

Politecnico di Milano

Facoltà di Ingegneria dei Sistemi

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria  
Gestionale



Analisi del mercato di riduttori e moltiplicatori meccanici:  
attrattività e prospettive di business

Relatore:

Professor Giancarlo Giudici

Autore:

Andrea Sorrenti 751309

Anno accademico 2010 / 2011

## Ringraziamenti

*Un ringraziamento al Professor Giancarlo Giudici per l'attenzione e l'aiuto che mi ha sempre rivolto durante questi anni di studio, in particolare per l'opportunità concessa di vivere un'esperienza preziosa sia dal punto di vista formativo sia personale e per i preziosi suggerimenti forniti nel corso della stesura della tesina.*

**Si ringraziano per la cortese collaborazione:**

Bernasconi Ingranaggi S.r.l.

Bonfiglioli S.p.a.

C.A.T. S.r.l.

Enerca S.r.l.

Fimet S.p.a.

Ghiringhelli S.r.l.

Maina Organi di Trasmissione S.p.a.

MO.RA. Trasmissioni S.r.l.

Officine Meccaniche A.Vecchi S.r.l.

Samp S.p.a.

Sew-Eurodrive Italia S.a.s.

SM-Cyclo Italia S.r.l.

Tramec S.p.a.

Twin Disc S.r.l.

Zambello Riduttori S.r.l.

Corviglia – Piz Nair A.g.

Edipower S.p.a.

EWZ G.m.b.h.

Skiarea Valchiavenna S.p.a.

# Indice

<b>Introduzione .....</b>	<b>7</b>
<b>Capitolo 1.....</b>	<b>9</b>
1.1.IL SETTORE DELLA MECCANICA.....	10
1.2.L'INDUSTRIA DELLA MECCANICA STRUMENTALE.....	16
<b>Capitolo 2.....</b>	<b>26</b>
2.1 CENNI STORICI.....	27
2.2 I COMPONENTI DEI MODIFICATORI.....	27
2.2.1 ALBERI.....	29
2.2.2 CUSCINETTI.....	30
2.2.3 LUBRIFICANTI.....	30
2.2.4 SCATOLE INGRANAGGI E SEDI DI CUSCINETTI (CARCASSA) .....	31
2.2.5 INGRANAGGI.....	32
2.3 PERDITE, ATTRITI, SOLLECITAZIONI E RENDIMENTI .....	38
2.4 CONFIGURAZIONI DI RIDUTTORI E MOLTIPLICATORI.....	41
2.5 MODIFICATORI SPECIALI E MODIFICATORI STANDARD.....	50
<b>Capitolo 3.....</b>	<b>53</b>
3.1 ALCUNI ESEMPI .....	54
3.2 DEFINIZIONE DEL MERCATO .....	64
<b>Capitolo 4.....</b>	<b>77</b>
4.1 IL MERCATO .....	77
4.2 IL CONTESTO ITALIANO .....	78
4.2.1 LA CRISI ECONOMICA .....	79
4.2.2 LA SITUAZIONE ATTUALE .....	82
4.3 IL CONTESTO INTERNAZIONALE.....	85
4.4 TENDENZE DEL MERCATO.....	85
<b>Capitolo 5.....</b>	<b>86</b>
5.1 ANALISI DEL BUSINESS .....	92
5.2 ANALISI MACROSETTORI TENDENZA VS DIMENSIONE .....	98
5.3 ANALISI RELAZIONE MARGINI - DIFFICOLTA' .....	99

5.4 ANALISI DELL'INTENSITA' TECNOLOGICA E DELLA DIMENSIONE DEI COMPETITORS ANALISI DEL BUSINESS .....	99
5.5 ANALISI NORMATIVA E DEGLI INCENTIVI .....	100
5.6 ANALISI VULNERABILITA' RISPETTO AD ALTRE TECNOLOGIE	100
5.7 ANALISI DEL SISTEMA COMPETITIVO .....	101
5.8 CONCLUSIONI .....	101
5.8 FOCUS SUL CONTESTO ITALIANO .....	101

## INTRODUZIONE

Il lavoro intrapreso rappresenta la sintesi delle diverse conoscenze acquisite nei corsi della laurea specialistica: fondendo le nozioni economico-finanziarie con quelle strategiche e di marketing, unitamente a quelle più prettamente tecniche, costituisce un corretto coronamento del percorso formativo scelto.

La possibilità di sviluppare il lavoro in un settore rilevante come quello della meccanica italiana, anche se meno celebre delle tradizionali icone del *made in Italy*, è un'opportunità estremamente importante: per il valore, economico e non, che questo ricopre in Italia, per le grandi imprese di fama internazionale che ne fanno parte, ma anche per le piccole, "croce e delizia" del nostro contesto industriale.

L'elemento caratterizzante di questa esperienza è stata la possibilità di entrare in contatto con numerose figure dirigenziali delle più diverse realtà aziendali del settore: dalle sedi delle multinazionali estere in Italia, ai quartier generali delle multinazionali italiane, fino alle piccole realtà familiari. Nel corso delle interviste è stato possibile interagire con le persone, non solo acquisendo le informazioni prettamente necessarie all'elaborato, ma anche confrontando alcune percezioni personali con le visioni dei diversi addetti, intuendo diverse sfumature all'interno del settore, prendendo visione degli stabilimenti e della realizzazione pratica delle diverse tipologie di prodotto.

La scelta di sviluppare un lavoro di analisi relativa a questo settore è dovuta principalmente a due motivi: il primo è rappresentato dall'interesse suscitato, durante i colloqui preliminari con il professore, per alcune specifiche applicazioni di questa tipologia di organi meccanici, interesse motivato sia da interessi personali (campo eolico e della movimentazione delle persone) sia da interessi didattici (cartario e cementiero); il secondo, più concreto, è relativo al crescente desiderio di applicare le numerose nozioni apprese in un contesto pratico.

Il conoscere, capire e saper applicare una metodologia di analisi del mercato in una prospettiva futura, costituisce un elemento fondamentale per un ingegnere gestionale.

Più precisamente la seguente ricerca nasce con lo scopo di analizzare in modo strutturato il business dei variatori di giri, più comunemente conosciuti con il

termine di riduttori e di moltiplicatori. L'esigenza è quella di derivare, dall'osservazione del contesto industriale attuale, soggetto anch'esso alla generalizzata congiuntura economica mondiale, quali comparti, come quello dei riduttori e moltiplicatori così detti "speciali", potrebbero prefigurare una migliore prospettiva futura dal punto di vista della crescita attesa e dei margini ottenibili.

L'elaborato esamina il mondo dei variatori perseguendo tre obiettivi principali: individuare le differenti tipologie di applicazione, definire quali siano le attese per il prossimo futuro e identificare, di conseguenza, quali tipi di business risultino di maggior interesse.

Le macrofasi che hanno caratterizzato la realizzazione di questo elaborato sono principalmente tre. Una prima parte è consistita nella laboriosa indagine dei differenti mercati in cui il prodotto era presente e nell'approfondimento dei dati economico-finanziari delle imprese di variatori, elaborati sui dati di bilancio tratti dalla banca dati Aida (Bureau van Dijk). Successivamente si sono esaminate attentamente le informazioni reperite, prendendo in considerazione le principali variabili quali fatturato, numero di dipendenti ecc., per poter dedurre una preliminare analisi di quelli che a mio parere potessero essere i mercati maggiormente interessanti in ottica futura. Infine le ipotesi effettuate sono state poste al vaglio dei numerosi intervistati, i quali hanno arricchito la base di informazioni raccolte in precedenza, ma soprattutto hanno contribuito notevolmente a definire quali delle conclusioni fossero apprezzabili e quali invece suscitassero alcune perplessità.

Nella prima parte del lavoro verrà illustrata una panoramica generica del settore meccanico a livello internazionale e nazionale, per avere una contestualizzazione a caratteri generali del macrosettore a cui appartiene quello dei variatori.

Successivamente ci si soffermerà sull'aspetto principe della ricerca, i variatori di giri, definendone le caratteristiche, gli aspetti peculiari, le differenti categorie, i mercati, la composizione ed i rispettivi trend. In seguito si tratterà il caso dei modificatori speciali, affrontando gli argomenti riguardanti:

- le differenti applicazioni;

- l'attrattività dei diversi business;
- le prospettive future.

Infine verranno discussi i dati presentati nel testo, cercando di identificare i settori maggiormente interessanti, provvedendo ad approfondire nel dettaglio tali campi e fornendo delle considerazioni sulle rispettive potenziali evoluzioni future.

## Capitolo 1

### 1.1 IL SETTORE DELLA MECCANICA

L'industria dei riduttori e moltiplicatori di giri, come sarà maggiormente evidente dai prossimi capitoli, si inserisce perfettamente nella macrocategoria che va sotto il nome di industria meccanica. Ritengo, di conseguenza, estremamente interessante dedicare una parte dell'elaborato alla comprensione di quali siano le caratteristiche generali di un settore particolarmente vasto e diversificato.

*Alla fine degli anni Novanta, l'ondata delle trasformazioni della new economy fece intravedere l'avvento di un'economia sempre più immateriale, in cui le industrie tradizionali sarebbero state spazzate via dalle nuove tecnologie dell'informazione. Tra quelle industrie tradizionali veniva annoverata anche l'industria meccanica.*

*La dinamica dell'economia italiana degli ultimi anni e le sfide che deve affrontare nello scenario globale fanno oggi propendere i policy makers verso una lettura di segno opposto, nella quale si assegna alla produzione meccanica il ruolo di sostegno e motore della crescita economica del paese (Margherita Russo, *L'industria meccanica in Italia*, 2008).*

È convinzione largamente diffusa che il settore meccanico in Italia sia sempre stato un fattore influente nella crescita del paese, anche solamente i dati relativi al primo trimestre di quest'anno ne sono una valida conferma (Emanuele Scarci, *Dalla meccanica il traino per la ripresa delle Pmi*, *Il sole24ore*, 7 aprile 2011).

La meccanica considerata in un'accezione ampia, cioè sia la meccanica leggera e strumentale sia la meccanica pesante (siderurgia, mezzi di trasporto), costituisce un aggregato ampio e assai composito, attraversato da profonde trasformazioni tecnologiche e organizzative che hanno ridisegnato le relazioni interne ed esterne tra le imprese.

Nell'arco di cinquant'anni si è assistito ad una prima fase di notevole crescita dell'occupazione nel settore, che ha accompagnato l'intero sviluppo dell'economia italiana nel periodo 1951-81, a cui ha fatto seguito un periodo di contrazione nel successivo ventennio 1981-2001, con una riduzione complessiva del 9,75% (una riduzione di circa 214.000 addetti tra il 1981 e

1991 e di altri 35.000 nel decennio successivo), che non si distribuisce però in modo uniforme nel paese e nei vari comparti; in alcuni casi infatti la variazione ha segno diverso da un periodo all'altro. Due decenni di trasformazioni che hanno profondamente ridimensionato il ruolo dei sistemi produttivi di grande impresa e in cui hanno assunto un peso crescente i sistemi di produzione di piccola impresa.

Queste trasformazioni sono state oggetto di attenti confronti e sono state considerate, in gran parte del dibattito nazionale sul declino industriale, un segno di debolezza, ad eccezione di alcuni contributi di visione opposta (ad esempio Gallino 2003). La discussione sul declino industriale non evidenzia però differenze settoriali e di comparto; quando viene dibattuto l'argomento, molto spesso, l'analisi si focalizza sulle debolezze generali del *made in Italy*, un aggregato però troppo eterogeneo per una valutazione di dettaglio (si annoverano unitamente meccanica leggera e calzature, produzione di macchine e di piastrelle).

Purtroppo le informazioni disponibili non consentono una lettura della dinamica delle diverse specializzazioni meccaniche, né delle corrispondenze intersettoriali che comprende l'intero settore della produzione meccanica. I tentativi di analizzare quali siano le caratteristiche dell'industria meccanica nazionale vanno perlopiù ricondotti alle letture sistemiche ed intersettoriali proposte dagli studi sui distretti industriali, che non consentono facilmente di estrapolare dalla conoscenza di un singolo distretto una lettura sistematica relativa all'intero paese.

Per ottenere un'indicazione più puntuale della situazione nazionale è possibile ricorrere allo studio di analisi dei mutamenti nella configurazione spaziale delle specializzazioni meccaniche, dal secondo dopoguerra ad oggi, condotto da Russo, Paterlini, Pirani e Rinaldi<sup>1</sup> (*L'industria meccanica in Italia: una analisi cluster delle differenze territoriali*, 2006, 2008). Questo lavoro, anche se si arresta ai dati dei primi anni del nuovo secolo, costituisce uno degli unici tentativi di fornire una panoramica completa del contesto nazionale.

---

<sup>1</sup>Docenti e ricercatori della facoltà di Economia nel dipartimento di Economia Politica presso l'Università degli studi di Modena e Reggio Emilia.

Partendo dalla classificazione dei Sistemi Locali del Lavoro<sup>2</sup> e procedendo ad un ulteriore raggruppamento mediante un'analisi cluster gerarchica aggregativa, gli autori sono giunti alla definizione di 11 gruppi principali, con specifiche caratteristiche dimensionali, occupazionali ecc, che monitorate nel corso dei decenni hanno prodotto un quadro definito del contesto italiano.

Risulta che un primo cluster è composto in prevalenza da imprese di grandi dimensioni; questo è l'insieme che registra la maggiore specializzazione meccanica (misurata in termini di occupazione meccanica sull'occupazione manifatturiera, che sale al 71% nell'ultima rilevazione) ed il numero di SLL appartenenti a questo cluster diminuisce, così come il numero di addetti meccanici in essi occupati.

Il cluster 2, costituito solamente dai sistemi locali di Milano e Torino, pesa il per 15% dell'occupazione meccanica nazionale; nel complesso, la specializzazione meccanica rimane elevata (58%), mentre la quota di addetti meccanici occupati in PMI sale progressivamente al 70%, pur rimanendo inferiore alla media nazionale (la variazione nel tempo riflette sia la dinamica occupazionale sia l'estensione dei confini dell'unità territoriale di riferimento, con l'inglobamento di comuni limitrofi con piccole e medie imprese specializzate).

I SLL del cluster 3<sup>3</sup> occupano complessivamente 4.700.000 addetti, di cui 1.700.000 manifatturieri e poco più di 910.000 meccanici, pari a più del 40% della meccanica italiana. Questi SLL, prevalentemente di piccola e media impresa e con una quota di manifatturiero superiore alla media nazionale, hanno una quota di meccanica superiore al 50%. Questi SLL sono localizzati prevalentemente nelle regioni del nord, ma a partire dalle rilevazioni del 2001 sono registrate anche al centro e al sud. Nelle regioni del nord i nuovi SLL del cluster 3 si sono diffusi nelle aree contigue a quelle in cui era già presente una

---

<sup>2</sup> Entità socio-economica frutto di aggregazioni comunali effettuate dall'Istat che compendia occupazione, acquisti, relazioni e opportunità sociali. Tali attività, limitate nel tempo e nello spazio, risultano accessibili sotto il vincolo della loro localizzazione e della loro durata, oltreché delle tecnologie di trasporto disponibili, data una base residenziale individuale e la necessità di farvi ritorno alla fine della giornata.

<sup>3</sup> Nella disaggregazione del cluster 3, il c-3a1 è quello più numeroso in termini di addetti meccanici e di SLL; il cl-3a2 è quello che conta la più alta specializzazione meccanica nelle regioni del nord (solo uno è localizzato nel centro e non ve ne sono nel Mezzogiorno). Nel cl-3b vi sono SLL che, sui dati del 2001 sono largamente sovrapposti ai SLL che nel 1991 appartenevano al cluster 6.

forte specializzazione meccanica, evidenziando un più vasto nucleo di SLL manifatturieri a specializzazione meccanica di piccola e media impresa; la dimensione media in termini di addetti meccanici è medio - piccola (9.000 addetti circa), ma tra questi troviamo diversi SLL con più di 25.000 addetti meccanici (ad esempio Modena, Lecco, Brescia, Bergamo, Bologna ecc).

Il quarto raggruppamento è anch'esso formato da SLL con una specializzazione meccanica superiore alla media nazionale, ma si differenziano dai precedenti per la presenza di imprese di grandi dimensioni e una bassa quota di addetti nel settore manifatturiero. Essi sono presenti in tutta Italia, ma sembra esserci un nucleo più numeroso nel nord ovest e nel centro.

I 33 SLL del cluster 5 occupano complessivamente più di 4 milioni di addetti, ma registrano una quota di occupazione manifatturiera e meccanica molto bassa (600 mila manifatturieri e 230 mila meccanici).

Per il cluster 6, caratterizzato da una quota di meccanica sul manifatturiero sostanzialmente in linea con la media nazionale, risulta una quota del manifatturiero di circa il 20% e una elevata presenza di PMI meccaniche; esse pur aumentando la loro numerosità vedono una drastica riduzione del loro peso sull'occupazione meccanica italiana, arrivando a rappresentarne circa il 4%. Dall'andamento storico si nota come diversi SLL di questo gruppo siano progressivamente passati al cluster 3, facendo quindi ipotizzare un rafforzamento della loro specializzazione meccanica.

I SLL dei cluster 7, 8 e 9, pur con alcune differenze gli uni dagli altri, rappresentano l'insieme dei sistemi locali più piccoli, caratterizzati da una bassa specializzazione meccanica e dall'assenza di grandi imprese in questo settore; nel complesso si tratta del 57% dei SLL che occupano appena il 12% dell'occupazione meccanica e hanno una quota media del 23% di occupazione meccanica sull'occupazione manifatturiera.

In particolare, i 91 SLL del cluster 7 che pesano quasi il 9% della meccanica nazionale sono molto manifatturieri, anche se la quota di meccanica è solamente del 24%. Essi hanno aumentato la loro presenza nel territorio italiano, pur rimanendo prevalenti al centro e al nord. In particolare, in queste aree, i SLL del cluster 7 si localizzano in aree interstiziali tra i SLL altamente specializzati nella meccanica.

I SLL dei cluster 8 e 9 sono di piccolissime dimensioni, sia in termini di occupazione complessiva che di occupazione meccanica (mediamente poche centinaia di addetti); questi sistemi locali, scarsamente meccanici e manifatturieri, ed esclusivamente con imprese meccaniche di piccole e medie dimensioni, sono localizzati prevalentemente al centro e al sud.

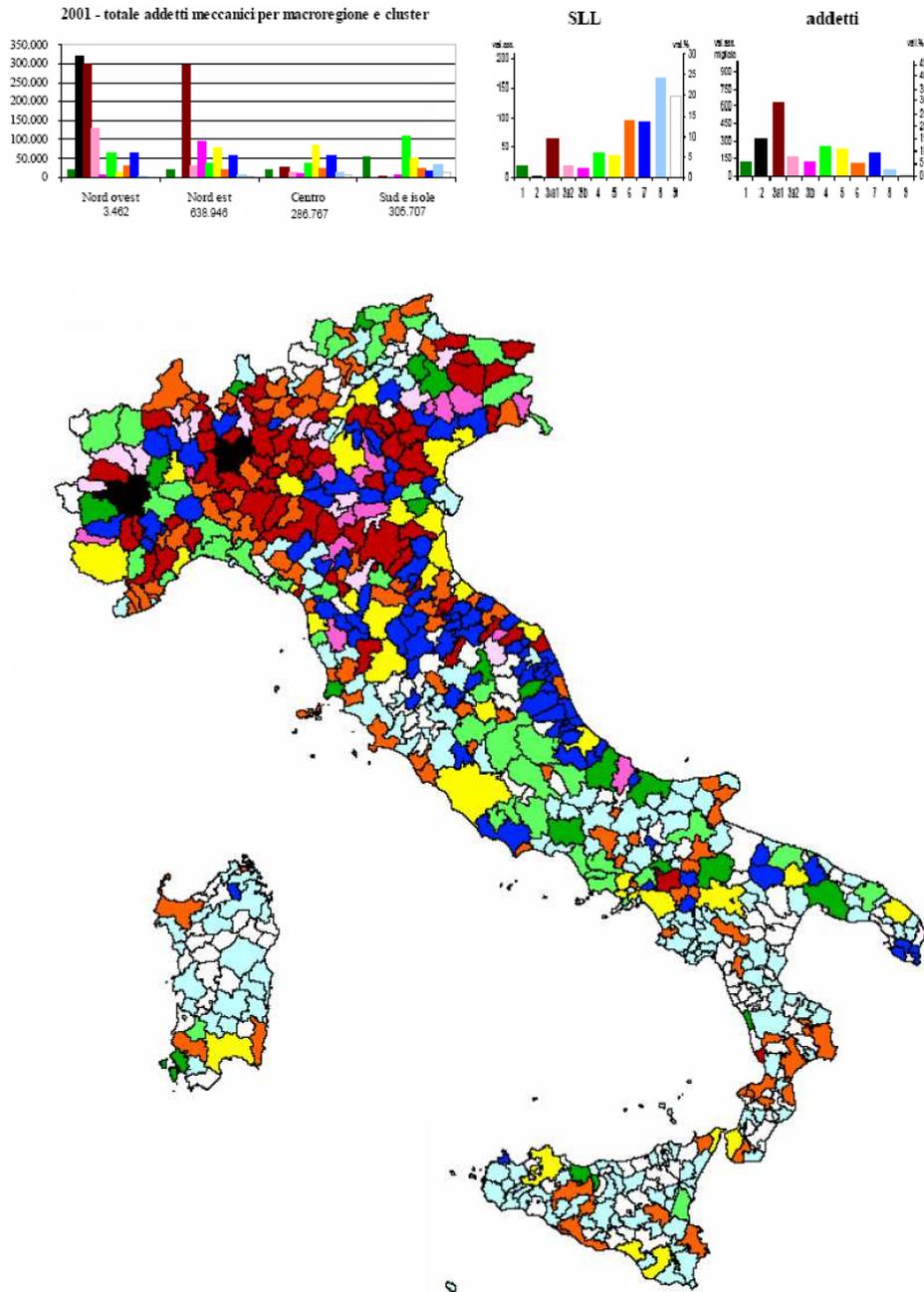


Figura 1 Rappresentazione cartografica delle localizzazione degli 11 cluster di SLL, 2001

Dalla figura 1 si osserva quindi che nelle regioni del nord vi sono addensamenti di SLL appartenenti ai diversi cluster che non appaiono uniformi. In Emilia-Romagna notiamo un denso nucleo centrale di SLL a specializzazione

meccanica lungo l'asse della via Emilia (Imola, Bologna, Modena) con SLL contigui a nord e a sud di questa, che presentano una quota di manifatturiero relativamente più elevata.

Lungo la costa adriatica i SLL dei cluster 4 e 5, collegano la struttura produttiva emiliana a quella del Veneto. In questa regione, che ha nel complesso una dinamica dell'occupazione meccanica uguale a quella dell'Emilia-Romagna, il carattere manifatturiero che dominava rispetto alla specializzazione meccanica si sta affievolendo. Ancora più a est, nel Friuli, accanto a SLL di grande impresa (Monfalcone, Tarvisio, Pordenone ecc), vi sono piccoli SLL molto specializzati nella meccanica; ai margini di queste aree vi sono i SLL manifatturieri e meccanici come nella media nazionale.

Verso nord lo spazio appare denso di SLL specializzati (manifatturieri e meccanici), contornati da SLL meno manifatturieri nelle aree alpine; molto intensa è la concentrazione di specializzazione meccanica dei SLL confinanti ad uno dei due componenti del cluster 2 (Milano). Verso ovest, l'agglomerato di specializzazioni meccaniche e manifatturiere è senza soluzione di continuità, ma con differenti intensità di specializzazione e dimensione tra i SLL che fanno da contorno al secondo SLL del cluster 2. La contiguità tra i SLL del cluster 3 e quelli del cluster 6 sembra indicare che aree di forte specializzazione meccanica sfumano in aree di rilevante specializzazione manifatturiera.

In Toscana, nelle Marche e nel Lazio troviamo un piccolo numero di SLL dei cluster 3 e 6 prossimi ai SLL dei cluster 4, 5 e 7 che in questa area sono relativamente più meccanici che manifatturieri.

Meno di un terzo dei SLL del cluster 1 sono contigui ai SLL del cluster 4; nord-ovest e Mezzogiorno appaiono simili sotto questo profilo: dominano i SLL metalmeccanici di grande impresa, sia nel cluster 1 che nel cluster 4.

In estrema sintesi si evince che la trama della produzione dell'industria metalmeccanica, (un vasto aggregato di attività di produzione e trasformazione dei metalli, di produzione di macchinari e mezzi di trasporto e dei componenti e semilavorati meccanici necessari alla loro produzione) si estende su gran parte del territorio italiano, sebbene la concentrazione sia maggiore nelle regioni del nord.



Figura 2: rappresentazione dell'occupazione a livello comunale sulla base di dati del censimento dell'industria 2001.

Dalla figura 2 si nota anche come, accanto a comparti dove prevalgono imprese di grandi dimensioni (come per esempio nel caso della produzione automobilistica), vi siano anche comparti caratterizzati da imprese di piccolissima dimensione specializzate in una o poche fasi del processo produttivo.

Il quadro strutturale nazionale del settore attualmente si compone di 47.737 imprese e di 577.084 addetti (Fonte: Ministero dello sviluppo economico).

Nella composizione della struttura produttiva emerge che le microimprese rappresentano il 77,4%, le piccole imprese il 18,3%, e le medio - grandi il 4,2%; in termini occupazionali si osserva che nelle prime si concentrano il 17,4% degli addetti, nelle seconde il 30,6% e nelle medio - grandi il 52%.

Da un'analisi sulla dinamica delle principali variabili strutturali è possibile riscontrare che il valore aggiunto relativo all'ultimo anno non affetto da alcuna influenza congiunturale, ovvero il 2006 (non è improprio ricondurre i primordi della crisi a metà 2007 con l'inizio della bolla immobiliare), è pari a 34.970 milioni di euro, mentre si riduce progressivamente fino a 31.303 nel 2009, con un variazione media annua pari a -0,6%. Il numero degli occupati, nello stesso

periodo, registra un tasso medio annuo pari a -0,1%, e le imprese attive pari a 0,8%. In termini di commercio estero emerge che la quota di mercato sulle esportazioni mondiali passa da 9,6 nel 2004 a 8,9 nel 2008. Per quanto riguarda la spesa in R&S si registra una variazione media annua 2006-2009 pari a 5,4%.

## *1.2 L'INDUSTRIA DELLA MECCANICA STRUMENTALE*

L'analisi di mercato realizzata si sviluppa a monte di quella sottocategoria riconosciuta con l'espressione di "meccanica strumentale"; questa fa riferimento esclusivamente alle macchine destinate alla produzione industriale, ovvero alle macchine che si inseriscono in processi produttivi industriali, e quindi in primis alle macchine utensili, ma anche a quelle impiegate in altre industrie manifatturiere, come le macchine per la lavorazione della gomma/plastica, le macchine per il tessile-abbigliamento, le macchine per la lavorazione del legno, le macchine per l'industria alimentare e così via.

Quindi il fattore comune, quindi, ai beni oggetto della presente indagine è costituito dalla destinazione e dall'utilizzo in processi produttivi industriali, caratterizzati da bassa visibilità e da scarsa riconoscibilità

presso il consumatore finale. I beni strumentali, e di conseguenza anche i variatori, per l'industria occupano, invece, un nodo centrale nei sistemi economico-produttivi: permettono di realizzare la produzione manifatturiera, diffondono il progresso e l'innovazione, assicurano la produttività.

Il settore della meccanica strumentale italiana è giunto ad occupare stabilmente i primi posti nelle graduatorie a livello mondiale, sopravanzando, nel confronto, quasi tutti gli altri settori industriali del paese; si può quindi tranquillamente affermare che è uno dei punti di forza del sistema economico nazionale.

La struttura dell'industria italiana nel settore è peculiare rispetto ai concorrenti europei, che costituiscono un privilegiato punto di riferimento, anche perché l'Unione Europea rimane la prima area al mondo per produzione e consumo di macchinari.

Il peso dell'Italia nel contesto dell'Unione Europea<sup>4</sup>, tentando di analizzarlo prendendo in esame il NACE DK "machinery and equipment", il settore più vicino a quello della meccanica strumentale (pur essendo più ampio), e partendo dal dato più generale, quello relativo al Prodotto Interno Lordo, è pari al 12,5% del reddito complessivo europeo e si trova al quarto posto, dopo Germania, Regno Unito e Francia.

	<i>Germania</i>	<i>Regno Unito</i>	<i>Francia</i>	<i>Italia</i>	<i>Spagna</i>	<i>Altri UE 27</i>
<b>PIL</b>	19,6%	16,5%	15,3%	12,5%	8,5%	27,5%
<b>Industria</b>	25,8%	10,1%	13,5%	13,8%	7,8%	29,0%
<b>Macchinari</b>	33,7%	8,3%	10,3%	18,0%	4,7%	24,9%

Concentrando l'attenzione sull'industria manifatturiera, la Germania conferma il primo posto (con una quota del 25,8%), segue subito l'Italia, recuperando due posizioni, con il 13,8%, davanti a Francia e Regno Unito.

Restringendo il campo al settore dei macchinari, la Germania vede crescere ancora la propria quota, al 33,75%, e l'Italia rafforza il secondo posto con il 18%, maggiormente distanziati Francia (10,1%) e Regno Unito (8,3%). Questo conferma la specializzazione e la forza dell'Italia nel settore, pur in un contesto europeo caratterizzato dalla presenza ancora diffusa dell'industria. Valori simili si ottengono prendendo come riferimento l'occupazione invece del fatturato: gli addetti in Germania del settore macchinari sono il 29,5% del totale europeo, in Italia il 15,3%, nel Regno Unito e in Francia meno del 10% e così via.

Il quadro si modifica se si considerano il numero delle imprese: l'Italia da sola conta il 23,5% delle aziende europee, al secondo posto ci sono i tedeschi (11,9%), gli altri paesi hanno un numero di imprese ancora più basso. Questo implica che le imprese italiane hanno, in media, dimensioni molto inferiori ai loro concorrenti europei.

Le aziende tedesche hanno dimensioni triple, per fatturato, e più che doppie, per addetti, rispetto alla media europea. Si attestano sempre su dati superiori, o

<sup>4</sup> I dati su cui ci basiamo provengono dal sito di Eurostat e sono relativi al 2007, ultimo anno per il quale sono stati diffusi.

prossimi alla media, le aziende inglesi e (per il fatturato) quelle francesi. Su valori decisamente inferiori si trovano le imprese italiane e spagnole, rispettivamente al 77% e al 56% del fatturato medio.

Se le dimensioni sono inferiori a quelle dei principali concorrenti, questo non impedisce alle aziende italiane di raggiungere i massimi livelli di efficienza. Il fatturato per addetto, con la media europea pari a 183.000 euro per addetto, è di ben 215.000 euro per le imprese italiane, superato solo da quelle francesi (225.000) e prima delle tedesche (209.000).

Il 2010 è stato un anno di robusta crescita per il settore dei beni strumentali nel suo complesso, che ha parzialmente recuperato dopo la gravissima crisi del 2009. Il valore della produzione è aumentato del 13,5%<sup>5</sup>, attestandosi a 34 miliardi di euro; tutte le associazioni di categoria del settore hanno registrato una crescita del fatturato del comparto.

Le vendite sui mercati esteri hanno avuto un ruolo trainante per il settore, esse hanno rappresentato la destinazione del 67% della produzione e hanno raggiunto il valore di 22,9 miliardi (+16,2% sull'anno precedente), avvicinandosi ai livelli del 2005. Mentre quelle sul mercato interno sono state molto meno dinamiche, registrando una ripresa non così vigorosa: le consegne interne hanno recuperato infatti solo l'8,2%, anche se hanno superato gli 11 miliardi di euro, restano ai minimi del decennio.

Risulta altrettanto positivo, invece, il recupero delle importazioni, che avevano sofferto più di ogni altro nel 2009; la ripresa del mercato italiano (+12%) ha permesso agli importatori di incrementare del 20% le vendite (per un valore di 5,8 miliardi); la penetrazione delle importazioni è tornata quindi al 34%, come nel 2008.

	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>08/07</b>	<b>09/08</b>	<b>10/09</b>
<b>Produzione</b>	40.851	42.356	29.945	33.987	3,7%	-29,3%	13,5%
<b>Export</b>	26.692	27.799	19.677	22.873	4,1%	-29,2%	16,2%
<b>Consegne interne</b>	14.159	14.557	10.268	11.114	2,8%	-29,5%	8,2%
<b>Import</b>	7.438	7.530	4.822	5.788	1,2%	-36,0%	20,0%
<b>Consumo apparente</b>	21.597	22.087	15.090	16.902	2,3%	-31,7%	12,0%

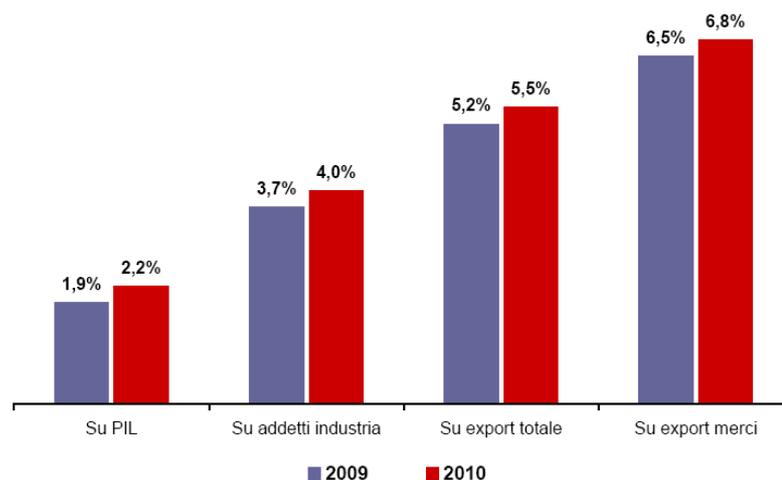
<sup>5</sup> I dati che vengono presentati successivamente si riferiscono alle imprese che aderiscono alle Associazioni di Categoria dei costruttori di Beni Strumentali che costituiscono Federmacchine.

Come si evince dalle tabelle gli addetti complessivi del settore della meccanica strumentale sono stimati pari a 182.000 nel 2010 (+0,6% sull'anno precedente). La valutazione dei risultati 2010 non è completa senza uno sguardo a quanto ancora incida la crisi del 2009 e quanto ci sia ancora da recuperare; rispetto ai massimi raggiunti nel 2008 la caduta è evidente: la produzione è inferiore del 20%, le esportazioni del 18% e le consegne sul mercato interno del 24% (allineate alla diminuzione della domanda italiana di beni di investimento).

Considerando il peso della meccanica strumentale nell'economia italiana, si evince che la produzione delle quasi 6.300 imprese, appartenenti ai 13 comparti principali (riconducibili a quelli che attualmente compongono Federmacchine), è cresciuta, come detto, a un valore di quasi 34 miliardi di euro nel 2010, che corrisponde al 2,2% del Prodotto Interno Lordo.

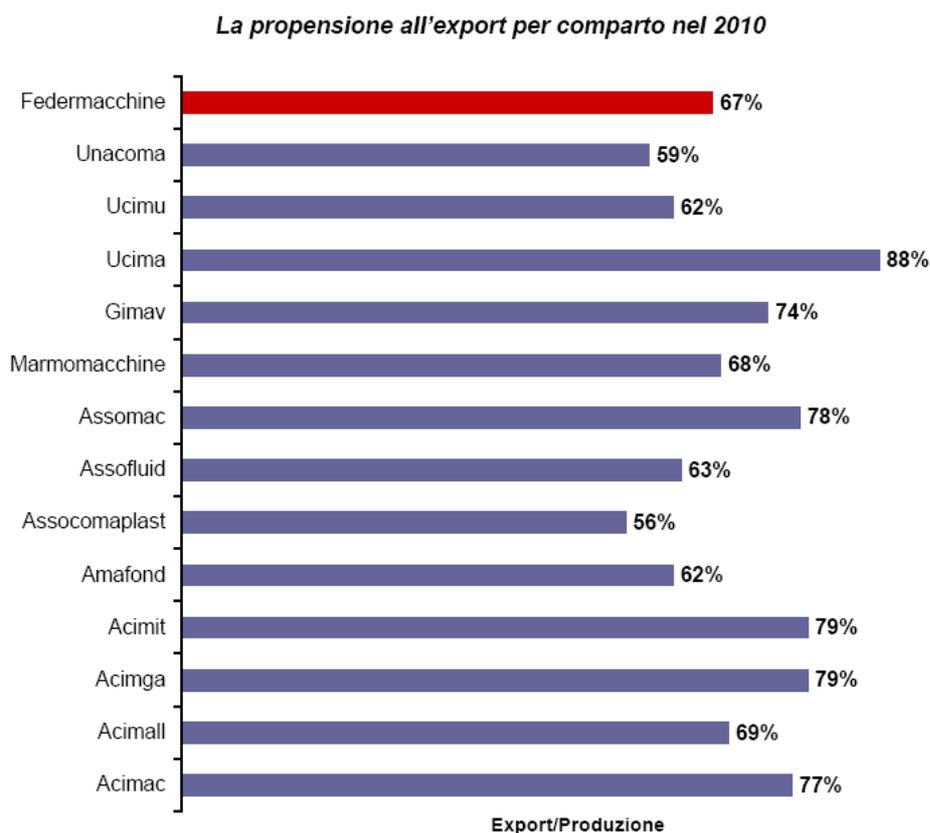
Il contributo più rilevante fornito all'economia italiana dal settore è quello rappresentato dalle vendite all'estero: con 22,9 miliardi di euro, le vendite di macchinari all'estero coprono una quota del 5,5% del totale delle esportazioni italiane, che sale al 6,8% prendendo in considerazione le sole esportazioni di merci. L'occupazione rappresenta il 4% del totale degli addetti nell'industria italiana in senso stretto.

*Il peso della meccanica strumentale*



È interessante sottolineare, mediante figura 3, come tutti gli indicatori siano in crescita rispetto al 2009, evidenziando una maggiore dinamicità del comparto del bene strumentale rispetto all'economia nel suo complesso.

Una caratteristica distintiva dell'industria italiana costruttrice di beni strumentali è la forte propensione all'export, che, nel 2010, ha raggiunto il 67,3% del fatturato, come evidente dalla figura successiva. Tutti i settori hanno un rapporto tra fatturato ed esportazioni superiore al 55%, con punte massime che sfiorano il 90%.

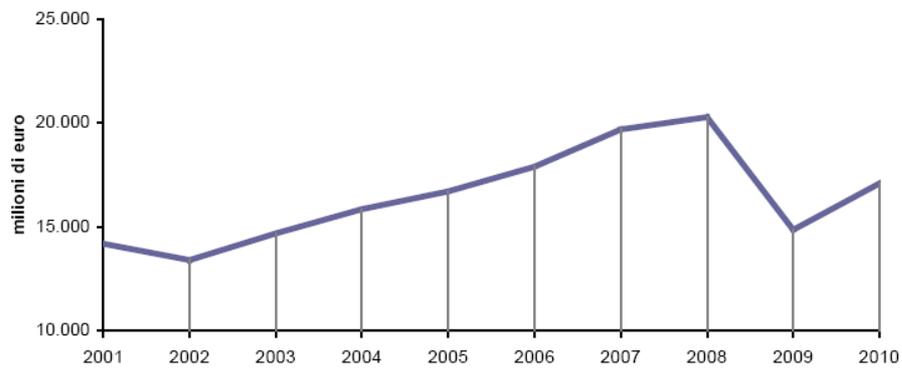


Il saldo commerciale complessivo dei settori che formano Federmacchine<sup>6</sup>, nel 2010, è stato positivo per 17,1 miliardi di euro (+15% sul 2009).

Dopo il drastico rallentamento registrato a causa della crisi economica (-26,7%), si tratta di un primo importante segnale della capacità di recupero del settore, che riporta il saldo ai valori del 2005.

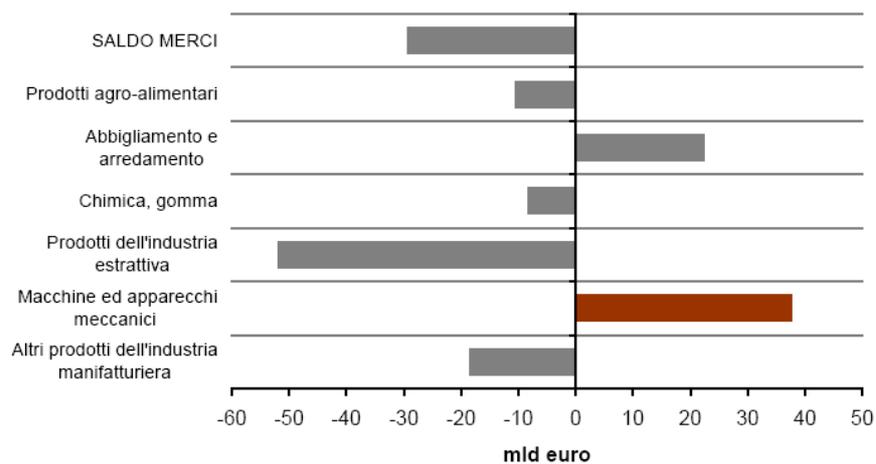
<sup>6</sup> La federazione delle associazioni dei produttori di beni strumentali destinati allo svolgimento di processi manifatturieri dell'industria e dell'artigianato comprende: ACIMAC (macchine e attrezzature per ceramica), ACIMALL (macchine per la lavorazione del legno), ACIMGGA (macchine per l'industria grafica, cartaria e affini), ACIMIT (macchine e stampi per materie plastiche e gomma), ASSOFLUID (costruttori e operatori del settore oleoidraulico e pneumatico), ASSOMAC (macchine per calzature, pelletteria e conceria), GIMAV (macchine e accessori per il vetro), CONFINDUSTRIA MARMOMACCHINE-ASSOMARMOMACCHINE (macchine e attrezzature per la lavorazione delle pietre naturali), UCIMA (macchine per confezionamento e imballaggio), UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE (macchine utensili, robot e automazione), UNACOMA (macchine agricole).

### Il saldo commerciale italiano nei beni strumentali



Nella sua integralità l'economia italiana ha registrato un saldo commerciale negativo per 29,3 miliardi di euro lo scorso anno, con un considerevole peggioramento rispetto al 2009 (5,9 miliardi di deficit).

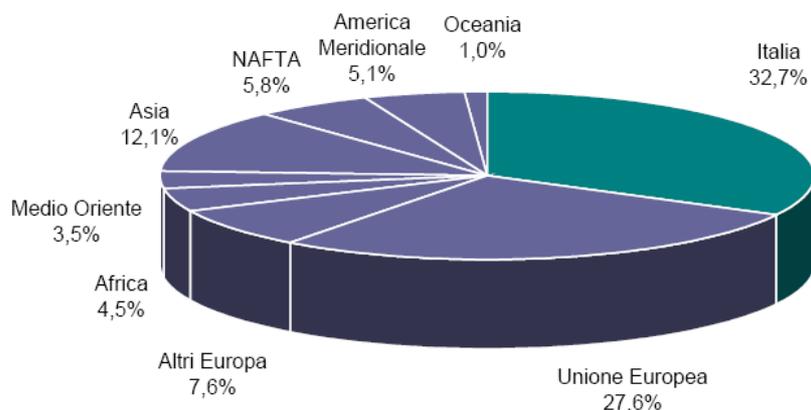
### I saldi commerciali settoriali italiani nel 2010



Come evidenziato in figura 6, i due soli comparti con saldi attivi sono stati, come ormai da molti anni, quello Arredamento e Abbigliamento (+22,5 miliardi di euro) e Macchine e apparecchi meccanici (+37,7 miliardi), al cui interno trovano collocazione i macchinari di Federmacchine.

I dati disponibili sulla ripartizione delle vendite nei diversi mercati non rappresentano la totalità dei settori annoverati nella meccanica strumentale; coprono nove delle tredici associazioni di Federmacchine, ma la rappresentatività dei dati appare comunque molto alta (83% del valore totale delle esportazioni) e, quindi, sufficiente a garantire l'affidabilità delle stime, che si estendono all'intero comparto di Federmacchine.

### I mercati di sbocco nel 2010

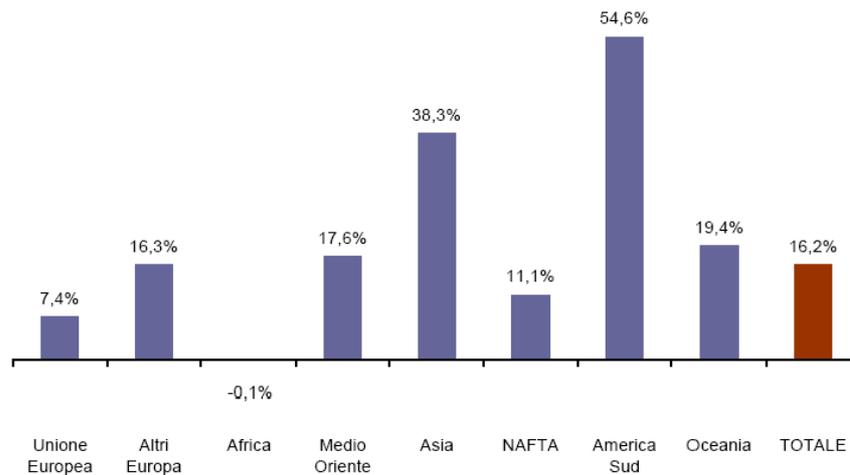


Si evince da figura 7 che il primo mercato di sbocco si conferma quello nazionale, sul quale si realizza il 33% circa delle vendite complessive. Al secondo posto (poco meno del 28%) le vendite negli altri paesi dell'Unione Europea, che portano il peso complessivo dell'area UE al 60% del totale.

Questa configurazione è una situazione prevedibile per la vicinanza geografica dei clienti ai produttori e per la rilevanza che detiene ancora l'industria manifatturiera europea; bisogna però notare che a partire dal 2007 il peso complessivo delle vendite nell'Unione Europea era superiore al 66%. In pochi anni le imprese italiane hanno modificato in misura significativa i propri mercati, con una crescita consistente di quelli asiatico e sudamericano e progressi più contenuti anche in Medio Oriente e Africa; è ormai fatto concludere che siano le aree emergenti quelle con le migliori prospettive di sviluppo ed è proprio su queste che si sono concentrati gli sforzi dei costruttori italiani.

Il 2010 ha registrato un andamento positivo delle vendite di macchinari nostrani in quasi tutti i mercati evidenziati in precedenza. Il trend è complessivamente pari al +16,2%, ma è frutto di performance difformi tra i differenti mercati: alcune regioni recuperano molto di più (Asia ed America Meridionale), mentre l'Unione Europea guadagna solo il 7,4% e risultano stazionarie le vendite in Africa, che avevano resistito meglio di altre alla crisi e che si attestano sui livelli del 2007.

**Andamento delle esportazioni per aree (var. 2010/09)**



Gli acquisti di mezzi di produzione italiani da parte dei paesi dell'Unione Europea, come si vede da figura 8, sono aumentate a 9,4 miliardi di euro (+7,4% sul 2009).

Il mercato tedesco, il primo per dimensioni con 1.905 milioni, è cresciuto solo del 1,9%; stazionarie anche le vendite in Francia (1.764 milioni, +1,8%); migliora la situazione in Spagna (869 milioni, +9,9%) e in alcuni mercati minori: Regno Unito (738 milioni, +24,5%), Polonia (731 milioni, +16,8%), Austria (470 milioni, +18,8%).

Le esportazioni italiane nei paesi europei extra UE guadagnano il 16,3% sul 2009, per un valore di 2,6 miliardi: al primo posto si collocano le vendite in Turchia (+46% per 774 milioni), seguite da quelle in Russia (738 milioni, +21%) ed in Svizzera (518 milioni, +11%).

L'Africa ha acquistato macchinari provenienti dall'Italia per 1,5 miliardi di euro, quasi come nell'anno precedente (-0,1%). Il primo cliente è l'Egitto (330 milioni, +3,5%), seguito dal Sud Africa (231 milioni, +37%), dall'Algeria (220 milioni, -5,6%) e dalla Tunisia (183 milioni, +25%).

In Medio Oriente le vendite sono cresciute del 17,6%, a 1.201 milioni di euro. Il paese più importante dell'area è l'Iran, con acquisti per 389 milioni (+42,5%), seguito da Arabia Saudita (263 milioni) e Emirati Arabi Uniti (138 milioni).

L'Asia Orientale e Meridionale si colloca saldamente al secondo posto tra le destinazioni dei macchinari italiani nello scorso anno, con 4,1 miliardi (+38,3%): molto bene le vendite in Cina (+50%, oltre due miliardi); al secondo posto l'India (660 milioni, +40%) e su livelli inferiori Giappone (220 milioni),

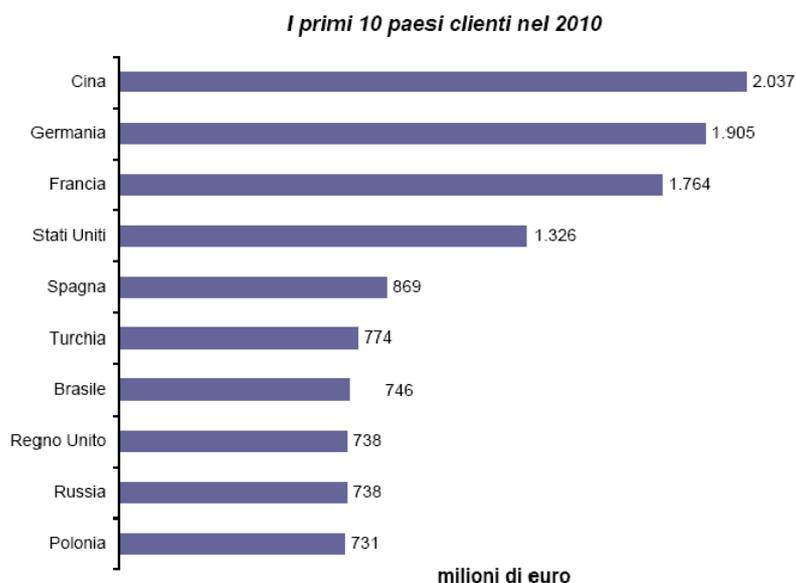
Hong Kong (165 milioni), Indonesia (165 milioni) e Corea del Sud (160 milioni).

Il Nord America ha aumentato gli acquisti di mezzi di produzione italiani (+11,1%, per un valore di 1.988 milioni). Rimane stabile il mercato degli Stati Uniti (1.326 milioni, +4,1%), migliora quello messicano (+24%) e canadese (+39%).

L'America Meridionale ha importato macchinari per oltre 1.700 milioni di euro, il 54,6% in più rispetto al 2009. Il Brasile (746 milioni, +65%) precede Argentina (212 milioni, +69%), Venezuela (137 milioni, +13,4%) e Cile (133 milioni, +34%).

Le vendite in Oceania si attestano a 343 milioni (236 milioni sono destinati all'Australia).

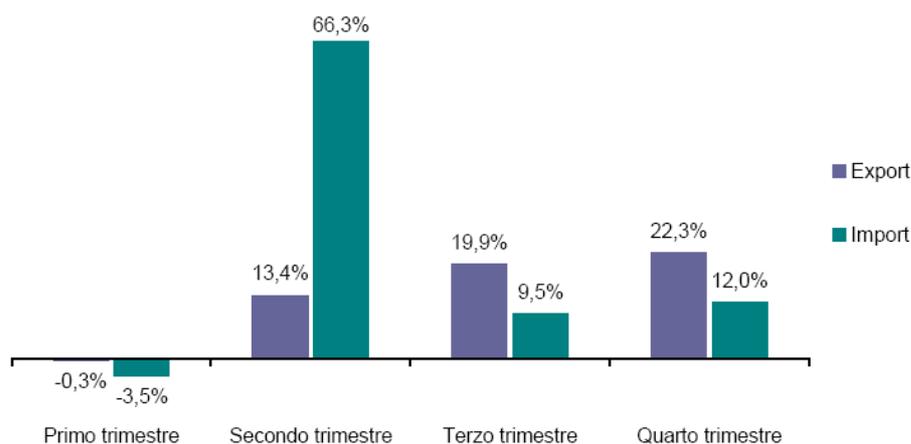
I mercati dei paesi emergenti sono ormai di primaria importanza per i costruttori italiani di mezzi di produzione; al primo posto tra i mercati di sbocco nel 2010 troviamo la Cina, nell'elenco dei primi dieci ci sono anche Turchia, Brasile, Russia e Polonia.



Da figura 10 si nota che nel corso del 2010 l'andamento del commercio con l'estero, dopo un primo trimestre ancora negativo, ha invertito il trend e recuperato parte del terreno perso nel corso dell'anno precedente.

Le esportazioni hanno avuto un andamento di progressivo miglioramento e hanno chiuso l'anno con un tasso di crescita tendenziale superiore al 20%.

### Andamento trimestrale del commercio nel 2010



I dati sull'import del comparto risentono della scadenza della Tremonti-ter<sup>7</sup>, che ha spinto moltissime imprese a effettuare gli investimenti nel secondo trimestre, successivamente le importazioni sono cresciute a ritmi più modesti, pari alla metà rispetto alle esportazioni.

Questo dato mette ancora in evidenza la debolezza della domanda espressa dalle imprese manifatturiere italiane: in assenza di incentivi, la ripresa non è sufficiente a riportare il mercato ai livelli raggiunti prima della congiuntura.

<sup>7</sup> Agevolazione che prevede uno sconto Irpef o Ires pari al 50% dei costi sostenuti per l'acquisto di nuovi macchinari, tale incentivo è stato introdotto dall'art. 5 del D.L. n. 78/2009 (Decreto "anticrisi").

## Capitolo 2

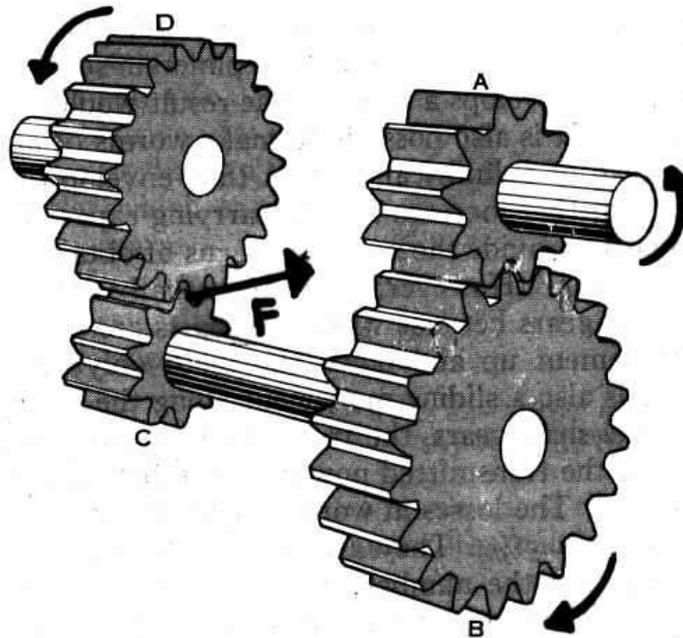
In termini il più possibile generali, riduttori e moltiplicatori possono essere classificati come rotismi o treni d'ingranaggio, sistemi cioè costituiti da ruote dentate, di qualunque tipo, ingrananti fra loro e disposte in modo tale che la rotazione di una di esse ponga in rotazione tutte le altre.

Appartengono quindi alla categoria degli organi trasmettitori e la loro funzione è quella di assicurare un determinato rapporto di trasmissione fra due o più alberi: si avrà quindi allora un albero motore o d'ingresso, su cui è calettata (connessa rigidamente) la prima delle ruote (movente) che costituiscono il rotismo, ed almeno un albero condotto o di uscita, su cui è calettata l'ultima ruota (cedente). Solitamente fa parte del sistema almeno un ulteriore albero intermedio su cui può essere calettata o una sola ruota che ingrana contemporaneamente sia con la movente sia con la cedente, oppure una coppia di ruote solidali fra loro di cui la prima ingrana con la movente e la seconda con la cedente.

Prima di proseguire nella descrizione è necessario definire cosa si intenda con il termine, precedentemente citato, "ruota dentata". *"Forse la definizione più succinta è quella che ho sentito da uno scaricatore di porto che chiese dove doveva consegnare le ruote con degli intagli"* dice Raymond J. Drago nel suo Manuale degli ingranaggi (1996). In termini più tecnici una ruota dentata o ingranaggio è una ruota usualmente, ma non necessariamente, rotonda caratterizzata da diverse escrescenze, chiamate denti; queste poi possono avere un profilo che spazia sulla base di una varietà quasi infinita. Lo scopo di questi componenti è appunto quello di trasmettere il moto e/o la potenza da un albero all'altro, moto che può essere o non essere uniforme e che può anche essere accompagnato da variazioni di direzione, velocità e coppia d'albero.

In una rappresentazione semplicistica (Fig. ), quando il modificatore è costituito da un ingranaggio più piccolo (pignone) che trascina quello più grande (ruota), la velocità di rotazione della ruota risulta essere minore di quella del pignone, così questo assolve una funzione diminutiva e verrà chiamato allora riduttore; in caso contrario, ovvero quando si è in presenza di una ruota

di maggiori dimensioni che imprime il movimento ad una più piccola, il sistema di trasmissione è detto moltiplicatore.



## 2.1 CENNI STORICI

“Gli ingranaggi hanno più o meno la stessa età delle macchine inventate dall’uomo, l’unica “macchina” più antica è il tornio da vasa?” sostiene Dennis P. Townsend (versione italiana di Domenico Papa, *Handbook of Power Drivers*, 1976).

Antiche testimonianze risalenti ad oltre tremila anni fa, dimostrano che al tempo dei greci venivano utilizzati ingranaggi in legno ed in metallo (questi ultimi con denti a cuneo) per la trasmissione del moto rotatorio. Anche nel corso della dominazione romana, soprattutto nel tardo Romano Impero, ingranaggi in legno ed in metallo erano moderatamente diffusi: per mulini da grano, solo i primi, e per un’ampia varietà di piccoli apparecchi (ad esempio l’odometro), sia i primi sia i secondi.

Negli stessi anni anche dall’altra parte del mondo, in Cina, si adottavano meccanismi ad ingranaggi, l’esempio più suggestivo ed ingegnoso è il tipico carretto cinese.

Nel medioevo erano molto diffusi i mulini ad acqua, le cui ruote dentate erano realizzate principalmente in legno (alcuni reperti in Svezia dimostrano l’uso anche della pietra) ed i sistemi erano tutti realizzati esclusivamente a mano.

A partire dal tredicesimo secolo, intorno al 1285, fecero la comparsa i primi rotismi per orologi meccanici, inventati da monaci per scandire le differenti attività da svolgere nella giornata. Ben presto iniziarono ad assumere una grande importanza e nei quattrocento anni successivi questo primitivo dispositivo fu oggetto di attenti studi e progressivamente perfezionato, fino ad ottenere tre gruppi di ingranaggi, una lancetta ed un quadrante che facilitassero la lettura di ore e minuti.

Un uomo di ingegno e talento universale come Leonardo da Vinci, affascinato dai meccanismi degli orologi, non poteva esimersi dallo studio di questi sistemi meccanici di ruote dentate. I risultati più importanti sul tema però sono relativi alle diverse configurazioni degli ingranaggi e soprattutto ai sistemi di movimentazione dei materiali (gru, argani ecc) e di meccanizzazione delle operazioni<sup>8</sup>.

Fino ancora a tutto il diciottesimo secolo e a parte del diciannovesimo, ingranaggi in legno per mulini popolavano tutto il mondo e quelli ad acqua costituivano il cavallo di battaglia dell'industria; oltre ai mulini da grano, altri mulini, sempre azionati dall'energia idrica, segavano il legno, permettevano la lavorazione di quest'ultimo, dei metalli, di barre di ferro ed acciaio, pompavano l'acqua ecc. In alcune zone, come negli attuali Paesi Bassi, era l'energia eolica ad azionare quei rotismi, utilizzati inoltre anche per far funzionare pompe destinate alla bonifica di terreni.

Nella seconda metà del diciannovesimo secolo, in conseguenza della rivoluzione industriale, l'utilizzo su vasta scala di motori elettrici e a vapore impose l'esigenza di costruire validi ingranaggi metallici, soprattutto in termini di resistenza e precisione (stabilimenti, battelli, settore ferroviario ecc).

Ormai, superati i primi dieci anni del ventesimo secolo, si può asserire con sicurezza che oltre il novanta per cento della tecnologia degli ingranaggi attualmente sfruttata sia stata sviluppata negli ultimi quarant'anni. A partire dal ventesimo secolo lo sviluppo tecnologico di rotismi, organi di trasmissione e macchinari ebbe un rapido aumento. È a partire dagli anni settanta però che i progressi tecnici raggiunti dalle macchine per la lavorazione degli ingranaggi e

---

<sup>8</sup> Le argomentazioni di questi studi sono raccolte in numerosi codici tra cui quelli di Madrid e Foster; è doveroso sottolineare che un importante contributo all'evoluzione dei sistemi di movimentazione, frutto degli studi leonardiani, va riconosciuto anche al suo predecessore Brunelleschi.

le relative conoscenze di materiali, rapporti di trasmissione e lubrificazione, operano una svolta, facendo apparire relativamente obsoleta tutto la tecnologia elaborata nei precedenti settant'anni.

Mediante l'evoluzione delle tecniche di automazione e di comando tramite elaboratore, le macchine a controllo numerico computerizzate ora adottate per la lavorazione degli ingranaggi rappresentano un progresso davvero radicale, consentendo di aumentare considerevolmente la produttività e di ottenere una qualità di livello inimmaginabile in passato, in particolare molto più omogenea.

## *2.2 I COMPONENTI DEI MODIFICATORI DI GIRI*

Riduttori e moltiplicatori sono costituiti da cinque componenti principali: alberi, cuscinetti, impianti di lubrificazione, carcasce ed ingranaggi; la loro integrazione armonica permette il massimo rendimento nella sua interezza.

### *2.2.1 ALBERI*

Gli alberi rappresentano la materializzazione degli assi di rotazione degli ingranaggi; essi sono generalmente composti da elementi cilindrici o troncoconici. Servono per posizionare le ruote nello spazio per trasmettere gli sforzi agli appoggi, nei quali si generano le relative reazioni, e per trasmettere coppie agli ingranaggi.

I denti degli ingranaggi, come sarà più chiaro nel seguito, generano sforzi tangenziali, radiali e assiali rispetto alla ruote. Gli sforzi tangenziali e radiali sono in direzione radiale rispetto all'albero e creano sforzi di flessione; quelli assiali, per le ruote, rimangono tali anche per gli alberi, ma fuori centro rispetto a questi ultimi di una quantità pari al raggio della ruota. L'albero pertanto è sottoposto a momenti flettenti. Le forze tangenziali danno origine ad una coppia di torsione uguale a quella trasmessa (sollecitazioni torsionali), quelle assiali producono una reazione sull'asse dell'albero generando sollecitazioni di compressione o trazione aventi la medesima direzione delle sollecitazioni di flessione.

Talvolta agli alberi sono fissati elementi mediante interferenza (ad esempio il calettamento) e quindi in essi si generano sollecitazioni perpendicolari a quelle dovute a flessione.

Gli alberi devono quindi sopportare sollecitazioni di flessione, torsione, compressione o trazione aventi la medesima direzione delle sollecitazioni flessionali, di compressione perpendicolari a queste ultime.

### *2.2.2 CUSCINETTI*

Gli alberi devono essere supportati da cuscinetti in corrispondenza dei quali si hanno reazioni di appoggio assiali e radiali e devono poter ruotare liberamente intorno agli elementi fissi del cuscinetto.

I cuscinetti sono organi costituiti da elementi fissi e mobili con interposizione di corpi rotolanti che tendono a ridurre al minimo possibile le perdite di attrito. Essi sono costituiti da tre elementi essenziali più uno secondario. I primi sono formati da due anelli, uno fisso e l'altro mobile, caratterizzati da piste di rotolamento e distanziati da elementi mobili definiti corpi rotolanti. L'elemento secondario è costituito da una gabbia che mantiene gli elementi rotolanti in posizione ed equidistanti fra loro.

Gli elementi rotolanti possono essere costituiti da sfere o rulli, questi ultimi possono essere cilindrici, conici, a botte e ad aghi, ossia costituiti da rullini con diametro piccolissimo rispetto alla lunghezza. Si distinguono tre tipi principali di cuscinetti: a sfere, a rulli e a rullini.

I cuscinetti possono essere rigidi, a contatto obliquo o oscillanti per autoallineamento. Quelli rigidi sono a una o due corone di sfere (non smontabili) e a rulli cilindrici. Nei cuscinetti a contatto obliquo ad una corona di sfere le piste di rotolamento sono spostate l'una rispetto all'altra con la retta di contatto non perpendicolare all'asse di rotazione. Infine i cuscinetti orientabili consentono una notevole inflessione degli alberi e rotazioni in corrispondenza degli appoggi, essi possono essere a due corone di sfere (che rotolano su due piste ricavate sull'anello interno e su un'unica pista di forma sferica ricavata sull'anello esterno) o a rulli a botte.

### *2.2.3 LUBRIFICANTI*

Nei riduttori i lubrificanti svolgono molteplici funzioni, innanzitutto sono assolutamente indispensabili per ridurre il coefficiente d'attrito tra gli elementi che strisciano l'uno rispetto all'altro. Essi facilitano inoltre gli scambi termici

nelle apparecchiature trasferendo il calore prodotto dall'attrito verso le pareti esterne, dove la dissipazione è più facile, assicurano infine la protezione delle tenute (tra gli elementi fissi e quelli rotanti sporgenti verso l'esterno) contro l'infiltrazione di polveri o altri agenti corrosivi.

I lubrificanti sono indispensabili in tutte le trasmissioni e si può ritenere che ne facciano parte integrante. La conoscenza dei lubrificanti richiede una specifica competenza e non è quindi possibile trattare in maniera esauriente ogni aspetto di tale argomento, principalmente si distinguono due tipi di lubrificanti industriali: lubrificanti minerali derivanti dal petrolio e quelli sintetici che sono in continuo sviluppo. I primi possono essere utilizzati puri (oli) oppure miscelati a sostanze solide (grassi) o altri additivi, mentre i secondi hanno una diversa composizione e possono essere prodotti sulla base di precisi requisiti di funzionamento.

#### *2.2.4 SCATOLE INGRANAGGI E SEDI DI CUSCINETTI (CARCASSA)*

Le casse dei riduttori svolgono numerose funzioni: servono da supporto per gli alberi (sedi per cuscinetti), contengono il lubrificante e consentono di fissare i riduttori stessi nella loro posizione di lavoro. Per quanto riguarda la prima finalità, le casse devono essere resistenti, in quanto il loro compito è di mantenere gli alberi nella loro esatta posizione; sono pertanto costruite in metallo e dimensionate in modo tale da sopportare le sollecitazioni derivanti dalle coppie trasmesse con minima deformazione. Quanto alla seconda funzione, devono essere ermetiche per evitare perdite di lubrificante; infine, per quanto concerne la terza, devono essere dotate di dispositivi di fissaggio solidi e correttamente posizionati.

Più specificatamente le casse sono costruite in acciaio, in ghisa e talvolta in lega leggera di alluminio. Queste ultime sono spesso di dimensioni inferiori e sono ottenute per pressofusione, le casse in acciaio sono saldate e realizzate con lamiera di elevato spessore, le casse in ghisa sono costruite in ghisa grigia o per le applicazioni più impegnative, in quella sferoidale (sono ottenute per fusione e la loro forma deve soddisfare i requisiti dei pezzi ottenuti con tale processo) e lo stesso dicasi per le casse in lega leggera.

Le sedi dei cuscinetti sono generalmente ottenute da blocchi di acciai al carbonio forgiati e lavorati, i vari elementi vengono assemblati mediante saldatura. Per sostenere i cuscinetti e trasmettere le relative reazioni al basamento, le carcasse devono sopportare tali sforzi senza deformarsi eccessivamente. Le deformazioni provocano infatti l'imperfetto allineamento dell'albero e quindi la riduzione della capacità di carico degli ingranaggi.

Data la complessità della forma il calcolo delle casse risulta piuttosto difficoltoso. Attualmente per determinare le tensioni e le deformazioni che si creano nelle carcasse, si adottano metodi di calcolo, noti come calcoli agli elementi finiti, con risultati molto più soddisfacenti rispetto ai semplici calcoli basati sulla resistenza dei materiali utilizzati in passato<sup>9</sup>.

### 2.2.5 INGRANAGGI

Gli ingranaggi possono essere costruiti teoricamente con qualsiasi materiale rigido, anche se sono generalmente preferiti la ghisa, il bronzo e l'acciaio, insieme con le plastiche termoindurenti rinforzate; queste, semplici o rinforzate, vengono però solamente utilizzate per le misure più ridotte e per le applicazioni con carichi leggeri.

L'acciaio rimane il più comune materiale per ingranaggi, ma non quello dolce, generalmente inadatto in quanto ha elevata usura e bassa resistenza al carico superficiale. Gli acciai al carbonio e gli acciai legati sono i materiali più consoni; questi ultimi hanno anche una resistenza superiore a fatica ed una migliore temprabilità. La resistenza ai carichi e la durata delle superfici possono essere migliorate con trattamento termico, per produrre una profondità ottimale di indurimento, ma devono anche essere tenute in conto le esigenze di produzione ed in particolare di finitura, necessaria per eliminare le distorsioni prodotte durante il trattamento termico.

Una più ampia varietà di metodi può riferirsi a tutti i tipi di ingranaggi, il metodo impiegato dovrà soddisfare le esigenze del progettista di ingranaggi (per quanto riguarda la resistenza dei materiali e lo sforzo superficiale), del costruttore (per ciò che riguarda metodi di produzione disponibili e costi), della

---

<sup>9</sup> Le carcasse, in passato, erano considerate piastre sottoposte a sollecitazioni di compressione (oltre che di trazione), in quel caso risultava necessario eseguire la verifica anche al carico di punta, questo modo di procedere era approssimativo ed il calcolo veniva realizzato adottando elevati valori del coefficiente di sicurezza. Inoltre prevedere la deformazione delle casse era molto difficoltoso e si incorreva quindi nei successivi problemi associati ad eventuali vibrazioni.

tecnica e delle possibilità di regolazione durante il trattamento termico. Si dovrà inoltre considerare l'opportunità di bilanciare le capacità di carico degli elementi che si accoppiano (per esempio, pignoni temperati rotanti contro albero non indurito ed i relativi possibili effetti di usura). Materiali più teneri per ingranaggi, specialmente ingranaggi di plastica, possono facilmente, in presenza di contaminanti abrasivi, comportarsi come una smerigliatrice e consumare abbastanza rapidamente la superficie temprata dell'ingranaggio. I parametri di progetto e di finitura sono ulteriormente resi difficoltosi dalla richiesta di ingranaggi di misura più piccola per portare determinati carichi e/o funzionare a velocità più elevate. Questo campo della tecnica è altamente specialistico ed in esso i progressi tecnologici sono continui, specialmente per quanto riguarda i perfezionamenti ai trattamenti termici, che tendono ad offrire soluzioni di sempre miglior compromesso tra l'aumento di durezza e la buona lavorabilità dei materiali degli ingranaggi.

#### *2.2.5.1 CILINDRICI A DENTI DIRITTI*

Il tipo più comune di ingranaggio è quello a denti dritti, che si possono considerare generati dalla protrusione di una sezione lungo un'asse perpendicolare al piano stesso, essi sono tagliati parallelamente all'asse dell'albero e trasmettono potenza tra alberi paralleli senza spinta o movimento assiale. La ruota dentata risulta perciò piatta, l'asse dei denti si proietta radialmente dal centro di rotazione dell'ingranaggio e le creste dei denti decorrono trasversalmente al piano di rotazione e parallelamente tra loro. Difettano in un aspetto: quando la rotazione avviene in un senso, un dente spinge contro un lato del corrispondente dente dell'altra ruota; se la rotazione si inverte, la faccia opposta deve spingere sulla corrispondente e questo comporta un momento in cui i denti si spostano senza trasmettere movimento (problematica chiamata comunemente gioco). Questo comporta che per un attimo, dopo avere applicato la rotazione in entrata, mancata rotazione in uscita.

I vantaggi principali degli ingranaggi a denti dritti sono la semplicità ed economia di costruzione e l'assenza di spinta assiale durante il funzionamento; questi sono generalmente adatti per trasmissioni a velocità bassa o moderata,

senza escludere soluzioni anche per alte velocità purché siano particolarmente curati la costruzione ed i trattamenti termici.

Un'estensione del concetto di ruota dentata internamente può essere considerato quello dello "svolgimento" della ruota esterna, che assume la forma di una serie dritta di denti di ingranaggio: la cremagliera (o dentiera) che, associata ad un piccolo ingranaggio invariabilmente designato come pignone, permette la conversione reciproca tra rotazione e traslazione. La velocità con la quale la cremagliera trasla è infatti uguale a quella di un punto della primitiva della ruota dentata che la muove; inoltre i fianchi dei denti di una cremagliera sono costituiti da segmenti di retta inclinati, rispetto alla verticale di un angolo pari all'angolo di spinta, mentre i fianchi dei denti della ruota dentata sono ad "evolvente" (o elicoidale, si veda sotto).

#### *2.2.5.2 ELICOIDALI*

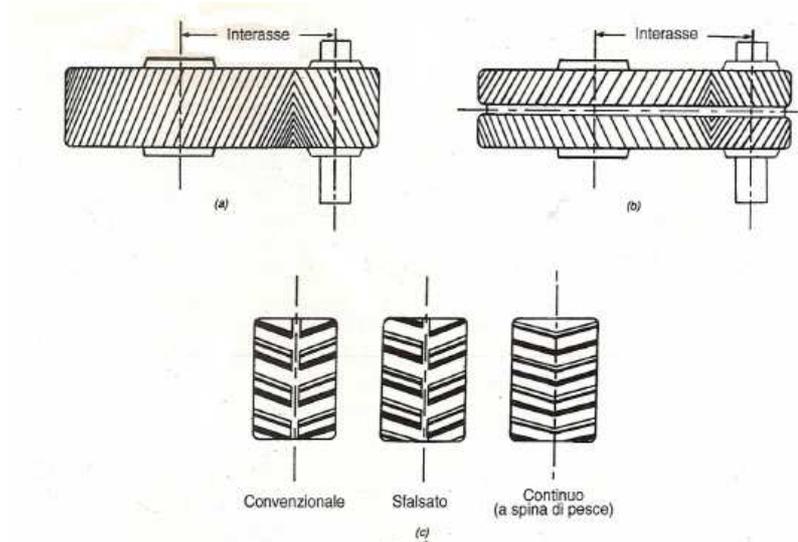
La ruota elicoidale è un miglioramento rispetto a quella semplice, i denti sono tagliati con un certo angolo rispetto al piano, in modo che vi sia sempre una porzione di ciascun dente a contatto con la circonferenza primitiva. Hanno pertanto una maggiore portata dei precedenti a uguali dimensioni, una trasmissione a velocità costante ed un funzionamento maggiormente silenzioso (progettando opportunamente l'angolo dei denti, è possibile accoppiare ingranaggi con gli assi sghembi o anche perpendicolari).

Lo svantaggio di questa soluzione è la produzione di una forza risultante lungo l'asse dell'ingranaggio, che deve essere sostenuta da un apposito cuscinetto a sfere. Un altro punto debole è legato ad un maggiore attrito tra i denti causato dalla superiore superficie di contatto, che deve essere ridotto con l'uso di lubrificanti (molto spesso, infatti, si trovano immersi in un bagno d'olio: come accade nel cambio). Anche questa tipologia di ingranaggi può avere dentatura esterna od interna.

#### *2.2.5.3 BIELICOIDALI*

Gli ingranaggi bielcoidali hanno denti elicoidali ad elica inversa su ciascuna delle ruote dentate, col vantaggio immediato dell'eliminazione della spinta

assiale; questa soluzione costruttiva permette però anche di tagliare i denti con un angolo di elica più elevato, fornendo un maggior angolo di sovrapposizione dei denti e permettendo così di avere un'azione più forte e più graduale. Gli ingranaggi a doppia elica possono essere realizzati con dentatura interna o esterna, i primi possono risultare di produzione relativamente più costosa.



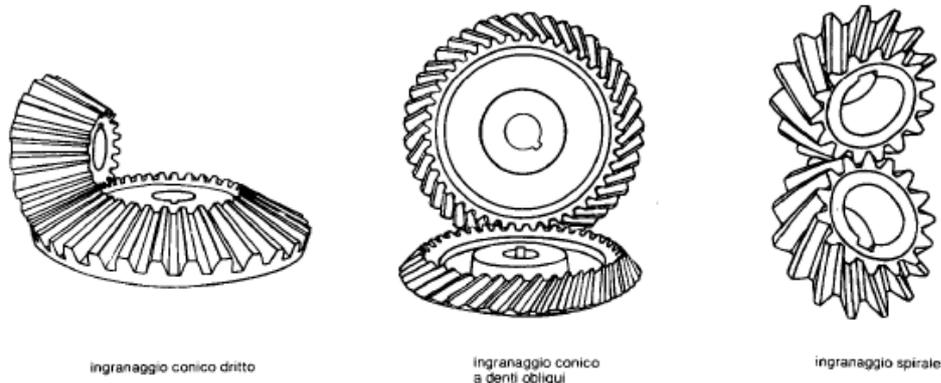
Tipi di denti elicoidali: (a) elica singola; (b) doppia elica; (c) tipi di doppia elica.

#### 2.2.5.4 ELICOIDALI INCROCIATI (INGRANAGGI A SPIRALE)

Gli ingranaggi ad elica incrociata o a spirale sono essenzialmente ingranaggi elicoidali semplici impiegati per trasmissioni di potenza tra alberi sghembi. Questi ingranaggi hanno una disposizione geometrica tale che genera una sensibile azione di scorrimento sulla limitata superficie di contatto dei denti, riducendo la capacità di carico rispetto all'ingranaggio elicoidale convenzionale e, considerevolmente, anche il rendimento. Nonostante questi evidenti svantaggi, l'ingranaggio elicoidale incrociato è un sistema semplice e conveniente per trasmettere potenza tra assi sghembi, con ampia possibilità di correzione nella disposizione assiale; inoltre, anche con ingranaggi esterni, il senso di rotazione per l'ingranaggio condotto può essere opposto oppure lo stesso, a seconda dell'angolo scelto per l'elica.

### 2.2.5.5 CONICI

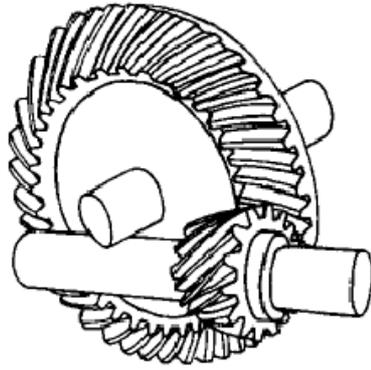
Nelle ruote coniche la corona della ruota è smussata e le creste dei denti giacciono sulla superficie di un cono ideale, in modo che le ruote da accoppiare possano essere montate su alberi tra loro angolati con assi che si intersecano. Solitamente l'angolazione risulta essere di novanta gradi, ma si possono realizzare altri angoli. Gli ingranaggi conici vengono classificati, fondamentalmente, come conici a denti dritti o a spirale, a seconda della forma del dente; i primi sono di realizzazione più semplice ed economica, i secondi danno luogo ad un'azione di ingranaggi dei denti più graduale e migliore, con carico distribuito permanentemente su due o più denti.



### 2.2.5.6 IPOIDI

Le corone ipoidi sono una particolare variante degli ingranaggi conici, in cui i denti sono ruotati fino a diventare paralleli al piano di rotazione della ruota, adatta a collegare alberi non intersecantisi, cioè quando l'asse del pignone non incrocia quello della ruota dentata. Il funzionamento risulta una combinazione di rotolamento e scorrimento, l'ampiezza di quest'ultimo è determinata dall'entità del disassamento.

Gli ingranaggi ipoidi sono in genere più resistenti e più gradualmente degli ingranaggi conici a spirale, inoltre, grazie alle maggiori dimensioni del pignone, consentono di trasmettere una aliquota maggiore di potenza. Una possibile limitazione è determinata dal fatto che elevati scorrimenti durante il movimento possono richiedere l'uso di un lubrificante per altissima pressione.



#### *2.2.5.7 SPIROID ED HELICON*

Questi ingranaggi ad assi sghembi, per uso su alberi non intersecantisi e non paralleli, comprendono un pignone conico (« Spiroid ») o una vite senza fine cilindrica (« Helicon ») che ingrana con ingranaggi con dentatura frontale. L'azione è fondamentalmente quella di una vite senza fine, piuttosto che di rotolamento. Possono essere realizzati rendimenti dell'ordine del 98% con ingranaggi di questo tipo; gli ingranaggi « Spiroid » hanno di solito rendimenti più elevati, quelli « Helicon » una maggior rigidità.

#### *2.2.5.8 PLANO-CONICI (RUOTE FRONTALI)*

Gli ingranaggi piano-conici hanno la possibilità di muovere il pignone lungo il suo asse senza avere influenza sul contatto del dente o sul rendimento; vengono impiegati con alberi aventi sia con assi intersecantisi che non. Tutti gli ingranaggi di questo tipo hanno di norma denti convenzionali cilindrici od elicoidali, funzionanti con un convenzionale pignone ad evolvente. In generale, i rapporti di trasmissione ottenibili sono limitati, con possibilità di ampliamento dell'intervallo dei valori.

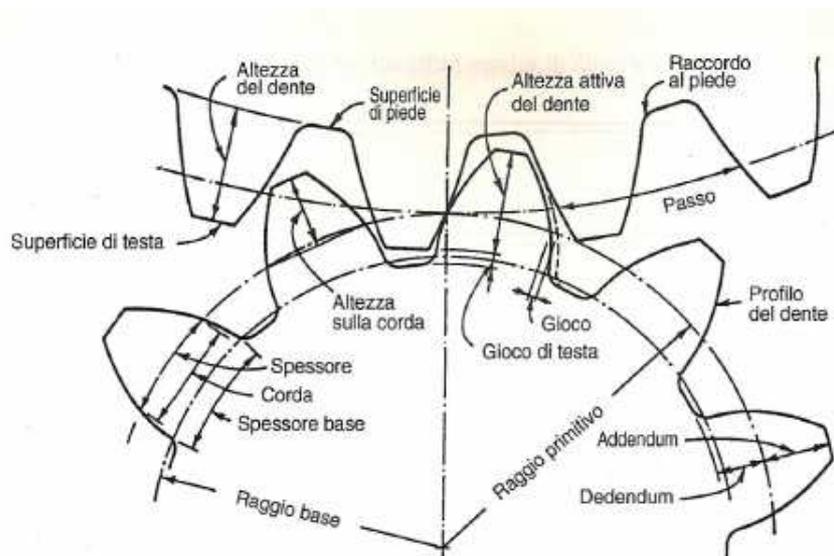
#### *2.2.5.9 NON CIRCOLARI*

Gli ingranaggi non circolari sono ingranaggi speciali appositamente progettati per particolari impieghi. Mentre in un ingranaggio normale si cerca di massimizzare la trasmissione di energia con un rapporto costante, in un ingranaggio non circolare l'obiettivo è di avere un rapporto di trasmissione variabile durante la rotazione oppure lo spostamento dell'asse o altre funzioni. La sagoma dell'ingranaggio può essere di qualunque forma adatta allo scopo,

limitatamente all'immaginazione dell'inventore o dell'ingegnere. Ruote con minime variazioni di rapporto possono avere forma quasi circolare, oppure l'asse può non corrispondere con il centro geometrico della ruota. Normalmente sono usati per questi ingranaggi i denti paralleli, a causa in particolare della complicazione del moto. La fabbricazione non avviene come per i normali ingranaggi per fresatura, ma in genere per fusione, sinterizzazione o taglio da una lastra (al plasma o laser).

### 2.3 PERDITE, ATTRITI, SOLLECITAZIONI E RENDIMENTI

Riduttori e moltiplicatori vengono progettati per resistere alle sollecitazioni meccaniche a cui sono sottoposti i vari elementi, ma è necessario tenere in considerazione anche il fatto che il loro funzionamento si accompagna ad una perdita di potenza dovuta all'attrito, dispersa sotto forma di calore, che implica rendimenti inferiori all'unità.



Un istante prima che i denti delle due ruote vengano a contatto in A, vi è una sola coppia di denti in presa il cui contatto è prossimo al punto D; il dente conduttore si flette all'indietro, mentre quello condotto, in avanti. Nella ruota conduttrice il passo<sup>10</sup> fra il dente in presa e quello che lo precede diminuisce,

<sup>10</sup> Questo termine è soggetto a diverse definizioni, in questa trattazione ci si riferisce al passo circolare dei denti di un ingranaggio, ovvero alla distanza tra facce simili di denti successivi misurata lungo la circonferenza primitiva.

mentre nella ruota condotta aumenta; in A il dente conduttore è in anticipo ed l'altro in ritardo, come illustrato sopra.

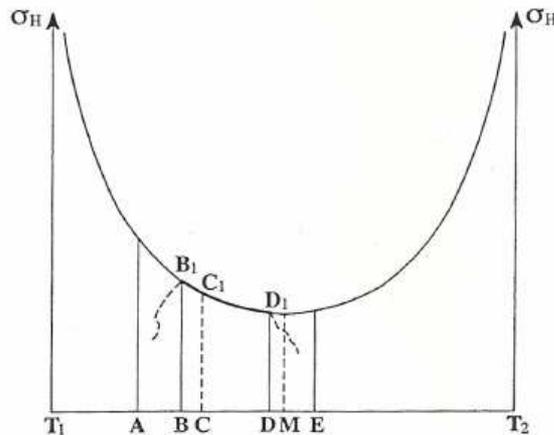


Figura. Rappresentazione grafica della pressione di contatto tra due fianchi.

Quando si verifica il contatto tra i due denti si viene a creare un'interferenza che si traduce in un aumento di sollecitazione; fatta eccezione l'utilizzo di precauzioni specifiche per il profilo dei denti, si può dunque constatare che all'inizio dell'ingranamento di una coppia di denti il valore della sollecitazione subisca un incremento. Allo stesso tempo il valore dello strisciamento specifico raggiungerà il suo valore massimo e lo spostamento del punto di contatto avverrà in senso opposto a quello, esaltando gli effetti dannosi di questo fenomeno. È quindi opportuno aumentare il valore dello spostamento della dentatura della ruota conduttrice.

Nel pignone di un ingranaggio riduttore è dunque utile, sia per evitare l'interferenza sia per un miglior funzionamento, aumentare lo spostamento della dentatura; la diminuzione di spostamento che conseguentemente si avrà sulla ruota (condotta) non comporta particolari inconvenienti, essendo il numero dei denti più elevato ed essendo minore il rischio di un interferenza di taglio (sottoscarico).

Al contrario, negli ingranaggi moltiplicatori, è necessario aumentare lo spostamento della dentatura del pignone per evitare l'interferenza, ma allo stesso tempo è necessario anche aumentare il valore dello spostamento della ruota e quindi diminuirlo sul pignone per neutralizzare le sovrassollecitazioni anomale.

Nei moltiplicatori è quindi necessario adottare una soluzione di compromesso fra le due esigenze contrapposte delle ruote dentate, cosa che non è richiesta

invece per i riduttori; ne consegue che la soluzione ottimale per ingranaggi riduttori non possa essere la stessa che viene adottata in quelli moltiplicatori.

Va forse ricercata anche in questo senso parte della motivazione per cui, come sarà evidente nei prossimi capitoli, molti produttori si focalizzano sulla realizzazione di uno solo dei due rotismi (in modo maggiore sui riduttori); il funzionamento come moltiplicatore di un ingranaggio concepito come riduttore, deve essere infatti adottato con prudenza, diminuendo eventualmente il carico applicato.

I progressi tecnologici ottenuti nella composizione dei materiali, permettono di migliorare le prestazioni di durata, di funzionamento a temperature più elevate, nonché di ridurre la tendenza all'usura. Questi recenti sviluppi sono significativi sia per gli ingranaggi, che per i relativi utensili di dentatura, rettifica e sagomatura.

In passato le prestazioni degli ingranaggi erano verificate mediante l'analisi delle sollecitazioni flessionali e della pressione di contatto tra denti. Attualmente invece le performances di ingranaggi, cuscinetti ed alberi si basano sulla probabilità di rottura nel periodo di vita desiderato; quando l'organo è assoggettato ad uno spettro di carichi, si verificano diverse fasi di carico in un intervallo di tempo con differenti livelli, solitamente due o tre, di temperatura.

La viscosità del lubrificante, il livello di additivi e la struttura molecolare di base dell'olio influiscono sulla resistenza all'usura del lubrificante e sull'entità delle perdite per attrito negli ingranaggi accoppiati o nei cuscinetti a sfere. Nel settore industriale, grazie alle conoscenze ora disponibili, ma nemmeno immaginabili anche solo un trentennio fa, è possibile migliorare ulteriormente il funzionamento calcolando addirittura lo spessore di velo d'olio elasto-idrodinamico che tende a separare due ingranaggi a contatto o una sfera di un cuscinetto dalla sua sede di rotolamento.

Nonostante i considerevoli miglioramenti, le perdite di potenza causate dagli attriti permangono e si verificano a diversi livelli. Anzitutto vi sono le già citate perdite negli ingranaggi, poi quelle legate ai cuscinetti, i quali non funzionano per puro rotolamento, presentando attriti non trascurabili; infine quelli, relativamente importanti, delle guarnizioni e dello sbattimento del lubrificante.

I cuscinetti a rotolamento provocano due tipi di perdite: le prime, indipendenti dal carico, sono funzione del prodotto tra la viscosità cinematica del

lubrificante alla temperatura di funzionamento e la velocità di rotazione; le seconde, dipendenti dal carico, derivano dal prodotto di diversi fattori legati alla tipologia di prodotti adottati (cuscinetti a sfera, a rulli a corone ecc).

Le guarnizioni senza contatto sono caratterizzate da perdite di energia quasi insignificanti, quelle a strisciamento, invece, presentano detrimenti in dipendenza dalla natura della tenuta e dal diametro dell'albero. La lubrificazione per sbattimento crea un attrito della ruota nel lubrificante che genera una circolazione interna del lubrificante stesso; tale problema provoca una perdita indipendente dal carico.

Il rendimento di un modificatore è dato dal rapporto fra la potenza utile e la potenza assorbita. La potenza utile per un riduttore è quella che si ha all'albero di uscita del riduttore; essa equivale alla potenza assorbita (potenza sull'albero di entrata fornita dal motore), diminuita da tutte le perdite che sono state calcolate e dai consumi supplementari di energia necessari per il funzionamento (ad esempio pompe di ricircolo del lubrificante); in modo analogo, con le debite variazioni, si determina anche quella per il moltiplicatore.

#### *2.4 CONFIGURAZIONI DI RIDUTTORI E MOLTIPLICATORI*

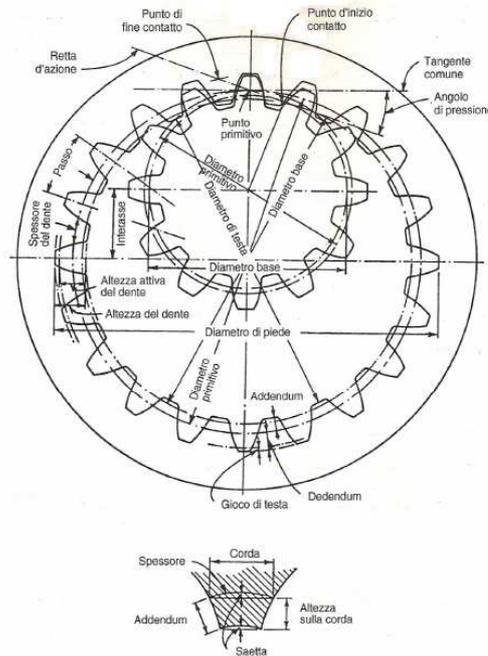
Le ruote dentate possono essere combinate in una grande varietà di modi, generando un'altrettanta molteplicità di sistemi di trasmissione. Un membro dentato che si "impegna" con un altro membro a trasmettere il movimento può essere realizzato con ingranaggi dentati esternamente o internamente, può essere creato mediante un tratto di dentiera (ruota dentata di diametro primitivo infinito) o ancora con un pignone che dispone di denti diritti o elicoidali. In ultima analisi la maggior parte delle ruote dentate non può essere ingranata con un altro elemento se questo è qualcosa di diverso da una ruota a dentatura esterna.

##### *2.4.1 AD ASSI PARALLELI*

Forse i tipi più diffusi di rotismi sono quelli che consistono di un pignone e di una ruota che ingranano ad assi paralleli. Un solo pignone d'ingresso ed una ruota di uscita costituiscono un treno di ingranaggi semplice, indipendentemente dal numero di ruote intermedie interposte; il rapporto di

ingranaggio è pari al rapporto tra il numero di denti della ruota e quello di denti del pignone.

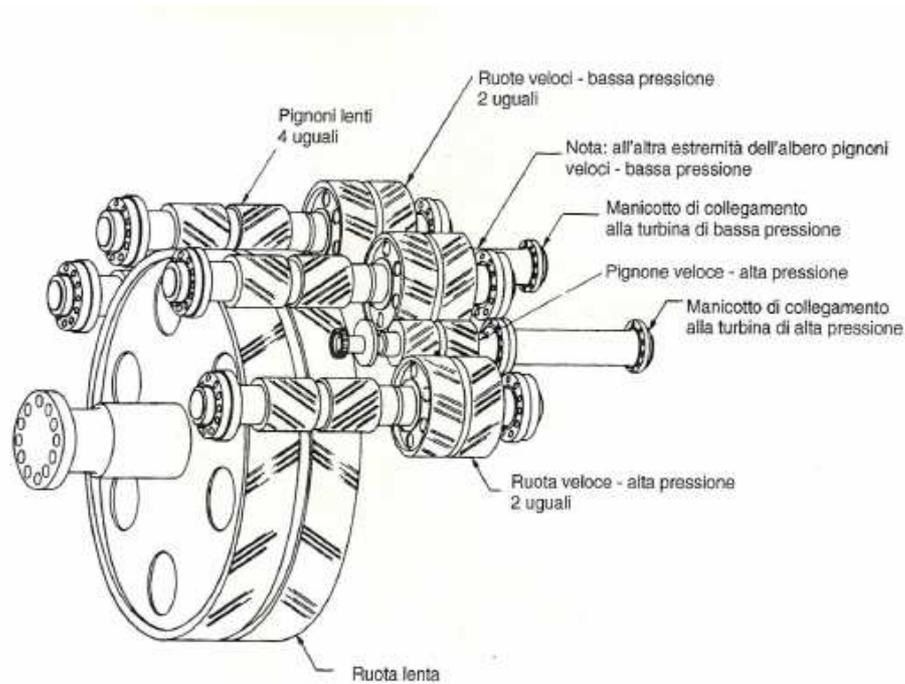
L'ingranaggio interno costituisce un tipo particolare di questa categoria, in una disposizione interna il rapporto d'ingranaggio è calcolato in modo simile a quello precedente, con l'eccezione che la rotazione dell'albero di uscita è nello stesso verso di quello in entrata. La peculiarità è riconducibile alla possibilità di ottenere una riduzione maggiore rispetto ad una configurazione ad ingranaggio esterno, a fronte di una maggiore difficoltà nella realizzazione (raro l'utilizzo per riduzioni a singolo stadio).



Si considera invece come treno di ingranaggi composto quello costituito da un insieme di treni semplici montati in serie, è possibile così una grande varietà di configurazioni, utilizzando treni semplici e composti, a cui si possono aggiungere ingressi ed uscite multiple di potenza; il rapporto di ingranaggio è dato dal prodotto dei diversi rapporti delle varie riduzioni.

Una configurazione a doppia riduzione o moltiplicazione, in cui la ruota del primo stadio può essere montata rigidamente sull'albero del pignone del secondo stadio con due soli cuscinetti, oppure con il pignone e la ruota montati ciascuno su una coppia di cuscinetti e collegati da un cavo flessibile, è chiamata articolata. Questa soluzione è particolarmente diffusa per gli ingranaggi di velocità e potenza più alte, grazie all'introduzione di flessibilità tra

la ruota della prima riduzione (moltiplicazione) e quella della seconda, che determina una riduzione dei carichi dinamici sui denti e un miglior controllo del contatto lungo la larghezza di dentatura di ciascun ingranaggio.



Una forma speciale di treno di ingranaggi ad assi paralleli è la configurazione a contralbero, che permette di ottenere rapporti d'ingranaggio multipli con il minimo numero di alberi e cuscinetti. La caratteristica significativa di questa configurazione è quella per cui gli ingranaggi hanno un interasse comune con gli alberi di ingresso e di uscita aventi lo stesso asse ed entrambi gli assi ruotano nello stesso verso.

#### 2.4.2 AD ASSI ORTOGONALI

Sistemi di trasmissione ad assi ortogonali sono usati in una grande varietà di configurazioni d'ingranamento. In teoria tutti i tipi di ruote dentate ad assi ortogonali potrebbero essere usate sia ad angolo retto che ad angoli diversi, nella pratica, tuttavia, a causa delle limitazioni nell'attrezzatura di produzione e di altre considerazioni, alcuni degli ingranaggi non sono usati ad assi obliqui. Alcuni tipi possono essere usati con una disposizione epicicloidale, in questo caso l'elemento corona è dentato esternamente, mentre altri si prestano anche alla realizzazione di invertitori di marcia.

La dimensione di un rotismo può essere ridotta dividendo la coppia in due o più flussi, trasmissioni a divisione di coppia, realizzandola con svariati modi, come con una trasmissione epicicloidale o azionando due ruote con un pignone ecc, purché ci sia qualche metodo per avere una uguale ripartizione del carico. Il vantaggio è riscontrabile nella possibilità di una trasmissione più leggera, grazie ad una minore potenza per ciascun ingranaggio.

I componenti contemplati in questa tipologia di rotismo annoverano numerose soluzioni, riportate di seguito in tabella.

Tabella – Possibilità d'ingranamento ad assi inclinati.

Tipo di dentatura	Pignone e ruota		Disposizioni		
	Assi ortogonali	Assi obliqui	Planetario	Differenziale	Invertitore
Conico a denti diritti	SI	SI	SI	SI	SI
Conico Zerol	SI	SI	SI	SI	SI
Conico a denti spirali	SI	SI	SI	SI	SI
Ipoide	SI		NO	SI	SI
Frontale ( <i>face gear</i> )	SI	NO		SI	SI
Elicoidale ad assi sghembi	SI	SI	NO		NO
Vite cilindrica	SI		NO	SI	NO
Vite globoidale	SI		NO	SI	NO
Beveloid	SI	SI	SI	SI	SI
Spiroid	SI		NO	SI	NO
Planoid	SI		NO		SI
Helicon	SI		NO	SI	NO

### 2.4.3 AD ASSI PARALLELI COMBINATI CON ASSI ORTOGONALI

In molti casi prendendo un riduttore o un moltiplicatore ad assi paralleli, di base, e aggiungendo una prima o un'ultima riduzione/moltiplicazione di ingranaggi ad assi ortogonali si ottiene un buon risultato. Ciò permette alla trasmissione di girare ad angolo retto e può rendere la trasmissione più compatta e tradursi nell'uso di un minor numero di cuscinetti ed altri componenti.

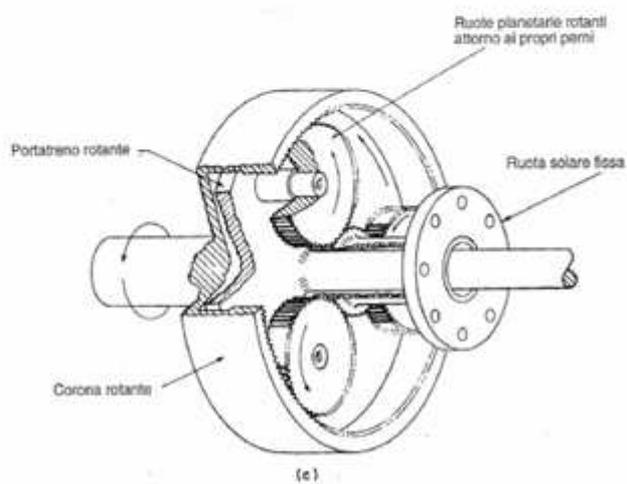
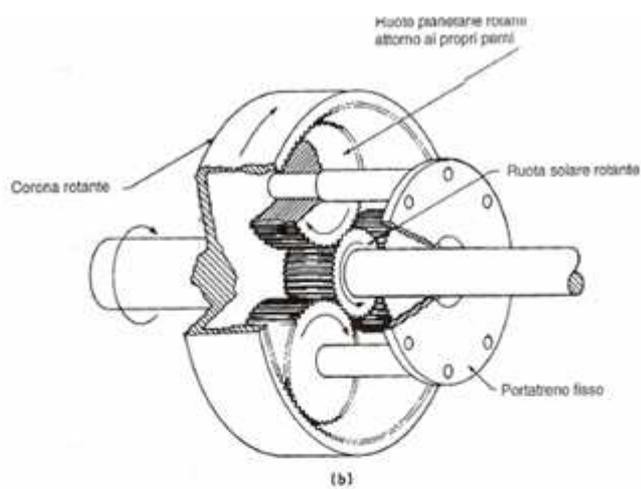
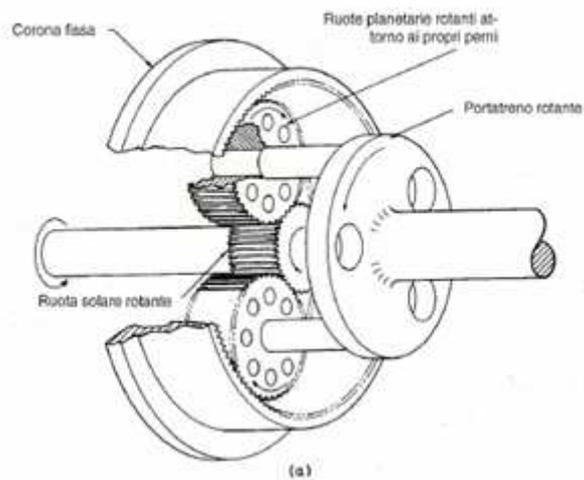


Figura: esempio di un riduttore multistadio con una combinazione di stadi di riduzione a denti dritti ed elicoidali ed una riduzione conica.

#### 2.4.4 PLANETARI

Una grande famiglia di configurazione di ingranaggi è nota sotto il nome di rotismi epicicloidali o planetari, in generale il treno epicicloidale ha una ruota “solare” centrale, diverse ruote “planetarie” che ingranano con la prima e sono equidistanziate attorno ad essa e una “corona” che ingrana con le ruote planetarie. Gli ingranaggi solare e planetari sono dentati esternamente, mentre la corona internamente, il nome deriva appunto dal fatto che i punti sulle ruote planetarie tracciano curve epicicloidali nello spazio. Esistono numerosi tipologie di rotismi epicicloidali, che possono essere suddivisi in tre gruppi principali: rotismi epicicloidali semplici, consistente nei soli tre elementi sole-planetario-corona, rotismi epicicloidali interconnessi o embricati, composti da due ruote di tipo planetario attaccate l’una all’altra su un albero comune, e rotismi epicicloidali composti, con due o più treni epicicloidali semplici disposti in modo che due membri del treno siano comuni al treno adiacente.

Questi riduttori sono molto interessanti per le loro dimensioni minime e per le elevate coppie trasmissibili. Si possono facilmente montare in serie due stadi aumentando così ulteriormente il rapporto di riduzione della velocità. Possono essere progettati per carcasse a uno o due stadi e, malgrado lo svantaggio di avere una ridotta capacità termica a causa della compattezza, sono caratterizzati da un campo d'applicazione assai ampio grazie alla coassialità degli alberi motore e condotto. I riduttori planetari sono largamente impiegati nei nastri trasportatori, nel settore del sollevamento (argani) e dei trasporti, in agricoltura (macchine agricole semoventi), nel settore marino.



Riduttori epicicloidali semplici: (a) riduttore a corona fissa (*planetary gear*), (b) riduttore a portatreno fisso (*star gear*), (c) riduttore a solare fisso (*solar gear*).

#### 2.4.5 A VITE SENZA FINE

Gli ingranaggi a vite permettono di ottenere in un solo stadio valori dei rapporti di trasmissione maggiori che per tutti gli altri tipi di accoppiamento, vengono quasi sempre impiegati come riduttori con rapporti molto elevati; trasmissioni con piccoli rapporti di trasmissione possono tuttavia essere mosse in senso inverso, avendo cioè come parte condotta la vite. La trasmissione è graduale, silenziosa, esente da vibrazioni e da pulsazioni e fa sì che si abbia una velocità costante al secondario; nonostante sia generalmente silenziosa, questa dipende molto dall'accuratezza di costruzione, particolarmente con velocità di funzionamento elevate. Il rendimento è generalmente più basso di quello delle altre trasmissioni ad ingranaggi, in particolare per i gruppi con i più elevati rapporti di riduzione.

Gli ingranaggi a vite generano sia carichi radiali che spinte assiali; la rigidità del montaggio è importante, in particolare perché un posizionamento laterale della vite può avere un effetto importante sulle prestazioni.

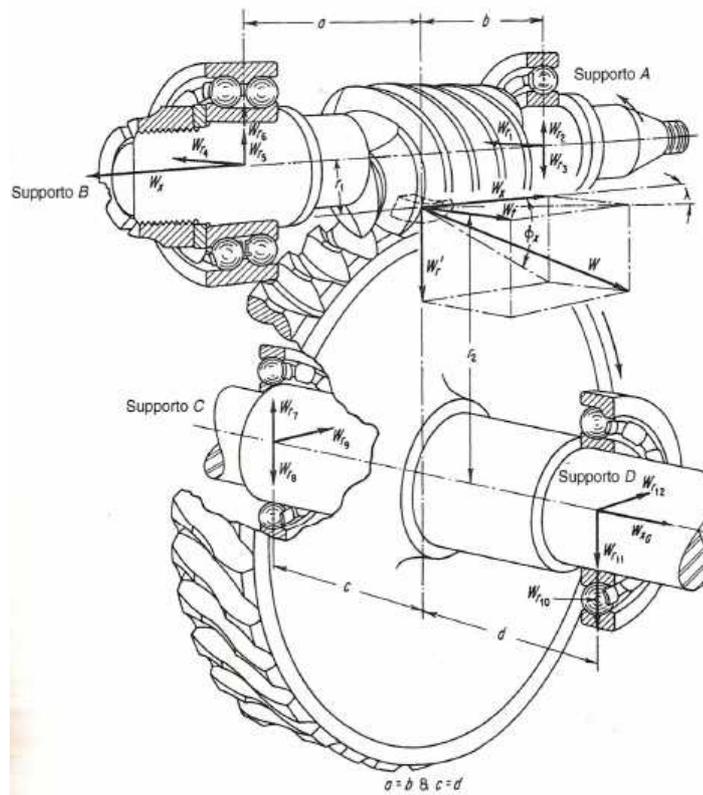


Figura: disegno tecnico di un rotismo a vite senza fine

#### *2.4.6 A GIOCO RIDOTTO*

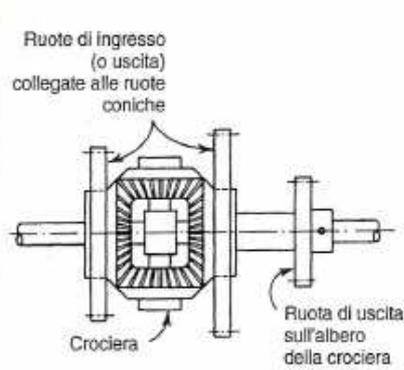
La lavorazione di tali riduttori deve essere particolarmente accurata in quanto il gioco ridotto richiede degli interassi molto precisi. Questi riduttori sono quindi dotati di ingranaggi caratterizzati da un grado di precisione superiore a quello che comunemente si riscontra nella meccanica generale. Inoltre il loro impiego come mezzo di posizionamento preciso in numerose applicazioni (radar, macchine utensili, etc.) richiede che la rotazione dell'albero di uscita sia perfettamente proporzionale a quella dell'albero di comando nei due sensi di rotazione. E' quindi necessario prevedere un elevato grado di rigidità di tutti i componenti e cuscinetti a gioco ridotto.

#### *2.4.7 DIFFERENZIALI*

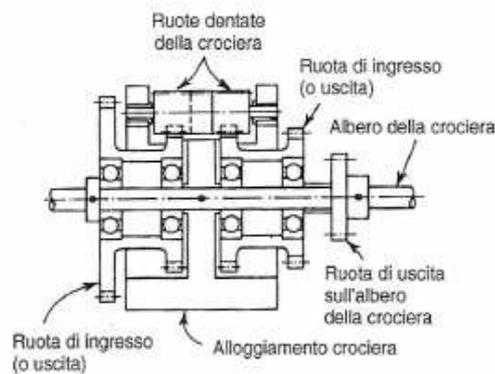
In generale un differenziale è un rotismo nel quale il normale rapporto della trasmissione può essere variato entrando nella trasmissione con un secondo ingresso; le rotazioni in ingresso possono essere applicate alle ruote da ciascuna parte del rotismo planetario conico, il moto in uscita è preso dalla crociera (tipico caso quello sull'asse delle automobili). Ciascuna delle velocità d'ingresso può essere annullata ed il rotismo continua a realizzare un rapporto di trasmissione tra l'altro ingresso e l'uscita; variando la velocità del secondo ingresso, è possibile ottenere un numero di rapporti infinito.

È presente un altro tipo di differenziale che dispone di un rapporto fisso (al contrario del precedente, usato per variarlo, e per questo chiamato differenziale fisso) e ne sviluppa uno particolarmente elevato. Questo tipo è chiamato differenziale perché la velocità d'uscita è la differenza tra le velocità di due parti dalle trasmissioni che girano quasi alla stessa velocità.

Sono presenti molte configurazioni del differenziale descritto in precedenza, analogamente quindi ci sono altrettante strutture di riduttori differenziali fissi. Se venissero realizzati moduli molto piccoli, si potrebbero rendere queste differenze quasi uguali a zero, ciò tenderebbe a rendere il rapporto di ingranaggio infinitamente grande; considerazioni pratiche sul numero di denti però tendono a limitare il rapporto che si può ottenere.



Differenziale semplice a ingranaggi conici.



Differenziale a ingranaggi cilindrici a denti dritti.

I riduttori differenziali tendono ad avere rendimento basso, il differenziale ha grandi numeri di denti che ingranano con archi molto alti; le perdite risultano molto più consistenti rispetto ai rotismi ordinari. La virtù principale di questa tipologia è la possibilità di ottenere rapporti d'ingranaggio elevati con riduttori molto compatti.

#### 2.4.8 CON ALTI RAPPORTI

Oltre al riduttore discusso in precedenza si trovano diversi altri rotismi che hanno la possibilità di rapporti elevati, ad essi sono associati diversi nominativi commerciali e non appartengono a nessuna delle classificazioni discusse sopra.

L'ingranaggio pianocentrico è un esempio di questa tipologia ad alto rapporto, questo riduttore può avere pochi pezzi, solamente un pignone cilindrico a denti dritti ed una ruota interna, sviluppando ugualmente un rapporto eccezionale (fino anche a 100:1). Rapporti così grandi possono essere facilmente ottenuti con un ingranaggio a vite ad un solo principio, ma utilizzando ingranaggi cilindrici a denti dritti o elicoidali questo risultato è estremamente interessante. Il pignone è montato su di un eccentrico, un cuscinetto lo separa dall'eccentrico e dall'albero che lo aziona, il pignone pertanto non risulta vincolato a ruotare alla velocità dell'albero d'ingresso. Il pignone oscilla nel suo piano anziché ruotare veramente, sviluppa però una rotazione sovrapposta all'oscillazione, venendo a ruotare alla velocità di uscita invece che a quella d'ingresso e trasmettendo questa all'albero di uscita.

Questo tipo di trasmissione è stato utilizzato per applicazioni con coppie e riduzioni elevate nei settori aeronautico e marino.

L'harmonic drive è un altro esempio, questo è un tipo di rotismo che usa la deformazione elastica controllata di una o più parti per la trasmissione, conversione o il cambio del movimento meccanico. Il meccanismo di base ha le stesse ampie possibilità della leva semplice ed ha dimostrato di essere adattabile a sistemi di trasmissione del moto di svariato genere (da rotatorio a rotatorio o a lineare e da lineare a lineare) e nelle pompe rotative e valvole.

Facendo ruotare il generatore la campana dentata flessibile viene deformata progressivamente per seguire la forma ellittica rotante, la campana e l'anello circolare dentato internamente sono mantenuti a contatto sull'asse maggiore del generatore d'onda e sono completamente disimpegnati e separati sull'asse minore.

Sull'asse maggiore i denti sono completamente accoppiati e non sono in moto rotatorio, sull'asse minore, dove i denti sono disimpegnati, essi hanno un movimento angolare a causa della deformazione della campana dentata flessibile.

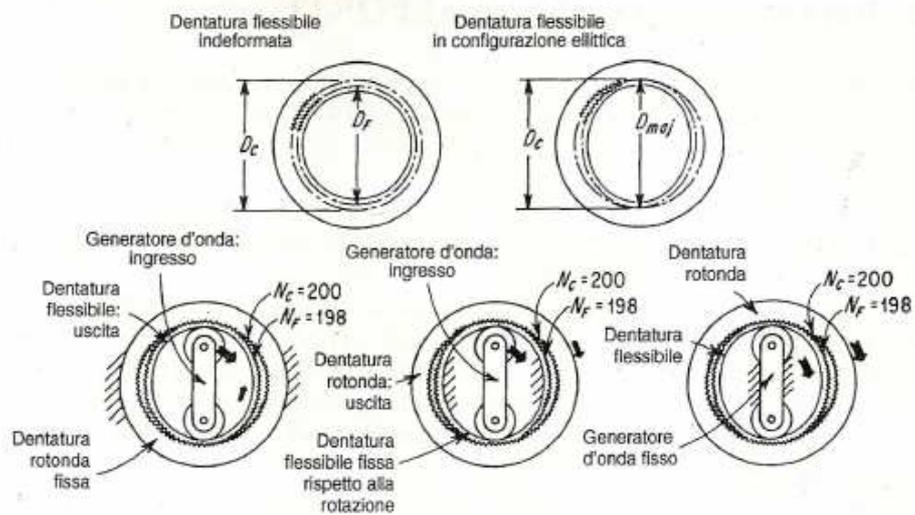


Figura Aspetti geometrici e cinematici di un *Harmonic Drive* a semplice stadio.

## 2.5 MODIFICATORI SPECIALI E MODIFICATORI STANDARD

Per risolvere il problema di una trasmissione meccanica si può progettare ex novo un modificatore con le caratteristiche richieste dalla particolarità del caso.

Lo studio può essere condotto in tempi brevi o lunghi, nel primo caso il risultato può essere un ottimo prodotto, ma con costi di produzione elevati, mentre nel secondo potrebbero anche presentarsi problemi di funzionamento perché la soluzione è stata troppo affrettata o perché tutte le varie possibilità non son state previste e ancora perché le varie soluzioni non sono state ottimizzate o sono state realizzate in modo approssimativo. Inoltre in una soluzione dimensionata per una particolare applicazione i costi di produzione sono elevati, in quanto non sarebbe possibile ammortizzare su una grande serie i costi di attrezzaggio delle macchine o non è possibile adottare sempre le soluzioni più idonee (per esempio diventa necessario prevedere carcasse saldate anziché in ghisa), al contrario di soluzioni più comuni.

Se il problema dell'applicazione non può essere risolto in altro modo, per ragioni di specificità o a causa delle particolari dimensioni, e se non vi sono problematiche di prezzo si può ravvisare l'opportunità di progettare e costruire un modificatore per ogni singolo caso: questa è la circostanza in cui si adotteranno riduttori e moltiplicatori così detti speciali.

Situazione differente si verifica quando i variatori sono concepiti in modo del tutto particolare, presentando soluzioni di trasmissione che sono specifiche per la determinata applicazione, ma sono prodotti in grande serie così che i costi vengano convenientemente ammortizzati. Sono esempi tipici l'industria automobilistica o aeronautica, in cui ciascun modello esige specifiche differenti, ma grazie ad un elevato lotto di produzione e a mezzi di progettazione e produzione razionalizzanti, si determina un costo unitario notevolmente ridotto (caso particolare è quando il volume non è né unitario né così elevato, in questa situazione, senza alcun fondamento teorico o pratico, potrebbero essere considerati "semi speciali").

Nella meccanica generale, che comprende un numero elevatissimo di applicazioni industriali a media o a bassa velocità, generalmente non vi è alcun motivo di ricorrere a costruzioni particolari, poiché i due problemi più comuni sono la riduzione o moltiplicazione della velocità da un albero all'altro e la variazione delle coppie trasmesse ai vari alberi. I rapporti di velocità sono generalmente accettabili con un'elevata tolleranza entro limiti precisi, i requisiti dimensionali, se necessari, non sono particolarmente rigorosi.

Si tratta di riduttori e moltiplicatori prodotti a catalogo, realizzati completamente in serie, come del resto anche i loro componenti, del tutto intercambiabili e con costi di produzione estremamente ridotti (essendo prodotti in serie).

I costruttori di questo tipo di modificatori sono necessariamente ditte specializzate, in quanto possiedono una vasta esperienza ed una profonda conoscenza del prodotto; si possono richiedere infatti lunghi e complicati studi destinati a verificare che la progettazione sia comprensiva di tutte le possibili variabili e problematiche. I mezzi di produzione sono tecnologicamente fra i più avanzati sia perché gli elevati costi di investimento e di gestione delle macchine possono essere ammortizzati grazie alla produzione di notevoli quantità sia perché la fabbricazione è limitata ad una specifica gamma di prodotti con caratteristiche costruttive e dimensionali ben definite.

Diversamente i produttori di organi speciali pur necessitando, se non anche in misura superiore, dello stesso livello di competenza, non dispongono degli stessi macchinari tecnologicamente evoluti, a causa dell'elevata variabilità nelle caratteristiche e dimensioni richieste, che non giustificerebbero economicamente l'investimento in tali sistemi produttivi. Questi ultimi, usando un termine evidentemente improprio, potrebbero essere paragonati a dei produttori più artigianali.

### *Capitolo 3*

Oggigiorno gli ingranaggi sono presenti in tutte le applicazioni industriali, ogni qual volta sia necessario trasformare una velocità di rotazione o una coppia meccanica, oppure si voglia aumentare la sicurezza e la flessibilità di funzionamento di una trasmissione, si ricorre ad un sistema di ingranaggi. Tali sistemi vengono utilizzati in macchine di tutti i tipi dell'industria pesante e di quella leggera, come pure nei complessi meccanismi della robotica. Esempi di impiego si trovano nelle apparecchiature di sollevamento e di trasporto, nell'industria chimica, siderurgica, cartaria e del cemento, nell'industria mineraria e in costruzioni quali chiuse, ponti mobili, ecc.

Il settore marino utilizza riduttori ad ingranaggi per ridurre le alte velocità delle turbine a quelle molto basse delle eliche; questi sistemi di ingranaggi sono così grandi che potrebbero riempire le stanze di un modesto appartamento.

Nei settori delle turbine a gas e delle centrifughe sono stati sviluppati sistemi di trasmissione ad altissima velocità.

Naturalmente, come accennato nel precedente capitolo, sistemi di ingranaggi sono largamente utilizzati nell'industria automobilistica: le trasmissioni, che riducono la velocità di rotazione del motore a quella delle ruote, gli ingranaggi conici assicurano la trasmissione dall'albero (di trasmissione) ai semiassi, gli ingranaggi del differenziale, che compensano le diverse velocità delle due ruote in curva, ed i cambi di velocità sono solamente alcuni dei tanti esempi possibili. L'industria aeronautica e spaziale si caratterizza per l'impiego di molti tipi di trasmissioni ad ingranaggi. Tutti i flap delle ali sono equipaggiati con un dispositivo di comando dotato di un proprio motore e di un proprio sistema di riduzione ad ingranaggi; naturalmente, questi ingranaggi devono essere molto leggeri. Grossi riduttori vengono applicati agli aerei turboelica per adeguare la velocità di rotazione della turbina a gas a quella dell'elica. La catena cinematica che trasmette il moto alle pale degli elicotteri costituisce un meccanismo molto complesso ed interessante che non solo deve muovere il rotore, ma deve anche far girare le pale attorno al proprio asse. Le trasmissioni ad ingranaggi sono anche largamente usate nella trazione ferroviaria.

Alcuni di questi settori, o altri meno comuni, pongono dei problemi molto particolari, quali ad esempio l'impiego di moltiplicatori di velocità delle ruote

delle turbine eoliche o riduttori di elevate dimensioni per gli impianti di macinazione del cemento, che esigono studi e realizzazioni specifiche per ogni singola realizzazione.

Il campo di applicazione di riduttori e moltiplicatori fabbricati in serie è generalmente limitato alla meccanica generale, mentre per quelli con caratteristiche più singolari si paventa uno spettro di utilizzo più diversificato. In questo capitolo verranno quindi illustrate ed analizzate solo alcune eventualità relative ad entrambi i campi (le più disparate, per percepire al meglio la diversità delle applicazioni), mentre successivamente saranno elencati tutti i macrosettori di riferimento di questi prodotti.

Gli esempi scelti sono solo una parte delle molteplici applicazioni possibili, la gamma delle velocità e delle potenze dei modificatori a catalogo e speciali infatti può consentire un numero estremamente ampio di applicazioni: *“il riduttore o lo si ama o lo si odia, nel primo caso non riesco ad immaginare una possibile applicazione industriale in cui non possa essere presente”* (Massimo Vannini, Responsabile Commerciale Italia di Tramec S.r.l.<sup>11</sup>).

### 3.1 ALCUNI ESEMPI

#### 3.1.1 MACCHINARI PER L'ECOLOGIA

Il trattamento delle acque reflue necessita di diverse macchine speciali per l'agitazione delle acque, la ritenzione dei prodotti galleggianti, la decantazione ed il pompaggio.

La ritenzione dei prodotti galleggianti viene realizzata mediante griglie che possono essere pulite attraverso un particolare movimento. Le griglie utilizzate possono essere verticali o rotative. Le prime si avvolgono su due tamburi. Il movimento viene ottenuto mediante un riduttore a vite senza fine montato con un innesto a frizione che protegge il motore in caso di sovraccarico o arresto della griglia. Il secondo tipo di griglia viene montato su un tamburo rotante

---

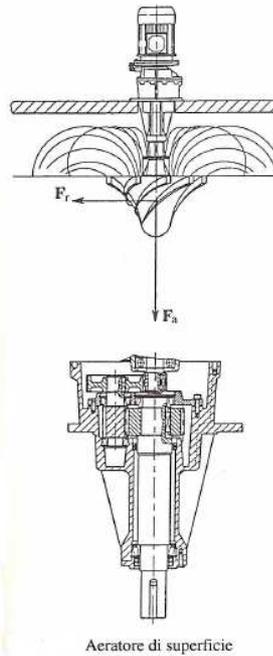
<sup>11</sup> Questa affermazione fa riferimento ad un'intervista realizzata personalmente in questa media impresa situata a Calderara di Reno nel bolognese, fondata nel 1986 ed affermata nel contesto nazionale ed internazionale realizzando riduttori a catalogo.

comandato da un riduttore coassiale. Queste ultime vengono spesso equipaggiate con un dispositivo automatico che pulisce la griglia, comandato dal movimento stesso della medesima.

I concentratori di fanghi ed i decantatori sono costituiti da ponti girevoli. Questi vengono azionati sia mediante riduttori a vite con ruota ad asse verticale montata sull'asse di rotazione, sia mediante riduttori coassiali situati all'estremità del ponte che azionano una ruota posta su una pista circolare in corrispondenza del bordo del ponte.

Sulla superficie dell'acqua da depurare viene posto un rotore dotato di palette (simile ad una pompa centrifuga), il sistema viene montato sospeso sulla vasca in modo che il rotore sia completamente sommerso. Si impiega generalmente un motoriduttore coassiale ad asse verticale dotato di un albero prolungato all'estremità del quale è fissato il rotore. Il riduttore è di tipo coassiale classico di fabbricazione standard, sul quale viene flangiata una appendice che porta due cuscinetti che supportano il prolungamento dell'albero. Anche tale elemento accessorio è di fabbricazione standard. I cuscinetti impiegati sono largamente dimensionati per poter resistere alle reazioni verticali ed orizzontali provenienti dal rotore. Il sistema è molto silenzioso e si può utilizzare negli impianti di depurazione vicino ai centri urbani.

Il pompaggio delle acque per basse prevalenze viene realizzato mediante viti di Archimede azionate da motoriduttori coassiali montati superiormente sull'albero della vite.



I rifiuti voluminosi devono essere ridotti di volume, mediante spezzettatura e compattazione. I prodotti compattati vengono poi smaltiti oppure utilizzati come combustibili o agglomerati per l'impiego edilizio. I macchinari di frantumazione solitamente sono un sistema a vite senza fine comandato da motoriduttori ad assi paralleli, la cui compattezza consente di montarlo su una struttura indipendente che ne consente un'agevole trasporto. Il sistema, a seconda del numero delle viti, può lavorare grandi quantità di materiali all'ora.

### 3.1.2 APPARECCHI DI SOLLEVAMENTO

Le gru sono apparecchi di sollevamento tipici presenti in quasi tutti i tipi di industria.

Quelle a ponte sono dotate di tre movimenti principali: il sollevamento dei carichi, la traslazione del carro e quella del ponte. Il sollevamento viene realizzato mediante un motore a corrente alternata o continua, un tamburo (su cui viene avvolto il cavo di sollevamento) ed un riduttore che riduce la velocità di rotazione del motore a quella del tamburo. Quest'ultima dipende dalla velocità di sollevamento, cioè dalla velocità di avvolgimento del cavo sul tamburo. La traslazione del carro del ponte è piuttosto semplice: un motore trasmette il proprio movimento di rotazione direttamente alle ruote mediante un riduttore (necessario per ottenere la velocità di rotazione richiesta dalle ruote) ad un albero rigido che collega le due ruote. Tutti questi riduttori sono

ad assi paralleli od ortogonali. Per realizzare il sollevamento, il motore ed il tamburo vengono montati sullo stesso lato del riduttore per ridurre al minimo l'ingombro e consentire quindi la massima corsa possibile del carro. Il riduttore dovrà essere scelto in relazione al carico massimo da sollevare, alla velocità di sollevamento e alla coppia di spunto del motore. Il dimensionamento del riduttore per la traslazione sarà effettuato in base al carico

totale (compreso il peso della struttura traslante), la resistenza al rotolamento, l'attrito degli assi delle ruote e dell'inerzia.

Tutti questi riduttori sono a due o tre stadi per poter realizzare le forti riduzioni necessarie per collegare il motore al tamburo o alle ruote. Non è necessario prevedere riduttori particolari quali quelli planetari o coassiali perché non è il riduttore che condiziona l'ingombro totale.

Le gru hanno molteplici forme. Tuttavia, i movimenti necessari sono sempre dello stesso tipo: il movimento di sollevamento vero e proprio, il sollevamento del braccio, la traslazione del carrello sul braccio e la rotazione del braccio attorno un asse verticale. Le gru mobili hanno anche un moto di traslazione su rotaie o cingoli. L'argano di sollevamento è dotato di un riduttore ad assi paralleli. La rotazione del braccio viene fatta attorno ad un asse verticale e si ottiene solitamente mediante un ingranaggio speciale composto da un pignone e da una grande corona con dentatura esterna o interna. Il movimento di rotazione del pignone si può ottenere con un motore mediante riduttore coassiale montato verticalmente o mediante un riduttore ad assi paralleli disposti verticalmente. Il movimento di traslazione della gru su rotaie si può ottenere mediante un riduttore centrale o mediante uno o più riduttori ciascuno montato su singole ruote o su gruppi di ruote.

Un applicazione meno tipica, legata a sistemi per il trasporto di persone o materiali mediante il superamento, in genere, di un dislivello, si riferisce ad impianti di risalita come funivie, funicolari, teleferiche e seggiovie. Per la maggior parte delle unità principali (con motori elettrici) e di quelle ausiliarie (diesel) delle pulegge guida sono presenti riduttori, solitamente ad assi paralleli od ortogonali.

In concomitanza di motori ed argani per il rinvio della fune verso la postazione opposta, in una delle due stazioni (se la configurazione è ad una stazione

motrice e una di rinvio, cioè dotata solamente di pulegge per rimandare la fune verso la stazione a valle) o in entrambe, sono disposti riduttori per la limitazione della velocità del cavo e di conseguenza della funivia, quando questa si trova nelle vicinanze della postazione di partenza e arrivo. I riduttori devono essere montati in modo tale che la risultante delle forze esterne, indotte dalla trasmissione di potenza, agisca nella direzione di premerlo sulla fondazione, solitamente formata da una base in cemento o al più da una rigida struttura metallica in grado di non deformarsi sotto i carichi dinamici trasmessi dal riduttore.

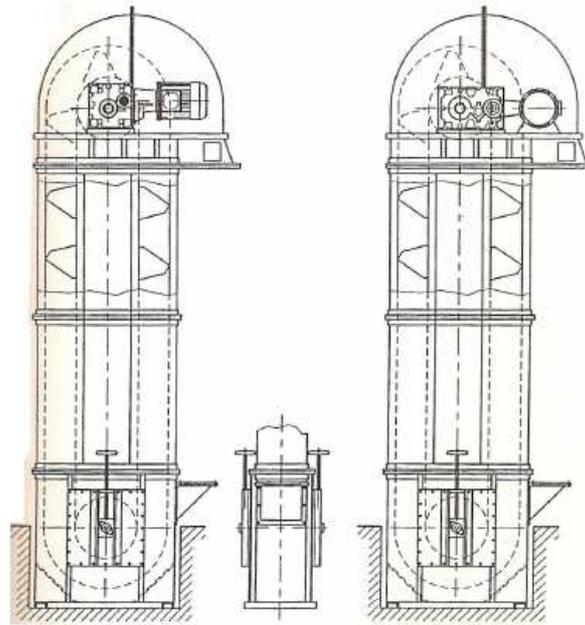
### 3.1.3 TRASPORTATORI

Anche i trasportatori fanno parte di quella categoria di macchinari diffusi nella maggior parte delle industrie e non solo.

I trasportatori a nastro sono composti, come dice il nome stesso, da un nastro, solitamente di tessuto rivestito di gomma, trascinato da un tamburo motore e sostenuto da supporti equidistanti costituiti da terne di rulli cilindrici in conca. Il nastro è continuo e ritorna al tamburo motore supportato da rulli piani nel tratto inferiore. Vengono spesso montati su strutture metalliche e l'ingombro ed il peso del sistema di comando devono essere ridotti. Spesso, la soluzione si trova utilizzando piccoli riduttori pendolari contenuti all'interno del tamburo motore. In alternativa se il motore è esterno al tamburo la trasmissione del moto al riduttore si ottiene per mezzo di cinghie. Un braccio di reazione applicato alla cassa del riduttore compensa la coppia trasmessa durante il funzionamento. Qualora il motore si dovesse fermare durante un trasporto inclinato, il carico sul nastro tenderebbe ad invertire il moto del gruppo con tutti i rischi che ciò implica; quindi, in questo caso, il riduttore è dotato di un sistema di non ritorno. Tale dispositivo, che viene montato sul coperchio del riduttore, consente la rotazione dell'albero nel senso desiderato e la inibisce nel senso contrario.

I trasportatori a catena hanno molteplici usi. Il movimento si ottiene mediante ingranaggi che azionano due catene alle quali si possono montare piastre per il trasporto di merce alla rinfusa o per pezzi di dimensioni determinate. Anche i ganci possono essere utili per il trasporto di prodotti e vengono utilizzati per il

trasporto industriale di materiali grezzi, per il trasporto di pezzi negli impianti automatici di montaggio o negli impianti di imballaggio, ecc. Il loro vantaggio rispetto ai trasportatori a nastro è che la tratta da coprire può avere qualunque tipo di inclinazione rispetto alla verticale. Un caso particolare di trasportatore a catena è l'elevatore a tazze illustrato nella figura.



Elevatore a tazze

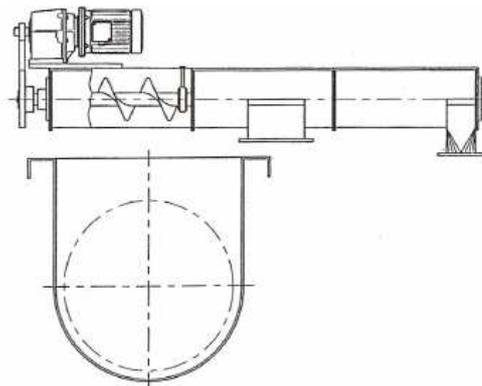
Le tazze, montate ad una distanza regolare sulla catena, vengono riempite al livello inferiore con il prodotto da trasportare; successivamente, vengono portate al livello superiore e, per effetto della rotazione attorno alle pulegge superiori e per forza centrifuga, vengono nuovamente vuotate su un eventuale nastro trasportatore. Questo metodo consente il trasporto di prodotti granulari o in polvere. I riduttori sono ad assi ortogonali azionati direttamente dal motore (oppure motoriduttori ad assi ortogonali) o ad assi paralleli comandati da un motore mediante una trasmissione a cinghia. In ogni caso il riduttore deve essere dotato di un sistema di non ritorno per evitare che, in caso di fermata del motore, il carico nelle tazze che salgono non causi l'inversione del moto.

Per i prodotti aventi una certa lunghezza, quali i tronchi nell'industria del legno o i prodotti semifiniti nell'industria siderurgica, vengono utilizzati i trasportatori a rulli. Tali sistemi di trasporto vengono anche utilizzati per la

movimentazione degli imballaggi. Sono composti da una serie di rulli paralleli, gli uni accanto agli altri, alcuni dei quali sono motorizzati.

I prodotti vengono movimentati da rulli motorizzati, mentre i rulli folli sono posti in rotazione per effetto dell'attrito. I rulli motorizzati sono dotati di riduttori coassiali montati direttamente sull'albero del rullo e sul motore. Tali riduttori sono sistemati esternamente ai rulli oppure all'interno dei rulli stessi. Possono essere riduttori ad assi paralleli o planetari. Questi ultimi vengono spesso utilizzati per le loro dimensioni ridotte.

I trasportatori a coclea vengono utilizzati per il trasporto in orizzontale di materiali polverulenti. Il principio è quello della vite di Archimede. La coclea è ubicata all'interno di un condotto con fondo a sezione circolare e chiuso superiormente da un coperchio piatto.



Trasportatori a coclea

Il riduttore, che in realtà è un motoriduttore coassiale, viene montato sul coperchio ed è collegato con l'asse della vite elicoidale mediante una trasmissione a cinghia. Questo tipo di trasportatore è largamente utilizzato per il trasporto di prodotti polverulenti non abrasivi e non agglomeranti quali farina di orzo, frumento e mais, e per il trasporto di prodotti granulari, quali il grano, la soia, il cacao. Può essere eventualmente utilizzato anche per il trasporto di prodotti abrasivi in polvere quale la sabbia da fonderia o per il trasporto di molti altri materiali.

### 3.1.4 VEICOLI SPECIALI E MACCHINE AGRICOLE

I veicoli cingolati vengono manovrati per differenza di velocità fra i due cingoli motori. Tale differenza si può ottenere in modo semplicemente meccanico, ma con molte complicazioni. Un modo più facile è quello di comandare ciascun cingolo mediante un motore idraulico con un riduttore incorporato e agire sulla velocità di tali motori per eseguire le manovre necessarie. In questo caso un motore termico aziona una pompa la quale fornisce l'olio per la portata e la pressione richieste. L'olio è contenuto in un serbatoio e viene incanalato e pompato verso i motori idraulici, che sono accoppiati a riduttori a loro volta collegati ai tamburi di comando dei cingoli. In questo tipo di applicazione vengono utilizzati dei riduttori planetari sia per la loro coassialità sia per le piccole dimensioni in rapporto alle potenze utili trasmissibili sia infine perché si possono ottenere riduzioni a due o tre stadi in casse di forma pressoché cilindrica.

Un'altra applicazione di questo tipo si può trovare nelle betoniere sugli automezzi. Il calcestruzzo è contenuto in un tamburo rotante; la presa di potenza, per la rotazione del tamburo, è derivata dal motore dell'automezzo. In una tale configurazione non è pensabile vincolare la velocità di rotazione del tamburo che impasta il calcestruzzo alla velocità di rotazione del motore termico. Quest'ultimo aziona una pompa che alimenta un motore idraulico accoppiato ad un riduttore planetario che a sua volta fornisce il moto di rotazione al tamburo; il motore idraulico ha una velocità costante preimpostata indipendente dalla velocità dell'automezzo. La velocità del tamburo può essere impostata in base all'operazione (trasporto, svuotamento, riempimento o pulizia) regolando la velocità del motore idraulico.

Le macchine agricole sono azionate da un motore termico e spesso necessitano di potenza idraulica per far funzionare dei martinetti idraulici. In altri casi viene utilizzata la presa di forza che deve avere una velocità di rotazione indipendente da quella del motore termico. Anche in tal caso è interessante la soluzione che prevede l'impiego di un motore idraulico accoppiato ad un riduttore planetario.

Alcune macchine agricole (come i trattori utilizzati per i lavori nei vigneti) sono dotate di sovrastrutture cabinate chiuse che complicano la trasmissione dal motore alle ruote. Anche in tal caso si possono usare motori idraulici associati a riduttori planetari comandati da pompe azionate dal motore termico; in tal caso i riduttori planetari con modesto ingombro possono essere sistemati sugli assi delle ruote.

### 3.1.5 ATTREZZATURE A FUNZIONAMENTO INTERMITTENTE

Alcune attrezzature funzionano in modo intermittente con frequenze variabili da caso a caso. Si tratta per esempio di apparecchiature di posizionamento (che non necessitano di grande precisione), di sistemi di trasferimento su catene di assemblaggio automatico o di barriere per parcheggi o autostrade a pagamento. I riduttori a vite senza fine sono particolarmente adatti a questo tipo di applicazioni. Infatti hanno un ingombro estremamente ridotto in relazione alle elevate riduzioni e il fatto che il funzionamento sia intermittente e che le potenze utilizzate siano modeste permette il loro raffreddamento naturale e pertanto la loro potenza termica è uguale alla loro potenza meccanica malgrado il basso rendimento.

Tali riduttori sono dotati di un limitatore di coppia per evitare che il motore si sovraccarichi quando la barriera viene bloccata.

### 3.1.6 POSIZIONATORI DI PRECISIONE

I posizionatori di precisione vengono utilizzati quando il posizionamento deve essere particolarmente preciso e controllato attraverso le rotazioni del motore di azionamento stesso. Vengono utilizzati nei servomeccanismi in cui l'elemento regolato deve trovarsi in una posizione precisa determinata dall'angolo di rotazione del motore. Un'importante applicazione è l'azionamento delle antenne dei radar. Infatti, la posizione di un oggetto viene rilevata dal radar in funzione della posizione angolare dell'antenna, ma anche mediante l'angolo descritto dall'antenna rotante nel tempo che intercorre fra l'emissione dell'onda e la ricezione da parte dell'antenna. Questo periodo di tempo è affidabile solamente se la rotazione dell'antenna è perfettamente

regolare. Quindi, la trasmissione non deve presentare in alcun caso giochi o deformazioni che superino un determinato limite dipendente dalla precisione richiesta. Un'altra importante applicazione si trova nei comandi meccanici dei robot. Queste apparecchiature hanno una funzione di posizionamento essenziale, indipendentemente dall'utilizzazione particolare del robot.

Le principali caratteristiche dei riduttori impiegati in queste applicazioni sono la qualità di esecuzione degli ingranaggi e la rigidità degli alberi; gli ingranaggi devono essere molto precisi a causa del funzionamento con gioco molto ridotto.

Per i robot, la trasmissione può avere assi paralleli od ortogonali. Per questi ultimi, gli ingranaggi conici devono essere progettati tenendo conto delle considerazioni sopracitate per quanto riguarda la qualità e la rigidità. Per gli assi paralleli, gli ingranaggi planetari sono particolarmente efficaci. Infatti, la loro compattezza, coassialità e solidità, grazie alla suddivisione della coppia, li rende particolarmente compatti e poco deformabili; in ogni caso la qualità di esecuzione delle ruote dentate deve essere particolarmente accurata. Per la produzione in grande serie, i vari componenti vengono lavorati con una precisione standard e quindi con tolleranze piuttosto ampie. Tuttavia, alcuni riduttori avranno un gioco minimo, altri un gioco massimo e con tutta una gamma di situazioni intermedie. Selezionando i riduttori a gioco minimo, si avranno quelli adatti per la maggior parte dei sistemi di posizionamento. Quindi, il problema è quello di scegliere, all'interno della gamma dei prodotti fabbricati con tolleranze relativamente larghe, quelli il cui gioco totale è minimo. In tal modo si guadagna sia sulla precisione sia sui costi (che sono quelli della produzione di grande serie) che vanno comunque aumentati di una quantità relativamente modesta dovuta alla selezione.

L'elenco delle varie applicazioni non è certamente completo, in quanto, oltre ai settori sopra indicati, i riduttori e i moltiplicatori sono utilizzati negli impianti di automazione (anche manipolazione e robotica), di condizionamento, nell'industria alimentare ed in quella tessile, nella lavorazione del legno e della ceramica, in adozioni per parchi divertimenti, in soluzioni per la trazione ferroviaria ecc. Quanto sopra mostra la diversità delle applicazioni e delle condizioni d'impiego in tutti i settori produttivi.

## 3.2 DEFINIZIONE DEL MERCATO

Il mercato di riduttori e moltiplicatori può essere segmentato in macrosettori sulla base delle differenti adozioni in cui è richiesta una variazione del rapporto di trasmissione.

### 3.2.1 ALIMENTARE

Il settore alimentare è contraddistinto da un diffuso uso di sistemi di riduzione, nei differenti cicli realizzativi dei prodotti e su una gamma di configurazioni sia di tipo standard sia customizzate.

I riduttori possono essere impiegati in tutti i macchinari che concorrono in parte o totalmente al ciclo produttivo, dalla materia prima al prodotto finito, dall'introduzione nello stabilimento fino al confezionamento. In ultima analisi i principali impieghi riguardano:

- impianti di macinazione;
- agitatori, impastatrici e giostre di movimentazione;
- macchine per il riempimento;
- nastri trasportatori;
- sistemi l'imballaggio e imbottigliamento;
- macchine per il confezionamento e la pallettizzazione;
- avvolgitrici e reggitrici.

### 3.2.2 AGRICOLO

Le applicazioni nel settore agricolo e forestale impiegano numerose configurazioni caratterizzate dalla presenza di modificatori di giri, in particolare:

- trattori;
- carri miscelatori;
- metitrebbie;
- macchine da raccolta;
- abbattitrici e trinciatrici forestali;
- harvesters, forwarders e log loaders.

### 3.2.3 AERONAUTICO

L'industria aeronautica e spaziale si caratterizza per l'impiego di molti tipi di trasmissioni ad ingranaggi. Tutti i flap delle ali sono equipaggiati con un dispositivo di comando dotato di un proprio motore e di un proprio sistema di riduzione ad ingranaggi; naturalmente, questi ingranaggi devono essere molto leggeri.

Grossi riduttori vengono applicati agli aerei turboelica per adeguare la velocità di rotazione della turbina a gas a quella dell'elica.

La catena cinematica che trasmette il moto alle pale degli elicotteri costituisce un meccanismo molto complesso ed interessante che non solo deve muovere il rotore, ma deve anche far girare le pale attorno al proprio asse. In sintesi l'utilizzo si riconduce a:

- dispositivi per il controllo dei velivoli;
- sistemi nei motori ad elica.

### 3.2.4 AUTOMAZIONE

Il settore classificato come dell'automazione è ad ampio respiro, riguarda riduttori per molteplici settori che annoverano attrezzature multiformi e dal diverso scopo:

- attrezzature a funzionamento intermittente;
- posizionatori di precisione;
- teste operatrici automatiche;
- robot industriali;
- manipolatori automatici.

### 3.2.5 AUTOMOBILISTICO

Come accennato nel precedente capitolo, sistemi di ingranaggi sono largamente utilizzati nell'industria automobilistica: le trasmissioni, che riducono la velocità di rotazione del motore a quella delle ruote, gli ingranaggi conici assicurano la

trasmissione dall'albero (di trasmissione) ai semiassi, gli ingranaggi del differenziale, che compensano le diverse velocità delle due ruote in curva, ed i cambi di velocità sono solamente alcuni dei tanti esempi possibili.

Riassumendo l'adozione coinvolge:

- organi di trasmissione;
- differenziale.

### 3.2.6 CARTARIO

Le cartiere annoverano un elevato numero di strumentazioni per la realizzazione dell'intero processo produttivo, la maggior parte di queste necessitano l'installazione di riduttori delle più svariate forme. I principali impieghi sono relativi a:

- organi e trasportatori per tronchi;
- scortecciatrici a tamburo, idrauliche e meccaniche;
- ruote a coltelli di raffinatori;
- agitatori/mescolatori e tini di immagazzinamento;
- addensatori, cilindri essiccatori, rulli e cilindri aspiranti rulli e cilindri aspiranti, scuotifeltro, supercalandre, tendifeltro, jordads;
- lavatrici, presse-sbiancatrici, presse a manicotto/raffinatori, tranciatrici-lucidatrici, avvolgitori/arrotondatori,

### 3.2.7 CEMENTIERO

In tutto il processo manifatturiero dell'industria del cemento sono presenti le più svariate configurazioni di riduttori. Tutti contemplano la presenza, con caratteristiche diverse, di sistemi di riduzione ad assi paralleli od ortogonali, a vite senza fine ed anche planetari. Le applicazioni principalmente fanno riferimento a:

- mezzi di trasporto speciali e di movimentazione/alimentazione;

- frantoi e mulini di macinazione (i più diversi: a mascelle, giratori, monorullo, ecc)<sup>12</sup>;
- agitatori;
- forni rotanti;
- mixer per bitume e calcestruzzo;
- betoniere.



Figura: Riduttore principale per il comando di un mulino di macinazione del cemento

### 3.2.8 CERAMICO

Il comparto della ceramica è anch'esso caratterizzato dalla presenza di organi di riduzione di velocità, installati nelle macchine che realizzano alcune delle lavorazioni di terra e argilla. I casi più evidenti si riscontrano in:

- sistemi di movimentazione delle polveri e dei semilavorati;
- sistemi di stoccaggio prodotto crudo e cotto;
- deferrizzatori;
- impastatrici;
- cabine a disco.

---

<sup>12</sup> Aspetto fondamentale (soprattutto per i mulini tubolari e verticali) è la progettazione, per offrire una superiore manutenibilità, poiché i comandi dei mulini sono difficili da riparare e sono spesso spinti al massimo delle loro potenzialità.

### 3.2.9 CHIMICO

Nel chimico e nel farmaceutico alcuni impianti di laboratorio e del ciclo realizzativo di prodotti medicali o più in generale di sostanze sintetiche riscontrano la presenza di riduttori epicicloidali, ad assi paralleli e ortogonali. I principali utilizzi sono relativi a:

- agitatori e mescolatori;
- apparecchiature per il riempimento;
- sistemi e macchinari di processo.

### 3.2.10 DEI COMPRESSORI

Questo vasto settore, che può essere scomposto in tre famiglie principali: industriale, professionale e semiprofessionale; riscontra, principalmente nel primo comparto, l'impiego di moltiplicatori per il più efficiente funzionamento del prodotto. Principalmente le installazioni avvengono in:

- modelli rotativi a vite, a palmette, centrifughi mono o pluristadio.

### 3.2.11 CONDIZIONAMENTO

In ambiti particolari, alcuni sistemi di raffreddamento per ambienti specifici (ad esempio acciaierie) si rende necessario l'utilizzo di riduttori per l'azionamento, con le corrette velocità, di grandi ventole di areazione.

- impianti, macchine e attrezzature per riscaldamento, condizionamento e ventilazione.

### 3.2.12 ECOLOGICO

Come precedentemente trattato, le applicazioni relative al comparto ecologico si riconducono a strutture per la gestione delle differenti tipologie di rifiuti. Solitamente queste applicazioni necessitano esclusivamente di meccanismi di grande dimensione ed affidabilità, in grado di trasferire elevate potenze, per impianti:

- di riciclaggio;

- di triturazione, compattamento e smaltimento dei rifiuti;
- di depurazione delle acque.

### 3.2.13 ENERGETICO

Il settore energetico annovera un elevato numero di differenti adozioni, queste fanno soprattutto riferimento a recenti introduzioni legate al sempre più ampio comparto delle energie rinnovabili. Principalmente i moltiplicatori svolgono il ruolo di unione tra rotore ed alternatore, consentendo di raggiungere la velocità di rotazione necessaria per azionare il generatore elettrico, diversamente i riduttori sono impiegati esclusivamente nel comparto eolico ed idroelettrico rispettivamente per la gestione delle diverse direzioni dei flussi d'aria e per la regolazione della portata d'acqua. In dettaglio le soluzioni riguardano:

- generatori eolici;
- generatori idroelettrici;
- generatori a gas;
- generatori a vapore;
- paratoie di regolazione dei flussi d'acqua di scarico a valle e all'interno delle condutture di alimentazione delle centrali (idroelettriche);
- sistemi per la corretta movimentazione sia delle pale del rotore sia dell'intero orientamento della navicella, in relazione alle diverse direzioni del vento.

### 3.2.14 FUNIVIARIO

L'adozione di variatori di velocità in questo macrosettore, già ampiamente descritta in precedenza, riguarda quindi riduttori per il comando di argani di:

- ascensori inclinati;
- blondis;
- flyingbelt;
- funivie;
- funicolari;
- telecabine;
- teleferiche;
- seggiovie.

### 3.2.15 INTRATTENIMENTO

L'ambito dell'intrattenimento considera varie applicazioni di riduttori relative alle applicazioni più disparate:

- movimentazione di strutture sceniche di teatri e set cinematografici;
- soluzioni per diverse applicazioni in parchi divertimenti;
- resort;
- attrezzature per il fitness.

### 3.2.16 DEL LEGNO

Nell'industria del legnario sono presenti alcuni dispositivi, il cui comando è soggetto al controllo di riduttori a vite senza fine, ad assi paralleli e ortogonali, a gioco angolare. L'impiego si riferisce principalmente a:

- macchine da taglio;
- bordatrici e fresatrici;
- centri di lavoro e macchine combinate;
- impianti e attrezzature per la lavorazione generica del legno.

### 3.2.17 MARINO

Il settore marino utilizza riduttori ad ingranaggi per diminuire le alte velocità delle turbine a quelle molto basse delle eliche (questi sistemi di ingranaggi sono così grandi che potrebbero riempire le stanze di un modesto appartamento) inoltre altre applicazioni particolari riguardano la movimentazione di materiali, componenti ecc.

- organi di trasmissione;
- argani marini;
- piedi poppieri;
- verricelli salpancora e avvolgivela.

### 3.2.18 DEL MATERIAL HANDLING

Un'applicazione estremamente vasta, che annovera le più diverse soluzioni e che comprende i più vari settori, dal farmaceutico al chimico, da quello alimentare al tessile, vede la consistente presenza di riduttori. Alcuni esempi sono:

- trasportatori e convogliatori industriali e non;
- magazzini automatici ed impianti per l'immagazzinamento automatico;
- carrelli elevatori e muletti.

### 3.2.19 MINERARIO

Anche l'industria mineraria non può esimersi dalla presenza in numerose apparecchiature di riduttori di velocità, queste riguardano in larga misura:

- escavatori (da miniera);
- frantumatori stazionari e inspessitori;
- veicoli per il trasporto (speciali) e da traino;
- sistemi di convogliamento e di trattamento della materia prima;
- macchine da miniera.

### 3.2.20 PETROLIFERO

Nel'industria estrattiva e della raffinazione sono richiesti diversi tipologie di riduttori: principalmente una categoria per le strumentazioni di estrazione, una seconda per il comando delle macchine di lavorazione. I principali sono:

- trivelle;
- agitatori;
- mescolatori;
- pompe a pistoncini filtri–pressa;
- forni rotanti;
- raffreddatori;
- carrelli gru per piattaforme.

### 3.2.21 PLASTICO & DELLA GOMMA

Ingranaggi, riduttori, moltiplicatori e giunti sono presenti nelle strumentazioni che sono parte integrante del processo produttivo di pneumatici, di prodotti in gomma in genere e di sostanze plastiche.

I molteplici macchinari, tutti soggetti alla regolazione di potenza mediante varie soluzioni di riduzione, studiate con differenti caratteristiche a seconda delle fasi del processo sono:

- macchine e attrezzature per la lavorazione di gomma e plastica;
- calandre;
- mescolatori;
- estrusori;
- macchine per stampaggio e per termoformatura.



Figura: Riduttore di comando mescolatore gomma per la produzione di mescola per pneumatici

### 3.2.22 SACCARIFERO

Il campo della produzione della canna da zucchero, ed ovviamente del suo prodotto ultimo, è sempre stato “interessato” agli ingranaggi ed ai riduttori. Il controllo di tutte strumentazione adottate nel processo realizzativo dello zucchero è legato alle più diverse configurazioni di riduttori. Alcuni esempi sono:

- frantoi e mulini;

- taglia canne e barbabietole;
- presse (in particolare a vite);
- diffusori.

### 3.2.23 SATELLITARE E DELLE TELECOMUNICAZIONI

Riduttori ed unità guida sono installati per controllare l'elevazione ed il rilevamento azimutale delle grandi antenne paraboliche satellitari per le telecomunicazioni. Generalmente vengono impiegati riduttori planetari (epicicloidali) ad alta rigidità torsionale, questa resa possibile mediante un pignone lento autosupportato ed un porta satelliti in soluzione monoblocco, al fine di ottenere una precisa movimentazione ed elevazione. In estrema sintesi:

- dispositivi per il corretto orientamento di satelliti e antenne.

### 3.2.24 SIDERURGICO

E' veramente rilevante il numero di riduttori di velocità prodotti per le acciaierie, i tubifici, le industrie lavoratrici del ferro e più in generale per tutto il settore siderurgico. Questi prodotti vengono realizzati per il comando principale di:

- laminatoi (a caldo o a freddo) e laminatoi schiaccia filo;
- macchine e presse per stampaggio;
- piani convogliatori a movimento continuo senza inserzioni;
- piegatrici a rulli per lamiere;
- rulli di presa e spintori per lingotti;
- taglierine rotanti per lamiere;
- trafilati piani;
- avvolgitori bobinatori per fili, aspi avvolgitori con mandrino espansibile per coils di acciaio, alluminio ecc.



Figura: Riduttore di comando convertitore basculante a quattro motorizzazioni

### 3.2.25 DEL SOLLEVAMENTO

Questo comparto estremamente ampio, del quale sono stati riportati alcuni esempi in precedenza, annovera una moltitudine di strumentazioni diverse per dimensioni, caratteristiche e ambito di applicazione; ne consegue un'altrettanta grande varietà di riduttori necessari ai differenti ambiti, i principali sono:

- argani;
- ascensori e montacarichi;
- carriponte industriali;
- gru a ponte;
- gru a torre;
- gru carrate/cingolate;
- sollevatori rigidi.

Questo ambito di utilizzo è orizzontale, attraversa tutti i diversi settori (qui sono stati elencati gli esempi più evidenti), è stato descritto come macrosettore indipendente per questioni di chiarezza, ma in realtà è completamente impiantato in molte dei gruppo qui classificati.

### 3.2.26 TESSILE

Nel settore della tessitura sono presenti riduttori di velocità ad assi paralleli ed ortogonali, a gioco angolare e per rotazione, questi trovano impiego in macchine:

- per la preparazione delle fibre e dei filati;
- per la tessitura;
- per il trattamento e la finitura dei tessuti;
- attrezzature per conerie e calzature.

### 3.2.27 TRASPORTATORI

Anche i trasportatori fanno parte di quella categoria di macchinari diffusi nella maggior parte delle industrie e non solo. Molte applicazioni sono state già citate in diversi settori elencati in precedenza, ma, come il material handling, si è ritenuto sottolineare l'indipendenza del macrosettore. I principali campi di adozione dei riduttori riguardano:

- trasportatori a nastro;
- trasportatori a catena;
- trasportatori a rulli;
- trasportatori a coclea;

### 3.2.28 DEI VEICOLI SPECIALI

Questo raggruppamento rappresenta, come per altre classi, un insieme di applicazioni presenti in numerosi contesti già citati, ma è sicuramente corretto indicarli con macrosettore a sé stante per le loro specificità e funzionalità. Gli ambiti di applicazione sono estremamente diversificati:

- macchine edili e stradali;
- veicoli per il movimento terra;
- battipista cingolati e veicoli spazzaneve;
- spazzatrici stradali;
- sottocarri cingolati;
- escavatori cingolati, gommati e da montagna;

- pale cingolate o gommate;
- scavatrincee;
- apripista e trivellatrici;
- vibrofinitrici gommate o cingolate;
- compattatori.

### 3.2.29 VETRARIO e MARMOREO

Negli impianti, macchine ed attrezzature per la lavorazione di vetro e marmo si riscontra la presenza di riduttori ad assi paralleli ed ortogonali, ma anche a gioco angolare ed epicicloidali per:

- mulini;
- atomizzatori;
- presse;
- forni ed essicatori;
- smaltatrici e decoratrici.

L'elenco delle varie applicazioni non è certamente completo, in quanto, oltre ai settori sopra indicati, i riduttori e i moltiplicatori sono utilizzati in altre numerose soluzioni industriali e non, come pompe macchine utensili e impianti di saldatura, strumentazioni per verniciatura e trattamenti superficiali, macchine lavasecco e lavatrici industriali ecc.. Sicuramente quanto sopra mostra la grande diversità delle applicazioni e delle condizioni d'impiego in tutti i settori produttivi.

#### 4.1 IL MERCATO

*“Nei tempi antichi gli artigiani, usando utensili manuali, intagliavano pioli, praticavano fori e costruivano ingranaggi più o meno come se avessero costruito una ruota a razze per un carro o una carrozza, gli ingranaggi metallici venivano limati una scanalatura alla volta. Immaginatevi la costernazione di un antico artigiano che, dopo aver limato 35 intagli di un ingranaggio per orologio a 36 denti, scopre che lo spazio restante è appena sufficiente per mezzo dente! Un ingranaggio con trentacinque denti e mezzo non va assolutamente bene!”* (D.W. Dudley, *Manuale del Motoriduttore*, 1997).

A partire da fine ottocento, più precisamente dal 1890, si ebbe una richiesta di rotismi senza precedenti: il motore elettrico, recentemente inventato, accoppiato ad ingranaggi, permetteva di azionare qualsiasi tipo di dispositivo, lento o veloce che fosse.

In mare le navi erano in grado di navigare velocemente anche in assenza di vento che sospingesse le vele, grazie all'energia fornita dal motore a vapore.

Le centrali cominciarono a produrre elettricità e le lampadine presero il sopravvento sulle candele. Spesso queste necessitavano di gruppi di ingranaggi affinché la velocità del generatore potesse adattarsi alla corrente alternata. Nella prima metà del 20° secolo furono inventate turbine veloci a vapore, le quali richiedevano un rotismo molto più preciso rispetto a quello dei motori lenti a vapore del tipo a pistoni.

Molto probabilmente però l'aumento esponenziale della domanda di ingranaggi si ebbe in concomitanza all'avvento di camion ed automobili all'inizio del 20° secolo, infatti ruote dentate e rotismi non erano ovviamente necessari nei calessi del diciannovesimo secolo.

Le grandi aziende costruttrici di macchine elettriche e di autoveicoli scoprirono che non esisteva nessuna industria affermata, produttrice di ingranaggi, in grado di rifornirle della quantità e qualità desiderate. Generalmente queste aziende avevano una spiccata tendenza a sfruttare le proprie capacità di lavorazione degli ingranaggi; un'eccezione era rappresentata da quelle specializzate nella costruzione di utensili di dentatura o di dentatrici, le quali utilizzavano strumenti quali creatori, coltelli tipo Fellows, brocche ecc. A partire

quindi da circa 100 anni fa vennero fondate parecchie imprese di questo genere, in alcuni casi furono create aziende indipendenti e specializzate nella lavorazione di ruote dentate o trasmissioni complete con rotismi a diversi stadi di riduzione. Tuttavia, in generale si può affermare che lo sviluppo di aziende altamente efficienti, specializzate nella lavorazione degli ingranaggi, ha coinciso con la seconda metà del 20° secolo.

Adottando la classificazione secondo il criterio di impiego, si può asserire che si tratti di un mercato di componenti, ovvero beni che hanno subito lavorazioni finalizzate e sono destinati ad essere assemblati nel prodotto finito. Questi beni quindi non devono subire ulteriori trasformazioni, entrano a far parte così come sono nel prodotto finito (ed in esso sono facilmente riconoscibili).

Il mercato dei modificatori è costituito da una domanda derivata: *“domanda di beni industriali e di servizi espressa da imprese che li impiegano nel proprio sistema di produzione. Questa situazione può ripetersi a cascata lungo la filiera, fino al consumatore finale. La domanda dei beni industriali è dunque trainata da quella dei beni di consumo. Se quest’ultima cambia, ne sarà influenzata la prima, secondo schemi che dipendono dalla distanza dal mercato finale e dalle regole di rifornimento del canale”* (Francesco Giacomazzi, *Marketing Industriale*, 2002).

Questo elemento distintivo del mercato industriale è maggiormente accentuato dalla posizione assunta dai produttori di variatori nell’intera filiera produttiva: essendo produttori di una singola componente per una soluzione più ampia, risultano soggetti ad una domanda derivata “due volte”.

Una conseguenza di questa situazione è la maggior fluttuazione della richiesta, in quanto un incremento della domanda finale non si traduce in un proporzionale aumento della domanda a monte, lungo una catena produttivo/distributiva, ma è soggetta ad un incremento via via maggiore, definito “effetto accelerazione”. Questo è dovuto all’esigenza di adattare i livelli di stock dei vari attori alle oscillazioni della domanda in relazione alle loro politiche di gestione delle scorte o del rimpiazzo di macchinari. Nel caso invece di una riduzione della domanda valgono le considerazioni diametralmente opposte: il livello degli ordini a monte diminuisce ad una velocità maggiore.

L'analisi e la previsione del mercato di riduttori e moltiplicatori sono dunque complesse, in quanto l'orizzonte di osservazione deve spingersi al di là dei propri clienti diretti, considerando anche il comportamento dei clienti dei clienti. A ciò si aggiunge la difficoltà dovuta alla fornitura, per la natura stessa del prodotto, ad un numero elevato di settori (mercato orizzontale<sup>13</sup>).

#### 4.1 IL CONTESTO ITALIANO

Al livello nazionale i produttori di variatori di velocità costituiscono un'importante realtà industriale: *“siamo un settore d'eccellenza nell'industria italiana, che troppo spesso viene dimenticato”* (Tommaso Carraro, Presidente Assiot<sup>14</sup>).

La filiera produttiva si localizza, salvo alcuni casi, quasi esclusivamente nel centro-nord, si può osservare inoltre una singolare distribuzione delle aziende in queste regioni a seconda della tipologia di variatori realizzata. Si collocano infatti in Emilia i principali produttori di riduttori standard, ad eccezione di alcune imprese (alcune grandi società che realizzano anche applicazioni particolari o piccole imprese orientate più a soluzioni customizzate), mentre nel nord (Lombardia, Piemonte e Veneto) sono insediate in misura maggiore aziende che realizzano sia riduttori sia moltiplicatori in configurazioni speciali oltre che da catalogo. In Lombardia si trovano poi le maggiori sedi delle multinazionali estere, produttrici in molti casi di versioni da catalogo, ma non solo.

I principali attori appartenenti al contesto nazionale sono i seguenti

##### 4.2.1 LA CRISI ECONOMICA

È doveroso prendere in considerazione quanto avvenuto negli scorsi anni, la recessione economica infatti non può essere trascurata ed i risvolti negativi

---

<sup>13</sup> Si definisce mercato orizzontale quello in cui l'impresa può vendere i propri prodotti e servizi a più settori, tipico dei beni industriali; nel caso in cui, invece, servisse un solo settore, si parlerebbe di mercato verticale.

<sup>14</sup> Associazione Italiana Costruttori Organi di Trasmissione ed Ingranaggi Costituita nel dicembre 1971 per iniziativa di alcune aziende del settore, Assiot raggruppa, attualmente, 95 aziende con circa 7500 addetti e con una rappresentatività pari al 70% circa del settore.

anche in questo settore sono stati evidenti. Senza voler addentrarsi in paragoni inappropriati, l'effetto della congiuntura potrebbe essere solamente paragonata a quella degli anni trenta del secolo scorso. Per questo comparto non ha avuto precedenti (nel '29 non era ancora distinguibile un vero mercato di variatori): se infatti nel passato il rallentamento della domanda di un macrosettore veniva attenuato, se non compensato, dalla crescita di un altro, l'arresto dell'intera economia ha provocato il blocco di pressoché tutti gli ordinativi.

La crisi del biennio 2008-2009 ha ovviamente attraversato l'intera filiera produttiva della meccanica: partendo dalle aziende committenti e passando ai fornitori di primo livello fino agli ultimi anelli nella catena della subfornitura. L'effetto però non è stato omogeneo lungo la filiera e i fornitori, in particolare i subfornitori, hanno sofferto più dei produttori: *“la crisi ha colpito tutti, differenziando i suoi aspetti in funzione dell'organizzazione della filiera: ma tanto più distanti si è da un rapporto di collaborazione con il committente, tanto maggiori sono stati gli effetti che a cascata si sono ripercossi nella lunga catena della filiera stessa”* (Sonia Bonfiglioli, amministratore delegato e presidente di Bonfiglioli).

Poiché il mercato dei variatori standard è costituito quasi esclusivamente da OEM (original equipment manufacturer)<sup>15</sup>, la riduzione della domanda finale ha implicato una riduzione degli ordinativi di nuovi macchinari da parte dei produttori, questi a loro volta hanno ridotto drasticamente la domanda di modificatori, detenuti in parte già a magazzino “effetto destoccaggio” che ha amplificato l'effetto (effetto accelerazione in negativo). Inoltre il biennio precedente si era caratterizzato da una generalizzata sovrapproduzione, in funzione di previsioni della domanda, che ha comportato una acuitizzazione ulteriore delle conseguenze negative.

Un conferma della portata di questa problematica deriva da un'analisi statistica dei fatturati 2008-2009 di un campione di aziende lungo la filiera del settore metalmeccanico<sup>16</sup>: emergono infatti significative considerazioni per quanto riguarda, in particolare, le performances registrate dalle aziende della fornitura e subfornitura, più negative delle altre imprese che fanno parte della filiera.

---

<sup>15</sup> Espressione inglese (letteralmente "produttore di apparecchiature iniziali") per indicare coloro che utilizzando prodotti di terze parti assemblano un prodotto finale vendibile al cliente.

<sup>16</sup> Dati relativi ad una ricerca di Unindustria Bologna (associazione aderente a Confindustria), le cui informazioni sono rilevanti in quanto espressione significativa del settore dei modificatori a catalogo (per quanto detto in precedenza).

<b>PRODOTTI AUTO-MOTOCICLISTICI</b>	aziende (%)		dipendenti (%)		fatturato 2009 (M€)	fatturato 2008 (M€)	2009 vs 2008
Produttori	9	11%	1.676	28%	510	614	-17%
Fornitori di primo livello	26	33%	2.498	42%	1.345	1.648	-18%
Subfornitori	33	42%	1.644	27%	238	380	-37%
Società di servizi e distributori	11	14%	166	3%	73	82	-12%
<b>TOTALE</b>	<b>79</b>	<b>100%</b>	<b>5.984</b>	<b>100%</b>	<b>2.166</b>	<b>2.724</b>	<b>-20%</b>

<b>PROD. ELETTRONICA ED ELETTROTEC.</b>	aziende (%)		dipendenti (%)		fatturato 2009 (M€)	fatturato 2008 (M€)	2009 vs 2008
Produttori	35	49%	1.683	71%	429	499	-14%
Fornitori di primo livello	21	30%	514	22%	85	117	-28%
Subfornitori	7	10%	94	4%	14	22	-36%
Società di servizi e distributori	8	11%	88	4%	16	18	-13%
<b>TOTALE</b>	<b>71</b>	<b>100%</b>	<b>2.379</b>	<b>100%</b>	<b>544</b>	<b>657</b>	<b>-17%</b>

<b>MACCHINE AUT. PER CONF. E IMBALL.</b>	aziende (%)		dipendenti (%)		fatturato 2009 (M€)	fatturato 2008 (M€)	2009 vs 2008
Produttori	30	52%	4.426	87%	1.399	1.490	-6%
Fornitori di primo livello	14	24%	305	6%	68	74	-9%
Subfornitori	12	21%	258	5%	28	40	-29%
Società di servizi e distributori	2	3%	118	2%	9	10	-4%
<b>TOTALE</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>	<b>5.107</b>	<b>100%</b>	<b>1.504</b>	<b>1.614</b>	<b>-7%</b>

<b>MACC. MOV. TERRA E MACC. AGRICOLE</b>	aziende (%)		dipendenti (%)		fatturato 2009 (M€)	fatturato 2008 (M€)	2009 vs 2008
Produttori	11	19%	763	11%	1.617	2.946	-45%
Fornitori di primo livello	24	41%	5.329	75%	1.071	1.782	-40%
Subfornitori	14	24%	536	8%	52	109	-52%
Società di servizi e distributori	10	17%	432	6%	150	258	-42%
<b>TOTALE</b>	<b>59</b>	<b>100%</b>	<b>7.060</b>	<b>100%</b>	<b>2.890</b>	<b>5.095</b>	<b>-43%</b>

<b>ALTRA MECCANICA</b>	aziende (%)		dipendenti (%)		fatturato 2009 (M€)	fatturato 2008 (M€)	2009 vs 2008
Produttori	98	39%	4.753	52%	1.255	1.703	-26%
Fornitori di primo livello	47	19%	2.004	22%	308	442	-30%
Subfornitori	95	38%	2.160	23%	413	737	-44%
Società di servizi e distributori	11	4%	311	3%	161	265	-39%
<b>TOTALE</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>	<b>9.228</b>	<b>100%</b>	<b>2.137</b>	<b>3.147</b>	<b>-32%</b>

 Evidenza delle peggiori performance lungo la filiera fornitura-produzione

Si pone l'accento, dunque, sull'eccezionalità della situazione, ma anche sulla necessità di una nuova organizzazione di lavoro all'interno della filiera: “*si riscontra la necessità di dare risposta a fabbisogni che fondano sull'organizzazione del lavoro e sul rapporto committenti-fornitori le principali chiavi di svolta dell'evoluzione della filiera stessa*”(Andrea Lipparini<sup>17</sup>, presentazione ricerca del Settore Metalmeccanico di Unindustria Bologna, dicembre 2010).

Se talvolta le aziende di dimensioni ridotte possono raggiungere, soddisfare ed assistere più agevolmente clienti più piccoli, si è riscontrata un'oggettiva difficoltà per quanto riguarda il livello dimensionale. In un contesto internazionale di questo calibro, l'evocato modello di sviluppo “piccolo è bello” si scontra, soprattutto in un comparto di queste caratteristiche, con delle regole di mercato che lo rendono insostenibile (considerazioni più

<sup>17</sup> Professore ordinario di Gestione della Tecnologia all'Università di Bologna.

approfondite ed in parte differenti verranno fatte per gli “speciali”): “*il piccolo per il piccolo è tipicamente italiano, anche esulando dal settore le aziende italiane fanno della flessibilità una risposta al fatto che sono piccole, è però provato che la taglia è un fattore di successo delle aziende e anche in risposta alla crisi quelle di dimensioni maggiori hanno fornito risposte migliori?*” (Alessandro Rubboli, Bonfiglioli).

Si registra inoltre, successivamente alla crisi, una crescente pressione sull’efficienza e la qualità del servizio, trasversalmente a tutti i settori, in quanto tutte le aziende si “tarano” sul fatto che ciascuno, nel proprio ambito, debba divenire sempre più snello nell’operare.

Il processo di delocalizzazione intrapreso dai maggiori player mondiali non persegue solamente un obiettivo di riduzione dei costi, ma rappresenta una necessità all’interno di un progetto di sviluppo che richiede una presenza più forte ed assidua nei mercati emergenti.

#### 4.2.2 LA SITUAZIONE ATTUALE

Le variabili fondamentali (fatturato, export, consegne e import) evidenziano ottimi segnali di ripresa rispetto all’annus horribilis 2009. Più nel dettaglio, a fronte di un mercato che globalmente registra una crescita a doppia cifra è l’Italia a trainare la ripresa (+50,1%).

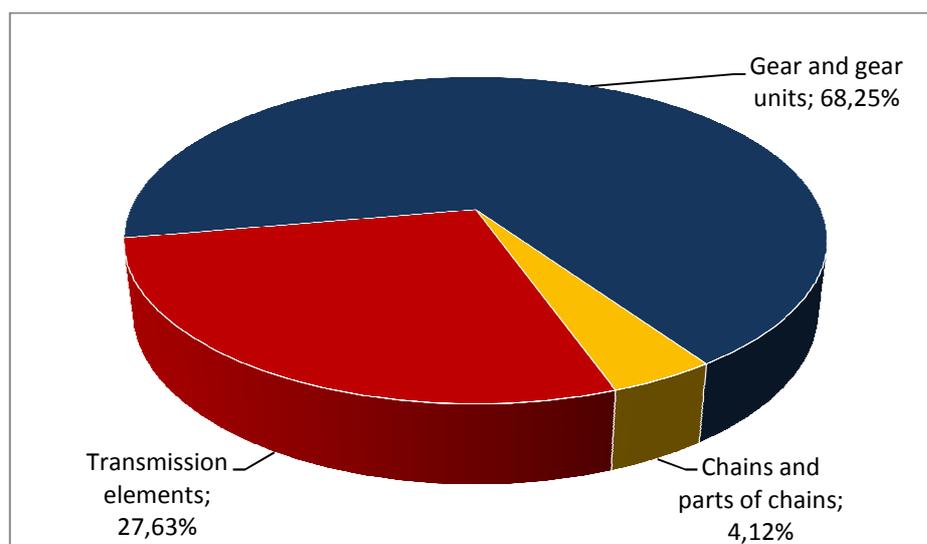


Figura 2: Total Turnover 2010 – segmentation for business unit

Le performance positive risultano ancora più evidenti dal confronto tra le variazioni 2010/2009 e quelle dell'anno precedente. Tuttavia l'incremento del 34,7% su 4 miliardi di Euro non è sufficiente a coprire la perdita del -37,3% su 6,3 miliardi di Euro del 2008. Infatti, in valore assoluto, nonostante la forte crescita, si è sostanzialmente tornati ai valori del 2007, ma non si è ancora raggiunto il livello dei valori dell'anno boom 2008.

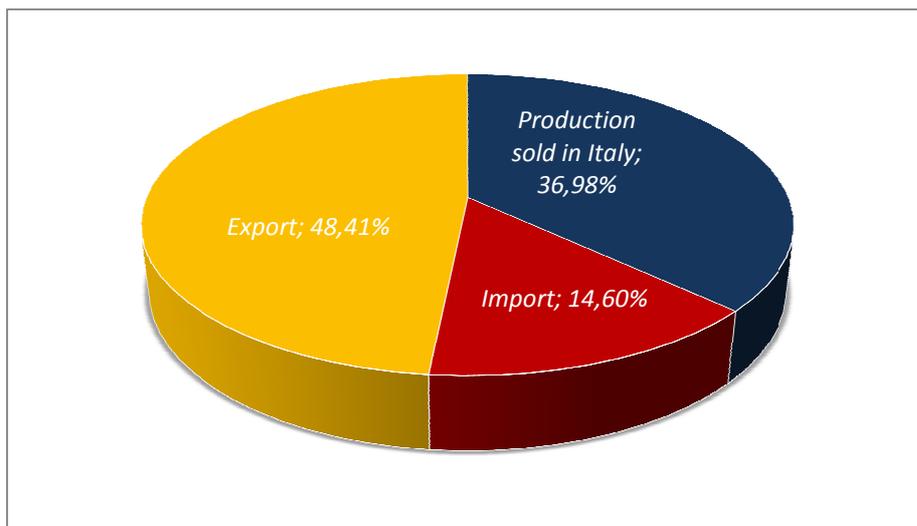


Figura 1: Total Turnover 2010 - segmentation

Per quanto concerne l'export si assiste ad una decisa ripresa di Asia e America, rispettivamente +50,9% e +37,5% (contro i -12,5% e -37,6% del 2009); buoni risultati derivano anche dalle altre aree, tutte con crescite superiori al 20%, unica eccezione è rappresentata dal continente africano che, anche lo scorso anno, segna un leggero decremento del 1% circa.

Tra i paesi di destinazione al primo posto si colloca la Germania (17,6% dell'export nazionale), a cui seguono: USA (12,5%), Francia (8,7%) e Cina (7,9%). Si registrano incrementi ben al di sopra della norma per quanto riguarda le esportazioni verso il Brasile (+ 114,8%), la Turchia (+96,5%), e la Slovacchia (+ 70,5%); molto positivo, considerato il valore assoluto delle esportazioni, anche il +57,2% verso la Cina (4° mercato-paese).

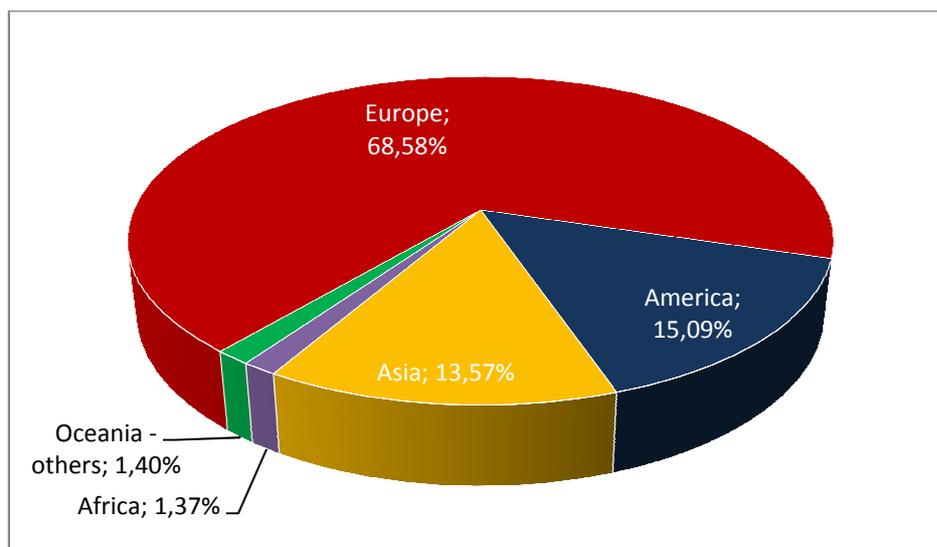


Figura 3: Export 2010 - Geographical Area

Relativamente all'andamento delle importazioni si assiste ad una diminuzione del peso di America ed Europa extra UE a favore dell'Asia, mentre assume anche in questo caso un ruolo da protagonista assoluto l'interscambio con i paesi della UE. Sopra la media le sole importazioni dall'Asia (+37%), in calo quelle dalle aree geografiche meno rilevanti.

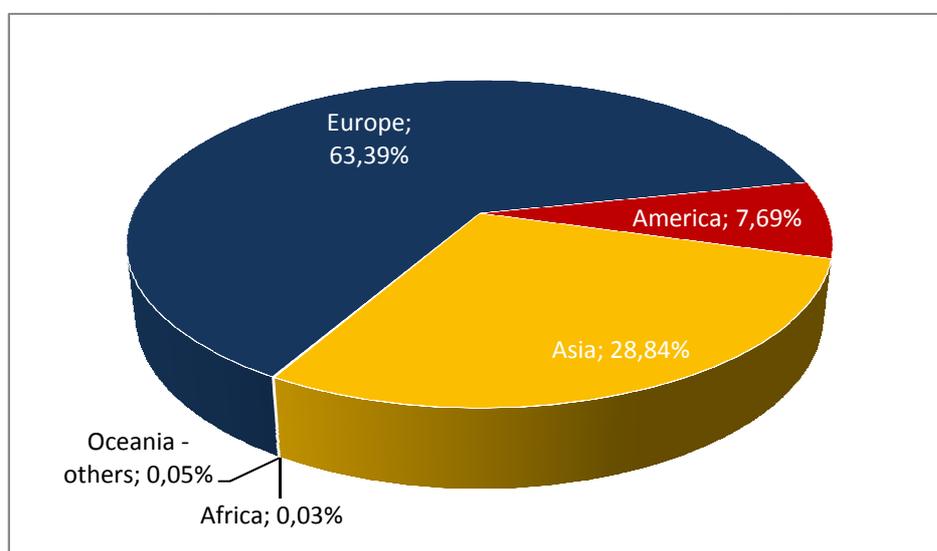


Figura 4: Import 2010 - Geographical Area

Considerando i paesi fornitori, la Germania si conferma leader con il 31% dell'import nazionale seguita da Cina, Francia e Giappone (rispettivamente: 14,7%; 6,3% e 6%). Si registrano performance di assoluto rilievo nelle importazioni dal Brasile (+268%) dalla Finlandia (+157,6%) e dalla Slovenia

(+99%). Sopra la media anche la crescita delle importazioni dalla Cina (+34,0%).

Inoltre, a fronte di un saldo commerciale che si mantiene positivo anche durante il periodo di recessione per tutti i principali paesi partner ad eccezione del Giappone, è da sottolineare proprio il dato della Germania, primo paese di interscambio commerciale, con un saldo positivo a favore dell'industria nazionale che si avvicina nel 2010 ai 100 milioni di euro.

I primi tre mesi del 2011 confermano il trend di forte recupero già registrato nel 2010, con incrementi medi di fatturato, per le aziende del settore, pari al 15,3%.

Molto interessanti, inoltre, le attese per il secondo trimestre 2011, con oltre il 68% degli associati che si attende un incremento di fatturato rispetto al primo periodo dell'anno ed il 23% che ritiene la situazione sostanzialmente in linea con l'inizio dell'anno.

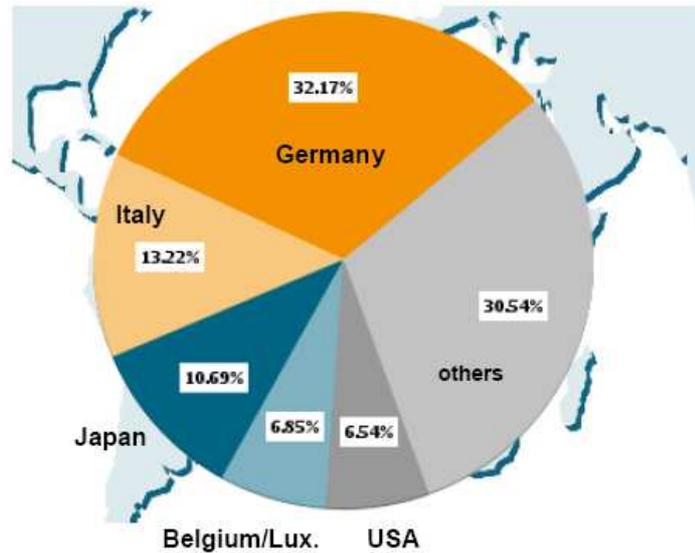
Analizzando la raccolta ordini, il 75% delle aziende ha visto crescere la domanda rispetto all'ultimo trimestre del 2010 e solo un 13% ha registrato il calo fisiologico dopo la chiusura d'anno.

A tale riguardo rimangono molto buone le aspettative per il secondo semestre 2011 con il 56% delle aziende che si attende un'ulteriore incremento nella raccolta ordini e il 38% che prevede una sostanziale stabilità della domanda.

#### 4.3 IL CONTESTO INTERNAZIONALE

Il quadro mondiale dell'industria dei variatori meccanici mostra una decina di nazioni che sostengono pressoché l'intera domanda del mercato. Una forte concentrazione si osserva in Europa: Germania e Italia soddisfano oltre il 40% dell'intero fabbisogno, con cifre più contenute fa seguito il Belgio e con importanza sempre decrescente Francia, Gran Bretagna e Svizzera. Il terzo polo, per entità delle esportazioni, è rappresentato dal Giappone, il cui recente cataclisma comporterà un'evidente decremento della frazione di export detenuto, per l'anno in corso e per quelli del prossimo futuro. Altri attori importanti sono Stati Uniti e Cina, con i primi che presentano un trend

nettamente opposto ai secondi; infine le ultime figure di una certa rilevanza sono Australia e Canada, con cifre di molto inferiori ai precedenti.



### World Exports 2010: 12,9 Billion EURO (43 reporting Countries)

Figura 7: World Trade Gears and Gearboxes: Important Export Nations

La Germania conferma anche in questo settore la forte connotazione della sua industria, molto imperniata nella meccanica; risulta infatti essere il primo costruttore al mondo, con un valore della produzione che raggiunge quasi gli otto miliardi di euro (cifra già superata nel 2008, con un risultato di 8,3 Mld).

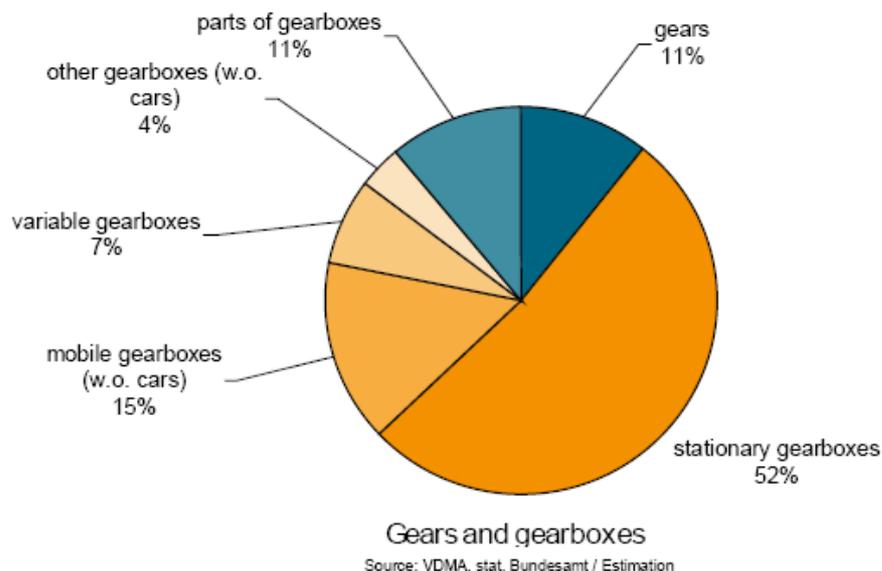
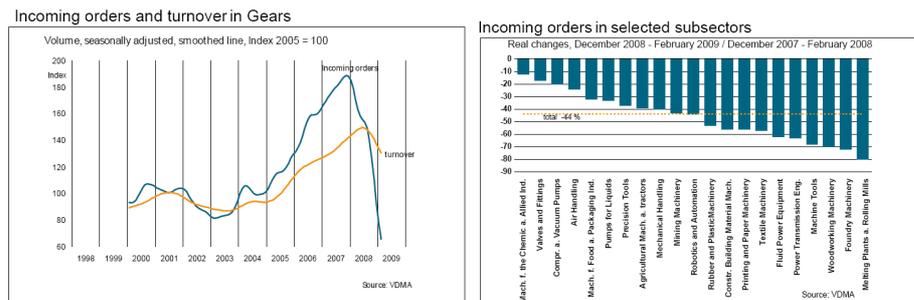


Figura 9 ripartizione della produzione tedesca di variatori meccanici e dei suoi componenti

Evidentemente la crisi economica non ha risparmiato nemmeno il mercato tedesco che ha fortemente risentito della contrattura della domanda, sicuramente la sua filiera più compatta ed organizzata ha permesso una più efficace e tempestiva risposta rispetto ad altri produttori di diversa nazionalità.



La ripresa della domanda nello scorso anno ha evidentemente coinvolto il mercato a livello mondiale, generalizzando le osservazioni per l'intera nazione si riscontra che la ripresa è stata consistente, a confronto il ,ma i valori record del 2008 sono ancora distanti.

Il Giappone, come accennato in precedenza, soffre di una ben più grave problematica legata ai devastanti effetti della scossa sismica del marzo scorso, che ne ha compromesso inevitabilmente la capacità produttiva, soprattutto nella parte settentrionale del paese. Per quanto riguarda i la produzione dello scorso anno, questa si attesta vicino alla cifra di 2 miliardi di dollari, di cui una metà è assorbita dal consumo interno e la seconda dall'export.

I macrosettori settori che denotano una maggiormente difficoltà nella ripresa, sia per una ciclicità del singolo settore sia per il proseguo dell'instabilità economica mondiale, sono quello automobilistico (la cui situazione può essere generalizzata a tutto il pianeta), quello della produzione di macchine industriali e da costruzione ed il settore degli utensili per macchinari automatici.

Per quanto riguarda gli Stati Uniti il trend è in debole ripresa, ma non solo la conclamata crisi finanziaria e la riduzione della domanda hanno influito negativamente, anche la recessione a cui è andata in contro e una diversa

tradizione non primariamente orientata alla meccanica hanno peggiorato la situazione.

Situazione eccezionale è quella cinese, il mercato in continua espansione è l'unico ad essere cresciuto anche nel 2009 (con un incremento di circa il 10%, veramente inimmaginabile per le altre nazioni).

La produzione di ingranaggi ed organi di trasmissione è ormai divenuta in Cina un settore ampio ed integrato, più di novecentocinquanta imprese partecipano alla produzione dell'intera filiera della power transmission industry, che ha ampiamente superato i 100 bilioni di yuan. Le importazioni sopravanzano più del doppio le esportazioni, le prime provengono da circa una settantina di paesi, i principali sono Germania, Giappone, Korea e U.S.A. (con oltre l'80% della fornitura), mentre le seconde sono rivolte al doppio delle nazioni, con acquirenti primari U.S.A., Giappone, Italia, Korea e Germania (circa il 50% della domanda). La domanda interna e la produzione nazionale sono rivolte maggiormente a riduttori e moltiplicatori di ridotte dimensioni, di carattere standard e di livello tecnologico parzialmente retrogrado.

#### 4.4 ATTUALI TENDENZE DEL MERCATO

##### 4.4.1 ALIMENTARE

Facendo parte della categoria dei così detti beni difensivi, ha mantenuto un discreto livello di domanda, in conseguenza appunto alla ridotta contrazione di quella a valle. Se in alcuni mercati si è registrato un calo delle vendite, altri hanno in parte compensato il bilancio complessivo, il quale non ha subito pressoché alcuna ripercussione nel mercato di sostituzione.

##### 4.4.2 AGRICOLO

In seguito alla notoria contrazione ha registrato una ricrescita degli ordinativi, non a livello del 2008, che ha consentito di rappresentare un'importante mercato.

#### 4.4.3 AUTOMAZIONE

Rappresenta un altro settore che complessivamente non ha modificato in modo eccessivamente negativo la sua performance, l'immediata conseguenza è un livello di domanda per riduttori e moltiplicatori ancora sui livelli del 2007.

## Capitolo 5

Il mercato degli speciali rappresenta una nicchia all'interno del vasto contesto delle trasmissioni meccaniche di potenza: *“quando si parla di industrial gear si parla di un mercato molto mirato in cui sono necessarie soluzioni estremamente particolari, non solo per le potenze in gioco, ma anche per la progettazione, per le personalizzazioni necessarie, pre e post vendita, e per le complessità dell'esecuzione delle installazioni?”* (Sew-Eurodrive).

La realizzazione di questi prodotti avviene principalmente su commessa (si veda sotto per una più ampia trattazione), ne consegue un processo di progettazione e di produzione non standardizzato e fortemente orientato alla customizzazione. È chiaro che in questo caso i clienti debbano essere disposti ad accettare un tempo di evasione dell'ordine molto più elevato (pari alla somma di tutte le operazioni da eseguire, dalla progettazione fino alla consegna) e che i produttori possano sfruttare un vantaggio legato al ridotto costo complessivo di mantenimento a scorta dei prodotti intermedi e finiti.

Questa categoria, in ragione delle sue caratteristiche peculiari e specifiche, risulta più protetta rispetto a quella dei prodotti standard o a catalogo, ma anche molto più complessa nelle sue dinamiche di acquisto e realizzazione.

Una delle principali conseguenze della particolarità del settore è la sua maggior indecifrabilità: in quanto un incremento della domanda finale non si traduce in un (più o meno) proporzionale aumento della domanda a monte, questa è soggetta certamente ad un incremento, ma non subisce “quell'effetto di accelerazione” citato nel precedente capitolo. Altro fattore di complicazione è relativo alla non linearità del posizionamento all'interno della catena della supply chain: se talvolta le aziende fabbricano i prodotti per i realizzatori di impianti industriali talaltra sono gli stessi produttori finali a commissionare un riduttore o moltiplicatore (caso, questo, più frequente per le realizzazioni uniche). L'analisi e la previsione della domanda per questi beni sono quindi particolarmente complesse poiché, oltre a dover considerare il comportamento dei clienti dei clienti per ciascun settore di adozione, devono esaminare con attenzione la particolare posizione assunta nella filiera della produzione, ipotizzabile molto a monte o a valle a seconda delle situazioni.

Non è possibile quindi procedere attraverso le metodologie di analisi di mercato del marketing tradizionale cercando di identificare le diverse tipologie di prodotti sostitutivi ecc, è possibile per ogni singola applicazione analizzare possibili soluzioni alternative, che attualmente non costituiscono in alcun modo delle problematiche. Si è preso in considerazione sia il settore dei clienti diretti che quello degli indiretti.

Prima di procedere è necessaria una doverosa distinzione tra coloro che possono essere definiti a tutti gli effetti modificatori speciali ed invece quelli che, nel capitolo 2, sono stati definiti “semi speciali” (si sottolinea ancora l’accezione del tutto personale del termine). I primi sono organi di trasmissione che possono presentare analogie tra le diverse realizzazioni, ma che mai sono progettati e prodotti più di una volta; essi infatti rappresentano una soluzione estremamente caratteristica per quanto riguarda la progettazione, i materiali e le potenze richieste, il tipo di installazione sul campo ed il servizio postvendita. I secondi necessitano anch’essi di una progettazione su specifiche del cliente, anche per una stessa applicazione, ma al contrario dei precedenti riscontrano poi una produzione su ampia scala (un riduttore per uno scavatore sarà diverso per ciascun cliente, ma poi per quest’ultimo si realizza una produzione di grande volume).

Oltre alle evidenti differenze nel risultato ultimo e nei costi di fabbricazione è proprio l’intera gestione della produzione che è radicalmente diversa: se nel secondo caso, adottando la classificazione di Wortmann per i sistemi produttivi, si adotta una politica *assemble to order* (o al più di *make to order*), nel primo caso si opera generalmente in *engineer to order*. In quest’ultima situazione il *Customer Order Decoupling Point* (CODC)<sup>18</sup> si trova il più a monte possibile e su previsione si possono sviluppare solo le competenze per poter progettare/industrializzare i prodotti che verranno richiesti dal mercato.

Nel proseguo del testo si continuerà ad identificare come speciali entrambi i generi di modificatori, provvedendo poi a specificare per ogni macrosettore considerato la tipologia prevalente.

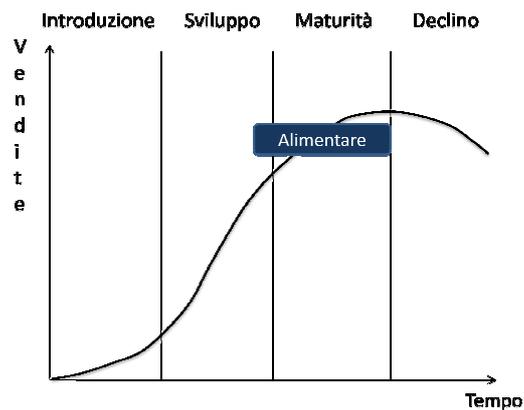
---

<sup>18</sup> Il Customer Order Decoupling Point definito da Wortmann rappresenta il punto di disaccoppiamento rispetto all’ordine del cliente.

## 5.1 ANALISI DEL BUSINESS

I variatori di velocità speciali sono utilizzati, come ampiamente trattato nel capitolo 3, in diversi campi e per un elevato numero di adozioni. In questa sezione, sulla base dei dati raccolti, si cercherà di analizzare tutti i macrosettori di applicazione al fine di individuare il più interessante.

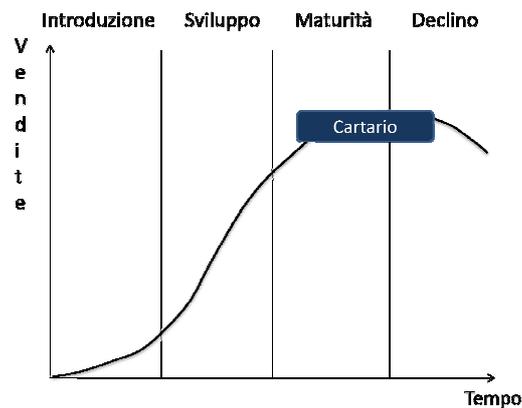
### 5.1.1 MACROSETTORE ALIMENTARE



L'alimentare, come accennato in precedenza, è qui ricondotto ai soli settori bieticolo-saccarifero, oleario e della macinazione.

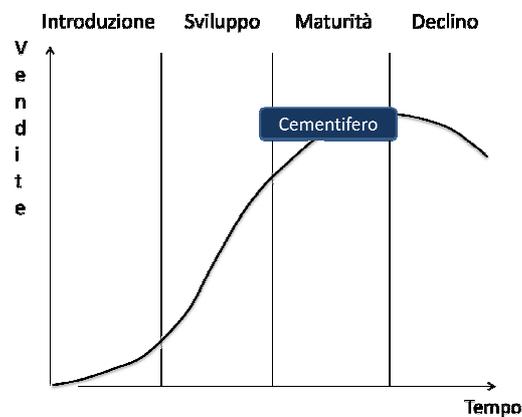
Il macrosettore è sicuramente in una fase di maturità, i processi produttivi hanno tradizioni antiche e, nella maggior parte dei casi, i più recenti macchinari presentano una tecnologia comunque stabile da almeno un trentennio, alcune eccezioni riguardano il processo di trattamento finale della canna da zucchero in cui sono state introdotte delle varianti. Quanto introdotto in precedenza in termini generali sul ciclo di vita della domanda primaria è qui evidente per il fatto che se nelle economie mature la domanda è abbastanza stabile, nelle aree di grande crescita la domanda è in piena espansione.

### 5.1.2 MACROSETTORE CARTARIO



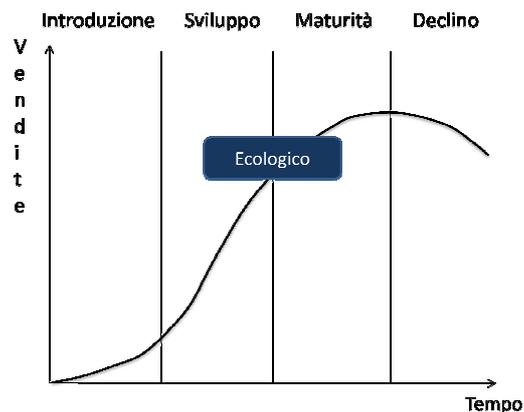
Il comparto dei macchinari per le cartiere presentano uno stato di sviluppo che può essere sicuramente collocato in una fase di piena maturità. Come per il macrosettore precedente la realizzazione della carta ha origini antiche e le strumentazioni sono pressoché invariate da molti anni. I consumi e gli sprechi di questo materiale sono ancora all'ordine del giorno, ma la tendenza alla riduzione sono una prospettiva concreta.

### 5.1.3 MACROSETTORE CEMENTIERO



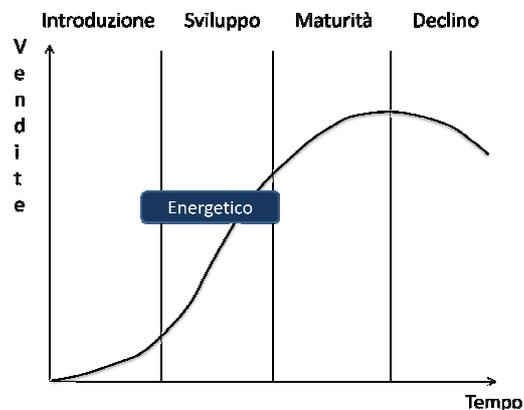
Analogamente a mulini e frantoi, alimentatori e forni rotanti, tutti facenti parte del processo di produzione del prodotto, il riduttore nell'industria del cemento è in una fase di maturità. Se la tecnologia è matura ed il ciclo di produzione è invariato da tempo, anche in questo caso la domanda del prodotto ultimo non è satura e, ad esclusione di fattori ciclici localizzati, non si prevede possa esaurirsi.

#### 5.1.4 MACROSETTORE ECOLOGICO



Questo macrosettore si colloca in uno stadio di sviluppo consolidato, le diverse applicazioni che il riduttore ricopre in questa categoria non sono ancora completamente definite. La motivazione deve essere ricercata nella crescente attenzione riposta nella gestione dello smaltimento dei rifiuti, che implica una continua ricerca di sistemi maggiormente efficaci e una modifica delle caratteristiche prestazionali dei riduttori.

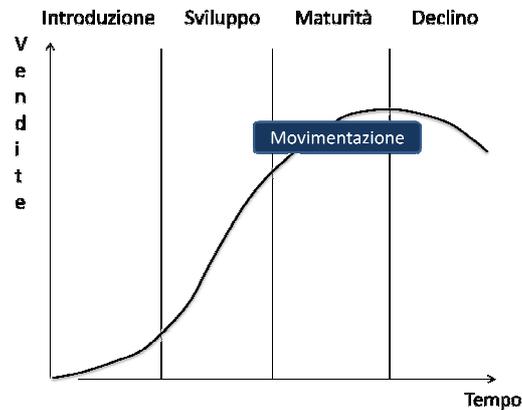
#### 5.1.5 MACROSETTORE ENERGETICO



Il settore dell'energia, quella rinnovabile, è per antonomasia quello più attivo degli ultimi anni, risulta in continua evoluzione. Si può catalogare quindi in una fase di pieno sviluppo, nella quale, nei diversi comparti, si adottano diverse configurazioni di riduttori e moltiplicatori. Il mercato è in forte crescita e, anche se in modo ancora marginale, sta sostituendosi alle altre forme di energia.

Bisogna sottolineare che questo macrosettore è caratterizzato dalla presenza sia di soluzioni uniche per ciascuna adozione sia di molte realizzazioni specifiche applicate ad una quantità non unitaria.

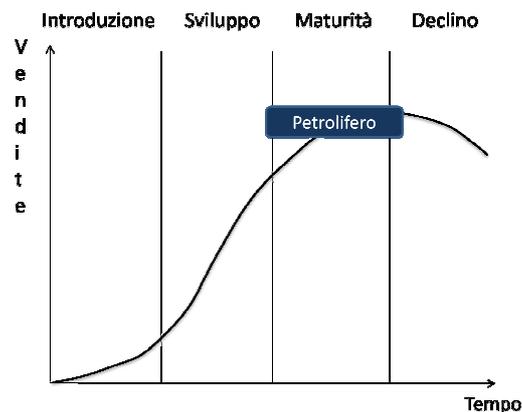
#### 5.1.6 MACROSETTORE MOVIMENTAZIONE



La movimentazione, persone e materiali, si riferisce nell'analisi degli speciali a mezzi quali impianti funiviari, gru navali, carri ponte speciali ecc. che esigono caratteristiche specifiche per ogni applicazione. Il comparto si colloca nella terza fascia del ciclo di vita di un prodotto; nonostante le discrete innovazioni ancora presenti nella progettazione di questi macchinari, il ruolo svolto dal riduttore assolve sempre il medesimo compito.

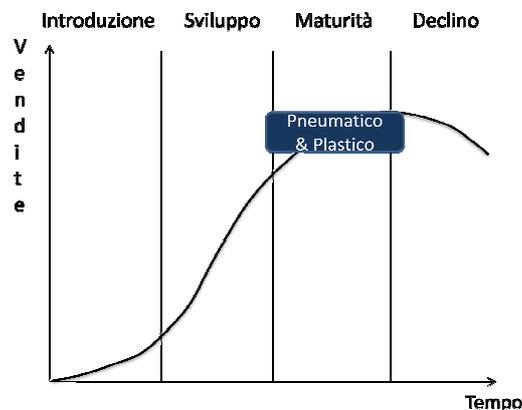
Argomentazioni profondamente differenti vanno sviluppate per quanto riguarda la movimentazione intesa come mezzi meno particolari (gru edili, carri ponte tradizionali) e come il settore ferroviario. Quest'ultimo in particolare presenta una collocazione nella fase di sviluppo, in cui sono in piena crescita le soluzioni per le alte velocità e nel quale la prospettiva di domanda è sempre in aumento.

### 5.1.7 MACROSETTORE PETROLIFERO



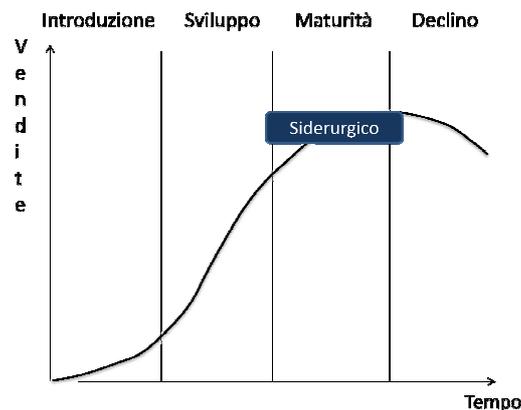
Il petrolifero assume una posizione di maturità, impianti di raffinazione e sistemi di perforazione adottano ormai stabilmente e senza variazioni rilevanti organi di riduzione per il controllo dei differenti strumenti di creazione del prodotto ultimo.

### 5.1.8 MACROSETTORE PNEUMATICO e PLASTICO



Nel macrosettore della plastica e della gomma i mezzi di realizzazione dei prodotti finali si trovano ad uno stabile livello di maturità, ne consegue che anche in questo comparto gli organi di trasmissione si collocano su di un ruolo di ampia stabilità nello sviluppo tecnologico. Certamente la direzione intrapresa dal ciclo tecnologico non è la stessa di quello della domanda primaria, che si attesta in una fase di largo aumento, in conseguenza al trend del settore finale.

### 5.1.9 MACROSETTORE SIDERURGICO



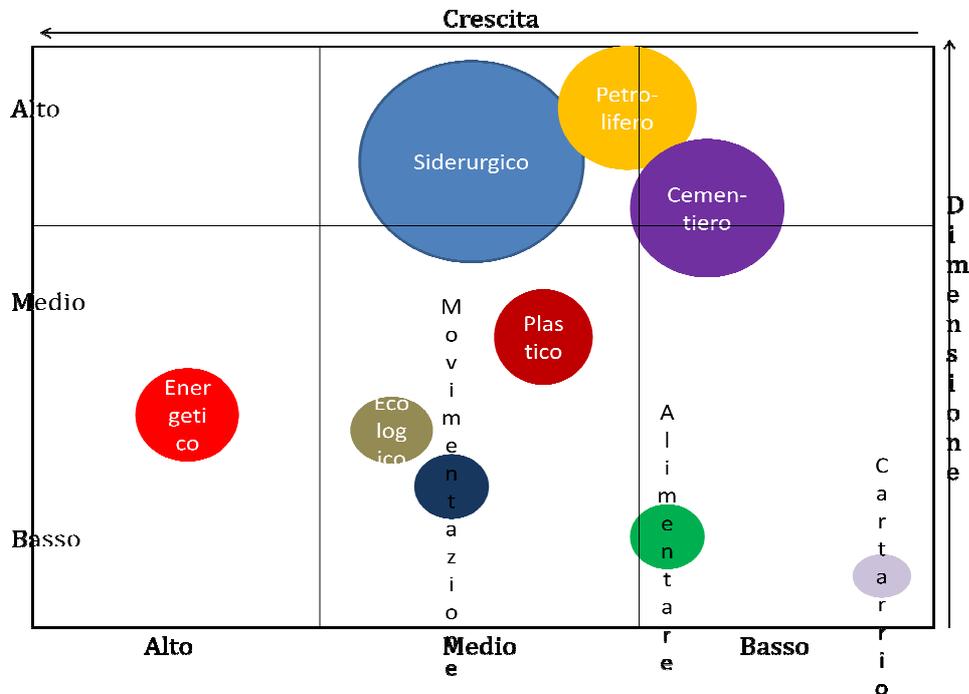
Infine le medesime considerazioni svolte per la maggior parte dei comparti precedenti possono essere sostenute anche per questo macrosettore, in cui il riduttore svolge ormai da molti anni un ruolo essenziale per il controllo delle diverse macchine che attuano la lavorazione dei metalli. Evidentemente il mercato si muove ancora in una direzione di crescita, influenzata notevolmente anche dalle economie in crescita.

### 5.1.10 CONCLUSIONI ANALISI DEL CICLO DI VITA

Nella valutazione del livello di penetrazione del variatore di giri per ciascun'area di applicazione, prerogativa essenziale in una analisi di mercato, è necessario tenere in considerazione che il grado di maturità, raggiunto in molti settori, non ha alcuna analogia con la stessa fase del ciclo di vita di un prodotto commerciale. Il ciclo di vita dei prodotti industriali, e a maggior ragione quello di beni strumentali come i modificatori, si caratterizza di una durata dell'ordine dei decenni. Piuttosto che parlare di maturità del prodotto sarebbe più corretto parlare di maturità della tecnologia dei prodotti, se infatti la tecnologia del prodotto è abbastanza consolidata, molte aziende investono in R&S non su nuove tecnologie ma studiando per esempio la riduzione degli attriti ecc, il ciclo della domanda primaria è ancora in una fase di ampio sviluppo. In alcune aree, l'Europa occidentale ad esempio, ha inizio la saturazione del mercato, nel quale la crescita corre parallela alla crescita dell'economia, a parità di altre condizioni; ma sono presenti aree in via di sviluppo in cui il ciclo della domanda è appena all'inizio.

### 5.2 ANALISI MACROSETTORI TENDENZA VS DIMENSIONE

Prendendo in considerazione la tendenza di crescita prevista e la dimensione del macrosettore si può ottenere un quadro d'insieme che meglio esplica il contesto generale delle differenti applicazioni del settore.



Dalla figura si può osservare che i settori con la più ridotta prospettiva di crescita siano il cartario ed il cementiero, in concomitanza di una maggiore repressione subita dalla crisi; mentre il comparto energetico è quello con attese di crescita maggiori. Il potenziale di sviluppo di quest'ultimo è particolarmente vasto, dato che il livello di penetrazione delle diverse applicazioni nel mercato di riferimento è ancora limitato.

Il livello di dimensione di ciascun settore, data l'assenza di informazioni globali sugli industrial gear, è frutto di stime ed approssimazioni derivate dalle numerose interviste effettuate con le più diverse figure del settore.

### 5.3 ANALISI RELAZIONE MARGINI - DIFFICOLTA'

Studiando le diverse applicazioni si può ipotizzare che riduttori e moltiplicatori a seconda dell'utilizzo a cui sono preposti presentino variazioni nei prezzi. È abbastanza evidente che al crescere delle dimensioni e delle potenze necessarie il costo di realizzazione si innalzi quasi linearmente, non è così ovvio invece

che a seconda dell'ambito di applicazione cambino i requisiti di progettazione, le sollecitazioni in gioco, i processi di installazione ed in estrema sintesi l'abilità del produttore. Quest'ultimo può di conseguenza raggiungere margini più elevati ed assistere ad una progressiva riduzione della concorrenza.

FIGURA

Le adozioni nel minerario, nel siderurgico e nel cementiero risultano essere le più complesse da realizzare, per i requisiti prestazionali e soprattutto per le condizioni di funzionamento a cui sono sottoposte: sollecitazioni elevate, ambienti angusti e posizionamenti critici. Ne consegue che in questi comparti il quadro competitivo riscontra la presenza di un numero ridotto di attori, ovviamente non in termini assoluti ma in relazione a quello dell'intero settore.

#### *5.4 ANALISI DELL'INTENSITA' TECNOLOGICA E DELLA DIMENSIONE DEI COMPETITORS*

Valutando la dimensione media dei competitors e l'intensità tecnologica del settore si può esaminare la difficoltà di un investitore esterno ad inserirsi in ogni macrosettore, all'aumentare di questi due parametri l'investimento necessario (nell'acquisto di macchinari ed impianti produttivi) diviene più impegnativo.

Ne deriva che i comparti del cemento, della siderurgia e minerario (inteso come esclusivamente speciale) sono quelli che presentano una maggiore intensità tecnologica e una dimensione media dei concorrenti bassa. Per quanto riguarda invece la maggior parte dei macrosettori la posizione assunta è intermedia sia per il livello tecnologico sia per quello dimensionale dei competitors. Il macrosettore della movimentazione, nella sua accezione semi speciale, è caratterizzato da una dimensione delle aziende rivali più elevata e da un livello tecnologico maggiore.

È necessario puntualizzare che i macrosettori della parte bassa della matrice esigono forse una maggiore componente intellettuale e pratica e un parco macchine ecc molto flessibili ma meno costose.

Se come si è detto in precedenza il mercato degli speciali è una nicchia quello che sta x verificarsi è una concentrazione anche di grandi imprese nel futuro es Sew e frase del tipo.

#### *5.6 ANALISI NORMATIVA E DEGLI INCENTIVI*

Prendendo in considerazione le normative, vigenti ed in via di promulgazione, e le politiche di incentivazione promosse si può osservare quale macrosettore, tra quelli individuati, venga agevolato maggiormente.

Dall'analisi emerge che il macrosettore dell'energia è l'unico a poter godere sia di normative in favore dell'adozione di impianti di energia rinnovabile sia di incentivi economici per l'acquisto.

Altri macrosettori che subiscono alcuni effetti positivi da normative vigenti sono, a seconda delle diverse politiche agricole di ciascuna nazione, .

Aspetti vincolanti a livello europeo riguardano invece il macrosettore alimentare, in seguito alla messa in vigore della legge... in Italia ed in altre nazioni dell'Unione si è assistito ad una forte riduzione della presenza di zuccherifici. Altra componente sfavorevole, anche se per ora riguarda solamente l'area dei variatori standard, ma si presuppone possa in futuro coinvolgere anche questo comparto è la normativa IE2 sull'efficienza energetica dei motori elettrici, i quali sono soggetti a vincoli sempre più stringenti a favore del risparmio energetico, ne consegue che anche i riduttori ne subiscano gli effetti.

#### *5.6 ANALISI VULNERABILITA' RISPETTO AD ALTRE TECNOLOGIE*

L'analisi di vulnerabilità è uno strumento analitico per la pianificazione strategica che ha l'obiettivo di individuare delle minacce, molto spesso sottovalutate, che possono danneggiare o addirittura distruggere un business. Lo studio individua il livello di vulnerabilità della tecnologia dei modificatori in relazione al tempo d'impatto previsto con una potenziale minaccia. In particolare si cerca di individuare le tecnologie, tipicamente emergenti, che potrebbero in futuro sostituirsi a quella dei variatori meccanici. Riduttori e moltiplicatori, come già espresso in precedenza, si fondano su una tecnologia

ormai affermata, è estremamente importante quindi non trascurare i segnali, anche deboli, che potrebbero far presagire una possibile sostituzione.

Il rischio maggiore riguarda il settore energetico, anche se, come sarà dimostrato nel prossimo capitolo, riguarda solo un'area del macrosettore. In sintesi la tecnologia dei motori a magneti permanenti risulta potenzialmente sostitutiva per i moltiplicatori nel settore eolico, mentre altri impieghi è meno competitiva e nella riduttoristica rimane estraneo.

Relativamente agli inverter la previsione di lungo termine può presagire una possibile concorrenza, ma soprattutto per gli impieghi difficoltosi, trattati nel paragrafo 5.4, rimane remota.

#### *5.5 ANALISI DEL SISTEMA COMPETITIVO*

Se in precedenza si è parlato di questo settore come di una nicchia di mercato relativamente protetta, le tendenze in atto sembrano prefigurare una certa concentrazione prospettica per il futuro, con l'inserimento in questo comparto delle grandi aziende della riduttoristica standard.

#### *5.8 CONCLUSIONI*

#### *5.6 FOCUS SUL CONTESTO ITALIANO*

L'alimentare, come accennato in precedenza, è qui ricondotto ai soli settori bieticolo-saccarifero, oleario e della macinazione. Il primo è composto a livello nazionale da soli 5 gruppi, le cui quote di produzione sono regolamentate a livello comunitario; il secondo è composto da più di un milione di aziende agricole, distribuite principalmente al sud ed al centro con una trend della produzione media annua 2007-2010 pari a -0,03%.

La carta registra in Italia un tasso medio annuo 2006-2009 della produzione industriale di circa -2,7% (con drastico calo nel 2009). Annovera circa 5000 imprese, con una composizione della struttura produttiva in prevalenza di micro e piccole imprese 66,7%, e 26,6%.

Il numero degli addetti totali è di circa 78038, che registra sempre per lo stesso periodo un tasso di crescita medio annuo pari a -1,8%. La variazione media annua delle imprese attive si attesta a -0,7%. Risultati percentuali inferiori a zero perché fortemente influenzate dalle performance negative delle cartiere.

Le aspettative, alla luce di macrotrend in atto e di norme comunitarie vincolanti, non prefigurano prospettive altamente interessanti.

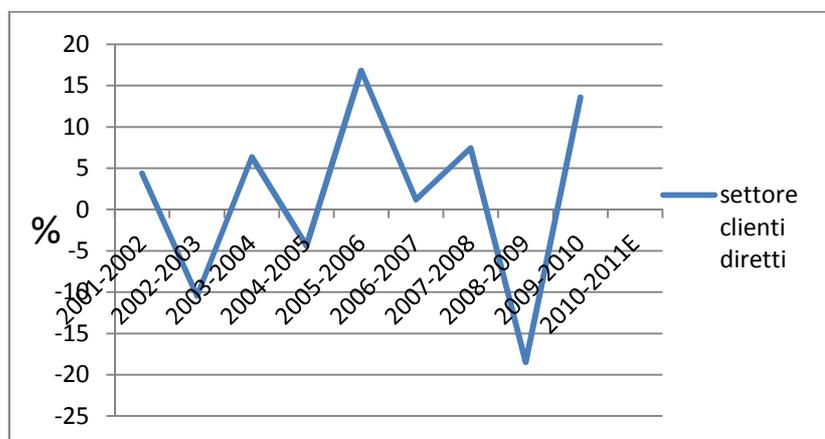
Nel comparto cementiero la recessione ha avuto ripercussioni estremamente rilevanti: nel periodo 2006-2009 la produzione ha registrato un calo medio annuo del 7,1%, i fatturati del 2%, a fronte di incrementi nei costi di produzione e commercializzazione.

La produzione di cemento in Italia, che nel biennio 2008-2009 aveva subito pesanti contraccolpi (-15,6% rilevato nel 2009), mostra ancora un forte “effetto trascinarsi” (-5,3% nel 2010) che potrebbe estendersi fino al 2012.

Nel complesso i volumi prodotti in Italia sono stati pari a 34,4 milioni di tonnellate, confermando così la posizione di primo produttore nell’area UE 27.

A causa del più ristretto campo di utilizzo del riduttore e del momento di impasse del settore delle costruzioni ed immobiliare, si presuppone una reazione ancora limitata del comparto, la cui conseguenza è renderlo, al momento, non particolarmente interessante.

L’andamento storico dei fatturati nel settore della movimentazione è particolarmente discontinuo, quindi non esclusivamente riconducibile alla recente crisi economica.



È da notare, che, se si fossero presi in considerazione anche i dati relativi ad aziende che adottano riduttori per i macchinari di movimentazione standard, il risultato sarebbe stato maggiormente lineare e con trend positivo.

Con la realizzazione di prodotti standard di maggiori dimensioni e prestazionalmente migliori, per questa specifica applicazione, si può presupporre un assottigliamento del mercato a favore dei costruttori di riduttori tradizionali.

Il settore dello smaltimento dei rifiuti ha realizzato ottime performance di crescita, reagendo in modo relativamente positivo anche alla situazione di crisi. Come evidenziato anche in precedenza è un altro dei comparti che forse sono stati colpiti in maniera meno intensa dalla crisi e presenta sicuramente ampi margini di crescita ulteriore.

È evidente quanto il campo delle energie rinnovabili sia estremamente interessante dal punto di vista dei margini di crescita attuali e prospettici, questo non deve però spingere a conclusioni affrettate, in quanto numerose aziende stanno intraprendendo diverse strategie, rendendo ancora incerta la prospettiva, che comunque rimane valida. È opportuno inoltre approfondire alcuni aspetti, per quanto concerne il comparto eolico: infatti il moltiplicatore costituisce un fattore critico (frequenti guasti e conseguenti interventi manutentivi) per gli aerogeneratori ed alcune aziende stanno studiando, con successo, soluzioni senza questa componente.

Il petrolifero registra in Italia un tasso medio annuo 2006-2009 della produzione industriale di circa -3,6%. Si compone di 707 imprese, metà delle quali (54%) identificabili come micro e solo il 7% come medio-grandi; il numero di addetti è 19150, maggiormente impiegati nelle società di dimensioni considerevoli.

Come emerso dalla precedente analisi, può essere considerato come uno dei pochi comparti ad aver risentito meno della situazione creatasi negli ultimi anni e ad aver realizzato le performance relative migliori.

Anche il settore plastico registra un performance negativa del livello produttivo nel corso del quadriennio 2006-2009, in questo caso pari a -4,3%. È formato da 14471 imprese, con netta prevalenza di microimprese (62%), e con un tasso annuo negativo di 0,2% per quelle attive.

L'industria della gomma ha risentito evidentemente della crisi economica in modo significativo, l'impressione è però che abbia già “imboccato la via della ripresa”, con interessanti tassi di crescita del fatturato.

La siderurgia ha evidenziato un andamento dei volumi produttivi molto negativo negli scorsi anni, con un tasso medio di -7,4%. Le informazioni relative allo scorso anno e all'ultimo semestre di questo sono però estremamente incoraggianti. Il tasso di crescita del fatturato nell'arco temporale degli ultimi dieci anni evidenzia che il trend complessivo è ampiamente positivo, nonostante si registri ovviamente un forte rallentamento nel corso degli ultimi anni.

“L'industria del ferro” colpita fortemente dalla crisi economica, ha registrato già una considerevole ripresa e, considerando inoltre l'ampia varietà dei mercati di impiego, ne consegue che anche il nostro mercato abbia interessanti prospettive.