

1.1. LA RICERCA & SVILUPPO E L'EVOLUZIONE DEI PROCESSI INDUSTRIALI IN CAMPO CHIMICO E METALLURGICO

Conferenza tenuta agli allievi della V Classe di chimica industriale dell'Istituto Cobianchi il 30 aprile 1988

I PROCESSI DI TRASFORMAZIONE

Gran parte delle attività industriali riguardano la trasformazione dei prodotti della terra (minerali, petrolio, carbone, aria, acqua, ecc.) in beni di consumo come cibo, abiti, televisori, automobili, ecc. Questa trasformazione avviene attraverso una serie di processi di trasformazione collegati in maniera complessa tra di loro. Questi processi possono essere manifatturieri; i processi chimici prevalgono soprattutto nelle prime fasi di trasformazione, mentre quelli manifatturieri sono caratteristici della parte finale.

La Fig. 1. presenta una visione molto schematica dei vari processi di trasformazione con i loro collegamenti complessi e il riciclo dei vari intermedi. Possiamo notare anche l'esistenza di un flusso inverso di materia che va dai beni di consumo alla terra, si tratta del problema dei rifiuti che non sempre possono essere riciclati nei processi produttivi. Lo schema presentato è volutamente generico, infatti la ricostruzione dell'insieme reale di un processo di trasformazione è in generale molto complessa e comporta non solo l'identificazione delle catene di trasformazione e i loro collegamenti, ma anche quella di percorsi e processi alternativi.

Questa ricostruzione è basilare per l'elaborazione delle strategie industriali che decidono di investimenti per nuove produzioni o chiusura di impianti esistenti.

L'ECONOMIA DI UN PROCESSO CHIMICO

Per capire meglio quali sono i meccanismi economici che sono alla base della nascita, vita e morte di un processo, e nel nostro caso particolare di un processo chimico, è bene riportarsi alla Fig. 2. In generale un processo è alimentato con materie prime e intermedi, in funzione della sua posizione nella catena delle trasformazioni (vedi Fig. 1). Un processo necessita anche di energia elettrica ed eventualmente di combustibili, per l'apporto necessario di energia. Il prodotto del processo è ripreso nella catena successiva delle trasformazioni o più raramente dall'utilizzatore finale. Il prodotto è in generale accompagnato da sottoprodotti, alcuni dei quali possono essere utilizzabili, altri invece sono spesso da ritrattare per ragioni ambientali.

Il processo per funzionare ha bisogno anche di un importante apporto immateriale, si tratta del "Know how", il saper fare, cioè quell'insieme di conoscenze, in parte esistenti già nella concezione dell'impianto, e in parte messe a disposizione dal personale addetto che permettono di far funzionare a dovere il processo.

L'aspetto economico riguardante il funzionamento dell'impianto è molto importante. Infatti per assicurare una vita all'impianto è importante che i costi di produzione siano inferiori ai prezzi di mercato dei prodotti dell'impianto. La differenza tra i prezzi di mercato e i costi di produzione è chiamata margine e costituisce un parametro molto importante per decidere della chiusura o avvio di un impianto. Le cause economiche di una chiusura o avvio di un impianto sono descritte nei paragrafi seguenti.

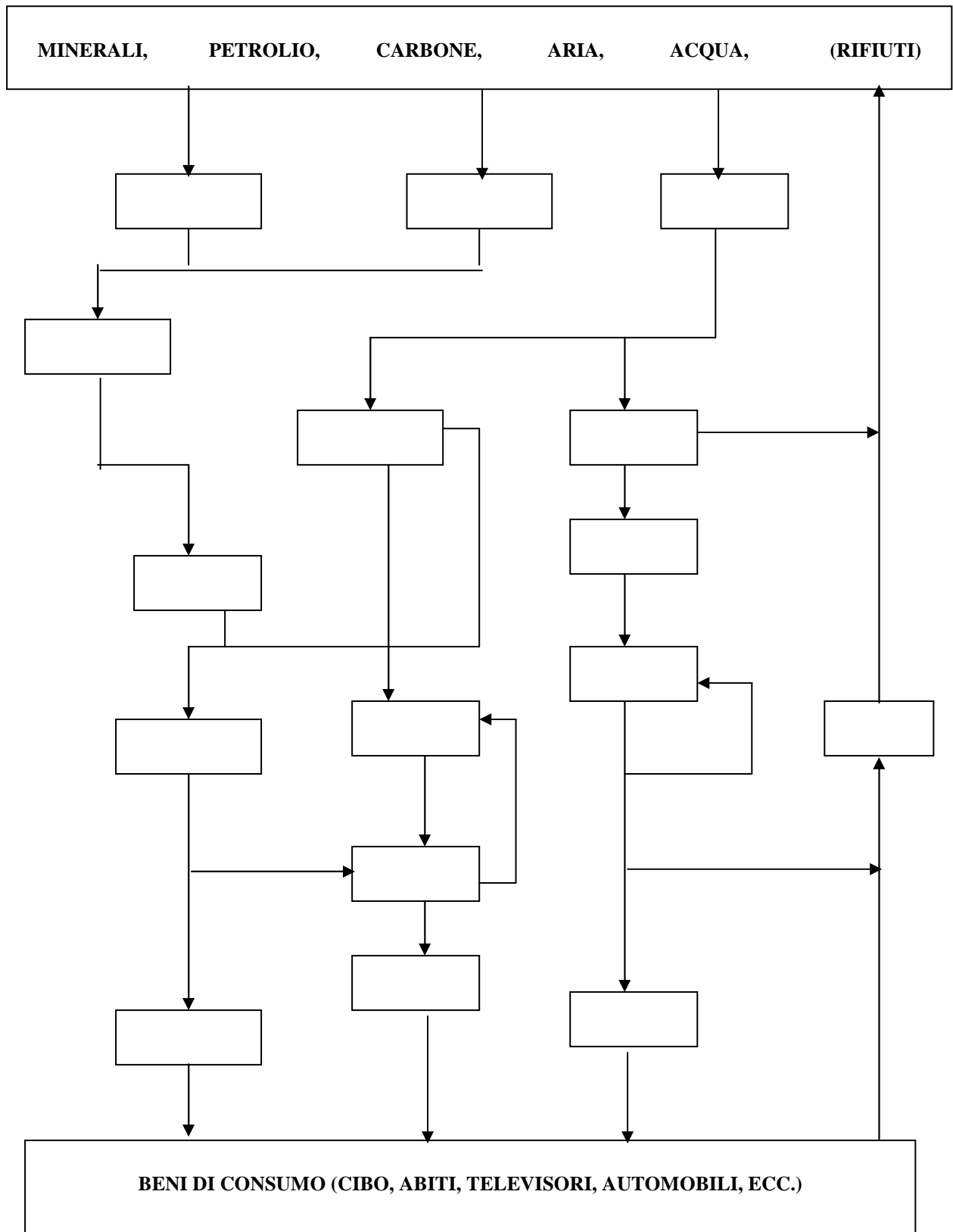


Fig.1. Vista schematica della trasformazione delle materie prime in beni di consumo

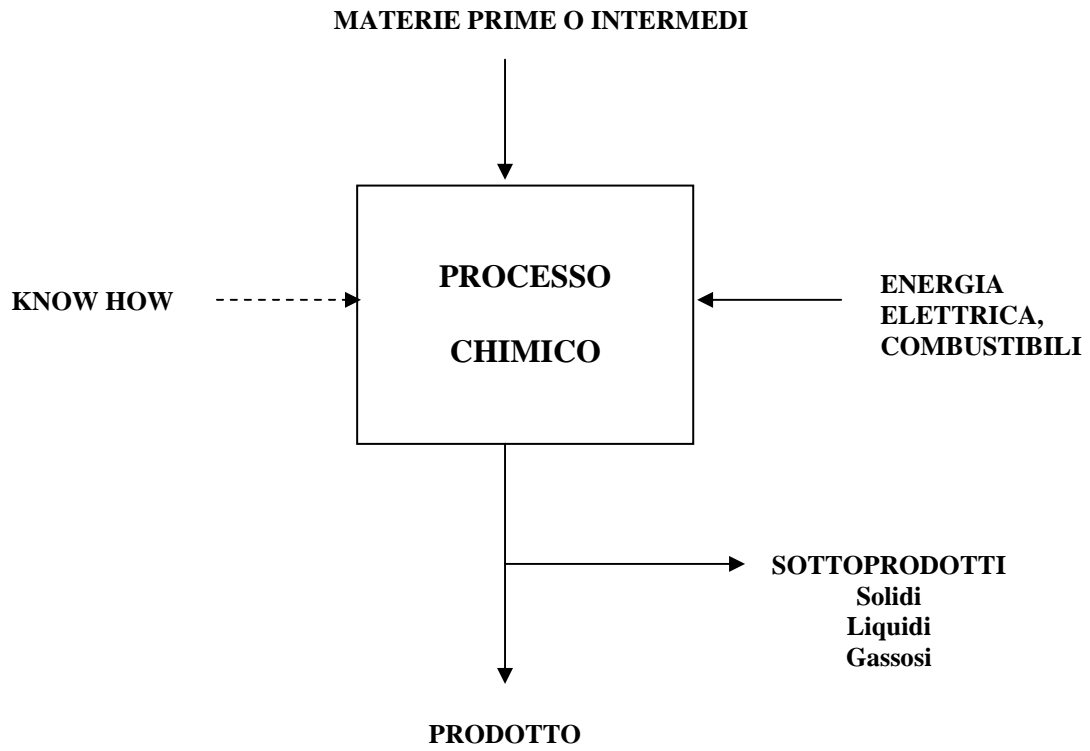


Fig. 2. Schema generale di un processo chimico

Le cause economiche di chiusura di un impianto

Abbiamo visto precedentemente come i margini siano importanti per indicare il grado di economicità di un impianto. Vediamo adesso le ragioni economiche che rendono questi margini negativi. Le cause principali sono due:

1. Riduzione o scomparsa del mercato del prodotto
2. Costi di produzione che diventano più elevati del prezzo di mercato del prodotto

La prima causa è provocata da un'evoluzione delle catene dei processi di trasformazione che, modificandosi a causa delle loro specifiche economie, rendono obsoleto il prodotto. La seconda causa è più complessa e può avere varie origini come:

Costi elevati delle materie prime o dell'energia

È alla base del trasferimento geografico di molte produzioni come la produzione di acciaio, ferroleghie, alluminio verso il Brasile o il Venezuela a causa della disponibilità locale di minerali ed energia elettrica a basso costo. Anche il trasferimento di produzioni di chimica di base verso paesi del medio oriente ricchi in petrolio rientra in questo caso.

Costi elevati di manodopera

Questa causa è alla base del trasferimento di produzioni verso paesi del sud est asiatico. Essa interessa soprattutto i processi manifatturieri e meno i processi chimici che spesso hanno costi di manodopera di minore importanza rispetto agli altri costi.

Evoluzione del know how

Lo sviluppo di un nuovo processo più efficace può ridurre i costi e rendere il vecchio processo economicamente non valido.

Costi elevati di investimento

Questa causa è molto importante ed è legata al fatto che i costi di investimento non crescono proporzionalmente con il livello di produzione e incidono in maniera minore su impianti di grande produzione che su quelli di piccola produzione. Si aggiunge poi anche il fatto che i bisogni di manodopera aumentano molto poco con l'aumentare del livello di produzione. Ad esempio non è più possibile considerare economico già da molti anni in Europa un impianto di produzione di ammoniaca di capacità inferiore alle 1000 t/giorno. La Fig. 3 rappresenta l'andamento dei costi di investimento in funzione del livello di produzione secondo un'equazione empirica che rende l'investimento proporzionale al livello di produzione elevato alla potenza di 0,7. Questa equazione si è dimostrata valida per molti tipi di processi chimici. La stessa figura riporta anche l'evoluzione dell'investimento riferito all'unità prodotta che come si vede si riduce fortemente con l'aumentare della produzione.

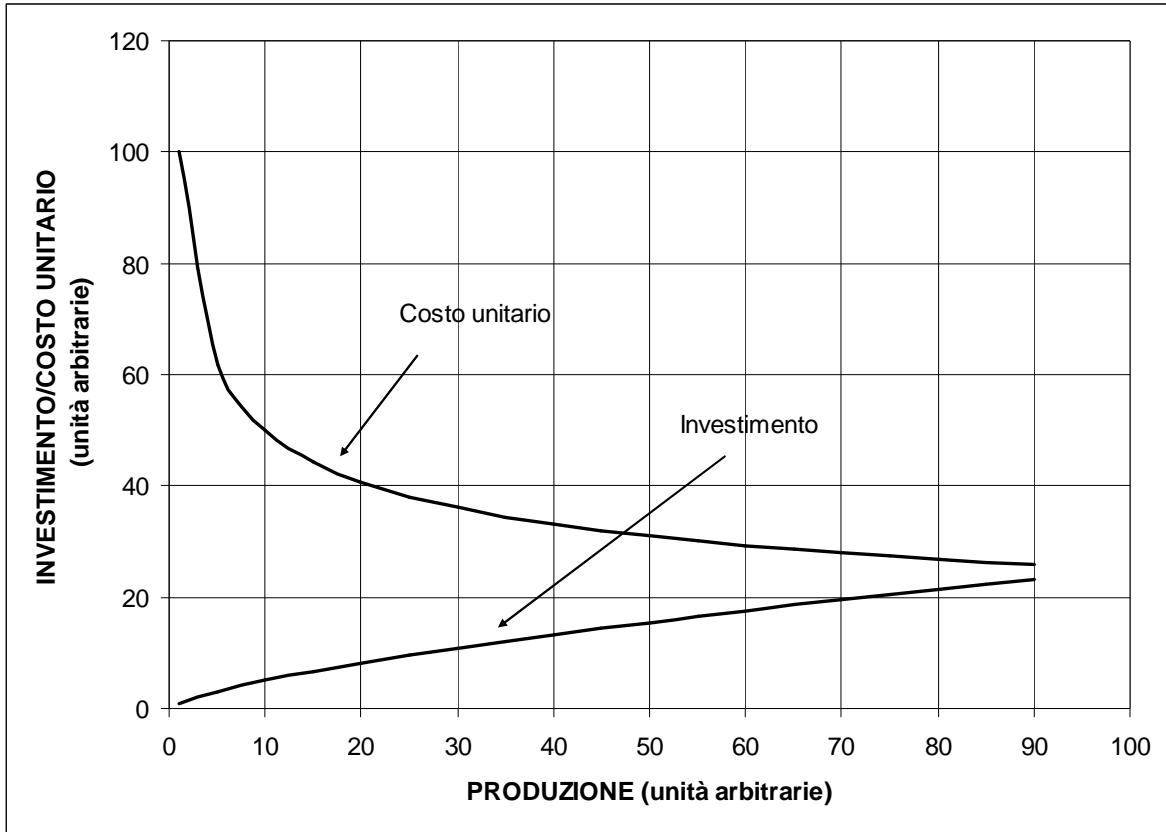


Fig. 3. Investimento in funzione della capacità di produzione

Le condizioni economiche dell'avvio di un impianto

Mentre la decisione di chiusura di un impianto è basata principalmente su dati di esercizio esistenti, la decisione di avvio di un impianto si basa su previsioni di esercizio. Invece dei margini previsti si considera soprattutto il valore del ritorno di investimento calcolato che deve essere sufficientemente corto. Questa scelta non è fatta tanto per massimizzare i guadagni ma piuttosto per minimizzare i rischi. Infatti un rapido ritorno di investimento può assicurare margini positivi anche in caso che le previsioni non si realizzino pienamente e che ci si trovi a far fronte a difficoltà di produzione o a problemi di mercato del prodotto non previsti. La natura e l'entità dell'investimento è quindi molto importante nella valutazione dei rischi economici di una decisione di avvio di un impianto. E' interessante quindi esaminare un pò più in dettaglio la natura di questo investimento.

Essenzialmente un impianto in un'industria può essere realizzato in due maniere:

1. Attraverso lavori di ricerca & sviluppo del processo
2. Attraverso l'acquisto di tecnologia dall'esterno

Se consideriamo un arco di tempo di 15 anni possiamo vedere nella Fig. 4 la distribuzione degli investimenti che bisogna fare nel corso dei vari anni per ambedue i casi. Nel caso della ricerca & sviluppo occorrono alcuni anni per superare, dapprima le fasi di laboratorio, e poi di impianto pilota prima di progettare e costruire l'impianto ed esistono rischi di non arrivare ai risultati previsti. Acquistando la tecnologia i rischi di non riuscire a far funzionare l'impianto sono minori. Il periodo di realizzazione è più corto e basta ad esempio ad esempio iniziare gli investimenti al quarto anno con un breve studio sulla tecnologia da acquistare per entrare in produzione contemporaneamente al caso in cui si segua la strada della ricerca & sviluppo.

Se il lavoro della ricerca & sviluppo è stato condotto bene, i costi di investimento possono essere inferiori a quelli del caso di acquisto di tecnologia. In quest'ultimo caso esistono infatti costi di licenza e diritti di fabbricazione che si prolungano anche negli anni successivi di vita dell'impianto. Nella Fig. 5 abbiamo riportato l'andamento dell'impianto. Si osservi come questa possa cominciare solo al settimo anno dagli inizi dei lavori di ricerca & sviluppo, e al terzo anno nel caso in cui si decida di acquistare la tecnologia. La produzione poi continua per altri sette anni fino al momento in cui si decida la chiusura dell'impianto per una delle ragioni discusse precedentemente o magari semplicemente per sostituirlo con uno più grande migliorando la sua economia. Il periodo indicato da questi grafici può naturalmente essere differente a seconda dei casi, quello rappresentato è però abbastanza tipico e la tendenza attuale è verso un accorciamento soprattutto del periodo di produzione dell'impianto.

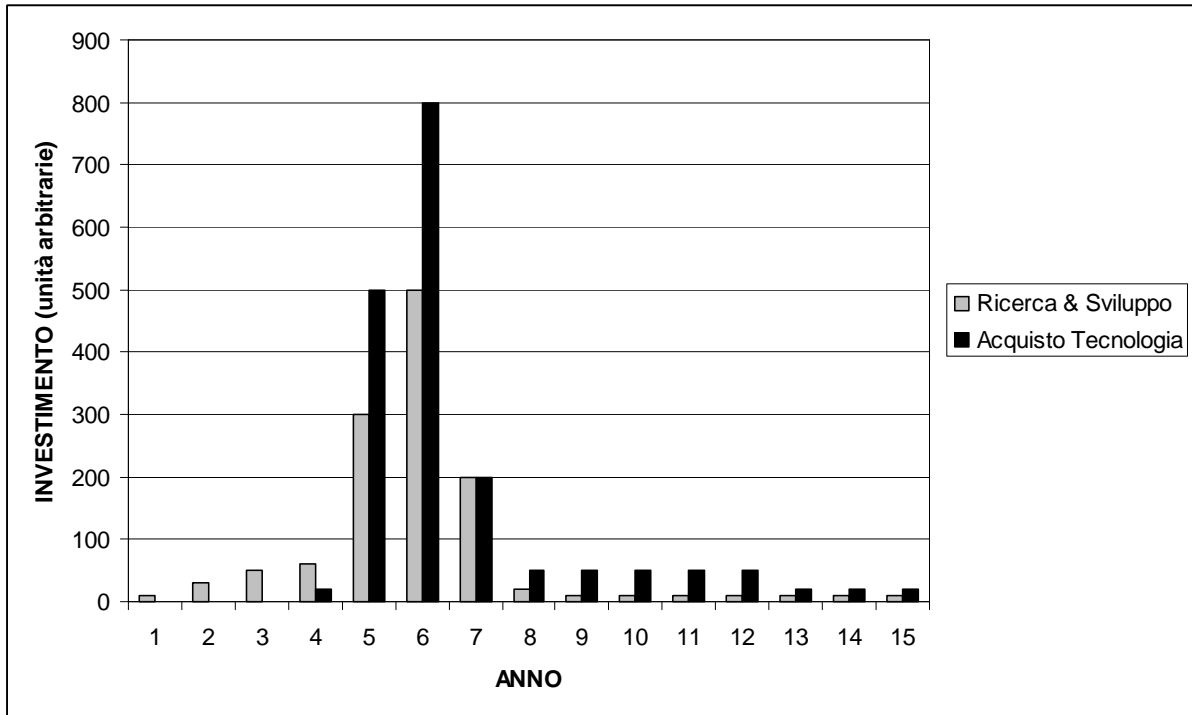


Fig. 4. Evoluzione degli investimenti

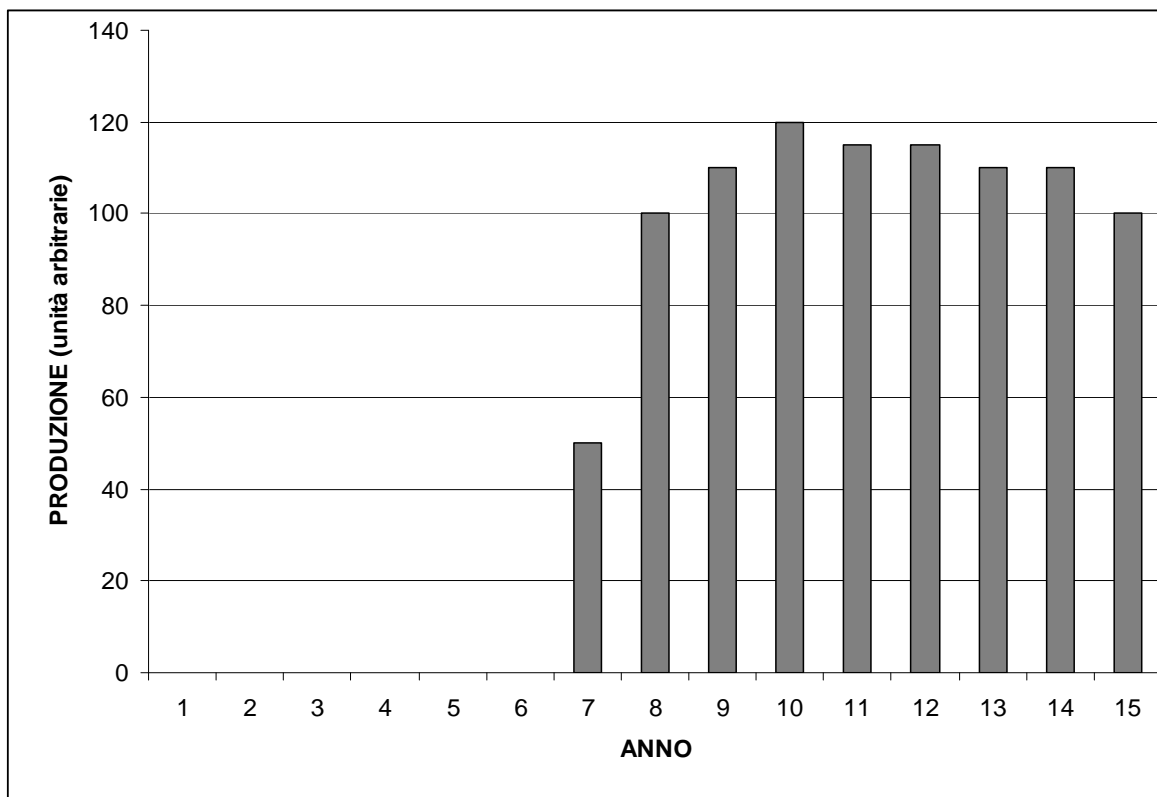


Fig. 5. Evoluzione della produzione

L'IMPORTANZA DELLA RICERCA & SVILUPPO

Come abbiamo visto precedentemente l'acquisto della tecnologia è apparentemente un sistema rapido e sicuro per realizzare un impianto, esso può essere anche meno costoso se la ricerca & sviluppo in competizione non ha il successo sperato. Una politica di impresa di solo acquisto di tecnologia della ricerca può però essere molto pericolosa e provocare la morte stessa dell'impresa a lungo termine. Infatti bisogna considerare che le tecnologie disponibili per un acquisto sono in generale mature se non addirittura vicine all'obsolescenza e influenzano pesantemente le capacità di concorrenza dell'impresa e ne rendono difficile l'esistenza in un mondo come quello attuale caratterizzato da un alto grado di innovazione.

La politica di investire in ricerca & sviluppo, nonostante i costi e rischi associati, rimane la sola in grado di poter assicurare la vita a lungo termine dell'impresa.

La RICERCA E SVILUPPO IN ITALIA IN CAMPO CHIMICO

L'impresa italiana ha sempre privilegiato in tutti i campi e soprattutto in campo chimico la politica di acquisto della tecnologia rispetto alla ricerca & sviluppo creando ampi ritardi tecnologici in numerosi settori. Nella Fig. 6 abbiamo riportato la bilancia tecnologica italiana del 1986 per le tecnologie di tipo chimico. I valori corrispondono a esborsi o introiti riguardanti licenze e diritti di brevetto pagati o incassati dalle imprese italiane sull'estero. Si può vedere che i saldi sono tutti negativi, salvo il caso delle tecnologie per il petrolio, e ammontano a un totale di circa 250 miliardi. Bisogna tener conto inoltre che questi valori sono plusvalenze pure e non comprendono i costi di costruzione degli impianti né i costi di assistenza tecnica per il loro funzionamento.

Da qualche anno comunque anche in Italia la tendenza si sta invertendo e si comincia a capire l'importanza della ricerca & sviluppo sia a livello dell'impresa che da parte dello Stato. Infatti in quasi tutti i paesi industrializzati lo Stato svolge un ruolo attivo per finanziare almeno in parte i rischi che sono assunti dalle attività di ricerca & sviluppo. In questo senso è stato messo a disposizione in Italia dal CNR un fondo per progetti finalizzati ad applicazioni industriali in vari campi tra cui la chimica fine. La Fig. 7 rappresenta i fondi messi a disposizione dal CNR per questi progetti dal 1979 al 1986. E' interessante osservare come la messa a disposizione di questi fondi si sia tradotta in un numero quasi proporzionale di brevetti come riporta la Fig. 8.

SETTORE DELLE TECNOLOGIE DI TIPO CHIMICO

VALORI IN MILIONI DI LIRE

SETTORE	ESBORSI	INTROITI	SALDO
MINERALI	3961	197	-3764
CARBONE	5946	4706	-1240
PETROLIO, BITUME	2720	9020	6300
PROD. INORGANICI, CONCIMI	4928	454	-4474
COMPOSTI ORGANICI DI BASE	13168	4820	-8348
FARMACEUTICI	84139	21745	-62394
COLORANTI	8566	567	-7999
PROFUMI	30071	904	-29167
DETERGENTI	40316	226	40090
MATERIALI SENSIBILI	16702	1003	-15699
FITOFARMACI	3560	130	-3430
ALTRI PRODOTTI CHIMICI	24271	7686	-16585
MATERIE PLASTICHE, GOMMA	55580	9949	-45631
FIBRE ARTIFICIALI E SINT.	3569	664	-2905
METALLI FERROSI	12874	6390	-6484
METALLI NON FERROSI	8594	1805	-6789
TOTALE:	318965	70266	-248699

Fig. 6. Bilancia tecnologica italiana dei pagamenti del 1986

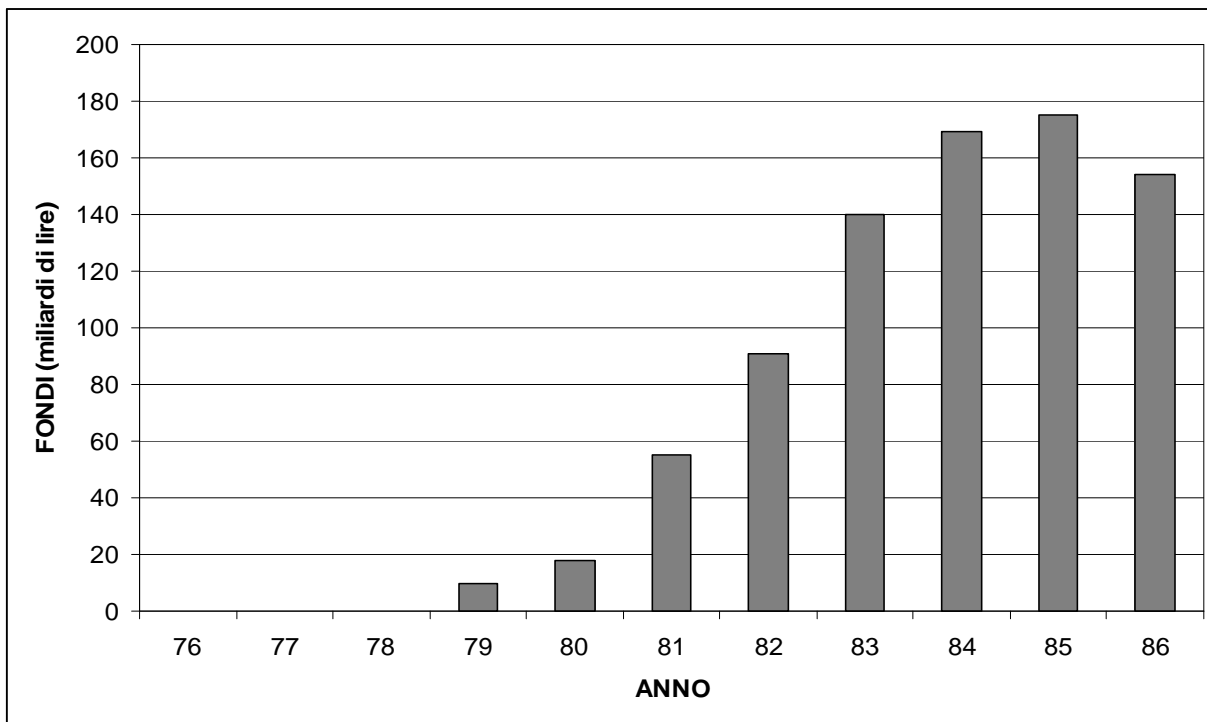


Fig. 7. Fondi stanziati dal CNR

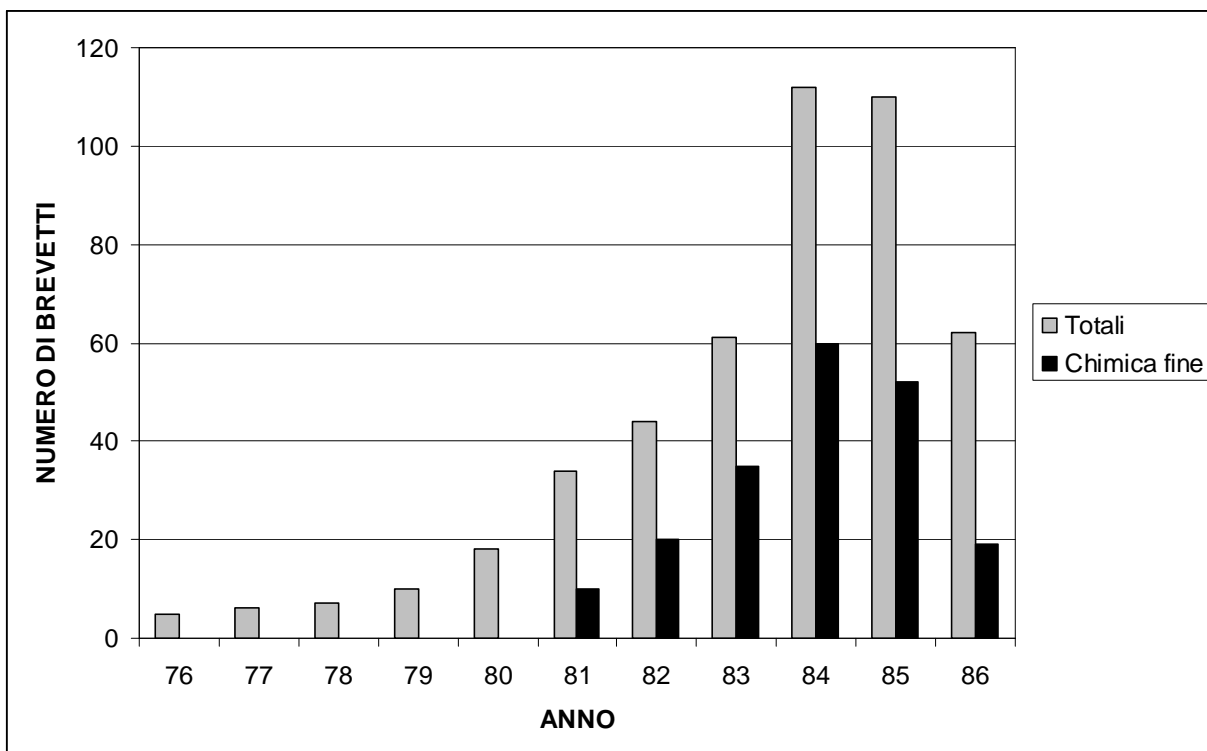


Fig. 8. Brevetti depositati dal CNR

Evoluzione recente degli Investimenti in Ricerca & Sviluppo

La complessità dei problemi e l'importanza della ricerca & sviluppo per la vita economica dell'impresa ha provocato nei paesi industriali più avanzati modifiche sostanziali nei sistemi di finanziamento, generazione e utilizzo dei risultati della ricerca & sviluppo.

La Fig. 9 riporta schematicamente il sistema tradizionale, esso è composto da due sorgenti principali di fondi per la ricerca applicata che sono lo Stato e il capitale industriale. Esse alimentano le università e i laboratori di ricerca delle grandi imprese che sono i soli luoghi dove si fa ricerca & sviluppo. Le conoscenze elaborate nelle università sono trasferite nelle grandi imprese che sono le sole in grado di usarle per le proprie produzioni. I tratti pieni della figura indicano i flussi principali di finanziamento mentre i tratti punteggiati indicano il trasferimento di conoscenze.

La Fig. 10 riporta invece il sistema attuale, tipico dei paesi industriali avanzati, che, come si vede, è molto più complesso del precedente. Prima di tutto ai fondi statali si sono aggiunti in Europa i fondi comunitari. Per coprire il bisogno di ricerca applicata, che l'università non è sempre in grado di soddisfare poiché i suoi fini istituzionali sono principalmente didattici e di ricerca di base, sono nati gli istituti parauniversitari, come i centri del CNR liberi da incombenze didattiche, e quindi anche organizzazioni private che offrono servizi per studi e ricerche al capitale industriale in concorrenza con i laboratori delle grandi imprese. Negli ultimi anni si è avuta un'ulteriore evoluzione con la nascita di piccole imprese ad alta tecnologia chiamate "High-tech" dall'inglese High Technology (alta tecnologia). Queste imprese costituite da personale in genere proveniente da università o grandi laboratori di ricerca, perseguono in maniera indipendente progetti di ricerca avanzati o anche piccole produzioni ad alto valore aggiunto. Queste imprese sono finanziate da un nuovo tipo di capitale disponibile per la ricerca & sviluppo chiamato capitale a rischio (Venture Capital). Questo capitale si offre a progetti di ricerca & sviluppo in grado di generare potenzialmente rapidi ritorni di investimento e compensare così i rischi dei progetti che fatalmente non raggiungono gli obiettivi prefissati.

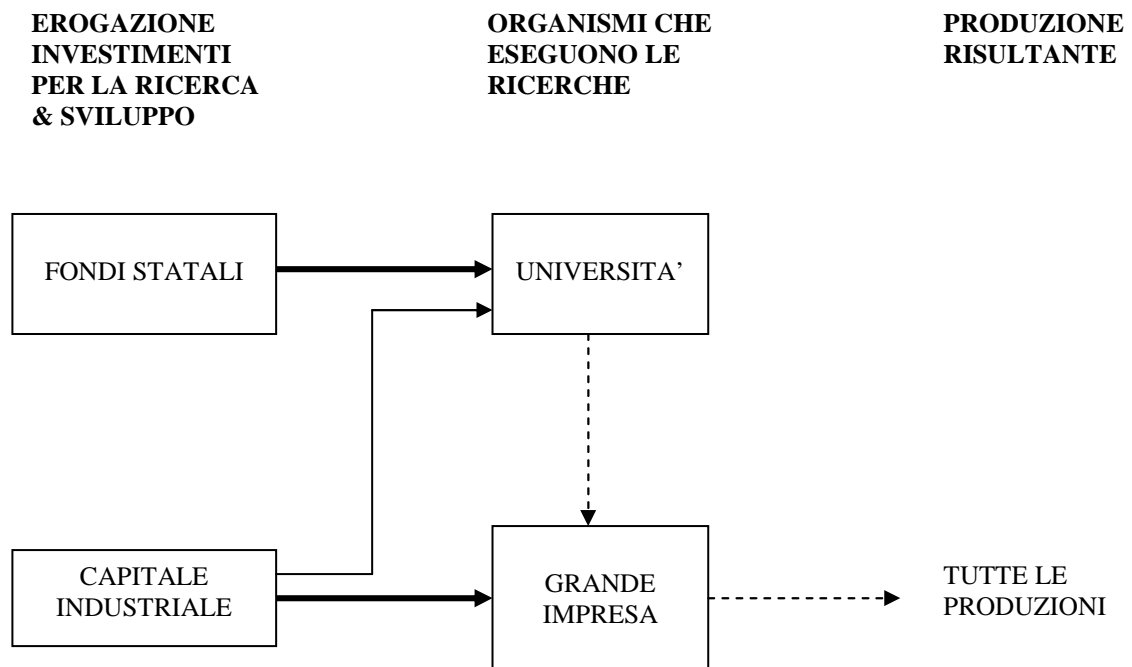


Fig. 9. Sistema tradizionale di finanziamento della ricerca & sviluppo

**EROGAZIONE
INVESTIMENTI
PER LA RICERCA
& SVILUPPO**

**ORGANISMI CHE
ESEGUONO LE
RICERCHE**

**PRODUZIONE
RISULTANTE**

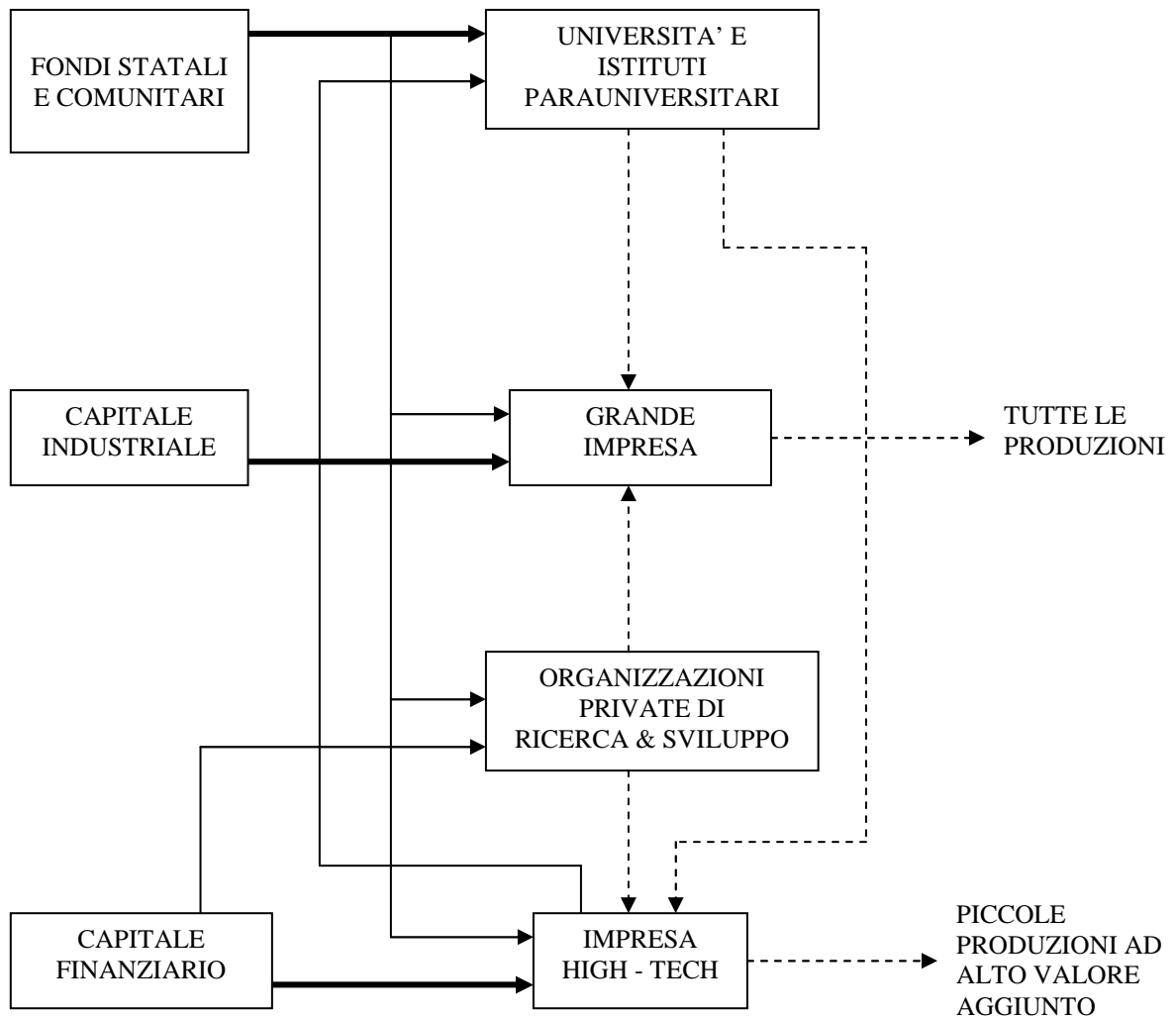


Fig. 10. Sistema attuale di finanziamento della ricerca & sviluppo

I Settori avanzati della Ricerca & Sviluppo in Campo Chimico

Come abbiamo visto in precedenza il campo della ricerca & sviluppo è sede di grandi attività nei paesi più avanzati e la chimica non fa eccezione. Il problema della ricerca & sviluppo non è tanto di sviluppare in proprio processi di produzione già esistenti, di cui alcune volte risulta più economico acquistarne la tecnologia, ma piuttosto di prevedere quali saranno in futuro i nuovi prodotti da fabbricare in maniera di prepararne in tempo i processi di produzione. Il problema è quindi di identificare quali sono i settori più avanzati in cui investire in ricerca & sviluppo. Questi settori esistono in misura più o meno grande in tutti i campi della chimica. La chimica è poi associata direttamente ad alcuni settori trainanti delle moderne tecnologie come l'informatica, la biologia molecolare e i nuovi materiali. La Fig. 11 riporta un elenco, lontano dall'essere completo, di materiali che entrano a far parte della costituzione del "Chip", il mattone base per la costruzione dei calcolatori, e di altre parti essenziali di apparecchiature elettroniche, al fine di sfatare un'idea comune che l'elettronica sia essenzialmente un problema di assemblaggio di fili di rame con qualche materiale minore. La Fig. 12 riporta invece un elenco di esempi di materiali tradizionali e avanzati e di materiali compositi che mostrano la diversità chimica su cui si basa l'attuale tecnologia dei trasporti e delle costruzioni.

Tra gli altri campi avanzati della chimica possiamo citare i prodotti farmaceutici e il campo degli additivi alimentari, in particolare quello degli aromi. Nel primo caso la chimica fornisce le tecniche per effettuare la sintesi di nuove molecole, alcune volte molto complesse, farmacologicamente attive. Nel secondo caso, in particolare nel campo degli aromi, la chimica fornisce sia i metodi di analisi e controllo che le tecniche per la sintesi di componenti necessari per la formulazione dell'aroma. Considerando ad esempio il campo degli aromi alimentari, questi prodotti sono in generale costituiti da una miscela di componenti, alcune volte molto numerosi (decine se non centinaia), sciolti in un solvente come l'acqua, l'alcool o altro. Sul piano chimico questi componenti possono essere complessi come estratti vegetali, oli essenziali ecc. o semplici composti come alcoli, aldeidi, chetoni, esteri di medio peso molecolare o da molecole specifiche con potere aromatico come la vanillina (costituente essenziale dell'aroma di vaniglia) o il mentolo (costituente essenziale dell'aroma di menta). In linea generale gli aromi possono essere artificiali o naturali secondo se la loro origine è sintetica o naturale. Negli ultimi anni è apparsa una nuova categoria di aromi chiamati naturali identici. Si tratta di aromi di sintesi ma i cui componenti sono esclusivamente quelli che sono stati identificati chimicamente nel corrispondente aroma naturale. Lo sviluppo degli aromi naturali identici richiede dei grandi sforzi di analisi e identificazione dei componenti degli aromi naturali e di preparazione alternativa dei componenti identificati per via naturale (estratti, ecc.) o per sintesi. L'importanza degli aromi naturali identici risiede nel fatto che essi rappresentano un prodotto praticamente naturale ma chimicamente controllato e perfettamente riproducibile, e quindi ben adatto ad assicurare la costanza del gusto nei moderni prodotti alimentari industriali. Bisogna infine notare nel campo sia farmaceutico che degli aromi alimentari l'arrivo di tecniche di bioingegneria genetica per la sintesi delle molecole complesse attive. Le ricerche in questa direzione rappresentano sicuramente le punte più avanzate della ricerca & sviluppo in questi campi.

CHIMICA DEL "CHIP"

Si Al ₂ O ₃ BCl ₃ , BBr ₃ , AsH ₃ , Te SiO ₂ , SiC Ag, Au, Al, Cu Plastica	Strato sottile attivo Supporto dello strato Dopanti Isolanti, dielettrici Conduttori elettrici Materiale inglobante
---	--

CHIMICA DELL'ELETTRONICA

Ta, Al InSb, InP BaTiO ₃ Sm-Co Fe-Nd-B BaO.6Fe ₂ O ₃	Condensatori Sensori ottici Sensori, condensatori Indotti magnetici Indotti magnetici Supporti magnetici
--	---

Fig. 11. La chimica per l'informatica

MATERIALI AVANZATI

TIPO	TRADIZIONALE	AVANZATO
MINERALI	CEMENTO VETRO CERAMICA	WC SiC Si ₃ N ₄ BN B ₄ C
POLIMERI	POLIETILENE PVC POLISTIRENE	KEVLAR FIBRE DI CARBONIO
METALLI	ACCIAIO ALLUMINIO RAME	TITANIO SUPERLEGHE (Co, Ni)

MATERIALI COMPOSITI

MATRICE	COMPONENTE	ESEMPI
MINERALE	METALLO	CEMENTO ARMATO
METALLO	MINERALE	Co + WC Al + FIBRA DI VETRO
POLIMERO	MINERALE	POLIESTERI + FIBRA DI VETRO
MINERALE	POLIMERO	VETRO DI SICUREZZA
POLIMERO	FIBRA	KEVLAR + FIBRA DI CARBONIO

Fig. 12. I materiali avanzati e i compositi