

### **-Che significato ha la legge di Bernoulli per una pompa?**

La legge di Bernoulli indica che ci sono 3 fattori (ossia velocità, pressione e altezza) per esprimere l'energia di un fluido, e che la somma tra questi fattori è sempre una costante. Proprio per questo se l'altezza di un fluido aumenta diminuisce la pressione e/o la velocità, e viceversa.

$$p + \rho v^2 / 2 + \rho gh = \text{costante}$$

Nella realtà abbiamo delle perdite di energia rispetto al risultato teorico della legge di Bernoulli. Queste perdite sono dovute a cambi di direzione, imbuti, sfregamenti contro le pareti (tanto è più stretto il condotto tanto è più grande la perdita di energia).

### **-Cosa significa il "numero di giri caratteristico"? Come si calcola?**

Il numero di giri caratteristico ( $n_c$ ) di una pompa è il numero di giri di una pompa modello, geometricamente simile a quella in esame (quindi con lo stesso rendimento), capace di fornire una prevalenza di 1 metro erogando la  $P_u$  (Potenza utilizzata) di 1 Kw.

L' $n_c$  dipende da  $Q$  e  $H_m$ , due grandezze da cui dipende la forma della girante. Se voglio molta prevalenza, la girante dovrà imprimere molta velocità al liquido, quindi il raggio della girante sarà maggiore, se, invece, vogliamo molta portata il raggio della girante sarà minore (più è lungo il raggio, maggiore è la velocità periferica che la girante stessa imprime).

$$n_c = \frac{n \times \sqrt{P_u}}{H_m}$$

In base al valore assunto da  $n_c$  possiamo distinguere diverse tipologie di pompe:

- pompe centrifughe lente ( $n_c$  tra 50 e 85; con elevata prevalenza, tra 100 e 200 m, ma bassa portata);
- pompe centrifughe normali ( $n_c$  tra 85 e 170; con media prevalenza, tra 40 e 100 m, e media portata);
- pompe centrifughe veloci ( $n_c$  tra 170 e 200; con piccola prevalenza, inferiore a 40 m, e elevata portata).

### **-Posso avere una pompa con elevata portata ed elevata prevalenza? Perché?**

La potenza di una pompa si esprime come il prodotto tra la differenza di pressione massima tra monte e valle e la portata. La differenza tra le pressioni si può anche esprimere come la prevalenza massima della pompa. Proprio per questo non possiamo avere pompe con elevata portata ed elevata prevalenza, una cosa esclude l'altra.

Teniamo conto che le portate possono comunque essere regolate in qualche modo, anche se non possono cambiare in maniera sostanziale se non con l'utilizzo di più pompe. La portata ( $Q$ ) è influenzata dal numero di giri, che devono però rimanere comunque entro il range ottimale di funzionamento della pompa, altrimenti ne comprometto i rendimenti buttando via energia.

### **-Comportamento dei rendimenti con sistema in serie o in parallelo.**

Se voglio aumentare la portata e la prevalenza posso optare per mettere più pompe in parallelo o in serie. (in parallelo=più portata; in serie=più prevalenza).

Nel caso dei sistemi in serie il rendimento è dato dalla moltiplicazione di tutti i rendimenti delle singole pompe facenti parte del sistema. In questo modo più il sistema è complesso (più pompe lo compongono) più i rendimenti saranno bassi. Inoltre se utilizzo una pompa con bassi rendimenti all'interno di un sistema del genere, il suo rendimento vincolerà l'intero complesso, abbassando le prestazioni generali.

Nel caso dei sistemi in parallelo, invece, il rendimento complessivo è dato dalla media dei rendimenti delle singole pompe. In questi sistemi quindi i rendimenti bassi di alcune pompe sono "compensati" da quelli alti di altre.

### **-differenze tra pompe centrifughe, assiali e volumetriche. (quali tra queste si definiscono dinamiche e quali alternative?)**

Si definiscono pompe dinamiche (lavorano su volumi costanti e continui) quelle centrifughe e quelle assiali, mentre le pompe volumetriche sono alternative (lavorano su volumi prestabiliti, ma discontinui).

Le pompe assiali sono di semplice costruzione e costano poco, hanno portate abbondanti e costanti, ma con una prevalenza molto bassa, non funzionano bene con liquidi molto viscosi o se non lavorano a piena portata, inoltre hanno problemi di adescamento del fluido, quindi prima di farle partire è meglio riempirle. Funzionano bene anche con acqua molto sporca (con molti solidi insolubili). Sono sostanzialmente composte da due elementi chiusi in un canale: il deviatore in ingresso e il raddrizzatore in uscita.

Le pompe centrifughe sono composte da un disco palettato che viene fatto girare da un motore, e da un condotto di uscita in cui il fluido viene incanalato dalla voluta. Caratterizzate da portata e prevalenze medie rispetto alle assiali e alle volumetriche, resiste mediamente all'usura dei residui solidi presenti nell'acqua. Le palette possono essere ad azione (propense a dare velocità) o a reazione (propense a dare pressione).

Le pompe volumetriche sono caratterizzate da prevalenze molto alte, e portate basse e discontinue. Sono più complesse e pesanti rispetto alle assiali e alle centrifughe, nonché molto più sensibili alla qualità dell'acqua, che deve essere pulita. Inoltre richiedono potenze molto elevate e non hanno problemi di adescamento.

Per rimediare al problema del flusso discontinuo possono essere utilizzati sistemi di pompe volumetriche alternate, che quindi stabilizzano in qualche modo il flusso in uscita.

Il pompaggio del fluido avviene mediante il trasporto periodico di determinati volumi di liquido dall'aspirazione alla mandata.

### ***-Cosa sono le pompe volumetriche alternative? E quelle rotative? Come viene stabilizzato il flusso nelle pompe volumetriche?***

Le pompe volumetriche sono macchine che operano su volumi successivi di fluido. Agiscono spingendo volumi fissati di fluido.

Le pompe volumetriche alternative funzionano grazie all'azione di uno o più stantuffi spesso collegati a un sistema a biella e manovella. Sono pompe molto sensibili ai solidi in sospensione nel fluido che le attraversa, per questo motivo, quando mi trovo ad avere a che fare con liquidi sporchi o aggressivi, posso usare delle pompe a membrana. In questo caso lo stantuffo, con il suo moto alternato deforma una membrana di gomma al fine di creare depressioni e pressioni.

Le pompe volumetriche rotative sono caratterizzate da instabilità di flusso più attenuata, prevalenze inferiori e maggiori problemi di trafilature (che risultano più accentuati con prevalenze elevate). Queste sono adatte per liquidi auto lubrificanti e puliti. Il meccanismo è dato da organi rotanti con profili coniugati che girando intrappolano volumi di liquido tra i loro ingranaggi "liberandolo" dalla parte opposta. Qualora non ci fosse strisciamento, come nelle pompe a lobi, possono essere utilizzate anche per liquidi non auto lubrificanti.

### ***-Come si calcolano i seguenti rendimenti: di condotta, della pompa, idraulico, volumetrico, meccanico, di impianto?***

Il rendimento della condotta quantifica le perdite di energia che avvengono nella condotta.

Il rendimento della pompa quantifica tutte le perdite di energia che avvengono all'interno della pompa (solitamente varia tra 0,5 e 0,86).

Il rendimento idraulico quantifica le perdite di energia che subisce il fluido nell'attraversare i condotti che si trovano all'interno della pompa (ha valori tra 0,7 e 0,9).

Il rendimento volumetrico quantifica le perdite dovute al fatto che la portata nella condotta di mandata ( $Q$ ) è minore di quella aspirata (varia da 0,9 e 0,96).

Il rendimento meccanico quantifica le perdite di tipo meccanico (come gli attriti fra gli organi in movimento) all'interno della pompa (ha valori che variano tra 0,88 e 0,96).

Il rendimento dell'impianto è il prodotto tra il rendimento della condotta e quello della pompa.

## MACCHINE A FLUIDO AERAILICHE

### **-Cosa si intende per macchine aerailiche? Come si suddividono in base al rapporto di compressione?**

Le macchine aerailiche sono delle macchine operatrici per fluidi comprimibili (gas). I principi di funzionamento sono del tutto simili a quelli delle pompe. Le macchine aerailiche si suddividono in base al rapporto di trasmissione ( $\rho_c$ ), ossia il rapporto tra la pressione totale del fluido in mandata e la pressione totale del fluido in aspirazione.

La classificazione prevede la seguente distinzione:

- ventilatori, con  $\rho_c$  minore di 1,2;
- soffianti, con  $\rho_c$  compresa tra 1,2 e 2;
- compressori, con  $\rho_c$  maggiore di 2.

### **-Sistema aspirante e sistema premente.**

In base al sistema di installazione si possono avere sistemi aspiranti, prementi o aspiranti-prementi.

Un sistema aspirante prevede il pescaggio dell'aria in una situazione in cui l'aria è a pressione inferiore rispetto a quella atmosferica, e scarica invece a pressione atmosferica (dall'interno verso l'esterno). Quindi con tubazione in aspirazione e con  $p_1 < p_{atm}$ .

Un sistema premente aspira l'aria a pressione atmosferica e la scarica a pressione più alta dentro una stanza. Se voglio mantenere una stanza pulita, come una sala chirurgica in un ospedale utilizzerò un sistema premente con aria filtrata in ingresso. Con tubazione in mandata  $p_2 > p_{atm}$ .

Un sistema aspirante-premente, invece, con tubazione sia in mandata che in aspirazione con  $p_1 < p_2$ .

Abbiamo poi ventilatori liberi che non sono provvisti di alcuna tubazione, hanno come unico scopo quello di movimentare l'aria.

### **\*-Differenze tra ventilatori, soffianti e compressori.**

La differenza tra queste classi di macchine aerailiche sta nel diverso rapporto di compressione. Il rapporto di compressione si esplica nella differente massa volumetrica in entrata e in uscita dalla macchina aerailica. Nei ventilatori, dove  $\rho_c$  è minore di 1,2 la variazione di massa volumetrica è trascurabile (in un ventilatore è quindi lecito trascurare il fatto che si tratti di un fluido incomprimibile). Nei compressori, che raggiungono  $\rho_c$  superiori a 2, la massa volumetrica risulta raddoppiata (nel caso dell'aria passa da  $1 \text{ kg/m}^3$  a  $2 \text{ kg/m}^3$ ), in questo caso tali effetti non sono trascurabili e il fluido andrà trattato per quello che è: un fluido comprimibile.

Esistono diverse tipologie di macchine per ogni tipo, per cui abbiamo ventilatori centrifughi o assiali; soffianti centrifughi o assiali; compressori dinamici (centrifughi o assiali) oppure volumetrici (alternativi e rotativi).

### **\*-Differenze tra macchine aerailiche e pompe.**

La differenza sostanziale sta nella tipologia di fluido che viene movimentato, nel caso delle macchine aerailiche si tratta di un fluido comprimibile (come per esempio l'aria), nel caso delle pompe di un fluido incomprimibile (un liquido). Proprio per questa caratteristica le macchine aerailiche agiscono sul grado di compressione del fluido, mentre le pompe sulla pressione e la velocità del liquido.

## IRRORATRICI

### **-Differenze tra polverizzazione pneumatica e meccanica.**

Le irroratrici, utili per la distribuzione di prodotti fitosanitari, rivestono grande importanza in agricoltura. Innanzitutto si distinguono in due grandi categorie:

- irroratrici di pieno campo, utilizzate per le colture erbacee, comunemente chiamate "barre";
- atomizzatori, per colture arboree, che effettuano distribuzioni su pareti di piante.

Queste macchine sono dotate di una pompa con il compito di mettere in pressione il liquido all'interno del circuito idraulico, questo al fine di garantire una portata e una pressione adeguate alla polverizzazione della miscela.

La pompa, oltre alla funzione sopracitata ha il compito di garantire un cospicuo surplus di portata (ricircolo), che viene in continuazione reimmesso nel serbatoio al fine di mantenere in agitazione la miscela. Le pompe che solitamente vengono usate sono di tre tipi, e sono riportate nella tabella.

POMPE PER IRRORATRICI	VANTAGGI	SVANTAGGI
Pistoni	- Portata proporzionale al numero di giri della p.d.p.; - Possono raggiungere elevate pressioni.	Sono piuttosto delicate a causa del fatto che il liquido entra a contatto con pistoni e cilindri.
Pistoni e membrana	- Portata proporzionale al numero di giri della p.d.p.; - Raggiungono pressioni medie; - Maggiore resistenza ad usura perché il liquido non entra in contatto con pistoni e cilindri	Necessità di frequente manutenzione, specie alle membrane.
Centrifughe	- Raggiungono elevate portate; - Scarsa necessità di manutenzione; - Elevata efficienza anche a basse portate.	Non raggiungono pressioni elevate

La polverizzazione può essere poi pneumatica o meccanica.

I sistemi a polverizzazione pneumatica sono assistiti da corrente d'aria. In questo caso il liquido viene nebulizzato da normali ugelli e subito investito da una corrente d'aria molto veloce (80-160 m/s), poi grazie alla presenza di una strozzatura nel tubo (tubo di Venturi) il flusso d'aria aumenta la polverizzazione e aumenta l'energia cinetica.

Le gocce così formate hanno alta uniformità dimensionale (comprese tra 50 e 300  $\mu\text{m}$ ). Questo tipo di sistema richiede tuttavia trattori con potenze elevate a causa del forte assorbimento del ventilatore assiale.

Nei sistemi a polverizzazione meccanica il liquido viene portato a basse pressioni (circa 2 bar) al centro di un disco che girando ad alte velocità distribuisce il liquido sulla sua periferia zigrinata, determinando la frantumazione in gocce del liquido stesso. Il diametro delle gocce dipende dalla velocità di rotazione del disco e dalla quantità di liquido erogata nell'unità di tempo. Questo sistema ha il vantaggio di avere un'ottima uniformità nella dimensione delle gocce, nonostante siano mediamente più grosse rispetto a quelle prodotte da un sistema pneumatico.

### **-Cosa significa getto proiettato o portato?**

Le macchine con sistemi a polverizzazione meccanica sono di due tipi:

- a getto proiettato; tipico delle barre irroratrici. In questo caso il getto arriva alla pianta per caduta o per compressione e caduta. La polverizzazione del liquido avviene grazie al passaggio per particolari orifici: gli ugelli;
- a getto portato; tipico degli atomizzatori. In questo caso le goccioline prodotte dagli ugelli vengono investite da una corrente d'aria generata da un ventilatore che serve a trasportarle verso la vegetazione. Con questo tipo di sistema le gocce devono essere non troppo pesanti, ma abbastanza grandi per essere trasportate e incanalate bene (più piccola è la goccia, più difficile è incanalarla, inoltre evapora più velocemente).

### **-Significato di deriva e strumenti per mitigare questo fenomeno.**

## MACCHINE MOTRICI

### -Differenza motori esotermici e motori endotermici. cosa significa trasformazione adiabatica?

Le macchine a fluido motrici sono delle macchine che generano movimento sottraendolo a un fluido. Ci sono motori esotermici, meno compatti, in cui il calore del carburante viene sprigionato/prodotto in una caldaia esterna, si tratta di motori flessibili e versatili in quanto possono utilizzare un qualsiasi tipo di combustibile che sia esso solido, liquido o gassoso. Ci sono poi motori endotermici, che usano solo combustibili liquidi o gassosi, in cui la combustione avviene internamente al motore e non in una caldaia esterna. Quest'ultimo tipo di motori saranno quelli che prenderemo in esame.

Ci saranno 4 tipi di trasformazione:

- isobara*; variazione dello stato di un sistema in cui la pressione rimane costante;
- isocora*; variazione dello stato a volume costante;
- isoterma*; variazione dello stato a temperatura costante;
- adiabatica*; variazione dello stato senza scambio di calore con l'esterno.

Ma anche diversi termini caratteristici:

- alesaggio*; ossia il diametro interno del cilindro (mm);
- corsa*; spostamento del pistone fra PMI e PMS (punto morto inferiore e punto morto superiore);
- cilindrata*; volume del cilindro (compreso fra i due PM) x n° dei cilindri;
- camera di combustione*; spazio fra PMS e la testata (è escluso dalla cilindrata);
- pressione media effettiva*; pressione media esercitata sullo stantuffo per effetto dell'espansione del fluido combusto

### -Quali sono i 4 tempi del motore?

I 4 tempi del motore del ciclo otto, utili a produrre potenza sono:

- aspirazione*, richiamo del fluido dall'esterno grazie al movimento del pistone che si muove dal PMS al PMI e apertura delle valvole;
- compressione*, a valvole chiuse il pistone comprime il fluido prima richiamato tornando al PMS;
- scoppio*, una candela accende la miscela di carburante e aria che scoppia, questo provoca un'impennata della pressione ancora prima che ci sia effettivo movimento da parte del pistone (isocora), dopodiché c'è un'espansione del volume (che si realizza mediante una trasformazione adiabatica) poiché la pressione fa indietreggiare il pistone;
- scarico*, le valvole si aprono e il fluido sfiata raggiungendo la pressione atmosferica (trasformazione isocora), questa fase è subito seguita da una di *scarico forzato* in cui l'aria rimanente all'interno del cilindro viene eliminata forzatamente dal movimento del pistone dal PMI al PMS.

Il rendimento di un motore ciclo Otto è dato da  $1 - \left(\frac{1}{\epsilon}\right)^{k-1}$ . In particolare  $\epsilon$  è il rapporto volumetrico di compressione (ossia  $V_{PMI}/V_{PMS}$ ).

### -Differenza ciclo Otto e ciclo Diesel. Grafico che li descrive. Quale dei due sistemi ha rendimenti più alti?

La prima e principale differenza è che nel ciclo Otto durante l'aspirazione viene incamerata aria miscelata a combustibile, mentre nel ciclo Diesel viene aspirata solo aria (il carburante verrà iniettato direttamente dentro la camera di combustione in una fase specifica del ciclo Diesel chiamata iniezione invece che scoppio). Il Diesel infatti ha la caratteristica di non esplodere, ma solo di bruciare. Se iniettassi una grande quantità di liquido che brucia (e non che esplosione, non farebbe in tempo a bruciare che il pistone sarebbe già al PMI). Per questo motivo il Diesel funziona grazie all'iniezione di piccole quantità di liquido.

Il ciclo Diesel ha rendimenti più alti grazie anche al fatto che vengono in esso raggiunte pressioni più alte rispetto ai motori a benzina, perché non ho problemi di autocombustione, né di tenuta.

### **-Funzionamento di un motore a due tempi**

Nel caso di motori a due tempi non ci sono valvole, solo due condotti: uno di carico e uno di scarico. Vengono, nel motore a due tempi, eliminate la fase di aspirazione e di scarico forzato (ossia quelle in cui il motore a quattro tempi si comporta come una macchina operatrice). La fase di scarico è operata dalla nuova miscela in ingresso che manda fuori la miscela già scoppiata (problema: o rimane della miscela incombusta o della miscela buona esce con quella incombusta, in entrambi i casi abbiamo perdite di rendimenti).

Bisogna ricordare, però, che i motori a due tempi sono molto più semplici e leggeri (quindi più economici: non hanno valvole, niente albero a camme, ecc...), quindi riescono a gestire un numero di giri molto più alto a scapito di coppie molto basse. Quindi le potenze effettive di un motore a due tempi possono risultare effettivamente molto alte.

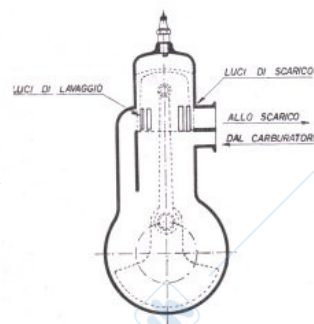


Fig. 14

### **-Perché un pistoncino non può muovere un trattore?**

In un trattore ho bisogno di coppia, non tanto di velocità. La potenza ha solo un ruolo marginale nella descrizione di un motore. Un piccolo pistoncino può produrre grandi potenze solo grazie al raggiungimento di grandi velocità, quindi la potenza prodotta da un motorino a due tempi non sarebbe in grado nemmeno di spostare di un millimetro un trattore. Inoltre avendo bisogno di grandi potenze per far lavorare un trattore abbiamo bisogno di alti rendimenti, caratteristica che i motori a due tempi non hanno. In ultima analisi i motori a due tempi andando a regimi rotativi molto alti si usurano in fretta.

### **-Mettere a confronto vantaggi e svantaggi di motori a 4 e 2 tempi a benzina e diesel.**

- Otto 2T: inquinanti, bassi rendimenti, con problemi di incrostazioni, a cilindrata e potenza modeste, durata inferiore dovuta all'usura, meno costosi;
- Diesel 2T: grande cilindrata, girano a giri modesti, usati solo in contesti specifici;
- Otto 4T: rendimenti più alti dei 2T ma più bassi dei Diesel, potenze medio-alte con minori coppie rispetto ai Diesel 4T, più costosi e complessi dei due tempi;
- Diesel 4T: potenze e cilindrata alte, alti rendimenti, molto costosi e complessi, buona resistenza all'usura.

### **-Come posso aumentare la potenza? Andamento della potenza in base al numero di giri.**

Posso aumentarla schiacciando sull'acceleratore, aumentando quindi il numero di giri; aumentando la cilindrata; usando un combustibile più performante; raffreddando l'aria in ingresso (aumentando quindi la quantità netta di aria immessa nel motore. Azione svolta dall'intercooler); aumento l'aria che entra usando un turbocompressore.

### **-Che legame c'è tra potenza e coppia?**

$$P = M \times \omega$$

La coppia è la derivata (quindi nel grafico rappresenta la pendenza) della potenza rispetto alla velocità angolare. La coppia di un motore corrisponde alla capacità di superare resistenze. Da notare che la potenza di due motori molto diversi fra loro può essere uguale, ma essendo diversa la velocità di rotazione, sarà molto diversa la coppia.

### **-Quando vado a regime di Pmax? conviene lavorare in questa situazione? se invece lavoro al picco di coppia? Nel diesel il picco di coppia e di potenza come si comportano?**

Vado a regime di potenza massima quando devo esprimere la massima velocità o la massima coppia (a seconda del mezzo e dello scopo). A questo regime però non conviene lavorare poiché aumento i consumi, perdo in rendimento e, qualora trovassi un ostacolo non riuscirei più a superarlo visto che non ho più riserva di potenza utilizzabile.

Quando lavoro al picco di coppia ho la massima coppia alla ruota. In questo caso se trovo un ostacolo non ho più riserva di coppia, ma ho ancora potenza disponibile, quindi posso cambiare marcia, se non dovessi cambiare marcia il motore tende a scendere di giri e a morire.

La condizione migliore per lavorare è tra il picco di coppia e quello di potenza, in questo modo abbiamo sia riserva di coppia che di potenza, entrambe da manifestare all'occorrenza. Questo accorgimento mi permette di lavorare tendenzialmente sempre alla stessa velocità, ciò, specialmente per alcune lavorazioni è estremamente importante (come per esempio l'aratura, in cui la velocità ottimale è di 5 km/h). In questa condizione ottimale la riduzione del numero di giri aumenta la coppia, l'aumento del numero di giri aumenta la velocità e riduce la coppia. Abbiamo comunque, anche in questi casi consumi medio-alti. Se vogliamo ridurre i consumi aumentando anche i rendimenti devo far andare il motore a bassi regimi in termini di numero di giri.

Quindi se il motore è tenuto alla massima potenza e aumenta la coppia resistente, il giro dei giri del motore diminuisce aumentando così la coppia motrice in modo da soddisfare la nuova esigenza di coppia. In qualche modo il motore si autoregola.

Nel Diesel invece la curva della potenza segue un andamento quasi lineare, e la derivata di un sistema lineare è una costante, in questo caso l'assetto di equilibrio è raggiunto da scarti molto alti di velocità.

### ***Cosa succede quando cambio marcia?***

## ESSICCAZIONE

Un gas ha la capacità di immagazzinare un liquido nel suo volume. Questa capacità varia al variare della temperatura del gas. Questo fenomeno viene sfruttato nei processi di essiccazione (separazione della fase liquida dalla fase solida).

Un processo di essiccazione è legato a due distinte variabili:

- tempo a disposizione;
- area disponibile per l'essiccazione.

Da ricordare che c'è sempre evaporazione, anche quando l'aria è satura, solo che in quella condizione la velocità di evaporazione è uguale alla velocità di condensazione.

I principali scopi dell'essiccazione sono:

- riduzione del volume e del peso di un materiale (riduzione dei costi di trasporto e stoccaggio);
- aumento della stabilità chimica e microbiologica del materiale (migliore conservabilità);
- facilitazione della macinazione (spesso dopo l'eliminazione dell'acqua il prodotto deve essere mantenuto a bassi livelli di umidità o con l'uso di opportuni essiccanti o mediante opportuno confezionamento).

L'acqua si sposta nella cariosside a seconda dell'umidità esterna, più è secco l'esterno più l'acqua cellulare tende a diffondere verso l'esterno. Possiamo distinguere quindi diversi fenomeni di movimentazione dell'acqua:

- diffusione, l'acqua si muove dall'interno della cariosside verso la parte più esterna;
- l'assorbimento di quest'acqua da parte dell'aria che si trova a contatto con la cariosside;
- l'evacuazione dell'aria ormai umida verso l'esterno della massa delle cariossidi.

Secondo la legge di Dalton, la massa di vapore prodotto nell'unità di tempo è proporzionale alla superficie di evaporante (quella di contatto tra acqua e gas), alla differenza tra la tensione massima di vapore saturo ( $P_s$ ) e la tensione di vapore attuale ( $P_v$ ), ed è inversamente proporzionale alla pressione dell'aria sovrastante il liquido ( $p$ ). Il tutto va moltiplicato per un coefficiente ( $k$ ) che varia in funzione del grado di agitazione (per esempio: a  $20^\circ\text{C}$   $k=0,55$  con aria tranquilla, ma  $k=0,86$  con aria turbolenta). Nella formula non compare la temperatura poiché la tensione di vapore è già in funzione della  $T$ , è evidente che aumentando la  $T$  dell'aria si riduce la sua umidità relativa in quanto  $P_v$  diminuisce, quindi si ha maggiore evaporazione

$$\text{legge di Dalton : } m = \frac{P_s - P_v}{p} \cdot k \cdot S$$

### ***-Definire acqua di imbibizione, acqua capillare e acqua di costituzione.***

Acqua di imbibizione, si tratta dell'umidità esterna al prodotto, questa umidità crea un sottile film attorno al prodotto. Quindi si tratta di uno strato di liquido con piccolissimo spessore e ampia superficie. Tanto è più piccola la dimensione della granella tanto è più grande il rapporto S/V. Quest'acqua evapora molto facilmente ed è detta acqua di imbibizione;

Acqua capillare, ha una superficie di evaporazione molto limitata, data dalla sezione del capillare. Prima che evapori lo strato sottostante deve evaporare lo strato più superficiale;

Acqua di costituzione, o cellulare che si sposta verso l'esterno quando questo è molto secco. Quindi a mano a mano che l'acqua capillare evapora, quella di costituzione si sposta pian piano verso l'esterno.

### ***-Quanti e quali sono i metodi di essiccazione? Descriverli.***

I metodi di essiccazione sono essenzialmente 3:

-CONDUZIONE: si tratta del metodo migliore perché trasmette le maggiori quantità di energia con le minori perdite. Ha però il grande svantaggio di necessitare di grandi superfici (grande ingombro che poche aziende possono permettersi).

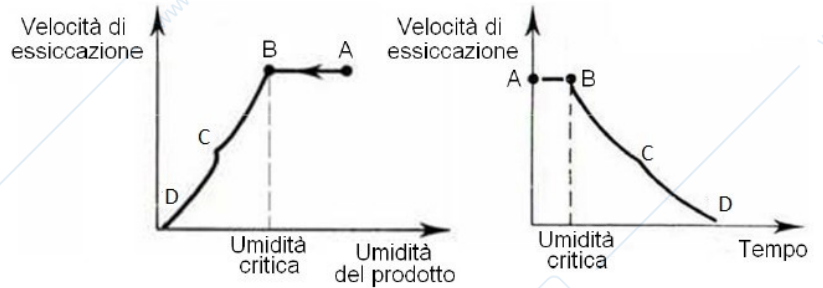
-IRRAGGIAMENTO: metodo intermedio che prevede che venga scaldata l'aria che scalderà a sua volta la granella. Purtroppo l'essiccazione non risulta molto omogenea, inoltre è difficile che all'aria che entra nel sistema si riesca a sottrarre tutta l'energia disponibile. Anche in questo caso si necessita di grandi superfici.

-CONVEZIONE: scalda tutto ciò che è a diretto contatto con la superficie radiante, oltre a tutta l'aria che

c'è nel mezzo, tra la granelle e il corpo radiante. Questo metodo è il più usato.

### -Cosa è una curva di essiccazione?

I processi di essiccamento si possono rappresentare attraverso delle curve di essiccazione. Una curva può rappresentare la velocità del processo di essiccazione in base al contenuto di umidità, oppure la velocità in funzione del tempo.



Il tratto A-B indica lo stadio a velocità costante in cui il calore dell'aria è assorbito dal solido come calore latente e si ha il passaggio da liquido a vapore dell'acqua di imbibizione (quella più veloce da far evaporare).

Superata una certa soglia di umidità critica la velocità diminuisce via via (tratto B-C). In questa fase l'evaporazione è più lenta perché la superficie di contatto acqua-aria comincia a diminuire, e perché l'acqua prima di raggiungere gli strati esterni, dove entrerà in contatto con l'aria, deve risalire/diffondere dall'interno verso l'esterno.

In particolare l'acqua può muoversi dall'interno verso l'esterno secondo diversi meccanismi:

- capillarità, soprattutto se l'alimento ha una struttura particolarmente porosa, in questo caso l'acqua per effetto della tensione superficiale fluisce nei capillari;
- diffusione in fase liquida, movimento di particelle di liquido da una regione del solido a maggiore concentrazione di umidità verso una regione a concentrazione minore, questa si ha quando il solido umido è a una temperatura inferiore a quella di ebollizione;
- diffusione in fase vapore, diffusione del vapore attraverso gli spazi all'interno della struttura dell'alimento, causata dal gradiente di pressione;

superato il punto C l'evaporazione sarà sempre più lenta e farà sempre più fatica ad avvenire. Oramai ci si avvicina alle condizioni di equilibrio, che non appena raggiunte segneranno il termine del processo di essiccamento.

Se utilizzo metodi diversi di essiccazione ho che la curva si o si abbassa a seconda del metodo usato.

### -Illustrare metodo di essiccazione al sole (a letto statico), a letto mobile e a letto fluido.

-Al sole: possiamo definirlo come un sistema a letto statico che abbiamo bassi costi per il gasolio, ma alti costi di manodopera (a causa delle difficoltà gestionali di rimescolamento del prodotto), è un metodo molto influenzato dalle condizioni atmosferiche (che possono non essere ottimali), ci sono più probabilità di contaminare il prodotto.

-A letto mobile: il prodotto scorre lungo dei piani in movimento continuo, nelle camere di essiccazione ci sono degli input di aria calda e secca che scaldano il prodotto (NB: un ventilatore o una soffiante che gestisce in ingresso aria fredda, quindi messo prima della caldaia, gestisce masse d'aria maggiori, questo si riflette sulla capacità essiccante, infatti più kg di aria inietto più asciugo in fretta). I costi dei macchinari sono relativamente alti per processare basse quantità di materiale.

-A letto fluido: in questo sistema l'aria calda è iniettata da sotto, con una velocità tale da superare le forze gravitazionali del prodotto, in modo che la granella venga mantenuta in uno stato di sospensione. Ho però un rilascio di prodotto in modo discontinuo, perché il prodotto immesso nel macchinario esce tutto dopo un tot di tempo dopo il quale devo ricaricare il macchinario con un'altra quantità di prodotto. Alla fine ottengo un prodotto finale con una buona omogeneità, anche se il sistema in sé è molto dispendioso dal punto di vista energetico

NB: le variabili che regolano l'essiccazione sono: temperatura dell'aria in ingresso, temperatura dell'aria in uscita, portata di aria.

La conservabilità è un guadagno, l'essiccazione un costo.

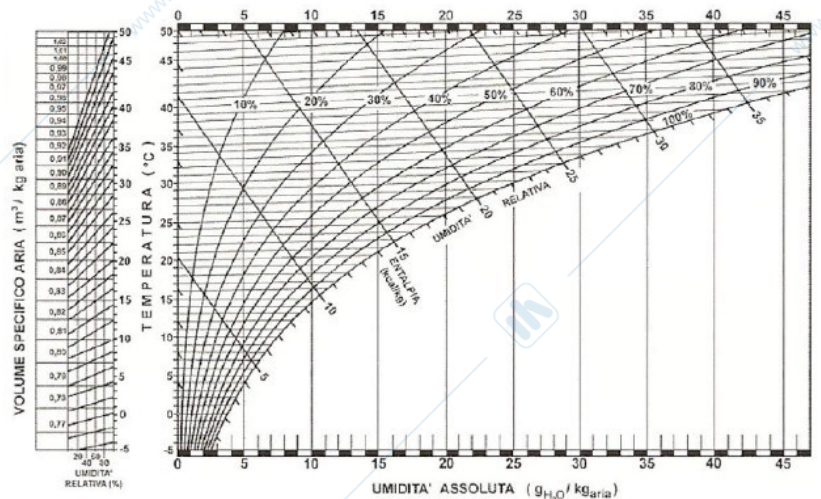
### -Diagramma di Mollier, cosa descrive? Come funziona? A cosa serve?

Il diagramma di Mollier descrive gli stati energetici di un gas, dà informazioni sull'umidità assoluta, relativa, sulla temperatura e sull'energia interna di un gas (entalpia).

L'entalpia è una funzione di stato di un sistema che indica la quantità di energia che esso può scambiare con l'ambiente.

In generale è quindi possibile, grazie a questo diagramma, stimare la quantità di acqua evaporata per m<sup>3</sup> di aria immessa nel sistema, conoscendo la T e l'umidità relativa dell'aria all'entrata e all'uscita del sistema in questione.

Questi valori sono chiaramente approssimati e sottostimati, infatti il rendimento di un sistema è sempre inferiore a 1. E' comunque bene ricordare che incidono molto il sistema di rimescolamento del prodotto, e il tipo di percorso fatto dalla corrente termica all'interno della massa. Il diagramma di Mollier parte dal presupposto che la trasformazione sarà isoentalpica, e questo è limitativo in quanto si deve tener conto che ci saranno perdite di calore, sia nel riscaldare il prodotto che nel riscaldare il contenitore.



NB: se voglio calcolare la quantità di acqua da far evaporare da un prodotto con una certa % di umidità per farlo arrivare a un'altra % di umidità uso la seguente formula:

$$\frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \cdot P_u$$

U<sub>i</sub>= umidità iniziale (%)

U<sub>f</sub>= umidità finale (%)

P<sub>u</sub>= quantità di prodotto umido (kg)

## CUSCINETTI

I meccanismi di trasmissione delle macchine possono essere suddivisi dal punto di vista funzionale in:

- coppie inferiori o elementari, ossia tutti quegli elementi meccanici il cui funzionamento non è strettamente legato al livello di potenza che possono trasmettere o alle variazioni di coppia e velocità che possono comportare (di cui fanno parte anche i cuscinetti, oltre a viti, snodi sferici, guide, ecc...);
- trasmissioni di potenza, ossia meccanismi con funzioni molto differenti, in grado di trasmettere potenza, con grandi variazioni di coppia e velocità (giunti, innesti, freni, ruote lisce e dentate, ecc...);
- trasmissioni per moto vario, utilizzati nella costruzione di macchine automatiche in grado di realizzare movimenti complessi e di assolvere a funzioni superiori (sistemi articolati, camme, ecc...).

Tra le caratteristiche di un cuscinetto sono importanti la capacità di carico, la vita media (espressa in numero di giri totali), il carico radiale e il carico assiale gestibile, il costo.

### **-Cosa sono i cuscinetti? Qual'è la loro utilità?**

I cuscinetti sono coppie inferiori che fungono da supporto per componenti rotanti, come gli alberi. L'elemento rotante può essere immaginato come una trave, e i cuscinetti come i vincoli. In pratica servono a consentire il moto rotativo a strumenti meccanici con l'obiettivo di ridurre al minimo le dissipazioni di energia (ridurre al minimo le forze di attrito).

### **-Che tipi di cuscinetti esistono? Come funzionano?**

Esistono principalmente due tipi di cuscinetti, quelli a strisciamento e quelli a rotolamento.

Per i cuscinetti a strisciamento la riduzione dell'attrito è operata da un velo lubrificante, la cui pressione sostiene il carico radiale, distinguiamo in questo caso due diversi tipi di cuscinetti a strisciamento:

- cuscinetti idrostatici, l'olio all'interno del cuscinetto è messo in pressione da un dispositivo esterno;
- cuscinetti idrodinamici, l'olio è messo in pressione dallo stesso moto rotativo della componente rotante che lo interessa. Se un elemento gira a migliaia di giri al minuto, con esso girerà anche l'olio lubrificante più prossimo all'elemento meccanico, però l'olio più distante sarà praticamente fermo, ecco che si crea un *gradiente di pressione* (strati più veloci con bassa pressione, e strati più lenti con alta pressione) che fa galleggiare l'elemento rotante sull'olio.

I cuscinetti a strisciamento possono essere ottenuti direttamente da modellazioni del telaio, oppure possono essere composti da due elementi, uno interno e uno esterno, entrambi in rotazione, come uno fermo e uno in rotazione (sono tipici elementi come bronzine e boccole). Sono dunque una tipologia di cuscinetti molto versatile e adattabile alle diverse situazioni (poiché fatti su misura), sono molto semplici da realizzare e economicamente convenienti nelle produzioni in larga scala. I cuscinetti a rotolamento sono tendenzialmente molto lunghi per portare bene dei carichi più pesanti, anche se hanno problemi con le alte temperature, che possono rovinare l'olio compromettendone la funzione.

I cuscinetti a rotolamento sono fatti su misure ben definite, quindi non è il cuscinetto che si adatta alla macchina, ma la macchina che si adatta al cuscinetto. Sono cuscinetti più complessi rispetto a quelli a strisciamento e sono economicamente convenienti se poco utilizzati. I cuscinetti a rotolamento, però *garantiscono poco attrito meccanico anche quando il movimento rotatorio è lento*, quindi sono particolarmente adatti per quegli elementi che hanno cambi di velocità con fermate e riprese nel tempo.

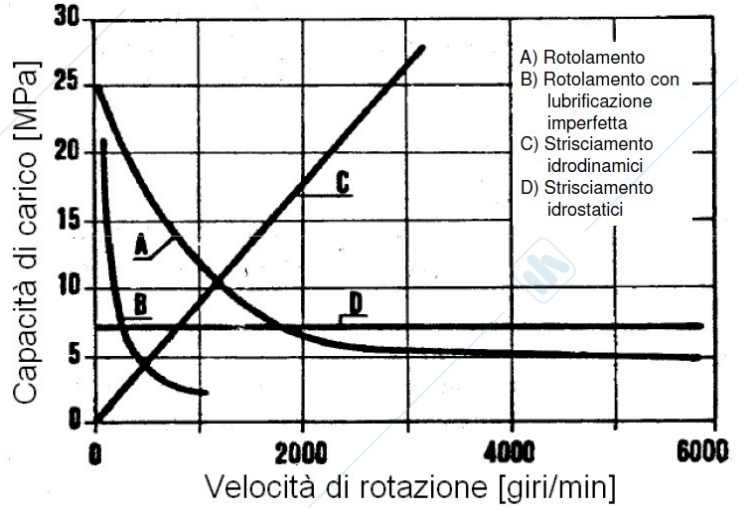
Composti da un elemento esterno e uno interno tra cui ci sono diversi corpi volventi, che possono essere sfere o cilindri, tanto maggiore è il numero dei corpi volventi e le loro dimensioni, tanto maggiore sarà la capacità di carico del cuscinetto. Purtroppo, tanto più sono grandi le dimensioni dei corpi volventi, tanto maggiori saranno le probabilità che entrino impurità che possano rompere il cuscinetto. Questo genere di cuscinetti *non ha problemi di alte temperature, anche se alle alte velocità è svantaggiato a causa di una minore resistenza alla fatica, maggiori forze centrifughe e minore capacità di assorbimento degli urti*. Rispetto ai fratelli a strisciamento *procurano meno ingombro assiale ma più ingombro radiale*.

I cuscinetti a rotolamento sono composti da:

- un anello esterno;
- un anello interno;
- corpi volventi;
- il separatore o gabbia, che tiene distanziati i corpi volventi.

**-Come cambia la capacità di carico di un cuscinetto?**

La capacità di carico dei cuscinetti è da riportare essenzialmente alla velocità di rotazione del corpo in rotazione che devono sostenere. Come si può notare dal grafico i cuscinetti a rotolamento sono molto meno performanti dei cuscinetti a strisciamento alle alte velocità di rotazione. Da notare come i cuscinetti idrodinamici aumentino la loro capacità di carico all'aumentare del numero di giri/min, e come quelli idrostatici mantengano inalterata la loro capacità di carico a prescindere dalla velocità di rotazione.



Rotolamento	Strisciamento
Coefficiente di attrito<	Resistenza a regime>
Resistenza all'avviamento<	Durata ad alta velocità>
Assorbimento spinte assiali>	Resistenza carico statico>
	Resistenza carico dinamico>
Finiture dei perni<	Precisione di fabbricazione>
Costo del supporto<	Precisione di montaggio>
	Precisione di guida albero>
	Versatilità di montaggio>
Ingombro assiale<	Ingombro radiale<
Manutenzione<	Rumorosità<
Lubrificazione<	Sensibilità a particelle<
	No necessità di rodaggio
Sviluppo calore<	Smaltimento calore>
Unificazione	Costo<

## TRASMISSIONI

### **-Perché utilizziamo trasmissioni di velocità o potenza? Quali sono gli obiettivi di questi sistemi?**

Utilizziamo trasmissioni perché abbiamo necessità diverse rispetto alla velocità angolare ( $\omega$ ) e la coppia ( $M$ ) fornite dal motore. Gli obiettivi di questi sistemi sono:

- trasmettere e modificare la  $\omega$ ;
- portare velocità e coppia in un punto diverso da quello in cui vengono generate (es. dal cofano alla ruota);
- trasmettere e modificare la coppia.

### **-Quali tipi di trasmissione esistono? distanze che riescono a coprire.**

La prima variabile da considerare quando si parla di trasmissioni è la distanza a cui devo trasmettere coppia e  $\omega$ , infatti più il punto di utilizzazione è distante dal punto in cui la potenza è generata più sono alte le perdite di potenza.

Esistono essenzialmente tre tipi di trasmissione:

- idraulica (mediante l'olio in pressione), in grado di coprire medie distanze con perdite di potenza relativamente basse;
- elettrica (dalla centrale a casa), in grado di coprire grandissime distanze con perdite quasi nulle;
- meccanica (mediante ruote lisce, dentate, catene, ecc...) in grado di coprire distanze piccole, pena grosse perdite di potenza.

### **-Che tipi di meccanismi per la trasmissione ci sono?**

Tra i meccanismi per la trasmissione abbiamo:

- meccanismi con rapporto di trasmissione costante ( $\tau$ ) usati per ridurre o aumentare la velocità angolare con conseguente aumento o riduzione della coppia (nel caso ideale c'è anche conservazione della potenza meccanica  $M_1 \cdot \omega_1 = M_2 \cdot \omega_2$ );
- variatori di velocità, in grado di variare il rapporto di trasmissione;
- collegamenti di alberi (tra cui giunti per collegamenti permanenti e innesti per collegamenti temporanei);
- freni (a disco o a tamburo), che trasformano l'energia meccanica in altre forme di energia per rallentare o arrestare il moto di un albero.

### **-Cos'è il rapporto di trasmissione?**

### **-Descrivere la trasmissione meccanica a ruote lisce.**

Il metodo di trasmissione più elementare è sicuramente quello di due ruote lisce contatto. Queste ruote possono essere sia di materiali metallici (acciaio o ghisa) che non metallici (gomme sintetiche, materie plastiche, legno, ecc...).

Nelle ruote lisce il rapporto di trasmissione è pari a 1, a livello teorico, quando non c'è strisciamento (ossia quando le  $V_p$  delle due ruote lisce sono uguali.  $V_p = \omega \cdot r$ ), in realtà nel punto di contatto delle due ruote avviene una deformazione elastica che comporta una perdita di potenza (se ho schiacciamento ho una variazione del raggio, e quindi del  $\tau$ ).

VANTAGGI:

- peso ed ingombro modesti;
- adattamento a potenze diverse;
- funzionamento dolce e continuo;
- modesta manutenzione;
- limitatori di sovraccarico.

SVANTAGGI:

- potenza trasmissibile limitata (max 80 Kw);
- limitata velocità massima periferica (max 20-30 m/s);
- sollecitazioni severe sui cuscinetti;
- rapporto di trasmissione non rigorosamente costante.

Se voglio aumentare l'attrito tra due ruote lisce posso aumentare l'area di contatto (aumentando diametro o larghezza della ruota), schiacciare con più forza le due ruote una contro l'altra, cambiando il materiale, modificando la forma delle ruote (per esempio facendole a cuneo.)

Esistono delle varianti delle ruote lisce, come le ruote a cuneo, in cui la forza tangenziale di contatto viene aumentata. La velocità periferica sarà maggiore nella parte larga, ma minore nella parte stretta, questo comporta che in alcune zone ci sia strisciamento.

### **-Che percorso fa l'energia?**

Parte dal motore, da cui esce con una certa coppia e una certa velocità angolare, poi passando attraverso la frizione (utile per il cambio di trasmissione) arriva alla trasmissione che modificando coppia e velocità la trasmette al differenziale che gestisce la quantità di energia da distribuire alle ruote in base all'attrito incontrato da ciascuna. Appena prima di innestarsi sulla ruota c'è il riduttore. Tutti questi passaggi comportano chiaramente delle perdite di energia, quindi di potenza. Fintanto che non c'è strisciamento non ci sono perdite di  $\omega$ , ma solo di coppia.

### **-Ruote dentate, caratteristiche principali.**

Sono ruote a raggio costante sulla cui superficie abbiamo dei profili dentati che vanno ad accoppiarsi ad altri profili dentati presenti sulla ruota accoppiata. Sono quindi organi in grado di trascinarne un altro per mezzo di denti che entrano in contatto.

Le caratteristiche di una ruota dentata fanno riferimento a:

- il passo, ossia la lunghezza dell'arco di primitiva compreso tra due profili omologhi consecutivi, in altre parole compreso tra gli assi di due denti consecutivi.  $\text{passo} = \frac{2\pi r}{Z}$  ;
- la coppia massima, che è legata alla forza massima che riesce a sopportare un dente (più è lungo e stretto, più facilmente si deforma), ma anche al numero di denti (più sono i denti più il carico è distribuito);
- il numero di denti (Z), che incide nella coppia massima sostenibile dalla ruota dentata;
- la disposizione dei denti, per esempio se ho dei denti di forma elicoidale ho più denti in presa, i denti prendono il carico più lentamente e inoltre posso mettere gli assi sghembi, e non solo paralleli;
- la circonferenza primitiva, ossia la circonferenza lungo la quale avviene il contatto della coppia di denti;
- la circonferenza di testa, ossia quella che limita la sommità dei denti;
- la circonferenza di fondo, quindi quella che limita la base dei denti.

In particolare due ruote possono ingranare solo se hanno lo stesso passo, possiamo determinare il rapporto di trasmissione o usando la velocità angolare, oppure utilizzando il numero di denti.

Durante la trasmissione c'è una perdita di potenza causata dallo strisciamento dei denti in presa, quindi per attrito, si

può calcolare il rendimento come:  $\eta = 1 - f \pi \cdot \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right)$  in cui  $f$  è il coefficiente di attrito il cui valore tipico si

aggira tra 0,15 e 0,2. Inoltre il rendimento dipende anche dal numero di denti delle due ruote, in particolare è tanto maggiore tanto più è alto il numero di denti.

### **-Differenze tra ingranaggio, treno di ingranaggi o rotismo e treno planetario.**

Un ingranaggio è un meccanismo composto da una coppia di ruote dentate e dal telaio; un treno di ingranaggi o rotismo è un sistema composto da più ingranaggi; Un treno planetario è un rotismo in cui almeno uno degli assi ruota attorno ad un altro.

### **-Ruote dentate in serie e calcolo del rapporto di trasmissione.**

Le ruote dentate in serie hanno generalmente gli assi paralleli, e c'è sempre trasmissione immediata da una ruota all'altra (A trasmette a B che trasmette a C che trasmette a D e così via). Le ruote in serie invertono il verso di rotazione (quindi se la trasmissione ha un numero pari di ruote dentate il verso finale sarà invertito).

Quando ci sono più ruote dentate in serie, il rapporto di trasmissione totale del sistema si può calcolare conoscendo solo le velocità angolari della prima e dell'ultima ruota, secondo la formula  $\tau_{tot} = \frac{\omega u}{\omega i}$  ossia il rapporto tra la velocità angolare in uscita sulla velocità angolare in ingresso. Per i sistemi in serie c'è anche una formula che vale solo per questo tipo di sistema:  $\tau_{tot} = \frac{Z_i}{Z_u}$ .

Per le ruote in serie il rapporto di trasmissione è determinato unicamente dalla prima e dall'ultima ruota, l'unica cosa, influenzata dal numero di ruote, è il rendimento e il verso della rotazione finale.

### **-Ruote dentate in parallelo e calcolo del rapporto di trasmissione.**

Due ruote dentate in parallelo, invece sono due ruote rigidamente unite da un albero, condividono pertanto lo stesso asse di rotazione. Per due ruote in parallelo quindi  $\tau_{tot} = \frac{\omega u}{\omega i} = 1$ .

Se ingrano due diverse ruote l'una con l'altra, una tanto grande (con molti denti) e una molto piccola (con pochi denti) a comandare, in termini di perdita di efficienza, sarà la ruota più piccola.

Secondo la formula  $\eta = 1 - f \pi \cdot \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right)$  se ho una ruota con  $Z_1=2000$  e una con  $Z_2=10$  allora il rendimento sarà pari al 95% contro il 99,95% nel caso in cui entrambe le ruote fossero state da 2000 denti. In termini pratici, per evitare di avere eccessive perdite di efficienza è meglio che le ruote ingranate abbiano dimensioni paragonabili.

### **-Cos'è un sistema epicicloidale?**

Un gruppo epicicloidale è formato da una corona, un solare e da dei satelliti (solitamente 3 o 4) vincolati da un porta-satelliti o porta-treno, che li fa girare tenendoli in posizione a distanza.

Con questa struttura riesci a sviluppare 7 tipi di movimento in base al numero di elementi tenuti in movimento.

Il sistema epicicloidale funziona secondo la formula di Willis:  $Z_1\omega_1 + Z_2\omega_2 = (Z_1 + Z_2)\omega_3$ .

1=solare;            2=corona;            3=portatreno.

## DIFFERENZIALE E CAMBIO

### -Cos'è il differenziale? A cosa serve?

Il differenziale è un dispositivo che serve a distribuire la coppia, proveniente dal motore, alle ruote motrici poste in uno stesso asse. Il differenziale entra in funzione quando la macchina è in curva rallentando la ruota interna (che avrà più coppia) e aumentando la velocità di quella esterna (che avrà meno coppia, ma più velocità). Se non ci fosse il differenziale andrei in sottosterzo o in sovrasterzo.

In pratica è un meccanismo in grado omogeneizzare la velocità delle ruote in base alle distanze che devono percorrere (un ripartitore di velocità e di coppia).

La presenza del differenziale è indispensabile quando si vogliono scaricare alle ruote potenze diverse o quando le ruote devono essere mosse con velocità diverse (per esempio quando le due ruote poggiano su terreni diversi). Se non ci fosse l'intervento del differenziale durante una curva, potrebbero verificarsi slittamento della ruota interna oppure strisciamento di quella esterna.

Quando il trattore sta arando con la ruota entro-solco crede di star facendo una curva, quindi per evitare l'azione del differenziale posso bloccare la sua azione. La presenza del differenziale è comunque di grande importanza per salvaguardare la stabilità del mezzo e l'integrità delle ruote.

Il differenziale è contenuto nella apposita "scatola del differenziale", ed è composto da due o più satelliti e due planetari

### -Cos'è il cambio? A cosa serve?

Il cambio consiste in una serie di ingranaggi il cui scopo principale è di moltiplicare o de-moltiplicare la velocità. L'utilità sta proprio nel fatto di avere rapporti di trasmissione diversi con ruote dentate di dimensioni simili, questo allo scopo di limitare le perdite, gli sforzi ed eccessivi ingombri. La trasmissione mi deve inoltre dare movimenti in avanti o indietro.

### -Perché un trattore ha tante marce, mentre la nostra macchina ne ha poche?

Nella macchina usiamo le marce per adattare il mezzo alla velocità a cui vogliamo andare, sacrificando in pendenza la velocità per la coppia. In un trattore invece la qualità della lavorazione dipende dalla velocità (per esempio l'aratura deve essere fatta tra i 4 e i 5 km/h per avere un giusto rivoltamento delle zolle), quindi come faccio a rispondere a improvvise cambi di resistenza?

Ho bisogno di un numero sufficiente di rapporti tra velocità e coppia per adattarmi alle nuove condizioni di coppia resistente senza cambiare significativamente la mia velocità. Per questo motivo nel trattore tutto viene ripetuto due volte (cambio: serie,parallelo,serie; gamme: parallelo,serie). Moltiplicando il numero delle marce per il numero delle gamme ottengo il numero di rapporti totale che si possono ottenere in un trattore.

Nel momento in cui cambio marcia premo la frizione, in quel momento non ci sarà passaggio di potenza tra il motore e le ruote (se la nuova marcia trova una coppia resistente troppo alta il motore si spegne → cosa assolutamente da evitare con il trattore poiché se mi muore, prima di raggiungere di nuovo la velocità ideale devo fare diversi metri di lavorazione fatta male).

Ipotizzando che un trattore abbia 4 gamme e 5 marce, il numero totale di possibilità è 20. Questo gran numero di marce mi permette di far fronte a tutte le diverse necessità in termini di coppia e di velocità. Per la marcia indietro ci sono tre diverse possibilità:

- una gamma destinata allo scopo (quindi in questo caso 5 possibili rapporti di retromarcia);
- una marcia ( $1 \times 4 = 4$  marce);
- un blocco separato che fa da inversore che moltiplica per tutte le gamme e per tutte le marce (20 marce in retro).

Un'altra possibilità in grado di mantenere il motore sempre al numero ideale di giri è quella di collegare un sistema epicicloidale a un sistema idraulico (con pompa e motore idraulico). In questo modo, regolando il modo di trasmettere potenza del sistema epicicloidale e l'inclinazione delle flange del motore idraulico, posso regolare velocità e coppia a piacimento (avendo la possibilità di infinite marce).

Sistema idraulico (rendimenti non troppo alti, ma permette infiniti rapporti di trasmissione) + sistema meccanico (con

rendimenti alti).

Se ipotizzassi un sistema unicamente idraulico avrei eccessive perdite.

## FRIZIONE

### **-Cos'è la frizione? A cosa serve?**

La frizione è un organo che è sempre in funzione tranne quando premiamo il pedale che la disattiva. In quel momento stacciamo il motore dal sistema di trasmissione (il cambio), e possiamo cambiare marcia.

La frizione è costituita da elementi di attrito che trasmettono potenza. Per trasmettere grande potenza necessitiamo di: grandi superfici di contatto, grande attrito, grande forza che spinge i due elementi uno contro l'altro.

Per risolvere il problema delle grandi superfici utilizzo più dischi attaccati al motore, con i loro omologhi attaccati alla trasmissione (problema: tendono a scaldarsi molto)

Ci sono anche cambi a doppia frizione in cui una si stacca quando l'altro si sta attaccando (mi permette di perdere meno potenza velocizzando il cambio), sulle trattorie possiamo avere molte frizioni tra le gamme (powershift di gamma, su ogni singola gamma, permette un cambio molto veloce), oppure anche powershift totali.

### **-Cosa gratta quando non premi la frizione?**

Oggi abbiamo trasmissioni in cui le ruote sono sempre ingranate, ossia tutte le ruote sono folli finché un sincronizzatore non rende solidali le ruote dentate all'albero. Quando non premiamo la frizione o siamo troppo affrettati nel mollarla è proprio il sincronizzatore a grattare.

## PRESA DI POTENZA

### **-Cos'è la presa di forza? Quali sono i due modi per trasmettere potenza a un attrezzo?**

La presa di forza (o presa di potenza) è una componente meccanica a cui innesto, attraverso un giunto, un attrezzo, che prenderà potenza dal trattore mediante questo sistema di trasmissione.

Ci sono due modi per trasmettere potenza a un attrezzo:

- 1-*dipendente dalla velocità del trattore*; quando l'attrezzo lavora a una velocità proporzionale a quella del trattore, in questo caso la p.d.f. è collegata al percorso della potenza dopo la trasmissione;
- 2-*indipendente dalla velocità del trattore*; in questi casi l'attrezzo viene collegato alla p.d.f. 540 o 1000 (che vanno costantemente a 540 o 1000 giri/min). Questo tipo di presa di forza di innesta subito dopo il motore, prima della frizione (altrimenti ogni volta che cambio marcia stacco la potenza.)

## CINGHIE E CATENE

### **-Confrontare tra loro diversi tipi di trasmissione.**

Le *cinghie* possono essere dentate o lisce, questo genere di trasmissione può dare problemi in termini di sollecitazioni, infatti affaticano notevolmente i cuscinetti, però permettono di coprire grandi distanza senza utilizzare ingranaggi in più (quindi minimizzando le perdite di potenza dovute al rendimento). Quindi hanno senso su grandi distanza in cui riducono i costi, danno meno inerzia (perché pesano meno), e aumentano i rendimenti. Su piccole distanze non hanno senso. Inoltre sono poco precise perché tendono ad allungarsi e a comprimersi, quindi sono assolutamente da evitare nei sistemi di precisione.

Se si tratta di cinghie semplici mantengono il senso di rotazione, se sono incrociate invece lo invertono.

Le *catene* possono essere articolate o meccaniche, sono molto più pesanti rispetto alle cinghie, quindi affaticano ancora di più i cuscinetti con le loro sollecitazioni, però riducono al minimo lo strisciamento e le perdite in rendimento dovute ai fenomeni elastici, questo le rende molto più precise. Con la catena trasmetto grandi coppie, ma è meglio se non lo faccio a grandi distanze poiché più è grande la distanza, più forti sono le sollecitazioni.

In altri termini se devo scegliere tra catene o cinghie devo tener conto di tre variabili:

- POTENZA da trasmettere;
- DISTANZA da coprire;
- COSTO da sostenere;

## VARIATORI DI VELOCITÀ

### ***-Cosa sono i variatori di velocità? Quando sono utilizzati?***

I variatori di velocità sono semplici sistemi in grado di cambiare, in maniera fluida, il rapporto coppia-velocità trasmesso dal motore alle ruote. Sono utilizzati in sistemi di bassa potenza (come negli scooter), viste anche le loro compatte dimensioni.

Ne esistono di diversi tipi:

-a doppio cono;                      -a pulegge a sezione variabile;                      -a ruote lisce

### ***-Descrivere un variatore di velocità a piacere. Qual'è il rapporto di trasmissione di un variatore a doppio cono.***

## GIUNTI

Sono degli organi che collegano due alberi e permettono disallineamento (che sia angolare, assiale o parallelo). Così ogni volta che ho bisogno di disallineamento ci metto un giunto che si faccia carico di ciò. Compensano disallineamenti mantenendo costanti le trasmissioni di velocità e coppia.

I giunti possono essere fissi, mobili o elastici. E possono avere libertà radiale o torsionale.

Avere un doppio giunto cardanico dà tre vantaggi:

- omocinetico (velocità in ingresso=velocità in uscita);
- permette un angolo ampio (disallineamento angolare);
- gestisce disallineamenti verticali.

## FRENI

posizionati in prossimità delle ruote con l'obiettivo di rallentare o arrestare il loro moto di rotazione.

Possano essere freni a disco o a tamburo. Chiaramente non devono creare instabilità alle ruote e devono essere in grado di arrestare il suo moto quando richiesto. Temperatura, sporco e umidità sono i grandi nemici dei freni.

I freni a disco tendono a usurarsi nella parte iniziale, se si vuole evitare questo faccio un disco completo di frenata.